

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

**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
(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 гільзи циліндра 420–01105.12.01 шляхом  
модернізації хонінгувальної операції»**

---

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-92  
спеціальності: 131 – прикладна  
механіка

---

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології  
машинобудування

---

(назва освітньої програми)

**Карпов Р.О.**

---

(прізвище та ініціали)

Керівник Колесник В.О.

---

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

---

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет	Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра	Технологія машинобудування, верстати та інструменти
Освітньо-науковий рівень	другий (магістерський) (назва)
Спеціальність	131 – прикладна механіка (шифр і назва)
Освітня програма	технології машинобудування (назва освітньої програми, за наявності)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

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

**Карпов Роман Олександрович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення гільзи циліндра 420–01105.12.01 шляхом модернізації хонінгувальної операції»**

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

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

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «16» грудня 2020 року

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

- креслення деталі «Гільзи циліндра 420–01105.12.01»,

- річний обсяг випуску деталей – 2500 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Актуальність досліджень, визначення завдань досліджень.

2. Дослідити базовий технологічний процес виготовлення деталі «Гільза циліндра».

3. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі «Гільза циліндра».

4. Наукові дослідження.

5. Розрахунок припусків на обробку.

6. Визначення режимів різання, технічне нормування операцій.

7. Проектування верстатного пристрою.

8. Креслення заготовки, маршруту обробки, налагодження.

9. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

## 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	21.09.2020	
2	Удосконалення технологічного процесу	03.10.2020	
3	Проектування спеціального верстатного пристрою	16.10.2020	
4	Наукові дослідження	03.11.2020	
5	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	11.11.2020	
6	Формулювання загальних висновків	25.11.2020	
7	Оформлення роботи	01.12.2020	
8	Підготовка презентації	09.12.2020	
9	Підготовка доповіді	14.12.2020	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Роман КАРПОВ

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Віталій КОЛЕСНИК

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 85 сторінок, 13 рисунків, 24 таблиці, 29 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – «Гільза циліндра 420–01105.12.01»

Мета роботи: Удосконалити технологічного процесу виготовлення виготовлення гільзи циліндра 420–01105.12.01 шляхом модернізації хонінгувальної операції.

В дипломному проєкті за освітнім рівнем магістра проведено аналіз службового призначення призначення двигуна внутрішнього згорання СМД-60, куди входить задана деталь «Гільза циліндра 420–01105.12.01» та технічні вимоги, що пред'являються до деталі. Визначений тип виробництва – середньо-серійний. Вибраний спосіб отримання заготовки – центробіжне лиття.

Для 015 автоматно-токарної, 040 вертикально-хонінгувальної та 045 токарно-гідрокопіювальної операції обґрунтовані схеми базування, обрані металорізальні верстати, верстатне пристосування, металорізальні та вимірні інструменти, розраховані режими різання і норми часу.

В результаті наукових досліджень, розроблений матричний метод оцінки якості продукції, який дозволяє визначити слабкі місця технологічного процесу на кожному із етапів виготовлення продукції.

Розглянуто шкідливі фактори, що виникають під час виготовлення гільзи циліндру.

**ГІЛЬЗА ЦИЛІНДРА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМ РІЗАННЯ,  
НОРМИ ЧАСУ, ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ, ХОНІНГУВАННЯ, МЕТОДИ  
ОЦІНКИ ЯКОСТІ**

## SUNMMARY

Explanatory note: 85 pages, 13 figures, 24 tables, 29 sources of literature.

Object of study - "Cylinder liner 420–01105.12.01»

Purpose: eo improve the manufacturing process cylinder liners 420–01105.12.01, by modernization of honing operation.

In the diploma project on the educational level of the master the analysis of official appointment is carried out purpose of the internal combustion engine SMD-60, which includes a given part «Cylinder liner 420–01105.12.01»And technical requirements for the part. The defined type of production is medium-series. The chosen method of obtaining the workpiece - centrifugal casting.

For 015 automatic turning, 040 vertical honing and 045 turning and hydrocopying operations substantiated base schemes, selected metal-cutting machines, machine tools, metal-cutting and measuring tools, calculated cutting modes and time norms.

As a result of scientific research, a matrix method for assessing product quality has been developed, which allows to identify weaknesses of the technological process at each stage of production.

Harmful factors that occur during the manufacture of the cylinder liner are considered.

CYLINDER SLEEVE, TECHNOLOGICAL PROCESS, CUTTING MODE,  
TIME STANDARDS, TECHNOLOGICAL OPERATION, HONING, QUALITY  
ASSESSMENT METHODS

**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  
ГІЛЬЗИ ЦИЛІНДРА 420–01105.15.01 ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ  
ХОПІНГУВАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Студент

Р.О. Карпов

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	8
Розділ 1. Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	10
1.1 Аналіз службового призначення машини, деталі. Опис їх конструктивних особливостей і умов експлуатації	10
1.2 Аналіз технічних умов і вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	15
1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації	18
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	21
1.5 Аналіз базового технологічного процесу	23
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	24
Розділ 2. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	25
2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі	25
2.2 Вибір і обґрунтування способу виготовлення	26
2.3 Розрахунок припусків на поверхні обертання	31
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки	35
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	39
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	42
2.7 Визначення режимів різання	43
2.8 Технічне нормування операцій	55
2.9 Проектування верстатного пристрою	58

Розділ 3. Науково-дослідна частина. Використання інструментів прогнозування якості продукції для виявлення слабких ділянок технологічного процесу	70
3.1 Загальна характеристика системи управління якістю	70
3.2 Застосування матричного методу для виявлення слабких місць технологічного процесу виготовлення гільзи циліндру	71
Висновки	81
Список використаних посилань	82
Додаток А Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	
Додаток Б Розрахунки припусків	
Додаток В Специфікація	
Додаток Г Креслення заготовки	
Додаток Д Креслення маршруту обробки	
Додаток Е Креслення налагодження	
Додаток Ж Креслення верстатного пристрою	
Додаток К Креслення деталі	



## ВСТУП

Особливості сучасного розвитку машинобудівного виробництва – це постановка завдань, що направлені на скорочення термінів розробки технологічних процесів та підвищення якості проектних рішень.

**Актуальність проблеми.** Проектування технологічного процесу в сучасних умовах вимагає враховувати характер виробництва і оперативну можливість коригування технологічного процесу на кожному із етапів проектування. Модернізація сучасного промислового потенціалу, у зв'язку з економічною ситуацією в Україні, вимагає зростання фондооснащеності, технічного переозброєння, швидке оновлення основного капіталу, що спричиняє зменшення термінів розробки та освоєння, підвищення конкурентоспроможності кінцевого продукту на ринку. Для реалізації даної стратегія необхідно залучати науковий потенціал країни.

**Зв'язок магістерської роботи з науковими програмами, темами, планами.** Тематика дипломної роботи за кваліфікаційним рівнем магістра ґрунтується на діючому науковому напрямку дослідження кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів СумДУ та містить розробки з вдосконалення технологічних процесів – номером державної реєстрації 0116U000933.

**Об'єктом дослідження** є процес виготовлення гільзи циліндра 420–01105.12.01.

**Предмет дослідження** – особливості використання інструментів прогнозування якості продукції для виявлення слабких ділянок технологічного процесу при виготовленні деталі «Гільза циліндра 420–01105.12.01».

**Мета роботи** є виконання дипломного проекту за освітнім рівнем магістра з удосконаленням механічних процесів виготовлення гільзи циліндра шляхом модернізації хонінгувальної операції.

### **Завдання роботи:**

1) Зробити аналіз конструктивних особливостей деталей типу втулка, виявити та виправити недоліки технологічних процесів обробки;

- 2) Зробити аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі;
- 3) Модернізувати технологічний процес обробки гільзи.

**Методами дослідження є:**

- теоретичний аналіз конструкції деталі та технології її виготовлення;
- систематизація даної інформації;
- моделювання методів, направлених на реалізацію технології виявлення

слабких ділянок технологічного процесу при виготовленні деталі «Гільза циліндра 420–01105.12.01».

**Наукова новизна:**

- систематизація існуючих технологічних процесів, технологій та конструкцій;
- розроблений удосконалений статистичних методів виникнення ризиків і відмов технологічних процесів;
- сформовано математичний апарат для визначення відмов на кожному етапі технологічного процесу виготовлення гільзи циліндру.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати, отримані в результаті проведення досліджень, можуть бути рекомендовані до використання під час виготовлення деталей даного типу на підприємствах машинобудівного комплексу.

**Внесок здобувача.** Результати досліджень були розроблені здобувачем під чітким керівництвом наукового керівника.

**Структура дипломної роботи:** вступ, 3 розділи, 8 додатків, список використаних посилань з 29 найменувань, обсяг роботи 85 сторінок.

## РОЗДІЛ 1.

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Гільза циліндра 420-01105.12.01 – найвідповідальніша деталь двигуна внутрішнього згорання СМД-60, який складається з наступних вузлів:

- блоку циліндрів;
- газорозподільного механізму;
- охолоджуючо-змащуюча система;
- блок живлення;
- блок запалювання.

До складу кривошипно-шатунного (КШМ) механізму входять чотири циліндри, що розташовані в блоці з поршнями, шатунами та колінчастим валом (рис.1.1).

Параметри, що характеризують двигун СМД-60:

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| – ступінь стиснення            | 6 ... 15        |
| – швидкість поршня:            | 9 ... 15 м / с; |
| – коефіцієнт наповнення:       | 0,75 ... 0,85;  |
| – коефіцієнт надлишку повітря: | 0,75 ... 0,95.  |

На КШМ спричиняється тиск газів, які утворюються внаслідок згорання паливно-повітряної суміші, перетворюючи зворотно-поступальні рухи поршнів в обертальний рух колінчастого валу. Основні деталями механізму: деталі циліндро-поршневої групи (ЦПГ): гільза циліндра 4, поршень 1, поршневі кільця і палець 2 (рис. 1.1) Деталі ЦПГ змушені працювати під впливом високих температур і сил інерції, які виникають при згорянні палива.

Основними вимогами до двигунів внутрішнього згорання, є економічність, надійність роботи, ремонтпридатність, ергономічність,

плавність роботи і відсутність вібрацій. Двигун автомобіля повинен мати мелі габарити і вагу, але достатню потужність.

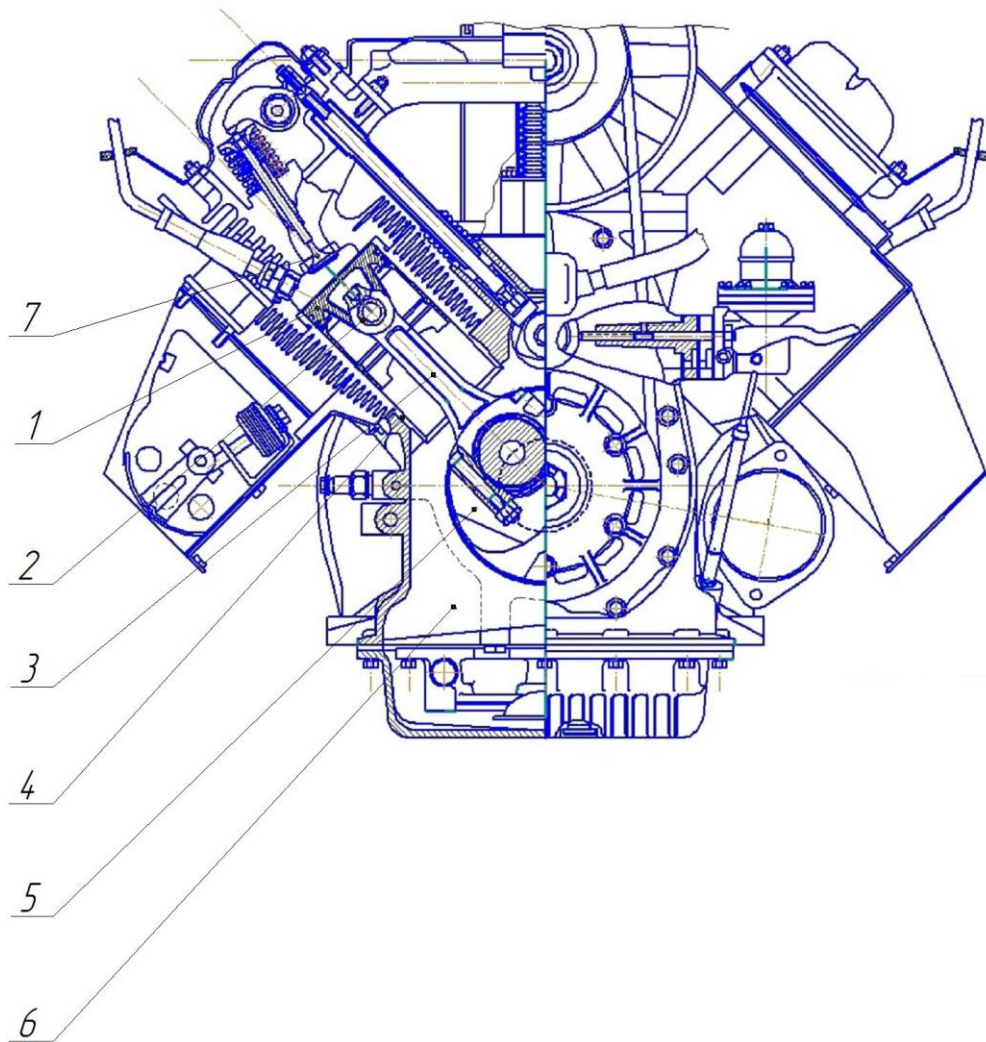


Рисунок 1.1 – Ескіз двигуна внутрішнього згорання

Гільза циліндрів, що працює разом із поршнями і кільцями, утворює об'єм, в якому енергія процесу згорання палива перетворюється в механічну енергію. Основний показник якості - ресурс, що становить для автомобіля 400 - 500 тис.км пробігу.

Гільзи, виготовленія зі спеціального чавуну (табл.1.1.), запресовують у відлитий чавунний блок циліндрів. Ззовні здійснюється омивання гільзи охолоджувальною рідиною. Внутрішня поверхня А (рис.1.2) – напрямна для поршня, також є камерою спалювання паливно-повітряної суміші.

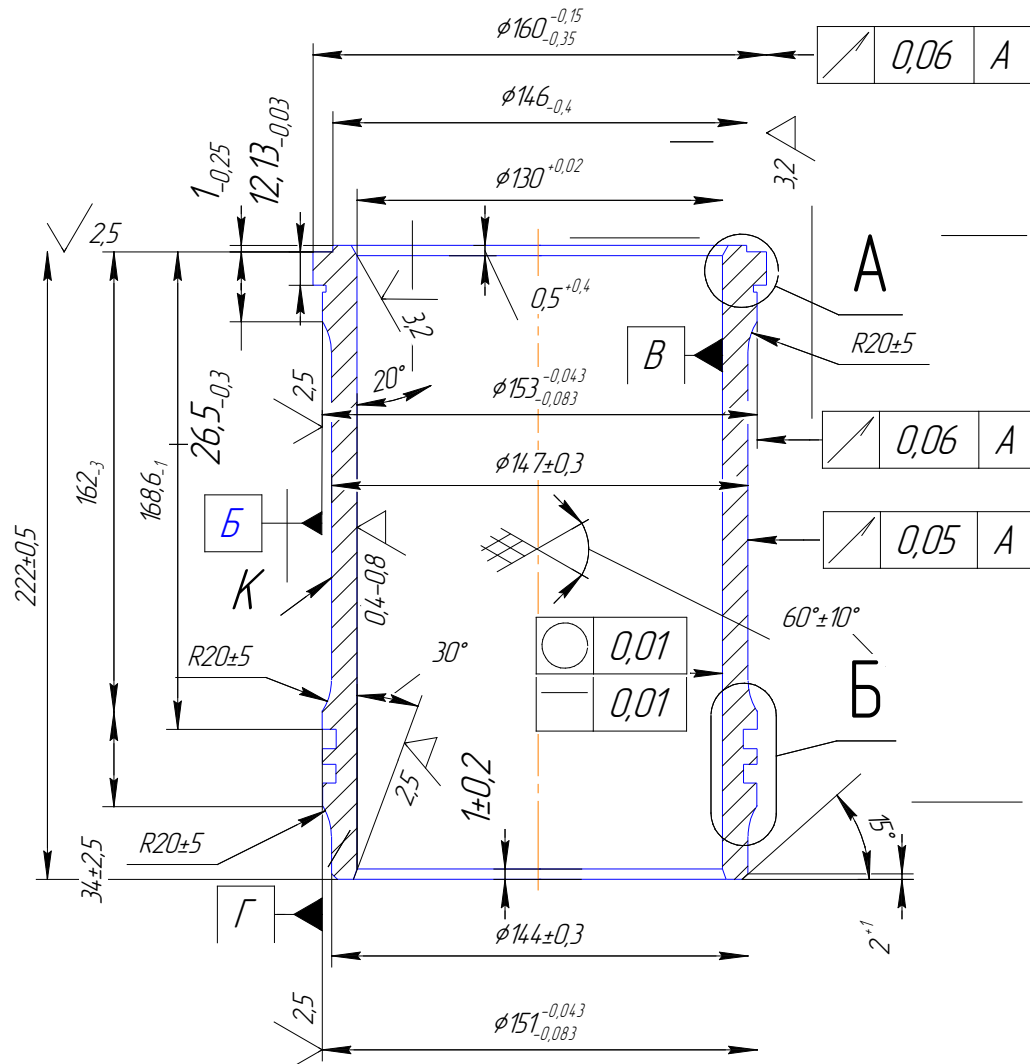


Рисунок 1.2 – Ескіз гільзи циліндра

Гільза циліндра відноситься до гільз "мокрого" типу. Для щільного з'єднання гільзи з блоком циліндрів встановлюють гумові кільця. У верхній частині встановлюється кільце під бурт (поверхня Д) (рис.1.1) в проточку глибиною  $0,45 \pm 0,15$  мм з  $R = 0,8-0,4$ мм.

У нижній частині гільзи встановлюються кільця в канавках гільзи розмірами:  $\text{Ø}142,5_{-0,25}$ ,  $b = 6,8$ Н13 $^{+0,22}$  і  $\text{Ø}151$ f2. Гільза – деталь типу тіл обертання. Вона має зовнішній діаметр  $\text{Ø}160$ d11, внутрішній діаметр  $\text{Ø}130^{+0,03}$ , довжина становить  $222 \pm 0,575$ мм, товщина стінки - 15мм (на бурту), а мінімальна - 6,25 мм.

Основними поверхнями деталі є поверхні, що виконують функціональне навантаження. До робочих поверхонь відноситься поверхню А (рис.1.2), яка

утворює камеру згорання. Їй характерна висока точність розмірів  $\varnothing 130^{+0,03}$  мм, допуск круглості і циліндричності 0,008 мм, низька шорсткість  $Ra = 0,4$  мкм.

