

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

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

другий (магістерський)  
(освітньо-науковий рівень)

на тему **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення  
втулки 252.014.00.04 шляхом застосування  
високопродуктивних інструментів та оснастки»**

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.мз-91с  
спеціальності: 131 – прикладна

механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології

машинобудування

(назва освітньої програми)

Беспалий В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Колесник В. О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет	<u>Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання</u>
Кафедра	<u>Технологія машинобудування, верстати та інструменти</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>другий (магістерський)</u> <small>(шифр і назва)</small>
Спеціальність	<u>131 – прикладна механіка</u> <small>(шифр і назва)</small>
Освітня програма	<u>Технології машинобудування</u> <small>(шифр і назва освітньої програми, за наявності)</small>

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

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

**Беспалий Вадим Олександрович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення технологічного процесу  
виготовлення втулки 252.014.00.04 шляхом застосування  
високопродуктивних інструментів та оснастки»

керівник проекту Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук, ст. викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від «\_\_» \_\_\_\_ 2020 року за № \_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «10» грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) \_\_\_\_\_

- технологічний процес обробки втулки 252.014.00.04;

- річний випуск деталей N=1300 (дрібносерійний тип виробництва)

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

- аналіз базового процесу обробки втулки 252.014.00.04,

- удосконалення технологічного процесу обробки втулки 252.014.00.04,

- вибір та обґрунтування способів виготовлення вихідної заготовки,

- розрахунки припусків на обробку,

- обґрунтування схем базування та закріплення заготовки,

- проектування спеціального пристрою для виготовлення втулки 252.014.00.04,

- дослідження напруг та деформацій в системі фрезерного верстата.

## 5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2020 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Аналіз базового процесу обробки втулки 252.014.00.04	01.10.2020	
2	Удосконалення технологічного процесу обробки втулки 252.014.00.04	15.10.2020	
3	Проектування спеціального верстатного пристрою	30.10.2020	
4	Наукове дослідження	07.11.2020	
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	15.11.2020	
6	Формулювання загальних висновків	24.11.2020	
7	Оформлення роботи	27.11.2020	
8	Підготовка презентації	06.12.2020	
9	Підготовка доповіді	08.12.2020	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Вадим БЕСПАЛИЙ

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Віталій КОЛЕСНИК

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Записка: 106 с., 21 рис., 11 табл., 9 додатків, 59 посилань.

Об'єкт розробки – деталь «Втулка 252.014.00.04», що входить до складу газоперекачувального агрегата.

В даному дипломному проекті за освітнім рівнем магістра проаналізували службове призначення виробу - газоперекачувального агрегата, вузла та деталі «Втулка», крім того технічні вимоги з показниками технологічності конструкцій деталі. Було обгрунтовано вибір методу отримання заготовки поковкою, були розраховані припуски на діаметральний розмір.

Також для операцій 025, 030 и 035 було проведено аналіз з обгрунтуванням схем базування деталі; обгрунтовано вибір металорізального устаткування, верстатного пристрою, різальних та вимірювальних інструментів; було проведено розрахунки режимів різання та нормування розглянутих операцій.

Спроектвано спеціальний верстатний пристрій для фрезерної з ЧПК операції. Досліджено напруги та деформації в системі фрезерного верстата. Проведено комп'ютерне моделювання деформацій, переміщень і напружень елементів верстата.

Оформлено карти технологічного процесу обробки деталі «Втулка 252.014.00.04».

ВТУЛКА, АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ЗАГОТОВКА, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ІНСТРУМЕНТ, ПРИСТРІЙ, ДЕФОРМАЦІЇ, МОДЕЛЮВАННЯ

## SUMMARY

Report: 106 pages, 14 tables, 24 pictures, 9 additions, 59 sources.

The object of researching is part «Sleeve 252.014.00.04», which is part of the gas pumping unit.

In the given diploma project on the educational and qualification level of the master, the official purpose of the product- gas pumping unit and part «Sleeve», as well as technical requirements and technological indicators of the part design are analyzed. The choice of the method of obtaining the initial blank by stamping was justified, machining allowances for diametral dimension were calculated.

For operations 025, 030 and 035 an analysis and justification of the workpiece basing scheme were carried out; the choice of metal-cutting machines, tools, cutting and measuring tools is justified; the cutting conditions were calculated and operations were normalized.

A special fixture for CNC milling operation has been designed. The stresses and deformations in the milling machine system are investigated. Computer simulation of deformations, displacements and stresses of machine elements has been carried out.

The cards of the manufacturing process of the «Sleeve 252.014.00.04» are issued.

SLEEVE, ANALYSIS, TECHNOLOGICAL PROCESS, PROCESSABILITY, BILLET, TYPE OF PRODUCTION, TOOL, DEVICE, DEFORMATION, MODELING

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

« \_\_\_\_ » грудня 2020 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ВТУЛКИ 252.014.00.04 ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ  
ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ТА ОСНАСТКИ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Студент	В. О. Беспалий
Керівник	В. О. Колесник
Консультант з розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	В. В. Фалько
Нормоконтроль	О. В. Івченко

Суми – 2020

## ЗМІСТ

	с.
Вступ .....	9
1 Розділ 1. Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка 252.014.00.04» .....	12
1.1 Аналіз службового призначення вузла, виробу, деталі. Опис їх конструктивних особливостей й умов експлуатації .....	12
1.2 Аналіз технічних умов і вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань для її виготовлення .....	20
1.3 Характеристика заданого типу виробництва з формами його організації .....	22
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Втулка 252.014.00.04» ...	24
1.5 Аналіз базового технологічного процесу обробки «Втулки 252.014.00.04».....	27
1.6 Висновки і завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка 252.014.00.04» .....	29
2 Розділ 2. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка 252.014.00.04» .....	30
2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення «Втулки 252.014.00.04» .....	30
2.2 Вибір і обґрунтування способів виготовлення вихідної заготовки ....	32
2.3 Розрахунки припусків на обробку поверхні $\varnothing 180(-0.014; -0.039)$ .....	36
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування й закріплень заготовки .....	38
2.5 Обґрунтування і вибір моделі металорізального верстату .....	44
2.6 Обґрунтування й вибір верстатних пристроїв, металорізального й вимірювального інструменту .....	48
2.7 Визначення режимів різання .....	50
2.8 Технічне нормування операцій .....	59

2.9	Проектування верстатного пристрою для операції 030 фрезерної з ЧПК .....	63
3	Розділ 3. Науково-дослідна частина. Дослідження напруг та деформацій в системі фрезерного верстата .....	71
	Висновки .....	77
	Перелік використаних посилань .....	78
	Додаток А Охорона праці й безпека у надзвичайних ситуаціях .....	83
	Додаток Б Матеріали публікації .....	96
	Додаток В Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 180(-0.014; -0.039)$ .....	99
	Додаток Г Специфікація «Пристрою спеціального».....	100
	Додаток Д Креслення заготовки .....	102
	Додаток Е Креслення маршруту обробки деталі «Втулка 252.014.00.04» .....	103
	Додаток Ж Креслення налагодження на операцію 030 фрезерну з ЧПК .....	104
	Додаток К Креслення спеціального верстатного пристрою для операції 030 фрезерної з ЧПК .....	105
	Додаток Л Креслення деталі «Втулка 252.014.00.04» .....	106



## ВСТУП

Створення та впровадження необхідної нової техніки в усіх галузях народного господарства є наслідком ефективної роботи сучасного машинобудування, що сприяє прискоренню науково-технічного прогресу нашої країни. Особливе значення у цей час у зв'язку з широким використанням та створенням сучасних виробничих комплексів обробки заготовок набувають верстати з ЧПК. Саме застосування сучасних вискоефективних верстатів з ЧПК замість універсального обладнання надає важливого імпульсу в подальшому розвитку промислового виробництва та його інтенсифікації.

**Актуальність роботи.** Розробка сучасних газоперекачувальних агрегатів в умовах жорсткої конкуренції є необхідністю, бо готовий виріб потрібен задовольняти усім критеріям якості при мінімальних витратах та максимально простому налагодженні виробництва. Одним із шляхів вирішення питання є вдосконалення існуючих технологічних процесів із застосуванням сучасних методів обробки, ефективних інструментальних матеріалів, металоріжучих верстатів та інструментів. Тому подальше вдосконалення та розроблення передових технологічних процесів наразі є актуальною проблемою.

**Зв'язок магістерської роботи із науковими темами, програмами, планами.** Тема наведеної роботи за кваліфікаційним рівнем «магістр» пов'язана з актуальним науковим напрямом дослідження кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ, що присвячена розробці та вдосконаленню технологічних процесів за номером 0116U000933 державної реєстрації.

**Об'єкт дослідження.** Технологічний процес виготовлення «Втулки 252.014.00.04».

**Предмет дослідження.** Особливості розробки кінцево-елементної моделі фрезерного верстата, що наближена до реальної, при обробці заготовок складної геометрії.

**Мета дослідження.** Підвищення продуктивності технології виготовлення деталі «Втулка 252.014.00.04» шляхом удосконалення технологічного процесу застосуванням високопродуктивних технологічної оснастки та різального інструменту.

**Завдання дослідження:**

- розроблення конструкції верстатного пристрою, що забезпечуватиме високі якість і продуктивність обробки;
- обґрунтування способів підвищення ефективності базового технологічного процесу;
- розробка технологічного процесу виготовлення «Втулки 252.014.00.04»;
- розробка кінцево-елементної моделі фрезерного верстата, що наближена до реальної.

**Методами дослідження є:**

- проведення якісного та кількісного аналізу технологічної інформації;
- синтез нових конструкцій технологічного оснащення та удосконаленого структурно технологічного процесу на базі проведеного теоретичного аналізу;
- моделювання методом кінцевих елементів переміщень, напруг та деформацій фрезерного верстата;

**Наукова новизна досліджень:**

- визначено, що запропоноване віртуальне моделювання деформацій фрезерного верстата дозволяє отримати розрахункову модель, що наближена до реальної, та здійснювати динамічне коригування на програмному рівні величини робочої подачі;
- визначено, що удосконалення процесу виготовлення «Втулки 252.014.00.04» можна реалізувати проектуванням спеціального фрезерного пристрою та оптимізацією режимів обробки.

**Значення отриманих результатів на практиці.** Результати, що були отримані при дослідженнях, є рекомендованими до використання на фірмах та підприємствах у галузі машинобудування.

**Власний внесок здобувача.** Результати проведених досліджень було отримано здобувачем спільно із його науковим керівником.

**Апробація отриманих результатів.** Матеріали випускної роботи магістра було апробовано на 26-й науково-практичній конференції (7-9 грудня 2020 р.) «Технологія XXI століття» у СНАУ.

**Публікації.** Опубліковано тези науково-практичної конференції (див. додаток Б):

Беспалий, В.О. Силоутворюючий пристрій як підсистема системи затискного пристрою [Текст] / П.В. Кушніров, В.О. Колесник, В.О. Беспалий // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріал. 26-ої міжнародн. наук.-практичн. конф. (7-9 грудня 2020 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2020.– С. 67-68.

**Структура магістерської роботи:** вступ, три розділи, вісім додатків, перелік джерел посилань з 59 найменувань. Загальний обсяг роботи сягає 106 сторінок.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА 252.014.00.04»

### 1.1 Аналіз службового призначення вузла, виробу, деталі. Опис їх конструктивних особливостей і умов експлуатації

Деталь «Втулка 252.014.00.04» входить до вузла з назвою «Підшипник опорно-упорний». Цей вузол в свою чергу є складальною одиницею і входить до складу компресора відцентрового типу 354ГЦ2-564-56-76М13.

Компресор є енергетичною машиною або пристроєм для підвищення тиску та переміщення газів або їхніх сумішей як робочого середовища.

Газоперекачувальні агрегати застосовуються в лінійних, головних та допоміжних компресорних станціях на магістральних газопроводах, а також у сховищах газу під землею й у спеціальних технологічних механізмах для зворотного закачування газу в пласти, збирання та транспортування попутних газів, газліфта.

Компресори за принципами дії можна поділити:

- об'ємної дії (це поршневі компресори);
- динамічного дії (це відцентрові компресори).

Відцентрові компресори використовують за високою продуктивністю більше від  $1,6 \text{ м}^3/\text{с}$  та при потужності до 24 МВт завдяки перевагам за ККД та при невеликих габаритних розмірах.

Газомотокомпресори, аба поршневі компресори, використовують з малою продуктивністю до величини  $1,6 \text{ м}^3/\text{с}$  завдяки перевазі за ККД, або де потрібною є значне змінення режимів роботи за тиском.

Газоперекачувальні агрегати за типом приводу поділяють на:

- газові двигуни внутрішнього згорання;
- електродвигуни;
- газотурбінні двигуни.

Зробивши аналіз загальних характеристик можна зробити висновки, що агрегат 354ГЦ2 - це компресор динамічної дії, відцентровий, що використовують в магістральних трубопроводах та такий, що приводять в дію від електричного двигуна.

Газоперекачувальний агрегат складають із блоків і вузлів високої заводської готовності, монтаж них проводять на місцях експлуатації. В блоках та вузлах ГПА встановлено елементи системи життєзабезпечення.

ГПА 354ГЦ2 являє собою складну автоматизовану установку, що міститься у блочних контейнерах. За принципом дії агрегат – за рахунок підвищення тиску газу на виході з ГПА до рівня, який перевищує тиск у сховищах при закачуванні газу або в самому газопроводі при відборі газу.

Приводом компресора є газотурбінна установка ГТУ-12П (88-00-905-01, 88-00-905-02), яка входить до блоку силового.

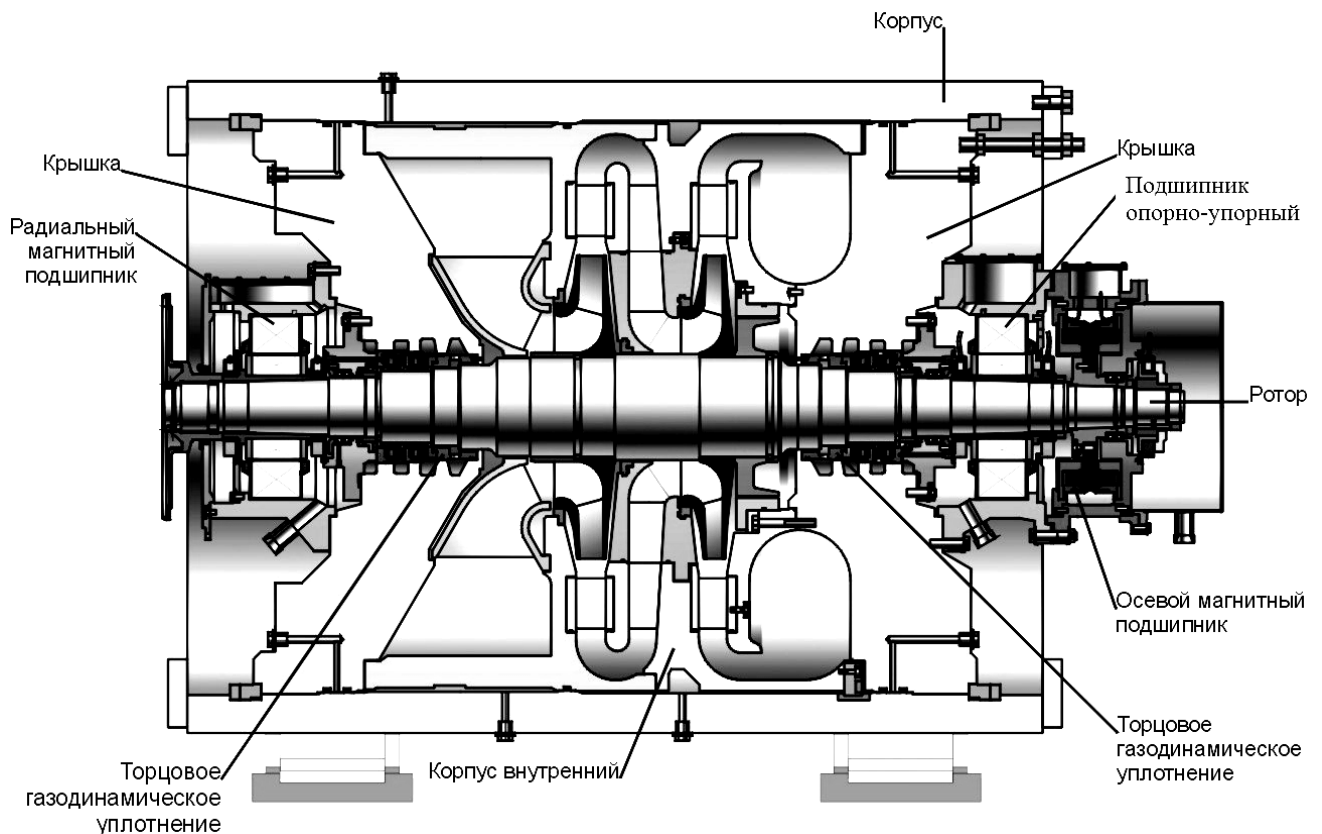


Рисунок 1.1 – Виріб – компресор 354ГЦ2-564-56-76М13

ГПА 354ГЦ2 призначено для підвищень тиску та переміщення газу, який надходить з вхідних колекторів компресорної станції магістральних газопроводів. За принципом дії відцентровий компресор в загальному можна зрівняти із принципом дії осьових компресорів, тільки з одним істотним розходженням від них, а саме: у відцентрових компресорах потік повітря входить до робочого колеса уздовж осі свого двигуна. В робочих колесах відбувається повертання потоків в радіальному напрямку. Саме таким чином в робочих колесах створюють за рахунок відцентрової сили додаткового зростання тиску. Інакше кажучи окремі частки робочого тіла тут отримують додаткову кінетичну енергію для руху.

Робочі колеса відцентрових компресорів являють собою диск чи складне тіло обертання, на яких встановлено спеціальні лопатки, які розходяться від центра конструкції до самих країв диска. Канал між лопатками у відцентровому робочому колесі – дифузорний, так само, як і в осьовому компресорі. Робочі колеса по типу використовуваних лопаток можна поділити на радіальні, де профіль лопаток є рівним, та на реактивні – де профіль лопатки є вигнутим. Робоче колесо реактивне має більш високий ККД та ступінь стиснення, але воно є більш складним у виготовленні, та, як наслідок - є дорожчим. В робоче колесо відцентрового компресора потік газу потрапляє для того, щоб часткам газу передати кінетичну енергію обертового колеса. При цьому дифузорний канал між лопатками гальмує рух частинок газу відносно обертового колеса, а відцентрова сила надає додаткову кінетичну енергію частинкам робочого тіла та направляє їх далі у радіальному напрямку. Наступне гальмування, з перетворенням кінетичної енергії у внутрішню, відбувається в дифузорі після виходу з робочого колеса.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика відцентрового компресора 354ГЦ2-564-56-76М13

Назва параметрів	Їх значення
Продуктивність, млн. м <sup>3</sup> /за добу	56,0
Кінцевий тиск, кгс/см <sup>2</sup>	76,2
Тиск початковий, кгс/см <sup>2</sup>	57,0
Відношення для тисків	1,4
Потужність у МВт	24,0
ККД політропний, %	85,0

Зовнішній корпус (див рис.1.1 та рис. 1.2) компресора являє собою великий кований циліндр зі сталі, що містить усмоктувальний і нагнітальний патрубки. На торцях цих патрубків виконано спеціальні канавки під ущільнювальні прокладки, також встановлено шпильки для приєднання фланців трубопроводів. Приварено опори до нижньої частини цього циліндра.

З обох торців корпус закритий сталевими кованими кришками, які фіксуються в корпусі різними стопорними кільцями і шпильками. В кришках розміщуються функціональні масляні та газові канали, що мають вихід на зовнішній торець кришок для під'єднання фланців трубопроводів.

Для герметизації внутрішніх порожнин проточної частини використовують кінцеві ущільнення, що розташовані в центральній частині кришки.

Внутрішній корпус є складальним. До нього кріплять діафрагму, що має горизонтальний роз'єм. Внутрішній корпус від провертання зафіксовано шпонкою, що входить до пазу корпусу.

Конструкція статорної частини є унікальною, бо дозволяє знімати та встановлювати ротор без винімання внутрішнього корпусу, а це значно спрощує обслуговування компресора персоналом.

На двох підшипниках - опорному та опорно-упорному, що є у корпусі компресора, встановлено ротор.

Ці підшипники кріплять до торцевих кришок, їх закрито кожухами та іншими кришками, що утворюють підшипникові камери із горизонтальним

роз'ємом. У цих підшипникових камерах робиться збирання та зливання відпрацьованого масла з ущільнень та підшипників.

До кожуха з боку приводу кріпиться кришка, що утворює з сполученими поверхнями ротора спеціальне лабіринтове ущільнення з метою герметизації кожуху торсійного вала.

Блок маслonaсосів приєднано до кожуха опорно-упорного підшипника, який складається з насосу системи мастил та насосу системи ущільнень.

Для суфлірування передбачено патрубков у верхній частині кожуха.

На опорному підшипнику встановлено датчики вібрації для виміру вібрації ротора. При цьому спеціальним датчиком контролюється і осьове переміщення ротора.

Проведемо аналіз вузла.

Радіальні та осьові навантаження ротора компресора сприймає підшипник опорно-упорний. Осьові сили на ротор максимальні під час запуску агрегату та при його максимальному навантаженні. В залежності від дії сили ротору, цей підшипник працює в якості опорного в обидва боки, це пов'язано з його функціональним призначенням.

До деталей підшипника пред'явлено жорстких вимог з точності так і з шорсткості обробки. Це є у зв'язку з тим, що осьова сила ротору, підчас його роботи, є досить великою. Також досить великою є і точність процесу складання підшипників, підгонка елементів при заключному складанні всього компресора. Тому для забезпечення безвітказної та безперервної роботи підшипникових вузлів необхідно витримати всі радіальні та осьові проміжки згідно із вимогами креслення.

Можна зробити висновок, що, враховуючи навантаження та умови роботи вузла, ми маємо досить складну конструкцію деталей, що входять до складу підшипника: складна форма, є пази, різноманітні канавки, масляні канали, отвори.



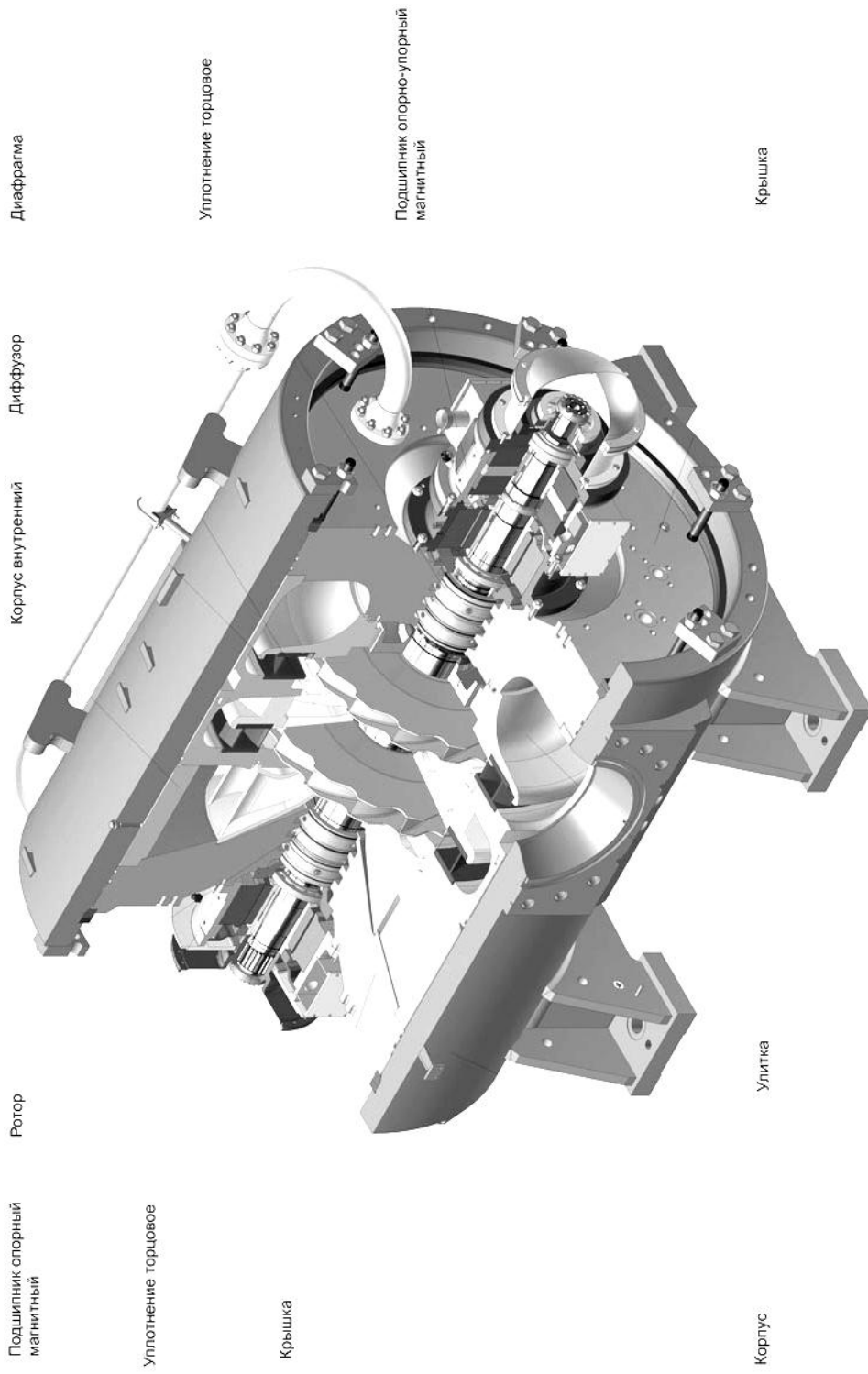


Рисунок 1.2 – Переріз компресора 354ГЦ2-564/56-76М13

Підшипник упорний і підшипник опорний входять до складу опорно-упорного підшипника.

