

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

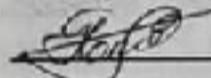
## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки  
деталі типу «Вал БД-28.128.01»»

08-64.МКР.024.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, гр. 2ПМ-24м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

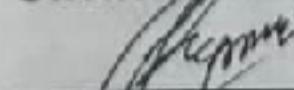
 Дмитро ПОПИК

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Сергій РЕПІНСЬКИЙ

« 26 » 11 2025 р.

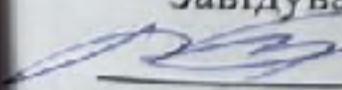
Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Володимир КУЖЕЛЬ

« 11 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

« 12 » 12 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Машинобудування та транспорту  
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 13 Механічна інженерія  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри ТАМ  
д.т.н., професор Леонід КОЗЛОВ

  
«06» жовтня 2025 р.

### **ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Попику Дмитру Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01»

керівник роботи Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.

2. Строк подання студентом роботи: 17.12.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Вал БД-28.128.01»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 25 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Вал»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01»; дослідження ефективності відновлення поверхонь деталі типу «Вал БД-28.128.01»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01»; економічне обґрунтування удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01»; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): блок ділильний (складальне креслення) (A2); деталь «Вал БД-28.128.01» (A2); вал (заготовка) (A3); маршрут механічної обробки (2A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 010) (A1); ремонтне креслення деталі (A3); порівняння собівартості виготовлення та відновлення деталі (A1); планіровка дільниці механічної обробки (A1); техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу (A1)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальна частина	Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Олександр ЛЕСЬКО, завідувач кафедри ЕПВМ		

7. Дата видачі завдання « 07 » листопада 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

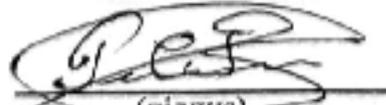
№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Приміт
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 25.10.2025р.	викон.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2025р.	викон.
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2025р.	викон.
4	Розв'язання поставлених задач	до 20.11.2025р.	викон.
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2025р.	викон.
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2025р.	викон.
7	Попередній захист МКР	до 02.12.2025р.	викон.
8	Перевірка роботи на плагіат	до 04.12.2025р.	викон.
9	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2025р.	викон.
10	Опонування МКР	до 13.12.2025р.	викон.
11	Захист МКР	до 25.12.2025р.	викон.

Студент

  
(підпис)

Дмитро ПОПИК

Керівник роботи

  
(підпис)

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Попик Д. М. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2025. 143 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 23 назв; рис.: 17; табл. 44.

У магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01». У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Вал», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01» з використанням верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та технічні норми часу; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників для удосконаленої ділянки механічної обробки.

В науковій частині проводилося дослідження ефективності впровадження технологій відновлення зношених деталей типу «Вал БД-28.128.01». Запропоновані методи відновлення, спроектовано технологію, встановлені режими різання та відновлення, розраховані норми часу. Проведено економічне порівняння собівартості виготовлення нової деталі та її відновлення.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, отриманий в результаті удосконалення технологічного процесу та ділянки механічної обробки.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, розмірно-точнісний аналіз, ділянка механічної обробки.

## ABSTRACT

Popyk D. M. Ye. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Shaft BD-28.128.01» type part. Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2025. 143 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 23 titles; fig.: 17; tabl. 44.

In the master's qualification work, the technological process of machining a workpiece of the type «Shaft BD-28.128.01» was improved. In the general part of the work, a review of the technologies for manufacturing a workpiece of the type «Shaft» was conducted, the feasibility of improving the existing technological process of machining a workpiece of the type «Shaft BD-28.128.01» was substantiated.

In the technological part, a variant selection and a feasibility study of the method of manufacturing the workpiece were performed; variants of the route for machining a workpiece of the type «Shaft BD-28.128.01» were developed using CNC machines and the best one was selected based on the minimum reduced costs; dimensional and precision modeling of the improved technological process of machining was carried out; cutting modes and technical time standards were determined; the reduced program, number of equipment and workers for the improved machining section were calculated.

In the scientific part, a study was conducted on the effectiveness of implementing technologies for restoring worn parts of the «Shaft BD-28.128.01» type. Restoration methods were proposed, the technology was designed, cutting and restoration modes were established, and time standards were calculated. An economic comparison of the cost of manufacturing a new part and its restoration was carried out.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of machining the workpiece, the payback period, and the economic effect obtained as a result of improving the technological process and the machining section were calculated.

**Keywords:** technological process, machining, workpiece, part, dimensional accuracy analysis, machining section.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	9
<b>1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ»</b> .....	12
1.1 Характеристика об'єкту виробництва.....	12
1.2 Загальний огляд технологічних процесів механічної обробки деталі типу «Вал».....	14
1.3 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі.....	17
1.4 Характеристика удосконалених технологічних процесів.....	18
<b>2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»</b> .....	20
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	20
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт.....	24
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки.....	31
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь.....	40
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових і чорнових технологічних баз.....	42
2.6 Розробка варіантів удосконаленого маршруту механічної обробки.....	44
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат.....	49
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу.....	51
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів.....	56
2.10 Призначення режимів різання.....	62
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання.....	72
2.12 Визначення технічних норм часу.....	73

<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»</b> .....	76
3.1 Мета та задачі дослідження ефективності відновлення поверхонь деталі типу «Вал БД-28.128.01».....	76
3.2 Дефектування поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01».....	77
3.3 Вибір способів відновлення.....	78
3.4 Проектування технологічного процесу відновлення.....	79
3.5 Вибір режимів різання, відновлення.....	83
3.6 Визначення норм часу на виконання операцій технологічного процесу відновлення.....	86
3.7 Розрахунок витрат матеріалів на відновлення поверхонь, їх вартості.....	86
3.8 Собівартість виконання операцій відновлення.....	88
3.9 Собівартість відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01».....	90
3.10 Собівартість виготовлення нової деталі.....	90
3.11 Висновки.....	93
<b>4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»</b> .....	95
4.1 Розрахунок приведеної програми.....	95
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження.....	99
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання.....	102
4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці .....	103
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»</b> .....	106
5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.....	106
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01».....	113
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції.....	118
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу.....	122

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку.....	123
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення.....	124
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>127</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>128</b>
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи.....	131
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	132

## ВСТУП

**Актуальність.** Машинобудування є однією з ключових галузей світової промисловості, оскільки саме воно забезпечує виробництво обладнання, машин і механізмів, необхідних практично в усіх сферах господарської діяльності. Ефективність роботи промислових підприємств значною мірою залежить від того, наскільки якісно та продуктивно виготовляються деталі й вузли машин. Висока якість, конкурентоспроможність і оптимальна собівартість продукції сьогодні визначають позиції виробника на ринку, тому особливої важливості набуває вибір раціональних технологічних рішень.

Удосконалення технологічних процесів можливе завдяки впровадженню сучасних методів обробки, автоматизації та механізації виробництва, а також використанню високопродуктивного обладнання, включаючи верстати з ЧПК, сучасний ріжучий інструмент і нові матеріали. Правильний вибір технології виготовлення заготовок та організація виробничого процесу мають суттєвий вплив на продуктивність праці та тривалість обробки.

Окреме значення має здатність виробництва швидко адаптуватися до змін номенклатури виробів, що зумовлює необхідність застосування гнучких технологічних ліній і швидкого переналагодження обладнання. Усе це робить дослідження й удосконалення технологічних процесів механічної обробки актуальною та важливою науково-практичною задачею.

**Мета і завдання дослідження.** Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01».

При цьому повинні бути вирішені такі **завдання**:

- огляд технології виготовлення деталі типу «Вал»;
- вибір оптимального способу виготовлення заготовки деталі «Вал БД-28.128.01»;

- розробка варіантів удосконалених маршрутів механічної обробки деталі «Вал БД-28.128.01» з використанням сучасних верстатів з ЧПК, вибір за мінімумом приведених витрат більш доцільного;

- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал БД-28.128.01»;

- призначення режимів різання;

- дослідження собівартості виготовлення нової деталі та собівартості відновлення спрацьованої деталі «Вал БД-28.128.01» і вибір оптимального рішення;

- розрахунок кількості обладнання та працівників;

- проектування ділянки механічної обробки деталі «Вал БД-28.128.01»;

- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал БД-28.128.01».