Поверхні В, Б і Д – це основні конструкторські бази, за їх допомогою гільза розміщується в блоці циліндрів. Поверхні В і Б являють собою подвійну напрямну базу, яка позбавляє деталь 4-х ступенів вільності, поверхня Д – опорна база, позбавляє одного ступеня вільності. Верхній торець деталі являється допоміжною конструкторською базою, перераховані вище проточки та канавки також є допоміжними конструкторськими базами. Решта поверхонь гільзи – вільними.

В процесі експлуатації гільза працює в складних умовах циклічних навантажень, екстремально-високих температур (до  $2500^{\circ}\text{C}$ ) і тисків ( $35\text{кгс}/\text{см}^2$ ). Камера згорання, яка утворена гільзою, повинна бути герметичною і зносостійкою, адже по дзеркалу робочої поверхні А (рис.1.2) з частотою до 2100 об/хв ковзає поршень з поршневыми кільцями.

Зовнішні поверхні деталі стикаються з сорочкою блоку циліндрів, усередині якої циркулює охолоджуюча рідина, її температура в робочому режимі не повинна перевищувати  $85 \dots 90^{\circ}\text{C}$ .

Класифікація поверхонь гільзи циліндру наведена на рисунку 1.3

Таблиця 1.1 – Класифікація поверхонь гільзи циліндру

Вид поверхні	Номери поверхонь
Виконавча	13
Основні конструкторські бази (ОКБ)	6,11,12
Допоміжні конструкторські бази (ДКБ)	1,2,3,4,10
Вільні	5,7,8,9

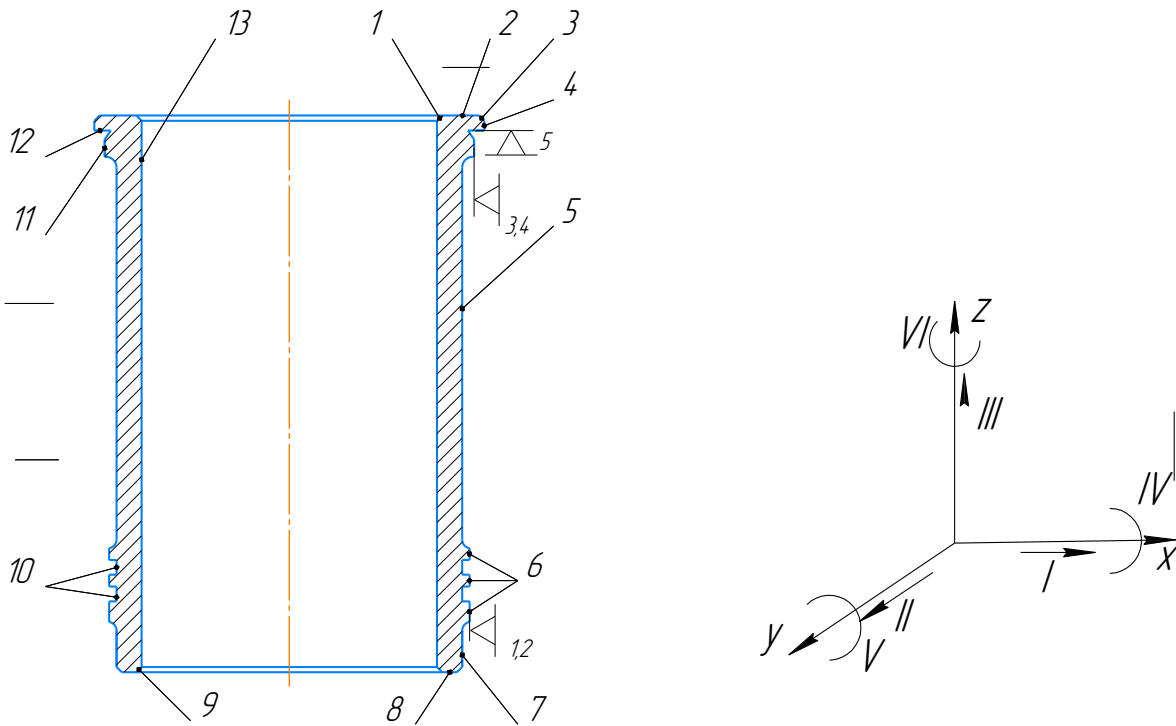


Рисунок 1.3 – Класифікація поверхонь гільзи

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	I,II,IV,V	Подвійна напрямна база
5	III	Опорна база
6	VI	Вакансія

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	1	1	0	Подвійна напрямна база
$\alpha$	1	1	0	
L	0	0	1	Опорна база
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	0	1	

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

Креслення гільзи циліндру 420-01105.12.01 наглядно представлено поздовжнім розрізом з двома місцевими виносками. Технічні вимоги зазначені на полі креслення у вигляді умовних позначень і текстом над основним написом. Представлена інформація дає можливість скласти повну картину про конструкцію деталі і достатня для її виготовлення.

Деталь має просту геометричну форму, що дозволяє застосувати високопродуктивний метод отримання заготовки – відцентрове литтям.

Матеріалом гільзи є чавун спеціальний легований, виготовлений на основі сірого чавуну, хімічний склад якого наведений в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад чавуну спеціального

Масова частка елемента, %								
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	Mo	P
3,2-3,5	1,8-2,4	0,6-1,0	0,2-0,5	0,22-0,5	0,5	0,12	0,5	0,4-0,7

Механічні властивості чавуну спеціального:

– Межа міцності при розтязії не менше 206 МПа, при згині не менше 392 МПа.

Твердість металічної основи 220 ... 270 НВ 2,5/187,5

Гільза повинна витримувати мікроструктуру чавуну по ГОСТ 3443-87:

– Графіт за формою: пластинчастий прямолінійний ПГф1, ПГФ2; за розподілом: рівномірний з колоніями пластинчастого графіту ПГр1- ПГФ2- ПГр3;

– Допускається фосфідна евтектика дрібнозерниста і гольчата ФЕ3 і ФЕ4, з розподілом включень евтектики у вигляді розірваної сітки ФЕр1, ФЕр2; металева основа - перліт пластинчастий і зернистий ПТ1, ПТ2 за кількістю П96 (Ф4) дисперсністю Пд05-1,0-1,4.



Зі службового призначення поверхні А (рис 1.2) робимо висновок, що до неї ставлять високі вимоги точності:

- Точність розміру ( $\text{Ø}130^{+0,03}\text{мм}$ );
- Точність форми – допуск круглості і циліндричної 0,008 мм;
- Шорсткість (геометрія поверхні А повинна носити плосковершинний характер з  $R_z = 6-8$  мкм,  $R_a = 0,6 - 1,0$  мкм,  $R_{\text{max}} = 9 - 12$  мкм із відстанню між западинами  $S_m = 0,06-0,130$  мм. Відносна опорна довжина профілю повинна скласти 60-85% на рівні 2 мкм від базової лінії) і висока міцність (межа міцності при розтягзі не менше 21 кгс/мм<sup>2</sup>, при згині не менше 44 кгс/мм<sup>2</sup>). Недотримання даних вимог може призвести до виникнення теплових зазорів та заклинювання поршнів, або навпаки, перекосу і підвищеного зношення робочих поверхонь гільзи і поршня.

Геометрія дзеркала гільзи являє собою собою чітку сітку пересічних штрихів западин і гребінців шорсткості, яку одержують після хонінгування, що дозволяє затриманню масла в западинах і покращує зносостійкість гільзи.

Гільза не повинна мати тріщин та раковин, місцевої рихлості, шлакових та інших сторонніх включень, та інших дефектів. На поверхні А не допускаються подряпини, чи дефекти, що можуть бути концентраторами напружень і можуть привести до подальшого катастрофічного зносу. Разом з тим, на зовнішніх поверхнях допускаються деякі незначні дефекти, зокрема:

- Раковини не більше 5мм на нижньому торці з виходом фаски і на верхньому посадковому паску;
- Раковини не більше 3мм на кожній циліндричній поверхні нижнього посадочного паска;
- Чорнота глибиною не більше 1 мм за винятком посадочних пасків.

На цих ділянках не відбувається контакту дзеркала гільзи з поршнем.

Невиконання даних вимог може спричинити збільшення або зменшення зазору при посадці гільзи в блоці циліндрів, що в процесі роботи може перерозподілити величину теплових зазорів та привести до підвищеного зносу, знизивши термін його служби.

Гільза циліндрів виконує основну функцію в роботі ДВЗ СМД-60, вимоги, що вказані щодо точності розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь, їх шорсткості і твердості є цілком обґрунтовані та відповідають рівню сучасного машинобудування.

На вільні поверхні граничні відхилення беруться по 14 квалітету, а шорсткість поверхонь становить  $Ra = 12,5$  мкм – це також цілком обґрунтовано.

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

Тип виробництва розраховується на основі коефіцієнту закріплення операцій  $K_{3,0}$  згідно ГОСТ 3.1108-74, що характеризує відношення технологічних операцій до числа робочих місць підрозділу [2]

$$K_{3,0} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} \quad (1.1)$$

де  $\Sigma O$  - сумарна кількість операцій;

$\Sigma P$  - сумарна кількість робочих місць.

Річна програма випуску  $N = 2500$  шт.

Режим роботи підприємства – 2 зміни/добу. Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.5

Таблиця 1.5 - Обґрунтування типу виробництва

Номер операції	Операція	$T_{шт}$	$m_p$	$P$	$\eta_{зф}$	$O$
005	Токарна багаторізева	2,25	0,040	1	0,040	18
010	Вертикально-розточувальна	2,15	0,039	1	0,039	18
015	Автоматна токарна	2,53	0,046	1	0,046	14
020	Вертикально-розточувальна	1,59	0,036	1	0,036	20
025	Автоматна токарна	3,01	0,054	1	0,054	12
030	Хонінгувальна	2,52	0,045	1	0,045	16
035	Токарна копіювальна	1,51	0,034	1	0,034	21
040	Токарна копіювальна	1,54	0,035	1	0,035	21
045	Хонінгувальна	1,70	0,031	1	0,031	22
050	Хонінгувальна	1,03	0,019	1	0,019	37
	Разом			10		199

На основі штучного часу по кожній операції, знаходимо кількість верстатів

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{zn}}, \quad (1.2)$$

де  $N$  - річна програма випуску, шт;

$T_{шт}$  - норма штучного часу, хв;

$F_d$  - дійсний річний фонд часу, год;

$n_p$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

Розрахуємо кількість верстатів на операції 005:

$$m_p = \frac{2500 \cdot 2,25}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,029$$

Приймаємо  $P = 2$  верстати. Решту результатів заносимо до таблиці 1.5

Знайдемо фактичний коефіцієнт завантаження:

$$\eta_{з.ф} = m_p / P, \quad (1.3)$$

$$\eta_{з.ф} = \frac{0,041}{1} = 0,041$$

Визначимо кількість операцій, що виконуються на одному робочому місці:

$$O = \frac{n_{з.н.1}}{n_{з.ф.}} \quad (1.4)$$

$$O = \frac{0,75}{0,041} = 17,5 \approx 18, \text{ приймаємо } O = 18$$

Знайдемо коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{3.0} = \frac{199}{10} = 19.9$$

Значення  $K_{3.0} = 19,9$  ( $10 < 19,9 < 20$ ) відповідає середньосерійному типу виробництва [5].

Середньосерійному типу виробництва притаманна обмежена номенклатура виробів, які виготовляються партіями з порівняно великим об'ємом випуску, які періодично повторюються.

У середньосерійному типі виробництва використовують універсальне і спеціалізоване устаткування, також застосовуються верстати з ЧПК, оброблювальні центри, автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, які зв'язані транспортними лініями. Устаткування розміщене по технологічних групах з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху.

Технологічне оснащення найчастіше універсальне. Але й застосовується універсально-складальне, переналагоджуване технологічне оснащення, що значно підвищує коефіцієнт оснащеності середньосерійного типу виробництва.

Кваліфікація робітників вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному.

Використовується універсальний і спеціальний ріжучий інструмент .

Використовується контрольно-вимірювальний інструмент: калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Відповідно до даного типу виробництва встановлюється групова форма організації технологічного процесу.

Визначаємо кількість деталей у партії:

$$n = \frac{N_p \cdot a}{254} \quad (1.5)$$

де  $N_p$  - річна програма випуску, шт;

$a$  - періодичність запуску [3].

$$n = \frac{2500 \cdot 24}{254} = 239,7шт$$

Приймаємо  $n = 260$  шт.

#### 1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз умов роботи деталі показав, що матеріал деталі – спеціальний чавун – цілком забезпечує вимоги міцності, тепло- і зносостійкості. Крім цього, чавун має гарні ливарні та механічні властивості, тому обробляється всіма доступними видами лезвійного інструменту, особливо з застосуванням твердосплавних пластин типу ВК8, ВК6, в наслідок чого чавун дає шорсткість поверхонь  $Ra = 20-1,6$  мкм, що прийнятно для даної проекрованої технології обробки гільзи циліндру.

Заготовка деталі одержується в ливарних цехах методом відцентрового лиття на машинах з горизонтальною віссю обертання моделі 4937А, що забезпечують високу продуктивність, точність, мінімальні припуски і низьку собівартість виробництва.

Деталь за своєю конфігурацією – технологічна і труднощів в процесі обробки не передбачається. Збільшення діаметрів гільзи плавне, без різких перепадів, спрямоване в одну сторону. У верхній частині гільзи, в районі буртика, йде зниження діаметра, що при обробці забезпечується поперечною підрізкою інструменту. Робоча поверхня гільзи гладка, без ступенів, що технологічно при механічній обробці.

Поверхні деталі мають також і нетехнологічні конструктивні елементи, а саме: проточки під верхнім буртом  $\varnothing 153$  глибиною 1,2 мм, радіусом заокруглення  $R1,2-0,2$  і кутом  $32 \pm 1^\circ$ . Понижують технологічність конструкції дві канавки в нижній частині деталі діаметром  $\varnothing 142,5-0,25$ , і радіусами заокруглень  $R1,5 \pm 0,2$ , вони потребують використання спеціального ріжучого інструменту та високоточного обладнання, яке забезпечить робочої хід на незначну величину в 0,2 мм. Застосування нестандартного інструменту необхідно і при виготовленні уступу над буртом, який виконується в розмір

Ø146-0,4. Фаски не уніфіковані – додатково підвищують трудомісткість обробки.

До не технологічних елементів необхідно віднести обробку радісних переходів R20<sup>+5</sup> у верхній і нижній частинах гільзи на Ø147±0,5 і Ø144±0,5, які потребують використання спеціального технологічного оснащення. Складність в обробці становить зняття внутрішніх не уніфікованих фасок у верхній і нижній частинах гільзи: 1,5 ± 0,3 під кутом 30° і 1<sup>+1</sup> під кутом 20°±5', що потребує використання додаткових інструментів з не оптимальними для різання головними кутами в плані: φ = 30° і φ = 20° замість φ = 45°.

На кресленні деталі використовується комбінований метод проставлення розмірів, що забезпечує безпосереднє вимірювання в процесі обробки, це дає можливість поєднати вимірювальні і технологічні бази, зводячи до нуля похибки базування.

Проведений аналіз показав, що в цілому деталь технологічна і в процесі її механічної обробки труднощів не передбачається.

### **1.5 Аналіз базового технологічного процесу**

Проведемо аналіз базового технологічного процесу виготовлення гільзи циліндру 420-01105.12.01.

Базовий технологічний процес обробки гільзи циліндру 420-01105.12.01 забезпечує задану точність і шорсткість поверхонь деталі, фізико-механічні показники поверхневого шару металу ґрунтується на аналізі службового призначення усіх поверхонь деталі, технічних вимог і умов її експлуатації. Технологічний процес був розроблений з урахуванням принципу поетапності: на початку виконуються всі чорнові операції, далі напівчистові, чистові, це дозволяє одержати задані параметри точності і якості (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Технологічний процес обробки гільзи циліндру

Номер операції	Назва операції	Короткий зміст операції	Обладнання
005	Відцентрове лиття		Машина для відцентрового лиття
010	Термічна		Піч для відпалу
015	Токарно-гідрокопіювальна	Обрізання кілець на торцях заготовки	Токарний гідрокопіювальний автомат моделі EM140
020	Вертикально – розточувальна	Розточити центральний отвір начорно	Вертикально – розточувальний чотирьох шпиндельний верстат моделі КЛ-А120
025	Токарно – гідрокопіювальна	Чорнова обробка зовнішніх поверхонь по контуру	Токарно – гідрокопіювальний верстат моделі EM225
030	Вертикально – розточувальна	Напівчистове розточування центрального отвору	Вертикально-розточувальний верстат моделі 2E78П
035	Токарно – гідрокопіювальна	Напівчистова обробка зовнішніх поверхонь по контуру, обробка канавок	Токарно – гідрокопіювальний верстат моделі EM225
040	Термічна	Досягнення необхідних властивостей матеріалу	Установка ТВЧ
045	Вертикально – хонінгувальна	Чорнове хонінгування отвору з шорсткістю $Ra = 3,2\text{мкм}$	Вертикально - хонінгувальний верстат моделі 3M86
050	Токарно – гідрокопіювальна	Точіння поясків під кільця	Токарний гідрокопіювальний автомат моделі EM140
055	Мийна	Промити деталі	Мийна машина
060	Контрольна	Контролювати розміри деталі у відповідності до креслення	Стіл ВТК

### 1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Розмірна точність поверхонь деталі забезпечується: достатньою кількістю стадій обробки, підбором ріжучого інструмента та засобами вимірювальної техніки, технологічним оснащенням, застосуванням відповідної МОР.

Слід зазначити, що послідовність призначення операцій для достатньої точності деталі визначена невірно, ступінь концентрації операцій замала. Застосовується застаріле обладнання.

Використання однієї хонінгувальної операції не забезпечить задану точність поверхні та шорсткістю  $Ra = 0,32$  мкм.

З метою модернізації технологічного процесу необхідно додати кілька хонінгувальних операцій, застосовувати високопродуктивного обладнання та різального інструменту, оснащеного новітніми матеріалами різальної частини.

Також необхідно спроектувати спеціальне пристосування для застосування на вертикально-свердлувальній операції.



## РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі

Аналізуючи базовий технологічний процес можна зробити висновок, що для виготовлення гільзи циліндра використовуються універсальні токарні, розточувальні та вертикально-хонінгувальні верстати. Але в умовах середньо-серійного типу виробництва слід використовувати більш продуктивніше обладнання, додати дві вертикально-хонінгувальні операції, що забезпечить необхідну точність поверхонь, знизить трудомісткість та підвищить продуктивність праці на даних операціях.

