

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ  
«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 (проекту)

другий (магістерський)  
(освітньо-науковий рівень)

на тему «Удосконалення технологічного процесу виготовлення  
вала ведучого Н17.211.05.01 шляхом інтенсифікації оброблення  
шпонкового пазу на вертикально-фрезерній операції»

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-11  
спеціальності: \_\_\_\_\_

131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: \_\_\_\_\_

«Технології машинобудування»  
(назва освітньої програми)

Іван ПАРФЕНЦЕВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Іван ДЕГТЯРЬОВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Шимон ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2023 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

« \_\_\_\_ » червня 2023 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ВАЛА ВЕДУЧОГО Н17.211.05.01 ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ  
ОБРОБЛЕННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНІЙ  
ОПЕРАЦІЇ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

*Іван ПАРФЕНЦЕВ*

Керівник

*Іван ДЕГТЯРЬОВ*

*Войцеховський*

*Шимон ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ*

Консультант з питань охорони праці

*Віра ФАЛЬКО*

Нормоконтроль

*Олександр ІВЧЕНКО*

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет Кафедра	<u>технічних систем та енергоефективних технологій</u> <u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>другий (магістерський)</u>
Спеціальність	<u>131 «Прикладна механіка»</u> (шифр і назва)
Освітня програма	<u>«Технології машинобудування»</u> (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів  
\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«    » \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

***Парфенцев Іван Сергійович***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала  
ведучого Н17.211.05.01 шляхом інтенсифікації оброблення шпонкового пазу на вертикально -  
фрезерній операції  
керівники проекту Дегтярьов Іван Михайлович, к.т.н. ст. викладач

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «10» листопада 2022 року №1049-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «17» грудня 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

- Креслення деталі «Вала ведучого».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталі вала ведучого.

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

1. Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.

3. Розробити конструкцію контрольного пристрою та виконати його дослідження.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП та БВНС	Фалько В.В. ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2022 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2022	Виконано
2	1. Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення.	10.09.2022	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.	15.10.2022	Виконано
4	3. Розробити конструкцію контрольного пристрою та виконати його дослідження.	27.11.2022	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	03.12.2022	Виконано
6	Висновки.	11.12.2022	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2022	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2022	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Іван ПАРФЕНЦЕВ**


\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівники роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Іван ДЕГТЯРЬОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

  
\_\_\_\_\_ (підпис)

**Шимон ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ**

\_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 100 с., 25 рис., 24 табл., 11 додатки, 40 літературних джерел.

Сучасне машинобудівне виробництво характеризується широким асортиментом продукції та нестабільністю обсягів виробництва, тому витрати на виробництво необхідно максимально скоротити, щоб залишатися конкурентоспроможними. Впровадження контрольних пристроїв у виробничі процеси має бути обґрунтоване критеріями досягнення необхідної точності та швидкості керування. Тому розробка та чисельне моделювання конструкцій контролерів є реальним науковим і практичним завданням.

**Метою дослідження** є удосконалення виготовлення Вала ведучого Н17.211.05. шляхом інтенсифікації оброблення шпонкового пазу на вертикально-фрезерній операції.

**Об'єкт розробки:** Привідний вал Н17.211.05.01 для машин виробництва консольних хімічних насосів "ХМЕ".

**Предмет дослідження** – Привідний вал Н17.211.05.01

**Мета дослідження.** Розробка технологічного проекту карданного валу Н17.211.05.01. Проаналізовано призначення та умови експлуатації машин для виготовлення капсулів і валів. Тип виробництва залежить від оперативного фактора укрупнення - середня серія і форми його організації - групова.

**Наукова новизна:** удосконалена методика проведення оброблення шпонкового пазу на вертикально-фрезерній операції обробки деталі «Вал ведучий» з метою визначення оптимальних параметрів елементів затиску, при яких забезпечується необхідна точність виготовлення торцевого биття та жорсткість пристрою.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ, ОПТИМІЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

## ABSTRACT

The explanatory note is made up of 100 pages, 25 figures, 24 tables, 11 appendices, 40 literary sources.

Modern machine-building production is characterized by a wide range of products and instability of production volumes, so production costs must be reduced as much as possible in order to remain competitive. The introduction of control devices into production processes must be justified by the criteria for achieving the required accuracy and control speed. Therefore, the development and numerical modeling of controller structures is a real scientific and practical task.

**The purpose** of the study is to improve the production of the H17.211.05 drive shaft. by intensifying the processing of the keyway in the vertical milling operation.

**Object of development:** Drive shaft H17.211.05.01 for machines for the production of cantilever chemical pumps "KHME".

**The subject** of the research is Drive shaft H17.211.05.01

**The aim of the study.** Development of the technological project of the cardan shaft H17.211.05.01. The purpose and conditions of operation of machines for the production of capsules and shafts were analyzed. The type of production depends on the operational factor of consolidation - the average series and the form of its organization - group.

**Scientific novelty:** an improved method of processing the keyway in the vertical milling operation of the "Drive shaft" part in order to determine the optimal parameters of the clamping elements, which ensure the necessary accuracy of the end punching and the rigidity of the device.

TECHNOLOGICAL PROCESS, SHAFT, OPTIMIZATION, CONTROL DEVICE, CUTTING MODE

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>8</b>
<b>1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....</b>	<b>9</b>
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	9
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення.....	13
1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва.....	16
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....	22
1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі.....	26
<b>2 Удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....</b>	<b>28</b>
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального...	28
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки.....	30
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	35
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення.....	37
2.5 Обґрунтування та вибір схем моделей металорізальних верстатів .....	42
2.6 Обґрунтування вибір верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	43
2.7 Розрахунок режимів різання.....	44
2.8 Технічне нормування операцій.....	48
2.9 Проектування верстатного пристрою.....	50
2.10 Проектування контрольно-вимірювального пристрою.....	65
2.11 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу.....	78
<b>3 Дослідження, спрямоване на удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....</b>	<b>85</b>
<b>Висновки.....</b>	<b>95</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>96</b>
Додаток А Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	101
Додаток Б Креслення деталі «Вал ведучий».....	104
Додаток В Результат визначення типу виробництва.....	105
Додаток Г Розрахунок припусків на ЕОМ.....	106
Додаток Д Специфікація ТМ19510123–07–00.00.....	107
Додаток Е Специфікація на КВП .....	109
Додаток Ж Креслення заготовки.....	111
Додаток К Креслення маршруту обробки .....	112
Додаток Л Креслення РТК для операції 060.....	113
Додаток М Складальне креслення верстатного пристрою.....	114
Додаток Н Креслення КВП.....	115

## ВСТУП

У сучасному машинобудуванні вона відіграє особливу роль у створенні та впровадженні нової техніки в різних галузях та прискоренні науково-технічного прогресу країни.

Технологія машинобудування — це наука про виготовлення машин необхідної якості з найменшими витратами праці, тобто з найменшими витратами, у встановлений термін відповідно до кількості, визначеної виробничим планом.

В даний час поглиблюється частина розробки впливу техніки на фізико-хімічний стан поверхні металу обробленої заготовки, дислокаційну структуру, розмір кристалічного блоку, продуктивність і надійність роботи верстатів тощо. Питання технологічної спадщини та вдосконалених технологій продовжує розвиватися. Створення та адаптація методів оптимізації потоку процесів на основі реалізованих помилок, продуктивності та економії виробництва, забезпечуючи при цьому високу експлуатаційну якість та надійність роботи машин.

Створюється автоматизована система управління, яка оптимізує технологічний процес за всіма основними виробничими параметрами та необхідну якість роботи. Ведуться роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації передачі і управління операціями, робототехніки.

Удосконалюються технологічні процеси виготовлення деталей і вузлів машин (особливо в напрямках створення маловідходних технологій, доведення та автоматизації складальних робіт). Розвиток технології машинобудування на цьому етапі повинен «перейти до широкого використання ефективних систем машин і технологічних процесів для забезпечення комплексної механізації та автоматизації виробництва, технічної перебудови його основних галузей».

Надзвичайно великий зв'язок технології машинобудування з такими дисциплінами, як теорія різання, металорізальні верстати та інструменти, допуски, технічні вимірювання, матеріалознавство і термічна обробка. Розгляд технологічних питань без використання цих наук взагалі неможливий.



# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

## 1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації

Деталь вал ведучий призначена для насоса консольний хімічний «ХМЕ».

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням 1/3. Габаритні розміри деталі довжина  $l=227,1$ , найбільший діаметр становить  $d=76,36$ . Вага деталі вал ведучий становить 3,34 кг, виготовлена зі сталі ХВГ ГОСТ 5950-73

### Характеристика

Максимальний напір - 54 м, а пропускна здатність - 32 куб. Частота обертання м/год становить 3000 об/хв. Консольний насос має потужність 0,75.

Дві однакові циліндричні прямозубі шестерні 1 і 6 ( $z = 10$ ) розташовані в чавунному корпусі 8 і входять в зачеплення. Корпус має два оброблені фланці 18 для кріплення всмоктувального і нагнітального трубопроводів. Збоку корпус закритий кришками 3 і 9, які кріпляться до корпусу двома штифтами 23 діаметром 8 мм і нагвинчуються шістьма штифтами 7 (М8). При складанні насоса між кришкою і корпусом насоса ставиться прокладка з кальки.

Передня кришка 9 є одночасно корпусом для шарикопідшипників 14, на якому розташований вал 16 ведучої шестерні 6. Дві інші опори валу - це бронзові втулки 5, запресовані в отвори кришки. Кульковий підшипник 14 є наполегливим, тому його положення фіксується трьома стопорними кільцями. Стопорне кільце 12 запобігає переміщенню підшипника по валу, а стопорне кільце 11 фіксує підшипник в корпусі. Вал 4 веденої шестерні 1 обертається в двох інших бронзових втулках, теж розміщених в кришках. Змазування втулкових підшипників 2 і 5 здійснюється паливом, для підведення якого на поверхні кришок зроблені виїмки, з'єднані з канавками  $a$  у втулках.

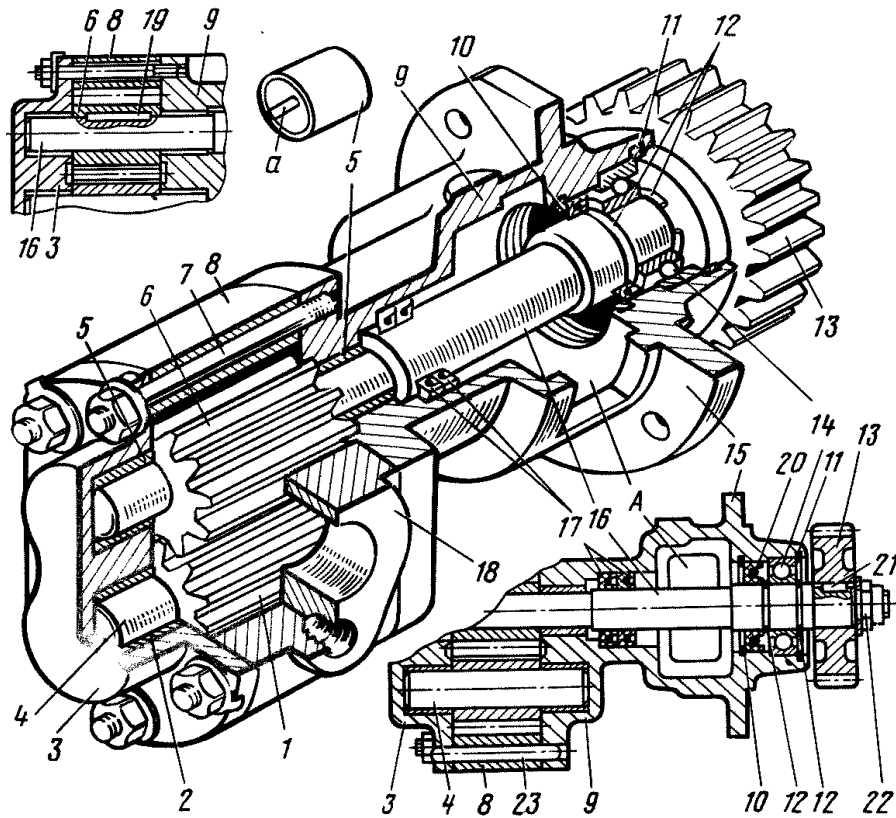


Рисунок 1.1 – Склад машини

На рисунку 1.1 позиції 1,6 – ведена і ведуча шестерні; 2, 5 – втулкові підшипники; 3,9 – задня і передня кришки; 4, 16 - ведений і ведучий вали; 7 - шпилька; 8 - корпус насоса; 10, 11, 12 - стопорні кільця; 13 - шестерня приводу; 14 - кульковий підшипник; 15, 18 - фланці; 17, 20 - сальники Гуфери; 19, 21 - шпонки; 22 - корончата гайка; 23 – штифт.

Конструкція приводу повинна гарантувати відсутність передачі осьових і радіальних зусиль на провідний вал насоса.

Для орієнтування тиску в западині щодо положення шестерні до корпусу на ведучому валу насоса був встановлений диск-лічильник у вигляді текстолітової шайби з якорем.

Ведучий вал мультиплікатора з'єднується з валом відбору потужності трактора, а ведений вал з ведучим валом насоса, що монтується на кронштейні мультиплікатора.

Максимальний напір - 54 м, а пропускна здатність - 32 куб. Частота обертання м/год становить 3000 об/хв. Консольний насос має потужність 0,75.

Дві однакові циліндричні прямозубі шестерні 1 і 6 ( $z = 10$ ) розташовані в чавунному корпусі 8 і входять в зачеплення. Корпус має два оброблені фланці 18 для кріплення всмоктувального і нагнітального трубопроводів. Збоку корпус закритий кришками 3 і 9, які кріпляться до корпусу двома штифтами 23 діаметром 8 мм і нагвинчуються шістьма штифтами 7 (M8). При складанні насоса між кришкою і корпусом насоса ставиться прокладка з кальки.

Передня кришка 9 є одночасно корпусом для шарикопідшипників 14, на якому розташований вал 16 ведучої шестерні 6. Дві інші опори валу - це бронзові втулки 5, запресовані в отвори кришки. Кульковий підшипник 14 є наполегливим, тому його положення фіксується трьома стопорними кільцями. Стопорне кільце 12 запобігає переміщенню підшипника по валу, а стопорне кільце 11 фіксує підшипник в корпусі. У чотиритактного двигуна протягом циклу провідний вал робить два оберти. У деяких машинах один цикл відповідає і більшій кількості оборотів провідного вала.

Агрегат складається з насоса і електродвигуна. Вал електродвигуна пружною муфтою з'єднаний з ведучим валом насоса, який вбудований в планетарно-кривошипний механізм, який є одночасно регулюючим пристроєм.

Відновлення деталей мастильного насоса здійснюють механічною обробкою і зварюванням. Основними дефектами деталей насоса є: тріщини і обломи; знос робочих поверхонь кришок насоса, зубчастих коліс, гнізд під них, шийок ведучого вала насоса; ушкодження різьблення в отворах.



Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступені вільності	Найменування бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	Подвійна напрямна база (ПНБ). явна
5	I	Опорна база (ОБ), явна
6	IV	ОБ (Вакансія)

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, $\alpha$	X	Y	Z	Найменування бази
1	1	1	0	ПНБ
$\alpha$	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	0	–
$\alpha$	0	0	0	
Всього	2	2	1	5 зв'язків

## 1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Виходячи із умов експлуатації пластини у виробі, конструктор призначив матеріалом сталь ХВГ ГОСТ 1050–88 (див. табл. 1.3) [3].

Матеріал деталі «Вал ведучий» - сталь легована ХВГ ГОСТ 5970-73.

Замінники - 9ХС, ХГ, 9ХВГ, ХВСГ, ШХ15СГ.

Призначення стали ХВГ - вимірювальний і ріжучий інструмент, для якого підвищений жолоблення при загартуванні неприпустимо, різьбові калібри, протяжки, довгі мітчики, довгі розгортки і інший вид спеціального інструменту, холодновисадочні матриці і пуансони, технологічне оснащення.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі ХВГ ГОСТ 1050–88, у відсотках

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	Mo	Cu	S	Fe
				Не більше					
0,90- 1,05	0,1- 0,4	0,8- 1,1	0,9- 1,2	0,35	0,03				~94

Основні механічні властивості сталі ХВГ наведені в таблиці 1.4 [3].

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі ХВГ ГОСТ 1050–88

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	$a_H$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ (не більше)	
Не менше					гарячекатаної	відпаленої
610	360	16	40	50	241	197

#### Методи одержання заготовок

Заготовку з сталі ХВГ виготовляють такими методами: прокат, штамповка, ковка. Основним методом для цієї деталі являється отримання заготовки методом штамповки - це спосіб отримання заготовки або готових виробів під тиском за допомогою штампів (металевих форм), обриси яких відповідають конфігурації виробів, що виготовляються, цей метод допомагає отримати заготовку з мінімальною кількістю металу для обробки.

#### Проставка розмірів

Аналіз проставлення лінійних розмірів деталі визначив, що конструктор на кресленні проставив лінійні розміри за трьома методами: ланцюговим, координатним, змішаним. Наприклад, розміри 227,1 мм, 8 мм, 20 мм, 12 мм, проставлені координатним методом від однієї торцевої поверхні (діаметр 65). Розміри 6 мм, 46 мм і 5 мм, 30,1 мм, 20мм проставлені ланцюговим методом. Розміри 17 мм, 16 мм, 37 мм проставлені змішаним методом.

Допуски форми й взаємного розташування :

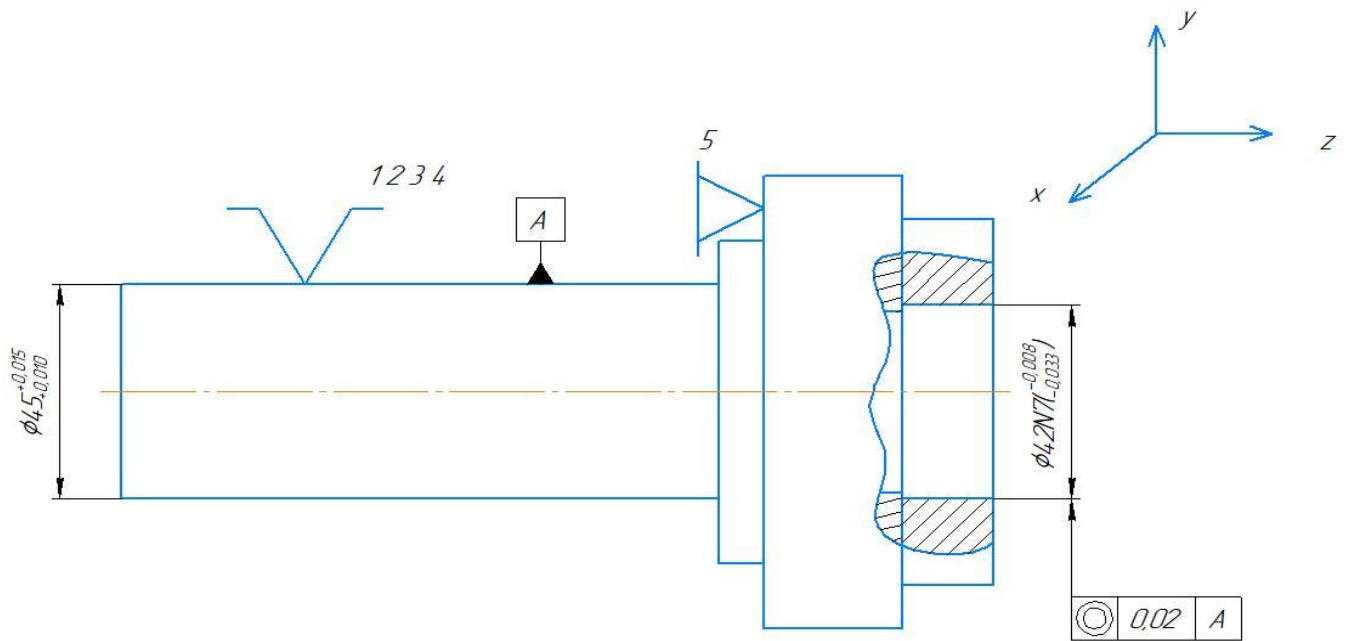


Рисунок 1.3 – Допуск співвісності D42 N7 внутрішнього діаметру відносно бази A d45 становить 0,02мм;

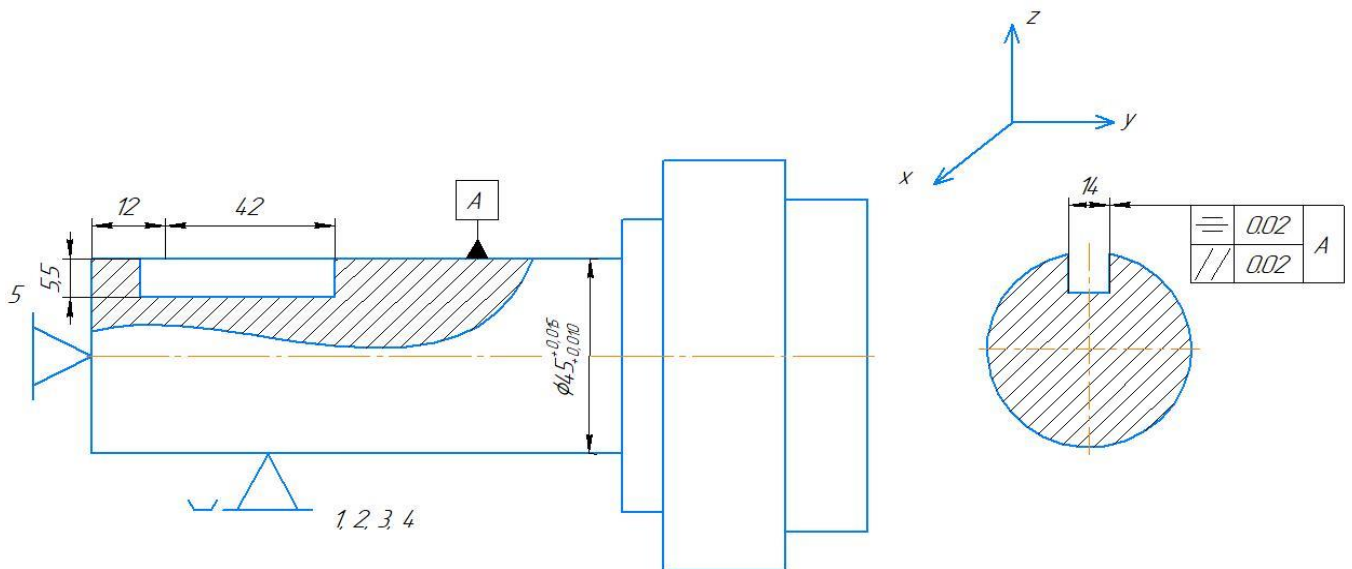


Рисунок 1.4 – Допуск симетричності бокових поверхонь пазу 114 відносно бази A d45 становить 0,02мм та допуск паралельності бокових поверхонь пазу 114 відносно бази A d45 становить 0,02 мм.

### 1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$  [5]. Вихідними даними для розрахунку коефіцієнта є існуючий технологічний процес виготовлення пластини і норми штучно-калькуляційного часу  $T_{ш-к}$  за всіма операціями. Вихідні та розраховані дані наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 1.5 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Номер операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$ , хв.	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ср.}$	$O$
025	Токарна з ЧПК	2,1	0,0217	1	0,0217	36,86
030	Токарна з ЧПК	3,2	0,0330	1	0,0330	24,24
035	Токарна з ЧПК	4,7	0,0486	1	0,0486	16,46
045	Горизонтально-фрезерна	4,1	0,0424	1	0,0424	18,87
060	Вертикально-фрезерна	7,2	0,0744	1	0,0744	10,75
070	Зубофрезерна	9,4	0,0972	1	0,0972	8,23
095	Кругло шліфувальна	8,3	0,0858	1	0,0858	9,32
Всього		39,0	–	7	–	124,73

*Визначення типу виробництва.*

Кількість верстатів по операціям визначається за формулою [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}},$$

де  $N = 2000$  шт – річна програма виготовлення виробів;

$F_d = 4029$  год – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$  – середнє значення нормованого коефіцієнта завантаження обладнання (на цьому етапі тип виробництва ще не визначений).

Приймаємо цілу кількість робочих місць  $P$  та округляємо їх до найближчого цілого значення  $m_p$ .

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця



$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1, де визначені сумарні показники  $T_{ш-к}$ ;  $P$ ;  $O$ .

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{124,73}{7} = 17,8.$$

Згідно ГОСТ 14.004–83, якщо  $10 < K_{з.о.} = 17,8 \leq 20$ , то це відповідає середньосерійному виробництву [5].

*Визначення форми організації виробництва.*

Такт виробництва  $\tau$  (в хвилині) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{2000} \cong 121 \text{ хв},$$

де  $F_d = 4029$  год – дійсний фонд часу за плановий період.

Випуск  $N_d$  деталей за добу:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{2000}{254} \approx 8 \text{ шт},$$

де 254 – кількість робочих днів за рік.

Продуктивність  $Q$  потокової стрічки за сутки при її завантаженні на 60%:

$$Q = \frac{F_{сут} \cdot 0,6}{T_{ср}} = \frac{952 \cdot 0,6}{5,57} = 102,55 \text{ шт},$$

де  $F_{сут}$  – фонд часу роботи обладнання у дві зміни.

$$F_{сут} = \frac{F_d \cdot 60}{254} = \frac{4029 \cdot 60}{254} = 952 \text{ хв},$$

де  $T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n_p} = \frac{46,739,0}{5} = 5,57$  хв – середня трудомісткість основних механічних операцій;

$n_p = 7$  – кількість основних механічних операцій технологічного процесу.

Якщо  $N_d = 8 \text{ шт} < Q = 102 \text{ шт}$ , то застосування одно номенклатурної стрічки є недоцільним, тому приймаємо групову форму організації виробництва. Вироби запускаються у виробництво із визначеною періодичністю, що є ознакою серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску можна визначити спрощеним способом:

$$N_{\text{п}} = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 12}{254} = 95 \text{ шт},$$

де  $a = 12$  днів – періодичність запуску деталей у виробництво.

Розмір партії корегуємо за рахунок кількості змін  $C$  на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{п}}}{F_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}} = \frac{5,54 \cdot 95}{476 \cdot 0,8} = 1,38,$$

де  $F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{сут}}}{m} = \frac{952}{2} = 476$  хв – фонд часу роботи обладнання за одну зміну;

$m = 2$  – кількість змін;

$\eta_{\text{з.н.}} = 0,8$  – нормований коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Кількість змін округляємо до найближчого значення  $C_{\text{п}} = 3$ . Тоді кількість деталей в партії :

$$N_{\text{п}} = \frac{F_{\text{см}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 3 \cdot 0,8}{5,54} = 206,2 \text{ шт.}$$

$N=207$  шт.

У середньосерійному виробництві основною формою організації виробництва згідно ГОСТ 14.004–83 [5] є групова форма. Робочі місця на підприємствах певною мірою спеціалізовані – закріплені за кожним із декількох операцій для виготовлення деталей, обробка яких ведеться партіями.