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Вал».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01».

**Методи дослідження.** Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу виконано методом теорії розмірних ланцюгів; оптимальні режими різання визначені методом лінійного програмування (симплекс-методом).

**Наукова новизна** одержаних результатів:

- дістало подальший розвиток удосконалення технології механічної обробки деталей класу «Круглі стержні» з метою підвищення точності обробки, одержання позитивного економічного ефекту та визначено порівняльним аналізом порівняльним аналізом техніко-економічні показники (трудомісткість, витрати матеріалу та собівартість) при механічній обробці виготовлення нової та при відновленні поверхонь спрацьованої деталі типу «Вал БД-28.128.01».

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технології та ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01»; при цьому запропоновані такі рішення:

- для найбільш доцільних способів виготовлення заготовки – штампування на молотах та круглого прокату спроектовано заготовки та техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом є виготовлення заготовки з круглого прокату;

- удосконалено технологічний процес механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01» з використанням верстатів з ЧПК, економічні розрахунки показали, що його впровадження є економічно доцільним;

- проведено дослідження ефективності впровадження технології відновлення спрацьованих деталей типу «Вал БД-28.128.01»;

- розроблено план дільниці для реалізації удосконаленого технологічного процесу.

**Апробація результатів роботи.** Прийнято участь у XXIV-й Міжнародній науково-технічній конференції АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика», Київ, 26-27 грудня 2024 р. У співавторстві опубліковано тезу доповіді.

# 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»

## 1.1 Характеристика об'єкту виробництва

В магістерській кваліфікаційній роботі (МКР) розглядається деталь «Вал БД-28.128.01», яка входить до складу конструкції блоку ділильного, що в свою чергу є складовою частиною конструкції конвеєра для маркування пломб. Конвеєр з усіма його складовими випускається в умовах дрібносерійного виробництва. Деталь «Вал БД-28.128.01» має нескладну геометричну форму, не має недоступних для обробки місць, має нетехнологічні елементи – глухі отвори.

Деталь «Вал БД-28.128.01» є складовою деталлю вузла «Блок ділильний» (рис. 1.1). Розглядуваний «Вал БД-28.128.01» позначений 2 позицією. Службове призначення деталі «Вал БД-28.128.01» – передача крутного моменту. Конструкція блоку ділильного включає корпус 1. В якому на підшипниках 23 розташований вал 2, положення якого фіксується по торцевих поверхнях кришками 4, у вузлі ділильного блоку крім вала 2 установлений вал 3, на якому вмонтоване водило 10, що базується за допомогою шпонки 25, кріпиться штифтом 22, болтом 13. Призначення водила 10 – передача крутного моменту на «мальтійський хрест» 9. З'єднання водила 10 з останнім виконується за допомогою пальця 8, гайки 18. Сам «мальтійський хрест» 9 базується по шпонці 26, яка встановлена на валу 2, кріпиться він штифтом 22, болтом 15. «Мальтійський хрест» передає, в свою чергу, крутий момент на зірочку 5. Зірочка 5 базується по шпонці 24 на валу 2, кріпиться штифтом 22, болтом 15. Зірочка 5 передає крутний момент на виконавчі ланки конвеєра за допомогою ланцюга.

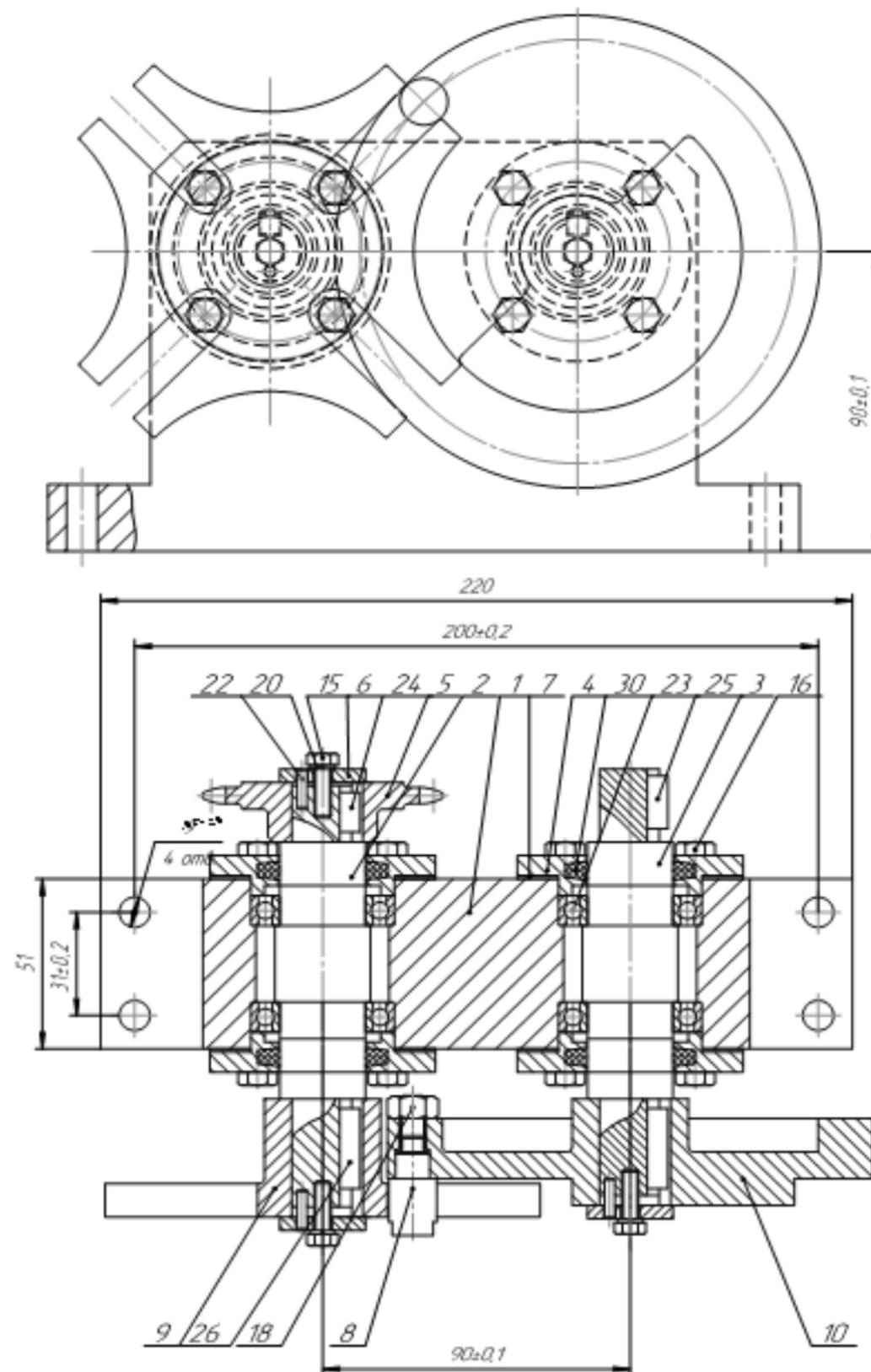


Рисунок 1.1 – Ескіз вузла «Блок ділильний»

Згідно робочого креслення деталі «Вал БД-28.128.01» вимоги по точності оброблюваних поверхонь, їх шорсткості:

- виконавчі поверхні –  $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ , шпонкові пази  $6^{-0,012}_{-0,042}$ ;
- основні конструкторські бази –  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,001}$  (шийки для встановлення підшипників), торцеві поверхні  $\varnothing 28$ ;
- допоміжні конструкторські бази –  $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ , торцеві поверхні  $\varnothing 24,8$  та  $\varnothing 24$ , шпонкові пази  $6^{-0,012}_{-0,042}$ ;

- кріпильні поверхні – отвір під установлення штифта  $\varnothing 3^{+0,010}_{-0,004}$ , під установлення гвинта М5-7Н;

- вільні поверхні –  $\varnothing 28$ ,  $\varnothing 24$ , фаски, торцеві поверхні, що зв'язані розміром 128, канавки для виходу шліфувального круга  $\varnothing 24,5$ , шириною 3.