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний процес

Номер операції	Назва операції	Короткий зміст операції	Обладнання
1	2	3	4
005	Відцентрове лиття		Машина для відцентрового лиття
010	Термічна		Піч для відпалу
015	Токарно-багаторіздева	Обрізання кілець на торцях заготовки	Токарний багаторіздевий напівавтомат моделі 1Н713
020	Вертикально – розточувальна	Розточити центральний отвір начорно	Вертикально – розточувальний чотирьох шпіндельний верстат моделі КЛ-А120
025	Токарно – гідрокопіювальна	Чорнова обробка зовнішніх поверхонь по контуру	Токарно – гідрокопіювальний верстат моделі ЕМ225
030	Вертикально – розточувальна	Напівчистове розточування центрального отвору	Вертикально-розточувальний верстат моделі 2Е78П
035	Токарно – гідрокопіювальна	Напівчистова обробка зовнішніх поверхонь по контуру, обробка канавок	Токарно – гідрокопіювальний верстат моделі ЕМ225

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
040	Вертикально – хонінгувальна	Чорнове хонінгування отвору з шорсткістю $Ra = 3,2\text{мкм}$	Вертикально - хонінгувальний верстат моделі 3М86
045	Токарно – гідрокопіювальна	Точіння поясків під кільця	Токарно – гідрокопіювальний верстат моделі ЕМ225
050	Вертикально – хонінгувальна	Напівчистове хонінгування отвору з шорсткістю $Ra = 0,8\text{мкм}$	Вертикально - хонінгувальний верстат моделі 3М86
055	Вертикально – хонінгувальна	Чистове хонінгування отвору з шорсткістю $Ra = 0,32\text{мкм}$	Вертикально - хонінгувальний верстат моделі 3М86
060	Мийна	Промити деталі	Мийна машина
065	Контрольна	Контролювати розміри деталі у відповідності до креслення	Стіл ВТК

В удосконаленому технологічному процесі застосовується більш новітнє обладнання, це дозволяє забезпечити високу точність обробку, підвищення продуктивність праці, а також дозволить наймати менш кваліфікованих робітників, що дозволить заощадити видатки на заробітну плату.

## 2.2 Вибір і обґрунтування способу виготовлення

Задля раціонального виготовлення гільзи циліндру є необхідно виконати умову максимального приближення форми та розмірів заготовки до форми та розмірів деталі, саме тому проектування заготовки – важливий етап проектування технологічного процесу.

Вихідними даними для проектування є:

матеріал деталі – чавун спеціальний,

маса деталі  $m_{\partial} = 6,3$  кг,

річна програма випуску  $N=1000$  шт,

Заготовку гільзи циліндру можна отримувати кількома методами ливарного виробництва: литтям в кокіль та відцентровим литтям. На ТОВ «Мотордеталь-Конотоп» успішно використовується метод відцентрового лиття на машині

моделі 4937А, яка має горизонтальну вісь обертання. Це високопродуктивний і досить точний метод лиття, котрий дає змогу отримати щільну дрібнозернисту структуру, а також забезпечити необхідні фізико-механічні властивості матеріалу. Тому пропонуємо для отримання заготовки гільзи циліндра застосувати метод відцентрового лиття.

Визначаємо собівартість заготовки, отриманої методом відцентрового лиття за формулою [2], с. 31:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн} \quad (2.1)$$

де  $C_i = -$  базова вартість 1 тони заготовки, грн; [2], с.31, табл.2.6;

$C_{відц.} = 2800$  грн / т - вартість отримання 1т заготовок методом відцентрового лиття;

$S_{відх} = 330$  – вартість 1 тони відходів, грн; [2], с.32, табл.2.7;

$K_m = 1,05$  – коефіцієнт, що залежить від точності; [2], с.33;

$K_c = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності; [2], с.33, табл.2.8;

$K_g = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу; [2], с.33, табл.2.8;

$K_M = 0,82$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки; [2], с.34;

$K_n = 1,0$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки; [2], с.31, табл.2.6;

$Q$  - маса заготовки, кг;

$q$  – маса деталі, кг.

Таким чином, для заготовки, отриманої методом відцентрового лиття:

$$S_{заг} = \left( \frac{2800}{1000} \cdot 12,18 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \right) - (10,2 - 6,3) \cdot \frac{330}{1000} = 20,47 \text{ грн}$$

При конструюванні заготовки користуємося ГОСТ 26645-85 та визначаємо:

- клас розмірної точності 8;
- ступінь жолоблення елементів відливки 7;
- ступінь точності поверхонь 10;

- шорсткість поверхні відливки  $Ra = 12,5\mu\text{м}$ ;

- клас точності маси 7.

Тоді точність відливки 8-7-10-7т С<sub>м</sub> 0,8 ГОСТ 26645-85.

Визначимо припуски заготовки по ГОСТ 26645-85. Отримані результати заносимо до таблиці 5.1.

Зображуємо ескіз заготовки, яка отримана методом відцентрового лиття (рис.4.1).

Знайдемо масу заготовки за формулою:

$$m_z = V_{заг} \times \rho, \text{ кг} \quad (2.2)$$

де  $V_{заг}$  - загальний об'єм, що складається з простих фігур,  $\text{мм}^3$ ;

$\rho = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$  – густина чавуну;

Таблиця 2.2 – Розрахунок розмірів відливки згідно ГОСТ 26645-85

Розмір деталі, мм	Основний допуск	Додатковий допуск	Загальний допуск, мм	Кількість етапів обробки	Припуск на сторону	Розрахунок розміру заготовки	Остаточний розмір, мм
	Табл. 1	Табл. 2	Табл. 16		Табл. 9		
Ø160d11	2,8	0,64	3,2	4	2,5	$160+2,5 \times 2=165$	$165 \pm 1,6$
Ø153f7	2,4	0,5	2,4	4	2,0	$153+2,0 \times 2=157$	$157 \pm 1,2$
Ø147±0,5	2,4	0,5	2,4	2	1,6	$147+1,6 \times 2=150,2$	$150 \pm 1,2$
Ø151f7	2,4	0,5	2,4	4	2,0	$151+2,0 \times 2=155$	$155 \pm 1,2$
Ø144±0,5	2,4	0,5	2,4	2	1,6	$144+1,6 \times 2=147,2$	$147 \pm 1,2$
Ø130 <sup>+0,03</sup>	2,4	0,4	2,4	6	2,5	$130-2,5 \times 2=125$	$125 \pm 1,2$
223±0,575	2,8	0,8	2,4	3/3	2,3/2,3	$223+2,3+2,3=227,6$	$228 \pm 1,6$
13,13	1,4	0,4	3,2	3/3	2,3/1,4	$13,13+2,3+1,4=16,83$	17
27,5	1,8	0,4	2,0	3/2	2,3/1,5	$27+2,3-1,5=31,3$	31
163	2,8	0,64	3,2	3/2	2,3/2,0	$163+2,3-2,0=163,3$	163
34	1,8	0,4	2,0	2/2	2,0/1,5	$34+2,0+1,5=37,5$	37

Знайдемо загальний об'єм заготовки, розбивши її на елементарні фігури:

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + V_3 - V_4, \text{ мм}^3 \quad (2.3)$$

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L, \text{ мм}^3, \text{ мм}^3 \quad (2.3)$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 165^2}{4} \cdot 20 = 100036,31 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 157^2}{4} \cdot 11 = 111781,75 \text{ мм}^3$$

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H (R^2 + R \cdot r + r^2), \text{ мм}^3 \quad (2.4)$$

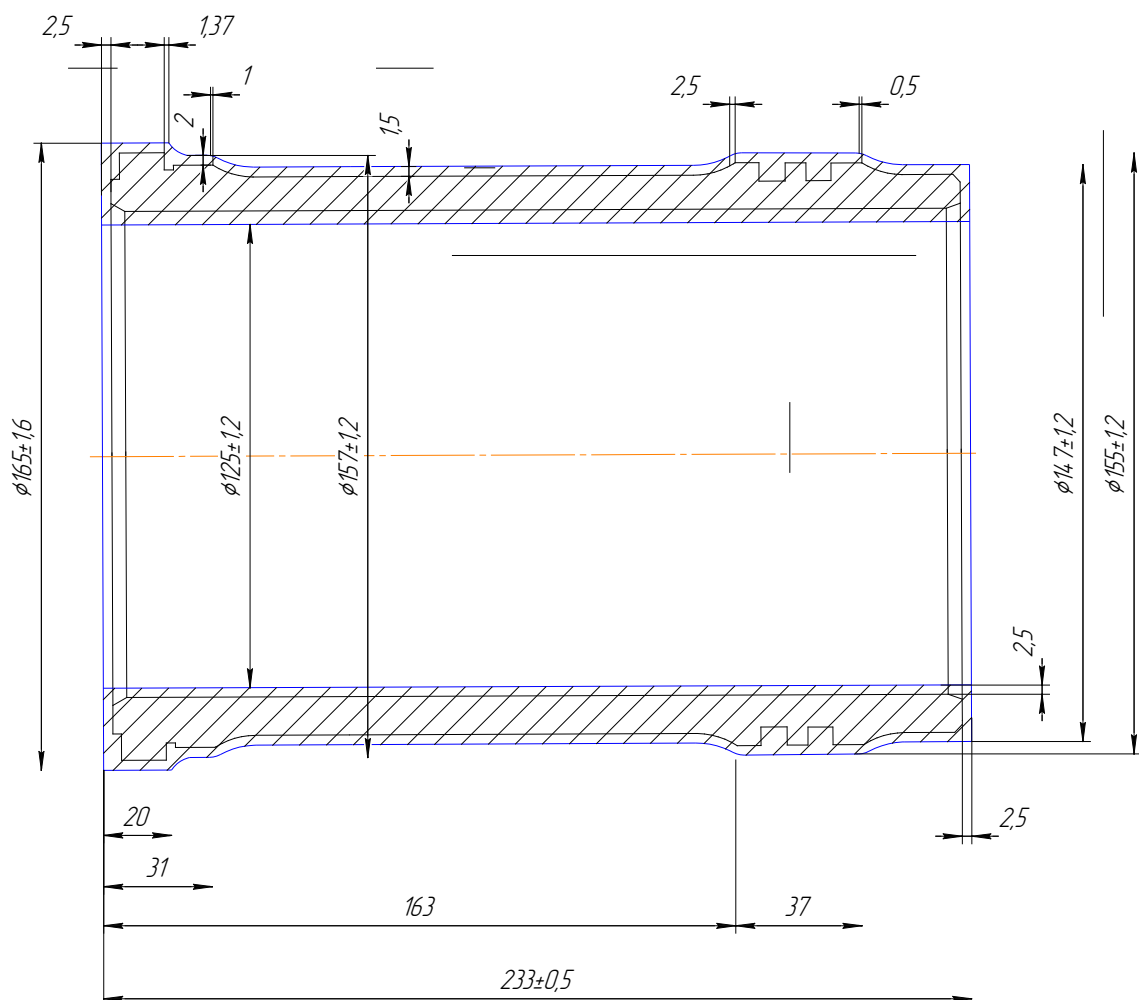


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки, виконаної методом відцентрового лиття

$$V_3 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 16,5 \cdot (78,5^2 + 78,5 \cdot 73,5 + 73,5^2) = 199731,35 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} \cdot 233 = 1146095,75 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 11,8 \cdot (77,5^2 + 77,5 \cdot 72,5 + 72,5^2) = 139059,98 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \frac{3,14 \cdot 147^2}{4} \cdot 132 = 331943,30 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = \frac{3,14 \cdot 155^2}{4} \cdot 37 = 97610,07 \text{ мм}^3$$

$$V_8 = \frac{3,14 \cdot 91,1^2}{4} \cdot 192,3 = 1255563,39 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{зар}} = 100036,31 + 111781,75 + 199731,35 + 1146095,75 + 139059,98 + 331943,30 \\ + 97610,07 - 1255563,39 = 870695,45 \text{ мм}^3$$

$$m_s = 870695,45 \cdot 7,1 \cdot 10^{-6} = 10,2 \text{ кг}$$

Розробимо технічні вимоги на заготовку:

1. Відливка 1-ї групи складності ГОСТ 977-88. Точність відливки 8- 7- 10- 7т См 0,8 ГОСТ 26645-85.

2. Хімічний склад чавуну спеціального:

$$C=3,2-3,5\%; \quad Cr=0,25-0,5\%;$$

$$Si=1,9-2,4\%; \quad Cu=0,15-0,4\%;$$

$$Mn=0,6-1\%; \quad P \leq 0,2\%;$$

$$S \leq 0,15\%; \quad Ti \leq 0,08\%;$$

$$C+Si=5,4-5,7\%.$$

3. Твердість металевої основи в робочій області гільзи 229 – 277 НВ.

4. Механічні властивості чавуну не нижче марки СЧ21 по ГОСТ1412-85. Межа міцності при розтягуванні не менше 21 кгс / мм<sup>2</sup>.

5. На поверхні допускаються окремі чисті раковини не більше 3 мм і глибиною до 1,5 мм.

6. Ливарні дефекти на зовнішній і внутрішній поверхнях гільзи не повинні розташовуватися семитрично.

7. На оброблених поверхнях допускаються дефекти ливарного характеру глибиною  $2/3$  припуску на механічну обробку;

8 Тріщини та неметалеві включення не допускаються.

### 2.3 Розрахунок припусків на поверхні обертання

Визначаємо припуски, допуски і міжопераційні розміри на діаметральний розмір деталі  $\varnothing 130^{+0,03}$  мм при допомозі ЕОМ розрахунково-аналітичним методом професора Кована В.М. [15].

Відповідно до маршруту механічної обробки даної поверхні, вона обробляється в п'ять етапів: чорнове і чистове розточування, триразове хонінгування. Необхідні дані для розрахунку на ЕОМ зводимо в додаток А.

Значення  $R_{z_{i-1}}$  и  $H_{i-1}$  визначалися за [3 табл.4.3,4.5, с.63-64], а величини просторових відхилень  $\rho_m$  визначимо за формулою:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ мкм} \quad (2.5)$$

де  $\rho_{см}$  - величина зміщення ступенів відливки, мкм;

$\rho_{кор}$  - величина викривлення заготовки, мкм.

В свою чергу:

$$\rho_{кор} = \left[ (\Delta_k \times D)^2 + (\Delta_k \times l)^2 \right]^{1/2}, \text{ мкм} \quad (2.6)$$

де  $\Delta_k$  - питома величина викривлення заготовки, мкм/мм,  $\Delta_k = 1,0$  мкм/мм;

$l$  - довжина заготовки, мм;

$D$  - діаметр заготовки, мм.

В цьому випадку отримаємо:

$$\rho_{кор} = \left[ (1 \times 160)^2 + (1 \times 222)^2 \right]^{1/2} = 274 \text{ мкм}. \quad (2.7)$$

Значення зміщення елементів відливання рівне:  $\rho_{см} = 1,2 \text{ мм}$  [ 17 ]; У результаті отримаємо:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{1,2^2 + 0,274^2} = 1231 \text{ мкм.}$$

Залишкові значення величин просторових відхилень визначалися з урахуванням коефіцієнта уточнення  $K_y$ :

$$\rho_{ост} = \rho_{i-1} \times K_y, \text{ мкм} \quad (2.8)$$

де  $K_{y1} = 0,06$  - для чорнового розточування;

$K_{y2} = 0,05$  - для чистового розточування;

$K_{y3} = 0,04$  - для першого хонінгування;

$K_{y4} = 0,02$  - для другого хонінгування.

У результаті отримаємо:

$$\rho_1 = 1231 \times 0,06 = 74 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 1231 \times 0,05 = 62 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 1231 \times 0,04 = 49 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 1231 \times 0,02 = 25 \text{ мкм}$$

Похибки установки  $\varepsilon_y$  заготовки при обробці на лезвійних операціях беремо з [3], при хонінгуванні будуть відсутні, адже хонголовка в процесі обробки самоцентрується по осі отвору. Вихідні дані для розрахунків припусків для розміру  $\text{Ø}130^{+0,3}$  мм наведені на рисунку 2.2



## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - отверстие в заготовке с отверстием  $\phi 130^{+0.030}$   
0

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Преде- льные + откло- нения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шерохо- ватость Rz(i-1)	дефект слой h(i-1)	простр отклон p(i-1)	погрешность базир ЕБ(i)	закр Ез(i)
Отливка	кл. точн. 9	+1.200	-	-	-	-	-
	ГОСТ 26645-85	-1.200					
Черновое Растачивание	кавалитет 12	+0.400	200	300	1231	200	0
		0					
Чистовое Растачивание	кавалитет 10	+0.160	50	0	74	100	0
		0					
Первое хонингование	кавалитет 9	+0.100	25	0	62	0	0
		0					
Второе хонингование	кавалитет 8	+0.063	10	0	49	0	0
		0					
Третье хонингование	кавалитет 6	+0.030	5	0	25	0	0
	+0.030 0	0					

Рисунок 2.2 – Вихідні дані для розрахунків припусків  
для розміру  $\phi 130^{+0.3}$  мм

Подальші розрахунки припусків і операційних розмірів заготовки виробляємо за допомогою ЕОМ. Результати розрахунків представлені в додатку А.

Схему розташування припусків і допусків при обробці розміру  $\phi 130^{+0.3}$  мм наведено на рисунку 2.3

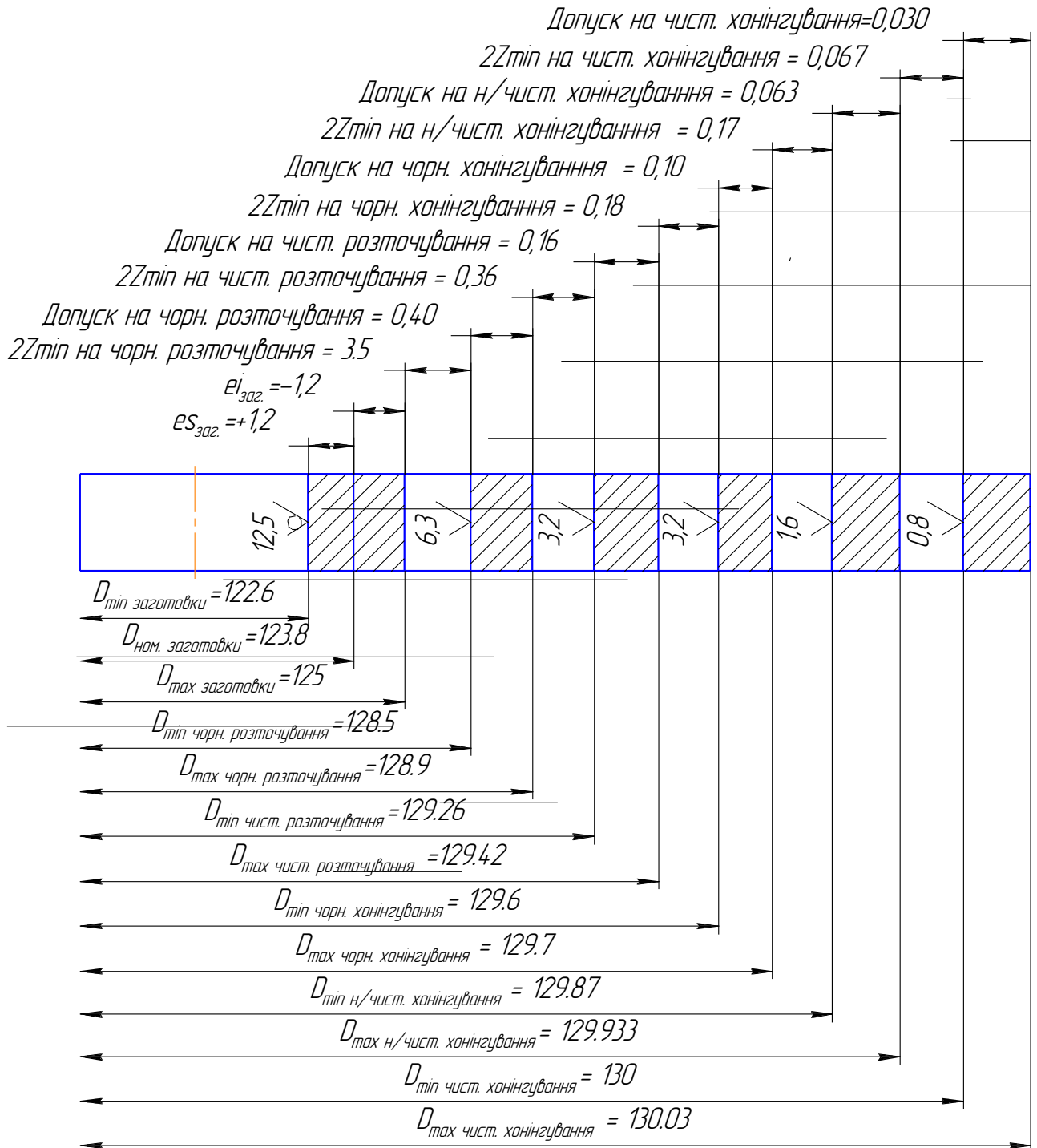


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків і допусків розміру  $\text{Ø}130^{+0,3}\text{мм}$

## 2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Вибір схем базування заготовки впливає не тільки на якість і точність оброблюваних поверхонь, а також на подальше обґрунтування вибору засобів технічного оснащення. Обрана схема базування повинна забезпечувати як принцип сталості, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки, а також багатоінструментальної обробки поверхонь

Розглянемо схему базування на токарно-автоматній операції 015 (рис.2.4).