Опорний підшипник складають з сталевго корпусу 7, роз'ємного в горизонтальній площині, при цьому обидві частини його стягують болтами, опорних колодок, що утримують в корпусі підшипника спеціальними проточками у втулках. Від проворота відносно корпусу колодки фіксуються штифтами.

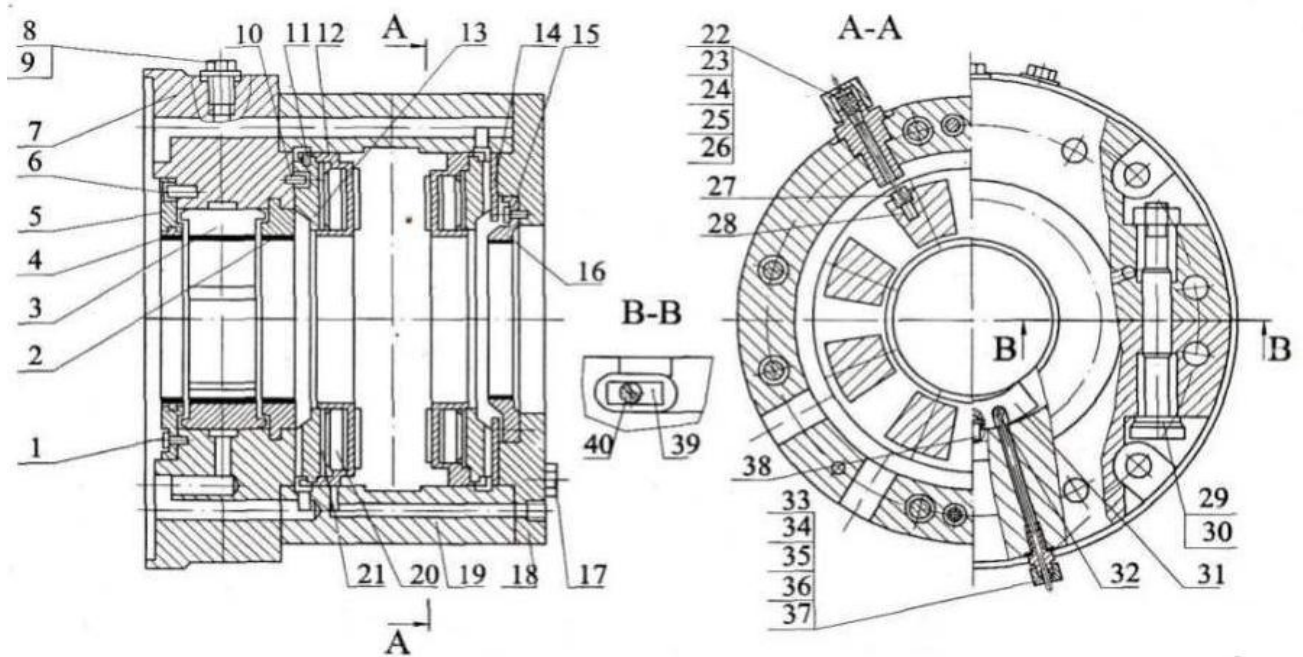


Рисунок 1.3 – Вузол – опорно-упорний підшипник

Втулку кріплять гвинтами до корпусу підшипника.

Установлення втулки в робоче положення забезпечує штифт при монтажі підшипника.

Пакет містить сепаратор, в пазах якого встановлено упорні колодки, кільце і пружини. В сепараторі для фіксації пружин виконано кілька спеціальних поглиблень. Від провороту сепаратор стопориться гвинтом, а кільця фіксують від провороту штифтом.

Упорний підшипник кріплять болтами до корпусу опорного підшипника.

Згідно складальному кресленню проводимо аналіз службового призначення поверхонь деталі. На рисунку 1.4 показано такі поверхні деталі «Втулка»:

- 4, 5, 6 – основні конструкторські бази (ОКБ);
- 1, 10, 13 – допоміжні конструкторські (ДКБ);
- 7 – виконавчі;
- інші поверхні – вільні поверхні (ВП) – для створення конфігурації та посилення конструкції деталі.

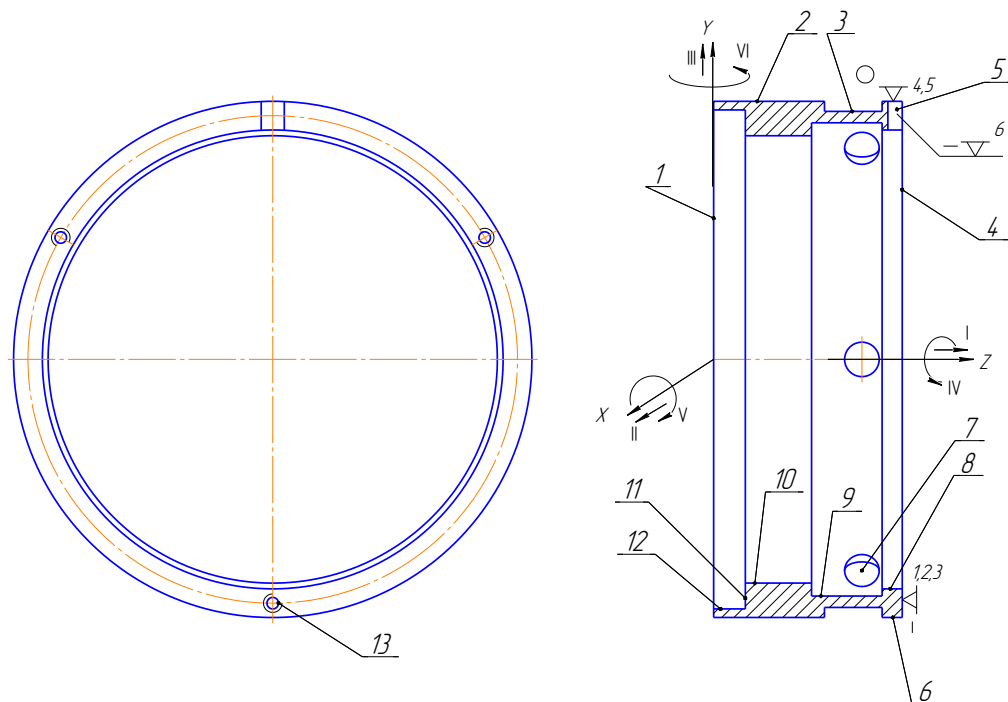


Рисунок 1.4 – Перелік поверхонь деталі «Втулка»

Базування «Втулки» відбувається в підшипнику за торцем  $\varnothing 160g6/\varnothing 180$  мм, це є встановлювальною базою. Подвійною опорною базою є циліндрична поверхня  $\varnothing 180g6$  мм, опорною базою є бічні поверхні пазу  $B = 8$  мм. Тому заготовку позбавлено всіх шести ступенів свободи.

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності при базуванні

Зв'язок	Ступені свободи	Бази
1, 2, 3	I, VI, V	Встановлювальна – ВстБ
5, 4	II, III	Подвійна опорна – ПодвОпБ
6	IV	Опорна – ОпБ

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків  
при базуванні

	X	Y	Z	
<i>l</i>	0	0	1	ВстБ
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	ПодвОпБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	ОпБ
<i>α</i>	0	0	1	
	2	2	2	

## 1.2 Аналіз технічних умов і вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань для її виготовлення

Службове призначення деталі визначає технічні вимоги на її виготовлення. На базі аналізу креслення деталі можна зробити висновки, що наявних перерізів та проекцій є достатня кількість, їх відповідно до існуючих стандартів правильно розміщено, вихідні дані вказано на всіх поверхнях – точність розмірів, шорсткість обробки.

Маємо, що креслення було виконано згідно з вимогами ЄСКД, воно повністю відповідає діючим стандартам згідно із ГОСТом 2.109.

Розглядаєма деталь «Втулка» є типовим представником втулок або фланців, вона виготовляється зі сталі 20Х13 згідно із ГОСТом 5632.

Креслення є досить складним у зв'язку з тим, що «Втулка» має досить велику кількість поверхонь - мастильних каналів, отворів для кріплення, пазів. Це ускладнює зображення в проекціях.

Базові поверхні, а саме основні та допоміжні конструкторські бази - торців та поясків, мають шорсткість  $R_a = 3,2$  мкм. Тому ці параметри досягаються на чистових токарних операціях. Такі вимоги з якості поверхонь зумовлено їх функціональним призначенням.

Більшість поверхонь по точності виконуються по 11–14 квалітету, але циліндрична поверхня  $\varnothing 180g6$  виконана по 6 квалітету точності, бо це обґрунтовано її функціональним призначенням.

Аналіз технічних вимог до деталі «Втулка»:

- Розміри забезпечити інструментом: радіус при вершині різальної пластини повинен забезпечувати геометрію оброблюваної деталі;
- Невказані граничні відхилення розмірів отворів – за H14, валів – за h14, інших -  $\pm IT 14/2$ : ця вимога стосується поверхонь, на які не стоять вимоги точної обробки;
- Маркувати: марку матеріалу, номер заказа: потрібно здійснювати маркування матеріалу та заказ.

Можна зробити висновок, що деталь є відповідальною, та від відповідності вимогам креслення залежить працездатність виробу в цілому. При виготовленні деталі, аналізу хімічного вмісту, проведенні механічних випробовувань необхідно фіксувати усі данні: знак ОТК вказуватиме на відповідність деталі всім необхідним вимогам, гарантувати безпеку та безперебійність праці самої втулки, так і в цілому всього вузла.

Оскільки втулка піддається динамічним навантаженням, то конструкція має відповідальні і точні поверхні з відповідною шорсткістю  $Ra = 3,2$  мкм, завдяки цьому зменшують концентрацію руйнуючих напружень при динамічних навантаженнях вузла підшипника. Тому до втулки пред'явлено жорстких вимог конструктором з метою забезпечення своїх функціональних призначень.

Таким чином, можемо зробити висновки, що згідно до технічних вимог, пред'явлених конструктором для деталі, маємо досить високі вимоги як по точності, якості, так і по допускам форми та розміщення поверхонь (6 квалітет, шорсткість  $Ra 3,2$ ; жорсткі вимоги до розміщенню поверхонь - радіальне та торцеве биття).

### 1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації

Для річної програми випуска деталей  $N = 1300$  штук і для маси деталі  $m = 3,8$  кг (менше 200 кг) знаходимо, що тип виробництва, який ми маємо - дрібносерійний [3, с.27].

Для дрібносерійного виробництва згідно із ГОСТом 3.1108 коефіцієнт закріплення операцій складатиме 20...40 включно.

Зробимо коротку характеристику отриманого типу виробництва [2].

Для дрібносерійного типу виробництва характерним є обмежена номенклатура виробів, що виготовлені періодично повторюваними партіями та досить великим обсягом випуску деталей.

Тут використовується обладнання як універсальне, так і спеціалізоване. Застосовують обладнання із ЧПК, обробні центри, а також можуть бути гнучкі автоматизовані системи з ЧПК, що пов'язані транспортуючими пристроями і що керовані ЕОМ. Розставляють верстати за технологічними групами з урахуванням напрямків основного вантажопотоку цехів, за предметно-замкнутим ділянкам виробництва.

Досягають необхідну точність як методом автоматичного отримання розмірів, так само і методом пробних прохідів з частковим застосуванням процесу розмічування для складних деталей, наприклад, корпусних.

В основному використаним є універсальне технологічне оснащення. Має велике поширення універсально-збірне, переналагоджувана технологічна оснастка, яка дозволяє значно підвищити ефективність дрібносерійного типу виробництва.

Кваліфікація в середньому робітників є вищою, ніж при масовому виробництві, але є нижчою, ніж у одиничного. Використовуються робітники-оператори та наладчики, які працюють на настроєних верстатах. Поряд з ними - робітники високої кваліфікації, що працюють на складних універсальних верстатах.

В залежності від особливостей технології виробництва та обсягів випусків деталей забезпечують повну, неповну, групову взаємозаємність, але застосовують і пригонку за місцем з компенсацією розмірів.

Технологічні документи та нормування докладно розробляють для найбільш складних та відповідальних деталей та для спрощеного нормування - простих.

Ріжучі інструменти – універсальні і спеціальні. Вимірювальні інструменти – універсальні, а також це калібри та спеціальний вимірювальний інструмент.

Розташування технологічного обладнання у відповідності до даного типу виробництва – згідно групової форми організації технологічного процесу, що характеризується конструктивно-технологічно однорідними ознаками виробів та єдністю засобів технологічного оснащення та інструменту.

Технологічний процес дрібносерійного виробництва переважно є диференційованим, тобто розчленованим на окремі операції, що закріплені за конкретними визначеними верстатами. Верстати застосовують як універсальні, так і спеціальні або спеціалізовані, або автоматизовані.

Спеціалізованим є і верстатний парк, що повинен забезпечувати перехід від виробництва однієї партії деталей до іншої. В ролі спеціалізованих пристроїв або інструментів можуть використовувати деякі нормалізовані конструкції, що було пристосовано для даної конкретної операції.

Розрахуємо кількість деталей у партії за формулою:

$$n = \frac{(N_{\text{річ}} \cdot a)}{259}, \quad (1.1)$$

де  $a = 24$  – так звана періодичність запуску деталей (в днях).

$$n = \frac{24 \cdot 300}{259} = 27,9 \text{ (шт.)}$$

Після округлення приймемо партію у 28 штук.

#### **1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Втулка 252.014.00.04»**

Під аналізом технологічності конструкції деталі розуміють комплекс заходів з досягнення необхідних рівней технологічності конструкції виробів із заданими параметрами. Максимальна технологічність деталі або виробів в цілому дозволяє значно підвищити продуктивність праці та знизити витрати. Також можна скоротити час на виготовлення виробів, при цьому забезпечивши відповідні вимоги з якості та точності [3].

Показники технологічності поділяють на якісні показники та кількісні.

Показники якісні характеризують технологічність конструкції деталі більш загально на базі особистого досвіду виконавця. До таких якісних показників відносять: установлення заготовки на верстаті, матеріал деталі, простановка допусків розмірів, або форми та розміщення; геометрична форма деталі та заготовки, можливість використання прогресивних режимів оброблення поверхонь. При цьому проводять аналіз такого:

- способу отримання вихідної заготовки;
- матеріалу заготовки;
- можливості використання прогресивних режимів різання;
- конструкції деталі (креслення);
- правильності простановки розмірів, допусків та шорсткості на кресленні деталі;
- конструктивних елементів деталі у технологічному відношенні.

Оцінемо технологічність за якісними показниками.

За використаним матеріалом необхідно відмітити, що оброблюваність сталі 20X13 за ГОСТом 5632 є задовільною. Використання більш дешевих матеріалів не раціонально, оскільки це призведе до знижень механічних або фізичних властивостей матеріалів, а деталь «Втулка» є відповідальною, вона працює в умовах постійних навантажень та вібрацій.



В таблиці 1.4 та 1.5 приведені хімічний склад і механічні властивості сталі 20X13.

Таблиця 1.4 – Механічні властивості матеріалу сталі 20X13 при  $T = 20-22^{\circ}\text{C}$

Твердість	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_6$	$\psi$	КСУ	Термообробка
НВ	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	
255 – 358	443	586	14	42	38	Загартування з відпуском

Позначення, що прийняті у таблиці 1.5:

Механічні властивості сталі 20X13:

- $\sigma_B$  – межа міцності, МПа;
- НВ – твердість за Бринелю;
- $\sigma_T$  – межа текучості, МПа;
- КСУ – ударна в'язкість у [кДж / м<sup>2</sup>].
- $\psi$  – відносне звуження у [ % ];
- $\delta_6$  – відносне подовження при розриві у [ % ];

Таблиця 1.5 – Хімічний склад у відсотках сталі 20X13

C	Mn	S	Si	P
0,21 – 0,28	до 0,80	до 0,060	до 0,80	до 0,060

Призначення сталі 20X13 – це деталі з підвищеною пластичністю, що працюють при температурах до 220°C та які сприймають навантаження ударів, а також вироби де діє слабо агресивні середовища з температурою до 32°C.

Маса 7,6 кг заготовки свідчить про те, що при встановленні не потрібно користуватися допоміжними підйомними пристроями. Тому за масою заготовка втулки є технологічною.

Можна зробити висновок, що за матеріалом для виготовлення деталі вона є технологічною, оскільки матеріал відносять до конструкційних сталей, тому механічна обробка втулки відбуватиметься без ускладнень.

Достатньо розвинуті поверхні деталі полегшують умови базування та закріплення на операціях обробки. Деталь досить габаритна, має порівняно не великі товщини стінок, тому бачимо, що деталь нежорстка, режими різання треба зменшувати.

По відношенню точності та якості поверхонь неможливо спростити вимоги креслення, запропоновані конструктором: за цим пунктом деталь не є технологічною.

Велика кількість отворів розташована на периферії втулки. Виконання їх є досить трудомістким, оскільки можлива поломка свердла. Тому необхідно попереднє засвердлення отворів з використанням знижених режимів.

На кресленні деталі «Втулка» існують нетехнологічні конструктивні елементи:

- глухий отвір під різь М6-7Н є нетехнологічним;
- тонка стінка деталі під дією сил різання та сили затиска може деформуватись, є нетехнологічною.

Оцінемо технологічність за кількісними показниками.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{ТЧ1} = 1 - (1/A_{СР1}), \quad (1.2)$$

де  $A_{СР1}$  – середній квалітет точності обробки.

$$A_{СР1} = (n_1 + n_2 + \dots + n_{33}) / \sum_i^{33} m_i, \quad (1.3)$$

де  $n$  – це квалітет точності кожної з поверхонь;

$m$  – це кількість поверхонь.

$$A_{СР1} = 437/33 = 14,5$$

$$K_{ТЧ1} = 1 - 1/14,5 = 0,93$$

Так як  $K_{ТЧ} < 0,8$ , то деталь за даним показником - технологічна.

Коефіцієнт шорсткості за критерієм  $R_a$ :

$$K_{Ш1} = 1 - 1/B_{СР1} \quad (1.4)$$

де  $B_{CP}$  – це середня шорсткість поверхонь.

$$B_{CP1} = (c_1 + c_2 + \dots + c_{33}) / \sum_i^{33} m_i \quad (1.5)$$

де  $c$  – це значення шорсткості кожної з поверхонь.

$$B_{CP1} = 233,8/33 = 6,69,$$

$$K_{ШП} = 1 - 1/6,68 = 0,87.$$

Оскільки  $K_{ШП} > 0,32$ , то деталь за цим показником є технологічною.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_3 = \frac{m_{д1}}{m_{з1}} \geq 0,7, \quad (1.6)$$

де  $m_{д} = 3,80$  – маса деталі, кг;

$m_{з} = 14,71$  – маса заготовки, кг;

0,7 – рівень технологічності згідно ЕСТПП.

$$K_3 = \frac{3,80}{14,71} = 0,25$$

Оскільки  $K_3 < 0,7$ , то це нетехнологічно: це можна пояснити тим, що поковка має досить великі припуски, напуски, і це зв'язано з технологією отримання заготовки.

Згідно із результатом кількісного аналізу можна зробити висновок про те, що деталь в цілому технологічна, оскільки її поверхні в більшій мірі досить прості, хоча натомість їх розташування ускладнює їх обробку.

## **1.5 Аналіз базового технологічного процесу обробки «Втулки 252.014.00.04»**

Проаналізуємо існуючий технологічний процес виготовлення «Втулки 252.014.00.04».

Технологічний процес розроблено у відповідності до технічних вимог заданої деталі, а також з урахуваннями особливості дрібносерійного типу виробництва.

Послідовністю операцій та детальний аналіз техпроцесу представлено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Існуючий технологічний процес обробки втулки

№ опер.	Найменування операції	Зміст операції	Обладнання на операції
1	2	3	5
005	Обробка тиском	Кування на молотах у підкладних штампах	Молота
015	Термообробка	Зняття внутрішніх напружень та розподілення структур матеріала	Термопіч
020	Токарно-гвинторізна	Точіння циліндричних поверхонь та торців, шорсткість Ra=12,5 мкм	Мод. 16K20
025	Токарно-гвинторізна	Точіння циліндричних поверхонь та торців, шорсткість Ra=6,3 мкм	Мод. 16K20
030	Токарно-гвинторізна	Чистове точіння циліндричних поверхонь та торців, шорсткість Ra=6,3 мкм	Мод. 16K20
035	Розмітка	Розмітка пазів, отворів	Плита
040	Вертикально - фрезерна	Фрезерування паза 8 мм	Мод. 6P13Ф3
045	Радіально-свердлильна	Свердління отворів $\varnothing 12$	Мод. 2M55
050	Радіально-свердлильна	Свердління отворів М6-7Н	Мод. 2M55
055	Технічний контроль	Контроль згідно із кресленням деталі	Стіл ВТК
060	Слюсарна	Складання вузла та правлення фасок	Верстак слюсарний

Можна зазначити, що в існуючому технологічному процесі застосовуються універсальні верстати, що пов'язано безпосередньо з типом виробництва та конструкцією деталі. У зв'язку з виконанням напівчистових і чистових операцій на різних операціях, бачимо принцип диференціації операцій. Застосовано розмічувальну операцію для розмічення поверхонь під обробку, оскільки використовують універсальне обладнання.

Обладнання – універсальне, досить застаріле, також це стосується і тех. оснащення на даних операціях.

Але не зважаючи на ці недоліки, в цілому технологічний процес дозволяє отримати задану точність і якість обробки поверхонь деталі «Втулка 252.014.00.04».

### **1.6 Висновки і завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка 252.014.00.04»**

В існуючому технологічному процесі заготовкою є поковка, що кована на пресі, а нами пропонується замінити на поковку, що кована на молотах, оскільки це дешевше, більш ефективніше та має великі переваги. Це – висока точність розмірів та форми поковки, зменшена вартість поковки, коефіцієнт використання металу, продуктивність, ККД основного устаткування, ліпші умови праці, відсутність ударів у роботі, придатність до автоматизації та механізації технологічних процесів, можливість використання замість суцільних складених штампів.

При закріпленні заготовки втулки використовують універсальну оснастку - затискачі з ручним приводом, прихвати. Необхідно для збільшення продуктивності праці використовувати спеціальне сучасне оснащення з механізованим приводом.

Ріжучий інструмент, що застосовується, є непродуктивним та досить застарілим. Застосовують здебільшого напайні інструменти, а більш прогресивними є інструменти зі змінними багатогранними пластинами, що зменшують час на обслуговування верстатів.

Обладнання, що використано в заводському техпроцесі, є досить застарілим та непродуктивним. Його потрібно замінити на більш новітнє із системою ЧПК, - це дозволить виконувати операції продуктивніше та отримати більш якісну деталь з меншою собівартістю.

## РОЗДІЛ 2

### УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА 252.014.00.04»

#### **2.1 Складання технологічного раціонального маршруту виготовлення «Втулки 252.014.00.04»**

Велика кількість технологічних способів обробки, що забезпечують майже однакові параметри отримуваних поверхонь, проте відрізняються за собівартістю їх реалізації.