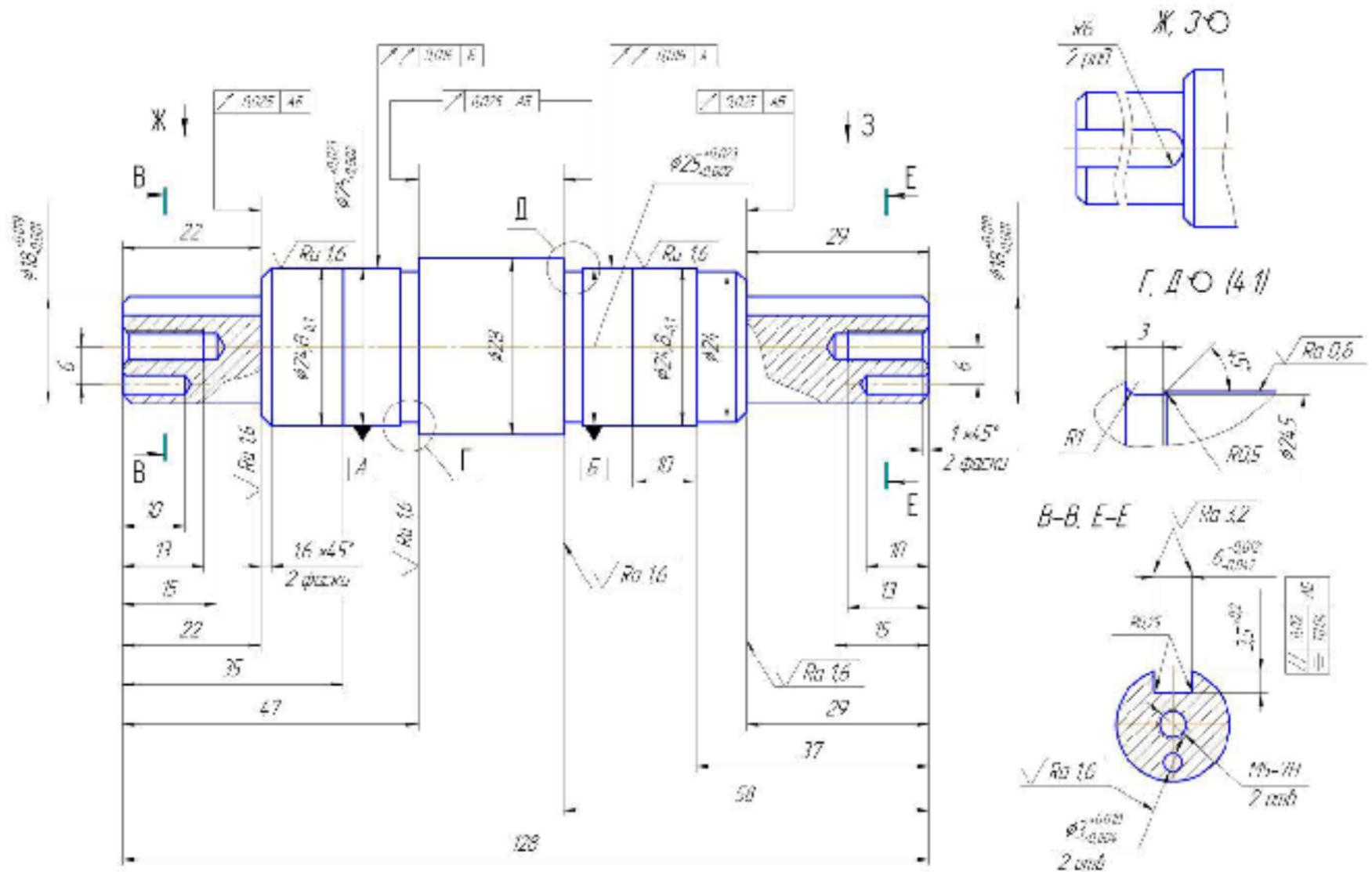


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Вал БД-28.128.01»

1.2 Загальний огляд технологічних процесів (ТП) механічної обробки деталі типу «Вал»

В таблиці 1.1 приведена технологічна схема виготовлення деталей класу «Круглі стержні». Розглядувана деталь «Вал БД-28.128.01» також відноситься до даного класу [1-9].

Таблиця 1.1 – Технологічна схема виготовлення деталей класу «Круглі стержні» [1-9]

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерування торців валу і свердління центрових отворів з двох сторін. Технологічна база – зовнішні поверхні двох шийок.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат
010	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з одної сторони і підрізання торцевих поверхонь ступіней валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатошпindelний чи багатоінструментальний напівавтомат
015	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з іншої сторони, а також підрізання оброблюваних шийок валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатошпindelний чи багатоінструментальний напівавтомат
020	Токарна Точіння поверхонь шийок валу під шліфування і кінцеве підрізання торців ступіней валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторізцевий, гідрокопіювальний багатошпindelний
025	Фрезерна Фрезерування пазових поверхонь.	Фрезерний напівавтомат
030	Свердлильна Свердління кріпильних та проміжних отворів в торцях вала	Свердлильний зкондукторним пристроєм
030	Проміжний контроль.	
035	Термічна обробка.	
040	Шліфувальна Попереднє шліфування шийок валу в залежності від вимог креслення.	Круглошліфувальний напівавтомат
045	Шліфувальна Кінцеве шліфування поверхонь шийок валу відповідно до розмірів на робочому кресленні і шорсткостей поверхонь. Технологічна база – центрові отвори.	Круглошліфувальний напівавтомат
050	Кінцевий контроль.	

Запропоновані в типовій технологічній схемі обробки деталі класу «Круглі стержні» методи обробки можуть бути використані при створенні

удосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01». Але згідно приведеної схеми використовуються токарні багатопиндельні верстати напівавтомати, багаторізцеві гідрокопіювальні токарні напівавтомати, фрезерні круглошліфувальні напівавтомати, свердлильний верстат з кондуктором. Використання перших верстатів більш доцільне для умов великосерійного, масового виробництва. Свердлильний верстат з кондукторним пристроєм – це універсальний верстат, який застосовується переважно в одиничному та серійному виробництві.

В даному випадку для удосконалення технології та ділянки механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01» в умовах дрібносерійного виробництва бажано підібрати універсальне, але автоматизоване обладнання з метою підвищення якості обробки, зниження трудомісткості і собівартості.

На першій операції необхідно формувати чистові технологічні бази, якими є центрові отвори. Під час виконання операції 005 базування заготовки здійснюється за необробленими чорновими базами – торцем і віссю циліндричної поверхні  $\varnothing 28$ .

Після формування базових поверхонь виконуються токарні, свердлильні, фрезерні та шліфувальні операції для обробки всіх зовнішніх поверхонь деталі. Фінішною операцією є шліфування, яке проводиться після термічної обробки та забезпечує досягнення 6–7 квалітетів точності й шорсткості поверхні на рівні  $R_a = 0,8$  мкм.

В умовах дрібносерійного виробництва економічно доцільним є використання при обробці ступінчастих валів універсальних верстатів з ЧПК, зокрема токарних типу 16K20Ф3 або 16K20Т1, фрезерних 6Р13Ф3 та шліфувальних 3М151Ф2. Універсальність таких верстатів у поєднанні з можливістю роботи в автоматичному циклі спрощує багатOVERSTATNE обслуговування, забезпечує швидку переналадку та дає змогу ефективно обробляти ступінчасті вали різних типорозмірів за попередньо розробленими програмами.