Використовується універсальне, спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК, оброблювальні центри, гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розташовано за технологічними групами із урахуванням напрямку основних вантажних потоків

цеху. Застосовується універсально-збірне, періодично налагоджувальне технологічне оснащення. Основний типаж різального інструменту – універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Вихідними заготовками застосовують гарячий та холодний прокат, лиття в земляні форми, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок. Одночасно має місце застосування укрупненої документації.

У середньосерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими визначеними верстатами. Середня кваліфікація основних робочих вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному виробництві. Розряди робочих знаходяться в межах 3–5 розрядів.

Середньосерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, тому що краще використовується технологічне устаткування, спеціалізація робочих місць. Все це збільшує продуктивність праці і зменшує собівартість виготовленої продукції.

#### **1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Форма поверхні деталі не має складного рельєфу і не викликає труднощів при виготовленні заготовки. Деталь являє собою геометрію, що складається з циліндричних площин, що дозволяє застосовувати добре відомі методи обробки (точіння, свердління, шліфування, зубонарізання) і реалізувати прості базові та кріпильні рішення [5].

Аналіз конструктивних особливостей ступінчастої поверхні валу передбачає точіння за допомогою точіння інструменту при токарній обробці. Деталі повинні бути розроблені з достатньою жорсткістю, щоб компенсувати деформацію поверхні внаслідок сил різання під час механічної обробки. Конструкція валу має

ступінчасті поверхні різного діаметру по більшій довжині деталі (див. креслення деталі).

Паз на малюнку «сліпий», тобто не фрезерований «за прохід». Це нетехнічне. Відповідно до рекомендацій літератури [3, 5, 12] вали, що випускаються середніми серіями, доцільно обробляти на токарних верстатах з ЧПУ. Креслення шпонкового пазу доповнене технічними вимогами їх симетричного та паралельного розташування відносно базових поверхонь деталі, що забезпечить потрібне з'єднання пластини, шпонки та приєднаних деталей при складанні.

За рекомендаціями робіт [3, 6] шорсткість поверхонь діаметрів 45js6 становить  $R_a = 0,8$  мкм.

Ця вимога конструктора є правильною і передбачає забезпечити з'єднання підшипників із шийками валу пресовою посадкою.

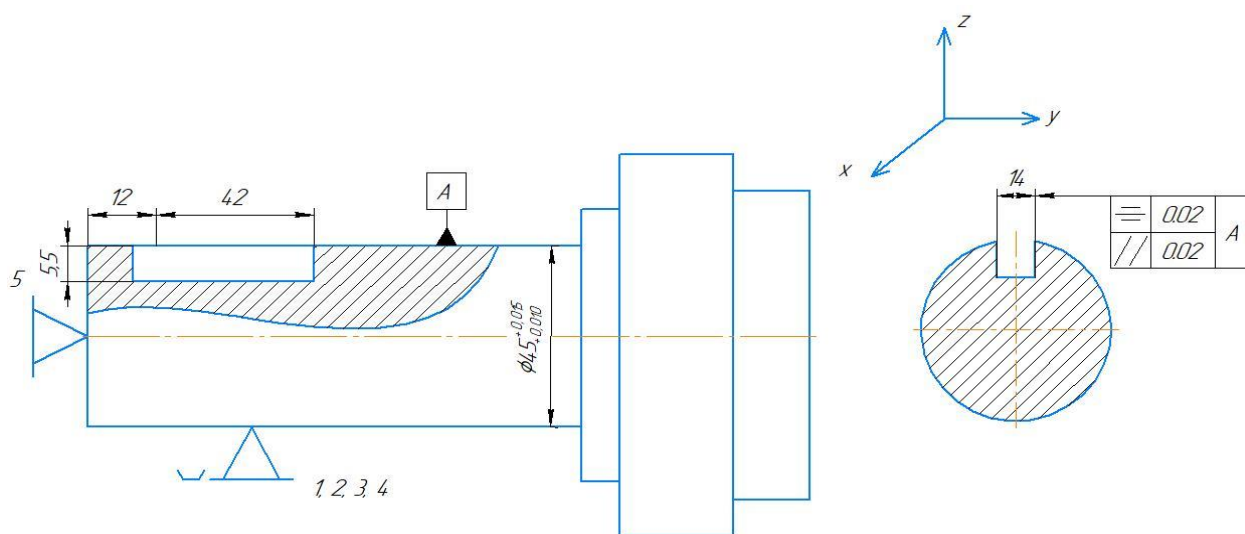


Рисунок 1.5 – Запропонована вимога для виготовлення шпонкового пазу 14JS7

Таким чином, за якісними показниками деталь вал ведучий є технологічною, допускає з використання відомих методів обробки і роботу на верстатах із високопродуктивними режимами різання.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{M_d}{M_3}, \quad (1.1)$$

де  $M_d$  – маса готової деталі,  $M_d = 3,34$  кг

$M_3$  – маса заготовки,  $M_3 = 5,334$  кг

$$M_3 = M \cdot K_p = 3,34 \cdot 1,6 = 5,334 \text{ кг} \quad (1.2)$$

$$K_{BM} = \frac{3,34}{5,334} = 0,625$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$K_{ум} = \frac{K_{6BM}}{K_{нBM}}, \quad (1.3)$$

де  $K_{6BM}$  – базовий коефіцієнт використання матеріалу,  $K_{6BM} = 0,25$  (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{ум} = \frac{0,25}{0,4} = 0,625.$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (1.4)$$

де  $\sum n_i$  – число розмірів відповідного класу точності;

$T$  – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 36 + 4 + 29 = 69.$$

$$\sum T \cdot n_i = 7 \cdot 36 + 6 \cdot 4 + 14 \cdot 29 = 682.$$

$$K_m = 1 - \frac{69}{682} = 0,89 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш \cdot n_{im}}, \quad (1.5)$$

де  $\sum n_{im}$  – число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$\sum III \cdot n_{im} = 0,8 \cdot 2 + 1,6 + 3,2 \cdot 32 = 105,6.$$

$$K_{ui} = \frac{35}{105,6} = 0,319 < 0,32.$$

За цим показником деталь технологічна.

### **1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі**

У цьому пункті курсового проекту аналізується базовий (заводський) технологічний процес.

#### **005 Заготівельна**

В умовах серійного типу виробництва заготівка - штамповка на верстаті ГКМ.

#### **010 Контроль втк.**

На цій операції контролюється розміри деталі після заготовки.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-И-250-0,1 ГОСТ 166 - 89.

Кутомір тип 1 - 2 ГОСТ 5378 - 88

#### **015 Термічна**

Метою термічної обробки штамповки є усунення внутрішніх напружень, що виникли при нагріванні, поліпшення оброблювальності різанням.

#### **020 Контроль втк.**

На цій операції на столі втк контролюється розміри режими термічної обробки, твердість заготовки та розміри деталі.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-И-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Твердомір ТП - 808.

#### **025 Токарно - гвинторізна**

На даній операції за два встанови здійснюється обробка деталі.

Деталь базується і закріплюється в трьохкулачковому патроні 04-00 ГОСТ2675-80 з упором в торець. Деталі позбавляється п'яти ступінів вільності.

Верстат:

Токарно - гвинторізний мод. 16К20.

Різальний інструмент:

Різець прохідний упорний WTQNL 2020 K1304

Різець расточний A32S TDUNL 1305

Різець спеціальний 1\*1 135

Свердло спіральне TCD 100-104-16S0-8D

030 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розміри, отримані на попередніх операціях технологічного процесу.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

035 Вертикально фрезерувальна

На даній операції відбувається обробка шпонкового пазу за один установ. Деталь закріплюється в опору з упором в торець. Деталі позбавляється п'яти ступінів вільності.

Верстат:

Вертикально фрезерний мод. ГФ2171

Різальний інструмент:

Шпонкова фреза 2Р-ТЕ90-214-13-05-L110

040 Контроль отк.

На цій операції на столі ОТК контролюється допуски форми та взаємного розташування та розміри пазу.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89.

045 Горизонтально фрезерувальна

На даній операції відбувається обробка шпонкового пазу за один установ. Деталь закріплюється в опору з упором в торець. Деталі позбавляється п'яти ступінів вільності.

Верстат:

Горизонтально фрезерний мод. 6М82ГБ

Різальний інструмент:

Кінцева фреза 2Р-ТЕ90-214-13-05-L110

050 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розмір шпонкового пазу отриманий на попередній операції технологічного процесу.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

055 Зубофрезерна

На даній операції відбувається нарізання зубців за один установ. Деталь закріплюється трьохкулачковому патроні. Деталі позбавляється п'яти спупінів вільності.

Верстат:

Горизонтально фрезерний мод. 6М82ГБ

Різальний інструмент:

Фреза фасонна ГОСТ 13755-81

Ділильна головка

060 Контроль втк.

На цій операції на столі ВТК контролюється розмір зубців отримані на попередній операції технологічного процесу.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Зубомір

065 Слюсарна

На даній операції відбувається нарізання фасок і зняття заусенців після різання.

Різальний інструмент:

Напильник ГОСТ 1465 - 80.



070 Термічна

Метою термічної обробки є досягнення твердості заготовки.

075 Контроль втк.

На цій операції на столі втк контролюється розміри режими термічної обробки, твердість заготівки та розміри деталі.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-И-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Твердомір ТП - 808.

080 Шліфувальна

На даній операції відбувається шліфування 45к6. Метою якої є досягнення шорхності Ra0,8.

Верстат:

Шліфувальний 3К12Р

085 Контроль втк.

На цій операції на столі втк контролюється розміри шорхність поверхні 45к6. Та контроль усіх розмірів виробленої деталі.

Вимірювальний інструмент:

Профілограф-профілометр моделі 201.

Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,01 ГОСТ 166-89.

## **1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення вала**

1 Існуючий на підприємстві технологічний процес обробки вала відбувається в умовах одиничного типу виробництва. На підприємстві використовується технологічні верстати багатофункціонального призначення, де заготовки оброблюються різними методами з використанням чорнових та чистових режимів обробки. Структура операцій складається із переходів, на яких використовуються різні режими різання і різальний інструмент, застосовується

універсальна (спрощена) технологічна оснастка. Структура технологічного процесу виконана за принципом концентрації операцій і передбачає значний штучно-калькуляційний час та велику кількість допоміжних переходів при обробленні заготовок.

Виходячи із умов середньосерійного виробництва існуюча структура технологічного процесу обробки вала не є раціональною.

2 В базовому технологічному процесі виготовлення вала не витримується однакова тривалість часу операцій, їх кратність такту випуску виробів із технологічної лінії, яка притаманна середньосерійному типу виробництва.

3 На технологічних операціях не застосовуються пристрої з пневматичними (гідравлічними) приводами для спрощеного установа (базування і закріплення) заготовки. Відсутність наведених пристроїв не дає можливість скоротити допоміжний час в межах штучно-калькуляційного часу окремої операції, що призводить до збільшення її трудомісткості.

4 Використання в межах однієї операції чорнових і чистових режимів обробки заготовок призводить до збільшеного зносу верстатів, зменшення їх жорсткості та точності обробки.

5 Використання на операціях технологічного процесу виготовлення вала оброблювальних центрів з ЧПК, які мають значну потужність головного приводу, велику кількість методів обробки і різальних інструментів, робить їх використання не завжди економічно доцільним. На собівартість виробу впливає велика ціна верстата, що в ринкових умовах робить продукцію мало рентабельною.

6 На круглошліфувальній операції використовується застаріле обладнання. Для умов середньосерійного виробництва операцію треба оснастити сучасним продуктивним і більш точним верстатом. Крім того, на верстаті треба застосувати засіб активного контролю точності розмірів шийок деталі. Пропонований засіб активного контролю забезпечить точність розмірів деталі в автоматичному режимі і виключить похибки розмірів оброблених поверхонь.

7 В технологічний процес обробки вала треба ввести оздоблювальну операцію. Пропонована операція потрібна для забезпечення стабільної шорсткості двох базових (підшипникових) та двох ущільнювальних поверхонь деталі. Відомо [25, 26, 28], що операція шліфування не забезпечує потрібну шорсткість поверхні за критерієм  $R_a = 0,8$  мкм. Процес шліфування виконується із температурою вище  $750^\circ \text{C}$ , що призводить до вигорання вуглецю з поверхневого шару деталі. На поверхні деталі виникає аморфний шар металу, який впливає на твердість і розміри обробленої поверхні. Пропонується підшипникові поверхні обробляти абразивними брусками одним із відомих методів – суперфінішуванням або способом подвійної осциляції брусків, де виключається вплив температурного фактору (менше  $60^\circ \text{C}$ ) та виправляється геометрична форма поверхні в поперечному перерізі – овальність та огранювання. Останній фактор суттєво впливає на якість з'єднання «підшипник кочення – шийка підшипника», а саме, забезпечує його довготривалість за час роботи виробу та зменшує знос роботи резинового ущільнювання.

## **2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ**

### **2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального**

Вихідними даними для цього кроку є знання загальних маршрутів обробки поверхонь або груп поверхонь.

Консолідовані операції часто включають міграції, які не можуть бути здійснені однією установою. Тому необхідно прийняти рішення щодо подальших принципів проектування: диференціації чи концентрації будівельних операцій.

При проектуванні технічного процесу слід враховувати:

- технологічні процеси рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів обробки;
- в першу чергу обробляють бази для наступних операцій;
- потім обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;
- обробка поверхонь, в яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

Для зручності наведемо декілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна

010 Контрольна втк

015 Термічна обробка

020 Контрольна втк

025 Токарно-гвинторізна

030 Токарно-гвинторізна

035 Контрольна втк

040 Вертикально-фрезерна

045 Контрольна втк

050 Горизонтально фрезерна

055 Контрольна втк

060 Зубофрезерна

065 Контрольна втк

070 Слюсарна

075 Термічна

080 Контроль втк.

085 Шліфувальна

090 Контроль втк.

Маршрут №2:

005 Заготівельна

010 Контроль втк.

015 Термічна

020 Контроль втк.

025 Токарна ЧПУ

025К Контроль на робочому місці

030 Токарна ЧПУ

030К Контроль на робочому місці

035 Токарна ЧПУ

035К Контроль на робочому місці

040 Контроль втк.

045 Горизонтально фрезерувальна

045К Контроль на робочому місці

050 Слюсарна

055 Контроль втк.

060 Шпонкове-фрезерна

060К Контроль на робочому місці

065 Контроль втк.

070 Зубофрезерна

070К Контроль на робочому місці

075 Слюсарна

080 Контроль втк.

085 Термічна

090 Контроль втк.

095 Кругле шліфування

095К Контроль на робочому місці

100 Контроль втк

Маршрут №2 є більш правильним, адже виконуються на більш підходящих верстатах що підвищують якість та точність обробки.

## **2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки**

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Вихідними даними для виготовлення заготовки є річна програма випуску деталей  $N = 2000$  штук; матеріал деталі – сталь ХВГ ГОСТ 1050–88; тип виробництва – середньосерійний.

На підприємстві заготовка пластини виготовляється із круглого прокату діаметром  $85(+0,4;-1,0)$  мм і довжиною 8000 мм. Заготовка із наведеними розмірами є груповою заготовкою, яка потім розрізається на окремі (штучні) заготовки (див. рис. 4.1).

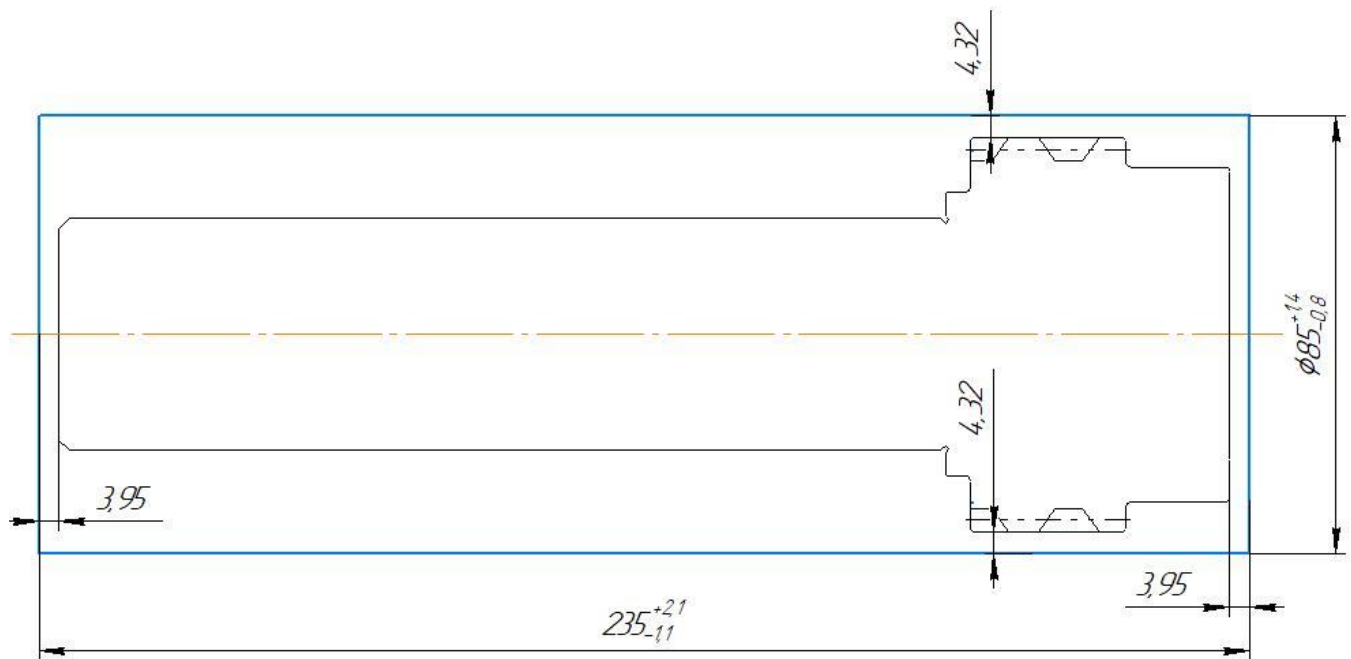


Рисунок 2.1 – Заготовка, яка виготовлена із круглого прокату

Визначимо вартість  $S_{\Pi}$  заготовки із круглого прокату за формулою [5]:

$$S_{\Pi} = M + \Sigma C_o,$$

де  $M$  – витрати матеріалу заготовки, грн.;

$C_o$  – витрати на розрізання прутків для отримання штучних заготовок, грн.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} = 10,5 \cdot 120 - (10,5 - 3,34) \cdot \frac{280}{1000} \cong 1258 \text{ грн.},$$

де  $Q = 10,47$  кг – маса заготовки із прокату;

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot J = \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 23,5 \cdot 7,9 = 10,5 \text{ кг.};$$

$D = 80$  мм – діаметр прутка;

$L = 625$  мм – довжина окремої заготовки із прутка;

$J = 7,9$  г/см<sup>3</sup> – питома щільність матеріалу.

$S = 120$  грн – ціна одного кілограма матеріалу заготовки;

$q = 3,34$  кг – маса деталі (за кресленням);

$S_{\text{отх}} = 280$  грн – ціна однієї тони відходів.

$$C_o = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100} = \frac{121 \cdot 1,9}{60 \cdot 100} = 0,0383 \text{ грн.},$$

де  $C_{пз} = 121$  коп/г – наведені витрати за один час роботи обладнання [5, с.30].

Якщо відрізання заготовок виконується на кругло-відрізнаму півавтоматі моделі 8А631 дисковими пилами, то основний час визначиться за формулою:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_m} = \frac{90 \cdot 1}{82,74} = 1,1 \text{ хв},$$

де  $L_p = L_0 + L_{вр} + L_{пер} = 80 + 5 + 5 = 90$  мм – довжина заготовки, врізання і перебіг різального інструменту при відрізанні заготовок діаметром 80 мм;

$i = 1$  – кількість рухів інструменту;

$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{фр} = 0,05 \cdot 84 \cdot 19,7 = 82,74$  мм/хв – хвилинна подача стола верстата;

$S_z = 0,05$  мм/зуб –подача на один зуб фрези (для фрези  $D_{фр} = 350$  мм;  $Z = 84$  зубця;  $B = 5,0$  мм згідно ГОСТ 2679–73) [6].

$T_{шт}$  – штучний час операції, де розрізаються прутки на окремі заготовки, хв.

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об} + T_{пер} = 1,1 + 0,69 + 0,11 = 1,9 \text{ хв},$$

де  $T_d = 1,85 \cdot (0,069 + 0,034 + 0,04 + 0,23) = 0,69$  хв – додатковий час [5];

$T_{об} + T_{пер} = 6\% \cdot T_{оп} = 6\% \cdot (T_o + T_d) = 0,06 \cdot (1,1 + 0,69) = 0,11$  хв – час обслуговування робочого місця і час відпочинку [5].

$$S_{п} = 1258 + 0,0383 \approx 1258 \text{ грн.}$$

В технологічному процесі який проектується, заготовку пропонується виготовляти штампуванням на КГШП (нагрівання заготовок – індукційним способом).

Визначимо вартість заготовки  $S_{ш}$ , яка отримана гарячим штампуванням на КГШП [5, с.31]:

$$S_{ш} = \left( \frac{S}{1000} \cdot Q_{п} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{п} \right) - (Q_{п} - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000},$$

де  $Q_{п} = 5,334$ кг – маса заготовки отриманої пресуванням;

$K_T = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності штамповки;

$K_C = 0,87$  – коефіцієнт, що враховує групу складності штамповки;

$K_B = 1,14$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;



$K_M = 1,13$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{\Pi} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва.

$$S_{\text{ш}} = \left( \frac{120000}{1000} \cdot 5,334 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,14 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \right) - (5,334 - 3,34) \cdot \frac{280}{1000} \\ = 761 \text{ грн.}$$

Порівняємо два способи виготовлення заготовок – із прокату та заготовку виготовленою штампуванням на КГШП:

$$S_{\Pi} = 1258 \text{ грн} > S_{\text{ш}} = 761 \text{ грн.}$$

Годова економія одного методу в порівнянні з іншим методом:

$$E = (1257 - 761) \cdot 2000 = 992\,000 \text{ грн.}$$

Приймаємо заготовку, яка одержана штампуванням на КГШП.

*Призначення табличних значень припусків та допусків на поверхні заготовки, яка одержана способом штампування, згідно ГОСТ 26645–85.*

1. Основне обладнання – КГШП, клас точності Т4 [7, т. 19].

2. Визначимо масу штампованої заготовки  $m_{\text{ш}}$  [7, т. 20]:

$$m_{\text{ш}} = q \cdot K_p = 3,34 \cdot 1,6 = 5,334$$

де  $K_p = 1,6$  – коефіцієнт.

3. Установлюємо клас точності – Т4 [7, т. 19].

4. Визначаємо групу сталі – М1 [7, т. 1].

5. Визначаємо ступінь складності поковки С [7, додаток 2]:

$$C = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\phi}} = \frac{5,334}{8,6} = 0,88,$$

де  $m_{\phi} = V_{\phi} \cdot j \cdot 1,05 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot j \cdot 1,05 = \frac{3,14 \cdot 7,636^2}{4} \cdot 22,71 \cdot 7,9 \cdot 1,05 = 8,6 \text{ кг};$

$j = 7,9 \text{ г/см}^3$  – щільність матеріалу;

$D = 76,36 \text{ мм}; L = 227,1 \text{ мм}$  – найбільші розміри деталі за кресленням;

1,05 – коефіцієнт збільшення розмірів поковки.

Якщо  $C = 0,62 < 0,63$ , то ступінь складності С2.

6. Визначаємо конфігурацію поверхні рознімання штампа [7, т. 1] – П (площинна).

7. Визначаємо вихідний індекс  $VI = 12$  [7, т. 2].

8. Визначаємо основні табличні припуски на механічну обробку (на сторону) і напуски [7, т. 3]:

1,7 - діаметр 76,36 і шорсткість поверхні  $Ra = 1,6$  мкм

1,7 - діаметр 45 і шорсткість поверхні  $Ra = 1,6$  мкм

2,0 - довжина 227,1 і шорсткість поверхні  $Ra = 3,2$  мкм

1,6 - довжина 30,1 і шорсткість поверхні  $Ra = 3,2$  мкм +

1,6 - довжина 20 і шорсткість поверхні  $Ra = 3,2$  мкм +

1,6 - довжина 5 і шорсткість поверхні  $Ra = 3,2$  мкм +

= 1,7 довжина 55,1 і шорсткість поверхні  $Ra = 3,2$  мкм.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні роз'єму штамп - 0,3 мм (с.14, таблиця 4);

- зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності - 0,5 мм (с.14, таблиця 5).

Таблиця за розрахунковими розмірами 2.1

Розмір деталі	Основний припуск на сторону	Додатковий припуск на сторону	Розрахунковий розмір заготовки	Допуск і бокові відхилення	Прийняті розміри заготовки
$\emptyset 76,36$	1,7	0,3; 0,5	81,36	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$81^{+1,4}_{-0,8}$
$\emptyset 45$	1,7	0,3; 0,5	50	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$50^{+1,4}_{-0,8}$
227,1	2,0	0,3; 0,5	233,4	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$233^{+1,8}_{-1,0}$
55	1,7	0,3; 0,5	61,1	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$61^{+1,4}_{-0,8}$

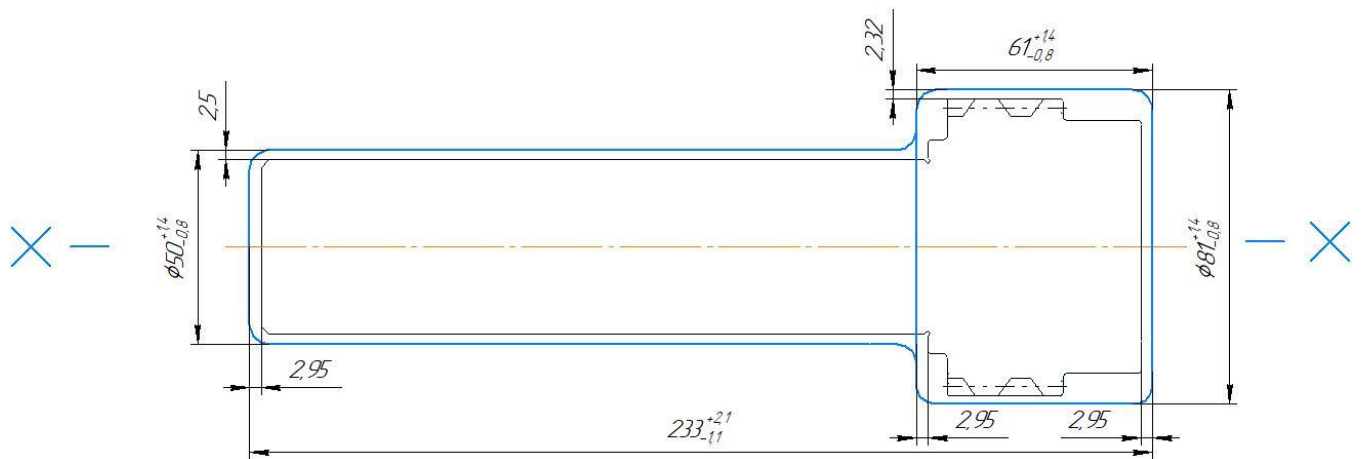


Рисунок 2.2 – Ескізи заготовки

### 2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Для одного з точних діаметральних розмірів деталі  $\text{Ø}42\text{N}7$  проведемо розрахунки припусків розрахунково-аналітичним методом проф. В.М. Кована за допомогою програми "Prirusk".