На даній операції відбувається обробка чистових технологічних баз, тобто відрізання кілець, на які під час відцентрового лиття вимітаються неметалеві включення, також може утворитися газова порожнина. Під час обробки витримується розмір  $229h14$  мм і шорсткість поверхонь Ra 3,2 мкм.

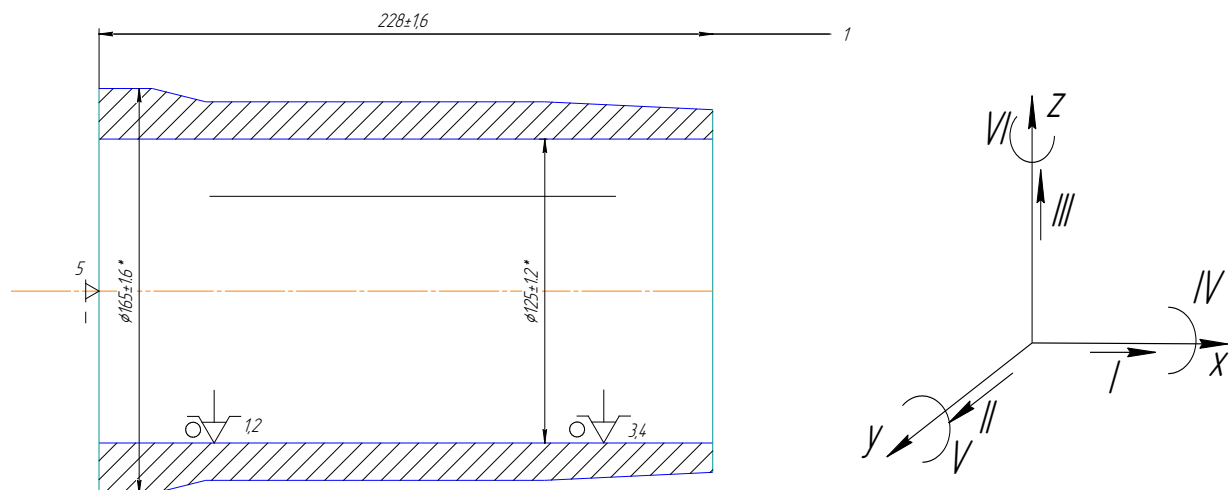


Рисунок 2.4 – Схема базування на 015 токарно-автоматній операції

Схема базування, наведена на рис. 2.4 – єдина можлива схемою базування для розглянутої операції. Закріплюється заготовка на спеціальній секторній оправці.

Деталь позбавляється п'яти ступенів свободи, забезпечуючи технологічні бази: подвійна напрямна - внутрішня циліндрична поверхня деталі  $\varnothing 125$ мм з відношенням  $d/l < 1$ , що позбавляє деталь 4-х ступенів вільності: переміщення і обертання по осях X і Y; опорна – лівий торець гільзи, позбавляє 1-го ступеня

свободи: переміщення по осі Z.

При даній схемі бузування похибка базування відсутня, адже технологічна та вимірювальна бази співпадають. Таблиця відповідностей і матриця зв'язків для розглянутої схеми базування відповідають даним табл. 2.3 та 2.4

Таблиця 2.3 – Таблиця відповідностей

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

Таблиця 2.4 – Матриця зв'язків

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

Розглянемо підбір схеми базування на 045 операцію – Хонінгувальна.

На хонінгувальній операції 045 виконується чорнове (перше) хонінгування внутрішньої циліндричної поверхні гільзи циліндра напрохід до розміру  $\varnothing 129,6^{+0,1}$ мм.

На рисунку 2.5 показано єдино можливу схему базування заготовки на даній хонінгувальній операції. Під час хонінгування базування заготовки здійснюється по двом зовнішнім поверхням. Дана схема – єдина можлива схема базування. Заготівка закріплюється в спеціальному пристосуванні, що закріплюється на столі верстата.

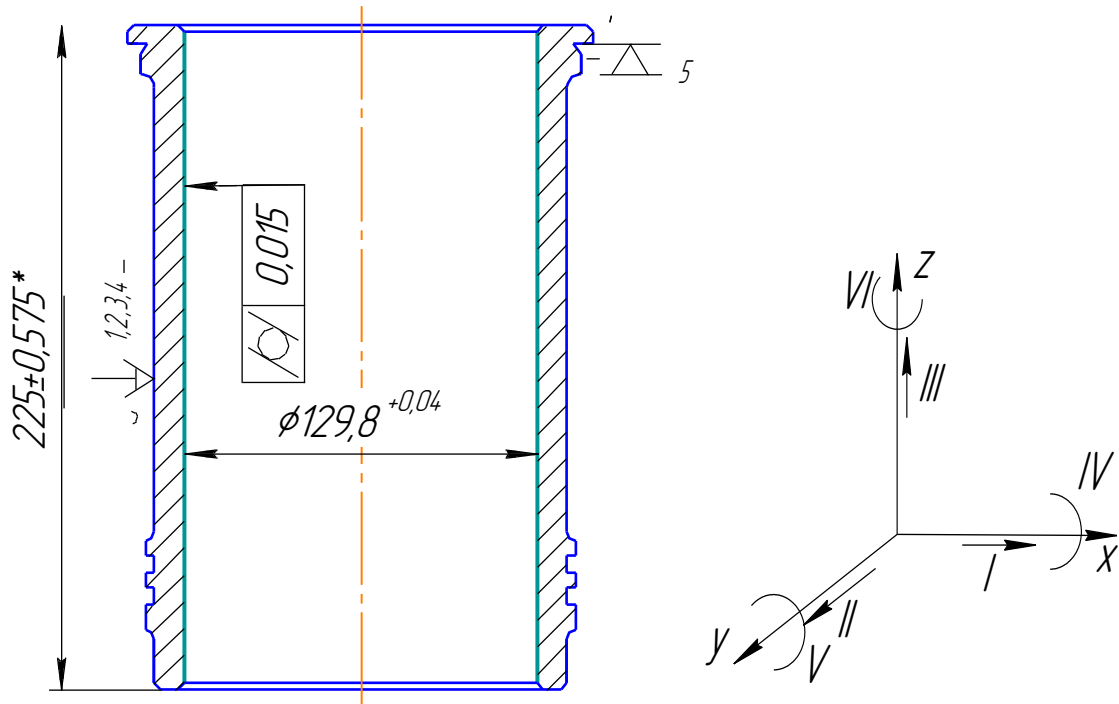


Рисунок 2.5 – Схема базування на 045 операції

Деталь в такому випадку позбавляється п'яти ступенів свободи, в якості технологічних баз виступають поверхні: подвійна напрямна - зовнішня циліндрична поверхня деталі  $\varnothing 150$ , що позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності: переміщення і обертання по осях  $X$  і  $Y$ ; опорна – торець бурта, позбавляє одного ступеня свободи: переміщення по осі  $Z$ . Ріжучий інструмент під час обробки – хонінгувальна головка, шарнірно закріплена до шпинделя верстата, яка саморозтискається по осі оброблюваного отвору.

При такій схемі базування похибка базування відсутня, адже технологічна та вимірвальна бази співпадають. Таблиця відповідностей і матриця зв'язків для розглянутої схеми базування відповідають даним табл. 2.5 та 2.6

Таблиця 2.6 – Таблиця відповідностей

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

Таблиця 2.6 – Матриця зв'язків

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

Проаналізуємо схему базування на токарно-гідрокопіювальній операції 050 (рис.2.6).

На цій операції здійснюється обробка чистових обробка зовнішньої поверхні гільзи. В ході обробки витримується розмір  $228 \pm 1,6$  мм і з шорсткістю поверхонь Ra 3,2 мкм.

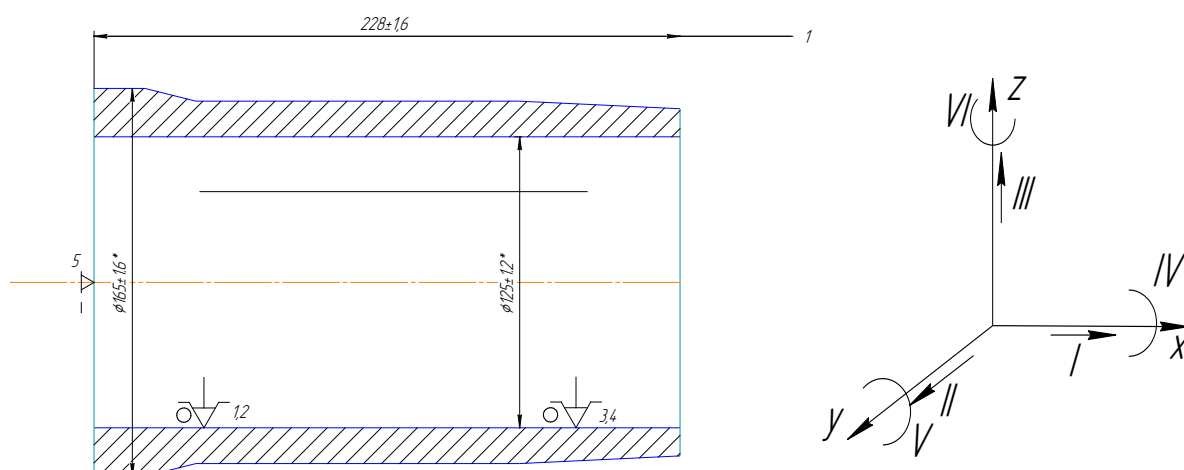


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 050 токарно-гідрокопіювальна

Схема базування, що наведена на рис.2.6 – єдина можлива схема базування для даної операції. Закріплюється заготовка на спеціальній секторній оправці.

Деталь позбавляється п'яти ступенів свободи. Мають місце технологічні бази: подвійна напрямна - внутрішня циліндрична поверхня деталі  $\varnothing 125$  мм, що позбавляє деталь 4-х ступенів вільності, а саме:

переміщення і обертання по осях  $X$  і  $Y$ ; опорна – лівий торець гільзи, що позбавляє 1-го ступеня свободи: переміщення по осі  $Z$ .

При даній схемі базування похибка базування відсутня, так як технологічна та вимірювальна бази співпадають. Таблиця відповідностей і матриця зв'язків для розглянутої схеми базування відповідають даним табл. 2.3 та 2.4

## **2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів**

При виборі верстата необхідно керуватись такими вимогами:

- можливість виконання технологічних способів обробки поверхонь;
- тип виробництва;
- габарити робочого простору;
- необхідну потужність двигунів;
- кількість інструментів, які можна установити на верстаті [17].

У базовому технологічному процесі на розглянутих операціях використовуються: на токарній автоматній операції застосовується токарний гідрокопіювальний автомат моделі ЕМ140, на хонінгувальній операції – хонінгувальний напівавтомат моделі ЗМ83.

Аналіз використаного обладнання свідчить про доцільність його застосування в умовах середньосерійного виробництва. Під час застосування зазначеного обладнання методом автоматичного отримання на налагодженому верстаті досягається необхідна точність заданих розмірів. Кваліфікація верстатників – токар третього розряду, хонінгувальник – четвертого. В той же час, аналіз використаного обладнання свідчить, що у де-яких верстатів у заводському техпроцесі для обробки гільзи циліндра, завищені габарити робочого простору, тому доцільніше підібрати рівні за ступенем автоматизації верстати, але з меншими габаритними розмірами.

Таблиця 2.7 – Вибір обладнання на аналізованій операції

Найменування операції	Найменування обладнання, що використовується в заводському технологічному процесі	Пропоноване найменування обладнання
015 Автоматна токарна	Токарний гідрокопіювальний автомат моделі EM140	Токарний багаторізево-копіювальний напівавтомат 1Н713
040 Хонінгувальна	Хонінгувальний напівавтомат моделі 3М83	Хонінгувальний напівавтомат моделі 3М83
050 Токарно-гідрокопіювальна	Токарний гідрокопіювальний автомат моделі EM140	Токарний гідрокопіювальний автомат моделі EM225

На основі аналізу застосовуваних методів обробки, з огляду на потужність електродвигуна, розміри робочого простору та тип виробництва, запропоновано застосовувати верстати автомати та напівавтомати (таблиця 2.7).

Технічні характеристики даних верстатів наведені в таблицях 2.8 – 2.10

Операція 015 Автоматна токарна. Верстат моделі 1Н713 застосовується для токарної обробки деталей будь-якої конфігурації різної складності в умовах серійного виробництва: обточування циліндричних, конічних поверхонь.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики токарного багаторізево-копіювального верстата 1Н713 [6]

Найменування параметру	Значення параметру
Діаметр деталі над станиною, мм	400
Діаметр деталі над супортом, мм	250
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	500
Частота обертання шпинделя, об / хв	63...1250
Кількість швидкостей шпинделя	14
Швидкість руху повздовжньої і поперечної подачі супортів, мм/хв	25...400
Кількість подач	13
Найбільше поперечне робоче переміщення поперечного супорта, мм	200
Найбільше повздовжнє робоче переміщення повздовжнього супорта, мм	385
Електродвигун приводу головного руху, кВт	18,5
Габарити верстата (довжина x ширина x висота), мм	2435×1250×1985
Маса верстата, кг	4700



Операція 045 Вертикально-хонінгувальна. Верстат моделі 3М83 застосовується для остаточної обробки отворів циліндрів двигунів внутрішнього згорання, отворів шатунів, шестерень, пневмо- і гідроциліндрів.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики верстата 3М83 [6]

Найменування параметру	Значення параметру
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	135
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	400
Частота обертання шпинделя, об / хв	90...240
Кількість швидкостей шпинделя	10
Електродвигун приводу головного руху, кВт	10
Габарити верстата (довжина x ширина x висота), мм	1660x1580x3812
Маса верстата, кг	3300

Операція 050 Токарна гідро-копіювальна. Верстат моделі ЕМ225 застосовується для токарної обробки деталей будь-якої конфігурації різної складності в умовах серійного виробництва: обточування циліндричних, конічних поверхонь.

Таблиця 2.10 – Основні технічні характеристики токарного гідро-копіювального верстата ЕМ225 [6]

Найменування параметру	Значення параметру
1	2
Діаметр деталі над станиною, мм	500
Діаметр деталі над супортом, мм	350
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	600
Частота обертання шпинделя, об / хв	63...1250
Кількість швидкостей шпинделя	14
Швидкість руху повздовжньої і поперечної подачі супортів, мм/хв	25...400
Кількість подач	13
Найбільше поперечне робоче переміщення поперечного супорта, мм	200
Найбільше повздовжнє робоче переміщення повздовжнього супорта, мм	385

Продовження табл. 2.10

1	2
Електродвигун приводу головного руху, кВт	18,5
Габарити верстата (довжина x ширина x висота), мм	2435×1250×1985
Маса верстата, кг	3500

Зазначене вище металорізальне обладнання дозволить проводити високопродуктивну обробку поверхонь незалежно від кваліфікації робітників на попередньо налагоджених верстатах методом автоматичного отримання необхідної точності розмірів, що призведе до скорочення тривалості та собівартість механічної обробки заготовок.

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

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей вибір різального та контроль-вимірювального інструменту, його виду, конструкції та розмірів залежить від методів обробки, властивостей матеріалу заготовки, необхідної точності та якості оброблюваної поверхні.

Вибір різального інструменту, його конструкції, геометрії і габаритів, матеріалу ріжучої частини, залежить від матеріалу заготовки, стану її поверхневого шару та особливостей обробки деяких поверхонь заготовки. На основі попереднього аналізу, з урахуванням середньосерійного типу виробництва, в проектованому технологічному процесі застосуємо спеціальні нерозбірні верстатні пристосування (НСП), які оснащені пневматичними приводами (табл. 2.11).

При виборі ріжучих інструментів слід враховувати методи обробки поверхонь: підрізання торця, обробка центрального отвору, етапи обробки, габарити деталі і верстата, матеріал заготовки. При обробці спеціального чавуну використаємо матеріал ріжучої частини різців - ВК8 ГОСТ 3882-74, а при хонінгуванні – алмазні бруски на металевій зв'язці [7].

Таблиця 2.11 – Вибір технологічного оснащення на аналізовані операції

Найменування операції	Верстатні пристосування	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
015 Автоматна токарна	Спеціальна секторна оправка	Різець 2690-1019 ВК6 ГОСТ 19052-80 (2 шт)	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89
040 Хонінгувальна	Спеціальне верстатне двомісне пристосування	Спеціальна хонінгувальна головка, бруски алмазні 75x6x5x3 P50 АРК4 250/200 50 МК2 СТ СЕВ 204-75	Нутромір НИ 100-160- 0,01 ГОСТ 868-82, кільце установочне 0129,6±0,002 СТП М236.5019-10
050 Токарно-гідрокопіювальна	Спеціальна секторна оправка	Різець 2690-1019 ВК6 ГОСТ 19052-80 (2 шт)	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89

## 2.7 Визначення режимів різання

Розрахунки на токарно-автоматну операцію проводимо за довідником [6]

На операції 010 токарно-автоматній виконується підрізання торців з обох боків підрізними різцями з твердого сплаву ВК6 , припуск на обробку 2,2 мм.