### 1.3 Вибір та критичний аналіз базового ТП

Базовий ТП механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01», який розроблений у відповідності із дрібносерійним типом виробництва, показаний в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Базовий технологічний процес

№	Назва операції	Обладнання
005	Фрезерно-центрувальна	Універсальний фрезерний верстат 6P13
010	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16K20T1
015	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16K20T1
020	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16K20T1
025	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16K20T1
030	Фрезерна	Універсальний фрезерний верстат 6P13
035	Вертикально-свердлильна	Універсальний свердлильний верстат 2A125
040	Термічна	
045	Шліфувальна	Універсальний шліфувальний верстат 3M151
050	Шліфувальна	Універсальний шліфувальний верстат 3M151

При виконанні базового ТП на окремих операціях застосовується універсальне обладнання, що зумовлює значні витрати часу на налагодження верстатів. Крім того, їх обслуговування потребує залучення робітників високої кваліфікації. Натомість використання верстатів з ЧПК дає змогу скоротити кількість обладнання, задіяного для виконання відповідних переходів, а також зменшити виробничі площі.

Додатково знижується вимога до кваліфікації персоналу, що призводить до економії фонду заробітної плати. Важливою перевагою обробки на верстатах з ЧПК є виконання операцій з одного установу, що сприяє підвищенню точності виготовлення виробів.

## 1.4 Характеристика удосконалених технологічних процесів

### 1.4.1 Основні пропозиції щодо побудови технологічних процесів

Річна програма випуску деталі складає 25000 шт., але оскільки при такому обсязі верстати будуть недовантаженими, то дільниця буде використовуватися і для виготовлення інших подібних деталей. Приведена програма складатиме близько 67000 деталі на рік. Оскільки верстати мають легко і швидко переналагоджуватися на випуск іншої продукції то очевидно використовуватимемо обладнання із числовим програмним управлінням. Зокрема перша операція буде виконуватися на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1В340Ф30, що дозволить обробити чистові технологічні бази. Операція 010 буде виконуватися на токарному верстаті з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8, що дозволить обробити інші циліндричні поверхні швидко та з одного установа. Операція 015 буде виконуватися на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК ЛТ260МФ3, що дозволить обробити два шпонкових паза. На вертикально-фрезерному верстаті ЛТ260МФ3 буде просвердлено отвори під штифти. На шліфувальному напівавтоматі моделі 3М151Ф2 – прошліфовано циліндричні поверхні під підшипники та виконавчі поверхні, досягаючи відповідної точності. Вдосконалені маршрути механічної обробки представлені в таблицях 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.3 – Удосконалений маршрут механічної обробки (1 варіант)

№ операції	Операція, зміст	Обладнання
1	2	4
005	Токарно-револьверна з ЧПК Підрізання торцю, свердління центрального отвору, нарізання різі, підрізання торцю, свердління отвору, нарізання різі з іншого боку.	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	Токарна з ЧПК Точіння циліндричних поверхонь, торців, фасок з обох без пере закріплення деталі.	Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК Фрезерування шпонкових пазів з обох сторін	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК Установ 1 Центрування, свердління, розвертання отвору під штифт Установ 2 Центрування, свердління, розвертання отвору під штифт	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3
025	Термічна	
030	Шліфувальна з ЧПК Попереднє шліфування поверхонь під підшипники та однократне шліфування виконавих поверхонь, остаточне шліфування поверхонь під підшипники	Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2

Запропонований другий варіант маршруту механічної обробки відрізняється від першого заміною шліфувальних операцій тонким точінням на токарному верстаті з ЧПК особливо високої точності 16В05АФ30-01.

Таблиця 1.4 – Удосконалений маршрут механічної обробки (2 варіант) (операції, що відрізняються)

№ операції	Операція, зміст	Обладнання
030	Токарна з ЧПК Попереднє та остаточне точіння поверхонь під підшипники та однократне точіння виконавчих поверхонь.	Токарний верстат з ЧПК особливо високої точності 16В05АФ30-01

#### 1.4.2 Характеристика дільниці механічної обробки

Удосконалення маршрутів механічної обробки дає змогу скоротити кількість верстатів, чисельність персоналу та площу виробничої дільниці. Вимоги до кваліфікації робітників знижуються, оскільки верстати з ЧПК можуть обслуговуватися працівниками 3-4 розрядів, а також з'являється можливість впровадження багатOVERстатного обслуговування. Сукупність зазначених факторів сприяє зменшенню собівартості продукції.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»

### 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісний аналіз конструкції деталі

Деталь «Вал БД-28.128.01» (див рис. 1.2) виготовляється з сталі 45 в умовах дрібносерійного виробництва та призначена для передачі крутного моменту.

Найбільш високі вимоги по точності ставляться до основних конструкторських баз:

-  $\varnothing 25_{+0,001}^{+0,023}$  – 7 квалітет точності обробки, шорсткість  $R_a = 0,8$  мкм, торцеві поверхні  $\varnothing 28$  – шорсткість  $R_a = 1,6$  мкм.

Допоміжні конструкторські бази обробляються:

- $\varnothing 18_{+0,001}^{+0,019}$  – 9 квалітет, шорсткість  $R_a = 3,2$  мкм;
- пази  $6_{-0,042}^{-0,012}$  – 9 квалітет, шорсткість  $R_a = 3,2$  мкм;
- торцеві поверхні  $\varnothing 24,8$ ;  $\varnothing 24$  – 14 квалітет, шорсткість  $R_a = 1,6$  мкм;  $\varnothing 24,8$  – 10 квалітет, шорсткість  $R_a = 1,6$  мкм.

Кріпильні поверхні:

- $\varnothing 3_{+0,004}^{+0,010}$  – 7 квалітет, шорсткість  $R_a = 1,6$  мкм;
- М5-7Н – 7 клас точності різьби, шорсткість  $R_a = 6,3$  мкм.

Вільні поверхні обробляються по 14 квалітету точності з шорсткістю  $R_a = 6,3$  мкм.

Вимоги відносно розташування поверхонь:

- допуск повного биття поверхонь А і Б ( $\varnothing 25_{+0,001}^{+0,023}$ ) відносно одна одної;
- допуск радіального биття поверхонь  $\varnothing 24,8_{-0,1}$ ;  $\varnothing 28$ ;  $\varnothing 24$  відносно поверхонь А, Б;
- допуск паралельності бокових поверхонь шпонкового паза  $6_{-0,042}^{-0,012}$ ;
- допуск симетричності шпонкового паза відносно осей поверхонь А, Б.

З метою забезпечення вказаних на робочому кресленні вимог по точності та шорсткості поверхонь необхідно застосувати відповідні методи обробки, кількість ступенів механічної обробки.

Відносне розташування поверхонь забезпечується шляхом вибору схеми базування та відповідно різального інструменту.

Деталь «Вал БД-28.128.01» виготовляється з вуглецевої сталі 45 за ГОСТ 1050-88. Хімічний склад сталі включає, %: кремній – 0,17-0,37; марганець – 0,5-0,8; мідь – до 0,25; нікель – до 0,25; сірка – до 0,04; вуглець – 0,42–0,50; фосфор – до 0,03; хром – до 0,25; миш'як – до 0,08.

Даний матеріал характеризується доброю оброблюваністю різанням і відносно невисокою собівартістю. Основні механічні властивості сталі наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні механічні властивості сталі 45 (ГОСТ 1050-88)

Твердість	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	Відносне видовження $\varepsilon$ , %	Ударна в'язкість, кгс/см <sup>2</sup>
<i>HV</i> 180 ... 220	610 ... 800	360 ... 560	16 ... 13	0,2 ... 1,0

### 2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Технологічність деталі оцінюється за кількісними показниками [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{uc} = \frac{Q_{uc}}{Q_c}, \quad (2.1)$$

де  $Q_{uc}$ ,  $Q_c$  – кількість уніфікованих та загальна кількість елементів відповідно.