Маршрути обробки поверхонь, що складаються з різних способів досягнення точності, можна об'єднати в так звані етапи технологічного процесу. Окрім цього, механічна обробка заготовки може перериватися іншими операціями. Саме це підтверджує багатоваріантність проектування технологічного процесу.

Обираємо різні методи обробки поверхонь та запропонуємо нові варіанти забезпечення вимог для обробки циліндричних поверхонь, використовуючи як довідкову літературу, так і вищезгадані вимоги:

- механічні властивості забезпечуємо використаннями відповідного матеріалу, а саме сталі, з наступною термообробкою (закалка, відпуск, нормалізація, старіння для зняття напружень);
- отримання заготовки: прокат, кування на пресах або кування на молотах;
- за шорсткістю, див. таблицю 2.1;
- за точністю форми і розміщення поверхонь, див. таблицю 2.2.

Таблиця 2.1 – Методи досягнення потрібної шорсткості

Оброблювані поверхні	Шорсткість Ra, мкм	Методи забезпечення
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Циліндричні зовнішні поверхні	3,2	Точіння чорнове, напівчистове і чистове
		Точіння чорнове і напівчистове
	6,3	Точіння чорнове і напівчистове
		Точіння чорнове

Таблиця 2.2 – Методи досягнення потрібних вимог форми та розміщення

Відхилення параметрів розміщення, форми	Величина допусків, мм	Методи забезпечення
Торцеве або радіальне биття	0,03	Використання принципу постійності баз
		Використання центруючих оправок
		Жорсткість системи

Після аналізу методів досягнення точності, можна сказати, що при обробленні маловідповідальних циліндричних поверхонь можна обирати точіння чорнове та напівчистове. А відповідальні базові поверхні отримують комплексом декількох операцій – точінням чорновим, напівчистовим та чистовим.

Наводимо перелік операцій обробки за новим технологічним процесом:

- 015 Токарна з ЧПК;
- 020 Токарна з ЧПК;
- 025 Токарна з ЧПК;
- 030 Фрезерна з ЧПК;
- 035 Свердлильна з ЧПК;
- 040 Свердлильна з ЧПК;
- 045 Технічний контроль;
- 050 Слюсарна.

В запропонованому технологічному процесі застосовуємо більш сучасне обладнання з ЧПК та застосовуємо принцип концентрації операцій.

## 2.2 Вибір і обґрунтування способів виготовлення вихідної заготовки

Для зменшення трудомісткості обробки та економії металу, конфігурацію заготовки треба максимально наблизити до конфігурації деталі. Собівартість заготовки, трудомісткість її виготовлення мають бути мінімальними. Форм заготовки повинна дозволяти вести обробку з мінімальною кількістю установів. В матеріалі заготовки не повинно бути тріщин, розшарувань, рихлостей.

Деталь «Втулка 252.014.00.04» можна отримувати такими способами:

- поковка кована на пресі;
- вільне кування на молотах;
- прокат.

Доцільним є застосування поковки, кованої на молотах, виходячи з конфігурації заданої деталі «Втулка 252.014.00.04» та технічних вимог креслення.

Вихідні дані, необхідні для розрахунку припусків:

- матеріал деталі – сталь 20Х13;
- маса деталі втулка – 3,80 кг.

Згідно із ГОСТом 7829 призначимо припуски та граничні відхилення:

- L65,50 мм – розмір заготовки 75,0±2,50 мм.
- Ø156,0 мм – розмір заготовки Ø140,0±3,0 мм;
- Ø 180,0 мм – розмір заготовки Ø190,0±3,0 мм;

Розрахунки маси заготовки робимо за формулою:

$$m = \rho \cdot v, \quad (2.1)$$

де  $\rho$  – це щільність матеріала заготовки втулки,  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$  ;

$v$  – це об'єм заготовки втулки,  $\text{см}^3$ ,

$$v = \frac{\pi d^2}{4} L, \quad (2.2)$$

При цьому  $L = 74$  – довжина заготовки у см;

$d = 19,0$  та  $14,0$  – це діаметр заготовки у см;

Тоді маємо



$$v = \frac{3,14 \cdot 19^2}{4} \cdot 7,5 - \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} \cdot 7,5 = 2123 - 1153 = 970 \text{ см}^3,$$

Тоді маса заготовки дорівнює:

$$m = 970 \cdot 7,85 = 7620 \text{ гр} = 7,6 \text{ кг.}$$

Знайдемо коефіцієнт використання заготовки втулки:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \geq 0,7, \quad (2.3)$$

де  $m_d = 3,80$  – маса деталі, кг;

$m_{31} = 7,63$  – маса заготовки, кг;

0,70 – рівень технологічності за ЄСТПП.

$$K_3 = \frac{3,80}{7,63} = 0,5.$$

Оскільки  $K_3 < 0,7$ , то це нетехнологічно. Можна пояснити тим, що у поковки є досить великі припуски та напуски. У втулці - велика кількість отворів та циліндричних проточок, що значно зменшує масу деталі втулки.

Таблиця 2.3 – Розрахунок розмірів поковки кованої на молоті

Номінальні розміри елемента деталі, мм	Припуски на бік, мм	Додаткові припуски на бік, мм	Допустиме відхилення розміру заготовки, мм	Остаточні розміри елемента заготовки, мм
65,50	4	1	±2,50	75±2,50
Ø180,0	5	1	±3,0	Ø190±3,0
Ø156,0	5	3	±3,0	Ø140±3,0

Розрахуємо собівартість заготовки, що кована на молотах, за формулою:

$$S_{\text{заг\_молота}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_e \cdot K_m \cdot K_t \cdot K_c \cdot K_{n'} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відхл}}}{1000} \quad (2.4)$$

де  $Q = 7,63$  кг – маса заготовки втулки;

$q = 3,80$  кг – маса готової деталі втулки;

$C_i = 49000$  грн – це базова вартість 1 тони матеріалу сталі, грн.

$K_T = 1,10$  – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_C = 1,2$  – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_M = 1,25$  – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_B = 0,97$  – коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$K_H = 1,2$  – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$S_{\text{відх}} = 5800$  грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{\text{зар1}} = \left( \frac{49000}{1000} \cdot 7,63 \cdot 1,10 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 0,97 \right) - (7,63 - 3,80) \frac{5800}{1000} = 633 \text{ грн.}$$

Заготовка, отримувана вільним куванням на молотах, є більш дешевою, ущільнена та зміцнена (див. рис.2.1).

Технічні вимоги:

1. Незазначені радіуси  $R4^{+2,0}$  мм;
2. Поковка Гр. I за ГОСТом 8479-76;
3. Незазначені зовнішні ухили заготовки -  $5^\circ$ ;
4. Маркувати шифр деталі шрифтом 5Пр3 за ГОСТом 26.008-88.
5. Матеріал-замінник – сталь 30X13 за ГОСТом 5632-78;

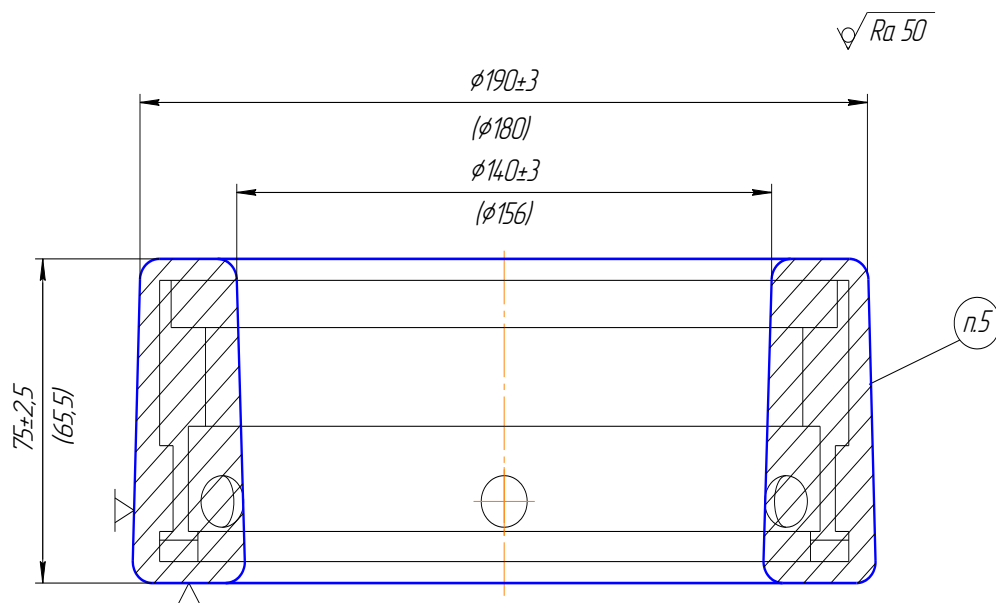


Рисунок 2.1 - Ескіз поковки втулки

Також розглянемо прокат  $\phi 185(+1,0; -1,50)$  мм та довжиною 71 мм в якості альтернативної заготовки.

Зробимо розрахунки за формулами (2.1) та (2.2). Тоді

$$V = \frac{3,14 \cdot 18,50^2}{4} \cdot 7 = 1882 \text{ см}^3 - \text{об'єм заготовки,}$$

Масу заготовки знайдемо так:  $m = 1882 \cdot 7,85 = 14740 \text{ (г)} = 14,70 \text{ кг.}$

Розраховуємо собівартість прокату за формулою:

$$S_{\text{заг\_пр}} = M_2 + C_{o.з.}, \quad (2.5)$$

де  $M_2$  – затрати на матеріали, що визначаються за формулою:

$$M = Q_2 S_2 - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (2.6)$$

$S_2 = 44 \text{ грн}$  – ціна одного кг матеріалів, тоді маємо:

$$M = 44 \cdot 14,70 - (14,70 - 3,80) \frac{5800}{1000} = 645 \text{ грн.}$$

$C_{o.з.}$  – це є технологічна собівартість операцій калібрування, розрізування на окремі заготовки, які знаходять за формулою:

$$C_{o.з.2} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{ум}}{60 \cdot 100}, \quad (2.7)$$

де  $C_{п.з.2} = 9400 \text{ коп/год}$  – затрати на робочому місці калібрування та розрізування заготовки:

$T_{ум} = 5,7 \text{ хв}$  – штучний час здійснення операції заготівельної.

$$C_{o.з.} = \frac{9400 \cdot 5,7}{60 \cdot 100} = 7,90 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{заг}2} = 645 + 7,90 = 652,9 \text{ грн.}$$

Оскільки собівартість кованої заготовки нижче, тому приймаємо її метод отримання.

Річна економія складе:  $N = (652,9 - 633) \cdot 2000 = 35820 \text{ грн.}$

### 2.3 Розрахунки припусків на обробку поверхні $\varnothing 180,0(-0,014; -0,039)$

Проведемо розрахунки допусків та припусків на обробку зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 180,0(-0,014; -0,039)$ .

Розрахунки проведено за допомогою комп'ютерної програми та показано в додатку В.

Для знаходження припусків зовнішньої циліндричної поверхні розрахункова формула має вид [2]:

$$2z_{\min} = 2(R_{z-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.8)$$

де  $R_{z-1}$  – значення мікронервностей поверхні втулки, що отримана на попередній операції або попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка базування на виконуваний операції або на переході;

$\rho_{i-1}$  – величина просторового відхилення форми, що отримана на попередній операції або попередньому переході;

$T_{i-1}$  – це глибина дефектного шару поверхні втулки, що отримана на попередній операції або попередньому переході.

Величину  $\rho_{i-1}$  розрахуємо за формулою (2.9):

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (2.9)$$

$\rho_{кор} = 1,0$  мм – це просторове відхилення (коробління) заготовки втулки;

$\rho_{см} = 1,50$  мм – це просторове відхилення (зміщення) заготовки втулки;

$\rho_{екс} = 1,0$  мм – це просторове відхилення (ексцентриситет) заготовки

втулки;

$\rho_{заг} = \sqrt{1^2 + 1,5^2 + 1^2} = 2,10$  мм, а  $\rho_{i-1}$  знаходять у відсотковому відношенні від

$\rho_{заг}$ .

Маємо  $\rho_{черн} = \rho_{заг} k_y$ ,

де коефіцієнт уточнення  $k_y = 0,05-0,06$ , знаходять в залежності від переходу. Тоді знайдемо для кожного із переходів:

$$\rho_{\text{чс}} = 2100 \cdot 0,04 = 84,0 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{н/ч}} = 2100 \cdot 0,05 = 105,0 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чер}} = 2100 \cdot 0,06 = 126,0 \text{ мкм.}$$

В таблиці 2.4 наведено вихідні данні для розрахунків припусків.

Таблиця 2.6 – Вихідні данні

Найменування переходів	Точність (квалітет)	Граничне відхилення	Елемент припуску, мкм				
			R <sub>z</sub>	T	ρ	ε <sub>y</sub>	
Поковка	T3	±3,0	250	250	2100	E <sub>6</sub>	E <sub>3</sub>
Токарна чорнова	IT 12	-0,40	150	150	126,0	50	150
Токарна напівчистова	IT 10	-0,160	50	50	105,0	0	0
Токарна чистова	IT 8	-0,0630	25	25	84,0	0	0
Токарна тонка	IT 6	-0,0140 -0,0390	5	5	63	0	0

Схема припусків та допусків на обробку представлена на рисунку 2.2.

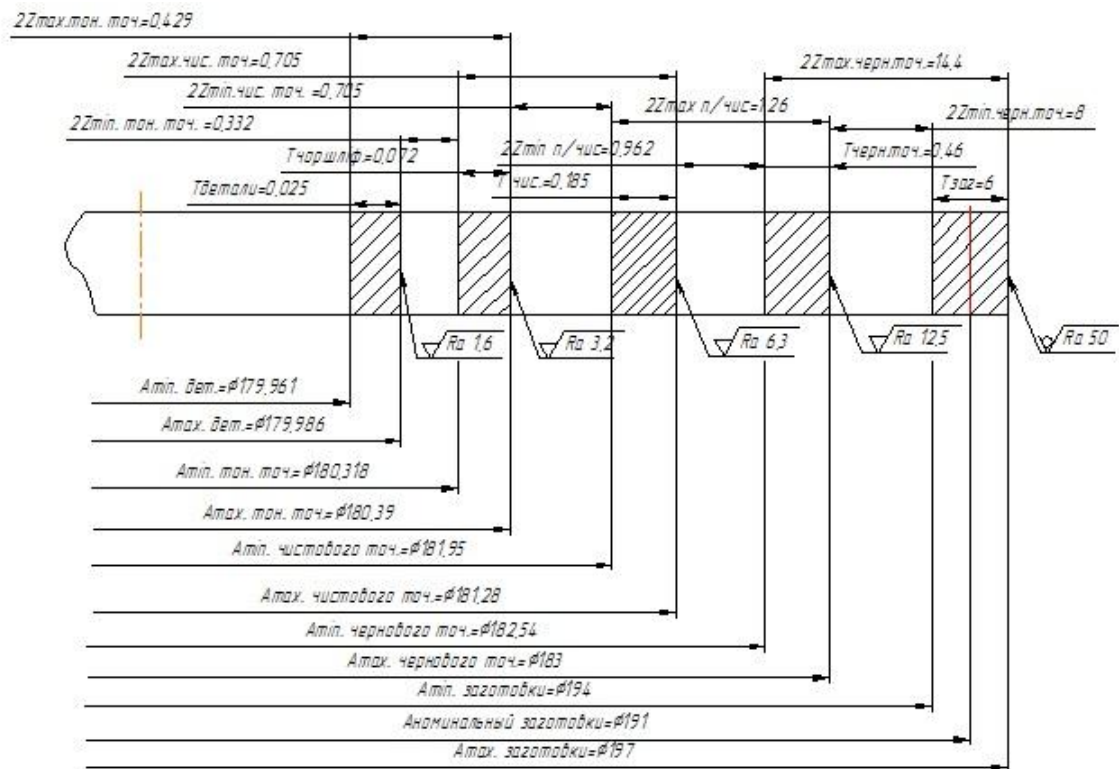


Рисунок 2.2 – Схема допусків та припусків на обробку

## 2.4 Призначення та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Розглядаємо операцію 025 – Токарну із ЧПК.

На цій операції з одного установка виконують чистову обробку торця, а також розточування й точіння, циліндричних шийок.

На рисунку 2.3. показано базування в трихулачковому патроні, ця схема передбачає установчу базу та подвійну опорну базу, заготовка лишається п'яти ступенів свободи.

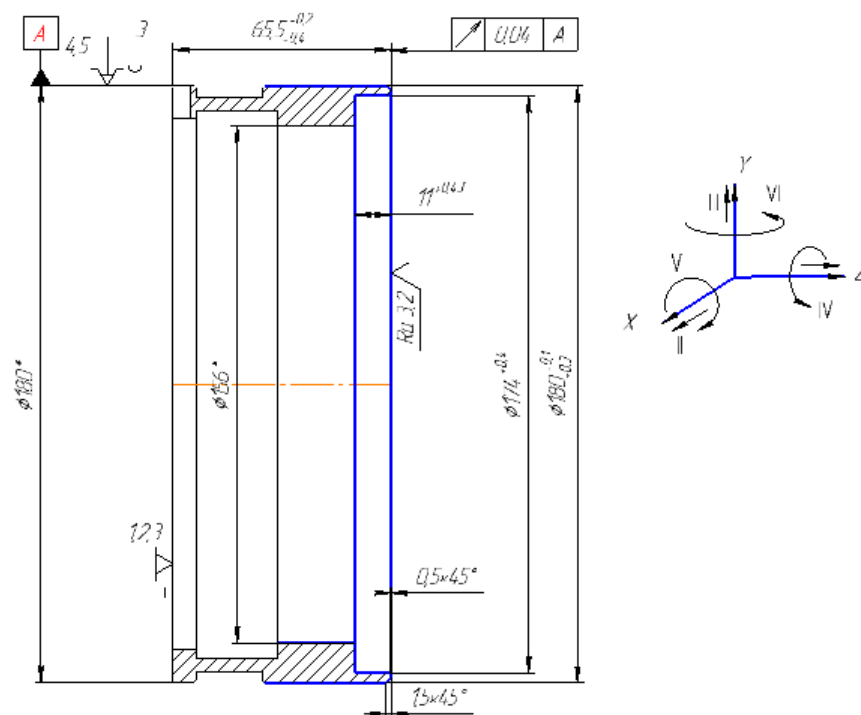


Рисунок 2.3 – Схема базування на операції 025 в патроні

Для діаметральних розмірів похибка базування буде дорівнювати нулю. Для розміру 65,50 мм похибка базування теж буде дорівнювати нулю, так як співпадатиме вимірювальні та технологічні бази – це установчий торець заготовки.

Для розміру 11 мм похибка базування буде дорівнювати похибці позиціонування верстату, що складає  $E_{\text{поз}} = 0,01$  мм. Це менше допуску на виконуваний розмір.

Ця схема передбачає і закріплення по  $\varnothing 180$  мм, що є недоцільним, так як даний розмір виконано згідно з вимогами креслення, і при затисканні може бути деформованим та мати забоїни на поверхнях.

На рисунку 2.4. показано базування на розжимній оправці. Ця схема за базуванням та похибкам абсолютно рівноцінна попередньому варіанту, але оскільки процес закріплення виконують на оправці по більш жорсткій поверхні, то тоді вона є більш доцільною, хоча і потребує виконання маловідповідальної поверхні  $\varnothing 158$  більш точно - за сьомим квалітетом, та чисто - Ra 1,6 мкм. Це є не технологічним, але дана поверхня буде застосовуватися в якості базової при виконанні пазу і отворів, що дозволить використати принцип сумісності баз на ряді механічних операцій обробки.

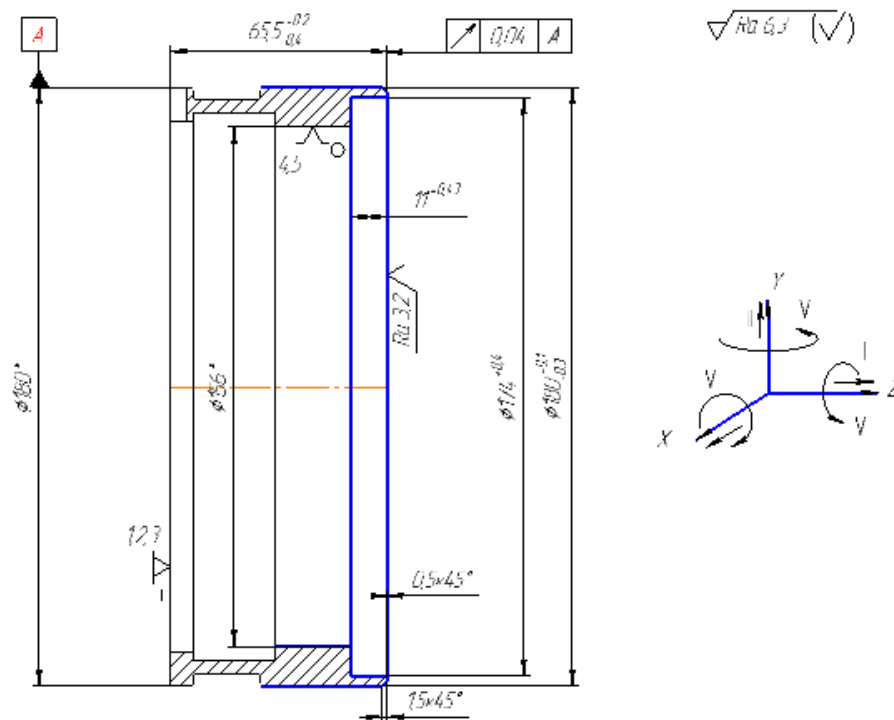


Рисунок 2.4 – Схема базування на операції 025 на оправці

Таблиця 2.7 - Таблиця відповідності при базуванні на операції 025

Зв'язки	Ступені свобод	Назви використаних баз
3,1,2	V, III, IV	База установлювальна
5,4	II, I	База подвійна опорна
6	VI	Вакансія

Таблиця 2.8 – Матриці зв'язків при базуванні на операції 025

	X	Y	Z	Назви баз
$l$	0	0	1	База установлювальна
$\alpha$	1	1	0	
$l$	1	1	0	База подвійна опорна
$\alpha$	0	0	0	
$l$	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	1	
Загальна $\Sigma$	2	2	1	5 ступенів свободи

Розглядаємо операцію 030 – фрезерну із ЧПК.

На цій операції з одного установа виконують обробку пазу.

На рисунку 2.5. показано базування в трьохкулачковому патроні, ця схема передбачає установчу базу за торцем та подвійну опорну базу на  $\varnothing 180$ , заготовка лишається п'яти ступенів свободи.

Похибка базування на розташування пазу, що відносно вісі втулки, буде дорівнювати нулю, оскільки буде використовуватися самоцентруючий патрон:  $E_6 = 0$ .

На ширину пазу похибка базування для розміру 8 (+0,1) мм, буде забезпечуватися діаметром фрези.

На глибину пазу похибка базування дорівнюватиме допуску на розмір 65,5(-0,20;-0,40) мм,  $E_{5,0} = T_{65,5} = 0,20$  мм, що є меншим за допуск на виконуваний розмір  $T_{5,0}=0,50$  мм.