Обираємо геометричні параметри різців (с.95 табл.45)

Головний кут в плані  $\varphi = 90^{\circ}$ ,

– задній кут  $\alpha = 6^{\circ}$  ;

– передній кут  $\gamma = 5^{\circ}$  ;

– кут нахилу ріжучої частини :  $\lambda = 0^{\circ}$

Знайдемо глибину різання при підрізанні торця, яка буде рівною припуску на сторону:

$$t = h = 2,2 \text{ мм}$$

Знайдемо подачу за формулою:

$$S_o = S_{\text{табл}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\varphi}, \text{ мм/об} \quad (2.10)$$

де  $S_{\text{табл}} = 0,8 \text{ мм/об}$  – табличне значення подачі по табл.11, с.266 [7];

$K_{Sd} = 0,8$  – перетин державки різця;

$K_{SN} = 1,0$  – міцність ріжучої частини;

$K_{SM} = 1,0$  – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY} = 0,85$  – схема закріплення;

$K_{SP} = 1,0$  – стан поверхні;

$K_{S\varphi} = 1,0$  – геометрія різця.

$$S_0 = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,55 \text{ мм/об}$$

Корегуємо за паспортними даними подачу токарно-багаторіздевого верстата 1Н713 після визначення швидкості руху подачі  $V_s$  поперечного супорту.

Обираємо період стійкості різця – приймаємо  $T = 60$  хв ([6], с.268).

Розрахуємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S_0^y} \cdot K_v, \text{ м/хв}, \quad (2.12)$$

де  $C_v=243$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу на швидкість різання (табл.17, с.269);

$T=60$  хв. – період стійкості (с.268);

$m=0,2$   $x=0,15$   $y=0,4$  - показники степені, що враховують вплив елементів режиму різання на швидкість різання (табл.17, с.269);

Поправочний коефіцієнт  $K_v$  знайдемо за формулою:

$$K_v = K_{MV} K_{IV} K_{IV} K_{YV} K_{RV}, \quad (2.13)$$

де  $K_{MV}$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки і для заготовки з чавуну визначається за формулою(табл.1, с.261):

$$K_{MV} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.14)$$

де  $HB=220$  – параметр твердості заготовки;

$n_v=1,25$  – показник степені для заготовки з чавуну, що обробляється різцем з твердого сплаву (табл.2 с. 262);

Знайдемо коефіцієнт  $K_{MV}$ : для заданих умов:

$$K_{MV} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,25} = 0,78,$$

$K_{IV}=0,85$  – коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні на швидкість різання (табл. 5 с.263);

$K_{IV}=1$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу ріжучого інструменту (табл. 6 с.263);

$K_{YV}=0,87$  ;  $K_{RV}=1$ – коефіцієнти, який враховують геометричні параметри різця (табл. 18 с.271);

Розрахуємо поправочний коефіцієнт  $K_V$  :

$$K_V = 0,78 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 = 0,58;$$

Тоді

$$V_p = \frac{243}{60^{0,2} 2,2^{0,15} 0,55^{0,4}} \cdot 0,58 = 70,12 \text{ м / хв.}$$

Розрахуємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot D}, \text{ об / хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 70,12}{3,14 \cdot 165} = 135,34 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче значення по паспортним даним верстата моделі 1Н713:  $n_d = 125$  об/хв.

Розрахуємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_p = \frac{\pi D n_d}{1000}, \text{ м / хв} \quad (2.15)$$

$$V_p = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 165 \cdot 125}{1000} = 65 \text{ м / хв}$$

Розрахуємо швидкість руху подачі поперечного супорту:

$$V_s = S_o \cdot n_d, \text{ мм / хв} \quad (2.16)$$

Для визначених умов обробки

$$V_s = 0,55 \cdot 125 = 68,75 \text{ мм / хв}$$

Коректуємо швидкість руху подачі за паспортними даними верстата 1Н713:  $V_s = 63 \text{ мм / хв}$

Тоді дійсне значення подачі на оберт поперечного супорта

$$S_{од} = \frac{V_s}{n_{\partial}} = \frac{63}{125} = 0,5 \text{ мм / хв}$$

Розрахуємо силу різання за формулою:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V_{\partial}^n \cdot K_p, \text{ Н} \quad (2.17)$$

Призначаємо коефіцієнт  $C_p$  та показники степені  $x$ ,  $y$ ,  $n$  (табл. 22, с.273)

$$C_p=92; x=1; y=0,75; n=0.$$

Поправочний коефіцієнт  $K_p$  знайдемо за формулою:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.18)$$

де  $K_{MP}$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки і для заготовки з чавуну визначається за формулою (табл.9, с.264):

$$K_{MP} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n, \quad (2.19)$$

де  $n=0,4$  – показник степені для заготовки з чавуну для сили різання  $P_Z$  (табл.9 с. 264);

$$K_{MP} = \left( \frac{220}{190} \right)^{0,4} = 0,93,$$

по табл. 23 знаходимо коефіцієнти:

$K_{\phi p}=1$  – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma p}=1$ ; – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda p}=1$ ; – коефіцієнт, який враховує вплив нахилу головного леза;

$K_{rp}=1$ ; – коефіцієнт, який враховує вплив радіуса вершини,

$$Kp = 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,93.$$

Отже,

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 65^0 \cdot 0,93 = 1120 \text{ Н.}$$

Розраховуємо потужність, витрачену на різання.

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z V_d}{60 \times 1020} = \frac{1120 \times 65}{60 \times 1020} = 1,25 \text{ кВт}$$

Під час обробки одночасно використовуються два інструменти, отже сумарна потужність різання

$$\sum N_{\text{різ}} = N_1 + N_2 = 1,25 + 1,25 = 2,5 \text{ кВт}$$

Перевіряємо чи достатня потужність верстату. Перевіряємо умову :

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}.$$

де  $N_{\text{шп}}$  – потужність на шпинделі верстату, кВт

$$N_{\text{шп}} = N_d \times \eta, \text{ кВт}$$

$N_d$  – потужність двигуна верстата кВт;  $N_d = 18,5$  кВт;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,80$ .

$$N_{\text{шп}} = 18,5 \cdot 0,85 = 14,8 \text{ кВт},$$

Умова виконується ( $2,5 < 14,8$ ) – обробка можлива.

Знайдемо основний час :

$$T_o = \frac{L}{V_s} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.20)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу інструмента, мм

$i$  – кількість проходів

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

де  $l$  – довжина обробки, мм;

$y$  – величина врізання, мм;

$\Delta$  – величина перебігу, мм;  $\Delta = 1 \dots 5$  мм, приймаємо  $\Delta = 2$  мм.

Довжина обробки під час відрізання знаходиться за формулою:

$$l = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (2.21)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр заготовки, мм;

$d$  – внутрішній діаметр заготовки, мм;

$$l = \frac{165 - 125}{2} = 20 \text{ мм}$$

Величину врізання розрахуємо за формулою:

$$y = t \cdot ctg90^\circ, \text{ мм} \quad (2.22)$$

$$y = 1,4 \cdot ctg90^\circ = 0$$

$$L = 20 + 0 + 2 = 22 \text{ мм},$$

$$T_o = \frac{22 \cdot 1}{63} = 0,27 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.12 – Режими обробки на переходи операції 015

Назва переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/об	n, хв <sup>-1</sup>	V, м/хв	i		
Підрізати торці одночасно, витримати розмір 225 мм	2,2	0,5	125	65	1	22	0,27

### Призначення режиму різання на хонінгувальну операцію

Розрахунки проводимо за довідником [11]

На хонінгувальній операції виконується хонінгування отвору на верстаті моделі 3М86 хонінгувальною головкою з алмазними брусками

АБ×100×8×5×3 АС 32 160/125 50 % М2-01 ГОСТ 52559 – 80.

1. Глибина хонінгування (табл. 55, с.301),  $t = 0,002$ мм.

2. Знайдемо подачу (табл. 55, с.301,):



$$S = 0,5 \times B, \quad (2.23)$$

де  $B$  – ширина бруска, мм.

$$S = 0,5 \times 7 = 3,5 \text{ мм/об}$$

3. Обираємо швидкість обертання хонінгувальної головки (табл. 55, с.301):

$$V = 75 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ об/хв} \quad (2.24)$$

$$n = \frac{1000 \times 75}{3,14 \times 129,8} = 188,3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспортним даним верстата:  $n_d = 180 \text{ об/хв.}$

5. Обираємо швидкість зворотного ходу хонінгувальної головки (табл. 55, с.301),

$$V_{зп} = 5 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнт відношення між швидкостями рівний:

$$K_v = \frac{V}{V_{зп}}, \quad (2.25)$$

$$K_v = \frac{75}{5} = 15,$$

що забезпечує оптимальний кут сітки при хонінгуванні гільзи в межах  $40^\circ - 50^\circ$ .

6. Для забезпечення рівномірного зняття металу по всій внутрішній поверхні гільзи потрібно забезпечити перебіг брусків за її межі на величину:

$$l_{пер} = \frac{1}{4} l_{бр}, \text{ мм} \quad (2.27)$$

В конструкції хонінгувальної головки застосовуються алмазні бруски, що розташовуються вздовж осі, довжиною 100мм.

В такому випадку:

$$l_{\text{пер}} = \frac{1}{4} \times 100 = 25 \text{ мм}$$

Довжина зворотно - поступального руху хона рівна:

$$L_{\text{зв}} = l_{\text{обр}} + 2l_{\text{пер}}, \text{ мм} \quad (2.28)$$

$$L_{\text{зв}} = 225 + 2 \times 25 = 275 \text{ мм.}$$

7. Розрахуємо основний час обробки на даному переході.

$$T_o = \frac{L}{n_o \times S_o} K, \text{ хв}$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує виважування і доводку при хонінгуванні,

$$K = 1,4.$$

$L_{\text{зв}}$  – довжина зворотно-поступального робочого ходу інструмента, мм

$$T_o = \frac{275}{180 \times 3,5} \times 1,4 = 0,61 \text{ хв}$$

Таблиця 2.13 – Режими обробки на переходи операції 040

Назва переходу	Параметри режимів обробки				L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/об	n, хв <sup>-1</sup>	V, м/хв		
Хонінгувати отвір попередньо, витримати розмір Ø126,85 <sup>+0,03</sup> мм	0,002	3,5	180	65	275	0,61

### Призначення режиму різання на хонінгувальну операцію

Розрахунки на токарно-автоматну операцію проводимо за довідником [6]

На операції 050 токарна гідрокопіювальна виконується чистова обробка зовнішньої поверхні різцем з твердого сплаву ВК6, припуск на обробку 0,8 мм.

Обираємо геометричні параметри різців (с.95 табл.45)

Головний кут в плані  $\varphi = 90^\circ$ ,

– задній кут  $\alpha = 6^\circ$ ;

– передній кут  $\gamma = 5^\circ$ ;

– кут нахилу ріжучої частини :  $\lambda = 0^{\circ}$

Знайдемо глибину різання при підрізанні торця буде рівною припуску на сторону

$$t = h = 0,8 \text{ мм}$$

Розрахуємо подачу за формулою:

$$S_0 = S_{\text{табл}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\phi}, \text{ мм/об} \quad (2.29)$$

де  $S_{\text{табл}} = 0,8$  мм/об – табличне значення подачі по табл.11, с.266 [7];

$K_{Sd} = 0,8$  – перетин державки різця;

$K_{SN} = 1,0$  – міцність ріжучої частини;

$K_{SM} = 1,0$  – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY} = 0,85$  – схема закріплення;

$K_{SP} = 1,0$  – стан поверхні;

$K_{S\phi} = 1,0$  – геометрія різця.

$$S_0 = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,55 \text{ мм/об}$$

Корегуємо за паспортними даними токарно-багаторіздевого верстата 1Н713 після визначення швидкості руху подачі  $V_s$  поперечного супорту

Розрахуємо період стійкості різця. Період стійкості токарного різця приймаємо  $T = 60$  хв ([6], с.268).

Знайдемо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S_0^y} \cdot K_V, \text{ м/хв}, \quad (2.30)$$

де  $C_V=243$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу на швидкість різання (табл.17, с.269);

$T=60$  хв. – період стійкості (с.268);

$m=0,2$   $x=0,15$   $y=0,4$  - показники степені, що враховують вплив елементів режиму різання на швидкість різання (табл.17, с.269);

Поправочний коефіцієнт  $K_V$  визначимо за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV} K_{IV} K_{YV} K_{RV}, \quad (2.31)$$

де  $K_{MV}$  - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки, для заготовки з чавуну розраховується за формулою (табл.1, с.261):

$$K_{MV} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_V}, \quad (2.32)$$

де  $HB=220$  – параметр твердості заготовки;

$n_V=1,25$  – показник степені для заготовки з чавуну, який обробляється різцем з твердого сплаву (табл.2 с. 262);

Знайдемо коефіцієнт  $K_{MV}$ : для заданих умов:

$$K_{MV} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,25} = 0,78,$$

$K_{IV}=0,85$  – коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні на швидкість різання (табл. 5 с.263);

$K_{IV}=1$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу ріжучого інструменту (табл. 6 с.263);

$K_{YV}=0,87$  ;  $K_{RV}=1$  – коефіцієнти, який враховують геометричні параметри різця (табл. 18 с.271);

Знайдемо поправочний коефіцієнт  $K_V$  :

$$K_V = 0,78 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 = 0,58;$$

Тоді

$$V_p = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 0,55^{0,4}} \cdot 0,58 = 70,12 \text{ м / хв.}$$

Розрахуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot D}, \text{ об / хв.} \quad (2.33)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 70,12}{3,14 \cdot 165} = 135,34 \text{ об/хв}$$

Прийmemo найближче значення по паспортним даним верстата моделі

1Н713:  $n_d = 125$  об/хв.

Знайдемо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_p = \frac{\pi D n_d}{1000}, \text{ м / хв} \quad (2.34)$$

$$V_p = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 165 \cdot 125}{1000} = 65 \text{ м / хв}$$

Розрахуємо швидкість руху подачі поперечного супорту:

$$V_s = S_o \cdot n_d, \text{ мм / хв} \quad (2.35)$$

Для визначених умов обробки

$$V_s = 0,55 \cdot 125 = 68,75 \text{ мм / хв}$$

Скоректуємо швидкість руху подачі за паспортними даними верстата 1Н713:  $V_s = 63 \text{ мм / хв}$

Тоді дійсне значення подачі на оберт поперечного супорта

$$S_{od} = \frac{V_s}{n_d} = \frac{63}{125} = 0,5 \text{ мм / хв}$$

Розрахуємо силу різання за формулою:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V_d^n \cdot K_P, \text{ Н} \quad (2.36)$$

Призначимо коефіцієнт  $C_P$  і показники степені  $x$ ,  $y$ ,  $n$  (табл. 22, с.273)

$$C_P = 92; x = 1; y = 0,75; n = 0.$$

Поправочний коефіцієнт  $K_P$  визначаємо за формулою:

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{RP}, \quad (2.37)$$

де  $K_{MP}$  - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки, для заготовки з чавуну визначається за формулою (табл.9, с.264):

$$K_{MP} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n, \quad (2.38)$$

де  $n=0,4$  – показник степені для заготовки з чавуну для сили різання  $P_z$  (табл.9 с. 264);

$$K_{MP} = \left( \frac{220}{190} \right)^{0,4} = 0,93,$$

по табл. 23 знаходимо коефіцієнти:

$K_{\varphi p}=1$  – коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma p}=1$ ; – коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda p}=1$ ; – коефіцієнт, який враховує вплив нахилу головного леза;

$K_{r p}=1$ ; – коефіцієнт, який враховує вплив радіуса вершини,

$$K_p = 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,93.$$

Отже,

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 65^0 \cdot 0,93 = 407 \text{ Н.}$$

Знайдемо потужність, витрачену на різання:  $N_{різ}=0,43 \text{ кВт}$

Під час обробки одночасно використовується два інструменти, отже сумарна потужність різання

$$\sum N_{різ} = N_1 + N_2 = 1,25 + 0,43 = 1,68 \text{ кВт}$$

Робимо перевірку чи достатня потужність верстату. Перевіряємо умову :

$$N_{різ} \leq N_{шп.}$$

де  $N_{шп}$  – потужність на шпинделі верстату, кВт

$$N_{шп} = N_d \times \eta, \text{ кВт}$$

$N_d$  – потужність двигуна верстата кВт;  $N_d = 18,5 \text{ кВт}$ ;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,80$ .

$$N_{шп} = 18,5 \cdot 0,8 = 14,8 \text{ кВт,}$$

Умова виконується ( $2,5 < 14,8$ ) – обробка можлива.

Розрахуємо основний час :

$$T_o = \frac{L}{V_s} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.39)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу інструмента, мм

$i$  – кількість проходів

$$L = l + y + \Delta = 228 + 2,0 = 230 \text{ мм}$$

де  $l$  – довжина обробки, мм;

$y$  – величина врізання, мм;

$\Delta$  – величина перебігу, мм;  $\Delta = 1 \dots 5$  мм, приймаємо  $\Delta = 2$  мм.

Величину врізання знайдемо за формулою:

$$y = t \cdot ctg90^\circ, \text{ мм} \quad (2.40)$$

$$y = 1,4 \cdot ctg90^\circ = 0$$

$$T_o = \frac{230 \cdot 1}{63} = 3,65 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.14 – Режими обробки на переходи операції 050

Назва переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/об	n, хв <sup>-1</sup>	V, м/хв	i		
Обробка зовнішньої поверхні, витримати розмір 228 мм	0,8	0,5	125	65	1	230	3,65

## 2.8 Технічне нормування операцій

Технічне нормування токарно-автоматної операції 015 виконуємо в наступній послідовності [8].

Гільза циліндра виготовлюється в умовах середньосерійного виробництва, то норма штучного часу на операцію знаходиться за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{a_{орг} + a_{відп}}{100}\right), \text{ хв} \quad (2.41)$$

де  $T_{оп}$  – оперативний час, хв.;

$a_{орг}$  – витрати часу на технічне обслуговування робочого місця, %;  $a_{орг} = 4\%$ ;

$a_{відп}$  – витрати часу на відпочинок та особисті потреби, %;  $a_{відп} = 4\%$

$$T_{оп} = T_0 + T_d, \text{ хв} \quad (2.42)$$

де  $T_0$  – основний час на операцію, хв;

$T_d$  – допоміжний час на операцію, хв;

Допоміжний час на операцію, хв, розрахуємо за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{пк} + T_{вим} + T_{зв}, \text{ хв} \quad (2.43)$$

де  $T_{уст}$  – час на установку та зняття деталі, хв;  $T_{уст} = 0,12$  хв.

$T_{пк}$  – час на прийоми керування, хв;  $T_{пк} = 0,376$  хв.

$T_{вим}$  – час на вимірювання, хв;  $T_{вим} = 0,09$  хв.