Для розрахунків використаємо вихідні дані:

– маршрут обробки заданої поверхні:

- 1) заготовка: поковка штампована,
- 2) чорнове розточування (ІТ 12, Ra 6,3),
- 3) напівчистове розточування (ІТ 9, Ra 3,2),
- 4) чистове розточування (ІТ 7, Ra 1,6);

– необхідні параметри поверхні (для класу точності Т4 за таблицями програми для ЕОМ "Prirusk" такі:  $R_z = 200$  мкм,  $T = 250$  мкм; після першого розточування маємо шорсткість  $R_z = 40$  мкм, дефектний шар маємо  $T = 50$  мкм; після другого розточування маємо  $R_z = 20$  мкм, дефектний шар 20 мкм; після чистового розточування маємо шорсткість 5 мкм, дефектний шар 5 мкм.

За допомогою підказок програми "Prirusk" вибираємо необхідні параметри поверхонь з кількома механічними обробками.

Відхилення розташування штамповки визначимо по формулі (6.1):

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

де  $\rho_{кор}$ - це величина короблення у мкм;

$$\rho_{кор} = l \times \Delta, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де  $\Delta$  – це питома кривизна заготовки у мкм/мм;  $\Delta = 1,0$  мкм/мм;

$l$  – це довжина вала, мм;

$l = 227$  мм.

$$\rho_{кор} = 1,0 \times 227 = 227 \text{ (мкм);}$$

$\rho_{зм}$  - це величина зміщення заготовки на поверхнях штампуг, мкм;

згідно з таблицею-підказкою,  $\rho_{зм} = 500$  мкм

$$\rho_o = \sqrt{227^2 + 500^2} = 549 \text{ (мкм)}$$

Тоді маємо:

Значення просторових відхилень для решти механічних операцій обробки визначимо по формулі:

$$\rho_i = k_y \times \rho_o, \text{ мкм} \quad (6.3)$$

де  $k_y$  – це коефіцієнт з уточнення.

Для чорнового точіння  $k_y = 0,06$ ;

напівчистого точіння  $k_y = 0,05$ ;

чистового точіння  $k_y = 0,04$ .

Після виконання переходів значення остаточних похибок розміщень заготовки визначимо по формулі:

$$\rho_{\text{чорн.точ}} = 0,06 \times 549 = 32,94 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{напівчист.точ.}} = 0,05 \times 549 = 27,45 \text{ мкм;}$$

$$\rho_{\text{чист.точ.}} = 0,04 \times 549 = 21,96 \text{ мкм;}$$

Визначимо похибку установлення заготовки по формулі:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ мкм} \quad (6.4)$$

де  $\varepsilon_{баз}$  – це похибка базування, мкм;

$\varepsilon_{закр}$  – це похибка закріплення, мкм.

Якщо витримується принцип суміщення технологічної з вимірювальною баз, то похибка базування дорівнює нулю:  $\epsilon_{\text{баз}}=0$ .

Роздрук результату розрахунку на ЕОМ – див. додаток Б.

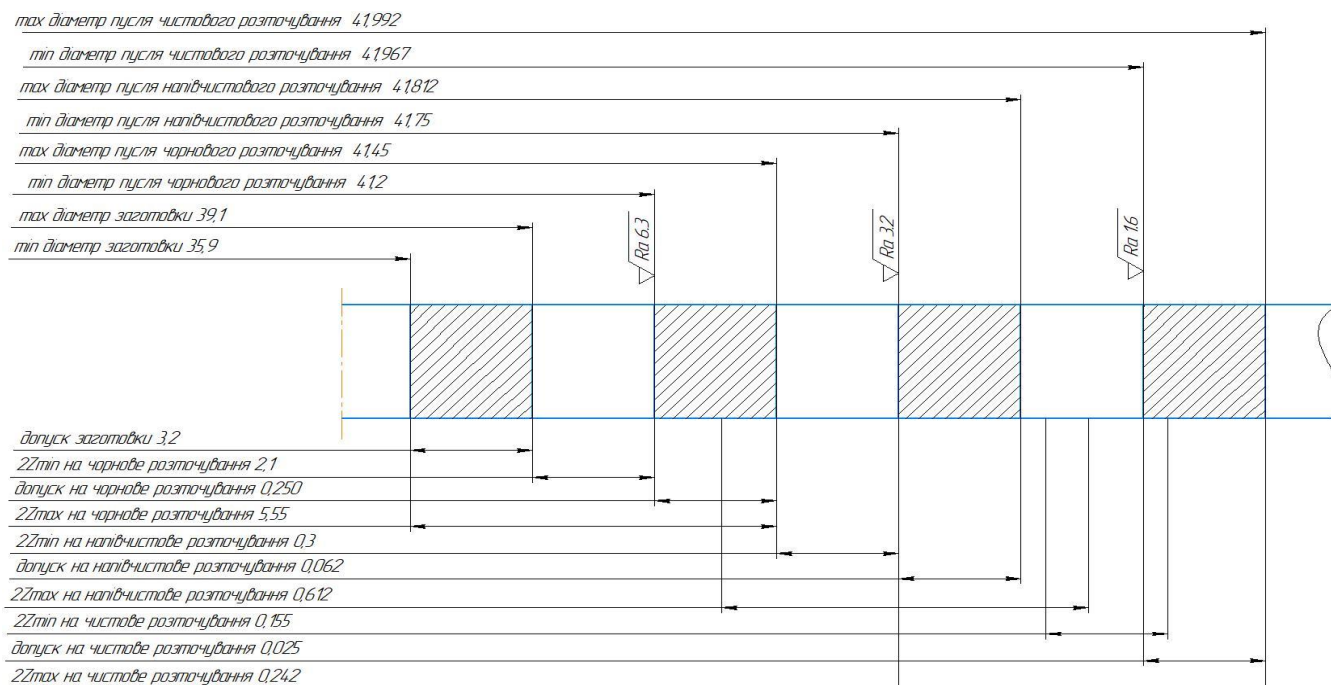


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків та допусків на  $\varnothing 42N7$

## 2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Операція 025 «Токарна з ЧПК». Верстат моделі TL-1. Схеми за варіантами №1 базування і закріплення заготовки наведені на рисунках 5.1.

На операції оброблюються діаметри 65,(0;-0,74) мм, 76,36(0;-0,019) мм, витримуються лінійні розміри 30,1(0;-0,62) мм та 20(0;-0,52) мм. Потім заготовка переустановлюється.

За схемою заготовка установлюється в шпиндель з упором в торець отворами на центра верстата.

Точність лінійних розмірів  $T_{30,1} = 0,62$  мм,  $T_{20} = 0,52$  мм забезпечується точністю налагоджувального розміру інструмента на оброблювальний розмір. Схеми зв'язків відповідності та матриці зв'язків наведені у таблицях 2.2 та 2.3.

В цілому деталь лишена п'яти ступені вільності, має дві технологічні бази:

- подвійна направляюча, діаметр 50, позбавляє чотири ступені вільності: переміщення та обертання по X та Z;
- опорна, лівий торець діаметр 60, позбавляє одну степінь вільності переміщення по Z.

Таблиця 2.2 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступень вільності	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	Вакансія	–

Таблиця 2.3 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, $\alpha$	X	Y	Z	База
1	1	1	0	ПНБ
$\alpha$	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0		–
$\alpha$	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

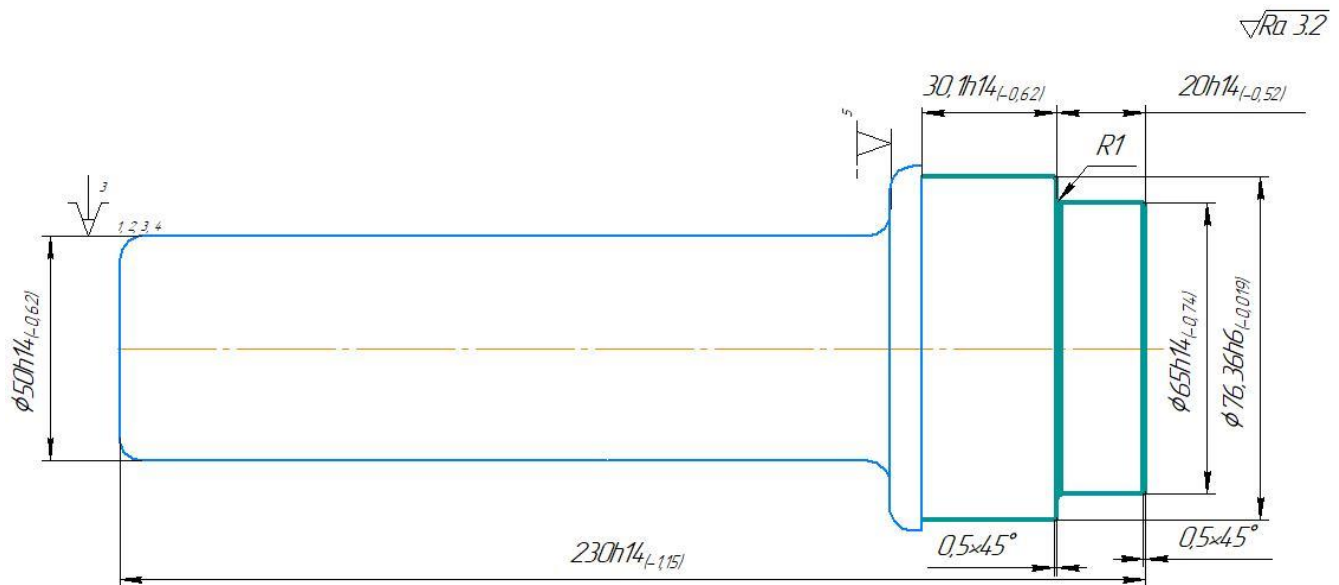


Рисунок 2.4 – Ескізи обробки заготовки на операції 25

Операція 060 «Вертикально-фрезерна». Верстат моделі 6Д92. Схема базування і закріплення заготовки наведено на рисунку 2.4.

На операції оброблюються: шпонковий паз розмірами  $14H9(+0,052; 0)$  мм. Точність ширини всіх пазів забезпечуються діаметром інструменту (фрезами відповідних розмірів). Точність довжин пазів забезпечується точністю налагоджування інструментів на розмір.

Також призми забезпечать технічні вимоги паралельності і симетричності розташування пазів відносно інших поверхонь заготовки. Наведені технічні вимоги будуть забезпечені у спеціально розробленому пристрої (дивись розділ 7 пояснювальної записки).

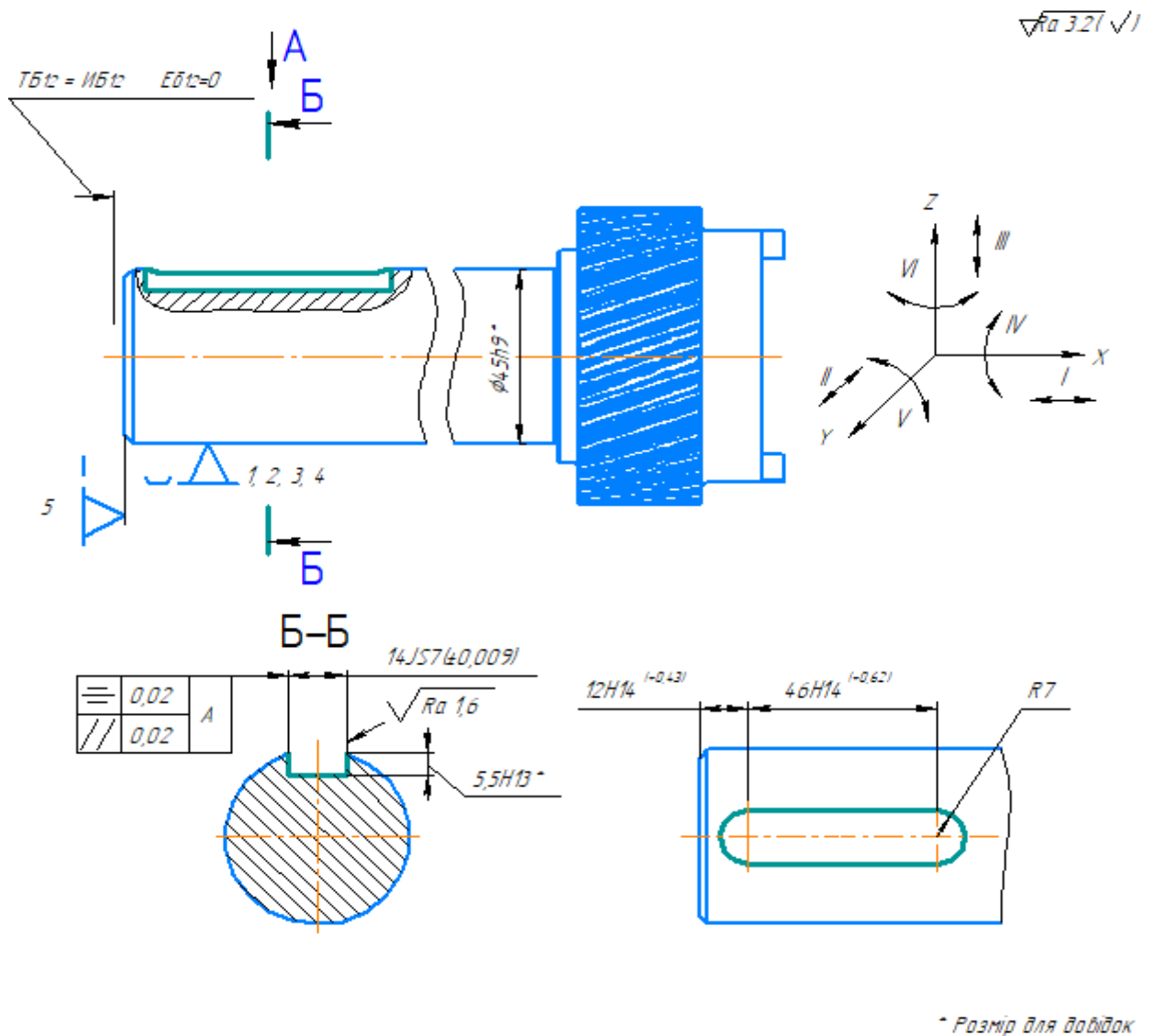


Рисунок 2.5 – Ескіз заготовки на операції 060

Аналіз схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності операційних розмірів.

Схема базування не впливає на точність розміру 14 JS7 мм. Точність цього розміру перш за все визначається геометричною точністю ріжучого інструменту (діаметром шпонкової фрези).

Точність довжини пазу 46 мм залежить від точності позиціонування робочих органів верстата. Схема базування не вплине на довжину паза.

Для розміру 12 мм похибка базування дорівнюватиме нулю так як технологічна та вимірювальна бази в цьому випадку співпадають (лівий торець заготовки). Схеми базування і зв'язків наведені в таблицях 2.4 і 2.5.



Таблиця 2.4 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь свободи	База
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV – Вакансія	–

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків

X, Y, Z / 1, $\alpha$	X	Y	Z	База
1	1	1	0	ПНБ
$\alpha$	1	1	0	
1	0	0	1	ОБ
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	0	–
$\alpha$	0	0	0	
Всього	2	2	1	5-ь зв'язків

Під час установки заготовки на призму має місце похибку базування на глибину пазу 5,5мм, величину якої можна розрахувати за формулою [СТМ1]:

$$\varepsilon = 0,5TD \frac{1}{\sin\alpha + 1}$$

$$\varepsilon = 0,5 * 0,2 * \frac{1}{\sin 45 + 1} = 0,067$$

де TD=0,062мм - допуск на  $\varnothing 45,4$  поверхні

$\alpha = 45$  - половина кута призми.

Похибку базування на глибину пазу 5,5мм дорівнює 0,067мм. Таким чином виконуються умова:  $\varepsilon = 0,067$ мм T = 0,2, що є прийнятним з точки зору забезпечення точності поверхні. Так, як всі допуски не перевищують норму на операційний розмір це є прийнятним для обраної схеми базування.

## 2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Токарна обробка заготовок на підприємстві виконується на верстаті моделі TL-1. Технічна характеристика верстата моделі TL-1 наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики верстата TL-1

Параметри	Чисельні дані
Модель верстата	TL-1
Найбільший діаметр обробленої заготовки, мм: над передньою захисною стінкою	508
над супортом	279
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір шпинделю, мм	58
Найбільша довжина обробленої заготовки, мм	762
Частота обертання шпинделю, об/хв	0-3000
Кількість швидкостей шпинделю	18
Подача супорта, мм/хв: - повздовжня	11.4 м / хв
- поперечна	11.4 м / хв
Кількість ступенів подач (регулювання без сходинок)	б/с
Потужність електричного двигуна головного привода, кВт	7,5

Для обробки шпонкового пазу пропонується вертикально-фрезерний верстат моделі 6Д92. Конструкція стола та шпинделя верстата має підвищену жорсткість, що забезпечить точність розмірів заготовки при їх виготовленні на різних режимах різання. Точність «виходу» стола верстата із заготовкою в потрібну точку координатної системи «шпиндель-стіл» становить  $\pm 0,01$  мм. Наведені дані верстата забезпечать технічні вимоги креслення вала. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики верстата 6Д92

Параметри	Чисельні дані
Модель верстата	6Д92
Переміщення по осям	
- X	508
- Y	406
- Z	394
Максимальний обертаючий момент, Нм	62
Найбільша довжина обробленої заготовки, мм	62
Частота обертання шпинделю, об/хв	0-10000
Прискорене переміщення, м/хв:	
- X	61
- Y	61
- Z	61
Потужність електричного двигуна головного привода, кВт	7,5

## 2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Різальний інструмент:

РІ1: Різець прохідний SCLCR 1616 H09

Різець токарний з механічним кріплення, гвинт через отвір твердосплавними ромбічної пластини з ріжучої кромкою 12,9мм та кутом нахилу в плані 95°, задній кут нахилу 0°, лівий, для позитивної ромбічної вставки 80°, перетин Н\*В=25\*25мм, довжина 100 мм.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-ІІ-630-0,1 ГОСТ 169–89; зразки шорсткості ГОСТ 9378–93 (для сталі).

Операція 030 «Вертикально-фрезерна».

Для обробки чотирьох пазів треба розробити спеціальний пристрій з метою точного базування, швидкого закріплення та розкріплення заготовки, з

використанням пневматичного силового приводу. Проектування верстатного приводу наведено у розділі 7 пояснювальної записки.

Для обробки шпонкового.

Різальний інструмент:

РІ1:Кінцева фреза 2Р-ТЕ90-214-13-05-L110

Кінцеві фрези під кутом  $90^\circ$  зі вставками 2РКТ з високими позитивними спіральними ріжучими крайками. Матеріал ріжучої частини Р6М5 ГОСТ 17026-71. Довжина державки 110мм.

Для вимірювання пазів використовуються: калібр-пробки  $\varnothing 14JS7$  ПР/НЕ, штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89; зразки шорсткості ГОСТ 9378-75.

## 2.7 Розрахунок режимів різання

Операція 025 «Токарна з ЧПК».

Вихідні дані. Обробка виконується на верстаті моделі TL-1, потужність верстата  $N_B = 7,5$  кВт. Обробляється зовнішня циліндрична поверхня діаметром  $85(+1,6;-0,9)$  мм до діаметру  $76,36(0;-0,019)$  мм, на довжину 230 мм. Шорсткість поверхні  $R_a = 6,3$  мкм.

1 Глибина різання  $t$ , мм [9, с. 265]:

$$t = \frac{85 - 76,36}{2} = 4,32 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $t = 2,5$  мм, кількість ходів  $i=2$ .

2 Подача  $S$ , мм/об [9, т. 11, с. 266]:

$$S = 0,4 - 0,5 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо  $S = 0,45$  мм/об (за паспортними даними верстата повздовжня та поперечна подачі змінюються без східчасто).

3 Швидкість різання  $V$ , м/хв [9, с. 265]:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{420 \cdot 0,4}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,45^{0,35}} = 71 \text{ м/хв,}$$

де  $C_v = 350$ ,  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $m = 0,2$  [9, т.17, с.269-270];  $T = 60$  хв [9, с. 268].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \left( \frac{750}{610} \right)^1 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \approx 0,4,$$

де  $K_r=1$ ;  $n_v = 1$  [9, т. 2, с. 262];  $K_{mv}=0,8$  [9, т. 5, с. 263];  $K_{iv}=0,65$  [9, т. 5, с. 263];  $\sigma_B=610$  МПа (див. табл. 2.2).

4 Визначаємо частоту обертання заготовки  $n$ , об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71}{3,14 \cdot 76,36} = 296 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_{\pi} = 300$  об/хв, тоді

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 76,36 \cdot 300}{1000} = 72 \text{ м/хв.}$$

5 Визначаємо потужність різання  $N_e$ , кВт [9, с. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} = \frac{1623 \cdot 72}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Порівняємо  $N_e = 1,9$  кВт  $< N = N_e \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6$  кВт – режим різання буде реалізований.

6 Визначаємо основний  $T_0$  (хв) час переходу:

$$T_0 = \frac{L_p \cdot i}{S \cdot n_{\pi}} = \frac{31,6 \cdot 2}{0,45 \cdot 300} = 0,47 \text{ хв,}$$

де  $L_p = l_d + l_{вр} + l_{пер} = 30,1 + 1,5 + 0 = 31,6$  мм – розрахункова довжина;

$l_d = 30,1$  мм – довжина обробленої поверхні;

$l_{вр} = 1,5$  мм – величина врізання інструменту;

$l_{пер} = 0$  – величина перебігу інструменту;

$i = 2$  – кількість ходів інструменту.

На інші технологічні переходи операції режими різання визначалися табличним методом (див. табл. 5.7).

$$T_0 = 1,1$$

Операція 060 «Вертикально-фрезерна».

Обробка виконується на фрезерному верстаті моделі 6Д92, потужність верстата  $N = 7$  кВт. На *першому* переході фрезерується шпонковий паз шириною 14JS7(+0,009; 0) мм, довжиною  $46 \pm 0,435$  мм, глибиною 5,9 мм. Різальний

інструмент: фреза шпонкова діаметром  $D = 14e8$ ;  $L = 107$  мм;  $l = 22$  мм; кількість зубців  $Z = 2$ ; тип 2 із конічним хвостовиком згідно ГОСТ 9140–78, матеріал фрези Р6М5 ГОСТ 19265–73. Обробка паза виконується за один хід інструменту.

1 Глибина різання  $t = 5,5$  мм; ширина фрезерування  $B = 14$  мм.

2 Подача на зуб при врізанні на глибину шпонкового пазу  $S_z = 0,25$  мм/зуб. [7, т. 38, с. 286].

3 Період стійкості шпонкової фрези  $T = 80$  хв [7, т. 40, с. 290].

4 Швидкість різання  $V$  визначається за формулою [7, с. 282]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{12 \cdot 20^{0,3} \cdot 0,96}{80^{0,26} \cdot 5,9^{0,3} \cdot 0,25^{0,25} \cdot 14^0 \cdot 2^0} \approx 12,5 \text{ м/хв},$$

де  $C_v = 12$ ;  $q = 0,3$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,25$ ;  $u = 0$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0,26$  – показники степені [7, т. 39, с. 286–290];

$K_v = 0,96$  – загальний поправний коефіцієнт для швидкості різання залежно від фактичних умов різання [7, с. 282].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,96,$$

де  $K_{pv} = 0,8$  – коефіцієнт враховує стан поверхні заготовки [7, т. 5, с. 263];

$K_{iv} = 1,0$  – коефіцієнт враховує матеріалу інструменту [7, т. 6, с. 263];

$K_{mv} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^n = 1 \cdot (750/760)^{0,9} = 1,027$  – коефіцієнт враховує фізико-механічні властивості матеріалу заготовки.

5 Частота обертання фрези  $n$ , об/хв.:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 14} = 284 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо оберти фрези за паспортними даними верстата і приймаємо  $n_{\pi} = 200$  об/хв. Тоді фактична швидкість різання визначиться:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 300}{1000} = 13,2 \text{ м/хв.}$$

6 Визначимо хвилину подачу стола верстата:

$$S_M = S_z \cdot n_{\pi} \cdot Z = 0,25 \cdot 284 \cdot 2 = 12,8 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо подачу  $S_M = 15$  мм/хв.

Тоді подача на зуб фрези визначиться за формулою:

$$S_z = S_m/n_n \cdot Z = 15/284 \cdot 2 = 0,105 \text{ мм/зуб.}$$

7 Сила різання  $P_z$  визначається за формулою [7, с. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w} =$$

$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,9^{0,86} \cdot 0,105^{0,72} \cdot 14^{1,0} \cdot 2 \cdot 0,94}{14^{0,86} \cdot 284^0} = 1685 \text{ (Н)},$$

де  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$  [7, т. 41, с. 291].

Коефіцієнт  $K_{mp}$  визначиться за формулою [7, т. 9, с.264]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{610}{750}\right)^{0,3} = 0,94.$$

Визначаємо складові сили різання  $P_z$ :

$$P_h = P_z(0,3 - 0,4) = 0,4 \cdot 1685 = 674 \text{ Н;}$$

$$P_v = P_z(0,85 - 0,95) = 0,95 \cdot 1685 = 1600 \text{ Н;}$$

$$P_y = P_z(0,3 - 0,4) = 0,4 \cdot 1685 = 674 \text{ Н;}$$

$$P_x = P_z(0,5 - 0,55) = 0,55 \cdot 1685 = 926 \text{ Н.}$$

8 Потужність різання визначиться за формулою [7, с. 290]:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{1685 \cdot 13,2}{1020 \cdot 60} \approx 0,36 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата  $N_{шп}$  визначиться за формулою:

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ кВт,}$$

де  $\eta = 0,8$  – ККД верстата;

$N_{дв} = 7$  кВт – потужність двигуна верстата.

Якщо  $N_p < N_{шп}$  ( $0,36$ кВт  $<$   $5,5$  кВт), то обробка можлива.

9 Основний час першого переходу визначиться за формулою:

$$T_{01} = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{105 \cdot 1}{15} = 7 \text{ хв,}$$

де  $L$  – довжина обробки, мм;  $L = l + l_{вр} + l_{пер} = 42 + 0 + 0 = 42$  мм;  $l = 42$  мм – довжина обробленої поверхні за кресленням;  $l_{вр} = 0$  мм – величина

врізання інструменту;  $l_{\text{пер}} = 0$  – величина перебігу інструменту;  $i = 1$  – кількість рухів інструменту.

## 2.8 Технічне нормування операцій

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 025 токарна з ЧПК і 060 шпонково-фрезерна . Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом [13-14].

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів [17, 18]. Обрані режими заносимо до табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Режими різання визначені за табличним методом для токарної операції з ЧПК 025

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, м/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	To, хв
Поверхня Ø65	1	2,5	0,25	163,4	800	4,3	0,012
Горець Ø65	1	2,5	0,25	163,4	800	19,5	0,054
Горець Ø76,36	1	2,5	0,25	191,9	800	4,2	0,012
Поверхня Ø76,36	1	1,2,5	0,25	191,9	800	32	0,089
Всього	-	-	-	-	-	-	0,258

Розрахунок режиму різання будемо проводити для операції 035 вертикально-свердлильна з ЧПК. Аналітичним методом розрахуємо режим фрезерування для шпонкового пазу 14мм

Зводимо розрахунки у табл. 2.9.