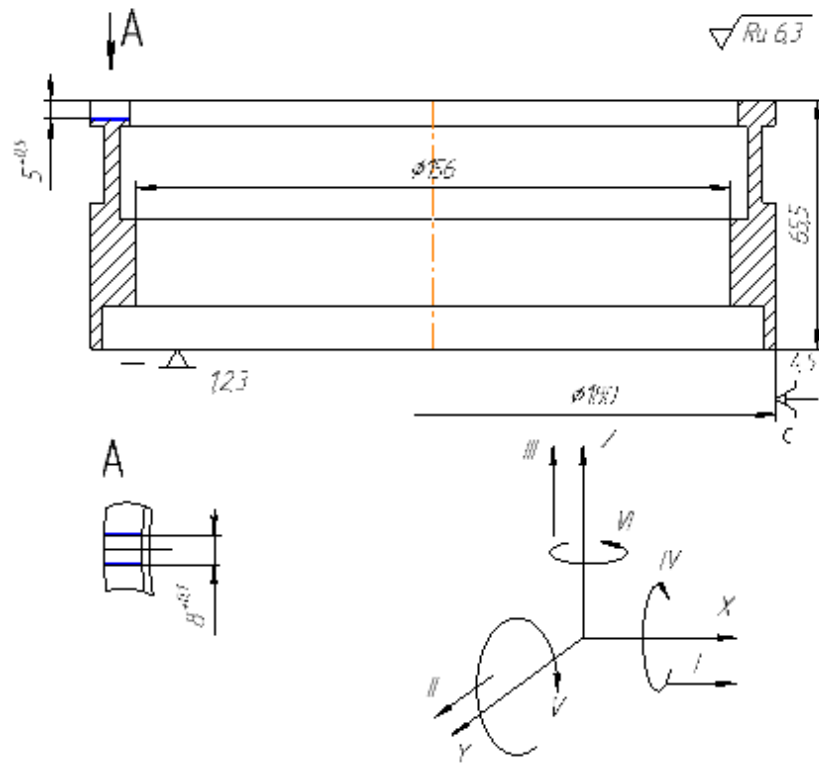


Рисунок 2.5 – Схема базування на операції 030 в патроні

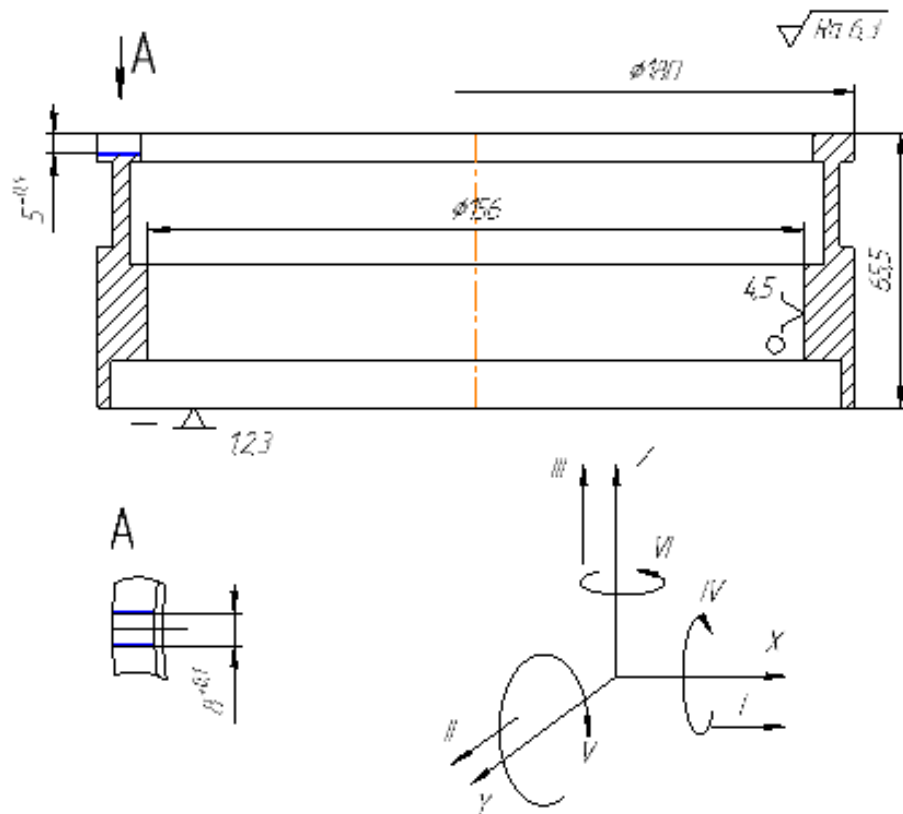


Рисунок 2.6 - Схема базування на операції 030 на оправці

Розглянемо для порівняння базування заготовки на оправці, див. рис. 2.6. Ця схема передбачає базування за центральним отвором, де маємо установчу та подвійну напрямну бази, при цьому заготовка лишається 5 ступенів свободи.

Шукані похибки базування є аналогічними з попередньою схемою. Зацентрувати заготовку відносно вісі немає сенсу, оскільки обробка пазу відбувається на прохід.

З двох наведених схем більш доцільною є базування на оправці, оскільки дана схема дозволяє забезпечувати швидке базування та закріплення заготовки та є конструктивно більш досконалою.

Розглядаємо операцію 035 – свердлильну із ЧПК.

На цій операції з одного установка виконують обробку шести отворів.

На рисунку 2.7. показано базування на оправці, ця схема передбачає установчу базу за торцем; подвійну опорну базу за  $\varnothing 156$  мм та опорну базу (шпонковий паз), заготовка лишається шести ступенів свободи.

На глибину отворів похибка базування буде дорівнювати нулю, оскільки обробка виконується на прохід:  $E_6 = 0$ .

Похибка базування для діаметра теж буде дорівнювати нулю, оскільки отвір виконують осьовим інструментом. Вона залежатиме від діаметра свердла і похибки отримання отвору, а саме розбиття отвору свердлом при обробці.

Похибка базування для розміра 14,0 мм буде теж дорівнювати нулю оскільки співпадає вимірвальні та технологічні бази, тобто установчий торець деталі. Кільцеву канавку використано для виходу свердла.

На рисунку 2.8 розглянемо альтернативну схему базування заготовки на оправці з упиранням в протилежний торець. Ця схема базування абсолютно рівноцінна попередній розглянутій схемі.

Для глибини та діаметру отвору похибка базування, як і в попередньому випадку, буде дорівнювати нулю:  $E_6 = 0$ .

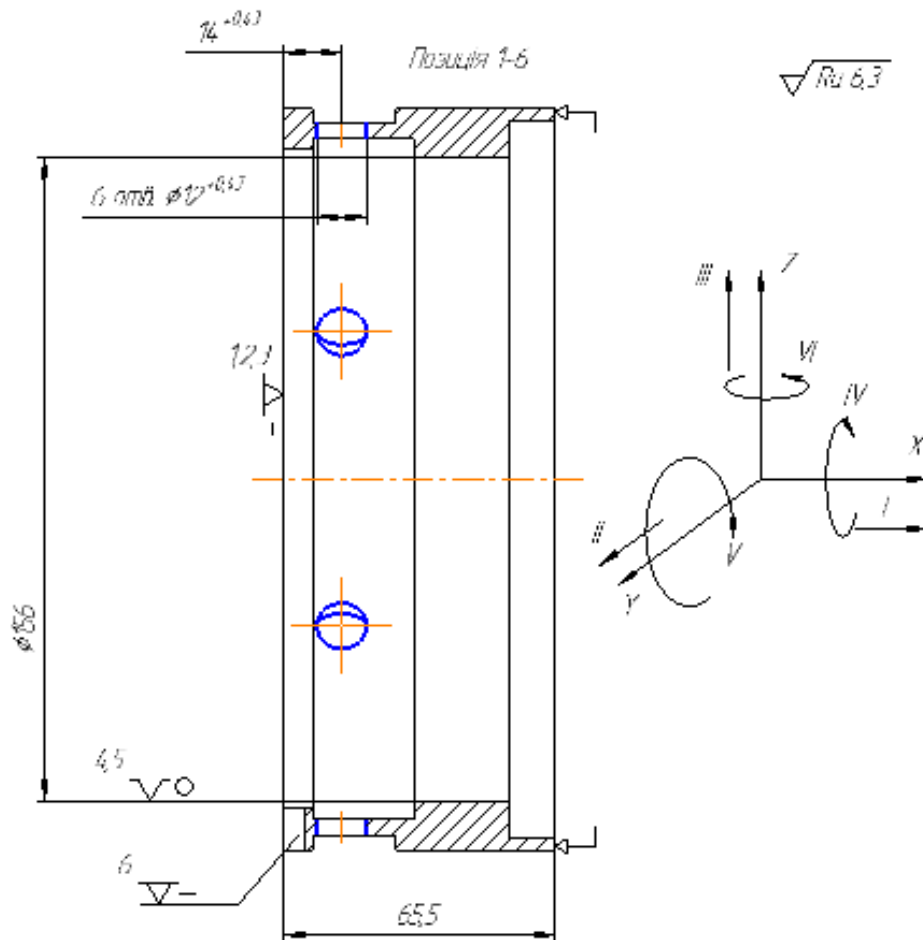


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 035 на оправці

Таблиця 2.9 – Таблиця відповідності при базуванні на операції 035

Зв'язки	Ступені свободи	Назви баз
2, 1, 3	V, I, VI	База установлювальна
5, 4	III, II	База подвійна опорна
6	IV	База опорна

Таблиця 2.10 – Матриця зв'язків при базуванні на операції 035

	X	Y	Z	Назви баз
$l$	1	0	0	База установлювальна
$\alpha$	0	1	1	
$l$	0	1	1	База подвійна опорна
$\alpha$	0	0	0	
$l$	0	0	0	База опорна
$\alpha$	1	0	0	
Загальна $\Sigma$	2	2	2	6 ступенів свободи

Для розміру 14,0 мм похибка базування буде дорівнювати допуску на розмір  $65,50(-0,20;-0,40)$  мм,  $E_{14,0} = T_{65,50} = 0,20$  мм, що є меншим за допуск на виконуваний розмір –  $T_{14,0} = 0,430$  мм.

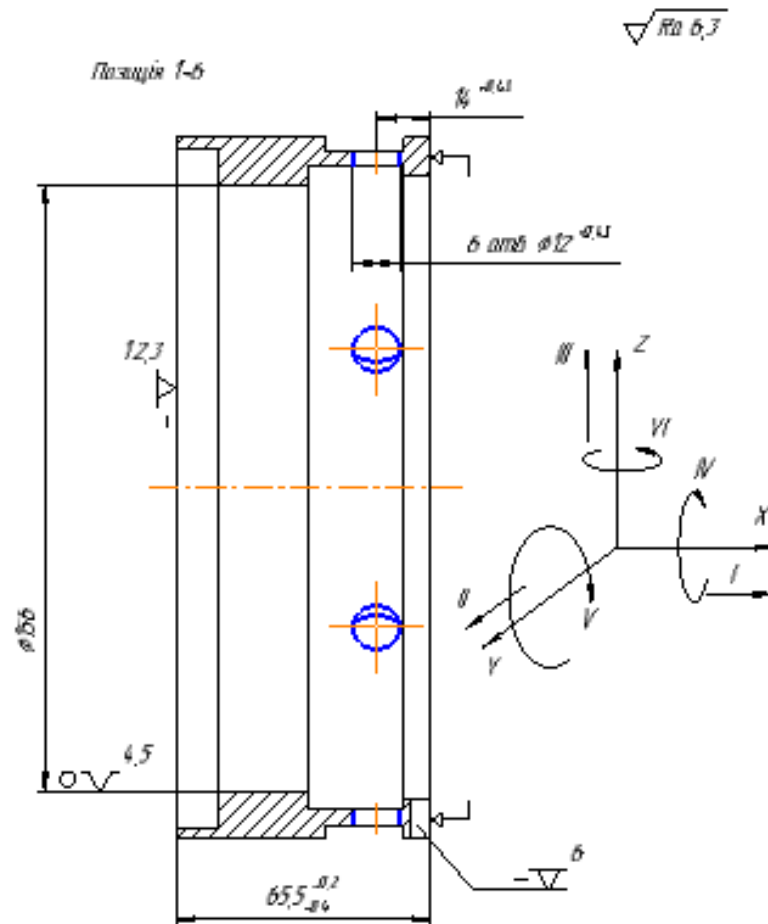


Рисунок 2.8 – Схема базування на операції 035 альтернативна

З двох розглянутих схем більш доцільно обрати схему першу, що на рисунку 2.7), оскільки вона є більш точнішою та дозволяє мати жорсткішу технологічну систему.

## 2.5 Обґрунтування і вибір моделі металорізального верстату

Розглядаємо операцію 025 – Токарну із ЧПК

На операції виконується з одного установка чистова токарна обробка.

Порівнюючи верстат моделі 16K20Ф3 і 16K20 обираємо обладнання, що підходить за таким технологічним ознаками:

- тип виробництва: перевага при дрібносерійному типі виробництва віддається верстатам із ЧПК, оскільки обробка буде виконуватись в автоматичному циклі;
- технологічні методи обробки поверхонь: було розглянуто для обробки поверхонь втулки ряд верстатів; після аналізу було обрано токарний верстат мод. 16K20Ф3, оскільки даний верстат продуктивний і досить точний;
- габарити робочого простору: це обладнання може обробляти заготовки діаметром до  $\varnothing 420$  мм та довжиною до 950 мм;
- потужність двигуна: верстат цієї моделі оснащений двигуном 12 кВт, що достатньо для обробки поверхонь деталі.

Наведемо основну технічну характеристику верстата мод. 16K20Ф3:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом – 220 мм;
- найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною – 420 мм;
- частоти обертання шпинделя – 16,5-1800 об/хв.;
- найбільша довжина оброблюваної заготовки – 950 мм;
- діапазон повздовжніх подач супорта – 2,2-1100 мм/хв;
- кількість швидкостей шпинделю – 24;
- потужність електродвигуна головного руху верстата – 12 кВт;
- діапазон поперечних подач супорта – 1,2-1200 мм/хв.;
- маса загальна обладнання – 3688 кг.
- габарити обладнання (Д x Ш x В) – 3790x1195x1510 мм;

Розглядаємо операцію 030 – фрезерну із ЧПК.

Було розглянуто два вертикально-фрезерних верстатів для обробки пазу 8 мм: мод. 6P13 і мод. 6P13Ф3-1. Після аналізу було обрано верстат моделі 6P13Ф3-1, оскільки цей верстат має більшу робочу поверхню стола та має систему ЧПК, що дозволить зменшити час на обробку втулки та, відповідно,

зменшити собівартість деталі. Також при цьому виключається людський фактор в процесі обробки. В зв'язку з тим, що буде відбуватись автоматичний вихід різального інструмента у вихідні точки, використання даного верстата з ЧПК дозволяє уникнути попередніх розмічувальних операцій.

Вибирання обладнання було зроблено з урахуванням таких технологічних ознак, як:

- тип виробництва: у дрібносерійному виробництві віддають перевагу універсальному обладнанню із ЧПК, і таким обладнанням є верстат мод. 6P13Ф3-1;

- технологічні методи обробки поверхонь: було розглянуто для обробки поверхонь втулки ряд верстатів; після аналізу було обрано фрезерний верстат мод. 6P13Ф3, оскільки даний верстат продуктивний і досить точний;

- габарити робочого простору: це обладнання має робочий стіл з розмірами 670x1800 мм, це дозволяє встановлювати заготовку разом із верстатним пристроєм на столі;

- потужність двигуна: верстат цієї моделі оснащено двигуном потужністю 7,50 кВт, що достатньо для фрезерування пазу 8 мм;

Основними технічними характеристиками фрезерного верстата з ЧПК мод. 6P13Ф3-1 є:

- найбільше переміщення столу верстата:

- поздовжнє – 120 мм/хв;

- поперечне – 450 мм/хв;

- вертикальне – 390 мм/хв;

- розміри робочої поверхні столу верстата – 670x1800 мм;

- число швидкостей шпинделя – коробка б / с;

- внутрішній конус шпинделя – 50;

- кількість подач столу верстата:

- поздовжнє і поперечне – 12-1400 мм/хв;

- вертикальна – 12-1400 мм/хв;

- потужність електродвигуна головного приводу верстата – 7,50 кВт;
- частота обертання шпинделя – 45-2200 об/хв;
- маса – 5670 кг.
- габарити (Д x Ш x В) – 3630x4170x2780 мм;

Розглядаємо операцію 035 – свердлильну із ЧПК.

Для обробки отворів розглянемо обладнання з урахуванням наступних показників на свердлильній операції.

- тип виробництва: перевагу при дрібносерійному типі виробництва віддаємо верстатам із ЧПК, оскільки обробка буде виконуватись в автоматичному циклі;

- технологічні методи обробки: можливим є застосування як універсального свердлильного устаткування, наприклад, мод. 2М55, так і верстатів із ЧПК, а саме, свердлильного верстату з ЧПК мод. 2Р135Ф2. Надаємо переваги верстату із ЧПК, оскільки це обладнання може виконувати обробку в автоматичному режимі зі зміною різального інструмента;

- кількість ізального інструмента – обране обладнання має спеціальну шестипозиційну головку, цього досить для установлення різального інструмента;

- розміри робочої зони – верстат має робочий стіл з розмірами 420x730 мм, і цього достатньо для здійснення базування й закріплення на ньому необхідного верстатного пристрою разом із заготовкою втулки;

- потужність двигуна: верстат цієї моделі обладнано двигуном 3,8 кВт, цього досить для оброблення отворів, а саме для свердління на нарізання різі.

Основна технічна характеристика свердлильного верстата із ЧПК мод. 2Р135Ф2:

- |                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| – Частоти обертання шпинделя, об/хв. | 40-2200 |
| – Клас точності за ГОСТом 8-77       | Н       |

– Найбільші діаметри обробки, мм	35
– Конус Морзе, номер	4
– Потужність електродвигуна, кВт	3,8
– Кількість інструментів у магазині, шт	-
– Маса верстата, кг	4750
Габарити верстата, мм:	
– довжина	1850
– ширина	2180
– висота	2600

## **2.6 Обґрунтування й вибір верстатних пристроїв, різального й вимірювального інструменту**

Вибір використовуваних на операції верстатних пристроїв виконують з урахуванням типу виробництва, тривалості випуску продукції та коефіцієнта завантаження верстатів. Вибираючи різальні інструменти, увагу звертають на геометрію різальної частини інструментів, матеріал та габарити заготовки втулки.

Для цього враховуються такі умови:

- етапи обробки поверхонь втулки;
- методи обробки поверхонь втулки;
- матеріал заготовки втулки, її стан;
- габарити верстатів;
- використання мастильно-охолоджуючих рідин, їх різновид.

Вибираючи контрольно-вимірювальні інструменти, до уваги беруть точність вимірювання параметрів, тип виробництва та трудомісткість процесу вимірювання.



Розглядаємо операцію 025 – Токарну із ЧПК.

Приймаємо таку оснастку та інструмент:

- патрон токарний трьохкулачковий патрон, що використовують для закріплення заготовки, позначення патрону: 7100-0032 ГОСТ 2675-89;
- різець розточний токарний із змінною твердосплавною пластиною Т5К10, позначення: різець 2145-0607 Т5К10 ГОСТ 20874-88. Інструмент виконує обробку центрального отвору деталі;
- різець токарний із змінною твердосплавною пластиною Т5К10 ГОСТ 20874-88, позначення: різець 2102-1372 Т5К10 ГОСТ 24996-79. Інструмент виконує обробку циліндричних поверхонь деталі і її торців. Розміри державки 24x24 мм;
- штангенциркулі ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-II-250-0,05, ШЦ-II-400-0,05 ГОСТ 166-89. Інструмент необхідний для виконання контролю оброблених поверхонь на операції

Розглядаємо операцію 030 – фрезерну із ЧПК.

Приймаємо таку оснастку та інструмент:

- патрон 1-30-2-90 ГОСТ 26539-88. Потрібен для установлення фрези в шпинделі верстата з ЧПК;
- пристрій спеціальний. Він дозволяє реалізувати обрану схему базування;
- фреза 2200-0019 Р6М5 ГОСТ 17025-79. Це кінцева швидкоріжуча фреза із циліндричним хвостовиком,  $\varnothing 8$ ;
- штангенцикуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89. Він необхідний для контролю оброблених на операції поверхонь;
- зразки шорсткості згідно із ГОСТом 3789-76.

Розглядаємо операцію 035 – свердлильну із ЧПК.

Приймаємо таку оснастку та інструмент:

- втулка 6100-0218 ГОСТ 13598-76 – втулка перехідна для установлення свердла в шпинделі верстата;
- пристрій спеціальний, що дозволяє реалізувати прийнятну схему базування на операції;
- свердло 2300-0036 ГОСТ 10903-81. Це спіральне свердло Ø12мм;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89. Він необхідний для контролю оброблених поверхонь на свердлильній операції;
- зразки шорсткості згідно із ГОСТом 3789-76.

## 2.7 Визначення режимів різання

Розглядаємо операцію 025 – Токарну із ЧПК.

Вихідними даними є:

маємо чистове точіння циліндричної зовнішньої поверхні заготовки втулки. Метод отримання заготовки – поковка (обробка тиском), обробка різцем з різальними пластинами Т5К10. Оброблюваний матеріал – сталь 20Х13. Тип різця – прохідний контурний правий різець.

Аналітичним методом зробимо розрахунок точіння Ø180 мм [4].

Глибина різання:

$$t = \frac{181-180}{2} = 0,50 \text{ (мм)}. \quad (2.9)$$

Обробку виконаємо за два проходи з глибинами  $t = 0,2$  мм і  $t = 0,3$  мм.

Враховуючи поправочні коефіцієнти, подача дорівнює  $S = 0,35$  мм/об.

$K_{SN1} = 1,0$  – коефіцієнт міцності різальної частини;

$K_{Sd1} = 0,90$  – коефіцієнт перетину державки;

$K_{SY1} = 0,90$  – коефіцієнт схеми установлення;

$K_{SM1} = 0,80$  – коефіцієнт механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$K_{S\phi 1} = 1,1$  – коефіцієнт геометрії різця;

$K_{SP1} = 1,0$  – коефіцієнт стану поверхні.

$S = S_{доп1} \cdot K_{SN1} \cdot K_{Sd1} \cdot K_{SM1} \cdot K_{SY1} \cdot K_{S\phi 1} \cdot K_{SP1} = 0,4 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,90 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,37$  мм/об.

Згідно із паспортом верстата коректуємо:  $S = 0,35$  мм/об.

Стійкість різального інструмента:  $T = 65$  хв.

Швидкість різання при точінні знаходимо за формулою (2.10):

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^y} K_v, \quad (2.10)$$

де  $x = 0,15$ ,  $C_v = 350$ ,  $m = 0,2$ ,  $y = 0,35$  це – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання згідно [4];

$K_{v1}$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою (2.11) згідно [4]:

$$K_{v1} = K_{mv1} K_{mv1} K_{mv1}, \quad (2.11)$$

де  $K_{mv1}$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$K_{mv1} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал різця;

$K_{mv1} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, що враховує поверхню заготовки втулки:

Розраховуємо коефіцієнт  $K_{mv1}$  за формулою (2.12) згідно [4]:

$$K_{MV1} = K_{r1} (750/\sigma_B)^{n_{v1}}, \quad (2.12)$$

де  $n_{v1} = 1,0$  – показник степені,

$K_{r1} = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує групу сталі.

Маємо:

$$K_{MVI} = 1,0 \cdot (750/1130)^{1,0} = 0,68;$$

$$K_{V1} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,68 = 0,68.$$

Знайдемо розрахункову швидкість різання з урахуванням цих показників:

$$V_p = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,23^{0,35}} \cdot 0,66 = 95,2 \text{ (м/хв.)}$$

Частоту обертання шпинделя знайдемо за формулою (2.13) згідно [4]:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D} ; \quad (2.13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 95,1}{3,14 \cdot 180} = 172 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно з паспортом верстата приймаємо значення обертань шпинделя

$$n_{пр1} = 200 \text{ об/хв.}$$

Розрахуємо фактичну швидкість різання з урахуванням прийнятого значення обертів за формулою (2.14) згідно [4]:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} ; \quad (2.14)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 200}{1000} = 114 \text{ (м/хв.)}$$

Силу різання знайдемо за формулою (2.15):

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p , \quad (2.15)$$

де  $x = 0,90$  ,  $C_p = 381$  ,  $n = -0,15$  ,  $y = 0,90$  , – значення показників і коефіцієнтів згідно [4];

$K_{p1} = 1,02$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки втулки,

$$P_{z1} = 10 \cdot 381 \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,5^{0,90} \cdot 0,35^{0,90} \cdot 1,02 = 2054 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо потужність різання за такою формулою згідно [4]:

$$N_1 = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2050 \cdot 113}{1020 \cdot 60} = 3,2 \text{ (кВт)}.$$

Бачимо, що потужність різання є меншою, ніж потужність верстата з урахуванням ККД=0,8:

$$3,2 < 7,2 \cdot 0,8 \text{ (кВт)},$$

отже обробка можлива.

Основний час розрахуємо за формулою (2.16):

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_m} i, \quad (2.16)$$

де  $n = 200$  об/хв – частота обертання шпинделя;

$L = 65,8 + 5,50 = 71,3$  мм – це довжина обробки з урахуванням врізань;

$i = 1$  – це кількість проходів,

$S_{m1} = 0,35$  мм/об. – величина подачі. Тоді маємо:

$$T_{o1} = \frac{71}{200 \cdot 0,35} \cdot 1 = 2,1 \text{ (хв.)}$$

Режими різання для інших переходів токарної операції заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Режими різання на токарній операції

Номер та зміст переходу	Параметри обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв.
	t, мм	S, мм/об	V, м/хв.	n, об/хв.	i		
Точіння Ø182	0,30	0,35	114	200	2	72	2,1
Точіння Ø172	0,50	0,35	101	200	1	14	0,20
Точіння торця Ø182	0,50	0,35	114	200	1	6	0,10
Точіння торця Ø172	0,50	0,35	101	200	1	14	0,20

Розглядаємо операцію 030 – фрезерну із ЧПК.