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта уніфікації  $K_{\text{у}}$ 

Розміри, мм										Шорсткість, мкм	
Лінійні		Кутові		Радіуси		Діаметральні		Різи		Заг.	Уніф.
Заг.	Уніф.	Заг.	Уніф.	Заг.	Уніф.	Заг.	Уніф.	Заг.	Уніф.		
10	+	45°	+	R0,5	+	18	+	M5	+		
13	+	45°	+	R1	+	18	+	M5	+		
15	+	45°	+	R1	+	24,8	–				
22	+	45°	+	R0,5	+	24,8	–				
35	+	45°	+	R0,25	+	25	+				
47	–	45°	+	R0,25	+	25	+				
58	+			R3	+	28	+				
37	–			R3	+	24	+				
29	–					3	+				
15	+					3	+				
13	+										
10	+										
6	+										
6	+										
6	+										
6	+										
3,5	–										
3,5	–										
3	+										
3	+										
21	15	6	6	8	8	10	8	2	2	14	14
$Q_{\text{у}} = 53$											
$Q_{\text{г}} = 61$											

Отже, коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у}} = \frac{53}{61} = 0,86 > 0,6 \text{ – умова виконується.}$$

За коефіцієнтом уніфікації деталь технологічна.

Коефіцієнт точності:

$$K_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ф}}}, \quad (2.2)$$

де  $T_{\varphi}$  – середній квалітет точності;

$$T_{\varphi} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де  $T_i$  – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;  $n_i$  – кількість поверхонь деталі відповідного  $T_i$  квалітету.

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта точності

Квалітет IT	Розміри, мм	Кількість пов.	Розрахунок
7	M5×2; Ø25×2	4	7×4=28
9	Ø18×2; 6×2	4	9×4=36
10	Ø24,8×2	2	10×2=20
13	3,5×2	2	13×2=26
14	всі інші	20	14×20=280
Всього		32	390

Тоді

$$T_{\varphi} = \frac{390}{32} = 12,1;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{12,1} = 0,91 > 0,8 \text{ – умова виконується.}$$

За коефіцієнтом точності деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_m = \frac{1}{\overline{R_a}}, \quad (2.4)$$

де  $\overline{R_a}$  – середня шорсткість поверхонь деталі.

$$Ш_{\varphi} = \frac{\sum Ш_{\kappa} \cdot n_{\kappa}}{\sum n_{\kappa}}, \quad (2.5)$$

де  $Ш_{\kappa}$  – шорсткість оброблюваних поверхонь;  $n_{\kappa}$  – кількість поверхонь, відповідної шорсткості  $Ш_{\kappa}$ .

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
0,8	Ø25×2	2×0,8 = 1,6
1,6	22,47,29,58, Ø3×2, Ø24,8×2, Ø18 – 10 пов.	1,6×10 = 16
3,2	22×2, 29×2 – 4 пов.	3,2×4 = 12,8
6,3	інші 18	6,3×18 = 113,4
Всього:	34	143,8

Тоді

$$Ш_{\varphi} = \frac{143,8}{34} = 4,23 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,23} = 0,24 < 0,32 \text{ – умова виконується.}$$

За коефіцієнтом шорсткості деталь технологічна.

Висновок. За кількісними показниками ( $K_{\kappa}$ ,  $K_{\tau}$ ,  $K_{ш}$ ) деталь є технологічною.

## 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

### 2.2.1 Визначення типу виробництва

Коефіцієнт закріплення операцій [1, 2]:

$$K_{\kappa, \sigma} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.6)$$

де  $\Sigma O_i$ ,  $\Sigma P_i$  – кількість операцій та робочих місць на ділянці відповідно.

Відповідно до креслення деталі визначено основні характерні переходи механічної обробки деталі «Вал БД-28.128.01», а саме:

- чорнове точіння поверхонь  $\varnothing 24,8$  (2 пов.);
- чорнове точіння поверхні  $\varnothing 28$ ;
- чистове точіння поверхонь  $\varnothing 24,8$  (2 пов.);
- чорнове точіння поверхонь  $\varnothing 25$  (2 пов.);
- чистове точіння поверхонь  $\varnothing 25$  (2 пов.);
- остаточне фрезерування (2 пов.);
- свердління отворів  $\varnothing 5$  (2 отв.);
- свердління отворів  $\varnothing 3$  (2 отв.);
- остаточне шліфування поверхонь  $\varnothing 25$  (2 пов.)

Визначаємо основний час  $T_o$  виконання характерних переходів механічної обробки за формулами наближеного нормування [1, 2]:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l = 2 \cdot 0,17 \cdot 24,8 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 0,092 \text{ хв};$$

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l = 0,17 \cdot 28 \cdot 23 \cdot 10^{-3} = 0,109 \text{ хв};$$

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l = 2 \cdot 0,1 \cdot 24,8 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 0,054 \text{ хв};$$

$$T_o = 2 \cdot 0,17 \cdot d \cdot l = 2 \cdot 0,17 \cdot 25 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 0,076 \text{ хв};$$

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,1 \cdot 25 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 0,045 \text{ хв};$$

$$T_o = (4 \cdot l) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 22 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,176 \text{ хв};$$

$$T_o = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,078 \text{ хв};$$

$$T_o = 2 \cdot 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,21 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0126 \text{ хв};$$

$$T_o = 2 \cdot 0,15 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,15 \cdot 25 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 0,066 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час  $T_{шт-к}$  для характерних переходів можна визначити згідно формули:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (2.7)$$

де  $T_o$  – основний час обробки, хв.;

$\varphi_k$  – коефіцієнт [1, 2].

$$T_{шт-к} = 0,092 \cdot 2,14 = 0,196 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,176 \cdot 1,84 = 0,323 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,109 \cdot 2,14 = 0,234 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,078 \cdot 1,72 = 0,134 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,054 \cdot 2,14 = 0,115 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,0126 \cdot 1,72 = 0,021 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,076 \cdot 2,14 = 0,162 \text{ хв};$$

$$T_{шт-к} = 0,066 \cdot 2,10 = 0,138 \text{ хв}.$$

$$T_{шт-к} = 0,045 \cdot 2,14 = 0,096 \text{ хв}.$$

Кількість верстатів, що необхідна для кожного переходу механічної обробки:

$$C_{рi} = \frac{N_p \cdot T_{шт-кi}}{60 F_o \cdot \eta_{з.к.}} \text{ [шт.]}, \quad (2.8)$$

де  $N_p$  – річна програма випуску деталі «Вал БД-28.128.01»,

$N_p = 25000$  шт.;

$\eta_{з.к.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$F_o$  – дійсний річний фонд часу.

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,196}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,023; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,234}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,028; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,115}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,013; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,162}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,019; \quad C_{np} = 1;$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,096}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,011; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,323}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,038; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,134}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,016; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,021}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,002; \quad C_{np} = 1.$$

$$C_p = \frac{25000 \cdot 0,138}{60 \cdot 4060 \cdot 0,85} = 0,016; \quad C_{np} = 1.$$

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{z,\phi} = \frac{C_{pi}}{C_{npi}}. \quad (2.9)$$

Оскільки для всіх переходів прийнято  $C_{np} = 1$ , то фактичні значення коефіцієнтів завантаження збігаються з розрахованими значеннями кількості верстатів.

Кількості операцій, що виконуються на робочому місці:

$$O_i = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi,i}}, \quad (2.10)$$

де  $\eta_{z,n}$ ,  $\eta_{z,\phi,i}$  – нормативний та фактичний коефіцієнт завантаження обладнання відповідно.

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,023} = 36,7 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,038} = 22,3 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,028} = 30,3 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,016} = 52,42 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,013} = 65,3 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,002} = 425 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,019} = 44,5 ;$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,016} = 52,42 .$$

$$O = \frac{\eta_{z,n}}{\eta_{z,\phi}} = \frac{0,85}{0,011} = 77,2 .$$

Результати розрахунків оформленні у вигляді зведеної таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій  $K_{z,o}$ .