$T_{зв}$  – час на засоби вимірювання,  $T_{зв} = 0,2$  хв.

$$T_d = 0,12 + 0,376 + 0,09 + 0,2 = 0,79 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = 0,27 + 0,79 = 1,06 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = 1,06 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 1,14 \text{ хв}$$

Оскільки, гільза циліндра виготовляється в умовах середньосерійного виробництва, визначаємо технічні норми штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{п.з}/N_{зап}, \text{ хв} \quad (2.44)$$

Отже, штучно калькуляційний час складає:

$$T_{шт-к} = 1,14 + 20/236 \approx 1,24 \text{ хв}$$

Розрахунок норм часу на хонінгувальну операцію 045. Штучний час на операцію знайдемо за формулою (2.45). Допоміжний час на операцію розрахуємо за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{пер} + T_{вим}, \text{ хв} \quad (2.45)$$

$T_{уст}$  – час на установку і зняття деталі [9, с.32-63 карта 2]

$T_{пер}$  - час пов'язаний з переходом [9, с.64-74 карта 18]



$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання [9, с.191 карта 86]

$$T_d = 0,35 + 0,04 + 0,23 = 0,62 \text{ хв}$$

Кінцевий штучний час на хонінгувальну операцію:

$$T_{\text{шт}} = (0,61 + 0,62) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 1,33 \text{ хв}$$

Визначимо технічні норми штучно-калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/N_{\text{зап}}, \text{ хв} \quad (2.46)$$

Отже, штучно калькуляційний час складає:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,33 + 18/236 \approx 1,40 \text{ хв}$$

Технічне нормування токарно-гідрокопіювальної операції 050 здійснимо в наступній послідовності [8].

Гільза циліндра виготовлюється в умовах середньосерійного виробництва, то норма штучного часу на операцію розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{орг}} + a_{\text{відп}}}{100}\right), \text{ хв} \quad (2.47)$$

де  $T_{\text{оп}}$  – оперативний час, хв.;

$a_{\text{орг}}$  – витрати часу на технічне обслуговування робочого місця, %;  $a_{\text{орг}} = 4\%$ ;

$a_{\text{відп}}$  – витрати часу на відпочинок та особисті потреби, %;  $a_{\text{відп}} = 4\%$

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d, \text{ хв} \quad (2.48)$$

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

$T_d$  – допоміжний час на операцію, хв;

Допоміжний час на операцію, хв, розрахуємо за формулою:

$$T_d = T_{\text{уст}} + T_{\text{пк}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{зв}}, \text{ хв} \quad (2.49)$$

де  $T_{\text{уст}}$  – час на установку та зняття деталі, хв;  $T_{\text{уст}} = 0,12 \text{ хв}$ .

$T_{\text{пк}}$  – час на прийоми керування, хв;  $T_{\text{пк}} = 0,376 \text{ хв}$ .

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання, хв;  $T_{\text{вим}} = 0,09$  хв.

$T_{\text{зв}}$  – час на засоби вимірювання,  $T_{\text{зв}} = 0,2$  хв.

$$T_{\text{д}} = 0,12 + 0,376 + 0,09 + 0,2 = 0,79 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 3,65 + 0,79 = 4,44 \text{ хв}$$

$$T_{\text{шт}} = 4,44 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 4,8 \text{ хв}$$

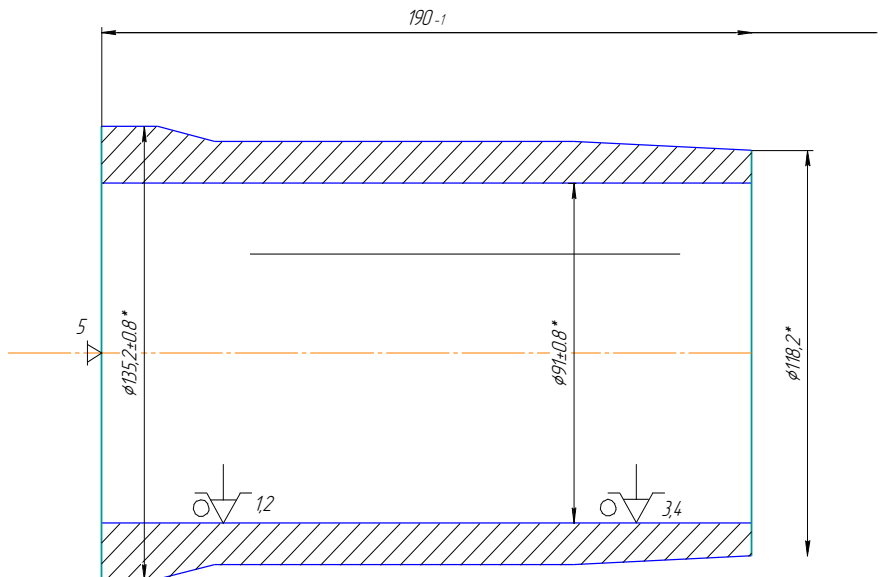
## 2.9 Проектування верстатного пристрою

При модернізації технологічного процесу виготовлення гільзи виникла необхідність спроектувати верстатний пристрій для закріплення заготовки при обробці на токарно-автоматній операції 055.

В базовому технологічному процесі на токарно-автоматній операції 015 проводиться відрізання кілець, одночасне підрізання двох торців гільзи, при цьому необхідно витримати розмір  $188,5 \pm 0,8$  мм.

В базовому технологічному процесі проводиться обробка на токарно-копіювальному багаторізцевому напівавтоматі моделі 1Н713. Робітник на даній операції четвертого розряду. Використання спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника до третього розряду, крім того, це дозволить знизити трудомісткість обробки та підвищити стабільність параметрів точності операції.

Операційний ескіз деталі зображено на рисунку 2.7



\* Розмір для довідок

Рисунок 2.7 – Операційний ескіз гільзи циліндру

На даній операції виконується, чорнове підрізання торців гільзи. Точність лінійного розміру 188 мм заданий з допуском  $T_1 = 1000$  мкм.

Точність форми на кресленні не обумовлено, тому приймаємо їх в межах допусків на відповідні розміри.

Діаметральні розміри обумовлені відхилення від циліндричної, відхилення від круглості у вигляді огранки і овальності. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск циліндричної становить 30% від допуску на розмір [10]:

$$T_{\phi 160} = 0,3 \times T_{\phi 160} = 0,3 \times 0,25 = 0,075 \text{ мм,}$$

$$T_{\phi 146} = 0,3 \times T_{\phi 146} = 0,3 \times 0,4 = 0,12 \text{ мм,}$$

$$T_{\phi 150,347} = 0,3 \times T_{\phi 150,347} = 0,3 \times 0,04 = 0,132 \text{ мм,}$$

$$T_{\phi 153} = T_{\phi 151} = 0,3 \times T_{\phi 153} = 0,3 \times T_{\phi 153} = 0,3 \times 0,04 = 0,012 \text{ мм,}$$

Ступінь шорсткості поверхонь в межах  $Ra=12,5$  мкм.

При виконання даної операції можуть реалізовуватися такі функції:  
Базування заготовки.

0. Закріплення заготовки.
1. Базування пристосування на верстаті.
2. Закріплення пристосування на верстаті.
3. Підведення і відведення енергоносія.
4. Утворення сили закріплення.
5. Управління енергоносієм.
6. Заміна настановних елементів.
7. Об'єднання функціональних вузлів.
8. Паралельна обробка поверхонь.
9. Холості ходи супортів верстата.
10. Створення безпечних умов праці.

До даної операції найбільш точніші вимоги висувають до внутрішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 94,8 \pm 0,9$ .

В якості головної базової поверхні приймаємо центральний отвір заготовки  $\varnothing 94,8 \pm 0,9$ , який є подвійною направляючою базою, яка позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності – двох поступальних і двох обертальних переміщень уздовж і навколо осей  $Z$  та  $Y$  при горизонтальному розташуванні осі  $X$  і осі заготовки. В якості опорної бази використаємо верхній торець деталі, що позбавляє заготовку ще одного ступеня вільності – поступального переміщення уздовж осі  $X$ . Отже, на даній операції заготовка позбавлена п'яти ступенів вільності. Обертання навколо власної осі –  $X$  є вакантним, цього цілком достатньо для точної токарної обробки, похибка базування дорівнюють нулю. Точність обробки лінійних розмірів знаходиться з умови поєднання вимірювальної та технологічної баз, в нашого випадку похибки базування на лінійні розміри рівна нулю.

Подальший аналіз показує, що параметри точності базових поверхонь можна порівняти з параметрами оброблюваних поверхонь і тому приймаємо схему базування з рис. 2.7.

Остаточний аналіз структури зав'язків робимо, побудувавши таблицю односторонніх зав'язків, (таблиця 2.15).

Таблиця 2.15 – Таблиця односторонніх зав'язків при закріпленні заготовки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R	R	R			R	R	R	R
	Сила закріплення			P	P	P	P						
	Сила тертя												

На заготовку накладено 9 односторонніх зав'язків. Тільки одна з них  $x'$ -повна, а всі інші – неповні, це обумовлено наявністю зазору між оправкою і отвором заготовки.

Щоб система стала врівноваженою, заготовку необхідно позбавити можливості переміщатися по координатах  $x$ ,  $\omega_x$ ,  $\omega'_x$ .

З набору функцій виділимо ті, що реалізуються протягом оперативного часу: 0, 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11. Функції 3, 4, 8 впливають на підготовчо-заключний час, функції 9, 12 прямого впливу на штучний час не роблять. На рис 7.2 представлена схема структури потоку функцій при їх послідовній реалізації.

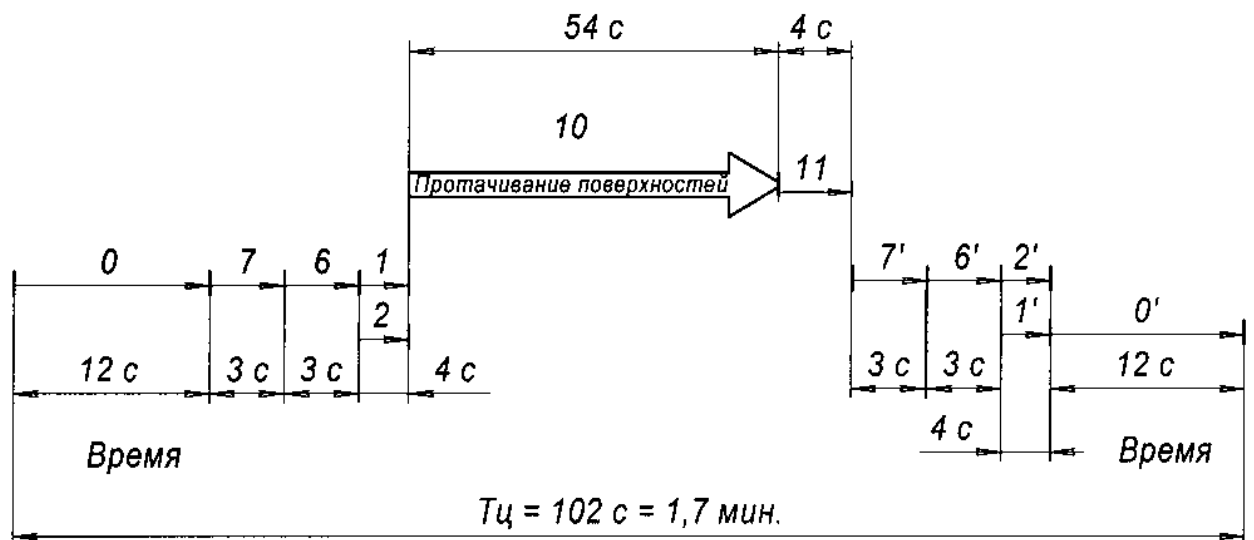


Рисунок 2.8 – Схема послідовної реалізації функцій

Представлена на рисунку 2.8 послідовна структура реалізації потоку функцій цілком задовольняє, оскільки її тривалість менше такту випуску:

$$T_c = 1,7 \text{ мин} \ll T_b = 2,41 \text{ мин.}$$

Для визначення сил закріплення заготовки на токарно-автоматній операції будуємо схему взаємного впливу поля сил, які обурюють і поля призначені врівноважити сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування рис. 2.9.

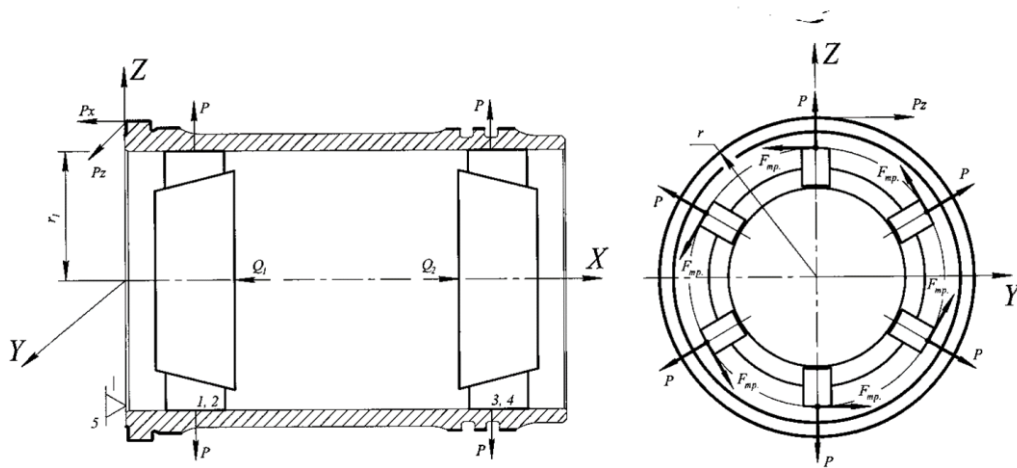


Рисунок 2.9 - Схема дії сил різання і сил закріплення заготовки у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування

Недоліком прийнятого способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення, виходячи з цього, в таблиці 2.16 представлена структура зв'язків, які виникають при закріпленні заготовки. Додаток сил закріплення виключає зазор і перетворює зв'язку  $y, y', z, z', \omega_z, \omega_z', \omega_y, \omega_y'$ , з неповних в повні, а також створює три відсутні до комплекту (12) зв'язку –  $x, \omega_x, \omega_x'$ .

Недоліком даної схеми є значний енергетичний рівень, так як урівноваження виконується непрямим методом – силами тертя. Але даний недолік компенсується простотою механізму – секторної оправлення з пневматичним приводом від верстата.

Таблиця 2.16 - Структура зав'язків, що виникають при закріпленні заготовки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega x$	$\omega' x$	$\omega y$	$\omega' y$	$\omega z$	$\omega' z$
Спосіб реали- зації	реакція		R	R	R	R	R			R	R	R	R
	сила закріплення			P	P	P	P			P	P	P	P
	Сила тертя	F(P)						F(P)	F(P)				

З огляду на те, що при точінні напрямом дії осьової складової сили різання  $P_x$  здійснюється уздовж осі оброблюваних поверхонь заготовки на опору (вздовж осі X), (рисунки 7.1 і 7.3), то розрахунок зусилля затиску заготівки з умови не відриву від опори проводити не потрібно.

Величину сумарного зусилля закріплення розрахуємо з умови непровороту заготівки на опорних поверхнях, позначається тангенціальною складової сили різання  $P_z$ .

Для надійного закріплення заготовки потрібно, щоб момент тертя перевищував момент різання:

$$M_{тр} \geq M_{рез}; \quad (2.50)$$

або:

$$M_{тр} = K_{зап} \times M_{рез}; \quad (2.51)$$

де  $M_{тр}$  - момент тертя, який створюється силами закріплення;

$M_{рез}$  - момент різання від сил різання;

$K_{зап}$  - коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу знайдемо з умови [5, 8, 19]:

$$K_{зап} = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6; \quad (2.52)$$

де  $K_0 = 1,5$  - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,1$  - коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при затупленні інструменту;

$K_2 = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує зміну припуску на обробку;

$K_3 = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує переривчасті умови різання;

$K_4 = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує рід приводу;

$K_5 = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує зручність в обслуговуванні приводу;

$K_6 = 1,5$  - коефіцієнт, який враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовлю на опорах.

В результаті отримаємо:

$$K_{зап} = 1,5 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 2,475.$$

Прийmemo  $K_{зап} = 2,5$ .

Момент різання знайдемо за формулою:

$$M_{рез} = P_z \times r; \quad (2.53)$$

де  $P_z$  - тангенціальна сила різання при точінні;

$r$  - максимальний радіус прикладання сили різання при найбільш навантажених умовах обробки;  $r = r_{max} = 80$  мм.

Сила різання при точінні визначається за формулою:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \quad (2.54)$$

де  $C_p = 92$  - для зовнішнього поздовжнього точіння чавуну твердосплавними різцями [8];

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0;$$

$$t = 0,35 \text{ мм} - \text{глибина різання};$$

$$S = 0,15 \text{ мм/об} - \text{подача різця};$$

$$V = 178,4 \text{ м/мин} - \text{швидкість різання};$$

$$K_p = K_{мр} \times K_{фр} \times K_{гр} \times K_r \times K_{гр}; \quad (2.55)$$

$K_{мр} = (HB/190)^n = (190/190)^{0,4} = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує міцність оброблюваного матеріалу;



$K_{\varphi} = 0,89$  - коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані ( $\varphi = 90^\circ$ );

$K_{\gamma} = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута різця ( $\gamma = 10^\circ$ );

$K_{\lambda} = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головної різальної кромки різця ( $\lambda = 0^\circ$ );

$K_{r} = 1,0$  - коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця.

$$K_p = 1,0 \times 0,89 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,89.$$

$$P_z = 10 \times 92 \times 0,35^{1,0} \times 0,150,75 \times 178,4^0 \times 0,89 = 68 \text{ Н.}$$

З урахуванням багато-інструментальної обробки сумарна сила різання буде рівна:

$$\sum P_z = P_z \times n \times K, \quad (2.56)$$

де  $n = 6$  - кількість одночасно працюючих різців;

$K = 0,7$  - коефіцієнт, який враховує ймовірність роботи на максимальних режимах різання одночасно;

$$\sum P_z = 68 \times 6 \times 0,7 = 286 \text{ Н.}$$

Момент тертя знаходиться з умови:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r_1; \quad (2.57)$$

де  $F_{тр}$  - сила тертя;

$r_1$  - радіус прикладання сили тертя;  $r_1 = 64,8$  мм;

$$F_{тр} = P \times f; \quad (2.58)$$

де  $P$  - сили закріплення;

$f$  - коефіцієнт тертя;  $f = 0,2$ ;

У підсумку, сила закріплення складає:

$$P = \frac{K_{зан} \times \sum P_z \times r}{r_1 \times f};$$

Після підстановки даних маємо:

$$P = \frac{2,5 \times 286 \times 80}{64,8 \times 0,2} = 4414 \text{ Н.}$$

Визначимо силу на штоці секторної оправлення, конструкція якої передбачає двоштоковий привід розтиску секторних кулачків оправлення. Загальна осьова сила Q розрахуємо за формулою:

$$Q = P[\text{tg}(\alpha + \varphi_1) + \text{tg}\varphi_2], \quad (2.59)$$

де  $\alpha = 10^\circ$  - кут клина секторів;

$\varphi_1, \varphi_2$  - с відповідно кути тертя на клині і напрямних секторів.