Аналітичним методом робимо розрахунки для фрезерування паз  $B = 8$  мм і глибиною  $H = 5$  мм.

Вихідними даними є:

Тип фрези – фреза кінцева із швидкоріжучої сталі Р6М5. Оброблюваний матеріал – сталь 20Х13, межа міцності  $\sigma_B = 586$  МПа. Верстат – мод. 6Р13Ф3.

Глибина різання  $t = 5,0$  мм.

Подачу на зуб фрези визначимо з урахуванням поправочного коефіцієнта на оброблюваний матеріал: для оброблення сталі фрезою з Р6М5 прийемо величину подачі  $S_Z = 0,08$  мм/зуб, а  $K_{M2} = 1,0$ :

$$S_{зуб2} = K_{M2} S_Z = 0,080 \cdot 1,0 = 0,08 \text{ (мм/зуб)}. \quad (2.17)$$

Швидкість різання при фрезеруванні визначимо за формулою (2.18):

$$V_2 = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y B^u \cdot z^p} K_v, \quad (2.18)$$

де  $g = 0,43$ ;  $C_v = 143$ ,  $x = 0,23$ ,  $u = 0,10$ ,  $y = 0,28$ ,  $p = 0,13$ ,  $m = 0,36$  – це показники та коефіцієнти формули швидкості різання згідно [4];

$D = 8$  мм – діаметр фрези;

$T = 35$  хв. – стійкість фрези;

$K_{v2}$  – коефіцієнт, який враховує фактичну умову процесу різання, він визначається за формулою (2.19):

$$K_{v2} = K_{MV2} K_{IV2} K_{PV2}, \quad (2.19)$$

де  $K_{IV2} = 1,0$  – це коефіцієнт, який враховує вплив інструментальних матеріалів;

$K_{PV2} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує стани поверхонь заготовки втулки;

$K_{MV2} = 0,80$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу обробки згідно [4];

$$K_{v2} = 1,0 \cdot 0,80 \cdot 1,0 = 0,80.$$

Визначимо розрахункову швидкість різання з урахуванням знайдених поправочних коефіцієнтів:

$$V_p = \frac{145 \cdot 10^{0,44}}{35^{0,37} \cdot 5^{0,24} \cdot 0,08^{0,26} \cdot 8^{0,1} \cdot 2^{0,13}} \cdot 0,8 = 26,3 \text{ (м/хв.)}$$

Визначимо розрахункові частоти обертання шпинделя за наступною формулою:

$$n_{2p} = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26,5}{3,14 \cdot 8} = 1032 \text{ (об/хв.)}$$

За паспортом фрезерного верстата коригуємо частоту обертання шпинделю:  $n_2 = 1000$  об/хв. Тоді враховуючи прийняту частоту обертання, знаходимо фактичну швидкість різання:

$$V\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,2 \text{ (м/хв.)}$$

Силу різання визначимо за формулою (2.20):

$$P_{z2} = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z}{D^g n^w} K_{mp}, \quad (2.20)$$

де  $q = 0,85$ ,  $C = 68,3$ ,  $x = 0,85$ ,  $y = 0,71$ ,  $w = 0$ ,  $u = 1,0$  – це показники та коефіцієнти для знаходження сили різання згідно [4];

$K_{mp2}$  – поправочний коефіцієнт який враховує вплив оброблюваних матеріалів на силові залежності, розраховуємо за формулою (2.21):

$$K_{mp2} = (589/756)^{0,30} = 0,90. \quad (2.21)$$

З урахуванням отриманих поправочних коефіцієнтів знайдемо силу різання:

$$P_{Z2} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 8^{1,0} \cdot 2}{10^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 0,9 = 885 \text{ (Н)}.$$

Визначимо потужність різання за формулою (2.22):

$$N_2 = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.22)$$

$$N_2 = \frac{883 \cdot 25,1}{1020 \cdot 60} = 0,38 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки потужність різання є меншою за потужність верстата ( $N_{piz2} < N_{ст2}\eta$ ,  $0,38 < 5,4$ ), то обробку здійснювати можливо.

Час на безпосередню обробку (основний час) визначимо з урахуванням довжини обробки, врізання та перебігу.

Маємо:  $L = 11$  мм – це робочий хід фрези (довжина обробки);

$l_1 = 12$  мм – це довжина врізання та перебігу.

Переведемо подачу на зуб у хвилинну подачу за залежністю

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n, \quad (2.23)$$

де  $z = 2$  – це кількість зубів інструмента;

$n_2 = 1000$  об/хв. – кількість обертів фрези за хвилину;

Тоді  $S_{m2} = 0,080 \cdot 2 \cdot 1000 = 160$  (мм/хв.).

$$\text{Маємо: } T_o = (11+12)/160 = 0,12 \text{ (хв.)}$$

Розглядаємо операцію 035 – свердлильну із ЧПК.

Зробимо розрахунки режимів різання аналітичним методом для свердління отвору  $\varnothing 12$  мм. Вихідними даними є: оброблюваний матеріал – це сталь 20Х13, межа міцності  $\sigma_B = 586$  МПа; матеріалом різальної частини свердла є Р6М5, охолодження – емульсією, заготовка втулки є попередньо обробленою.

$$\text{Глибина різання: } t = \frac{12}{2} = 6,0 \text{ мм.}$$

Подача на оберт таблична:  $S_{обз} = 0,23$  мм/об,

З урахуванням поправочних коефіцієнтів маємо:

$K_o = 0,80$  – коефіцієнт на якість поверхні обробки;

$K_1 = 1,0$  – коефіцієнт на глибину різання;

$K_i = 1,1$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різального інструмента;

$K_{ж} = 0,75$  – коефіцієнт жорсткості технологічної системи.

Розрахункове значення подачі:

$$S_{об_р} = 0,23 \cdot 1,0 \cdot 0,80 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,205, \text{ приймаємо}$$

$$S_{об_пр} = 0,22 \text{ мм/об.}$$

Стійкість свердла:  $T = 22$  хв.

Знайдемо швидкість різання за формулою (2.24) згідно [4]

$$V = \frac{C_V D^g}{T^m S^y} K_V, \quad (2.24)$$

де  $g = 0,40$ ;  $C_V = 7,0$ ;  $m = 0,20$ ;  $y = 0,70$  – це показники та коефіцієнти у формулі швидкості різання;



Знайдемо  $K_{V3}$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання:

$K_{M3} = 0,63$  – поправочний коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал;

$K_{L3} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує поверхню заготовки втулки;

$K_{MV3}$  - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу обробки втулки.

Знайдемо коефіцієнт  $K_{MV3}$  :

$K_{r3} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує групу сталей;

$n_{V3} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує показник степені.

Тоді маємо:

$$K_{MV3} = 1,0 \cdot (755/586)^{1,0} = 1,3.$$

$$K_{V3} = 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 0,95. \quad (2.25)$$

Знаходимо розрахункову швидкість різання з урахуванням отриманих показників:

$$V_{розр} = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,22^{0,7}} \cdot 0,96 = 21,6 \text{ (м/хв.)}$$

Знаходимо розрахункові частоти обертань шпинделю за формулою:

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot 22,4}{3,14 \cdot 12} = 592 \text{ (об/хв.)}$$

За паспортом верстата приймемо

$$n_{np} = 600 \text{ (об/хв.)}$$

Тоді з урахуванням прийнятої величини знайдемо фактичну швидкість різання:

$$V_{фз} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 12}{1000} = 22,5 \text{ (м/хв.)}$$

Крутний момент знаходимо за формулою (2.26):

$$M_{крз} = 10 C_{M3} D^{q3} S^{y3} K_{p3}, \quad (2.26)$$

де  $q_3 = 2,0$ ;  $C_{M3} = 0,0343$ ,  $y_3 = 0,80$  – це показники і коефіцієнти згідно [4];

$K_{p3}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив обробляємих матеріалів згідно [4];

$n = 0,30$  – показник згідно [4].

Тоді

$$K_{p3} = (\sigma_B / 750)^n = (586/750)^{0,30} = 0,95.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів маємо:

$$M_{кр3} = 10 \cdot 0,0343 \cdot 12,0^{2,0} \cdot 0,22^{0,80} \cdot 0,95 = 13,4 \text{ (Нм)}.$$

Осьова сила:

$$P_{o3} = C_{p3} D^{q3} S^3 K_{p3}, \quad (2.27)$$

де  $q = 1,0$ ;  $C_{p3} = 144$ ,  $y = 0,70$  – показники з коефіцієнтами сил різання.

$$P_{o3} = 144 \cdot 12 \cdot 0,22^{0,70} \cdot 0,95 = 547 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо потужність, що необхідна для свердління:

$$N_3 = \frac{M_{кр} n}{9750}. \quad (2.28)$$

$$N_3 = \frac{13,2 \cdot 600}{9750} = 0,83 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки потужність різання менше за потужність верстата  $0,8 < 3,7 \cdot 0,8$  кВт, то обробка можлива.

Знайдемо основний час:

$L_3 = 4 + 3 + 4 = 11$  мм – довжина обробки з урахуванням врізання;

$n_3 = 600$  об/хв. – це частота обертання шпинделю;

$S_3 = 0,22$  мм/об. – значення подачі;

$i_3 = 1$  – це кількість проходів при свердлінні.

Тоді маємо:

$$T_{o3} = \frac{9}{600 \cdot 0,22} 1 = 0,08 \text{ (хв.)}$$

## 2.8 Технічне нормування операцій

Нормування операції 025 токарної з ЧПК.

Формула штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к1}} = T_{\text{шт1}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \quad (2.29)$$

де  $T_{\text{п.з}}$  – це величина підготовчо-заключного часу;

$T_{\text{шт1}}$  – це величина штучного часу;

$n = 28$  – це кількість деталей у партії (див. п.1.3).

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}, \quad (2.30)$$

де  $T_{\text{пз1}} = 14$  хв. – це величина часу на налагодження верстату та встановлення пристрою;

$T_{\text{пз2}} = 11$  хв. – це величина часу на допоміжні прийоми.

Тоді

$$T_{\text{пз}} = 14 + 11 = 25 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу за формулою:

$$T_{\text{шт1}} = T_{\text{о1}} + T_{\text{д}} + T_{\text{об.}} + T_{\text{від}} \quad (2.31)$$

Визначимо величину допоміжного часу:

$$T_{\text{д1}} = T_{\text{вст}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{уп}}, \quad (2.32)$$

де  $T_{\text{вст}} = 3,1$  хв – це величина часу на встановлення та зняття заготовки;

$T_{\text{п1}} = 2,5$  хв – це величина допоміжного часу з управління при точінні та підрізанні торців;

$T_{\text{вим1}} = 0,9$  хв. – це величина часу на вимірювання.

$$T_{\text{д1}} = 3,1 + 2,5 + 0,9 = 6,5 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину оперативного часу:

$$T_{оп1} = T_{о1} + T_{д1}, \quad (2.33)$$

$$T_{оп1} = 6,5 + 2,5 = 9,0 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу на обслуговування робочого місяця:

$$T_{об1} = T_{оп1} \cdot 5\% = 9,0 \cdot 0,05 = 0,45 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу на відпочинок робітника:

$$T_{від1} = T_{оп1} \cdot 4\% = 9,0 \cdot 0,045 = 0,3 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу:

$$T_{шт1} = 9,0 + 0,45 + 0,3 = 9,75 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к1} = 9,75 + 25/28 = 9,8 \text{ (хв.)}$$

Нормування операції 030 фрезерної з ЧПК.

Формула штучно-калькуляційного часу – аналогічна операції 025 токарній з ЧПК.

$T_{2п.з}$  – це величина підготовчо-заключного часу;

$T_{шт2}$  – це величина штучного часу;

$n = 28$  – кількість деталей у партії (див. п.1.3).

Визначимо підготовчо–заключний час (2.42):

де  $T_{пз1} = 13$  хв – це величина часу на налагодження верстату та встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 12$  хв – це величина часу на допоміжні прийоми.

$$T_{2пз} = 13 + 12 = 25 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу за формулою (2.39):

Визначимо величину допоміжного часу по (2.40):

Де  $T_{уст2} = 3,6$  хв – це величина часу на установлення та зняття заготовки;

$T_{п2} = 1,8$  хв – це величина допоміжного часу з управління при повздовжньому фрезеруванні;

$T_{вим2} = 0,9$  хв – це величина часу на вимірювання.

$$T_{д2} = 3,6 + 1,8 + 0,9 = 6,3 \text{ (хв.)}$$

Визначимо оперативний час (2.43):

$$T_{оп2} = 6,3 + 0,12 = 6,42 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу на обслуговування робочого місця:

$$T_{об2} = T_{оп2} 5\% = 6,42 \cdot 0,05 = 0,32 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу на відпочинок робітника:

$$T_{від2} = T_{оп2} 4\% = 6,42 \cdot 0,04 = 0,25 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу:

$$T_{шт2} = 6,42 + 0,32 + 0,25 = 7,1 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к2} = 7,1 + 25/28 = 7,2 \text{ (хв.)}$$

Нормування операції 035 свердлильної з ЧПК.

Формула штучно-калькуляційного часу – аналогічна операції 025 токарній з ЧПК.

$T_{зп.3}$  – це величина підготовчо-заключного часу;

$T_{шт3}$  – це величина штучного часу;

$n = 28$  – кількість деталей у партії (див. п.1.3).

Визначимо величину підготовчо-заключного часу (2.44):

де  $T_{пз1} = 16$  хв – це величина часу на налагодження верстату та встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 14,5$  хв – це величина часу на допоміжні прийоми.

$$T_{зпз} = 16 + 14,5 = 30,5 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу за формулою (2.39):

Визначимо величину допоміжного часу за (2.40):

де  $T_{устз} = 2,4$  хв – це величина часу на установлення та зняття заготовки;

$T_{пз} = 3,2$  хв – це величина допоміжного часу з управління при повздовжньому фрезеруванні;

$T_{вимз} = 2,2$  хв – це величина часу на вимірювання.

$$T_{дз} = 2,4 + 3,2 + 2,2 = 7,8 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу оперативного часу (2.45):

$$T_{опз} = 7,8 + 0,07 \cdot 6 = 7,98 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу на обслуговування робочого місця:

$$T_{обз} = T_{опз} \cdot 5\% = 7,98 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину часу на відпочинок робітника:

$$T_{відз} = T_{опз} \cdot 4\% = 7,98 \cdot 0,04 = 0,3 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучного часу:

$$T_{штз} = 7,98 + 0,5 + 0,3 = 8,7 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-кз} = 8,7 + 30,5/28 = 9,8 \text{ (хв.)}$$

## 2.9 Проектування верстатного пристрою для операції 030 фрезерної з ЧПК

Мета операції та завдання.

Завданням є проектування пристрою на операцію 030 фрезерну з ЧПК, на якій відбувається обробка паза 8,0x5,0 мм.

В існуючому техпроцесі заготовка оброблялася на універсальному фрезерному верстаті з попереднім розмічуванням.

В проєктованому технологічному процесі дана операція буде замінена на фрезерну з ЧПК 030 та спеціальним пристроєм із пневмоприводом. Таке використання спеціального пристрою скоротить час на установлення заготовки, знизить розряд оператора фрезерного верстата, що значно зменшує допоміжний час. В результаті безпосередньо зменшується собівартість деталі. Також необхідно сказати, що використання спеціального пристрою допомагає збільшити стабільність точнісних параметрів на операції, а саме точність розмірів, форми і розміщення.

Уточнення цілей технологічної фрезерної операції.

На операції 030 фрезерній з ЧПК з одного установа проводять обробку паза 8,0x5,0 мм.

Необхідно точно базувати заготовку втулки в пристрої, щоб досягнути точність фрезерування, оскільки шпиндель верстата попередньо прив'язано до центру пристрою. Саме точність оброблюваних поверхонь залежить від точності базування деталі на верстатному пристрої.

При розгляданні креслення деталі «Втулка» можна зробити висновок, що до поверхонь паза не пред'явлено жорстких вимоги за точністю та якості обробки.

На операції 030 фрезерній з ЧПК виконують такі поверхні з точністю:

– ширина паза дорівнює 8 мм, а допуск складає  $T = 0,10$  мм,  $ES = +0,10$  мм,  $EI = 0$  мм згідно із ГОСТ 25348-89 маємо 9 квалітет точності;

– глибина паза дорівнює 5 мм  $T = 0,50$  мм,  $ES = +0,50$  мм,  $EI = 0$  мм згідно з ГОСТ 25348-89 маємо 15 квалітет точності;

Оскільки паз виконується напрохід, тоді розглядати довжину обробки пазу ми не будемо.

На кресленні деталі не вказано допуски на кутові розміри та на розміщення отворів. Невказані граничні відхилення приймемо за стандартами згідно ГОСТ 8908-78: кутові - складають  $\pm AT 16/2$  та дорівнюють  $\pm 30'$ .

На кресленні також не вказано допуски форми отримуваних поверхонь, тому назначаємо їх відповідно до нормальної відносної геометричної точності – А Тоді згідно із ГОСТом 24643-89 маємо 60% від допуску на розмір, або 30% - для допусків профіля повздовжнього січення, циліндричності та круглості.

Відповідно назначимо такі відхилення у відсотковій частині від допуску на розміри:

допуск площинності складає 60% від допуску для розміру 8,0 мм,  $T = 0,10 \cdot 0,60 = 0,060$  мм, що відповідає 13 ступіню точності згідно із ГОСТом 24643-89;

відхилення від паралельності бічних стінок складає 60% від допуску на розмір 5,0 мм. Маємо  $T = 0,60 \cdot 0,50 = 0,30$  мм, тоді приймаємо 250,0 мм, що відповідає 15 ступіню точності.

Згідно із кресленням шорсткість складатиме  $Ra = 6,3$  мм.

Щоб полегшити процес проектування пристрою, для базування необхідно приймати поверхні начисто оброблені, розвинуті та відкриті, - це торець деталі та отвір.

Конструктором до базових поверхонь на кресленні втулки пред'явлено такі вимоги:

– торець виконано в розмірі  $65,50(-0,20;-0,40)$ , при цьому допуск складає  $T = 0,20$  мм,  $ei = -0,40$  мм,  $es = +0,20$ , що відповідає 11 квалітету.

– циліндрична поверхня  $\varnothing 156,0^{+0,20}$  мм, допуск складає  $T = 0,20$  мм,  $EI = 0$  мм,  $ES = +0,20$ , що відповідає 11 квалітету.



Розглянемо допуски профілю повздожнього січення та циліндричності, що будуть знаходитись в 30% від допусків розмір  $\varnothing 156,0$  мм,  $T = 0,20 \cdot 0,30 = 0,060$  мм, приймаємо 50,0 мкм, що відповідає 9 ступіню точності згідно із ГОСТом 24643-89.

Розглянемо допуски перпендикулярності торця, що складає 60% від допуску на розмір 65,50 мм, тоді  $T = 0,60 \cdot 0,20 = 0,120$  мм, що відповідає 11 степеню точності.

Згідно із кресленням шорсткість базового отвору  $\varnothing 156$  -  $Ra=3,2$  мкм.

Вибір та обґрунтування схем базування нами виконано в розділі 2.5.

Аналіз структур поля збурюючих сил.

Для знаходження величини збурюючих сил, ми побудуємо графічну модель полів збурюючих сил (див. рис. 2.11).

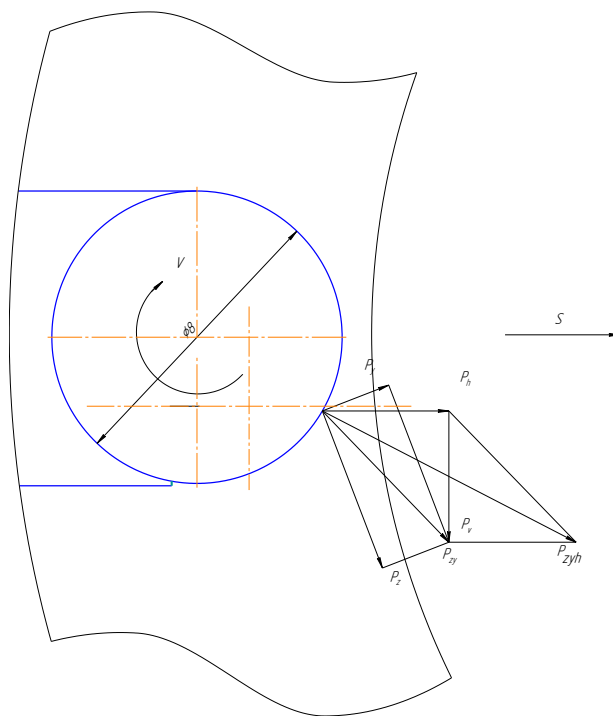


Рисунок 2.11 – Графічна модель структури полів збурюючих сил

З рисунку 2.11 ми бачимо, що складові сил різання не зрівноважено та вони потребують своєчасного прикладення необхідних сил закріплення.

Сумарну силу необхідно розрахувати за умов неповертання від дії сили  $P_z$ , що створює момент повертання (див. рис. 2.12).

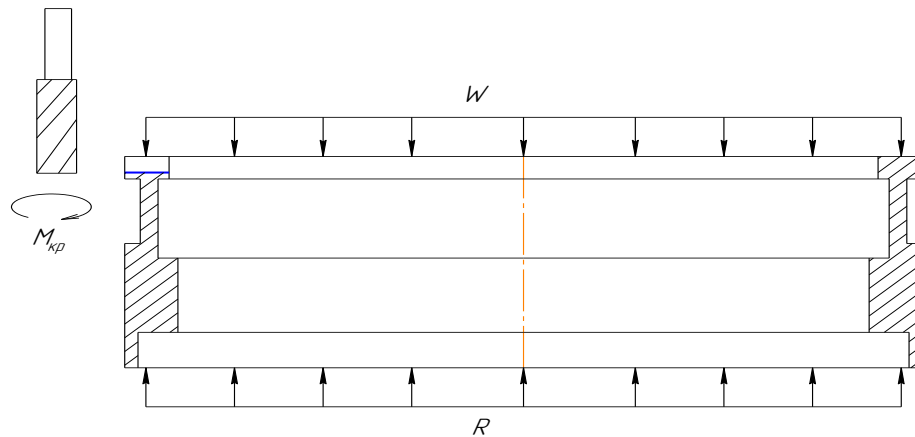


Рисунок 2.12– Графічна модель структури полів зрівноважувальних сил

Величина моменту дорівнює:

$$M_{кр1} = D_6 \cdot P_z = 0,0080 \cdot 885 = 7,02 \text{ Нм.} \quad (2.34)$$

Силу затискання для заданої схеми буде знаходитись згідно [4]:

$$W = \frac{KM_{кр1}n}{\frac{1}{3}f\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}\right)}, \quad (2.35)$$

де  $M_{кр1}$  – це момент різання;

$D = 170$  мм – це більший з діаметрів, що визначають площу контакту-тертя;

$n$  – це кількість одночасно працюючих різальних інструментів-фрез;

$d = 171$  мм – це менший з діаметрів, визначаючий площу контакту;

$K = 2,7$  – це коефіцієнт запасу, він залежить від умов обробки;

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad [4, \text{с.85}]; \quad (2.36)$$

де  $K_0 = 1,5$  [4, с.85] – це гарантований коефіцієнт запасу, для всіх випадків;

$K_1 = 1,2$  [4, с.85] – це коефіцієнт, що залежить від нерівностей поверхні обробки (чистова, чорнова обробка);

$K_3 = 1$  [4, с.85] – це коефіцієнт, що враховуватиме сили різання при обробці поверхонь на удар;

$K_2 = 1,1$  [4, с.85] – це коефіцієнт, що враховуватиме збільшення сил різання при зношенні ріжучого інструмента;

$K_4 = 1,0$  [4, с.85] – це коефіцієнт, що враховуватиме постійність величини сили закріплень;

$K_6 = 1$  [4, с.85] – це коефіцієнт, що враховуватиме сили, що намагатимуться повернути заготовку;

$K_5 = 1,1$  [4, с.85] – це коефіцієнт, що враховуватиме ергономіку верстатного пристрою.