Таблиця 2.9 – Режими різання визначені за табличним методом для операції 060

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T <sub>0</sub> , хв
Фреза шпонкова 2510-4088 D В14М7К25 ГОСТ 9324-80	1	0,5	0,65	12,6	2500	20	4.5
Всього							4.5

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу [16].

Метою даного нормування є визначення норми штучно - калькуляційного часу на операції. Результати зводимо до табл. 2.10.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Таблиця 2.10 – Результати нормування на операції технологічного процесу

Номер операції	T <sub>0</sub> , хв.	T <sub>в</sub> , хв.	T <sub>пз</sub> , хв.	T <sub>шт</sub> , хв.
025 Токарно-гвинторізна	1,03	0,35	24	2,1
030 Токарна з ЧПК	2,33	0,9	28	3,2
035 Свердлильна з ЧПК	2,83	0,93	23	4,7
045 Фрезерна з ЧПК	3,17	1,1	21	4,18
060 Вертикально-фрезерна	4,5	1,8	22	7,2
070 Зубофрезерна	6,5	2,1	28	9,4
095 Кругло шліфувальна	5,7	2,0	23	8,3

## 2.9 Проектування засобів технологічного оснащення

2.9.1 Обґрунтування необхідності створення пристрою, вибір системи пристрою

Фрезерування передбачає фрезерування шпонкового пазу в ділянці «вал ведучий». Оскільки ця деталь є одним із ключових компонентів ГПА, висуваються високі вимоги щодо точності розташування розмірів, форми та поверхні.

Щоб полегшити це завдання, ми рекомендуємо використовувати пневматичні затискачі замість ручних затискачів.

Застосування пневмокамери має певний ряд переваг:

- збільшення продуктивності роботи;
- зменшення допоміжного часу;
- зменшення трудомісткості роботи;
- швидкість дії та простота в управлінні;
- забезпечення необхідних зусиль затиску;
- зменшення розряду працівника;
- збільшення стабільності параметрів по точності виконання операції.

2.9.2 Уточнення мети технологічної операції

Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції

Точність розмірів

На даній операції формується шпонковий паз, його довжина складає 45мм, ширина пазу дорівнює 14мм і глибина 5,5мм. Положення шпонкового пазу відносно лівого торця складає 12мм.

Ширина шпонкового пазу визначається номінальним розміром - 14мм, точність розміру - IT 7 поле допуску JS.

$$T_{14JS7} = 0,018\text{мм}$$

$$ES = +0,009\text{мм}$$

EI=-0,009мм

Точність форми

Точність форми бокових поверхонь характеризується допуском площинності. Допуск площинності для цієї поверхні на кресленні не вказаний, тому допуск площинності розраховується, як 30% від допуску на ширину пазу 14

$$T = T_{14JS7} * 0,3 = 0,018 * 0,3 = 0,0054 \text{мм.}$$

Згідно таблиці форми допуску найближче значення 0,005 мм, що відповідає 7 степені точності.

Точність розташування

Точність взаємного розміщення характеризується допуском паралельності. Допуск паралельності для даної поверхні вказаний, тому допуск паралельності дорівнює 0,02мм.

Згідно таблиці допусків взаємного розміщення найближче значення 0,02 відповідає 9 степені точності.

Шорсткість

Шорсткість бокової поверхні пазу задана за кресленням і становить 1,6мкм за критерієм Ra, що відповідає 4 класу точності.

2.9.3. Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових.

Аналіз креслення деталі дозволив запропонувати ряд поверхонь, що можуть бути використанні як технологічні бази.

Це поверхня торця  $\varnothing 45,4h9$ . Використання цих поверхонь як технологічних баз дозволить виконати принципи суміщення та постійності баз.

### Точність розмірів

Діаметри базових поверхонь  $45,4h9(0; -0,062)$  мм, номінальний розмір – 45,4 мм; квалітет – 9-й, поле допуску – h, величина допуску  $T_{45,4h9} = 0,062$  мм, верхнє відхилення поля допуску  $ES = 0$ , нижнє відхилення поля допуску  $EI = -0,062$  мкм.

### Точність форми

Похибка форми діаметру  $\varnothing 45,4h9$  характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 45,4} = 0,3 * 62 = 18,6 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 45,4} = 20 \text{ мкм},$$

що відповідає 7 ступеню точності [1, с. 110].

### Точність розташування

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю: діаметра  $\varnothing 45,4h9$  та торця  $\varnothing 45,4h14$

Для отвору  $\varnothing 45,4 h9$ :

$$T_{\varnothing 45,4} = 0,6 * 62 = 37,2 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 45,4} = 40 \text{ мкм},$$

що відповідає 9 ступеню точності.

Для торця  $\varnothing 45,4h14$ :

$$T_{\varnothing 45,4} = 0,6 * 620 = 372 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 45,4} = 400 \text{ мкм},$$

що відповідає 14 ступеню точності.

Шорсткість

Шорсткість циліндричних базових поверхонь  $R_a = 1,6$  мкм. Шорсткість базової торцевої поверхні  $\varnothing 45,4h14$  становить  $R_a = 3,2$  мкм.

В пристрої, який проектується, будуть оброблятися заготовки із базовими поверхнями тільки наведеної точності розмірів, форми і шорсткістю.

Визначення умов, в яких буде виготовлятися та експлуатуватися проєктований пристрій

Річна програма випуску задана в 5000 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить великою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Вал ведучий” (1 рік) пристрій повинен здійснити 5000 робочих циклів.

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі 6Д92.

Основні параметри верстата:

- частота обертання шпинделя – 10000 об/хв;
- максимальний обертаючий момент – 339Нм;
- максимальна осьова сила різання:  $P = 9000$  Н;
- потужність електродвигуна – 22,4 кВт;

2.9.5. Складання переліку функцій, які реалізуються

0 Переміщення і попередня орієнтація заготовки;

1 Базування заготовки;

2 Закріплення заготовки;

3 Базування пристрою на верстаті;

4 Закріплення пристрою на верстаті;

5 Підведення і відведення енергоносія;

6 Утворення вихідної сили для закріплення;

- 7 Керування енергоносієм;
- 8 Об'єднання функціональних вузлів;
- 9 Обробка пазу;
- 10 Створення безпечних умов праці.

#### 2.9.6. Розробка і обґрунтування схеми базування

##### Вибір поверхонь для закріплення

Аналіз креслення деталі дозволив виділити ряд поверхонь які можна використати як технологічні бази.

На роль технологічної бази перш за все претендує зовнішня циліндрична поверхня 45. Зазначена поверхня має просту форму та є достатньо розвинутою, її довжина складає 172 мм.

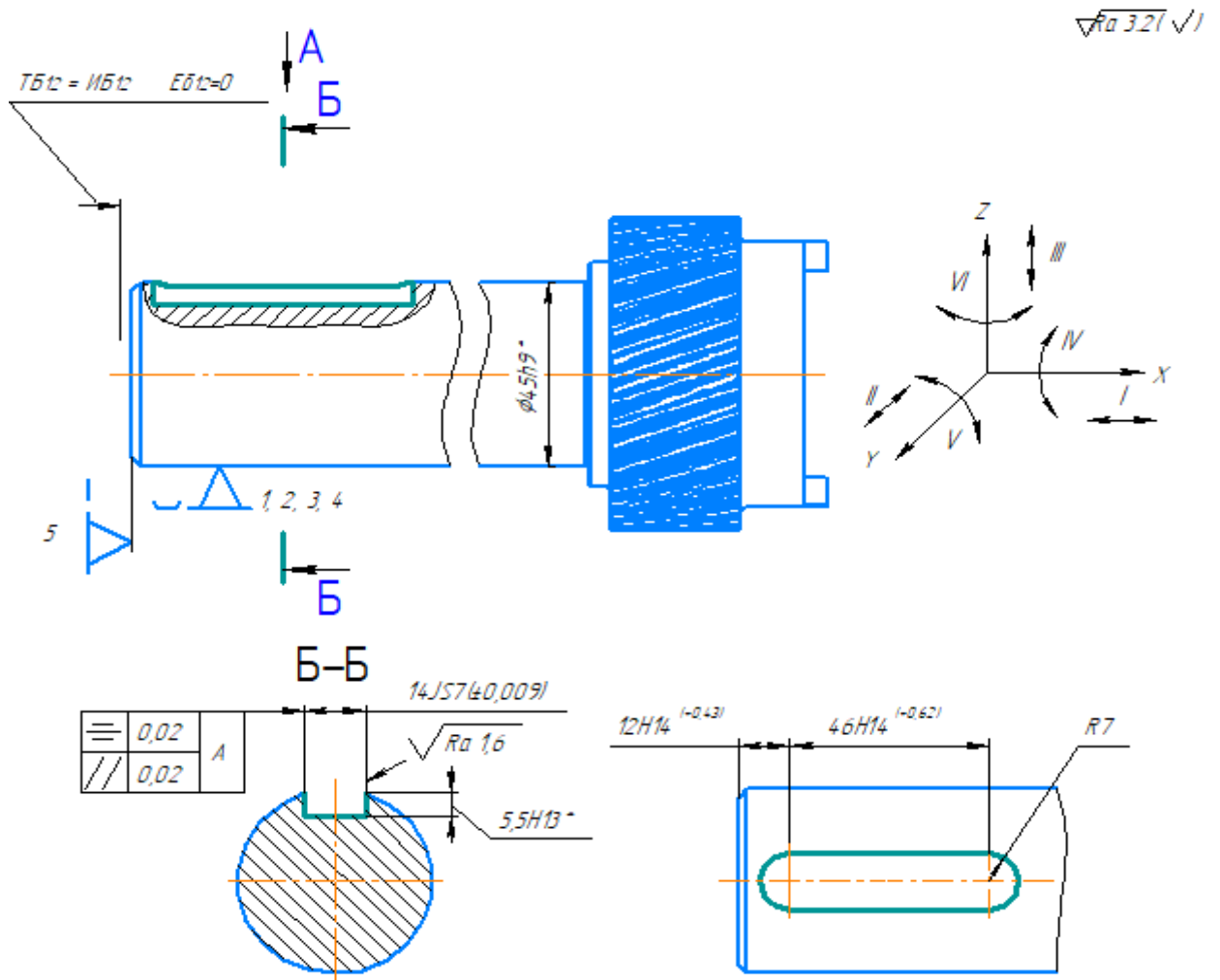
На момент реалізації операції з обробки шпонкового пазу розглянута поверхня має розмір  $\varnothing 45,4$  h9, шорхнїть Ra 1,6. Базування заготовки за цією поверхнею дозволить реалізувати подвійну направляючу базу.

На роль опорної бази перш за все претендує лівий торець деталі 45,4. Обрані технологічні бази дозволяють реалізувати принципи постійності та суміщення баз, що має підвищити точність обробки поверхонь заготовки.

Відповідно до сказаного наведемо схему базування заготовки на рисунку 2.6

Таким чином, відповідно до рисунку 2.6, заготовка позбавляє п'яти ступінів вільності

Таблицю відповідності, матрицю зв'язків та таблицю односторонніх зв'язків відповідно до запропонованої схеми базування заготовки наведемо у таблицях 2.6, 2.7, 2.8.



\* Розмір для довідок

Рисунок 2.6 - Схема базування заготовки для обробки шпонкового пазу

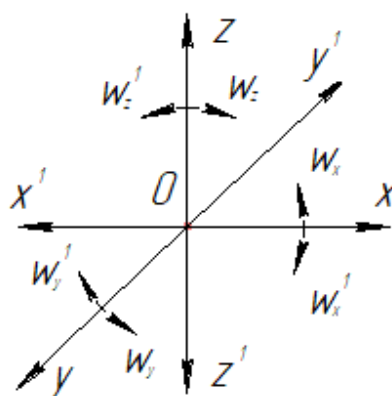


Рисунок 2.7– Схема однобічних зв'язків, що покладають на заготовку

Таблиця 2.11 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб б реалізації	Реакція	$\bar{R}$	$\bar{R}$	-	$\bar{R}$	-	$\bar{R}$	$\bar{R}$	$\bar{R}$	-	-	$\bar{R}$	$\bar{R}$
	Сила закріплення			P									
	Сила тертя									F(p)	F(p)		

На заготовку накладено 9-ь односторонніх зв'язків, із яких за координатами X та Z відбувається повний зв'язок, а за координатою Y – неповний, що обумовлено можливістю поворотів та односторонньому переміщенню заготовки. Щоб система стала врівноваженою за час обробки, треба позбавити заготовку можливого переміщення по координатам Y,  $\omega_y$ ,  $\omega'_y$ . Для цього треба переміщення заготовки по координаті Y компенсувати силою закріплення, а можливість поворотів навколо координати Y компенсувати силами тертя F(p), які виникають від дії сили закріплення P (див. табл. 2.11).

Таблиця 2.12 - Таблиця відповідності

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

Таблиця 2.13 - Матриця зв'язків

	x	y	z	Найменування бази
L	0	1	1	Поввійна напробляюча база
$\alpha$	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	1	0	0	



Аналіз схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності операційних розмірів.

Схема базування не впливає на точність розміру 14 JS7 мм. Точність цього розміру перш за все визначається геометричною точністю ріжучого інструменту (діаметром шпонкової фрези).

Точність довжини пазу 46 мм залежить від точності позиціювання робочих органів верстата. Схема базування не вплине на довжину паза.

Для розміру 12 мм похибка базування дорівнюватиме нулю так як технологічна та вимірювальна бази в цьому випадку співпадають (лівий торець заготовки).

Під час установки заготовки на призму має місце похибку базування на глибину пазу 5,5мм, величину якої можна розрахувати за формулою [СТМ1]:

$$\varepsilon = 0,5TD \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$$

$$\varepsilon = 0,5 * 0,2 * \left( \frac{1}{\sin 45} + 1 \right) = 0,067$$

де TD=0,062мм - допуск на Ø45,4 поверхні

$\alpha = 45$  - половина кута призми.

Похибку базування на глибину пазу 5,5мм дорівнює 0,067мм. Таким чином виконуються умова:  $\varepsilon = 0,067$ мм  $T = 0,2$ , що є прийнятним з точки зору забезпечення точності поверхні. Так, як всі допуски не перевищують норму на операційний розмір це є прийнятним для обраної схеми базування.

### 2.9.7 Побудова функціональної структури пристрою

З набору функцій, що наведені в пункті 5, виділимо ті, які реалізуються на протязі оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо-заклучний час; функції 8,10 прямого впливу на штучний час не здійснює.

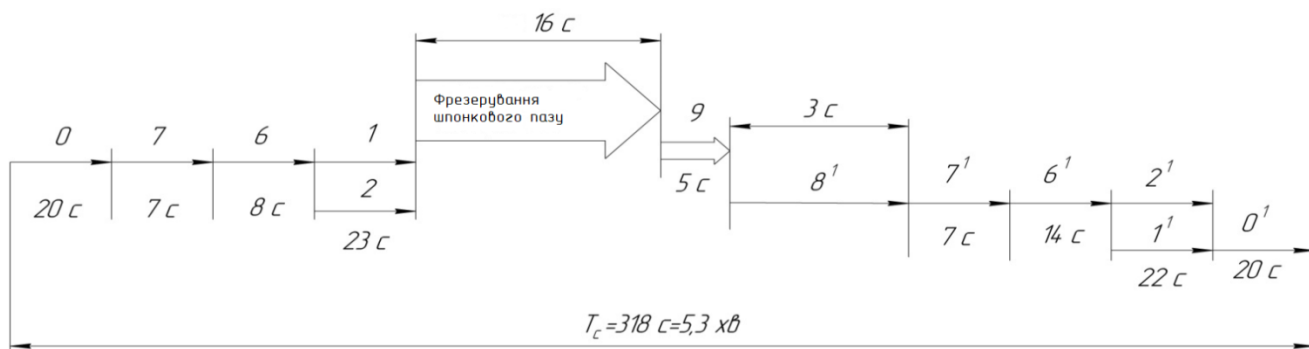


Рисунок 2.8 – Схема послідовної реалізації функцій

Функціональна структура пристрою представлена на рисунку 7.4.

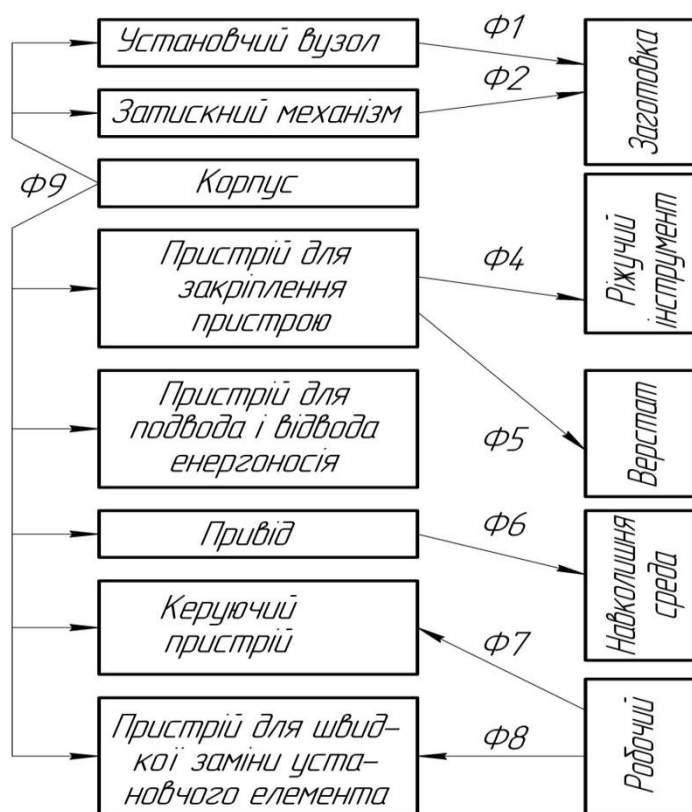


Рисунок 2.9 – Функціональна структура проектованого пристрою

### 2.9.8. Розробка та обґрунтування схеми закріплення

#### Аналіз структури полів збурюючих сил

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючих сил будемо графічну модель збурюючих сил взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

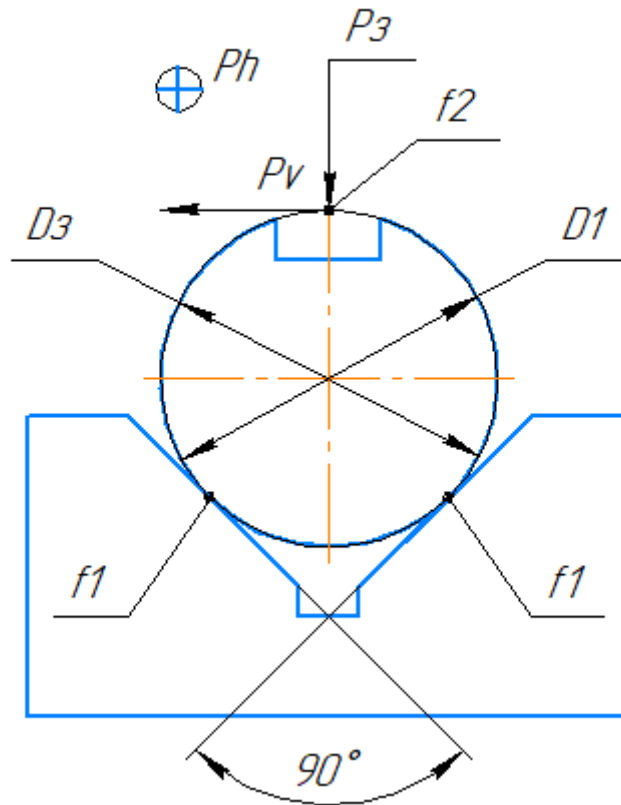


Рисунок 2.10 - □ Схема для розрахунку сили закріплення

#### Аналіз структури полів зрівноважувальних сил

Під час обробки заготовки генеруються сили різання, які переміщують заготовку з заданого місця всередині пристрою. Заготовка розводиться в 5 ступенях свободи за принциповою схемою, описаною в розділі 2 пояснювальної записки. Це орієнтує інструмент (фрезу), налаштований відповідно до розмірів канавки відповідно до технічних вимог. креслення.

Шляхом розрахунку режимів різання роботи 060 «Шпонкове фрезерування» визначено числові дані модальних складових при нарізанні канавок. Найбільш несприятливі режими різання виникають при обробці пазу ширина 14 (0,009) мм

#### Розрахунок сил затиску

Наведемо чисельні дані цього режиму: глибина різання  $t = 0,4$  мм; ширина фрезерування  $B = 14$  мм; подача на зуб фрези  $S_z = 0,1$  мм/зуб; хвилинна подача  $S_m = 72$  мм/хв; кількість обертів фрези  $n = 360$  об/хв; швидкість різання

$V = 15,7$  м/хв; складові сили різання  $P_z = 170$  Н;  $P_h = P_y = 68$  Н;  $P_v = 153$  Н;  
 $P_x = 94$  Н; потужність різання  $N_p = 0,64$  кВт.

Векторним аналізом сил різання визначено, що складова сила різання  $P_h$  (див. рис. 8.1) спромагається зсунути заготовку уздовж опорних поверхонь призм, а складова сила  $P_v$  повернути пластину навколо її осі.

Таким чином, розрахунок сили закріплення треба виконувати виходячи із двох умов. За першою умовою треба виключити зсув, а за другою умовою поворот заготовки. Найбільш із розрахованих значень приймається за силу закріплення і є вихідною величиною для подальшого проектування верстатного пристрою.

За першою умовою треба виключити зсув заготовки уздовж поверхонь призм. Зсув заготовки під дією сили  $P_h$  стримують сили тертя, що виникають в місцях контакту затискних елементів із заготовкою і в місцях контакту заготовки із опорами призм (на рисунку 3.1 сили тертя зображені як коефіцієнти тертя  $f_1$  і  $f_2$ ).

Сила закріплення  $P_z$  визначиться за формулою [7, т.8, с.80–84]:

$$P = \frac{P_h \cdot K}{(f_1 + f_2)} = \frac{68 \cdot 3,1}{(0,16 + 0,16)} = 659 \text{ Н}$$

де  $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06 \gg 3,1$ ;

$K_0 = 1,5$  □ коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1$  коефіцієнт враховує якість оброблених поверхонь;

$K_2 = 1,7$  коефіцієнт враховує затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1$  коефіцієнт враховує безперервність фрезерування;

$K_4 = 1,2$  коефіцієнт враховує наявність пневматичних або гідравлічних приводів у пристрої;

$K_5 = 1$  коефіцієнт враховує розташування в пристрої рукояток для керування;

$K_6 = 1$  коефіцієнт враховує наявність моментів, які можуть повернути заготовку установленою площиною поверхнею на постійні опори;

$f_1 = f_2 = 0,16$  коефіцієнти тертя, відповідно в місцях контакту заготовки із затискним механізмом та опорами;

$\alpha = 90$  кут призми.

За другою умовою треба виключити поворот заготовки. Пластина при фрезеруванні буде нерухомою, якщо момент  $M$  утворений силою  $P_v$  буде дорівнювати моменту тертя, утвореного силою закріплення  $P_3$ .

Момент, що утворився силою  $P_v$ , визначиться за формулою:

$$M = \frac{P_v \cdot D_1}{2} = \frac{153 \cdot 0,0454}{2} = 3,5 \text{ Нм}$$

де  $D_1 = 45,4 \text{ мм}$  — діаметр на якому розташовуються паз.

Сила закріплення  $P_3$  визначиться за формулою [7, т.8, с.80–84]:

$$P = \frac{2 \cdot K \cdot M}{D_3 \cdot \left( f_2 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{2 \cdot 3,1 \cdot 3,5}{0,0454 \cdot \left( 0,16 + \frac{0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} = 1386 \text{ Н}$$

Таким чином, найбільша сила закріплення  $P_3 = 1386 \text{ Н}$  буде компенсувати поворот заготовки. За цією силою виконується розрахунок пристрою для фрезерування.

Обґрунтування вибору привода

За літературними даними, джерелом живлення цього пристрою є пневмоциліндри (нерухомі, хитні, обертові) і пневмокамери. Останні бувають у вигляді односторонніх або двосторонніх блоків живлення. З силового вузла двох типів пневматичної апаратури візьміть пневматичну камеру (мембранний пневмоциліндр односторонньої дії). Цей вибір з пневматичним приводом обумовлений наступними причинами:

По-перше, конструкція пневматичної камери простіша, ніж конструкція пневматичного циліндра. Завдяки властивостям матеріалу, з якого вона виготовлена, мембрана розділяє дві порожнини камери і під дією стисненого повітря змінює свою форму (стає опуклою). У пневматичних циліндрах ці функції мембрани виконують ущільнювальні елементи. Останній монтується в кільцевій канавці поршня і повинен відтворювати посадку циліндр-поршень, зазначену на

кресленні. Виготовлення конструктивних елементів поршневого ущільнення та збирання їх у вузли є трудомістким процесом порівняно з виготовленням мембран.

По-друге, габаритні розміри пневматичної камери значно менші, ніж у пневматичного циліндра, розрахованого на ту саму силу затиску.

По-третє, термін служби пневматичної камери значно довший, ніж у пневматичного циліндра. Пневматична камера дозволяє виконувати до мільйона операцій ремонту (регулювання) мембрани та пов'язаних з нею стрижнів. Межі ремонтних робіт пневматичних циліндрів зі штоками значно менші, вимагають додаткових (більш трудомістких) робіт, пов'язаних із заміною ущільнювальних елементів у конструкції виробу.

По-четверте, пневматичні камери, виготовлені за існуючими нормативними документами, набагато легше монтувати на конструкції верстата та підключати до мережі стисненого повітря цеху. Конструкції верстатів, як правило, набагато компактніші та прості у виготовленні та експлуатації.

#### 2.9.9. Розрахунок на міцність

Сила закріплення  $P_3$  діє на заготовку від пневматичного приводу через важільний механізм (див. рис. 3.2). Важільний механізм введений у пристрій з метою збільшення сили закріплення за умовою невеликих сил на штоку пневматичного приводу та його габаритних розмірів.

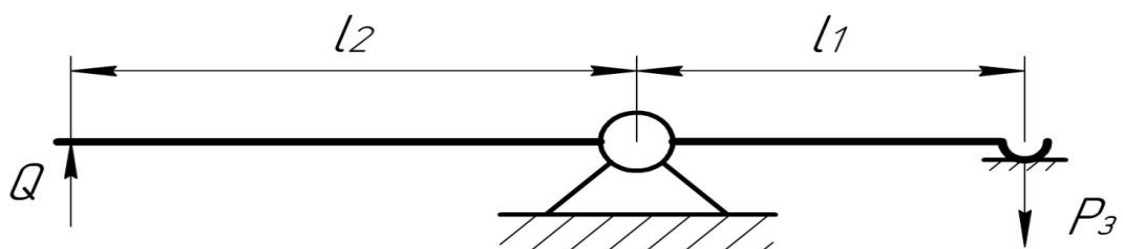


Рисунок 2.11 - Схема важільного механізму пристрою

Сила на штоку  $Q$ , згідно даними довідника [7, т.15, с.89], розраховується за формулою:

$$Q = \frac{P_3 \cdot l_1}{l_2} = \frac{1386 \cdot 80}{120 \cdot 0,9} = 1026 \text{ Н}$$

де  $l_1 = 80$  мм;  $l_2 = 120$  мм – плечі важільного механізму (визначаються при проектуванні механізму пристрою);

$$h = 0,9 \cdot \text{ККД механізму (середній показник)}.$$

Конструкція пневматичної камери складається з двох запресованих кришок з ущільненою між ними діафрагмою, матеріалом якої є гумова тканина. Останні виготовлені з багат шарових «ремінних» тканин, просочених з двох сторін масло стійкою гумою. Товщина діафрагми коливається від 4 до 10 мм. При подачі стисненого повітря в нижню порожнину діафрагми діафрагма переміщує з'єднаний з нею стрижень і прикріплену до нього пружину вгору. Стрижень, з'єднаний із затискним пристроєм пристрою, передає кінцеве зусилля. Його значення залежить від діаметра мембрани і тиску стисненого повітря всередині порожнини камери. Після видалення стисненого повітря з порожнини камери шток під дією пружини рухається вниз і діафрагма стає опуклою.