При  $\varphi_1 = 0,15$ ;  $\varphi_2 = \text{arc tg } f - \text{arc tg } 0,15 = 8,5^\circ$ , получим:

$$Q = 4414[\text{tg}(10^\circ + 8,5^\circ) + \text{tg}8,5^\circ] = 2339 \text{ Н.}$$

Враховуючи що:  $Q = Q_1 + Q_2$ , а також, що:

$$Q_1 = Q_2 = Q/2 = 2339/2 = 1169,5 \text{ Н.}$$

Знайдемо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi \times p \times \eta} + 2,5d_{ш}^2};$$

де  $d_{ш} = 2,5$  см - діаметр штока пневмоциліндра;

$p$  - тиск в пневмосистемі;  $p = 4$  кгс / см<sup>2</sup>;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії пневмопривода;  $\eta = 0,8$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 116,95}{\pi \times 4 \times 0,8} + 2,5d^2} = 7,3 \text{ см.}$$

Прийmemo найближчий більший діаметр пневмокамери із стандартного

ряду:  $D = 100$  мм [19].

За розрахунковим параметрам, які вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки, буде радіальне биття посадочних поверхонь оправлення. Цей параметр є однорідним з похибкою, на радіальне биття становить  $T \uparrow = 0,08$  мм і  $T \uparrow = 0,06$  мм. Тоді допустиму похибку пристосування знайдемо [5, 19]: [5, 19 ]:

$$E_{np} = T \uparrow - K \sqrt{(K_1 \times E_{\sigma})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_n^2 + (K_2 \times \omega)^2};$$

де  $K = 1,2$  - коефіцієнт, який враховує можливе відхилення від нормального закону розподілу окремих складових;

$K_1 = 0,8$  - для випадків, коли  $E \neq 0$

$E_{\sigma}$ - похибка базування, в нашому випадку при базуванні в розтисній оправці, вісь останньою поєднується з віссю заготовки і  $E_{\sigma} = 0$ ;

$E_3$  - похибка закріплення, в нашому випадку  $E_3 = 20$  мкм;

$E_y$  - похибка установки пристосування на столі верстата; приймаємо  $E_y = 20$  мкм;

$E_n$  - похибка від зносу настановних елементів пристосування. При рівномірному зносі оправлення не буде позначатися на радіальному битті заготовки, тому приймаємо  $E_n = 0$  мкм;

$E_{\pi}$  - похибка установки і перекос інструменту на верстаті. У нашому випадку це не вплине на результати обробки і приймаємо  $E_{\pi} = 0$ ;

$K_2 = 0,6$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\omega = 40$  мкм [8] - середня економічна точність обробки.

Для узгодження умов отримаємо:

$$E_{nz} = 60 - 1,2 \sqrt{0 + 20^2 + 20^2 + 0 + 0 + (0,6 \times 40)^2} = 15 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймемо допуск на радіальне биття посадочної поверхні оправлення в межах 15 мкм.

Спроектована верстатне пристосування – секторальна оправлення

складається з корпусу 1, в лівій частині якого застосовано посадковий конус метричний 80, за допомогою якого секторне оправлення встановлюється консольно в шпинделі верстата моделі 1Н713. Для передачі крутного моменту від шпинделя верстата до оправки встановлюється фланець 2, в отворах якого, розміщуються поводок 13 і шість кріпильних гвинтів 19.

У внутрішній частині корпусу 1 розміщені назустріч один одному по посадці  $\text{Ø}98\text{H}7/\text{f}7$  два розтискних конуса 5, які й отримують зустрічні осьові переміщення за допомогою двох тяги 8 і 9. При цьому, тяга 8 ковзає усередині корпусу 1 по посадці  $\text{Ø}50\text{H}11/\text{d}11$ , а тяга 9, в свою чергу, здійснює переміщення в осьовому напрямку всередині тяги 8 по посадці  $\text{Ø}40\text{H}11/\text{d}11$ . З'єднуються тяги 8 і 9 з розтискними конусами 5 за допомогою двох пальців 7. у радіальних пазах корпусу 1 на зовнішніх поверхнях розтискних конусів 5 розміщено два комплекти конічних секторів 4, при радіальних переміщеннях яких відбувається закріплення заготовки. У середній частині оправки для запобігання потрапляння бруду чи пошкодження рухомих елементів, встановлений кожух 6. З правого боку корпусу 1 оправлення закритий кришкою 3. Окрім цього, в центральній частині корпусу 1 встановлений упор 12, який фіксується від провороту трьома гвинтами 17. Тяги 8 і 9 секторної оправлення по внутрішнім різьбленням М33 і М20 з'єднуються зі штоками пневмоциліндрів верстата.

Заготівка посадковим отвором  $\text{Ø}129,6 + 0,1$  встановлюється на сектора 4 оправлення з упором в лівий торець про упор 12. Після подачі повітря до відповідних порожнини пневмоциліндрів штоки переміщують в протилежні сторони тяги 8 і 9 оправлення спільно з розтискними конусами 5, які і розтискають сектора 4, закріплюючи тим самим оброблювану заготовку. Розкріплення заготовки відбувається у зворотній послідовності.

**РОЗДІЛ 3.**  
**НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.**  
**ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ**  
**ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ СЛАБКИХ ДІЛЯНОК**  
**ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

**3.1 Загальна характеристика системи управління якістю**

ТОВ «Мотордеталь-Конотоп» реалізовує свої вироби на міжнародних ринках. Але особливою проблемою є необхідність гарантування відповідної якості продукції. Згідно з вимогами чинних нормативних документів до розв'язання даної проблеми слід підходити комплексно. Це досягається за допомогою системи управління якістю (СУЯ) для підприємства.

Будь-яка СУЯ представляє собою узагальнену структуру та чотирьох глобальних систем [25]:

- виробництва;
- моніторингу, вимірювання, аналізування і вивчення задля поліпшення;
- відповідальності керівництва, що включає стратегію і політику для досягнення сталого успіху;
- управління ресурсами.

Саме ці тенденції сприяли розвитку СУЯ, методів та інструментів моніторингу якості продукції та послуг. Науковці і провідні фахівці віддають перевагу методології процесного підходу, який ґрунтується на циклі Демінга «Plan-Do-Check-Act».

Головною задачею українських машинобудівних підприємств є налагодження оптимальної системи управління виробництвом, що забезпечить випуск конкурентоздатної продукції. Отже, з поміж наведених вище систем управління, у подальшому будемо розглядати власне СУЯ виробництва гільз циліндра для сільськогосподарчої техніки ТОВ «Мотордеталь-Конотоп».

### 3.2 Застосування матричного методу для виявлення слабких місць технологічного процесу виготовлення гільзи циліндру

Формування вдосконаленої системи управління виробництвом гільзи циліндра двигуна внутрішнього згорання базується використанням матричного методу, засобів контролю, аналізу і управління якістю продукції та рекомендацій чинних нормативних документів ДСТУ ISO 9000. Даний метод представили у своїх працях «львівська школа» спеціалістів в галузі СУЯ на чолі з професором Ваньком В.М.

Згідно з його роботами, одним з перспективних напрямків створення ефективних СУЯ виробництва вважається використання теорії матричного числення для порівняно простого аналітичного представлення технологічних і інших процесів. Головним завданням такої системи управління якості є послідовна реалізація всіх наступних стадій життєвого циклу машинобудівної продукції [27, 28]:

- проектування виробу у вигляді  $1, 2, \dots, a$  часткових векторів чи матриць якості  $|(Q_0)_{1-np}| \cdot \dots \cdot |(Q_0)_{a-np}|$ ;
- підготування виробництва продукції як множини  $|(Q_0)_{1-ns}| \cdot \dots \cdot |(Q_0)_{\sigma-ns}|$ ;
- комплекс технологічних процесів виробництва у вигляді  $|(Q_0)_{1-mn}| \cdot \dots \cdot |(Q_0)_{\sigma-mn}|$ ;
- вихідний контроль готового виробу як  $|(Q_0)_{s-ek}| \cdot \dots \cdot |(Q_0)_{s-ek}|$  [28].

При цьому кожна з цих стадій представляє собою сукупність різноманітних процесів, які описуються у множинах наведених часткових векторів або матриць якості за допомогою спеціально впорядкованих груп одиничних показників якості (ОПЯ). Відповідно до для кожної із наведених стадій життєвого циклу продукції характерна певна сукупність процесів, необхідних щодо її реалізації. А кожен процес чинні НД рекомендують розглядати у вигляді послідовності взаємопов'язаних елементів:

- джерел входів (попередні процеси від постачальників, замовників, інших зацікавлених сторін);

- комплексу входів (матерія, енергія і інформація у формі матеріалів, ресурсів і вимог);
- сукупності дій;
- комплексу виходів (матерія, енергія і інформація у формі продукції, послуги і рішення);
- одержувачів виходів (наступні процеси для замовників і інших зацікавлених сторін).

В якості можливих засобів контролю розглядаються контрольні точки, у яких здійснюється моніторинг та вимірювання дієвості процесу. Таке відображення типового технологічного процесу у практиці машинобудівних підприємств не завжди є адекватним – інколи на них суттєво впливають інші супровідні процеси чи зовнішні чинники.

Розглянемо як приклад комплекс процесів, пов'язаних із виробництвом гільзи циліндра 420–01105.12.01. Це довга циліндрична деталь, порівняно простої форми, яка є одним з найвідповідальніших вузлів двигуна внутрішнього згорання СМД-60, яким комплектується крупногабаритна сільгосптехніка: тракторах та комбайнах. Надійність функціонування цієї техніки суттєво залежить від гільзи циліндра, у якій переміщується поршень, що і забезпечує рух даної техніки.

Зі всієї сукупності процесів і процедур стосовно виготовлення гільзи циліндра виділимо основні: лиття та механічну обробку.

Відповідно до теорії кваліметрії оцінювання якості має проводитись на підставі аналізу інформації щодо досліджуваного об'єкта. Тобто, якщо першим етапом вважається збір даних, то у подальшому слід шукати причини погіршення якості та формувати необхідні корегувальні дії. Відомо, таким інструментарієм слугують причинно-наслідкові діаграми Ісікави. При цьому здійснюється розслоення отриманої інформації на групи ОПЯ, що стосуються [29]:

- технології (часткова матриця чи вектор якості  $T$ );
- машин і устаткування (матриця або вектор якості  $У$ );
- персоналу (матриця чи вектор якості  $П$ );

– сировини (матриця або вектор якості  $C$ ).

Дана структура оцінювання якості є узагальненою і може змінюватись, в залежності від особливостей продукції і процесів її виготовлення. Йдеться про те, що число наведених вище груп ОПЯ (причин ймовірного погіршення якості) може бути у разі потреби збільшене до шести [4-6].

Отже, для сукупності процесів лиття гільзи причинно-наслідкова діаграма Ісікави матиме вигляд, зображений на рис. 3.1.

Слід зазначити, що у даному випадку до технологічних процесів відносять: вхідний контроль ВК, підготування шихти ПШ, виготовлення та дослідження проби ВДП, виготовлення заготовок гільз ВЗ. Для з'ясування проблеми, котра може виникнути у досліджуваному процесі, необхідно виділити основні причини – лінії, спрямовані до товстої горизонтальної лінії. Аналітично вони представляються у вигляді наведених вище векторів якості  $T$ ,  $У$ ,  $П$  та  $С$ .

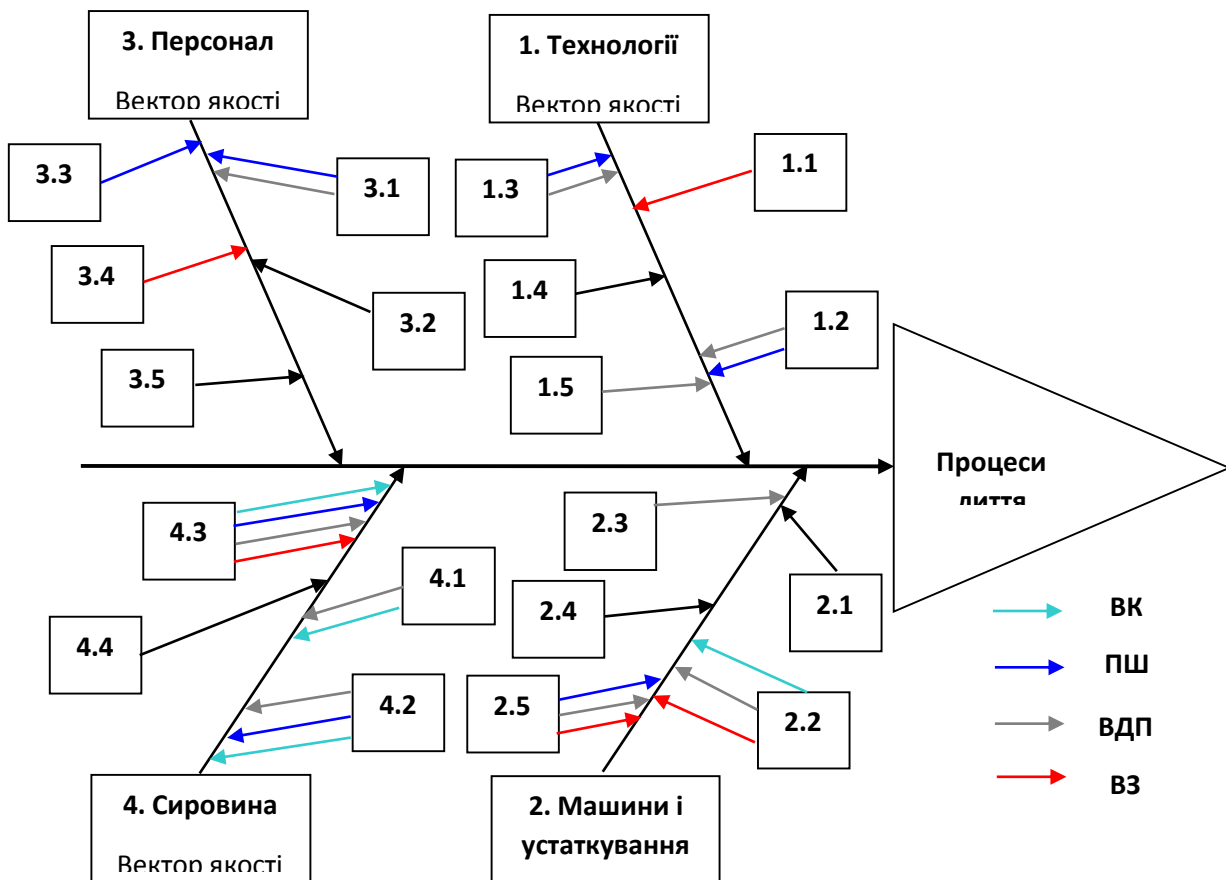


Рисунок 3.1 – Причинно-наслідкова діаграма Ісікави для процесів лиття гільзи



Розглянемо одиничні показники якості, котрі стосуються кожного з наведених процесів. Тонші стрілки на рис.3.1, які скеровані до цих чотирьох ліній, наводять фактори (ОПЯ), що сприяють виникненню кожної з них.

Стосовно ВК виокремимо: супровідні документи на первинні матеріали – 2.2 (ОПЯ  $n_{p-2.2}$ ), вимушена заміна первинного матеріалу – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ ), попереднє сортування матеріалу – 4.2 (ОПЯ  $n_{p-4.2}$ ), неточний підбір шихтового матеріалу – 4.1 (ОПЯ  $n_{p-4.1}$ ).

При виконанні ПШ досліджуються: сортування складових шихти – 4.2 (ОПЯ  $n_{p-4.2}$ ); заміна матеріалу у шихті – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ ); наявність готової тари – 3.1 (ОПЯ  $n_{p-3.1}$ ); вимоги до ваги шихти – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ), при появі якого додатково слід враховувати невідповідність гільзи по механічним властивостям – 2.5 (ОПЯ  $n_{p-2.5}$ ); несвоєчасне завантаження і надання тари – 3.3 (ОПЯ  $n_{p-3.3}$ ), що супроводжується затримкою при приготуванні металу – 1.2 (ОПЯ  $n_{p-1.2}$ ).

Під час ВДП аналізують: готовність печі і ковша – 2.2 (ОПЯ  $n_{p-2.2}$ ), що може викликати збої і затримки процесу – 1.2 (ОПЯ  $n_{p-1.2}$ ); відсутність небезпечних речовин у пробі – 4.2 (ОПЯ  $n_{p-4.2}$ ); відповідність складових – 4.1 (ОПЯ  $n_{p-4.1}$ ); відливання проби – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ); своєчасне відправлення проби – 3.1 (ОПЯ  $n_{p-3.1}$ ); перевірка хімічного складу проби – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ ); достовірність результатів спектральної установки – 2.3 (ОПЯ  $n_{p-2.3}$ ); руйнування і перевірка на твердість проби – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ); перевірка мікроструктури проби – 1.5 (ОПЯ  $n_{p-1.5}$ ); очистка від шлаку – 2.5 (ОПЯ  $n_{p-2.5}$ ). При цьому, з метою забезпечення ефективності і надійності роботи двигуна хімічний склад матеріалу гільзи повинен бути відповідним даним табл. 3.1.

Протягом ВЗ контролюють: підготовку устаткування (дозатора, карусельно-кокерної установки і калібра) – 2.2 (ОПЯ  $n_{p-2.2}$ ); контроль густини теплоізоляційної фарби – 3.4 (ОПЯ  $n_{p-3.4}$ ); встановлення режимів устаткування і

схеми охолодження – 2.5 (ОПЯ  $n_{p-2.5}$ ); час подавання ковша з рідким металом до дозатора та заливки металу – 1.1 (ОПЯ  $n_{p-1.1}$ ); контроль проби – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ ).

Зауважимо, що на рис. 3.1 використано не всі фактори (ОПЯ). Це пояснюється тими обставинами, що вони деколи бувають надзвичайно важливими. Йдеться про: параметри середовища у виробничому приміщенні 1.4, умови експлуатації – 2.1, неухважність різноманітного, включно і нестандартного устаткування – 2.4, недостатню кваліфікацію персоналу – 3.2, робоче місце працівника – 3.5 та якість партії від постачальника в усіх аспектах, включно з його репутацією – 4.4.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад чавуну спеціального

Масова частка елемента, %								
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	Mo	P
3,2-3,5	1,8-2,4	0,6-1,0	0,2-0,5	0,22-0,5	0,5	0,12	0,5	0,4-0,7

З огляду на механіку гільза циліндру є тілом обертання і має такі конструктивні елементи: зовнішні циліндричні поверхні, внутрішня циліндрична поверхня, три торця, зовнішні і внутрішні фаски, конусна поверхня та дві галтелі.

Для сукупності процесів механічної обробки гільзи на рис. 2 зображена наступна причинно-наслідкова діаграма Ісікави, яка описує технологічні процеси: початкове опрацювання ПО, завершальна обробка ЗО та вихідний контроль ВК.