Тоді маємо  $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1 = 2,30$ ;

$f_3 = 0,20$  – це коефіцієнт тертя між встановлювальною поверхнею та заготовкою;

Знаходимо силу, що необхідно прикласти до заготовки при закріпленні:

$$W = \frac{7 \cdot 2,30 \cdot 1}{\frac{1}{3} \cdot 0,20 \cdot \left( \frac{0,170^3 - 0,171^3}{0,170^2 - 0,171^2} \right)} = 898 \text{ Н.}$$

Обґрунтуємо вибір пневмоприводу.

Для закріплення деталі достатньо мати хід штоку до 20 мм, у зв'язку з цим нам раціонально взяти тарільчасту резинотканеву пневмокамеру односторонньої дії, з діаметром діафрагми, що розраховується за наступною формулою:

$$Q = \frac{0,75 \cdot \pi}{16} [(D + d)^2 + d_1^2] p, \quad (2.37)$$

звідки

$$D + d = \sqrt{\frac{16 \cdot Q}{0,75 \cdot \pi \cdot p} - d_1^2} \quad (2.38)$$

де  $Q = 898 + 200 = 1098$  Н – величина вихідної сили з пневмокамери з урахуванням сили дії зворотньої пружини;

маємо  $d = 16,0$  мм – це діаметр штока;

$p = 0,40$  МПа – величина тиску у пневмосистемі.

Тоді

$$D + d = \sqrt{\frac{16,0 \cdot 1098}{0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,40} + 1,6^2} = 122 \text{ (мм)},$$

Зі стандартного ряду приймаємо діаметр діафрагми  $D = 125$  мм; діаметр опорного диску  $d = 80$  мм. Тоді маємо дійсну силу на штоці:

$$Q = \frac{0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,40}{16} (125 + 80)^2 = 2411 \text{ м, приймаємо } 2400 \text{ Н.}$$

Проведемо розрахунки точності пристрою, що проектується.

Розглядаємо допуск паралельності стінок паза, що дорівнює 250,0 мкм. Для того, щоб досягти дану вимогу, необхідно буде забезпечити відповідну точність встановлювальної поверхні. Тоді похибка проєктованого пристрою буде знаходитися із співвідношення:

$$E_{\text{пр}0} \leq T_{\text{от}} - K_T \sqrt{(K_{T2} \cdot E_6)^2 + E_{\text{зно}}^2 + E_3^2 + E_{\text{П}}^2 + E_y^2 + (K_{T3} \cdot \omega)^2 + E_{\text{ноз}}^2}, \quad (2.39)$$

де  $T_{\text{от}} = 250$  мкм – допуск на виготовлення втулки;

$K_T = 1,20$  – коефіцієнт, що враховуватиме можливе відступлення від закону нормального розподілення окремих показників;

$K_{T2} = 0,8$  – коефіцієнт, що враховуватиме можливе зменшення максимального значення похибки базування;

$E_6 = 0$  мкм – похибка базування (було розраховано нами раніш);

$E_3 = 35$  мкм – похибка закріплення [2, с. 75];

$E_y = 20$  мкм – похибка установлювання проектованого пристрою на фрезерному верстаті:

$$E_y = \frac{L_{\text{паз}} S}{l_3}, \quad (2.40)$$

$L_{\text{паз}} = 170$  мм – діаметр розташування пазу, довжина обробки;

$S = 0,034$  мм – величина найбільшого зазору між шпонкою пристрою та пазом столу верстата,  $18\text{H}7(+0,018)/\text{g}6(-0,06;-0,016)$ ,  $S_{\text{max}} = 0,018 + 0,016 = 0,034$ ;

$l_3 = 312$  мм – величина відстані між шпонками пристрою.

$$E_y = \frac{170 \cdot 0,034}{312} = 0,020 \text{ (мм)}.$$

$E_{\Pi} = 0$  мкм – це похибка перекошування інструмента: у нас відсутні напрямні елементи пристроїв;

$E_{\text{зно}} = 3,0$  мкм – це похибка, що виникає внаслідок зношування поверхонь установлювальних елементів пристрою:

$$E_{\text{зно}} = \beta \cdot N = 0,0020 \cdot 3000 = 6,0 \text{ (мкм)};$$

$K_{\text{ТЗ}} = 0,60$  – це коефіцієнт, що враховуватиме ймовірність з'явлення похибки обробки при фрезеруванні пазу;

$\omega = 200$  мкм – це середньоекономічна точність обробки при фрезеруванні пазу (допуск квалітету);

$E_{\text{ПОЗ}} = 0$  мкм – це похибка позиціювання фрези.

Тоді рзрахункова похибка пристрою складатиме таке значення:

$$E_{\text{пр}} = 250 - 1,20 \sqrt{(0 \cdot 0,8)^2 + 20^2 + 30^2 + 0^2 + 6^2 + 0^2 + (0,60 \cdot 200)^2} = 32 \text{ (мкм)}.$$

Прийmemo з урахуванням отриманих значень допуск паралельності установлювальної поверхні пристрою до базової поверхні пристрою  $T=30,0$  мкм.

Опис будови спроектваного пристрою та принципу його роботи.

Спроектований верстатний пристрій встановлюється базовою поверхнею на столі фрезерного верстата. Виставляється у поздовжньому напрямку за допомогою двох шпонок 10, що встановлено в корпусі 2 пристрою та закріплені за допомогою гвинтів 7.

До корпусу верстатного пристрою кріпиться пневмокамера 1, з іншого боку закріплюється оправка 3 з гвинтами 8.

Оброблювана заготовка втулки встановлюється на оправку 3 до упирання по торцю. До верхньої порожнини пневмокамери подають робоче повітря під тиском, внаслідок чого шток 6 пневмокамери рухається вниз. Прихватом 4 та швидкозмінною шайбою 5 відбувається затискання оброблюваної заготовки втулки. При випусканні повітря із системи, пружина пневмокамери буде віджимати шток, тоді швидкозмінна шайба та прихват звільняються та можуть тепер зніматися, тобто відбувається розкріплення заготовки.

Базові поверхні спроектваного пристрою повинні бути очищеними від стружки і інших брудних елементів за допомогою стисненого повітря. Під час невикористання пристрою в роботі, його потрібно зберігати в сухому чистому місці, законсервованим, змащеним, на дерев'яному настилі.

### РОЗДІЛ 3

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУГ ТА ДЕФОРМАЦІЙ В СИСТЕМІ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА

Головними причинами, що впливають на продуктивність та якість механічної обробки, є: похибки верстата, в тому числі внаслідок його зношення; похибки пристрою; похибки виготовлення та зношення фрези. Також причиною є недостатня жорсткість пристрою, верстата інструмента та оброблюваної заготовки, що розглядається однією системою – технологічною системою (Т-системою).

Саме жорсткість Т-системи є одним з вирішальних факторів в питанні підвищення точності механічної обробки деталей. Тому похибки механічної обробки, що виникають з причини малої жорсткості цієї Т-системи, складають 80% всіх перелічених похибок. Як відомо, жорсткість Т-системи – це здатність системи чинити опір виникаючим силам різання, що генеруються при механічній обробці і які прагнуть деформувати Т-систему в самому слабкому її місці. В наслідок цього завжди розглядають жорсткість кожної ланки системи та особливо найбільш слабкої ланки. Жорсткість оброблюваних поверхонь як правило збільшується, якщо деформації під впливом навантажень призводять до виникнення коливань у системі та вібрацій. Під дією сил різання, а саме усіх її складових, при механічній обробці виникають пружні деформації у вузлах заготовки і верстата. Це призводить до спотворення форми оброблюваних деталей та дає неточності в розмірах в наслідок пружних деформацій в оброблюваних заготовках при механічній обробці їх на верстатах.

Найбільш наочно це можна бачити при аналізі системи фрезерного верстата. Особливістю механічної обробки фрезеруванням є саме уривчастість та циклічність процесу різання. В залежності від величини куту гвинтової канавки кожного різального зуба фрези і для кожної конкретної фрези, величини складових сил різання можуть зростати від нульового значення до максимального свого значення, а потім знов падати до нуля, - і так циклічно.

Різальний зуб фрези в ході роботи знаходиться в контакті із заготовкою і виконує різання тільки на окремій деякій частині оберту, а потім зуб продовжує свій рух, зовсім не торкаючись оброблюваної заготовки, до наступного врізання з заготовку, що призводить до виникнення періодичних вібрацій та коливань.

Видно, що в процесі механічної обробки товщина заготовки постійно зменшується, і це особливо позначається при точінні заготовок та фрезеруванні, в ході яких параметри різання безперервно змінюються та періодично повторюються.

Тому можна зробити висновок, що похибки, які виникають при механічній обробці заготовок, можуть бути пов'язані як з інструментом (фрезою), так і з усім іншим комплексом обладнання, оснастки та ін.

Щоб дослідити ці вища більш детально, було проведено аналіз параметрів жорсткості системи фрезерного верстата з використанням сучасних САМ-систем.

Для проведення оптимізації режимів різання вихідними даними є:

- технічна характеристика фрезерного верстата, що необхідна для перевірки потужності процесу фрезерування; також потрібна силова схема процесу різання;

- технологічний процес обробки, розроблений на базі існуючих САМ-систем, що містить послідовність технологічних переходів при обробці, типорозміри використовуваних інструментів, а також вихідний NC-файл з рекомендованими початковими режимами різання та траєкторією руху фрези;

- фізико-механічні властивості фрези та оброблюваної заготовки.

З метою корекції фрезерування при механічній обробці нежорстких деталей отриманий результат зазначених робіт може безпосередньо залучатися до існуючого технологічного процесу в результаті впровадження в систему ЧПК досліджуваного фрезерного верстата. І для цього необхідно сформувавши спеціальний файл, що містить додаткові корегуючі рядки керуючої програми, який в подальшому буде транслюватися на фрезерний верстат із ЧПК. Змінені



рядки керуючої програми вже містять скореговані робочі подачі, що адаптовані під різні ділянки формоутворюючих рухів фрези.

Нажаль, для зниження рівня деформацій у Т-системі необхідно знижувати продуктивність механічної обробки. Це видно з того, що при збільшенні оброблюваного припуску вдвічі, величини деформацій зростають приблизно вдвічі, а то й більше.

Далі ми розглянемо віртуальне моделювання процесу кінцевого фрезерування заготовки, що зацікавлює фахівців з точки зору вивчення фізико-механічних процесів обробки і які протікають як в цілому в Т- системі, так і зокрема безпосередньо в зоні різання. Надана в цій роботі методика експерименту орієнтована на формування розрахункової віртуальної моделі фрезерної обробки на верстатах з ЧПК. При цьому аналізуються деталі складної геометрії для вивчення напружено-деформованого стану головного елемента Т-системи - металорізального обладнання.

Перелічимо вихідні дані для моделювання:

- існуючі фізико-механічні властивості фрези та заготовки;
- технічна характеристика фрезерного верстата;
- існуюча групова технологія виготовлення заданої деталі, яка містить послідовність технологічних переходів обробки та типорозміри використовуваних фрезерних інструментів;
- силова схема різання при фрезеруванні.

На першому етапі моделювання створюємо твердотільну моделі фрези за її геометрією з використанням CAD-системи. Ми в досліді використовували систему автоматизованого проектування ANSYS. На наступному етапі моделювання формуємо кінцево-елементну модель фрезерного верстата. Після завершення роботи з отриманою геометричною моделлю системи, ми задали граничні умови з метою проведення розрахунків з урахуванням силової схеми досліджуваного процесу фрезерування. Також потрібне було урахування фізико-механічних властивостей та контактних взаємодій оброблюваного матеріалу з інструментальним.

При цьому для проведення розрахунків необхідно було зробити наступне:

- вибрати види розрахунків;
- задати всім тілам необхідну масу;
- долучити ці тіла в кінцево-елементний аналіз та розбити тіла на сітки кінцевих елементів.

Після цього робили силове навантаження: складова сили різання має свою протисилу, яка має вплив на шпindelний вузол верстата. При цьому на стіл фрезерного верстата діє розподілене навантаження. Необхідно також враховувати, що фрезерного верстата було зафіксовано у вигляді жорсткої закладки. Після розрахунків програми видно, що конструкція верстата є стійкою до силових навантажень при високошвидкісній механічній обробці чистовим фрезеруванням. Маємо, що найбільша деформація дорівнює величині 0,42 мкм, величина переміщення дорівнює 61,5 мкм, а напруга взагалі відсутня (див. рис. 3.1, 3.2 та 3.3).

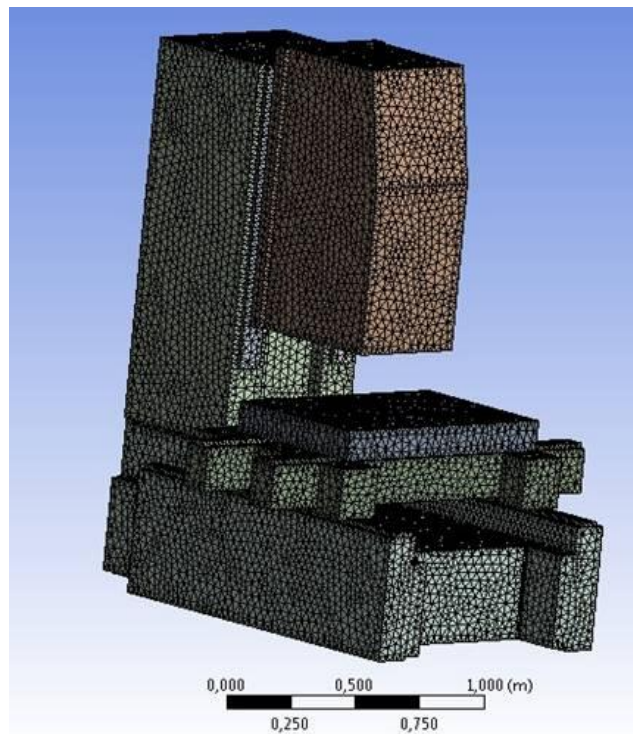


Рисунок 3.1 – Сітка кінцевих елементів

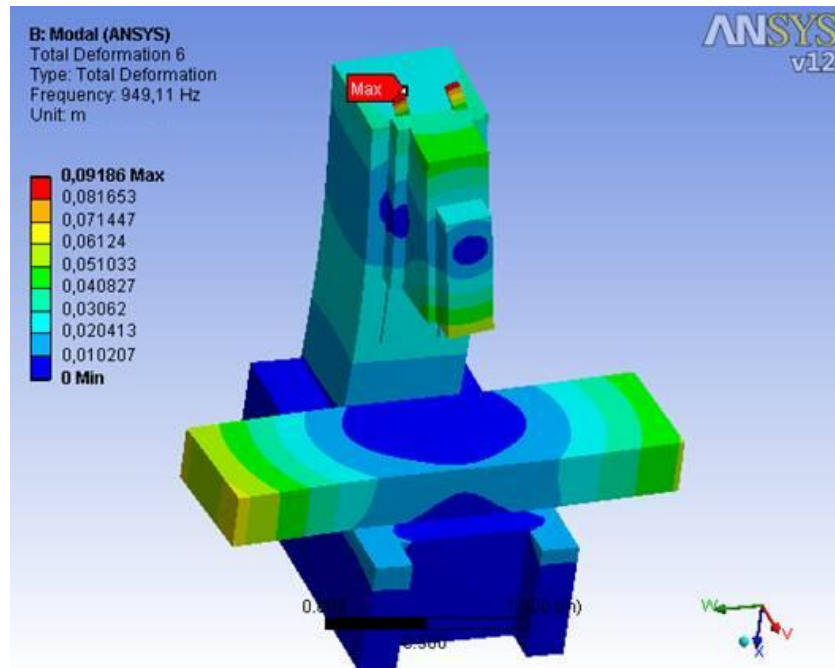


Рисунок 3.2 – Деформації в конструкції фрезерного верстата

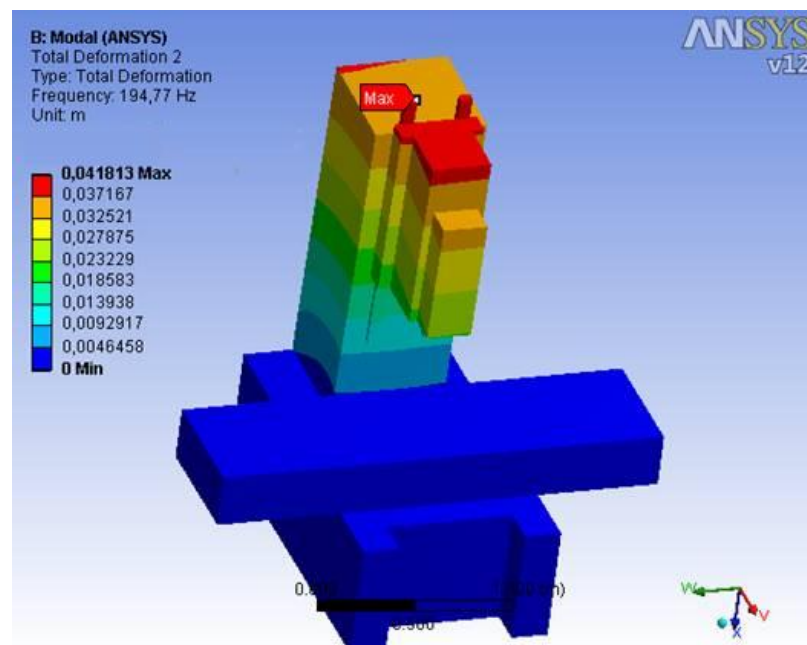


Рисунок 3.3 – Переміщення в конструкції фрезерного верстата

На похибки обробки істотний вплив надає жорсткість нерухомих з'єднань базових деталей системи. Контактні деформації в стиках у загальному балансі пружних переміщень елементів верстата складають від 25 до 68%. Величину лінійної деформації  $\delta$  та повертанна  $\varphi$  в площині стика при навантаженні силою  $F$  та моментом  $M_1$  визначимо із співвідношень (рис. 3.4):

$$\varphi = c_{M1} \frac{M_1}{J_1} \quad (3.1)$$

$$\delta = c_1 \left( \frac{F}{S} \right)^{m_1} \quad (3.2)$$

де  $J_1, S$ , - момент інерції та площа перерізу контакту;

$c_1, c_{M1}$  – це коефіцієнти піддатливості контактної;

$m_1 = 0,50$  – це показник, що залежать від матеріала та якості обробки поверхонь.

При чистовій обробці для деталей із чавуну та зі сталі маємо  $c_1 = 0,140 - 0,210$ ; при чорновому фрезеруванні  $c_1 = 0,850 - 1, 250$ .

Також коефіцієнти контактної податливості знаходимо із залежності

$$C_1 = c_1 m_1 \left( \frac{F}{S} \right)^{m_1 - 1} \quad (3.3)$$

Як правило нерухомі стики деталей системи верстата мають затяжку з величинами сил, що є набагато більшими, ніж сили різання при обробці.

Таким чином, розроблений алгоритм фрезерування забезпечує підвищення продуктивності обробки на фрезерних верстатах з ЧПК заготовок складної геометрії. Також підвищується якість оброблення поверхонь заготовок шляхом динамічного коригування на програмному рівні величини робочої подачі. При цьому для вирішення багатофакторних завдань оптимізації технологічної підготовки виробництва запропоноване віртуальне моделювання дозволяє отримати розрахункову модель, що наближена до реальної, мінімізувавши натурні експерименти.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи магістра було зроблено такий обсяг робіт.

Аналізуючи службові призначення машини, вузла і деталі були відображені основна технічна характеристика та призначення машини «Газоперекачувальний агрегат 354ГЦ2». Щодо деталі «Втулка 252.014.00.04», то було проведено аналізування усіх її поверхонь, а також виконуваних ними функцій. Також проаналізовано креслення деталі та технічні вимоги, що пред'явлені до деталі «Втулка 252.014.00.04».

Аналізуючи технічні вимоги, було детально відображено властивості сталі 20Х13. Ми проаналізували технічні вимоги, що запропоновані конструктором при виготовленні деталі, та їхня відповідність стандартам згідно зі складальним вузлом, куди входить деталь.

Також визначили тип виробництва (дрібносерійний тип) та визначили партію запуску деталей «Втулка 252.014.00.04».

Заготовкою було прийнято поковку, оскільки це є найбільш раціональним способом шуканого отримання заготовки, якщо враховувати форму деталі, її масу та визначений тип виробництва.

Було спроектовано спеціального пристрою для фрезерної з ЧПК операції 030, що задовольняє прийнятій схемі базування для операції, продуктивності та точності обробки деталі.

Виконано розрахунки припусків за допомогою комп'ютерної програми.

Опубліковано тези конференції за темою проектування спеціального верстатного пристрою для операції 030.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ**

1. Егоров М. Е. Технология машиностроения / 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1979. – 534 с.
2. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения – 4-е издание / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред,. – М.: Альянс, 2009. – 258 с.
3. Худобин Л. В. Курсовое проектирование по технолог. машиностроения / Л. В. Худобин.- М.: Маш-е, 1989. – 289 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя: учебное пособ.: в 2 т. Т.2. – 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Маш-е, 1986. – 729 с.
5. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя: учебное пособ.: в 2 т. Т.1. – 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Маш-е, 1986. – 678 с.
6. Городецкий Ю. Г. Конструкции и эксплуатация измерительных инструментов : учебник.– М. : Маш-е, 1976. – 378 с.
7. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения.- М. : Маш-е, 1979. – 562 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 1. Токарные, токарно-револьверные, карусельные, алмазно-расточные, долбежные, сверлильные и фрезерные станки.– М.: Маш-е, 1978. – 418 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для нормирования работ на доводочных и шлифовальных станках. – М. : Маш-е, 1979. – 205 с.
10. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М. : Маш-е, 1974. – 653 с.
11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для нормирования работ на металлорежущих станках.- Ч. II. Зуборезные, резьбонакатные, горизонтально-расточные и отрезные станки. – М. : Маш-е, 1978. – 209 с.

12. Корсаков В.С. Основы конструирования станочных приспособлений в машиностроении. – М. : Маш-е, 1985. – 289 с.
13. Панов А.А. Справочник технолога-машиностроителя/ А.А. Панов. - М.: Маш-е, 1988. – 737 с.
14. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник.– М. : Маш-е, 1985. – 304 с.
15. Комиссаров В.И. Точность и надежность в системах проектирования технологических процессов.– М.: Маш-е, 1999. – 225 с.
16. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів „Теоретичні основи технології виготовлення деталей” та „Технологія машинобудування” / упорядник О.У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2005. – 29 с.
17. Корсаков В.С. Точность механической обработки на станках. М.: МАШГИЗ, 1969. – 378 с.
18. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу „Теоретичні основи технологій виготовлення деталей” / О.У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2003. – 52 с.
19. Иващенко И.П. Технологические размерные расчеты.– М. : Маш-е, 1979. – 223 с.
20. Нефедов Н.А. Сборник задач по резанию металлов и режущему инструменту. - М.: Маш-е, 1991. – 449 с.
21. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов. – Київ: Вища школа, 1986. –257 с.
22. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты.н.- Київ: Вища школа, 1978. – 403 с.
23. Справочник металлиста. В 5 т. / Т. 2.- Под ред. А.М. Малова. – М .: Маш-е.- 1978. – 746 с.
24. Семенченко И.П. Проектирование металлорежущих инструментов – М.: МАШГИЗ, 1969. – 954 с.

25. Яковлев Н.П. Математическая обработка результата измерения. М.: Машиностроение, 1970. – 389 с.
26. Моделирование параметров концевых фрез: тезисы докл. научно-практич. конф. (февраль 2002) / отв. ред. А.Н. Иванников. – М.: МГТУ, 2002. – С. 65.
27. Хватов Б.М. Технологии машиностроения: уч. пособ. / Б.М.Хватов, В.Х. Фидаров.- Тамбов: Изд-во Тамбовского. гос. ун-та, 2003 – 129 с.
28. Власов А.Ф. Безопасность при работах на станках металлорежущих / А. Ф. Власов. – М.: Машиностроение, 1997. – 216 с.
29. Повышение эффективности технологического процесса фрезерования лопаток компрессора с приложением растягивающих сил вдоль пера: тезисы докл. научно-практ. конференции (ноябрь 2006) / отв. ред. Д.А.Зиновьев. - Уфа: РГАТУ, 2006. – 122 с.
30. Юдин Я. Е. и др. Охрана труда и безопасность в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. Я.Е. Юдина, С.В. Беяева — 3-е изд., перераб. и дополн.— М.: Маш-е, 1985. – 433 с.
31. Гладка Л.А .Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах для студентів спеціальності 7.090202 усіх форм навчання / Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 23с.
32. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов по технологии машиностроения / Составители: В.Г.Евтухов, А.У.Захаркин, А.В.Евтухов. – Сумы изд-во СумГУ, 2006 г. – 53 с.
33. Защитное заземление и зануление электроустановок: Справочник / Сост. Миньков В.Т., Заграничнов С.Г. – СПб.: Политехника, 2008. – 403 с.
34. Методичні вказівки з курсу "Охорона праці": для студентів спеціальності 7.05050201 усіх форм. навч. / Л.А.Гладка, І.С.Козій. – Суми: СумДУ, 2014.– 31 с.
35. ГОСТ 12.2.012–90. Вибрационная безопасность. Общие требования.
36. ГОСТ 14861–92. Тара производственная, типы и размеры.
37. ГОСТ 12.1.003–83. Шум, общие требования по безопасности.