Для малих переміщень штока використовується плоска діафрагма, термін служби якої становить до 1 млн. затискачів.

Пневматична камера кріпиться до корпусу пристрою за допомогою гвинтів або болтів і закріплюється напрямними штифтами.

Згідно виконаних розрахунків (див. пункт 3 пояснювальної записки), діаметр пневматичного приводу  $D_p$  визначиться за формулою [2, т.19, с.92]:

$$D = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{Q_0}{0,196 \cdot p_0}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{1026}{0,196 \cdot 0,4}} = 67 \text{ мм}$$

де  $p = 0,4$  мінімальний тиск в порожнині пневматичної камери.

Для приводу вибираємо мембранний пневматичний циліндр одnobічної дії. Матеріал мембрани є гумовою тканиною. Приймаємо: діаметр пневматичної камери  $D = 125$  мм; сила на штоку становить 3500 Н [2, т.18, с.91].

Визначимо рух штока  $L$  (мм) [1, с.114]:

$$L = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,4 \cdot 125^4}{6^3} = 7,7 \text{ мм}$$

де  $S$  - товщина мембрани, яка визначається із умови міцності її матеріалу:

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3 p_0}{\sigma_{\max}}} = \frac{125}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} = 5,42 \text{ мм}$$

де  $\sigma \leq 40$  МПа - найбільше граничне напруження в тканині мембрани. Приймаємо

$$S = 6 \text{ мм}, L = 8 \text{ мм}.$$

### 2.9.10. Розрахунки пристрою на точність

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [4, с.26]:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{поз}^2}, \quad (10.1)$$

де  $T = 2$  допуск паралельності паза відносно осі поверхні А60,1h7, якій потрібно забезпечити;

$K = 1,2$  - коефіцієнт враховує можливе відхилення від нормального розташування окремих складових (приймається у випадку, коли похибка базування не дорівнює 0);

$\varepsilon = 0$  - похибка базування заготовки в призмі;

$\varepsilon = 0$  - похибка закріплення не впливає на зміщення заготовки;

$\varepsilon = 0$  - похибка установлення пристрою на столу верстату;

$\varepsilon = 0$  - похибка перекосу інструменту;

$\varepsilon = 0$  - похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос опорних поверхонь призми);

$\omega = 10$  - середня економічна точність обробки [3, с.59];

$K = 0,6$  - коефіцієнт враховує імовірність появи похибки обробки;

$\varepsilon = 10$  - похибка позиції стола фрезерного верстата відносно шпиндельного блоку.

Підставляємо значення:

$$\varepsilon_{np} = 2 - 1,2 \sqrt{(0 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + (0,6 \cdot 10)^2} = 28 \text{ мкм}$$



### 2.9.11. Опис та принцип дії пристрою

Пристрій в зборі повинен задовольняти технічні вимоги креслення загального вигляду та забезпечувати якісну обробку заготовки по заданим розмірам.

Експлуатація пристрою:

1. Встановити та закріпити на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.

2. Підготувати базові поверхні до встановлення заготовки.

3. Встановити заготовку в призми з упором в торець.

4. Поворотом рукоятки розподільчого крана виконати закріплення заготовки.

5. Обрати заготовку.

6. Поворотом рукоятки розподільчого крана в зворотню сторону відкріпити заготовку.

7. Відтягнути прихват та зняти заготовку

З пневмомережі повітря під тиском подається в без штокову полость, переміщає шток в верх. Таким чином здійснюється переміщення прихвата і він затискає заготівку. При відсутності тиску пружина тягне шток в низ і відбувається розтиск заготівки.

## **2.10 Проектування контрольно-вимірювального пристрою**

### 2.10.1 Завдання на проектування

Згідно з завданням, необхідно спроектувати контрольно-вимірювальне пристосування (КВП) для контролю співвісності зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 45k6$  вал ведучий щодо його внутрішнього отвору  $\varnothing 42N7$  з допуском 0,02 мм, див. рисунок 2.12.

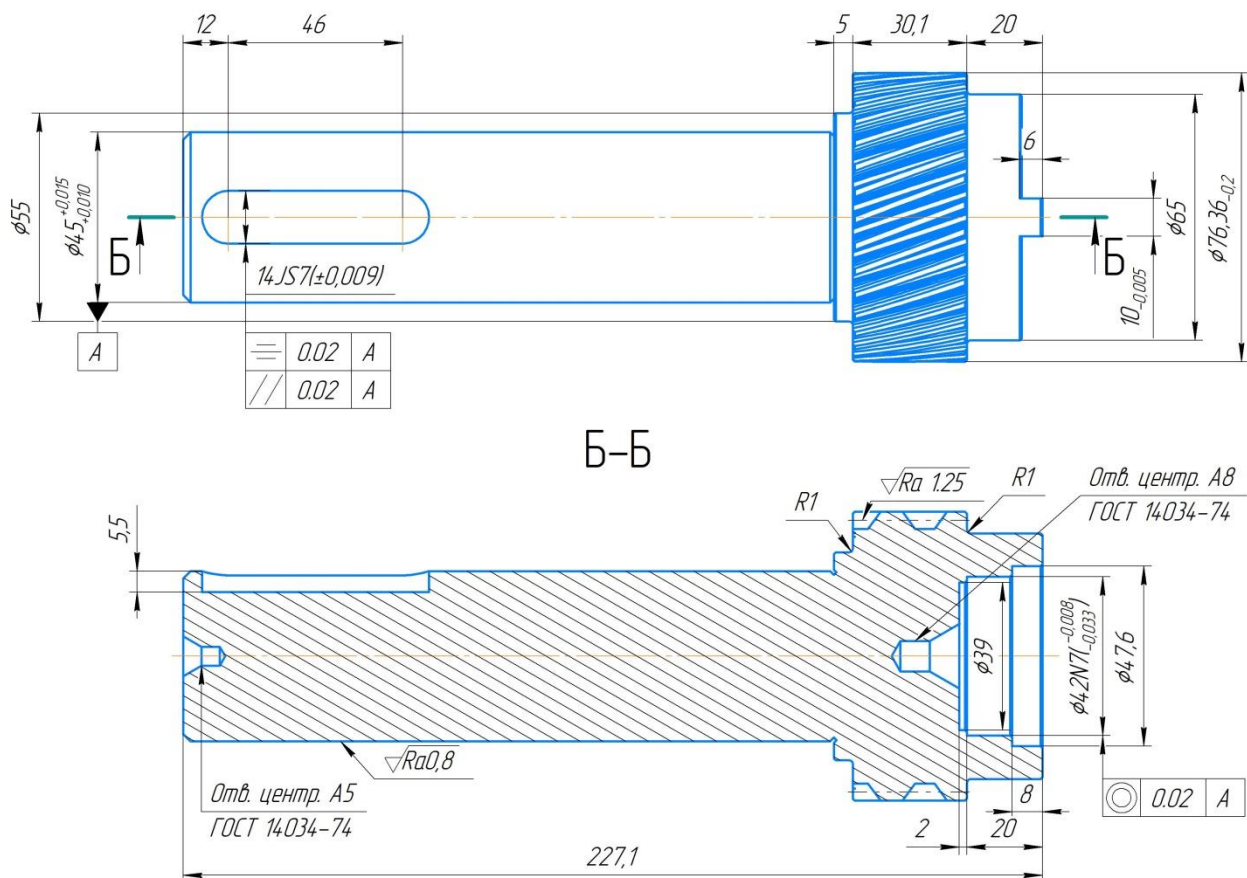


Рисунок 2.12 – Ескіз «Вала ведучого»

### 2.10.2 Початкові дані для проектування

Річна програма випуску визначена в 2000 деталей. Це відповідає середньо серійний типу виробництва. При заданому періоді виробництва виробів в 10 років і при суцільному контролі, проєктований КВП повинен здійснити 20000 робочих циклів для перевірки запланованого обсягу випуску. Відповідно до завдання контроль співвісне биття деталі буде здійснюватися після остаточної обробки заготовки на робочому місці контролера ВТК.

### 2.10.3 Обґрунтування необхідності проектування КВП

На цей час контроль радіального биття «Вала ведучого» здійснюється альтернативним методом із застосуванням універсальних засобів, зокрема, токарного самоцентруючого патрону і магнітної індикаторної стійки безпосередньо на токарному верстаті. Ні метод, ні засіб не можна визнати

прийнятними, оскільки перевірка проводиться із залученням верстатного устаткування, розташованому на механічній дільниці далеко від ВТК і не дає необхідної інформації про стан процесу обробки і якості виробів. Крім того, великий вплив на якість контролю в даному випадку надають суб'єктивні особливості оператора, у зв'язку з чим похибка контролю може досягати 25% [1].

#### 2.10.4 Відпрацювання конструкції деталі на технологічність вимірювання

В цілому контроль радіального биття «Вала ведучого» не викликає будь-яких труднощів, оскільки проставлення відхилень розташування поверхонь є вірною і є досить розвинені і точні базові поверхні. Є можливість дотриматися принципу суміщення баз. Допуск на співвісне биття заданий в межах 0,02 мм, що відповідає 6-му ступеню точності згідно з [2].

#### 2.10.5 Уточнення мети операції контролю та її організаційно-технологічних показників

##### Вибір категорії контролю

Продукція, що випускається за своїми техніко-економічними показниками повинна відповідати сучасним вимогам діючих стандартів. Таку продукцію відносять до 1-ї категорії якості. Обмежимося 3-й категорією контролю [3]. Виробництво подібного технологічного класу деталей можна вважати давно освоєним і усталеним. Тому приймаємо нормальний режим контролю згідно з ГОСТ 20736-75. Встановимо наступні показники операції контролю: за обсягом – суцільний контроль; за часом – постійний; за структурою – одноразовий [3].

З урахуванням цього при випуску запланованого обсягу продукції необхідно перевірити радіальне биття 20000 деталей. Виходячи з цього, спроектуємо нерозбірне спеціальне пристосування (НСП).

##### Вибір контрольних точок об'єкту вимірювання

Співвісне биття визначається сумарним відхиленням профілю розглянутого перетину від круглості і відхиленням його центру щодо базової осі і чисельно

дорівнює різниці  $\Delta$  найбільшої та найменшої відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перерізі площиною, перпендикулярною до базової осі. Виходячи з вищевказаного визначення, під час контролю радіального биття, останнє визначатимемо по поверхні діаметром 45js6 не ближче 3 – 5 мм до кожного її краю.

Уточнення і аналіз точності параметрів контрольованої поверхні

За контрольовану поверхню приймаємо зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 42N7$ . Визначимо кількісно параметри точності цієї поверхні.

Поверхня  $\varnothing 42N7$  повинна бути виконана в номінальний розмір 42мм. Допуск на розмір поверхні згідно з 7 квалітетом точності становить  $\varnothing 42N7 = 0,025$  мм з розташуванням відхилень зовні. Верхнє відхилення  $es = -0,008$  мм, нижнє відхилення  $ei = -0,033$  мм.

Точність форми контрольованої поверхні кресленням деталі не регламентовано. Тому, як точність форми, розглянемо, характерне для циліндричної поверхні її відхилення від циліндричності. Так як допуск на точність форми поверхні не вказано, то ми беремо його в межах допуску на відповідний діаметральний розмір. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск циліндричності становить 30% від допуску на діаметр:

$$T_{\odot} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 42N7} = 0,3 \cdot 0,025 = 0,0075 \text{ мм,}$$

що відповідає найближчому стандартному значенню 0,005 мм та 5-му ступеню точності згідно з [2].

Визначення конструкторсько-технологічних особливостей контрольованої деталі

Контроль заданого параметра здійснюється після остаточної механічної обробки деталі на столі ВТК. Деталь за своїми конструктивними особливостями відноситься до тіл обертання, за технологічними – до класу вал. Маса деталі – 3,34 кг. Матеріал – конструкційна легована сталь ХВГ ГОСТ 4543-71, призначена для виготовлення деталей підвищеної міцності. Сталь ХВГ має середній вміст

вуглецю – від 0,36 до 0,44%, хрому – 0,8 – 1,1 %. Крім цих елементів у розглянутій сталі може бути незначний вміст кремнію, марганцю, нікелю, міді, сірки, фосфору.

Вибір схеми контролю

З усієї сукупності поверхонь, що утворюють деталь, претендувати на базові можуть лише одна поверхня, що здатна контролювати співвідносності: зовнішній діаметр  $\varnothing 45k6$  деталі. Цей вибір обумовлений можливістю поєднання конструкторської та технологічної баз, що визначають контроль заданого параметра. Визначимо кількісно параметри точності цієї поверхні.

Циліндричний отвір  $\varnothing 45k6$  виконаний за 6 квалітетом точності й допуском 0,005 мм [2]. Номінальний розмір – 45 мм. Верхнє відхилення  $ES = +0,015$  мм; нижнє відхилення  $EI = +0,010$  мм. . Так як допуск на точність форми поверхні не вказано, то ми беремо його в межах допуску на відповідний діаметральний розмір. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск циліндричності становить 30% від допуску на діаметр:

$$T_{\odot} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 45k6} = 0,3 \cdot 0,005 = 0,0015 \text{ мм,}$$

що відповідає найближчому стандартному допуску в 0,0015 мм та 6-му ступеню точності [2].

Шорсткість циліндру  $\varnothing 45k6$  відповідає 0,8 мкм за критерієм  $R_a$ .

Обґрунтування вибору схеми базування контрольованої деталі

Аналізуючи параметри точності базових поверхонь приходимо до висновку про придатність розглянутих поверхонь на роль базових. На рисунку 2.13 представлена схема базування контрольованої деталі. З рисунка 2.13 видно, що отвір  $\varnothing 45k6$  з встановленою в нього розтискною оправкою реалізує подвійну направляючу базу, яка позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності: двох обертальних і двох поступальних переміщень навколо і уздовж осей X і Y при вертикальному розташуванні центральної осі деталі. Нижній торець деталі  $\varnothing 45$  грає роль опорної бази, яка накладає на деталь ще один (п'ятий) зв'язок, позбавляючи виріб поступального переміщення уздовж осі Z. Оскільки обрана

схема базування дозволяє дотриматися принципу суміщення баз для контрольованого параметра, то похибка базування  $\varepsilon_{\delta\uparrow} = 0$  мм.

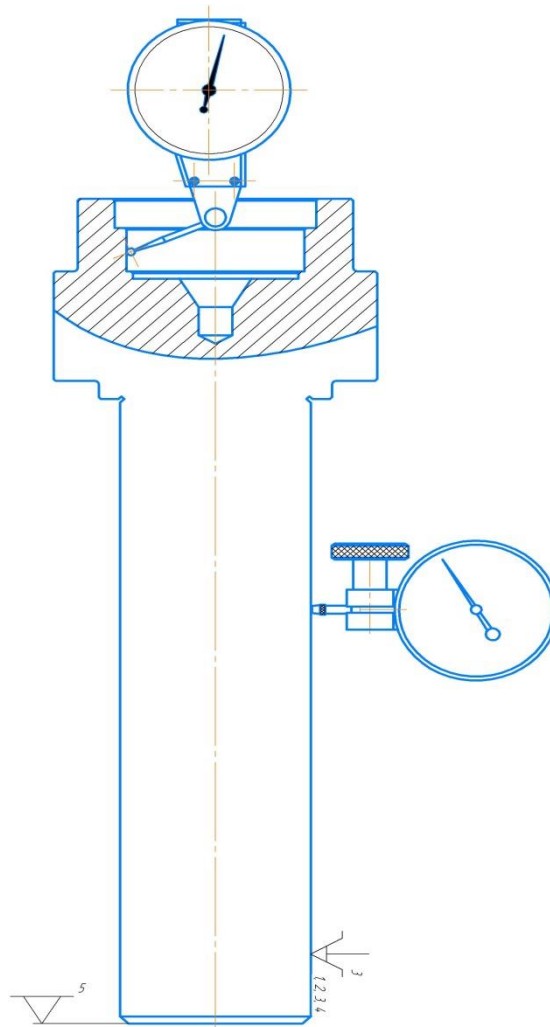


Рисунок 2.13 – Схема контролю й базування деталі

Обґрунтування вибору схеми закріплення контрольованої деталі

Під час вимірювання радіального биття «вала ведучого», вісь деталі буде розташовано вертикально, у зв'язку з чим сили гравітації будуть притискати деталь до опорних поверхонь. Під час установки виробу буде використовуватися затискна гідропластова оправка. Остання буде забезпечувати незначне зусилля затискання, що дозволить вибрати гарантований зазор між оправкою та отвором. В результаті, похибка закріплення  $\varepsilon_{з}$  виробу дорівнюватиме нулю.

Визначення умов експлуатації проектного КВП

Контроль заданого параметра буде проводитися безпосередньо на столі ВТК, розташованому поруч з механічною дільницею. Звідси можна зробити висновки про не зовсім сприятливі умови експлуатації КВП. Температура в робочій зоні –  $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  (ГОСТ 12.01.005-88). Відносна вологість повітря –  $\varphi_n = 80\%$ . Атмосферний тиск –  $P_{\text{ат}} = 86 - 106$  кПа; швидкість руху повітря – Зм. Арк. № докум. Підп. Дата Арк.  $9 \text{ VB} \leq 0,5$  м/с. Частота вібрацій, викликана верстатами  $f = 20 - 30$  Гц. Основним фактором, що визначає працездатність зору, є освітленість. Тому поряд із загальним необхідно передбачити місцеве освітлення з  $E_f = 1500$  люкс [4].

Складання переліку частинних функцій, які слід реалізувати в КВП.  
Визначення структури потоку функцій

З переліку функцій, які реалізуються в КВП, складемо набір функцій, які необхідно здійснити, щоб стала можливою операція контролю:

- 1) установка (зняття) деталі;
- 2) базування;
- 3) закріплення;
- 4) налагодження;
- 5) об'єднання;
- 6) прийом інформації;
- 7) передача і перетворення інформації;
- 8) видача (відображення) результатів вимірювання;
- 9) підведення і (відведення) засобу вимірювання.

#### 2.10.6 Вибір і обґрунтування методу вимірювання

З можливих альтернатив прямого і непрямого методу віддаємо перевагу прямому методу, оскільки його простіше зробити при контролі співвісності контрольованих поверхонь «Вал ведучий». При цьому немає необхідності в перерахунку контрольованого параметра і отримується точність цілком достатня для допуску, що перевіряється.

При виборі контактного або безконтактного способів віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що характеристики міцності матеріалу деталі є досить високими (сталь ХВГ) і контрольована поверхня без деформацій і змінання може сприйняти значне вимірювальне зусилля. При цьому певне зусилля вимірювання сприятиме видалення бруду і сторонніх тіл з місця вимірювання.

Для забезпечення точкового контакту призначаємо наконечник сферичної форми з радіусом не менше 3 мм.

З огляду на значну твердість контрольованої поверхні, геометричні параметри наконечника, орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 500 сН (5 Н). В цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{зус}^2}{r}}$$

де  $\Delta_{зус}$  – величина похибки контактної деформації, мкм;

$K$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника. Для умови твердого сплаву маємо  $K = 0,81$ ;

$P_{зус}$  – вимірювальне зусилля, Н;

$r$  – радіус сфери наконечника, мм

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot 0,81 \sqrt[3]{\frac{5^2}{3}} = 0,706 \text{ мкм}$$

Деталь контролюється при повороті на  $360^\circ$ , що характерно для динамічного методу контролю.

З двох можливих методів - абсолютного і відносного - кращий другий (відносний), так як він надає більш широкі можливості для різних конструктивних рішень, дозволяє здійснити більш точні вимірювання.

Налаштування КВП буде проводитися без використання еталонної деталі.

Виходячи зі структури потоку функцій, що реалізуються КВП, встановлюємо час на контрольну операцію 2,0 хв. Така тривалість контролю не



вимагає високого рівня механізації, так як може бути здійснена вручну на простому вимірювальному пристрої.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірного напруження зору.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення зумовлене контактним методом контролю. На його користь говорить великий арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічну апробацію на точність і надійність роботи на робочих місцях контролерів ВТК.

### 2.10.7 Вибір засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і характеристик надійності, якими має володіти ЗВ.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина допуску ІТ контрольованого параметра, зокрема, соосності контрольованих поверхонь:

$$[\delta_{\text{вим.}}]=K \cdot IT,$$

де  $K$  – залежить від квалітету або степені точності контрольованого параметра і може приймати від 0,2 до 0,35.

Тож для соосності маємо:

$$[\delta_{\text{вим.}}]=0,2 \cdot 30 = 6 \text{ мкм},$$

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку) для контролю радіального та торцевого биття [3]:

$$[\Delta_{\text{ін.}}]=0,7 \cdot [\delta_{\text{вим.}}],$$

$$[\Delta_{\text{ін.}}]=0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ мкм}.$$

Ціна поділки ЗВ розраховується залежно від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ. Приймаємо:

$$[c] = [\Delta_{\text{ін.}}] = 4 \text{ мкм}.$$

Інтервал поділки шкали [а] беремо 1,0 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань ЗВ. Необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП, і перш за все освітленість (див. пункт 5.8).

Межа вимірювання за шкалою [А] повинна перевищувати допуск ІТ, щоб зняття показань не викликало труднощів[3]. Приймаємо:

$$[A] = 4 \cdot IT = 4 \cdot 30 = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм.}$$

Межа вимірювання засобу (діапазон вимірювань) визначається вимогами експлуатації. Приймаємо [Б]=0,5 мм.

Вимірювальне зусилля [Р<sub>зус</sub>] обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Значення вимірювального зусилля прийнято в пункті 6. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо [Р<sub>зус</sub>] = 5 Н.

Допустиме коливання вимірювального зусилля обумовлюємо величиною [ΔР<sub>зус</sub>] = 1 Н.

Основним нормованим показником надійності ЗВ є напрацювання t (Р) до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи Р. Відповідно до [3] кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій (див. пункт 5.1):

$$[t(P)] = 1000 \cdot 4 = 4000 \text{ циклів.}$$

Ймовірністю безвідмовної роботи задамося [Р] = 0,85, виходячи із можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

Згідно з усталеними цінами на контрольно-вимірювальні засоби вітчизняного і імпортного виробництва, встановимо витрати на придбання ЗВ: [Ц] = 3000 грн.

Пошук ЗВ по заданим обмеженням

Після того, як стали відомі допустимі значення по метрологічним, експлуатаційним і надійним показникам, можна приступити до пошуку ЗВ.

Прийнятним вважається ЗВ, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимим:

$$\Delta_{in} \leq [\Delta_{in}]; P_{зус} \leq [P_{зус}]; c \leq [c]; A \geq [A]; a \geq [a];$$

$$B \geq [B]; P \geq [P]; \Delta P \leq [\Delta P]; t(P) \geq [t(P)]; Ц \leq [Ц].$$

Пошук здійснюємо відповідно до паспортів і таблиць технічних характеристик для важільно-зубчастих та інших вимірювальних голівок. Виходячи із вище перелічених допустимих метрологічних характеристик ЗВ вибираємо індикатор часового типу ИЧ 50 0.01мм IDF з ціною поділки 0,001 мм з наступними характеристиками:

$$\Delta_{in} = 0,001 \text{ мм}; c = 0,001 \text{ мм}; A = 1 \text{ мм}; B = 1,0 \text{ мм}; P_{зус} = 200 \text{ сН}; \Delta P_{зус} = 80 \text{ сН}; t(P) = 10000; P = 0,9; Ц = 3569 \text{ грн.}$$

Зіставивши ці значення з допустимими, приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються:

$$\begin{aligned} \Delta_{in} = 0,001 < 0,006 = [\Delta_{in}]; & \quad c = 0,001 < 0,006 = [c]; \\ a = 1 \text{ мм} \geq 1 \text{ мм} = [a]; & \quad A = 1 \text{ мм} > 0,12 \text{ мм} = [A]; \\ P_{зус} = 2 \text{ Н} < 5 \text{ Н} = [P_{зус}]; & \quad \Delta P = 0,8 \text{ Н} < 1,0 \text{ Н} = [\Delta P]; \\ B = 1,0 \text{ мм} > 0,5 \text{ мм} = [B]; & \quad P = 0,9 > 0,85 = [P]; \\ t(P) = 10000 > 8000 = [t(P)]; & \quad Ц = 2500 \text{ грн} < 3596 \text{ грн} = [Ц]. \end{aligned}$$

Інші ЗВ мають надлишкову точність і меншу надійність, тому для нашого КВП найбільш відповідним вважаємо індикатор часового типу моделі ИЧ 50 0.01мм IDF.

Габаритні й приєднувальні розміри  $l \times \varnothing \times b = 115 \times 50 \times 35$  мм, маса – 0,2 кг.

## 2.9.8 Ескізне проектування

### Розроблення кінематичної схеми КВП

На схемі необхідно навести в спрощеному вигляді основні механізми (функціональні вузли) КВП. Вона також повинна давати поняття про характер переміщення, граничні положення й види зв'язків.

## Розроблення ескізної компоновки КВП

Рішення про компоувальну схему є результатом обробки інформації, отриманої на різних етапах проектування КВП. Так, узагальнюючи дані, що містяться в пунктах 5.6, 5.7, 7.2, 8.1, приходимо до висновку, що найбільш зручна для конкретних умов контролю вертикальна схема компоування. Вона забезпечує компактність і жорсткість пристосування. Досягається зручність установки деталі на вимірювальну позицію. Забезпечується найкоротший шлях проходження сигналу від точки вимірювання до шкали – запорука простоти і точності. Крім того, дана схема компоування дозволяє зменшити витрату металу і надати конструкції технічно доцільний, а значить естетичний вигляд.

## Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП

При контролі радіального биття контрольованої поверхні «корпус» сумарну фактичну похибку КВП можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{в}}^2 + \Delta_{\text{е}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2 + \Delta_{\text{т}}^2 + \Delta_{\text{зус}}^2},$$

де  $\varepsilon$  – похибка положення контрольованої деталі в пристосуванні. Вона визначається за формулою

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}$$

$\varepsilon_{\text{б}}$  – похибка базування. За умови використання розтискної оправки беремо  $\varepsilon_{\text{б}} = 0$  (див. п. 5.7);

$\varepsilon_{\text{з}}$  - похибка закріплення. Беремо  $\varepsilon_{\text{з}} = 0$  (див. п. 5.8);

$\varepsilon_{\text{пр}}$  - неточність виготовлення елементів КВП, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. В нашому випадку на контроль заданих параметрів буде впливати неточність виготовлення підшипників ковзання, що використовуються в механізмі обертання деталі. Останні за умови використання селективного складання можна виготовляти з точністю 5 мкм. Беремо  $\varepsilon_{\text{пр}} = 5$  мкм.

$$\varepsilon_{\text{рад}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0 + 0 + 5} = 5,0 \text{ мкм}$$

$\Delta_B$  – похибка передаточного пристрою. За умови відсутності в конструкції КВП передаточного пристрою беремо  $\Delta_B = 0$ ;

$\Delta_e$  – похибка виготовлення еталонної деталі. Оскільки для вимірювання радіального биття еталонна деталь не потрібна, беремо  $\Delta_e = 0$ ;

$\Delta_{ін}$  – похибка вибраного засобу вимірювання (див. п. 7.2),  $\Delta_{ін} = 2$  мкм;

$\Delta_{зус}$  – похибка, викликана вимірювальним зусиллям. Беремо  $\Delta_{зус} = 0,6$  мкм (див. п. 6);

$\Delta_t$  – похибка, викликана змінами температури навколишнього середовища. Оскільки контроль радіального биття здійснюється після вирівнювання температур контролюваного виробу та КВП, беремо  $\Delta_t = 0$ .

В результаті маємо

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \sqrt{5^2 + 0^2 + 0^2 + 2^2 + 0,6^2 + 0^2} = 5,4 \text{ мкм} < 6 \text{ мкм} = [\delta_{\text{вим}}],$$

а, значить, спроектований КВП для контролю соосного биття є працездатним.

## 2.11 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу

Зіставлення собівартості технологічного процесу шляхом докладного розрахунку робимо по одній операції «Вертикально фрезерна» обробки деталі «Вал Ведучий».

Економічна ефективність запроєктованого технологічного процесу визначається шляхом економічного порівняння обраного варіанту технологічного процесу з базовим (заводським) варіантом. Вихідні дані для економічного порівняння зведені в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 – Вихідні дані

Вихідні дані	Од. вим.	Базовий варіант	Проектований варіант
		Вертикально фрезерувальна	Вертикально фрезерна
Річна програма	шт.	2000	2000
Обладнання:			
модель		6M82ГБ	6Д92
кількість		1	1
коефіцієнт завантаження		0,8	0,8
вартість одиниці обладнання	грн.	300000	450000
сумарна встановлена потужність електродвигунів	кВт	7,7	2,2
Ріжучий інструмент:			
найменування		Фреза	Фреза
кількість	шт.	1	1
вартість одиниці або комплекту	грн.	600	600
Штучний час на операцію	хв.	14,5	7,2
Машинний час	хв.	8,1	3,3
Чисельність робітників	чол.	1 на станок	1 на станок
Розряд роботи		3	2
Виробнича площа, займана одиницею обладнання	м <sup>2</sup>	5,5	2,2

Розрахунок технологічної собівартості.

Вартість основного матеріалу.

$$C_{OM} = Q \cdot C_M - q \cdot C_o$$

де Q – норма витрати матеріалу;

$C_M$  – ціна матеріалу;

$q$  – вага реалізованих відходів;

$C_O$  – ціна відходів.

- по базовому варіанту  $Q = 10$  кг

$$C_{OM} = 10 \cdot 140 - 6,66 \cdot 63 = 980 \text{ грн};$$

- по проектуваному варіанту  $Q = 5,334$  кг

$$C_{OM} = 5,334 \cdot 140 - 1,994 \cdot 63 = 621 \text{ грн.}$$

Основна і додаткова зарплата виробничого робітника

$$Z_P = C_{\text{ч}} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \frac{t_{\text{шт}}}{60} \cdot K_{\text{МН}} \quad (3.2)$$

де  $C_{\text{ч}}$  – годинна тарифна ставка відповідного розряду;

$\kappa_1 = 1,4$  – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату;

$\kappa_2 = 1,375$  – відрахування на соціальне страхування;

$t_{\text{шт}}$  – штучний час на операцію;

$K_{\text{МН}} = 1$  – коефіцієнт багатостатного обслуговування;

- по базовому варіанту:

$$Z_{\text{ТОК}} = 33,93 \cdot 1,4 \cdot 1,375 \cdot \frac{14,5}{60} \cdot 1 = 15,78 \text{ грн.}$$

- по проектуваному варіанту:

$$Z_{\text{ТОК}} = 27,64 \cdot 1,4 \cdot 1,375 \cdot \frac{7,2}{60} \cdot 1 = 6,38 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування по обладнанню

$$A_O = \frac{(1,1 \div 1,15) \cdot S_O \cdot A_n \cdot \eta}{N_{\text{год}} \cdot 100} \quad (3.3)$$

де  $S_O$  – вартість одиниці обладнання;

$\eta = 0,6$  – понижуючий коефіцієнт;

$A_n = 24$  – норма амортизаційних відрахувань на реновацію;

$N_{\text{год}} = 2000$  – річна програма випуску;

$$A_O^B = \frac{1,1 \cdot 300000 \cdot 24 \cdot 1}{2000 \cdot 100} \cdot \frac{0,032}{0,75} = 1,69 \text{ грн.};$$

$$A_O^{IIP} = \frac{1,1 \cdot 450000 \cdot 24 \cdot 1}{2000 \cdot 100} \cdot \frac{0,011}{0,78} = 0,83 \text{ грн..}$$

Витрати на ремонт обладнання (Р).

Приймають Р в розмірі 80% від амортизаційних відрахувань на реновацію.

$$P^{\delta} = 1,69 \cdot 0,8 = 1,35 \text{ грн.};$$

$$P^{IIP} = 0,83 \cdot 0,8 = 0,66 \text{ грн..}$$

Витрати на силову електроенергію.

$$\mathcal{E} = \left[ 0,25 \cdot N_y \cdot (t_{шт} - t_{маш}) + (0,5 \dots 0,8) N_y \cdot t_{маш} \right] \frac{S_{д}}{60} \quad (3.4)$$

де  $N_y$  – потужність електродвигунів;

$S_{д} = 0,8$  – вартість 1 кВт • год електроенергії;

0,5...0,8 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності устаткування в процесі різання;

0,25 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності, що витрачається при холостий роботі обладнання;

$$\mathcal{E}_B = \left[ 0,25 \cdot 7,2 \cdot (14,5 - 7,1) + 0,5 \cdot 22 \cdot 7,1 \right] \cdot \frac{0,8}{60} = 1,22 \text{ грн.};$$

$$\mathcal{E}_{IIP} = \left[ 0,25 \cdot 2,2 \cdot (7,2 - 3,3) + 0,5 \cdot 22 \cdot 3,3 \right] \cdot \frac{0,8}{60} = 0,51 \text{ грн.}$$

Витрати на різальний інструмент.

$$Z_{II} = \frac{(S_{II} + S_M \cdot n) \cdot t_{маш} \cdot K_{УБ}}{T_{СТ} \cdot (n + 1)} \quad (3.5)$$

де  $S_{II}$  – вартість інструменту;

$S_M$  – вартість переточки;

$n$  – число переточувань до повного зносу;

$K_{УБ} = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує випадкову втрату;

$T_{СМ}$  – стійкість інструменту між двома переточуваннями;

$$I_H^B = \frac{(45 + 10,68 \cdot 13) \cdot 7,1 \cdot 1,1}{60 \cdot (13 + 1)} = 1,70 \text{ (грн.)};$$

$$I^{IIP} = \frac{(45 + 10,68 \cdot 13) \cdot 3,3 \cdot 1,1}{60 \cdot (13 + 1)} = 0,79 \text{ грн.}$$



Витрати на допоміжні матеріали.

$$B_M = \frac{M \cdot n}{N_{\text{зод}}} \quad (3.6)$$

де  $M = 280$  грн – річні витрати на допоміжні матеріали;

$n$  – кількість одиниць обладнання;

- по базовому варіанту:

$$B_M = \frac{280 \cdot 1}{2000} \cdot \frac{0,032}{0,75} = 0,006 \text{ грн.}$$

- по проектуваному варіанту:

$$B_M = \frac{280 \cdot 1}{2000} \cdot \frac{0,011}{0,78} = 0,002 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання виробничої площі.

$$З_{\text{п}} = \frac{S_{\text{пл}} + \kappa \cdot n \cdot P}{N_{\text{зод}}} \quad (3.7)$$

де  $S_{\text{пл}}$  – площа, займана одиницею обладнання;

$\kappa = 2,5$  – коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи і проїзди;

$P = 200$  грн – річна норма витрат з утримання  $1 \text{ м}^2$  виробничої площі;

$$C_{\text{п}}^{\text{б}} = \frac{5,5 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 200}{2000} \cdot \frac{0,032}{0,75} = 0,06 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{п}}^{\text{пр}} = \frac{2,2 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 200}{2000} \cdot \frac{0,011}{0,78} = 0,008 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Результати розрахунків технологічної собівартості

№ п/п	Найменування елементів витрат	Базовий варіант	Проектований варіант
1	Вартість основного матеріалу, грн	-	-
2	Основна і додаткова зарплата виробничого робітника $З_p$ , грн	15,78	6,38
3	Амортизаційні відрахування по обладнанню $A_o$ , грн	1,69	0,83
4	Витрати на ремонт обладнання $P$ , грн	1,35	0,66
5	Витрати на силову електроенергію $\mathcal{E}$ , грн	1,22	0,51
6	Витрати на різальний інструмент $I_H$ , грн	1,7	0,79
7	Витрати на допоміжні матеріали $B_M$ , грн	0,006	0,002
8	Витрати по утриманню виробничої площі $C_{II}$ , грн	0,06	0,008
	Всього, грн	21,8	9,18

Розрахунок капітальних витрат за варіантами

Капітальні витрати на обладнання:

$$K_{OB} = (1,1 \div 1,15) \cdot S_{OB} \cdot n, \quad (3.8)$$

де  $S_{OB}$  – вартість одиниці обладнання, грн.;

1,1÷1,15 – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж;

$n$  – кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.

$$K_{OB}^B = 1,1 \cdot 300000 \cdot 1 = 330000 \text{ грн.};$$

$$K_{OB}^{Pr} = 1,1 \cdot 450000 \cdot 1 = 495000 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на будівлю:

$$K_{зд} = S_{пл} \cdot K \cdot n \cdot h \cdot C_{зд}, \quad (3.9)$$

де  $S_{пл}$  – виробнича площа, займана одиницею обладнання;

$K=2,5\text{ м}^2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи;

$n$  – кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.;

$h$  – висота будівлі, м ;  $h= 7,2$  м;

$C_{зд}$  – вартість 1 м<sup>3</sup> будівлі;  $C_{зд}=200$  грн.

$$K_{зд}^B = 5,5 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 7,2 \cdot 200 = 19800 \text{ грн.};$$

$$K_{зд}^{Пр} = 2,2 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 7,2 \cdot 200 = 7920 \text{ грн.}$$

Разом капітальні витрати за варіантами:

$$K_{\sigma}^B = K_{OB}^B + K_{зд}^B = 330000 + 19800 = 349800 \text{ грн.};$$

$$K_{\sigma}^{Пр} = K_{OB}^{Пр} + K_{зд}^{Пр} = 495000 + 7920 = 502920 \text{ грн.}$$

Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект:

$$\Delta \Gamma = (C_{баз} \cdot N_{год} + E_n \cdot K_{баз}) - (C_{пр} \cdot N_{год} + E_n \cdot K_{пр}), \quad (3.10)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, що дорівнює 0,15.

$$\Delta \mathcal{E} = (21,8 \cdot 2000 + 0,15 \cdot 349800) - (9,18 \cdot 2000 + 0,15 \cdot 502920) = 2272 \text{ грн.}$$

У розроблений технологічний процес обробки деталей «карданного вала» в порівнянні з базовим внесено наступні зміни, що дозволило досягти здешевлення деталей.

Оскільки було застосовано багатOVERстатне обслуговування, кількість основних робітників могла бути скорочена, тому зменшувався і фонд оплати праці основного робітника, а також знижувалася собівартість виготовлення деталей. Розрахунками було економічно обґрунтовано використання верстатів з ЧПК. Розрахунки показали, що використання верстатів з ЧПК дає позитивний економічний ефект.

Ріжучі інструменти, які використовуються в прогресивних технологічних процесах, є механічними і мають опір у кілька разів вище, ніж у швидкозмінних твердосплавних пластин або аналогічних універсальних інструментів. Такий

обмін дозволяє значно збільшити час роботи ріжучого інструменту до переточування, скорочує витрати допоміжного часу при виконанні машинних операцій і спрощує налагодження верстатів.

Граничні калібри скорочують час вимірювання та допомагають швидко знаходити похибки регулювання. Це дозволяє визначити, чи відповідає розмір вказаним межах. Було також запропоновано використання спеціальних калібрів і шаблонів, але це також вплинуло на зусилля переходу, пов'язані з вимірюваннями поверхні.

### 3 Дослідження, спрямоване на удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

#### 3.1 Вихідні данні для створення верстатного пристрою

Відповідно до завдання верстатний пристрій проектується для обробки заготовок на фрезерній операції 060.

На фрезерній операції 060 реалізують обробку шпонкового пазу 14JS7.

Для обробки зазначеної поверхні використовують шпонкову фрезу зі швидкорізальної сталі Р6М5.

Обробка пазу здійснюється на фрезерному верстаті 6Д92, технічні характеристики якого наведені у таблиці 3.1.

Переміщення по осям	Характеристики
Вісь X	1626 мм
Вісь Y	1270 мм
Вісь Z	813 мм
Стіл	
Довжина	1626 мм
Ширина	914 мм
Ширина T-образних пазів	16 мм
Відстань між центрами T-образних пазів	125 мм
Максимальна вага на столі	4536 кг
Шпиндель	
Макс. потужність	2,24 кВт
Макс. швидкість	10000 об / хв
Макс. обертаючий момент	339 Нм
Система приводу	2-ступінчаста коробка швидкостей

Як приклад, виконаємо аналіз точності бокових поверхонь шпонкового пазу.

Точність розміру.

На даній операції формується шпонковий паз, його довжина складає 45мм, ширина пазу дорівнює 14мм і глибина 5,5мм. Положення шпонкового пазу відносно лівого торця складає 12мм.

Ширина шпонкового пазу визначається номінальним розміром - 14мм, точність розміру - IT 7 поле допуску JS.

$$T = 0,018\text{мм}$$

$$ES = +0,009\text{мм}$$

$$EI = -0,009\text{мм}$$

Точність форми.

Точність форми бокових поверхонь характеризується допуском площинності. Допуск площинності для даної поверхні на кресленні не вказаний, тому допуск площинності розраховується, як 30% від допуску на ширину пазу

$$T = T * 0,3 = 0,018 * 0,3 = 0,0054\text{мм}.$$

Згідно таблиці форми допуску найближче значення 0,005 мм, що відповідає 7 степеню точності.

Точність взаємного розміщення.

Точність взаємного розміщення характеризується допуском паралельності. Допуск паралельності для даної поверхні вказаний, тому допуск паралельності дорівнює 0,02мм.

Згідно таблиці допусків взаємного розміщення найближче значення 0,02 відповідає 9 степені точності.

Шорсткість поверхні

Шорсткість бокової поверхні пазу задана за кресленням і становить 1,6мкм за критерієм Ra, що відповідає 4 класу точності.

### 3.2 Дослідження напружено-деформованого стану верстатного пристрою для фрезерування пазів

Для визначення розмірів ВП проведено дослідження напружено-деформованого стану (НДС). ВП відповідає всім точним параметрам обробки деталей. У той же час були визначені типові похибки обробки внаслідок деформації елемента ВП та типово виконані для порівняння їх з допусками у відповідних операціях обробки компонента вала. Допуск на похибку обмежується виробничим допуском канавки згідно з кресленням деталі «привідний вал». Розслідування ПДВ для механічного обладнання також включають перевірку міцності, визначення концентрації напруги та елементів, де напруга перевищує допуски для певного матеріалу, а також удосконалення конструкції, якщо вони існують.

На даному етапі дослідження проводиться перевірка еквівалентних напружень, що виникають в точках контакту між фіксуючими і затискними елементами і заготовкою в результаті дії сили затиску і силових факторів процесу різання (сил і моментів різання). ), а також виконано допустимі напружені умови для деталей з певного матеріалу. Для цього вирішувалися типові контактні задачі разом із задачею визначення ПДВ. У таблиці наведено механічні властивості матеріалів, використаних у моделі. 4.2.

Таблиця 3.2 – Механічні властивості матеріалу заготовки сталі ХВГ

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	, %	$a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ (не більше)	
Не менше					Гаряче катаної	відпаленої
610	360	16	0	50	241	197

Першим етапом розв'язання зазначених задач за алгоритмом оптимізації є розробка скінченно-елементної розрахункової моделі ВП та заготовки. Кінематика і силові граничні умови типової моделі машини відповідають реальній схемі кріплення із зовнішніми навантаженнями і задаються через жорстке кріплення нижньої поверхні основи обладнання, що еквівалентно установці машини типового ВП. Усі елементи типового ВП жорстко з'єднані між собою сполучними вузлами, а на поверхнях, з'єднаних між собою за рахунок дії тертя, встановлюється можливість руху між цими поверхнями з відповідним коефіцієнтом тертя. Для переміщення елементів типового ВП, і вказує типи контактів і характеристики контактних пар, а також коефіцієнт тертя між елементами.

За допомогою ANSYS Computational Composite отримують результати переміщень і напруг, що виникають від конкретних частин і їх точок контакту. Значення максимальних еквівалентних напружень, визначених за IV гіпотезою міцності Мізеса [23, 24], та максимальних переміщень, що виникли при моделюванні процесу механічної обробки зі валу зі сталі ХВГ наведені у табл.3.2. Як приклад, ілюстрації зі скінченно елементною сіткою, розрахунковими схемами навантажень, переміщеннями та напруженнями при обробці наведені на рис. 3.1 – 3.9. Для більш повного аналізу величини переміщень представлені ілюстрації переміщень за осями координат, де діють максимальні навантаження під час оброблення, що дає більш повне уявлення про характер зміни положення елементів ВП та впливу на точність.



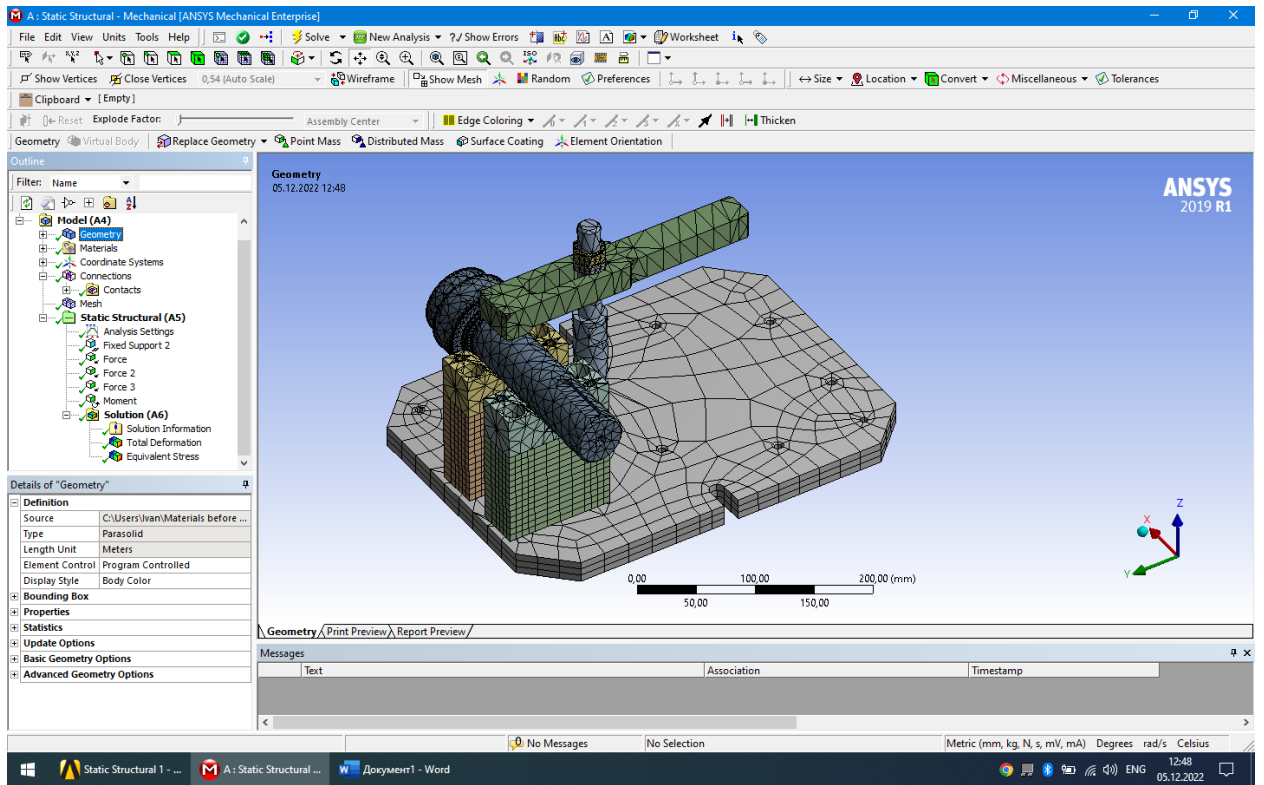


Рисунок 3.1 – Верстатний пристрій та деталь зі скінчено елементною сіткою

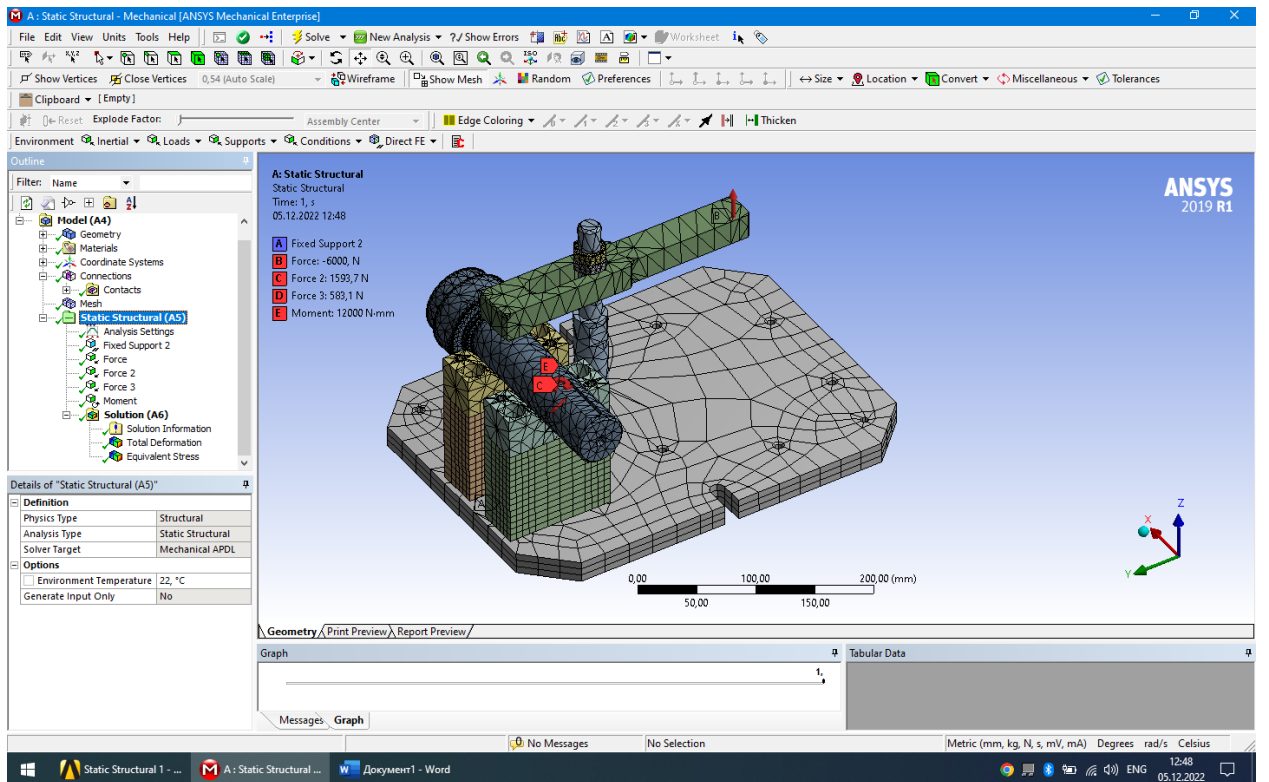


Рисунок 3.2 – Схема прикладення навантажень від сил закріплення та сил різання

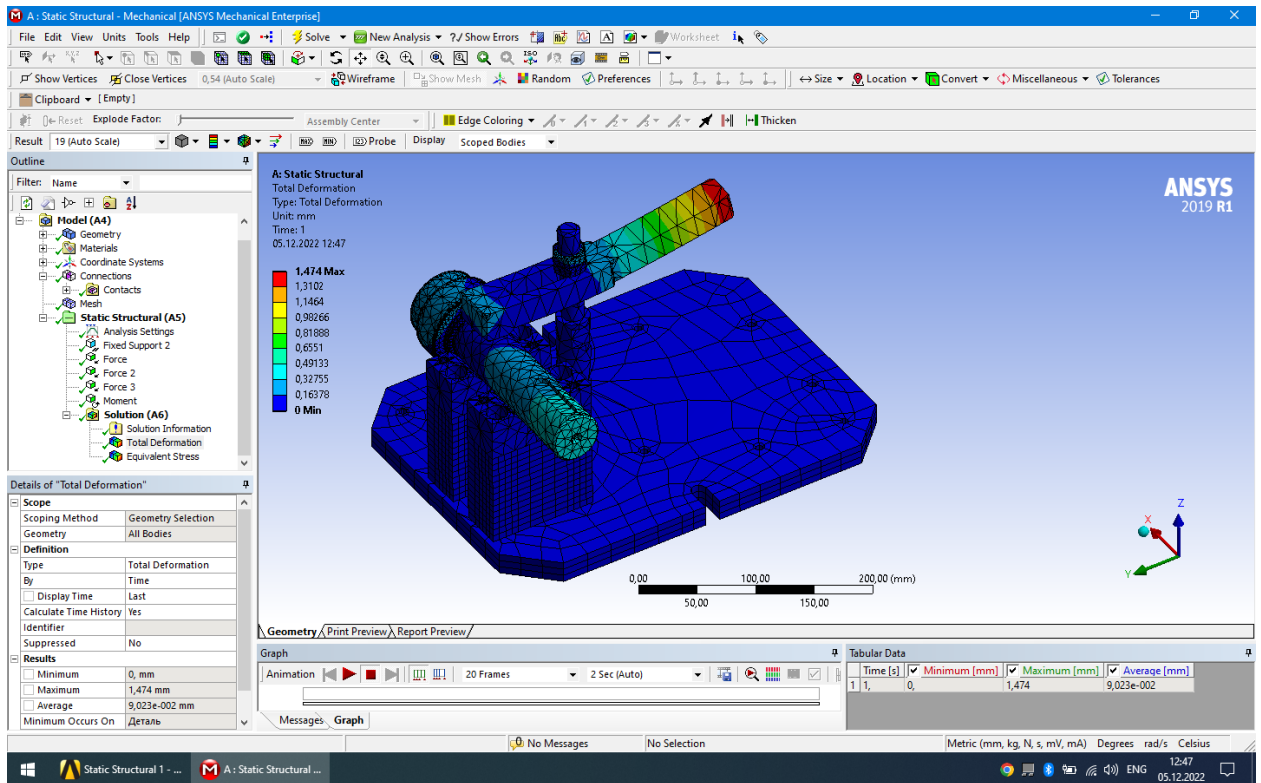


Рисунок 3.3 – Загальні переміщення елементів системи «ВП-заготовка»