Перехід механічної обробки елементарної поверхні деталі	$T_o \cdot 10^{-3}$ , хв.		$\varphi_x$	$T_{\text{ум-к}}$ , хв.	$C_p$	$C_{\text{np}}$	$\eta_{z,\phi}$	$O$	$K_{z,o}$
	Формула	Результат							
Точіння чорнове Ø24,8	$0,17 \cdot d \cdot l$	92	2,14	0,196	0,023	1	0,023	36,7	39,7
Точіння чорнове Ø28	$0,1 \cdot d \cdot l$	109	2,14	0,234	0,028	1	0,028	30,3	
Точіння чорнове Ø25	$0,17 \cdot d \cdot l$	76	2,14	0,162	0,019	1	0,019	44,5	
Фрезерування остаточне	$4 \cdot l$	176	1,84	0,323	0,038	1	0,038	22,3	
Свердління отворів Ø5	$0,52 \cdot d \cdot l$	78	1,72	0,134	0,016	1	0,016	52,42	
Шліфування остаточне Ø25	$0,15 \cdot d \cdot l$	66	2,10	0,138	0,016	1	0,016	52,42	

Отже, визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{z,o} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{36,7 + 30,3 + 44,5 + 22,3 + 52,42 + 52,42}{6} = \frac{238,64}{6} = 39,7 .$$

Отримане значення коефіцієнта закріплення  $K_{з.к.} = 39,7$  відповідає дрібносерійному типу виробництва, оскільки знаходиться в межах 20...40.

### 2.2.2 Визначення форми організації роботи

Потрібний добовий випуск виробів [1, 2]:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} \text{ [шт.];} \quad (2.11)$$

$$N_{\text{д}} = \frac{25000}{254} = 98,4 \rightarrow 99 \text{ (шт.)}$$

Добова продуктивність лінії

$$Q_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}}}{T_{\text{шт-к.оп}}} \cdot \eta_{\text{л}} \text{ [шт.],} \quad (2.12)$$

де  $F_{\text{д}}$  – добовий фонд часу роботи обладнання (за двозмінного режиму роботи  $F_{\text{д}} = 952$  хв.);

$\eta_{\text{л}}$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії;

$T_{\text{шт-к.оп}}$  – середній штучно-калькуляційний час на виконання переходів.

Середній штучно-калькуляційний час для виконання переходів обробки:

$$T_{\text{шт-к.оп}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к.оп}_i}}{\sum n_i} \text{ [хв.],} \quad (2.13)$$

$$T_{\text{шт-к.оп}} = \frac{0,196 + 0,234 + 0,162 + 0,323 + 0,134 + 0,138}{6} = 0,197 \text{ (хв.);}$$

Тоді

$$Q_{\text{д}} = \frac{952}{0,197} \cdot 0,85 = 4108 \text{ (шт.)}$$

Оскільки  $N_{\partial} = 99$  шт.  $< Q_{\partial} = 4108$  шт., застосування потокової лінії є недоцільним. У зв'язку з цим приймається групова форма організації виробничого процесу.

Розрахункова кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.14)$$

$$n = \frac{25000 \cdot 18}{254} = 1771,6 \rightarrow 1772 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова кількість змін на обробку всієї партії деталей:

$$C_{зм} = \frac{T_{зм-ксп} \cdot n}{476 \cdot \eta_{зм}}, \quad (2.15)$$

де 476 – дійсний фонд роботи обладнання протягом однієї зміни;

$\eta_{зм}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{зм} = 0,75 - 0,85$ ).

$$C_{зм} = \frac{0,197 \cdot 1772}{476 \cdot 0,85} = 0,916,$$

Розрахункову кількість змін округлено до найближчого більшого цілого значення  $C_{зм.пр} = 1$  зміна.

Скоректована кількість деталей в партії:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot \eta_{зм} \cdot C_{зм.пр}}{T_{зм-ксп}} \text{ [шт.]}, \quad (2.16)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,85 \cdot 1}{0,197} = 1933 \text{ (шт.)}$$

Таким чином, виробництво відноситься до дрібносерійного типу, форма організації роботи – групова, а кількість деталей у партії для одночасного запуску становить  $n_{sp} = 1933$  шт.

## 2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

### 2.3.1 Обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки

На підставі аналізу робочого креслення деталі, її маси та серійності виробництва (дрібносерійне) встановлено, що заготовку даної деталі доцільно виготовляти із застосуванням методів пластичного деформування або шляхом використання стандартного прокату, оскільки матеріалом деталі є сталь 45.

До можливих способів виготовлення заготовки методами пластичного деформування [9-12] належать:

- кування;
- гаряче штампування на молотах;
- гаряче штампування на механічних пресах (КГШП, гвинтові фрикційні преси);
- виготовлення заготовки з круглого прокату.

Проаналізувавши зазначені способи та з урахуванням серійності виготовлення, геометричної форми деталі й техніко-економічних чинників, як один із варіантів обрано виготовлення заготовки методом гарячого штампування на молотах. Для штампування поковок застосовують різні типи молотів, зокрема пневматичні, пароповітряні, фрикційні, гвинтові, гідравлічні, безшаботні, а також молоти з рухомою нижньою бабою.

Використання прокату дозволяє з мінімальними витратами отримувати заготовки, поперечний переріз яких повністю або частково відповідає формі деталі, заданій конструктором. Заготовки з прокату найчастіше застосовують в одиничному та дрібносерійному виробництві, однак за умови близькості форми

деталі до профілю прокатного матеріалу їх використання є доцільним і в середньосерійному виробництві.

Висновок. Для даного типу виробництва найбільш раціональними та економічно доцільними способами виготовлення заготовки є гаряче штампування на молотах і виготовлення заготовки з прокату, оскільки перепади зовнішніх і внутрішніх діаметрів незначні, а конфігурація деталі наближена до профілю прокатного матеріалу.

### 2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки

#### - Призначення норм точності

Відповідно до [11], при штампуванні на молотах у серійному типі виробництва отримують заготовки п'ятого класу точності (Т5). Деталь виготовляється зі сталі 45, вміст вуглецю в якій становить близько 0,45%, що дозволяє віднести даний матеріал до другої групи (М2).

Для визначення ступеня складності, який є однією з конструктивних характеристик форми поковок, необхідно попередньо розрахувати масу заготовки. Для цього скористаємося формулою орієнтовного розрахунку:

$$G_{\phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \cdot \rho = \frac{3.14 \cdot 0,0294^2}{4} \cdot 0.1344 \cdot 7800 = 0,709 \text{ (кг)}. \quad (2.17)$$

Ступінь складності визначається залежно від співвідношення попередньо розрахованої маси поковки до маси найпростішої геометричної фігури, що охоплює деталь. У даному випадку такою фігурою є циліндр, розміри якого приймаються рівними габаритним розмірам деталі, збільшеним у 1,5 рази.

$$G_n = G_o \cdot K_p = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6 \text{ (кг)},$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, що залежить від форми деталі [11].

$$C = \frac{G_{\pi}}{G_{\phi}} = \frac{0,6}{0,7} = 0,8. \quad (2.18)$$

Призначаємо ступінь складності С1.

Оскільки заготовка має просту конфігурацію без вигинів, поверхню роз'єму штампа доцільно прийняти плоскою (П).

Вихідний індекс визначається з урахуванням маси поковки, марки сталі, ступеня складності та класу точності й використовується для подальшого призначення основних припусків, допусків і допустимих відхилень. Для процесу штампування на молотах вихідний індекс приймається рівним 11 [11].

#### - Вибір припусків

Основні припуски встановлюються залежно від розмірів поверхонь, вимог до їх шорсткості та вихідного індексу. При цьому, якщо один розмір пов'язує поверхні з різними значеннями шорсткості, для кожної з них необхідно призначати окремі припуски [11].

Додаткові припуски вводяться з метою урахування знімання матеріалу по площині роз'єму штампа, а також компенсації вигнутості, відхилень від площинності та прямолінійності [11].

Під час розрахунку розмірів заготовки основні та додаткові припуски додаються.