38. ГОСТ 12.2.062–81. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
39. ГОСТ 12.4.011–75. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих на станках.
40. ГОСТ 12.2.029–88. Система стандартов безопасности труда. Приспособления станочные. Требования по безопасности.
41. ГОСТ 12.3.002–75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования по безопасности.
42. ГОСТ 12.2.061–81. Система стандартов безопасности труда. Общие требования по безопасности к рабочим местам.
43. ГОСТ 12.1.044–89. Система стандартов по безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
44. ДБН Д.2.6-3–2000. Збірник 3. Системи вентиляції і кондиціонування повітря.
45. ГОСТ 2.109–78. Основные требования к чертежам.
46. ДБН В.2.5-28–2006. Природне і штучне освітлення.
47. ГОСТ 2.307–88. Нанесение размеров и предельных отклонений.
48. ДБН В.2.5-56:2010. Системи протипожежного захисту.
49. ГОСТ 14.201–85. Общие правила отработки конструкции детали на технологичность.
50. ГОСТ 2.305–78. Изображения, виды, сечения, разрезы.
51. ГОСТ 7829–79. Поковки из легированной и углеродистой стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Допуски и припуски.
52. ГОСТ 3.1201–86. ЕСТД. Система технологической документации. Обозначения.
53. ГОСТ 2.108–79. ЕСКД. Спецификация. Основные требования.
54. ГОСТ 7062–91. Поковки из легированной и углеродистой стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Допуски и припуски.
55. ГОСТ 3.1104–83. Общие требования к оформлению документов.

56. ДСН 3.3.6.042–99. Санитарные нормы микроклимата в производственных помещениях.

57. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.

58. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні.

59. Беспалий, В.О. Силоутворюючий пристрій як підсистема системи затискного пристрою [Текст] / П.В. Кушніров, В.О. Колесник, В.О. Беспалий // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 26-ої міжнародн. наук.-практичн. конф. (7-9 грудня 2020 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2020.– С. 67-68.

## Додаток А

**4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

## 4.1 Характеристика приміщення

При виконанні дипломної роботи використовувалась аудиторія ЛА- 207/б лабораторного корпусу «ЛА» Сумського державного університету.

Приміщення знаходиться на другому поверсі лабораторного корпусу «ЛА». Загальна площа приміщення становить  $45 \text{ м}^2$ , висота – 2,7 м, в приміщенні є три вікна. Кількість працівників – 11 осіб. Отже, на одного працівника припадає  $45/11=4,09(\text{м}^2/\text{чол.})$  робочої площі. Відповідно з [23] на кожного працюючого в приміщенні повинно припадати не менше 4 ( $\text{м}^2/\text{чол.}$ ) робочої площі. Висота приміщення – не менше 2,5 м.

Отже, нормативи розмірів та забезпечення працюючих робочою площею в аудиторії дотримані. У приміщенні знаходяться 13 письмових столів і 11 комп'ютерів. Напруга джерела живлення комп'ютерів становить 220 В. За безпеки ураження електричним струмом аудиторія відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом для працівників [23].

План приміщення наведений на рис. 4.1.

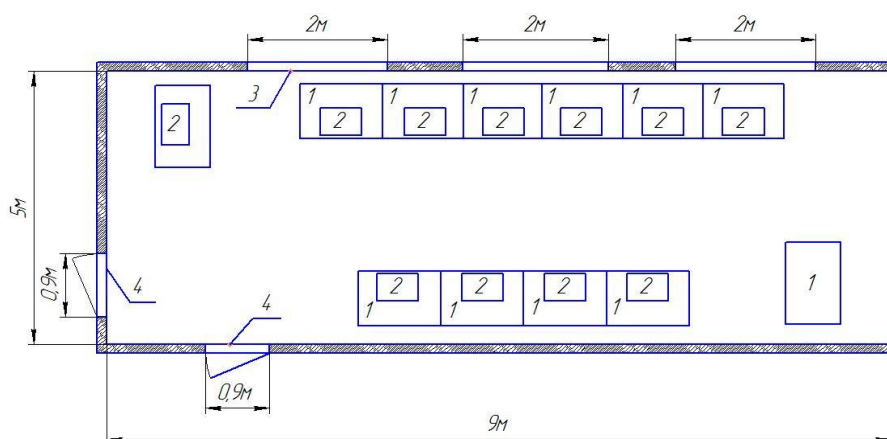


Рисунок 4.1 – План приміщення

На рисунку 4.1 позначено: 1 – письмовий стіл; 2 – комп'ютер; 3 – вікно; 4 – двері.

Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ ЕОМ та ПЕОМ [23]:

- Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено.

- Площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 кв. м, а об'єм не менше ніж 20,0 куб. м.

- Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79.

- Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5 %. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79.

- Виробничі приміщення для роботи з ВДТ (операторські, диспетчерські) не повинні межувати з приміщеннями, в яких рівні шуму і вібрації перевищують допустимі значення (виробничі цехи, майстерні тощо) за СН 3223-85, СН 3044-84, ГР 2411-81, ГОСТ 12.1.003-83.

- Звукоізоляція огорожувальних конструкцій приміщень з ВДТ має забезпечувати параметри шуму, що відповідають вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.012-90 .

- Приміщення для роботи з ВДТ мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, вмісту шкідливих речовин мають відповідати вимогам СН 4088-86, СН 2152-80, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.007-76.

- Віконні прорізи приміщень для роботи з ВДТ мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки).

- Для внутрішнього оздоблення приміщень з ВДТ слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7 - 0,8, для стін 0,5 - 0,6.

– Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3 - 0,5. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

– Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень ВДТ застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

– Полімерні матеріали для внутрішнього оздоблення приміщень з ВДТ можуть бути використані при наявності дозволу органів та установ державної санітарно-епідеміологічної служби.

– Виробничі приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

– У приміщеннях з ВДТ слід щоденно робити вологе прибирання.

– Приміщення з ВДТ мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

– При приміщеннях з ВДТ мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою (СНиП 2.09.04.-87).

– Вимоги для допоміжних приміщень повинні відповідати СНиП 2.09.04.

#### Мікроклімат:

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з ВДТ мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86).

Таблиця 4.1– Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		не більше		
Холодний	легка-1а	22 - 24	40 - 60	0,1
	легка-1б	21 - 23	40 - 60	0,1
Теплий	легка-1а	23 - 25	40 - 60	0,1
	легка-1б	22 - 24	40 - 60	0,2

#### Освітлення:

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними ВДТ ЕОМ та ПЕОМ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення, додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

– Зазначення освітлення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300 - 500 лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати бликів на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

– Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

– Система загального освітлення має становити суцільні або преривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Допускається використання світильників таких класів світорозподілу:

- прямого світла – П;
- переважно прямого світла – Н;
- переважно відбитого світла – В.

– Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 36 із дзеркальними ґратами, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосовувати світильники цієї серії без ВЧ ПРА тільки в модифікації "Кососвітло". Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґрат заборонено.

– Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 град. з вертикаллю в повздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж 200 кд/кв. м, захисний кут світильників – не менше ніж 40 град.

– Світильники місцевого освітлення повинні мати просвічуючий відбивач із захисним кутом не меншим ніж 40 град.

– Коефіцієнт запасу (К куб.) для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати 1,4.

– Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5 %, що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трьохфазної мережі.

– Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ слід чистити шибки і світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що перегоріли

Шум і вібрація:

– Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ ЕОМ і ПЕОМ, мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83, ГР 2411-81

– Під час виконання робіт з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях мають не перевищувати допустимі відповідно до СН 3044-84, ГОСТ 12.1.012-90

Таблиця 4.2 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ										Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв.
	в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц										
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Програмісти ЕОМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	60
Оператори в залах обробки інформації на ЕОМ та оператори комп'ютерного набору	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів ЕОМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	

Розглянемо окремо небезпечні та шкідливі фактори.

Підвищена чи понижена температура та вологість повітря робочої зони.

У даній аудиторії виконується робота легкої важкості, тому для холодного сезону оптимальна температура у приміщенні має бути 22-24 ° С, а для теплого сезону – 23-25 ° С. Для дотримання даної вимоги у аудиторії передбачені теплові батареї та кондиціонери для регулювання температури повітря. Оптимальна вологість складає 40-60 %.

Таблиця 4.3 – Санітарні норми вібрації категорії 3 технологічного типу «В»

Середньгеометричні частоти смуг, Гц	Допустимі значення по осях X, Y, Z	
	віброприскорення	віброшвидкості



		м/см в ст. 2		дБ		м/с*10 в ст. - 2		дБ	
		1/3 окт	1/1 окт	1/3окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1окт	1/3 окт	1/1 окт
1,6	0,0125		32		0,13		88		
2,0	0,0112	0,02	31	36	0,089	0,18	85	91	
2,5	0,01		30		0,063		82		
3,15	0,009		29		0,0445		79		
4,0	0,008	0,014	28	33	0,032	0,063	76	82	
5,0	0,008		28		0,025		74		
6,3	0,008		28		0,02		72		
8,0	0,008	0,014	28	33	0,016	0,032	70	76	
10,0	0,01		30		0,016		70		
12,5	0,0125		32		0,016		70		
16,0	0,016	0,028	34	39	0,016	0,028	70	75	
20,0	0,0196		36		0,016		70		
25,0	0,025		38		0,016		70		
31,5	0,0315	0,056	40	45	0,016	0,028	70	75	
40,0	0,04		42		0,016		70		
50,0	0,05		44		0,016		70		
63,0	0,063	0,112	46	51	0,016	0,028	70	75	
80,0	0,08		48		0,016		70		
Кориговані і еквівалентні кориговані значення та їх рівні	0,	14		3	0,02			5	

#### Підвищений рівень шуму та вібрацій.

За СН 3223-85 на робочому місці, де виконуються напружені роботи легкої важкості оптимальний рівень звуку має бути 60 дБ. За СН 3044-84 для третьої категорії (категорія 3 – технологічна вібрація, що впливає на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації) оптимальне віброприскорення складає 45 дБ, а віброшвидкість – 100 дБ. Для дотримання даних норм у приміщенні застосовуються звукопоглинальні облицювання, тому даний небезпечний фактор відсутній, так як усі прилади, які використовуються у даному приміщенні не створюють підвищеного рівня шуму та вібрацій.

#### Підвищена чи понижена іонізація повітря.

Показники іонізації повітря мають відповідати СН 2152-80. За цим документом оптимальна кількість позитивних іонів у кубічному сантиметрі повітря, що не загрожує життю людини, в межах 1300-3000, а негативних –

3000-5000. Для забезпечення даних вимог у аудиторії здійснюється повітрообмін за допомогою природної вентиляції як неорганізовано – через зазори в віконних отворах, дверні прорізи і т. п., так і організовано – через квартиру у вікні, а також повітрообмінні канали.

Недостатнє освітлення приміщення або його відсутність.

Освітлення приміщення нормується за СанПіН 2.2.1/2.1.1.1278-03. У даному приміщенні робочі місця розміщені так, що природне світло знаходиться перед вами, не так, як вимагає ДСанПіН 3.3.2.007-98, тому пряме світло попадає в очі, але це все вирішується так, як на вікнах знаходяться жалюзі для регулювання кількості світла в приміщенні та утворення тіні за необхідності.

Природне освітлення характеризується показником КПО, який має бути не менше 1,5. Штучне освітлення здійснюється системою загального рівномірного освітлення і не створює відблисків на моніторах. Для подачі світла використовуються люмінесцентні лампи денного світла. Значення коефіцієнта освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк. Зважаючи на дані показники проблема недостатнього освітлення усувається.

Небезпека ураження електричним струмом.

Захисні заходи електробезпеки викладені у ДБН В.2.5-27-2006. За небезпеки ураження електричним струмом аудиторія відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом для працівників. Дана аудиторія передбачає роботу з комп'ютерами, отже використовується стандартна електрична мережа з напругою 220 В, тому така небезпека існує. Для її запобігання використовують заземлення приладів. Для заземлення електроустановок використовуються природні заземлители – металеві конструкції будівлі, фундаменти, що мають щільний контакт із землею. Усі розетки мають захисні кришки для запобігання контакту з електромережею. Вся електропроводка надійно ізольована. Матеріали, що застосовуються для ізоляції струмопровідних частин електричної установки з часом втрачають

діелектричні властивості, тому все електроустаткування піддається періодичним і постійним контролям надійності і цілісності ізоляції. Також використовується захисне вимикання, воно виконується як доповнення до захисного заземлення. Тому небезпека даного чинника зведена до мінімуму.

Протипожежні заходи.

Заходи щодо пожежної безпеки будівель викладені у СНиП 21-01-97\*. В даному приміщенні використовується багато електроприладів, які можуть стати джерелом загоряння, тому усі прилади проходять періодичний і плановий технічні огляди і експлуатуються за всіма правилами, запропонованими технічними паспортами. Для запобігання перегріву електроприладів працюють кондиціонери для дотримання певної температури у приміщенні. Також знаходяться чотири вогнегасники (по одному на 20 м<sup>2</sup>) та оповіслювачі, котрі розміщені на стелі. План даного приміщення передбачає можливість евакуації людей різного віку та фізичного стану назовні на прилеглу до будівлі територію до настання загрози їх життю та здоров'ю внаслідок впливу небезпечних факторів пожежі. Також об'ємно-планувальні та інженерно-технічні рішення передбачають можливість доступу особового складу пожежних підрозділів і подачі засобів пожежогасіння до осередку пожежі, а також проведення заходів з порятунку людей і матеріальних цінностей; нерозповсюдження пожежі на поруч розташовані будівлі, в тому числі при обваленні палаючого будинку.

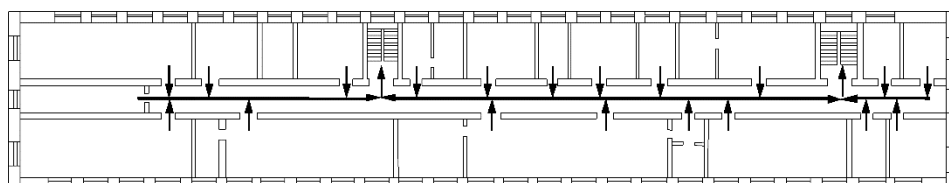


Рисунок 4.2 – План евакуації при пожежі (2 поверх)

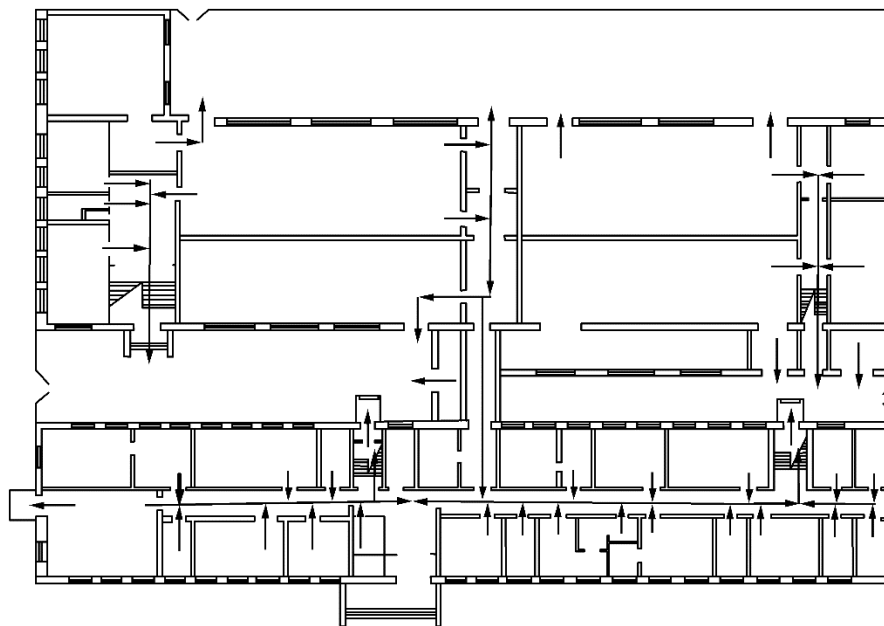


Рисунок 4.3 – План евакуації при пожежі (1 поверх)

#### 4.2 Ефективність природної вентиляції

Об'єм приміщення становить  $V = 9 \cdot 5 \cdot 2,7 = 121,5 \text{ (м}^3\text{)}$ .

Об'єм приміщення, який припадає на одного робітника, складе

$$V_1 = 121,5/11 = 11,1 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Якщо об'єм, що припадає на одного робітника, менше  $20 \text{ (м}^3\text{)}$ , то необхідний повітрообмін повинен становити не менше  $L' = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Необхідний повітрообмін в приміщенні розраховується за формулою:

$$L_H = L_1 \cdot n, \quad (4.1)$$

де  $n$  – кількість працівників у приміщенні. За умовою  $n = 11$  чоловік.

$$L_H = 30 \cdot 11 = 330 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Фактичний повітрообмін в приміщенні здійснюється за допомогою природної вентиляції як неорганізовано – через зазори в віконних отворах, дверні прорізи тощо, так і організовано – через кватирку у вікні.

Фактичне значення повітрообміну розраховується за формулою:

$$L_{\phi} = \mu \cdot F \cdot V \cdot 3600, \quad (4.2)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт втрати повітря. Дана величина застосовується в діапазоні значень  $0,4 \div 0,6$ . Приймаємо  $\mu = 0,5$  (середнє значення);

$F$  – площа квартирки.  $F = 1,5 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ м}^2$ ;

$V$  – швидкість виходу повітря через квартиру. Розраховується за формулою 4.3:

$$V = \sqrt{\frac{2g \cdot H_2}{\gamma_{BH}}}, \quad (4.3)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ (м/с}^2\text{)}$ ;

$H_2$  – тепловий тиск. Розраховується за формулою 4.4:

$$H_2 = h_2 \cdot (\gamma_C - \gamma_{BH}), \quad (4.4)$$

де  $\gamma_{BH}$  і  $\gamma_C$  – відповідно об'ємна маса повітря всередині і зовні приміщення ( $\text{кг/м}^3$ ).

Об'ємна маса повітря розраховується за формулою 4.5:

$$\gamma = 0,465 \cdot \frac{P_B}{T}, \quad (4.5)$$

де  $P_B$  – барометричний тиск (мм рт. ст.). Приймаємо  $P_B = 750$  (мм рт. ст.);

$T$  – температура повітря ( $^{\circ}\text{К}$ ). Для теплого періоду року температура в приміщенні становить  $t = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$  або  $T = 311 \text{ }^{\circ}\text{К}$ ; для холодного періоду року -  $t = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$  або  $T = 290 \text{ }^{\circ}\text{К}$ . Температура зовні становить  $t = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$  або  $T = 297 \text{ }^{\circ}\text{К}$ ; для холодного періоду року -  $t = -11 \text{ }^{\circ}\text{C}$  або  $T = 262 \text{ }^{\circ}\text{К}$ .

$$\gamma_{BH(L)} = 0,465 \cdot \frac{750}{311} = 1,121 \quad \gamma_{BH(Z)} = 0,465 \cdot \frac{750}{290} = 1,203$$

$$\gamma_{C(L)} = 0,465 \cdot \frac{750}{297} = 1,174 \quad \gamma_{C(Z)} = 0,465 \cdot \frac{750}{262} = 1,331$$



Підставивши отримані дані отримаємо:

$$H_{2(L)} = h_2 \cdot (\gamma_{C(L)} - \gamma_{BH(L)}) = 1,35 \cdot (1,174 - 1,121) = 0,072 \text{ (м/с)}.$$

$$H_{2(3)} = h_2 \cdot (\gamma_{C(3)} - \gamma_{BH(3)}) = 1,35 \cdot (1,331 - 1,203) = 0,173 \text{ (м/с)}.$$

За формулою 4.7 отримаємо:

$$V_{(L)} = \sqrt{\frac{2g \cdot H_{2(L)}}{\gamma_{BH(L)}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,072}{1,121}} = 1,122 \text{ (м/с)}.$$

$$V_{(3)} = \sqrt{\frac{2g \cdot H_{2(3)}}{\gamma_{BH(3)}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,173}{1,203}} = 1,68 \text{ (м/с)}.$$

За формулою 4.2 отримаємо:

$$L_{\Phi(L)} = \mu \cdot F \cdot V_{(L)} \cdot 3600 = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 3 \cdot 1,122 \cdot 3600 = 3635,3 \text{ (м}^3\text{/ГОД)}.$$

$$L_{\Phi(3)} = \mu \cdot F \cdot V_{(3)} \cdot 3600 = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 3 \cdot 1,68 \cdot 3600 = 5443,2 \text{ (м}^3\text{/ГОД)}.$$

### 4.3 Висновки

Таким чином, природна вентиляція є неефективною, так як фактичні значення повітрообміну набагато перевищують нормативні. У зимовий час такий повітрообмін може привести до переохолодження приміщення, а, отже, і працівників, які працюють в ньому. Тому для зниження фактичних значень повітрообміну можна запропонувати нормоване провітрювання приміщення, тобто відкривати квартиру на деякий час. Але режим провітрювання повинен бути таким, щоб забезпечити повітрообмін не нижче допустимого.

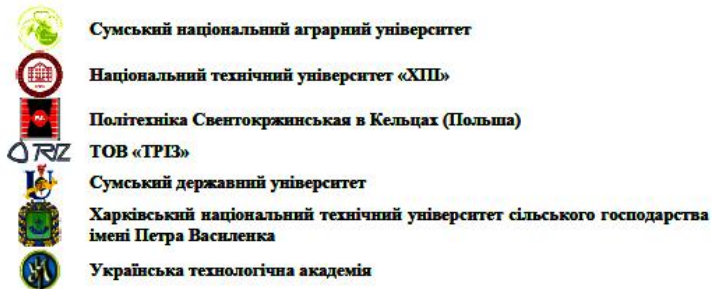
## Додаток Б

## МАТЕРІАЛИ ПУБЛІКАЦІЇ [59]

## (ТЕЗИ)

Беспалий, В.О. Силоутворюючий пристрій як підсистема системи затискного пристрою [Текст] / П.В. Кушніров, В.О. Колесник, В.О. Беспалий // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 26-ої міжнародної науково-практичної конференції (7-9 грудня 2020 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2020.– С. 67-68.





## ТЕХНОЛОГІЇ XXI СТОРІЧЧЯ

Збірник тез за матеріалами 26<sup>ої</sup> міжнародної науково-практичної конференції  
(7-9 грудня 2020 р.)