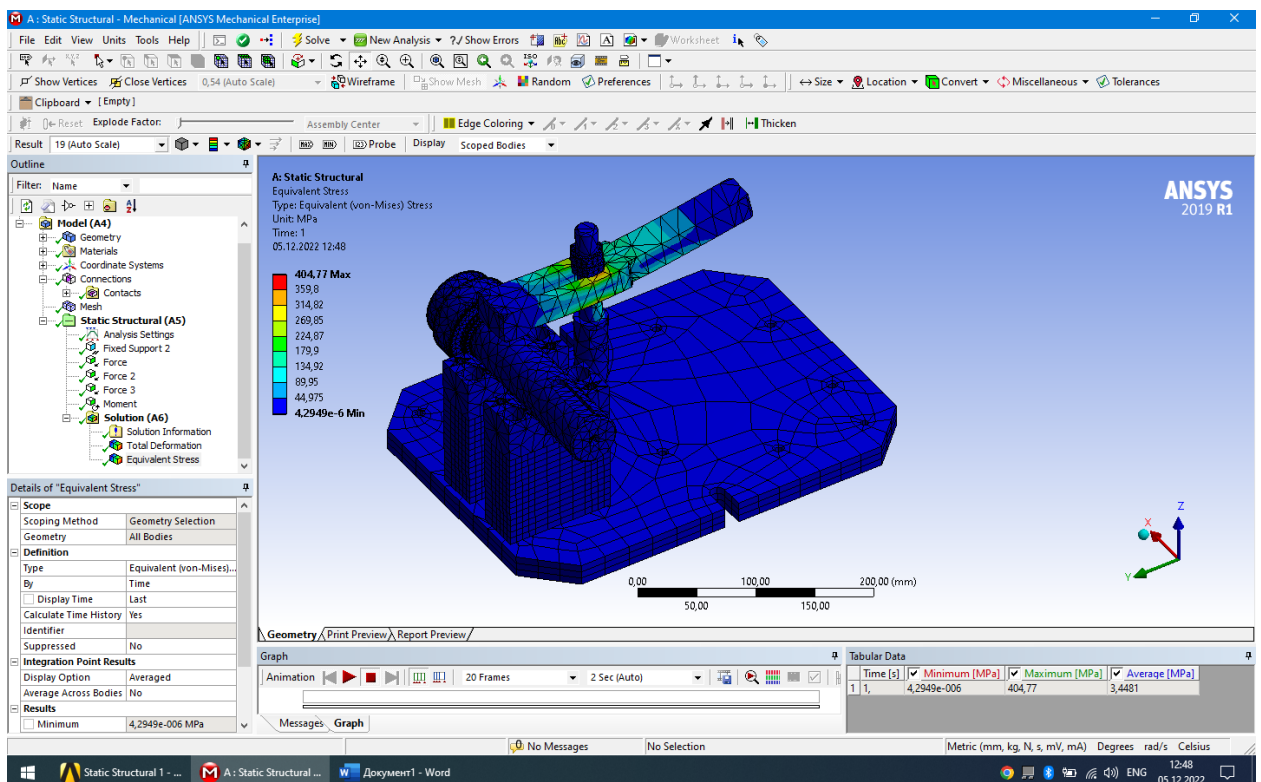


Рисунок 3.4 – Напруження елементів системи «ВП-заготовка»

Таблиця 3.2 – Результати чисельного моделювання у програмному комплексі ANSYS для розробленого верстатного пристрою

Технологічний перехід	Максимальні переміщення, мм	Допустимі переміщення, мм	Максимальні напруження, МПа	Допустимі напруження, МПа
Фрезерування паза шириною 14 мм фрезою Ø14 мм	0,067	0,2	404	1000

### 3.3 Модальний аналіз верстатного пристрою для фрезерування пазів

Щоб запобігти резонансним явищам під час обробки, необхідно, щоб власні частоти коливань типових деталей верстатів і частота процесу різання не збігалися. Рішенням цієї проблеми є призначення інших режимів різання. Для цього за допомогою вбудованого в розрахунковий комплекс ANSYS Workbench модуля модального аналізу визначали власну частоту коливань верстата та порівнювали її з частотою процесу різання на всіх переходах при обробці на фрезеруванні. машина.

Результати аналізу дозволяють при необхідності відрегулювати резонанс (табл. 4.3). Під час розрахунків усі елементи верстата з'єднуються між собою вузлами з'єднання. Для окремих поверхонь елементів верстатів передбачена можливість відносного руху, подібно до досліджень НДС. Наприклад, форма коливання показана на малюнку 1. 3,5-3,7. Вивчалися перші шість частот, тому що вони найбільш небезпечні.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця власних частот, які виникають у процесі механічного оброблення

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	Частота процесу різання (при фрезеруванні паза фрезою діаметром 14 мм $n=1300$ об/хв., $z=2$ ), Гц
1000	1393	54

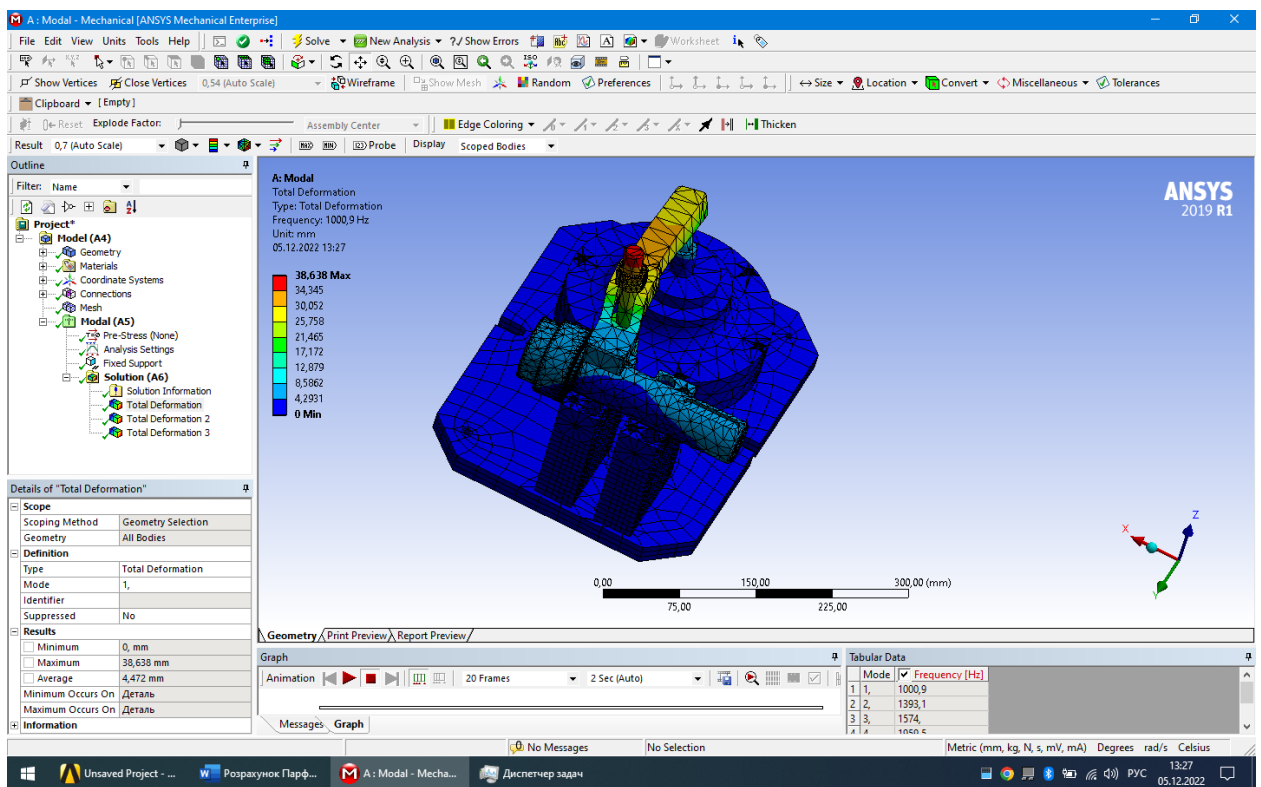


Рисунок 3.5 – Ілюстрація 1-шої частоти

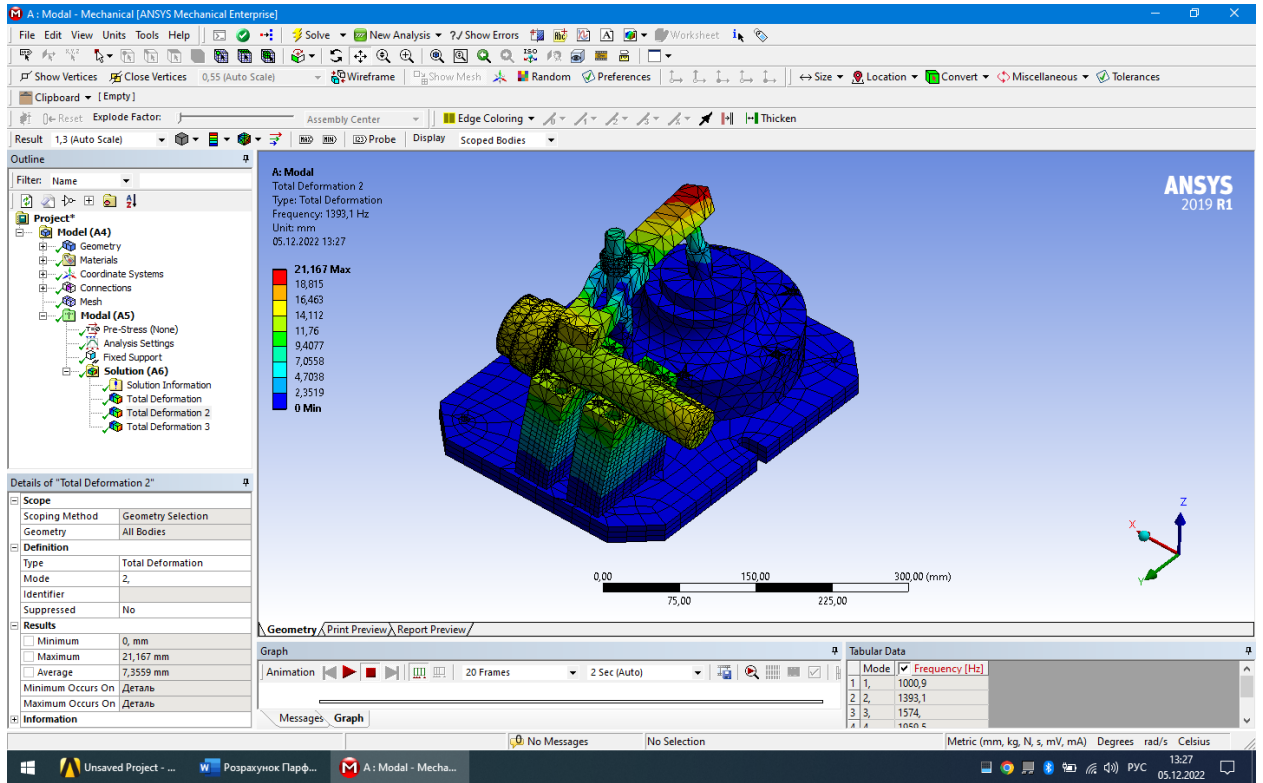


Рисунок 3.6 – Ілюстрація 2-ї частоти

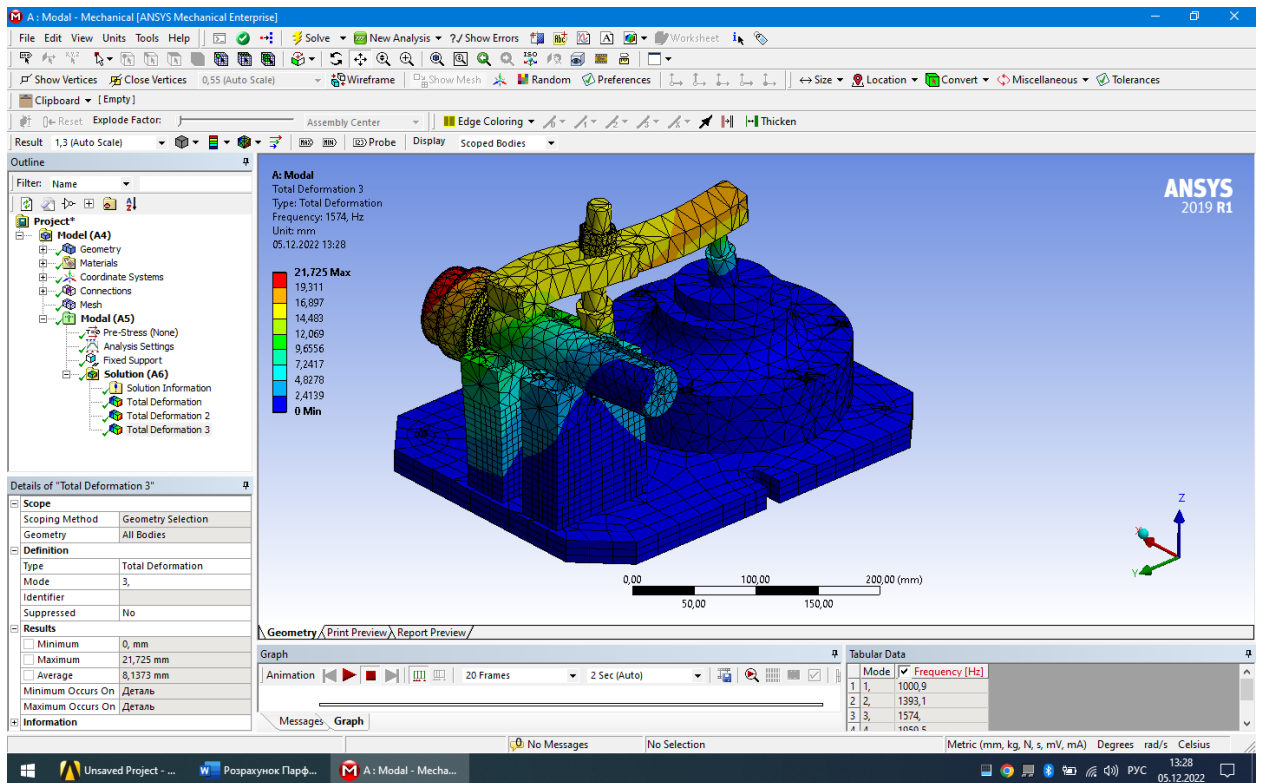


Рисунок 3.7 – Ілюстрація 3-ї частоти

Із табл. 3.3 видно, що для розробленого пристосування резонансу не виникає, оскільки перша критична частота власних коливань 1000 вища за максимальну частоту процесу різання 54 Гц.

Також із отриманих значень форм коливань 1-ї та 2-ї частоти та їх величини та картини коливань, а також переміщень при цьому відповідно дуже близькі за значеннями, отже це є доказом того, що розрахунки вірні та модель адекватна. Результати модального аналізу дозволяють висунути гіпотезу, що динамічна жорсткість розробленого пристосування є та буде достатньою для проведення механічного оброблення без виникнення резонансних режимів.

### 3.4 Висновки

1. За допомогою застосування методів оптимізації визначено оптимальні параметри конструкції верстатного пристрою для фрезерування пазів.

2. Визначено максимальні величини переміщень та напружень у розробленій конструкції верстатного пристосування, та за порівняними результатами доведено можливість оброблення шпонкового пазу вала із досягненням точності заданої конструктором.

3. Виконаний модальний аналіз розробленого верстатного пристрою та визначені критичні частоти коливань, які порівняні із частотою процесу різання та встановлено, що при даних режимах оброблення резонанс не виникне.

## ВИСНОВКИ

1 Проаналізовано призначення машин для виготовлення валів. Проаналізовано технічні вимоги до виготовлення деталей.

2 Виходячи з фактора розвитку бізнесу, визначте тип виробництва - середньосерійне, а форму його організації - групову.

3 Проаналізовано якісно та кількісно технологічність конструкції валу. Конструкція деталі за окремими її елементами вважається технічної.

4 Пропонований спосіб отримання вихідної заготовки полягає в штампуванні на КГШП та розробці технічних умов на її виготовлення.

5 Аналіз існуючого технологічного процесу та пропозиції щодо його вдосконалення. Припуск на обробку та припуск двох зовнішніх поверхонь діаметром 60к6mm визначаються обчислювальним аналізом (за допомогою комп'ютера). Схема заземлення основи і нерухомої заготовки для двох операцій - 020 «Токарний верстат з ЧПК» і 060 «Вертикальне фрезерування». Для наведених операцій вибрані моделі верстатів, технологічне оснащення, різальний та вимірювальний інструмент. На операції 020 та 030 розраховані режими різання і норми часу.

6 На операцію 030 «Вертикально-фрезерна» спроектований спеціальній пристрій для швидкого і точного установлення заготовки на стіл верстата моделі UWF 10.

7 У розділі «Охорона праці і техніка безпеки в надзвичайних ситуаціях», працюючі робітники ознайомлені із правилами по наданню первинної допомоги людині при ураженні її електричним струмом.

8 Для запропонованого технологічного процесу виготовлення вала розроблена технологічна документація (карти КТП, КЕ).

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 8.05050202 «Технологія машинобудування» / укл.: Д.В. Криворучко, В.Г. Євтухов. – Суми: СумДУ, 2012. – 64 с.

2 Справочник технолога-машиностроителя. 2 тома. Т2 / Под ред. Р.К. Мещерякова и А.Г.Косиловой. – М.: Машиностроение, 1987. – 498 с.

3 Обработка металлов резанием (справочник технолога). Под общ. редакц. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1989. – 734 с.

4 Руденко П.О. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Уч. пособ. / Под общей ред. В.М. Плещача. – Киев: Вища шк., 1992. – 249 с.

5 Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів» у випускній роботі бакалаврів, курсових проектах зі спеціальностей та диплом. проектах: для студ. спец.: 6.090202, 6.090204, 6.090522, 7.090202 усіх форм навчання / укл.: О.О. Топоров. – Суми : СумДУ, 2001. – 25 с.

6 Метод. вказівки до оформлення док-ції при виконанні курс. робіт, розрахунково-граф. робіт та курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студ. за напрямом підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» спец. 7.090202 «Технології машинобудування» для усіх форм навчання: 2 частини. – Частина 1./ укл.: В.О.Іванов, В. Г. Євтухов.–Суми: СумДУ, 2012.– 59с.

7 Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – Київ: Кондор, 2009 – 7256 с.

8 Метод. вказівки до оформлення док-ції при виконанні курс. робіт, розрахунково-граф. робіт та курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студ. за напрямом підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» спец. 7.090202 «Технології машинобудування» для усіх форм навчання: 2 частини. – Частина 2. Оформлення технологіч. док-ції / укл.: В.О. Іванов, В. Г. Євтухов.– Суми: СумДУ, 2011.– 57 с.



9 Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” / Укл.: П.В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2009. – Ч. 1. – 52с.

10 Метод. указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений / Сост.: Г.С.Чумаков.– Сумы: изд-во СумГУ, 1997.– 34 с.

11 Приходько В.Н., Літвин О.А. Проектування оснащення роботів, верстатів і машин: Навчальн. посібник – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 214 с.

12 Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук О.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. – Київ: Кондор, 2009. – 224 с.

13 Внуков Ю. М., Залога В. О. Зношування та стійкість ріжучих лезових інструментів: навч. посібн., Суми: СумДУ, 2011.

14 Функціональний підхід при проектуванні верстатних пристроїв / П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, Д.Ю. Макаренко, О.О. Бойко // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 27-ої міжнародної науково-практичної конференції (24-26 листопада 2021 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2021.– С. 172-173.

15 Дичковський М.Г. Спеціальна технологічна оснастка: навч. посіб. Тернопіль: ТНТУ, 2014. 243 с.

16 Методичні вказівки до практичної роботи «Автоматизований розрахунок параметрів пневмо- та гідроприводів верстатних пристроїв» з курсу «Технологічна оснастка» для студентів спеціальності 7.090202 усіх форм навчання.- Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 31 с.

17 Кушніров П.В., Євтухов А.В., Дегтярьов І.М. Технологічна оснастка [Електронний ресурс]: навч. посіб. Суми : СумДУ, 2020. - 140 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/81842>

18 Пат. 22694 U Україна, МПК (2006) В23С 5/00. Різальний інструмент / С.М.Хвостик та ін.; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u200613179; заявл. 13. 12. 2006; опубл. 25. 04. 2007, Бюл. №5.

19 Пат. 39857 U Україна, МПК (2009) В23С 5/00. Різальний інструмент/ А.І.Фесенко та ін.; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u200813173; заявл. 13.11.2008; опубл. 10.03.2009, Бюл. №5.

20 Общемашиностроительные нормативы времени работ, выполняемых на металлорежущих станках с ЧПУ. – М.: издательство НИИ труда, 1989. – 249 с.

21 Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. - К.: Техніка, 1975.- 768 с.

22 Петров О.В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. - Вінниця: ВНТУ, 2018. - 123 с.

23 Підвищення жорсткості технологічної оснастки для оброблення площин заготовок / Б.С. Басов, П.В. Кушніров // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022): матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 1. – С. 66.

24 Застосування евристичних прийомів при проектуванні верстатних пристроїв / Д. Р. Коба // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 20–23квітня 2021р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – С. 39.

25 Дослідження точності настроювання різальних вставок торцевих фрез у спеціальному пристрої / Є.А. Шевченко, А.М.Щербаченко // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 27-ої міжнародної науково-практичної конференції (24-26 листопада 2021 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2021.– С. 170-171.

26 5125 Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" : для студ. спец. 131 "Прикладна механіка" (ОПП "Технології машинобудування") усіх форм навчання.- Суми : СумДУ, 2021.- 83 с.

27 5401 Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" : для студ. спец.

131 "Прикладна механіка" (ОПП "Технології машинобудування") всіх форм навчання.- Суми : СумДУ, 2022.- 78 с.

28 Kushnirov, P. V. Face Mills with Adjustable Cutting Inserts / Торцовые фрезы с настраиваемыми режущими вставками // Global science and education in the modern realities '2020 (August 26-27): Sworld-Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2020. No 1 on August 27.– P. 27-29. DOI: 10.30888/2709-2267.2020-3.

29 Пат. 139003 U Україна МПК В23С 5/06 (2006.01). Торцева збірна фреза / П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, О.В. Івченко та ін. (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u 201906790; заявл. 18.06.2019; опубл. 10.12.2019, бюл. № 23.

30 Пат. 64630 U Україна, МПК6 В23С 5/06. Різальний інструмент / П.В. Кушніров, М.В. Лиштван, В.О. Матяш, А.В. Євтухов (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u201105261; заявл. 26.04.2011; опубл. 10.11.2011, бюл. № 21.

31 4352 Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення параметрів пневмо- та гідроприводів верстатних пристроїв»: для студ. спец. 6.05050301 та 6.05050302 усіх форм навчання / П.В. Кушніров. – Електронне видання каф. ТМВІ. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 23 с.

32 Basov, B., Dynnyk, O., Stupin, B., & Kushnirov, P. (2022). Improvement of Ergonomic Properties of Auxiliary Supports of Fixtures (Покращення ергономічних властивостей допоміжних опор верстатних пристроїв) / Modern systems of science and education in the USA, EU and other countries '2022: Sworld-Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: SWorld&ProConference in conjunction with KindleDP, 2022. No 9 on January 31.– pp. 11-14.

33 Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» у дипломних проектах / укладач: А.Ф. Денисенко. – Суми: Сумський держ. ун-т, 2014. – 58 с.

34 СНиП 2.09.04-87. СНиП Административные и бытовые здания.

35 ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.

36 ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

37 ОНТП 24-86 (НАПБ Б.07.005-86). Определение категории помещений

38 СНиП II-4-79. СНиП Естественное и искусственное освещение.

39 ГН 2152-80 (ДНАОП 0.03-3.06-80) Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень.

40 НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

41 Analysis of Designs of Face Milling Cutters Containing Cylindrical Cutting Inserts (Аналіз конструкцій торцевих фрез, що містять циліндричні ріжучі вставки) / P.V. Kushnirov, B.A. Stupin, B.A. Ostapenko, D.I. Kasian // International scientific integration '2021 (October, 2021): SWorld-Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2021. No 8 on October 19.– pp. 6-9. DOI: 10.30888/2709-2267.2021-8

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

Роботи, які виконуються робітниками на об'єкті, середньої тяжкості, клас 2б (витрати 150-200 ккал/год). Категорії зорових робіт встановлюються за СНиП 11-4 від низької та середньої точності при чорнових операціях до високої точності при чистових та контрольних операціях.

Загальна вібрація машин та механізмів повинна відповідати ДСН 3.3.6.039 та не повинна перевищувати 120 дБ. Обладнання для вимірювання вібрації повинно відповідати вимогам стандартів .

При механічній обробці для охолодження використовуються рідини, що охолоджують, на основі емульсій (ЗОР). Як небезпечні відходи при переробці заготовок на об'єкті використовується 5%-й розчин «STANEX» (ТУ 38.10/932). До складу ЗОР входять емульсія ЕТ-1, кальцинована сода, нітрид натрію як інгібітор корозії, вода з додаванням мінеральних мастил та інгібіторів корозії. Зазначений ЗОР малотоксичний, не чинить подразнюючої дії і не забруднює повітря. ЗІЗ належать до 4 класу небезпечних вантажів.

Різання лезовим інструментом утворює дренажну стружку, яку за допомогою гаків збирають на піддони і зсипають у спеціальні ящики, що стоять уздовж проїзду.

При механічній обробці деталей на робочому місці дотримуються вимог до умов праці та обладнання відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.037.

При механічній обробці деталей з конструкційної сталі марки 40Х при точенні утворюється зливна стружка, при фрезеруванні - елементна стружка, при шліфуванні та суперфінішній обробці - кільцева стружка. Грубі операції під час обробки утворюють окалину з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. Працюючи стружку з устаткування знімають щіткою з допомогою гаків. Стружка навколо обладнання та робочої зони збирається допоміжними робітниками у контейнери

та транспортується у певні місця в межах робочої зони для подальшого видалення.

Транспортування заготовок на майданчик та перевезення між верстатами здійснюється за допомогою електровізок вантажопідйомністю до 1,5 т на спеціальних піддонах (контейнерах), виготовлених за ДСТУ 2890. Відповідно до ДСТУ контейнери використовуються для заготівель та частини: Тара 1-1-100-80-50- 1.00М.