#### - Вибір допусків

Допуски на розміри встановлюються залежно від номінальних розмірів та вихідного індексу [11].

Під час проєктування штампа та визначення допустимого зносу інструмента призначаються допуски на зміщення, залишковий облой, заусенці, відхилення від концентричності пробитих отворів, вгнутість, міжосьові відстані, кутові елементи та радіуси заокруглень. Значення зазначених допусків обираються з урахуванням класу точності та маси поковки.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів поковки (штампування на молотах)

Вхідні дані	Штампування на молотах				
Клас точності	Т5				
Марка матеріалу	М2				
Ступінь складності	С1				
Конфігурація пов. роз'єму штампа	П				
Індекс	11				
	Розрахункові розміри, мм				
	128	22	29	Ø28	Ø18 <sub>-0,001</sub>
	Припуски:				
Основні	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
для врахування вигнутості і відхилення від площин., прямолінійн.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Розміри заготовок, мм				
	131,8	26,8	33,8	Ø32,4	Ø22,4
Допуски: Розмірів	2,2 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>	1,6 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>	1,6 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>	1,6 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>	1,6 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>
зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,5				
по вигнутості від площин. і прямолін. радіусів заокруглень	1,0				
величина залишкового облою	0,6				
Висоти заусенецю	2,0				

- Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Штампування на молотах:

$$128 + (1,7 + 0,2) \cdot 2 = 131,8 \quad (\text{мм});$$

$$22 + (1,7 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = 26,8 \quad (\text{мм});$$

$$29 + (1,7 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = 33,8 \quad (\text{мм});$$

$$\varnothing 28 + (1,5 + 0,5 + 0,2) \cdot 2 = 32,4 \quad (\text{мм});$$

$$\varnothing 18 + (1,5 + 0,5 + 0,2) \cdot 2 = 22,4 \quad (\text{мм}).$$

#### - Вибір конструктивних елементів

Радіуси заокруглень призначаються з метою запобігання утворенню тріщин та зниження рівня залишкових напружень у поковці. Для даної деталі радіуси заокруглень приймаються в межах  $R = 1 \dots 1,6$  мм відповідно до рекомендацій [11].

Нахили поверхонь передбачаються для полегшення вилучення заготовки з матриць та запобігання заклинюванню пуансона під час процесу штампування. При штампуванні на молотах зовнішні нахили приймаються рівними  $6^\circ$ .

Мінімальні діаметри отворів для даної деталі не розглядаються, оскільки конструкцією отворів не передбачено.

Положення лінії роз'єму приймається таким чином, що вона проходить уздовж осі вала.

#### - Призначення технічних вимог на заготовку

Технічні вимоги для штамповки на молотах:

Клас точності – Т5, група сталі – М2, ступінь складності – С4.

Невказані штампувальні нахили  $4-6^\circ$ , радіуси 1-1,6 мм.

Допускаємий заусенець 2,0 мм.

Допускаємі зміщення по площині роз'єму 0,5 мм.

Невказані допуски радіусів заокруглень 1,0 мм.

Допустиме відхилення від площинності, прямолінійності 1,0 мм.

Твердість матеріалу заготовки 217НВ.

### 2.3.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси заготовки

Масу заготовки можна визначити згідно формули:

$$G_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \cdot \rho \text{ [кг]}, \quad (2.19)$$

де  $V_{\text{заг}}$  – об'єм заготовки;

$\rho$  – густина матеріалу заготовки,  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$  (сталь 45).

Коефіцієнт точності маси заготовки [11]:

$$\gamma = G_{\text{дет}}/G_{\text{заг}}, \quad (2.20)$$

Розрахунок штамповки на молотах

Згідно масо-центрувальних характеристик 3D-моделі штамповки на молотах:

площа  $S = 12033,766 \text{ мм}^2$ ;

об'єм  $V = 0,0000069 \text{ м}^3$ ;

густина  $\rho = 0,0078 \text{ г/мм}^3$ ;

маса  $G = 736 \text{ г}$ .

Отже, коефіцієнт точності маси штампованої заготовки:

$$\gamma_1 = \frac{400}{736} = 0,54 .$$

- Розрахунок заготовки з прокату

Заготовку доцільно виготовляти з круглого прокату, оскільки геометрична форма деталі за своєю конфігурацією близька до циліндричної.

Припуски на механічну обробку валів обираємо згідно з нормативними рекомендаціями [1, 11]. Для діаметра  $\text{Ø}28 \text{ мм}$  при однократному чорновому точінні та довжині деталі 120-260 мм приймаємо припуск 1,7 мм.

Розрахунковий діаметр заготовки становить:

$$28 + 2 \cdot 1,7 = 31,4 \text{ (мм)}.$$

З урахуванням стандартного сортаменту прокату [1, 11] приймаємо діаметр прутка  $\varnothing 32$  мм.

Припуск на обробку торців прокату відповідно до нормативів становить 2 мм. Розрахункова довжина заготовки з урахуванням обробки торців складає  $128 + 2 \cdot 2 = 132$  (мм).

Для відрізання заготовки приймається спосіб різання механічною ножівкою з припуском 2 мм. Остаточна довжина заготовки дорівнює:

$$132 + 2 = 134 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, обирається круглий пруток діаметром  $\varnothing 32$  мм та довжиною 3 м, з якого можна отримати 22 заготовки, при цьому залишок матеріалу становитиме 52 мм.

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma_2 = \frac{400}{780} = 0,51 \text{ .}$$

#### 2.3.4 Оформлення ескізів заготовки

Ескіз заготовки виготовленої штампуванням на молотах показано на рис. 2.1. Ескіз заготовки з круглого прокату показано на рис. 2.2.

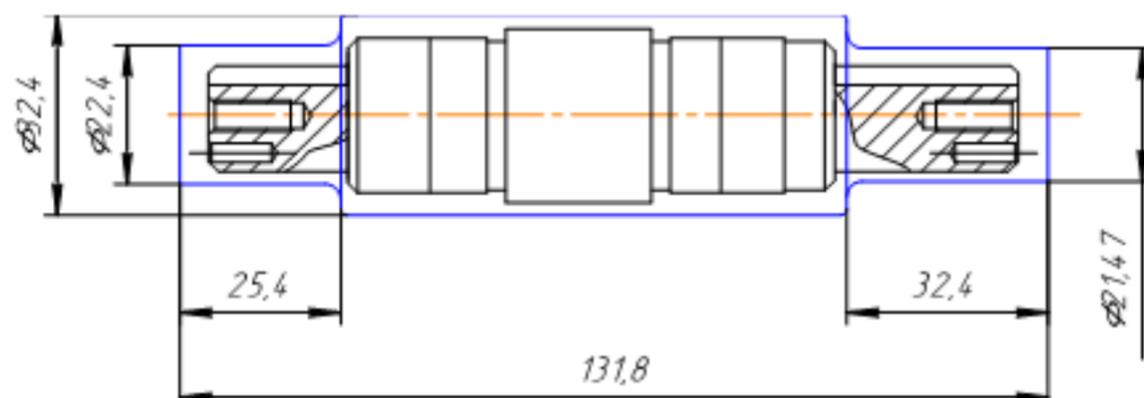


Рисунок 2.1 – Заготовка виготовлена штампуванням

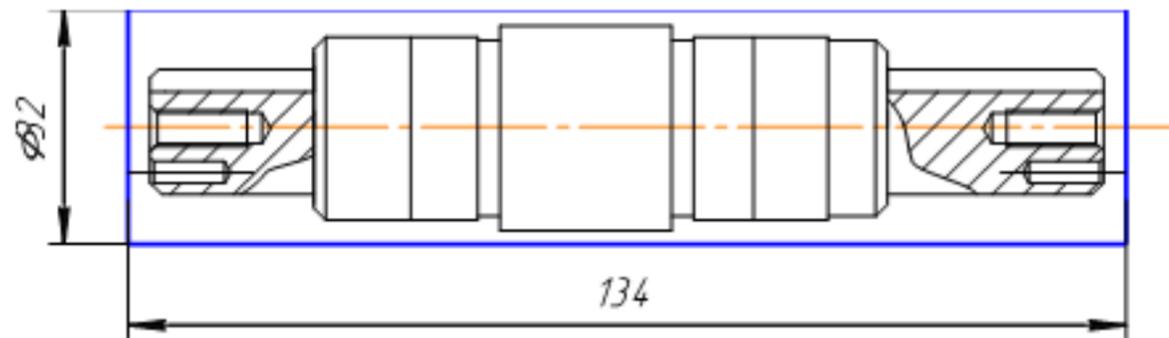


Рисунок 2.2 – Прокат

### 2.3.5 Техніко-економічне порівняння варіантів заготовки

Собівартість заготовки визначаємо за формулою [11]:

$$C_{\text{заг.}} = \left( \frac{G_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{шт.}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left( \frac{G_{\text{заг.}} - G_{\text{дем.}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх.}} \quad [\text{грн.}], \quad (2.21)$$