### Частина 1

Секції: «Прогресивні технології в сільському господарстві»,  
«Прогресивні технології в харчовій промисловості»,  
«Прогресивні технології в промисловості»

Суми – 2020

<i>Попсуй В.В., к.с.-г.н., доцент, Корж О.В. к.с.-г.н., доцент, СНАУ</i> <b>ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЧНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПШВТУШ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГЕНЕТИЧНОЇ НАЛЕЖНОСТІ БУГАЙЦІВ</b> .....	50
<i>Махін М.І., к.с.-г.н., професор, СНАУ, Бугай Т.А., головний технолог молочного комплексу «Вільшанськ» Днурічанський район, Харківська область, Гноєвий І.В., д.с.-г.н., професор, Харківська державна зооветеринарна академія, Науменко О.А., к.т.н., професор, Гноєвий В.І., д.с.-г.н., професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка</i> <b>ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДОЇННЯ КОРІВ</b> .....	52
<i>Маренкова Т.И., ст. викладач, СНАУ.</i> <b>РЕГІОНАЛЬНИЙ КОМПОНЕНТ: «ФІРМОВІ СТРАВИ СЛОБОЖАНЦІТНИ»</b> .....	58
<b>СЕКЦІЯ «ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОМИСЛОВОСТІ»</b> <i>Горовий С. О., доцент кафедри охорони праці та фізики СНАУ</i> <b>ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ РОБОЧОГО КОЛЕСА ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА НА ЙОГО ПРОСКОПІЧНИЙ МОМЕНТ</b> .....	60
<i>Кушніров П.В., к.т.н., доц., Клименко М.А., студент, СумДУ</i> <b>ФУНКЦІОНАЛЬНА СУТНІСТЬ ЗАТИСКАЧІВ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ</b> .....	63
<i>Сорокін С.П., доцент, Козаченко О.В., професор, Сорокін М.С., доцент, ХНТУСГ, Харків, Україна</i> <b>КОМПРЕСОГРАФ НА БАЗІ USB ОСЦИЛОГРАФА І ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДВИГУНА</b> .....	64
<i>Тарельник В.Б., д.т.н., проф., Дамченко С.І., магістрант, СНАУ</i> <b>ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИМ ЛЕГУВАННЯМ</b> .....	66
<i>Кушніров П.В., к.т.н., доц., Колесник В.О., к.т.н., ст. викл., Бєспалый В.О., студент, СумДУ</i> <b>СИЛООТВОРЮЮЧИЙ ПРИСТРІЙ ЯК ПІДСИСТЕМА СИСТЕМИ ЗАТИСКНОГО ПРИСТРОЮ</b> .....	67
<i>Горовий С. О., к.т.н., доцент, СНАУ</i> <b>ГІДРОДИНАМІЧНІ КУТОВІ МОМЕНТИ БЕЗКОНТАКТНОГО УЩІЛНЕННЯ</b> .....	68
<i>Горовий С. О., к.т.н., доцент, СНАУ</i> <b>КОНТАКТНІ ТА БЕЗКОНТАКТНІ УЩІЛНЕННЯ РОТОРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ</b> .....	71
<i>Кузьменко А.О., магістрант, Бондарев С.Г., к.т.н., доц., СНАУ</i> <b>ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОВЕРХНЕВИМ ЗМІЩЕННЯМ</b> .....	73
<i>Матвієнко С.Ю., магістрант, Бондарев С.Г., к.т.н., доц., СНАУ</i> <b>ВІПРОВАДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ</b> .....	74
<i>Кузьменко А.О., магістрант, Бондарев С.Г., к.т.н., доц., СНАУ</i> <b>АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	76
<i>Матвієнко С.Ю., магістрант, Бондарев С.Г., к.т.н., доц., СНАУ</i> <b>ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАМИ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ</b> .....	77
<i>Піменов С.І., магістрант, Бондарев С.Г., к.т.н., доц., СНАУ</i> <b>СУЧАСНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	78
<i>Піменов С.І., магістрант, Бондарев С.Г., к.т.н., доц., СНАУ</i> <b>ВИКОРИСТАННЯ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЛЕЗОВІЙ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ</b> .....	79



кам'яних інструментів. Але з розширенням промислової діяльності людина потребувала більшої міцності інструмента. І на зміну каменю прийшла бронза та залізо. Людство зв'язувало, з появою нового інструментального матеріалу цілих епох: «кам'яний вік», «бронзовий», «залізний», що ця поява приводить до якісно нової ступені зросту продуктивності праці.

Різкий скачок в розвитку продуктивних сил спостерігався при переході до машинної індустрії, тобто з переходом від ручної праці до машинної.

Розвиток технології виготовлення машинобудівельних деталей виникає з інтенсифікації процесів механічної обробки шляхом:

- а) удосконалення конструкцій ріжучого інструмента;
- б) розробки нових марок ріжучих матеріалів;
- в) удосконалення методів зміцнення металорізального інструмента.

До інструментальних матеріалів пред'являються певні вимоги. По-перше, матеріал повинен мати високу твердість. Причому значне перевищення його твердості порівняно з твердістю оброблюваної заготовки повинно зберігатися в процесі різання. По-друге, важливою вимогою є достатньо висока міцність інструментального матеріалу, так як при недостатній міцності виникає викрашування ріжучих кромок або поламка інструмента. По-третє, ріжуча частина інструмента повинна володіти високою зносостійкістю в умовах високих тисків і температур, які виникають в зоні контакту інструмента з деталлю в процесі різання.

Крім цього працездатність ріжучого інструмента може бути підвищена за рахунок таких змін поверхневих якостей інструментального матеріалу, при яких контактні площини інструмента будуть найбільш ефективно чинити опір абразивному, адгезійно-утомлюваному, корозійно-окислюваному і дифузійному видам зношування як при кімнатній, так і при підвищеній температурі.

В теперішній час існує безліч способів підвищення якості поверхневих шарів металорізальних інструментів, як за рахунок нанесення захисних покриттів, так і за рахунок зміцнення їх поверхневих шарів.

Кожний з них має свої переваги і недоліки та займає свою технологічну нішу.

Одним з найбільш перспективних методів підвищення стійкості металорізального інструмента є електроерозійне легування (ЕЕЛ).

Літературний огляд показав відсутність рекомендацій до зміцнення металорізального інструменту методом ЕЕЛ та необхідного обладнання.

Таким чином метою дипломної роботи є вибір найбільш раціонального обладнання і режимів його роботи для підвищення зносостійкості металорізального інструменту, який виготовлений із інструментальних сталей.

Для досягнення поставлених цілей в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз умов роботи і видів зносу металорізального інструмента;
- вибрати необхідне обладнання для зміцнення металорізального інструмента методом ЕЕЛ;
- вибрати найбільш раціональні параметри режимів ЕЕЛ;
- провести порівняльні промислові іспити.

УДК 621.7.06

Кущіров П.В., к.т.н., доц.; Колесник В.О., к.т.н., ст. викл.; Беспалый В.О., студент; СумДУ

#### СИЛОУТВОРЮЮЧИЙ ПРИСТРІЙ ЯК ПІДСИСТЕМА СИСТЕМИ ЗАТІСКНОГО ПРИСТРОЮ

Процес проектування верстатних пристроїв вимагає від розробника наявності як спеціальних інженерних знань, так і певного творчого потенціалу. Причому індивідуальний досвід розробника зі створення подібної техніки часто є вирішальним фактором при отриманні позитивного результату проектування. Однак існують і інші підходи при створенні нової ефективно технологічної оснастки. Наприклад, використання спеціального програмного забезпе-

чення з базою даних накопичених технічних рішень, або - функціональний підхід при проектуванні нової техніки [1, 2]. При цьому система в цілому і кожен її елемент окремо реалізують доцільний комплекс функцій.

Однією з важливих складових конструкції верстатного пристрою є силоутворюючий пристрій (СУП), що забезпечує початкове генерування необхідної сили закріплення оброблюваної заготовки. СУП є підсистемою (системою нижчого порядку) системи затискного пристрою, який в свою чергу може містити також і підсистему силоперетворюючого пристрою (СПП). Функціонально технічне виконання СУП може бути ручним (використовується мускульна енергія людини) або механізованим. В даний час у зв'язку з інтенсифікацією виробничих процесів енергетичні можливості людини для створення сили закріплення в пристрої задоволься обмежено. Функцію генерування початкового силового імпульсу, як правило, передано технічному носію, наприклад, енергії стисненого повітря або рідини.

До вихідного енергоносія, який надходить на вхід підсистеми СУП, висуваються такі вимоги: доступність, безпека, економічність, зручність, надійність підведення і відведення. Далі в СУП відбувається процес перетворення енергії з отриманням сили  $Q$  на виході. Вимоги до процесу перетворення для отримання даної сили (або силового потоку) такі: мінімальні втрати на терті (високий ККД), стабільність процесу перетворення певного виду енергії в силовий вплив при зміні навколишніх умов, надійність роботи. При наявності в системі затискного пристрою механізму СПП, величина отриманої сили  $Q$  може зазнавати зміни за величиною або напрямком дії.

Виходом системи є силовий імпульс (силове поле), що створює силу закріплення оброблюваної заготовки  $\Sigma W$ . Він повинен мати необхідний енергетичний рівень, достатній робочий простір, рівномірність розподілу зусиль в робочому просторі, можливість регулювання (дозування) силового впливу, надійність функціонування. Зазначений вихід може бути описаний наступними параметрами: величиною зусилля, напрямком, траєкторією, робочим простором (силовим полем).

Таким чином, розгляд силоутворюючого пристрою СУП як складової частини системи більш високого порядку – затискного пристрою, дозволяє застосовувати функціональний підхід при розробці нових конструкцій верстатних пристроїв, що сприяє підвищенню якості результату робіт.

#### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Чумаков Г.С. Технологическая оснастка: учеб. пос. – Сумы: СумГУ, 2001. – 216 с.
2. Кущіров П.В., Ступин Б.А., Дядечко А.В. Станочное приспособление как система, в которой реализуется комплекс функций // Технологія XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 25-ої міжнародної науково-практичної конференції (15-20 вересня 2019 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2019 – С. 148-149.

УДК 621.65

Горовий С. О., к.т.н., доцент, СНАУ

#### ГІДРОДИНАМІЧНІ КУТОВІ МОМЕНТИ БЕЗКОНТАКТНОГО УЩІЛЬНЕННЯ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Ряд дослідів, які були здійснені на спеціально створених стендах, підтвердили теоретичні висновки про вплив ущільнень на динамічні характеристики роторів відцентрових насосів [1, 2, 3, 4, 5]. Існують конструктивні схеми відцентрових насосів так званої „безвальної“ конструкції, в яких робоче колесо насоса має можливість вільно самоорієнтуватися в симетричних ущільненнях – опорах з необхідними гідродинамічними параметрами [6]. При цьому робоче колесо здійснює вимушені радіально – кутові коливання під дією гідродинамічних сил та їх моментів в межах радіальних зазорів ущільнень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи багатьох науковців були присвячені

## Додаток В

РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ОБРОБКУ  $\varnothing 180(-0.014; -0.039)$ 

## РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

27.10.2020

Расчет выполнен для Беспалий В.О., группа ТМ.мз-91с

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - наружная цилиндрическая  $\varnothing 180-0.014$   
 $-0.039$

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Пределные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир ЕБ (i)	загр. Ез (i)
Поковка ковкой на молотах	ГОСТ 7829-70	+3.000 -3.000	-	-	-	-	-
Черновое точение	квалитет 12	0 -0.460	800	700	2100	150	50
Получистовое точение	квалитет 10	0 -0.185	250	240	126	0	0
Чистовое точение	квалитет 8	0 -0.072	125	120	105	0	0
Тонкое точение	квалитет 6	-0.014 -0.014 -0.039 -0.039	40	40	84	0	0

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

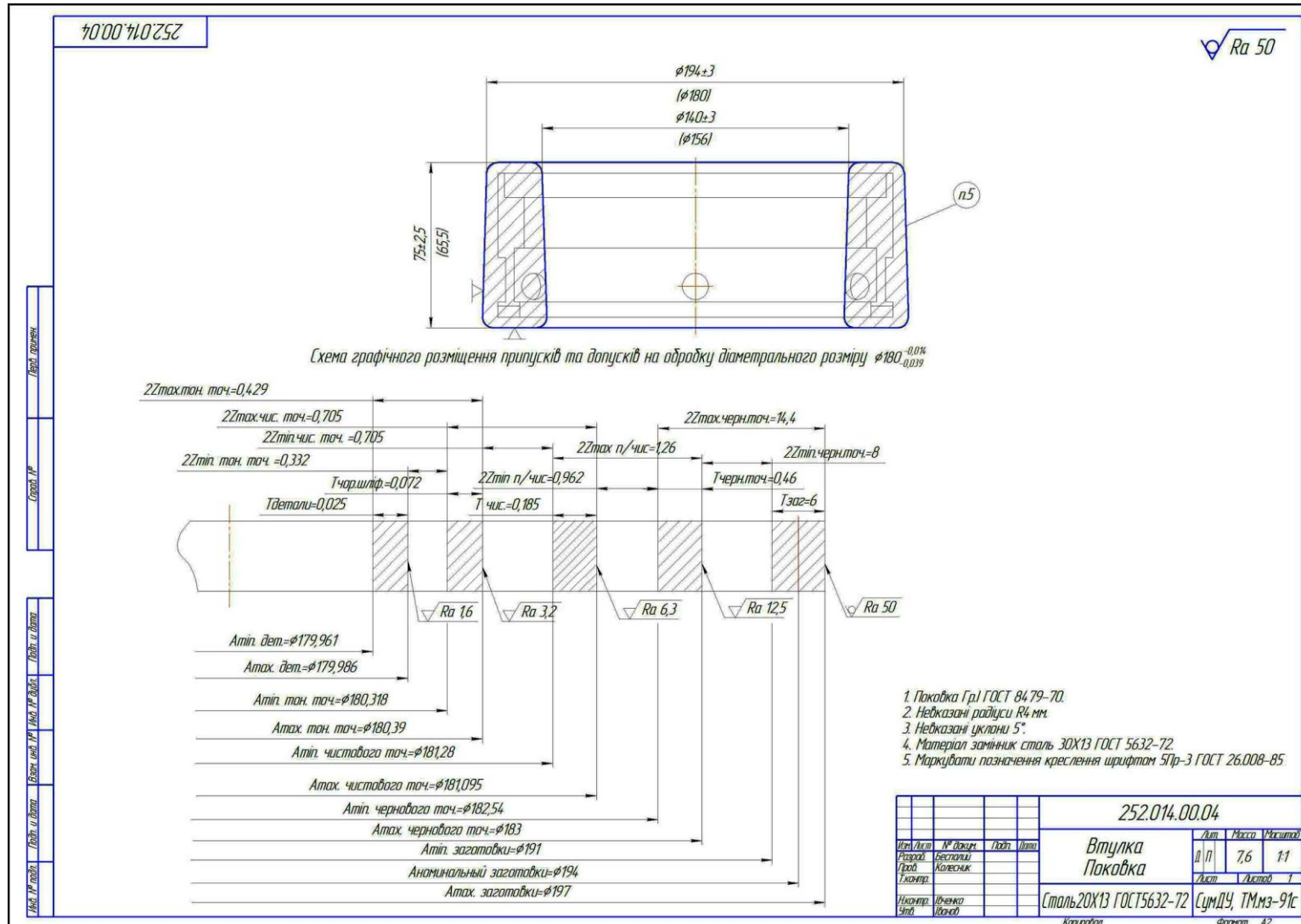
Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расч.	расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
					минимальный	максимальный	миним	расч.	макс.	
-	-	196.212	197	194	+3.000	191	197	-	-	-
					-3.000					
7212	13212	182.972	183	183	0	182.54	183	8000	14000	14460
					-0.460					
1232	1692	181.275	181.28	181.28	0	181.095	181.28	1260	1720	1905
					-0.185					
700	885	180.386	180.39	180.39	0	180.318	180.39	705	890	962
					-0.072					
328	400	179.986	179.986	180	-0.014	179.961	179.986	332	404	429
					-0.039					

К О Н Е Ц   Р А С Ч Е Т А

Додаток Г

СПЕЦИФІКАЦІЯ «ПРИСТРІЙ СПЕЦІАЛЬНИЙ»

## Додаток Д КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ







## Додаток Ж

### КРЕСЛЕННЯ НАЛАГОДЖЕННЯ НА ОПЕРАЦІЮ 030 ФРЕЗЕРНУ З ЧПК

№ 19320340-06 ДН

Операція 030 фрезерна з ЧПК  
верстат мод. 6Р13Ф3;  $N_{об} = 5,3$  кВт

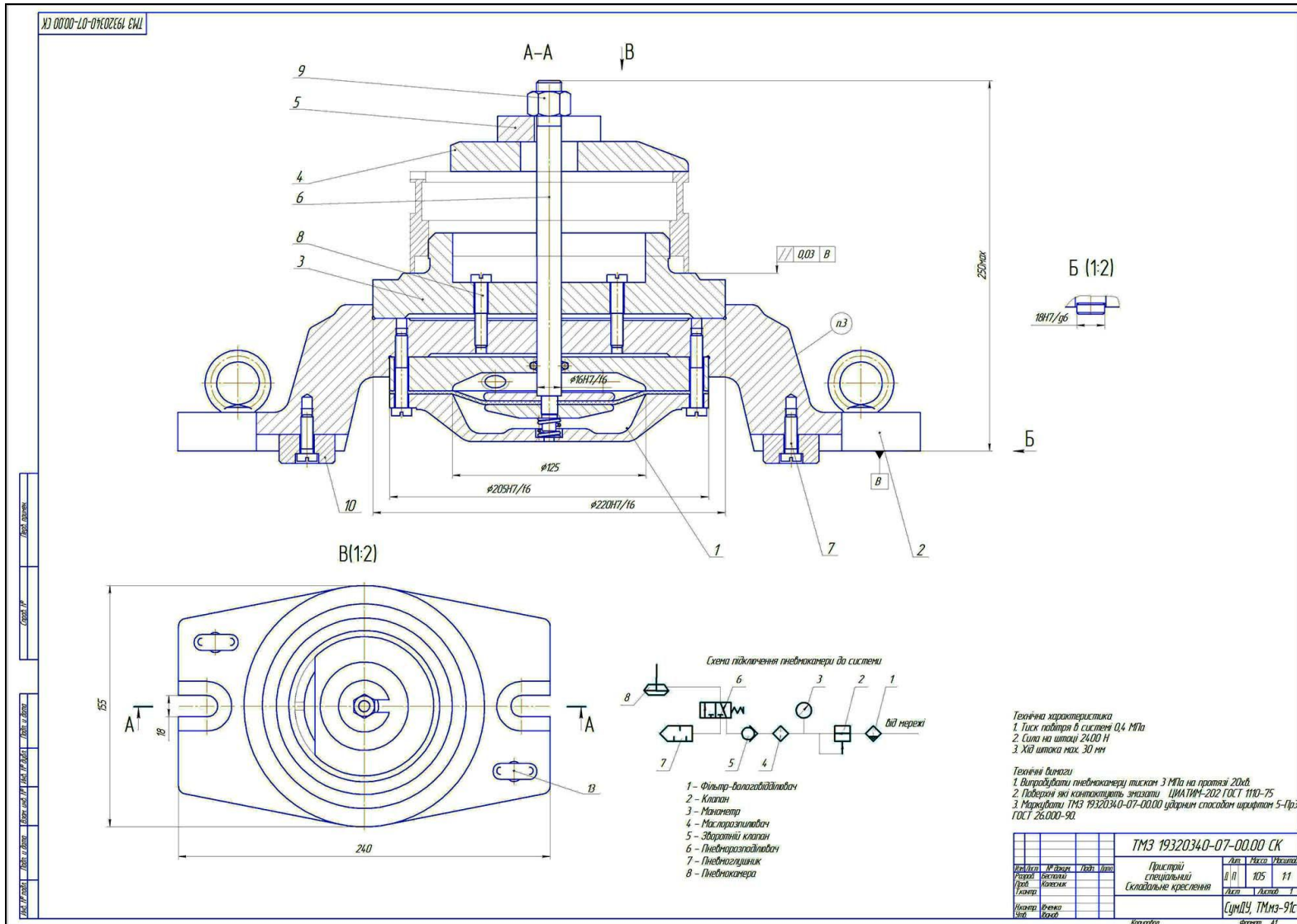
Циклограма руху РІ

№ впр.	Найменування РІ	Матеріал ріж. част.	t, мм	S, м/хв	V, м/хв	$n$ , об/хв	$i$	L, мм	$T_{об}$ , хв.	$T_{поз}$ , хв.	$T_{мк}$ , хв.	$T_{мк}$ , хв.
1	Фреза 2223-0129 Р6М5 ГОСТ 17026-88	Р6М5 (ГОСТ 19265-73)	5	0,16	25,1	1000	2	10	0,8	6,3	7,0	9,2

<b>ТМЗ 19320340-06 ДН</b>				Лист	Маса	Висота
Операційна налагодка на операцію 030				Лист	Листів	1
Мен. Лист	№ докум.	Техн.	Штук.			
Розроб.	Бесталко		116,07			
Проб.	Коваленко					
Ухвал.						
Начальн.	Панченко					
Змін.	Панченко					
Копіюваль				Формат А2		

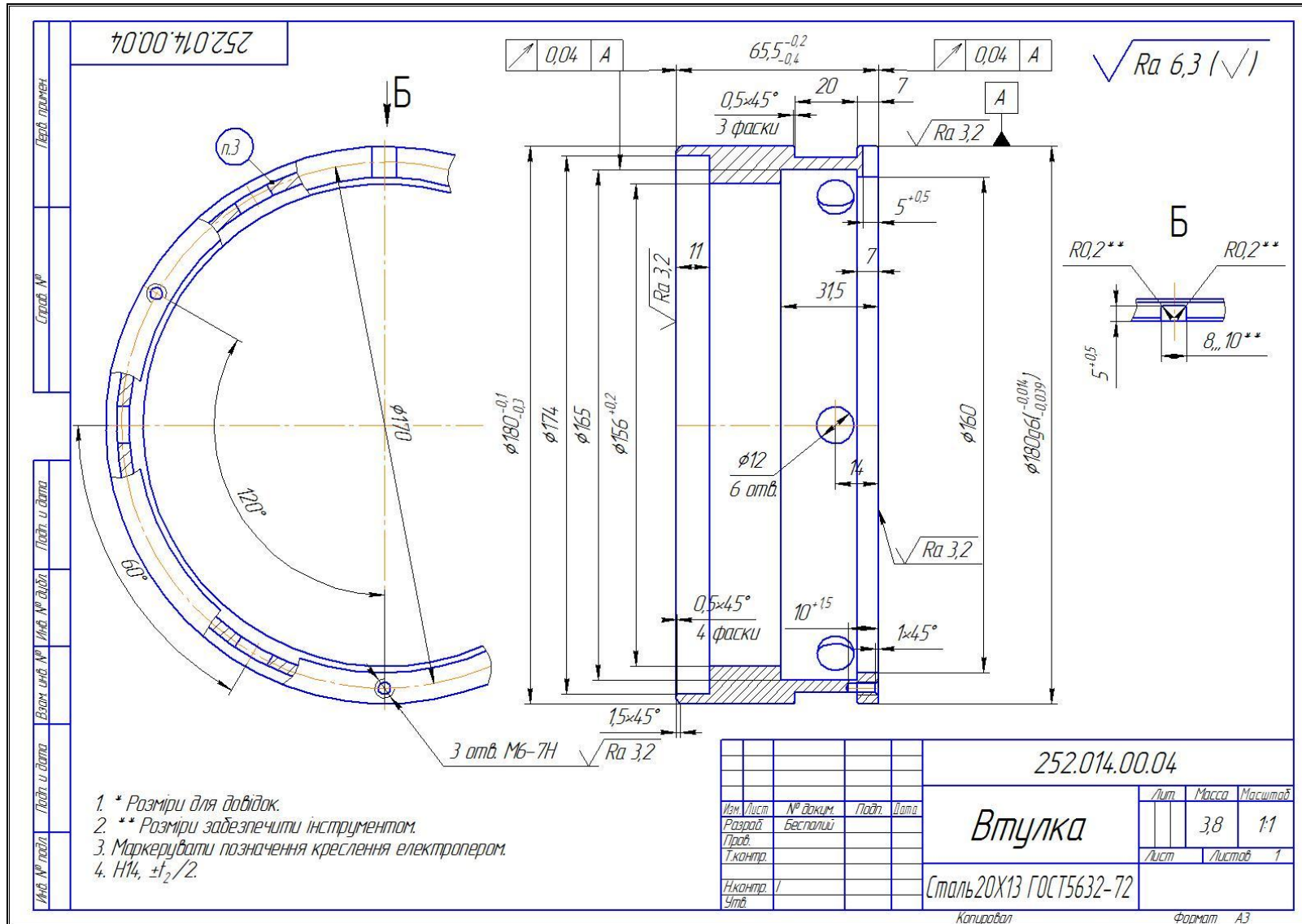
## Додаток К

### КРЕСЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ ОЗО ФРЕЗЕРНОЇ З ЧПК





Додаток Л  
КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА 252.014.00.04»



1. \* Розміри для довідок.
2. \*\* Розміри забезпечити інструментом.
3. Маркерувати позначення креслення електронно.
4.  $H14, \pm f_2/2$ .

				252.014.00.04			
Вім. Лист	№ док.	Підп.	Дата	<b>Втулка</b>	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Беспалый					3,8	1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.							
Н.контр.	1						
Чтв.				Сталь 20X13 ГОСТ 5632-72			

Копировал Формат А3