Транспортування заготовок зі складу у ремонтно-механічні майстерні здійснюється електромобілями вантажопідйомністю  $Q = 1$  т, а вивантаження та передача заготовок на обладнання здійснюється кранами-балками або мостовими кранами. Вантажопідйомність  $Q=1$ т Горизонтально-розточувальний верстат з ручним приводом Патрон, що само центрується, з 3 кулачками. Токарний верстат з ЧПУ має 3-х кулачковий патрон з пневматичним приводом, що само центрується. У вертикально-фрезерному верстаті використовується спеціально розроблений пристрій із пневматичним приводом для швидкої та точної установки заготовки. Шліфувальні верстати використовують жорсткі центри із затискачами для передачі крутного моменту на заготівлю. Суперфініш забезпечений жорстким центром, повідковим затискачем та спеціально розробленим пристосуванням (головкою для обробки абразивними стрижнями) [1].

Балкові крани використовуються для кріплення обладнання та заготовок до машин. Маса встановленого під час експлуатації пристрою досягає 50 кг. Для керування роботою використовується спеціальний пристрій масою 30 кг (монтаж здійснюється механічним способом).

Для вентиляції застосовують загально-обмінну припливно-витяжну вентиляцію, що забезпечує оптимальні кліматичні умови для роботи на об'єкті, застосування вентиляційних шахт, вентиляторів та місцевих відсмоктувачів відповідно до вимог ДБН Д.2.6–3. та забезпечити швидкість вітру 0,3 м/або

менше. Приміщення опалюються за допомогою комбінації опалювальних панелей та саморегулюючої системи водопостачання та кондиціонування.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003 аналіз об'єкта дозволяє виявити такі потенційні небезпеки та небезпеки:

а) Існує небезпека ураження електричним струмом, якщо напруга подається на непровідні металеві частини обладнання. Для запобігання ураженню електричним струмом (згідно з вимогами ГОСТ Р 12.1.019) передбачити захисне заземлення непровідних металевих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, згідно з ДСТУ Б Б. .2,5 - 82;

б) Виникнення вібрації під час роботи устаткування. Наводяться вимоги щодо охорони праці при нормальних роботах у машинобудуванні відповідно до ДСТУ 2867. Його потрібно підтримувати та виконувати.

в) Ризик контакту з інструментами та механізмами, що рухаються або обертаються. Для запобігання небезпечним зіткненням робітників з рухомими та обертовими органами машин та інструментів встановлюють захисні пристрої за ГОСТ Р 54431.

г) Ризик контакту з стружкою, що летить. Для захисту від стружки використовуйте на верстатах захисні екрани згідно з ГОСТ 12.3.002.

д) можливий контакт із вантажопідійомними механізмами, особливо з кран-балками; Усередині, за ГОСТ 12.2.003, майстерня-транспорт обладнана акустичною сигналізацією, рухливі частини забарвлені у різні кольори поблизу небезпечної зони. Попереджувальні знаки розміщують на видних місцях за ГОСТ 12.4.026.

е) можливість контакту з транспортними засобами у цеху: електромобілями та ін. Відповідно до ГОСТ 12.2.003 транспорт у цеху обладнується звуковою сигналізацією, рухомі частини забарвлені у колір та видно. за ГОСТ 12.4.026 поблизу небезпечної зони

є) Використання MOR призведе до небезпечних викидів парів та аерозолів. Зниження концентрації пилу, парів СОХ та аерозолів у повітрі до гранично допустимих рівнів забезпечується системами вентиляції за ГОСТ 21.602.

ж) Високий рівень шуму під час одночасної роботи верстата, особливо з тупими інструментами. Ми пропонуємо звукопоглинаючі перегородки та облицювання стін згідно з ДСН 3.3.6.037 для зниження загального рівня шуму.

з) Можливість розгерметизації пневмоприводів. В результаті заготівля може вилетіти із затискного пристрою. За ГОСТ 12.2.029 пристрої з пневмоприводом обладнуються зворотними клапанами, які надійно виключають витік повітря з пневмоприводу у разі падіння тиску в системі.

и) Пожежонебезпечність, протипожежні заходи відповідно до НАПБ А.01.001.

і) несприятливі мікрокліматичні умови до роботи працівників; Містить вимоги для нормальної роботи, які мають виконуватись відповідно до ДСН 3.3.6.042.

## **4.2 Аналіз виробничого шуму при виготовленні деталі**

Необхідно розрахувати заземлення механічної дільниці.

Заземлювачі заглиблені і розміщені в один ряд (глибина закладання заземлювача  $t = 80$  см) [32]. Тип заземлювача – стрижень. Довжина заземлювача – 275 см. Діаметр заземлювача – 6 см. Ширина з'єднаної смуги – 5 см. Грунт – чорнозем. Кліматична зона – III.

Відстань між заземлювачами з співвідношення  $c$ , для занурених стаціонарних заземлювачів. Це відношення приймаємо  $c = 1$ , тоді

$$L_{ст} = c \cdot l_{ст} = 1 \cdot 275 = 275 \text{ см.} \quad (2.1)$$

Згідно з ПЕУ, ПТБ та ПТЕ припустимий опір захисного заземлення для сеті до 1000 В із ізолюваною та наглухо заземленою нейтралі  $R_3 = 4$  Ом.



Розрахунковий питомий опір ґрунту для стрижнів та з'єднувальної смуги з урахуванням збільшуючого коефіцієнта знаходиться за формулою:

$$\rho_p = \rho_m \cdot k, \quad (2.2)$$

де  $\rho_m = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м} = 0,5 \cdot 100 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  – питомий опір ґрунту;

$k$  – коефіцієнт для стрижня та смуги, що враховує зміну опору ґрунту в різні пори року залежно від опадів. Приймаємо для стрижня  $k = 1,2$ ; для смуги –  $k = 4$  [32, табл. 34 і 35].

Розрахований питомий опір ґрунту для стрижнів згідно формули (2.2) становить:

$$\rho_p = 0,5 \cdot 100 \cdot 1,2 = 60 \text{ (Ом} \cdot \text{см)}.$$

Розрахований питомий опір ґрунту для смуги згідно формули (2.2) становить:

$$\rho_p = 0,5 \cdot 100 \cdot 4 = 200 \text{ (Ом} \cdot \text{см)}.$$

Визначаємо опір розтікання струму одиночного заземлення, який знаходиться на відстані 80 см за формулою:

$$R_{ст} = 0,366 \cdot \frac{\rho_{p.ст}}{l_{ст}} \cdot \left( \log \frac{2l_{ст}}{d_{ст}} + \frac{1}{2} \cdot \log \frac{4t + l_{ст}}{4t - l_{ст}} \right), \quad (2.3)$$

де  $t$  – відстань від поверхні до середини стрижня (см).

$$t = h_d + \frac{l_{ст}}{2} = 80 + \frac{275}{2} = 217,5 \text{ см}, \quad (2.4)$$

де  $h_d = 80 \text{ см}$  – глибина закладання;

$l_{ст} = 275 \text{ см}$  – довжина стрижнів.

Тоді

$$R_{\text{ст}} = 0,366 \cdot \frac{0,6}{275} \cdot \left( \log \frac{2 \cdot 275}{6} + \frac{1}{2} \cdot \log \frac{4 \cdot 217,5 + 275}{4 \cdot 217,5 - 275} \right) \cdot 10^4 = 17,4 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо приблизну кількість заземлювачів за формулою:

$$n_l = R_{\text{ст}}/R_3 = 17,4/4 = 4,35 \text{ шт.} \quad (2.5)$$

Приймаємо  $n_l = 5$  штук.

Знаходимо коефіцієнт екранування стрижнів з урахуванням приблизної їх кількості та відношення  $c = 1 - \eta_6 = 0,85$ .

Необхідна кількість стрижнів з урахуванням коефіцієнта екранування визначається за формулою:

$$n_{\text{ст}} = \frac{R_{\text{ст}}}{R_3 \cdot \eta_B}. \quad (2.6)$$

$$n_{\text{ст}} = \frac{17,4}{4 \cdot 0,85} = 5,1.$$

Приймаємо  $n_{\text{ст}} = 5$  штук.

Розрахунковий опір розтікання струму в стрижнях при прийнятій кількості стрижнів визначається за формулою:

$$R_{\text{ст}} = \frac{R_{\text{ст}}}{n_{\text{ст}} \cdot \eta_B}. \quad (2.7)$$

$$R_{\text{ст}} = \frac{17,4}{5 \cdot 0,85} = 4,09 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо довжину з'єднувальної смуги за формулою:

$$L_{\text{см}} = 1,05 \cdot L_{\text{см}}(n_{\text{ст}} - 1). \quad (2.8)$$

$$L_{\text{см}} = 1,05 \cdot 275 \cdot (5 - 1) = 1155 \text{ (см)}.$$

Визначаємо опір розтікання в з'єднувальній смузі за формулою:

$$R_{\text{см}} = 0,366 \cdot \frac{\rho_{\text{р.см}}}{L_{\text{см}}} \cdot \log \frac{2L_{\text{см}}}{h \cdot b}. \quad (2.9)$$

$$R_{\text{см}} = 0,366 \cdot \frac{2}{1155} \cdot 10^4 \cdot \log \frac{2 \cdot 1155^2}{80 \cdot 5} = 24,2 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо коефіцієнт екранування смуги з урахуванням кількості заземлювачів та відношення  $c = 1 - \eta_{\text{в}} = 0,77$  [32, табл. 40].

Розрахунковий опір розтікання струму в смузі визначиться за формулою:

$$R_{\text{см}} = \frac{R_{\text{см}}}{n_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{в}}}. \quad (2.10)$$

$$R_{\text{см}} = \frac{24,2}{1 \cdot 0,77} = 31,4 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір заземлення в стрижнях та смузі за формулою:

$$R_{\text{з,р}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{р.ст}}} + \frac{1}{R_{\text{р.см}}}}. \quad (2.11)$$

$$R_{\text{з,р}} = \frac{1}{\frac{1}{4,09} + \frac{1}{31,4}} = 3,6 \text{ (Ом)}.$$

Порівнюючи  $R_{\text{з}}$  та  $R_{\text{з,р}}$  зробимо висновок, що використана система заземлення ефективна, тому що  $4 \text{ Ом} > 3,6 \text{ Ом}$ .

### 4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) - стан, при якому внаслідок виникнення аварійного джерела на об'єкті, певній місцевості порушуються нормальні умови життя та діяльності людей, виникає загроза життю та здоров'ю, виникає шкода. Це пов'язано з населенням, народним господарством та природним середовищем околиць. Залежно від характеру джерела аварійної ситуації вони класифікуються в такий спосіб:

- а) природні явища та процеси;
- б) техногенні аварії та катастрофи (радіологічні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні транспортні аварії чи транспортні аварії;
- г) інфекційні захворювання людини (епідемії);
- д) криміногенність.

Осередком поразки є території з зруйнованими чи зараженими внаслідок виникнення надзвичайної ситуації будинками, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які там перебувають. Безпека у надзвичайних ситуаціях – захисний стан населення. Аварійна безпека – це стан, за якого запобігли, подолані чи зведені до мінімуму негативні наслідки виникнення потенційних небезпек для людей. Одним із основних методів захисту є своєчасне та оперативне видалення людей із небезпечної зони. Вид евакуації залежить від типу, характеру та обставин надзвичайної ситуації.

Екстрена евакуація провокується швидким накопиченням негативних факторів у зоні НС або високим рівнем цих факторів із самого початку. Серед заходів, розроблених Комісією з об'єктів для захисту персоналу компанії, зазначені дії щодо евакуації як при загрозах, так і за надзвичайних ситуацій. Питання евакуації для дослідження включені до професійної тематики робочих та службовців систем цивільної оборони. З урахуванням проведеного аналізу визначити вид евакуації, розрахувати чисельність службовців та робітників, встановити заходи щодо аварійної зупинки виробництва, визначити схеми руху евакуйованих із районів НС до місць тимчасового проживання.

У зв'язку з можливістю спалаху, вибуху газового балона чи іншої аварійної ситуації. Плани евакуації мають бути надані у спеціально відведених місцях. Цех має бути обладнаний первинними засобами пожежогасіння, зокрема:

- а) ящик з піском.
- б) пожежне відро;
- в) лопата;
- г) пожежний інвентар (лом, сокира);
- д) вогнегасник. Згідно з ГОСТ 12.1.004-91 планування будівель та споруд має забезпечувати швидку евакуацію людей під час пожежі.

Голова Комітету з надзвичайних ситуацій на об'єкті приймає одне з таких рішень:

- а) провести евакуацію до цеху;
- б) видалити персонал із приміщення;
- в) Застосування кількох методів.

#### **4.4 Висновок**

У розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях виконаний аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів на виробничій ділянці по виготовленню вала.

Розрахована шумність цеху. Та вирішене питання з надлишковим шумом. Визначено заходи в разі виникнення надзвичайних ситуацій.



## Додаток В

### РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Стр. 1 из 1



#### Определение типа и формы организации производства.

Имя программы - Тип II beta 4

Вычислительный центр инженерного факультета СумГУ

06.01.2023

#### Пользователь:

Ф.И.О.: Парфенцев Иван Сергійович

Группа: ТМ.М-11

#### Исходные данные:

Годовая программа выпуска изделий: **2000 шт.**

Режим работы предприятия: **2 смен.**

Действительный годовой фонд времени работы: **4029 час.**

Число рабочих дней в году: **254 дней.**

Периодичность запуска деталей в изготовление: **12 дней.**

#### Результаты расчета:

№ оп.	Наименование операции	$T_{шт}$ , мин	$m_p$ , шт	$P$ , шт	$\eta_{з.ф.}$	$O$ , шт
005	[Токарное]	2,1	1	1	0,02	36
010	[Токарное]	3,2	1	1	0,03	23
015	[Токарное]	4,7	1	1	0,05	16
020	[Фрезерное]	4,1	1	1	0,04	18
025	[Фрезерное]	7,2	1	1	0,08	11
030	[Зуборезное]	9,4	1	1	0,1	8
035	[Шлифовальное]	8,3	1	1	0,09	9
	<b>Итого</b>	<b>39</b>		<b>7</b>		<b>121</b>

Где:

-  $T_{шт}$  - штучно-калькуляционное время.

-  $m_p$  - расчетное количество станков по операциям.

-  $P$  - число рабочих мест.

-  $\eta_{з.ф.}$  - фактический коэффициент загрузки рабочего места.

-  $O$  - Количество операций, выполняемых на рабочем месте.

Коэффициент закрепления операции: **17,29**

Тип производства: **Среднесерийное**

Форма организации производства: **Групповая**

Размер производственной партии: **94 шт.**

Додаток Г

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

05.01.2023

Расчет выполнен для Парфенцев І.С., группа - ТМ.м-11

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - отверстие в заготовке с отверстием  $\phi$  42-0.008

-0.033

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Предельные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир Eб (i)	закр. Ez (i)
Поковка штампована	кл.точн. Т4	+1.400	-	-	-	-	-
	ГОСТ 7505-89	-1.800					
Точіння чорнове	квалитет 12	+0.250	200	250	549	25	25
		0					
Точіння напівчистове	квалитет 9	+0.062	40	50	32.94	0	0
		0					
Точіння чистове	квалитет 7	-0.008	20	20	27.45	0	0
		-0.008					
		-0.033					

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм				
				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.		
-	-	35.999	35.9	37.7	+1.400	35.9	39.1	-	-	-
					-1.800					
2001	5201	41.254	41.2	41.2	+0.250	41.2	41.45	2100	5300	5550
					0					
246	496	41.77	41.75	41.75	+0.062	41.75	41.812	300	550	612
					0					
135	197	41.967	41.967	42	-0.008	41.967	41.992	155	217	242
					-0.033					

К О Н Е Ц Р А С Ч Е Т А



Додаток Д

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дудл. Подп. и дата Инв. № подл.	Перв. примен. Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
							<u>Документация</u>		
		A1			ТМ 19510123-07-00.00 СК	Сборочный чертёж			
							<u>Детали</u>		
				1					
		б/4	2		ТМ 19510123-07-00.02	Днище	1		
		б/4	3		ТМ 19510123-07-00.03	Диафрагма	1		
		б/4	4		ТМ 19510123-07-00.04	Крышка	1		
		б/4	1		ТМ 19510123-07-00.01	Плита	1		
		б/4	23		ТМ 19510123-07-00.23	Призма	2		
		б/4	24		ТМ 19510123-07-00.24	Прихват	1		
		б/4	9		ТМ 19510123-07-00.09		1		
		б/4	13		ТМ 19510123-07-00.13	Стойка	1		
		б/4	17		ТМ 19510123-07-00.17	Шпонка	2		
		б/4	7		ТМ 19510123-07-00.07	Шток	1		
							<u>Стандартные изделия</u>		
		б/4	4			Винт М8-6d x 90 ГОСТ 1491-80	2		
		б/4	15			Винт М10-6d x 150 ГОСТ 1491-80	6		
		б/4	18			Винт М5-6d x 40 ГОСТ 1491-80	2		
б/4	8			Гайка М16-6d x 15 ГОСТ 15522-70	1				
					ТМ 21510239-07-00.00				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
	Разраб.	Парфенцев				Лист	Лист		
	Проб.	Дегтярьов					1		
	Нконтр.	Івченко				ТМ.М-11			
	Утв.	Іванов				Листов	2		

Не для коммерческого использования

Копировал

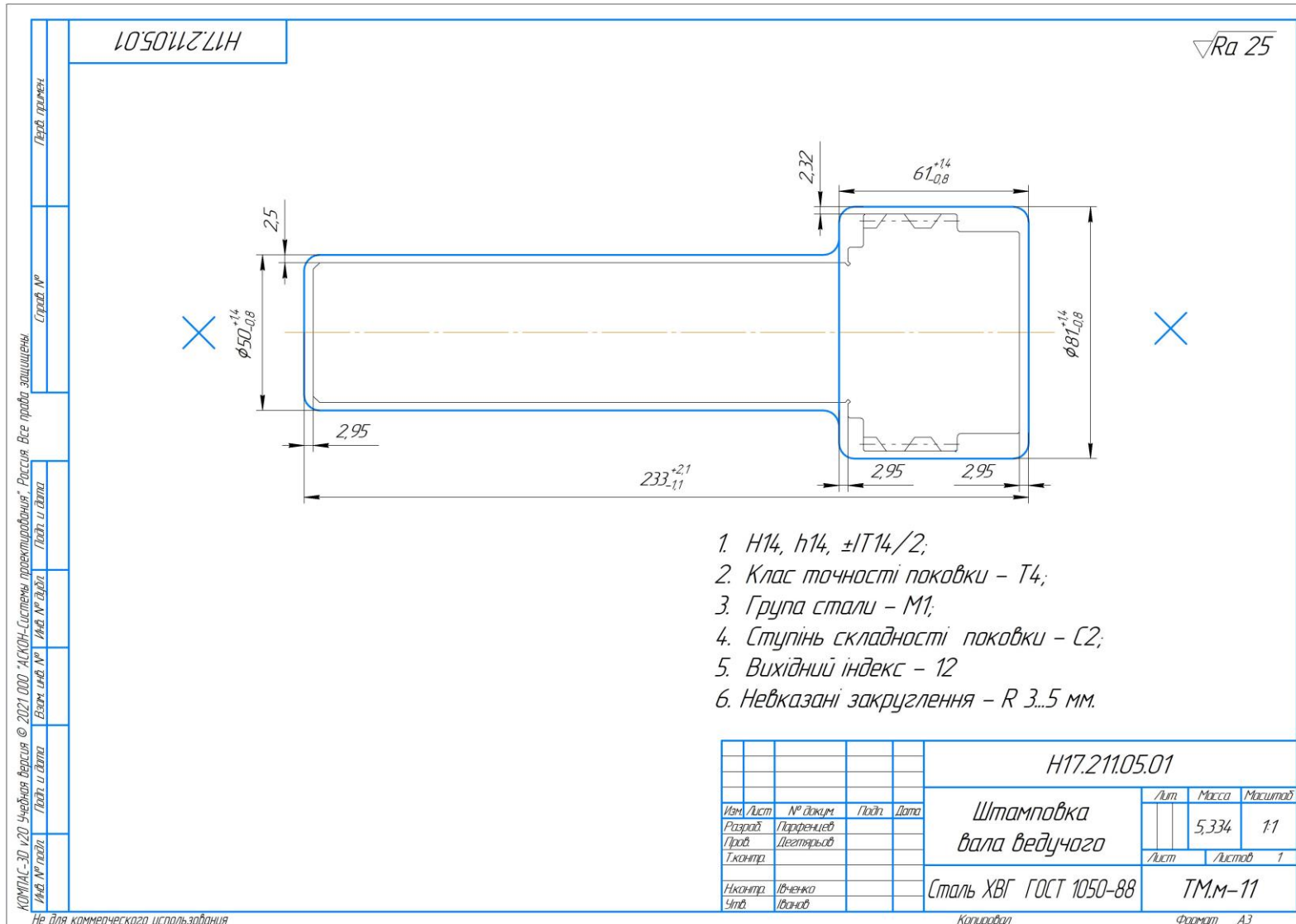
Формат А4







ДОДАТОК Ж  
КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

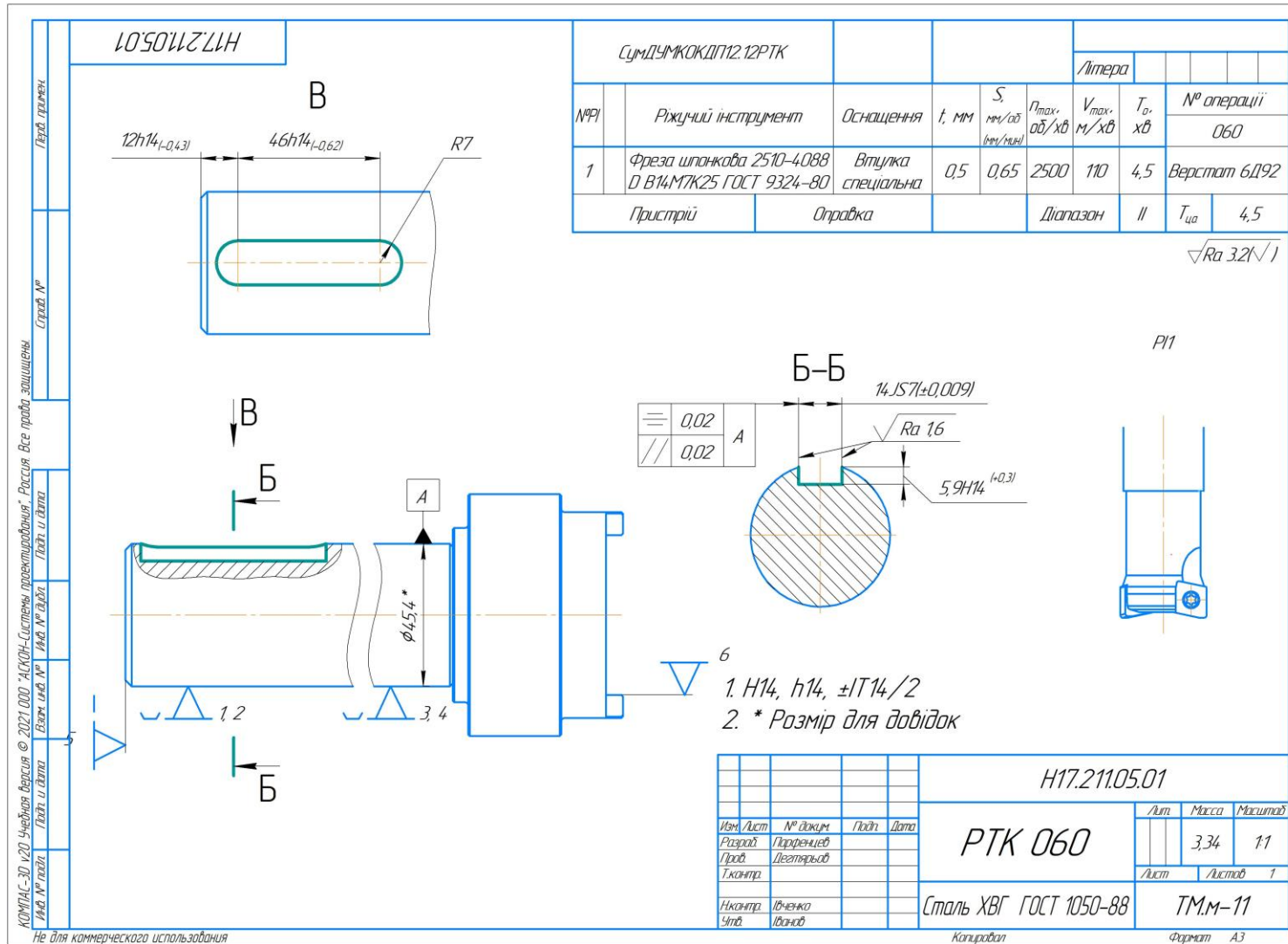


## ДОДАТОК К КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТУ ОБРОБКИ

ЛМ 20-6220152 МЛ								
№ операції	Операція	Обладнання	Пристрій та інструмент	№ операції	Операція	Обладнання		
005	Обробка тиском	КГШП		050	Сварка	Стіл сварний		
010	Технічний контроль	Стіл ВТК		055	Технічний контроль	Стіл ВТК		
015	Термічна	Пч газова ПГТ 6.6.6/13 К		<div style="text-align: center;"> <p>Шпоночко-фрезерна</p> </div>	<p>Шпоночка фреза 2Р-ТБ90-214-13-05-110 Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 Калібр шпоночковий</p>			
020	Технічний контроль	Стіл ВТК						
025	Токарна з ЧПУ	Верстат мод. ТЛ-1 Система ЧПК НТЕС	<p>Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71 Різець прохідний цупорий SCLCR 1616 H09 Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89 Штангенциркуль ШЦ-2-250-0,1 ГОСТ 166-89 Фаскамір 0,5*45°.</p>			060	Технічний контроль	Стіл ВТК
030	Токарна з ЧПУ	Верстат мод. ТЛ-1 Система ЧПК НТЕС				070	Зубофрезерна	Верстат мод. 5М32
030К	Технічний контроль	Стіл ВТК				075	Сварка	Стіл сварний
035	Токарна з ЧПУ	Верстат мод. ТЛ-1 Система ЧПК НТЕС				080	Технічний контроль	Стіл ВТК
040	Технічний контроль	Стіл ВТК				085	Термічна	Пч газова ПГТ 6.6.6/13 К
045	Фрезерна з ЧПУ	Верстат мод. Мп1 МіЦ Система ЧПК - НТЕС				090	Технічний контроль	Стіл ВТК
						095	Шліфувальна	Верстат мод. 3М151
						0100	Технічний контроль	Стіл ВТК

ТМ 21510239-02 МЛ																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Відкрито</td> <td>№ документа</td> <td>Тираж</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Зроблено</td> <td>Затверджено</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проверено</td> <td>Відпущено</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Використано</td> <td>Відхилено</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Відкрито	№ документа	Тираж	Дата	Зроблено	Затверджено			Проверено	Відпущено			Використано	Відхилено			<p>Маршрут обробки</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>К</td> <td>Р</td> <td>Л</td> <td>С</td> <td>Т</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>СумДЧ ТММ-11</p>	К	Р	Л	С	Т					
Відкрито	№ документа	Тираж	Дата																								
Зроблено	Затверджено																										
Проверено	Відпущено																										
Використано	Відхилено																										
К	Р	Л	С	Т																							

ДОДАТОК Л  
КРЕСЛЕННЯ РТК ОПЕРАЦІЇ 060





# ДОДАТОК М КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