Так само як і для попередньої групи процесів, розглянемо ОПЯ, що описують кожного з наведених процесів.

При ПО матимемо: поломку різця – 2.3 (ОПЯ  $n_{p-2.3}$ ); відхилення розміру довжини різання заготовки – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ); відбілення заготовки по чавуну – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ ); відхилення розміру стінки – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ); відхилення діаметра отвору – 2.3 (ОПЯ  $n_{p-2.3}$ ); невиконання вимог по шорсткості – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ );

підвищення зношення різця – 2.3 (ОПЯ  $n_{p-2.3}$ ); неправильна геометрія поверхні – 2.4 (ОПЯ  $n_{p-2.4}$ ); неправильна довжина заготовки – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ), що супроводжується ОПЯ 4.3; неправильний діаметр сорочки – 4.1 (ОПЯ  $n_{p-4.1}$ ), який викликає ОПЯ 4.5; порушення центрування (биття оправки) – 2.2 (ОПЯ  $n_{p-2.2}$ ), що викликає появу ОПЯ неуважність персоналу 3.2 (ОПЯ  $n_{p-3.2}$ ) та ОПЯ 2.4 [29].

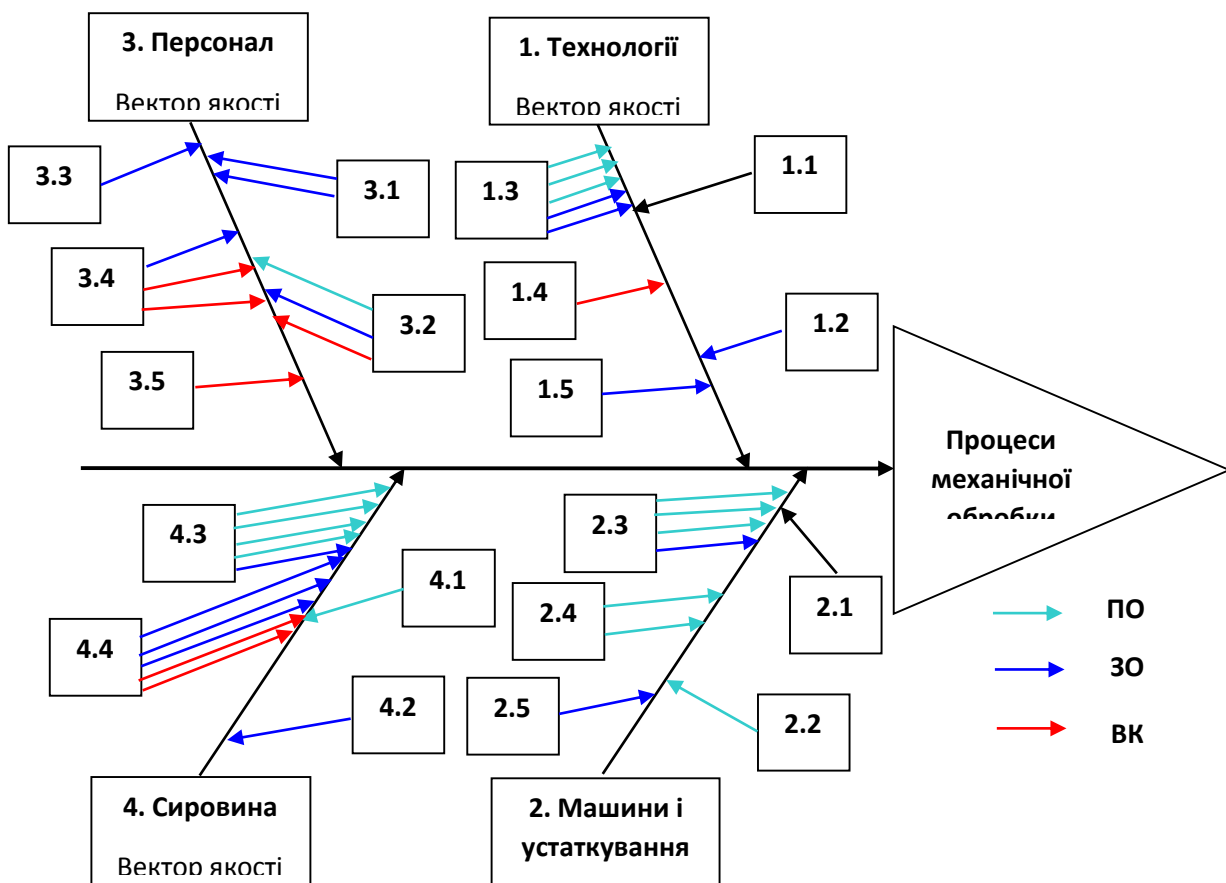


Рисунок 4.2 – Причинно-наслідкова діаграма Ісікави для процесів механічної обробки гільзи

Стосовно ZO виокремимо: невірна висота бурта – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ), що супроводжується ОПЯ 2.3; невитримані розміри сорочки – 4.3 (ОПЯ  $n_{p-4.3}$ ), що викликає появу якості партії від постачальника в усіх аспектах, включно з його репутацією – 4.4 (ОПЯ  $n_{p-4.4}$ ); підвищення биття у двигуні – 4.4 (ОПЯ  $n_{p-4.4}$ ); не витримано радіус проточки під буртом – 1.3 (ОПЯ  $n_{p-1.3}$ ), що зумовлює ОПЯ 4.4;

не витримана шорсткість – 3.1 (ОПЯ  $n_{p-3.1}$ ), яка зумовлює ОПЯ 3.2; нестабільність мікрогеометричних характеристик – 3.1 (ОПЯ  $n_{p-3.1}$ ), яка викликає появу ОПЯ несвоєчасне завантаження і надання тари – 3.3 (ОПЯ  $n_{p-3.3}$ ); відхилення від колоподібності і прямолінійності – 1.5 (ОПЯ  $n_{p-1.5}$ ), що обумовлює недостатній контроль – 3.4 (ОПЯ  $n_{p-3.4}$ ).

Під час ВК аналізують: утворення забиття гільзи – 1.4 (ОПЯ  $n_{p-1.4}$ ), яке зумовлює ОПЯ 4.4; не виявлено брак по критичним параметрам – 3.4 (ОПЯ  $n_{p-3.4}$ ), яке спричиняє ОПЯ 4.4; не виявлено брак по некритичним параметрам – 3.2 (ОПЯ  $n_{p-3.2}$ ), яке спричиняє ОПЯ недостатній контроль 3.4; порушення умов збереження і транспортування – 3.5 (ОПЯ  $n_{p-3.5}$ ).

Виходячи із вимог чинних нормативних документів, контроль якості будь-якого процесу можна проводити традиційним інструментарієм з моніторингу якості, а можна додатково застосовувати методики з оцінювання ризиків.

Наведений варіант оцінювання якості виробництва доцільно здійснювати за допомогою методу FMEA – аналізу видів та наслідків потенційних відмов у споживача через ймовірні дефекти продукції та процесів її виробництва [25].

FMEA-аналіз являє собою технологію аналізу можливості виникнення дефектів та їх вплив на думку споживача. Сьогодні існує безліч галузей застосування FMEA-аналізу, основними з яких є: FMEA концептуальних пропозицій, FMEA конструкцій, FMEA систем, FMEA виробничих процесів, FMEA продукції, FMEA сервісного обслуговування, FMEA програмного забезпечення. Також широкий набір інструментів FMEA-аналізу дозволяє застосовувати його в невиробничих галузях, таких як маркетинг, реклама, освіта чи менеджмент.

FMEA-аналіз - це системна методика проведення аналізу ризику відмов, що призначена для визначення потенційних видів відмов продуктів і процесів, оцінки ризику, пов'язаного з цими видами відмов, ранжирування проблем відповідно до їх важливості, а також визначення та проведення коригувальних

заходів для вирішення найбільш серйозних питань. FMEA - це індуктивний метод аналізу відмов технологічних процесів виготовлення продукції.

Основними завданнями FMEA вважаються встановлення [29]:

- можливих відмов (дефектів) продукції або технологічного процесу, їхніх причин виникнення та наслідків;
- ступеня вагомості  $S$  наслідків для споживачів, ймовірностей  $O$  виникнення причин (дефектів) та їхнього виявлення  $D$  до надходження споживачеві;
- узагальненої оцінки по кожному  $p$ -у ОПЯ об'єкта аналізу шляхом визначення пріоритетного числа ризику

$$n_p = S_p \cdot O_p \cdot D_p \quad (3.1)$$

та порівняння його із гранично допустимим  $p$ -м значенням  $(n_p)_{\text{до}}$ ;

- заходів з метою підвищення якості об'єкта аналізу, що досягається дотриманням умови

$$n_p < (n_p)_{\text{до}}. \quad (3.2)$$

Означена умова повинна бути дотримана для всіх ОПЯ, котрі характеризують об'єкт з огляду на його високу якість [9].

Таким чином, використовуючи вираз (3.1), внаслідок проведення дослідження даного об'єкта спочатку формуються, як було запропоновано вище, часткові вектори якості:

$$Q_{BK} = \begin{vmatrix} n_{p-2.2} & n_{p-4.3} & n_{p-4.2} & n_{p-4.1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 48 & 72 & 180 & 72 \end{vmatrix},$$

$$Q_{ПШ} = \begin{vmatrix} n_{p-4.2} & n_{p-4.3} & n_{p-3.1} & n_{p-1.3} & n_{p-2.5} & n_{p-3.3} & n_{p-1.2} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} 48 & 45 & 80 & 224 & 125 & 72 & 72 \end{vmatrix},$$

$$Q_{ВДП} = \left| n_{p-2.2} \quad n_{p-1.2} \quad n_{p-4.2} \quad n_{p-4.1} \quad n_{p-1.3} \quad n_{p-3.1} \quad n_{p-4.3} \quad n_{p-2.3} \quad n_{p-1.3} \quad n_{p-1.5} \quad n_{p-2.5} \right| =$$

$$= \left| 84 \quad 72 \quad 70 \quad 84 \quad 45 \quad 80 \quad 100 \quad 60 \quad 60 \quad 64 \quad 90 \right|;$$

$$Q_{ВЗ} = \left| n_{p-2.2} \quad n_{p-3.4} \quad n_{p-2.5} \quad n_{p-1.1} \quad n_{p-4.3} \right| = \left| 72 \quad 63 \quad 84 \quad 45 \quad 80 \right| - \text{для лиття гільзи та}$$

$$Q_{ПО} = \left| n_{p-2.3} n_{p-1.3} n_{p-4.3} n_{p-1.3} n_{p-2.3} n_{p-4.3} n_{p-2.3} n_{p-2.4} n_{p-1.3} n_{p-4.3} n_{p-4.1} n_{p-4.3} n_{p-2.2} n_{p-3.2} n_{p-2.4} \right| =$$

$$= \left| 60 \quad 80 \quad 75 \quad 54 \quad 75 \quad 72 \quad 75 \quad 64 \quad 60 \quad 72 \quad 60 \quad 72 \quad 64 \quad 64 \quad 64 \right|,$$

$$Q_{ЗО} = \left| n_{p-1.3} n_{p-2.3} n_{p-4.3} n_{p-4.4} n_{p-4.4} n_{p-1.3} n_{p-4.4} n_{p-3.1} n_{p-3.2} n_{p-3.1} n_{p-3.3} n_{p-1.5} n_{p-3.4} \right| =$$

$$= \left| 84 \quad 75 \quad 96 \quad 80 \quad 80 \quad 80 \quad 80 \quad 72 \quad 48 \quad 72 \quad 72 \quad 60 \quad 64 \right|,$$

$$Q_{БК} = \left| n_{p-1.4} \quad n_{p-4.4} \quad n_{p-3.4} \quad n_{p-4.4} \quad n_{p-3.2} \quad n_{p-3.4} \quad n_{p-3.5} \right| =$$

$$= \left| 72 \quad 80 \quad 63 \quad 80 \quad 48 \quad 63 \quad 56 \right| - \text{механічна обробки гільзи.}$$

У подальшому на підставі виразу (3.2) та вимог нормативних документів утворюють часткові еталонні вектори якості для цих процесів. Їх порівняння із зформованими вище векторами якості дозволяє, по-перше, виявити ймовірні ризики щодо розглянутих процесів і процедур, а, по-друге, з'ясувати у яких місцях ОПЯ підступають до критичних значень, що можуть призвести до погіршення якості виробу. На прикладі процесу ВДП умовою гарантування допустимого рівня якості гільзи циліндра буде дотримання умови:

$$Q_{ВДП} < (Q_{ВДП})_{em}. \quad (3.3)$$

В результаті отриманих даних стосовно означеної гільзи для двигуна внутрішнього згорання, можна стверджувати, що напрямами оптимального управління якістю технології її виготовлення слід вважати:

– дотримання чіткого вхідного контролю за первинними матеріалами та напівфабрикатами;

– необхідність подальшого розвитку процесів підготування шихти та виготовлення пробного зразка для мінімізації браку під час продукування партії гільз;

– потребу в удосконаленні процесів завершальної обробки заготовок гільз, де зосереджуються найточніші механічні операції.

Необхідно звернути увагу, що на підставі результатів досліджень обраного об'єкта можна стверджувати про деяку неадекватність розглянутого вище і наведеного в схематичного зображення типового одиничного процесу, наприклад виробництва, та взаємодії його елементів. При цьому, не відзначаються можливі впливи інших супровідних до даного процесів, а також – зовнішніх факторів. Тобто, є потреба у досконалішому формуванні нормативних вимог щодо типових виробничих процесів.

Відповідно до наведених діаграм Ісікави спостерігаються окремі ОПЯ, впливи яких на підсумкову якість продукту або технологічних процесів відзначаються у різних процесах одночасно чи опосередковано.

Очевидно, що для формування конкретніших вимог стосовно викладу часткових еталонних векторів якості для вказаних процесів виробництва гільзи існує потреба у детальнішому аналізі нормативної документації по FMEA та тривалішому збиранні статистичної інформації по даному продукту.

Завдяки запропонованій системі управління якістю виробництва можна встановити ділянки машинобудівного підприємства на кожному етапі технологічного процесу виготовлення продукції, які потребують негайних заходів з метою забезпечення ефективного управління якістю його функціонування, наприклад, під час вдосконалення хонінгувальної операції чи застосування більш новітнього обладнання. Це дозволяє формувати успішну конкурентоздатну політику виготовлення товарів, привабливих для споживачів.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання випускної роботи освітньо-кваліфікаційним рівнем магістра був виконаний наступний обсяг роботи:

- проведено аналіз службового призначення двигуна внутрішнього згорання СМД-60, куди входить задана деталь. Виконано опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації. Проведено аналіз технічних вимог на виготовлення гільзи циліндру.

- встановлено, що тип виробництва середньо-серійний, а форма організації виробництва – групова;

- проаналізовано деталь на технологічність, за яким вона виявилась технологічною;

- проведено техніко-економічні розрахунки оптимального варіанта виготовлення заготовки і прийнято цетробіжне лиття.

На найточнішу поверхню за допомогою ЕОМ були розраховані припуски на механічну обробку

Докладно розроблено три операції: 015 автоматно-токарну, 040 вертикально-хонінгувальну та 045 токарно-гідрокопіювальну: порівняні схеми базування і обрана найбільш раціональна; обрано найбільш раціональне металорізальне обладнання, верстатне технологічне оснащення; проведений розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій.

На операцію 045 токарно-гідрокопіювальну розраховане і спроектоване спеціальне пристосування та карту налагодження для 040 вертикально-хонінгувальної операції.

Для технології обробки деталі «Гільза циліндра 420–01105.12.001» оформлений альбом карт технологічного процесу.

В результаті наукових досліджень, розроблений матричний метод оцінки якості продукції, який дозволяє визначити слабкі місця технологічного процесу на кожному із етапів виготовлення продукції.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1 Анализ технических требований, выявление технологических задач, возникающих при изготовлении деталей, и технологический анализ конструкций / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: МВТУ, 1982. – 36 с.

2 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.; Л.: Машиностроение, 1964. – 652 с.

3 Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: «Высшая школа», 1983. – 256 с., ил.

4 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / А. К. Горошкин. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.

5 Егоров, М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. Под ред. М. Е. Егорова. – Изд. 2-е и доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.

6 Колесов, И. М. Служебное назначение изделия и технические условия / И. М. Колесов. – М.: Знание, 1977. – 64 с.

7 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Сталь и чугуны. Т. II-2 / Г.Г. Мухин, А.И. Беляков, Н.Н. Александров и др.; Под общ. ред. О.А. Банных и Н.Н. Александрова. – М.: «Машиностроение», 2001. – 784 с., ил.

8 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55 с.

9 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з

технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

10 Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с.

11 Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 2. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбо-накатные и отрезные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.

13 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 203 с.

14 Режимы резания металлов: справ. / Под ред. Ю.Б. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 311с.

15 Силантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 256 с.: ил.

16 Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: «Машиностроение», 1986. – 496с.

17 Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Панов. – М.: Машиностроение, 1980. – 527 с.

18 Чернавский С.А. Проектирование механических передач: учебно-справочное пособие для вузов. – М.: «Машиностроение», 1984. – 560 с.

19 ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

20 АЧ2. Матеріал из Вікіпедии — свободной энциклопедии. [Електронний ресурс]: Web-сайт. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A72> – Назва з екрану.

21 "Неубиваемая" АЧ2 [Електронний ресурс]: Web-сайт. – Режим доступу: [https://pikabu.ru/story/neubivaemaya\\_ach2\\_6669919](https://pikabu.ru/story/neubivaemaya_ach2_6669919) – Назва з екрану.

22 Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

23 ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. П О С Т А Н О В А N 42 від 01.12.99 м. Київ: Web-сайт. – Режим доступу: [https://dnaop.com/html/34094/doc%D0%94%D0%A1%D0%9D\\_3.3.6.042-99](https://dnaop.com/html/34094/doc%D0%94%D0%A1%D0%9D_3.3.6.042-99) – Назва з екрану.

24 ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением №1). МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Система стандартов безопасности труда. ОБЩИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУХУ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ.

25 ДСТУ ISO 9001-2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Введ. 01.07.2016. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2016. – 27 с,

26 ДСТУ ISO 9004-2012. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю.– Введ. 01.05.2013. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2012. – 52с.

27 Ванько В.М., Столярчук П.Г. Шляхи розвитку структури системи управління якістю продукції та послуг. Міжвід наук.-техн. збірник. Вимірювальна техніка та метрологія. 2010. №71. – С. 164-170.

28 Ванько В.М., Столярчук П.Г. Метод оцінки якості продукції та послуг за допомогою теорії матриць // Вимірювальна техніка та метрологія. – №67, 2007. – С. 108-114.

29 Ванько В.М., Приходько О.М. Підхід для вдосконалення системи управління якістю машинобудівного підприємства // Тези доп. IV Всеукр. наук.-техн. конф. мол. вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement – 2018», 13 - 18 лютого 2018, смт Славське. – С. 73-75.