де  $C_{\text{шт.}}$  – базова вартість 1 т штамповки;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$  – коефіцієнти [11];

$C_{\text{відх.}}$  – вартість 1 т стружки, для сталі  $C_{\text{відх.}} = 2240$  грн./т.

Призначаємо коефіцієнти:  $K_T = 1,0$ ;  $K_M = 1,0$ ;  $K_C = 1,15$ ;  $K_B = 1,33$ ;

$K_{II} = 1,0$ .

Вартість штамповки на молотах:

$$C_{\text{заг.}} = \left( \frac{0,736}{1000} \cdot 52400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,33 \cdot 1 \right) - \left( \frac{0,736 - 0,4}{1000} \right) \cdot 2240 = 58,23 \quad (\text{грн.})$$

Вартість заготовки із прокату:

$$C_{\text{заг.пр.}} = \frac{Q_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_M - \left( \frac{Q_{\text{заг.}} - Q_{\text{дем.}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх.}} + C_{\text{обр.}} \quad [\text{грн.}], \quad (2.22)$$

де  $C_M = 15730$  грн./т – вартість матеріалу сталь 45;

Собівартість попередньої обробки поверхонь  $\varnothing 18$  (при виготовленні заготовки із прокату) [1, 11]:

$$C_{обр.} = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{шт-к}}{60} \text{ [грн.],} \quad (2.23)$$

де  $C_{н.з.}$  – хвилині приведені витрати, грн.;

$T_{шт-к.}$  – штучно-калькуляційний час, хв. [1, 2, 11];

$$T_{шт-к.} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]} \quad (2.24)$$

$\varphi_k = 1,5$  – при токарній чорновій обробці та розточуванні;

$C_{н.з.} = 41,2$  грн./год. – для токарних верстатів з ЧПК.

При чорновому точінні:

$$T_o = 0,17 \cdot d \ell \cdot 10^{-3} \text{ [хв.];} \quad (2.25)$$

$$T_o = 0,2 \cdot d^{\ell} \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 18 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 0,0792 \text{ (хв.);}$$

$$T_o = 0,2 \cdot d^{\ell} \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 18 \cdot 29 \cdot 10^{-3} = 0,1044 \text{ (хв.);}$$

$$C_{обр} = \frac{41,2 \cdot 0,0792 \cdot 1,5}{60} + \frac{41,2 \cdot 0,1044 \cdot 1,5}{60} = 0,19 \text{ (грн.);}$$

$$C_{шт-к.} = \left( \frac{0,78}{1000} \cdot 31460 - \frac{0,78 - 0,4}{1000} \cdot 2240 \right) + 0,19 = 23,88 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект

$$E = (C_{шт-к.} - C_{обр.}) \cdot N = (58,23 - 23,88) \cdot 25000 = 858750 \text{ (грн.)}$$

Отже, у разі виготовлення заготовок із прокату собівартість є нижчою, ніж при штампуванні на молотах. У зв'язку з цим доцільно прийняти спосіб виготовлення заготовки з прокату як основний.

#### 2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки точних поверхонь

Відповідно до креслення деталі та обраної заготовки з круглого прокату, підлягають механічній обробці такі елементи:

- точити дві циліндричні поверхні діаметром  $\varnothing 18$  мм;
- точити дві циліндричні поверхні  $\varnothing 24,8$  мм;
- точити дві циліндричні поверхні  $\varnothing 25$  мм;
- фрезерувати два пази шириною 6 мм;
- свердлити два отвори діаметром  $\varnothing 3$  мм;
- нарізати різь М5.

За розрахунковим методом визначення кількості ступенів механічної обробки точних поверхонь попередньо обчислюють загальне уточнення [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.26)$$

де  $\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення.

Заготовка – прокат, допуск заготовки на розмір  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$   $T_{\text{заг}} = 1150$  мкм, допуск деталі  $T_{\text{дет}} = 21$  мкм.

Коефіцієнт уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1150}{21} = 54,76,$$

Приймаємо  $\varepsilon_1 = 5$ ;  $\varepsilon_2 = 4$ ;  $\varepsilon_3 = 2$ ;  $\varepsilon_4 = 1,37$ .

Тоді  $\varepsilon_1 = 5 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,37 = 54,76$ .

Отже, приймаємо 4-и переходи механічної обробки.

Визначаємо допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{1150}{5} = 230 \text{ (МКМ)} \quad (\approx \text{ІТ } 12);$$

$$T_2 = \frac{230}{4} = 57,5 \text{ (МКМ)} \quad (\approx \text{ІТ } 9);$$

$$T_3 = \frac{57,5}{2} = 28,75 \text{ (МКМ)} \quad (\approx \text{ІТ } 8);$$

$$T_4 = \frac{28,75}{1,37} = 21 \text{ (МКМ)} \quad (\text{ІТ } 7).$$

Остаточено прийнято 4-и переходи мех. обробки:

- точіння попереднє;
- точіння попереднє;
- шліфування попереднє;
- шліфування остаточне.

Методи обробки інших поверхонь зведені в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Переходи механічної обробки точних поверхонь

Розмір, мм	$\varepsilon$	Розподіл уточнення $\varepsilon$	Допуски, мм	Квалітет ІТ	Вид обробки, переходи
1	2	3	4	5	6
$\text{Ø}18_{+0,001}^{+0,019}$	$\frac{1,1}{0,018} = 61,1$	$\varepsilon_1 = 5,2; \varepsilon_2 = 3,8;$ $\varepsilon_3 = 3,09$	$1,1 / 5,2 = 0,21$	13	Точіння попер.
			$0,21 / 3,8 = 0,055$	10	Точіння попер.
			$0,055 / 3,09 = 0,018$	9	Точіння остат.

## Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
$\varnothing 24,8_{-0,1}$	$\frac{1,15}{0,1} = 11,5$	$\varepsilon_1 = 5;$ $\varepsilon_2 = 2,3$	$\frac{1,15}{5} = 0,23 ;$ $\frac{0,23}{2,3} = 0,1$	12  10	Точіння попер.  Точіння остат.
$\varnothing 25_{+0,023}^{+0,002}$	$\frac{1,15}{0,021} = 54,76$	$\varepsilon_1 = 5;$ $\varepsilon_2 = 4;$ $\varepsilon_3 = 2;$ $\varepsilon_4 = 1,37$	$\frac{1,15}{5} = 0,23 ;$ $\frac{0,23}{4} = 0,058 ;$ $\frac{0,058}{2} = 0,029 ;$ $\frac{0,029}{1,37} = 0,021$	12  9  8  7	Точіння попер.  Точіння остат.  Шліф. попер.  Шліф. остат.
$6_{-0,042}^{-0,012}$	$\frac{0,75}{0,03} = 25$	$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 4,1$	$\frac{0,75}{6} = 0,12$ $\frac{0,12}{4,1} = 0,03$	12  9	Фрезерування попер.  Фрезерування остат.

### 2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз

Як чистові технологічні бази прийнята схема базування в центрах, що наведена на рис. 2.3.

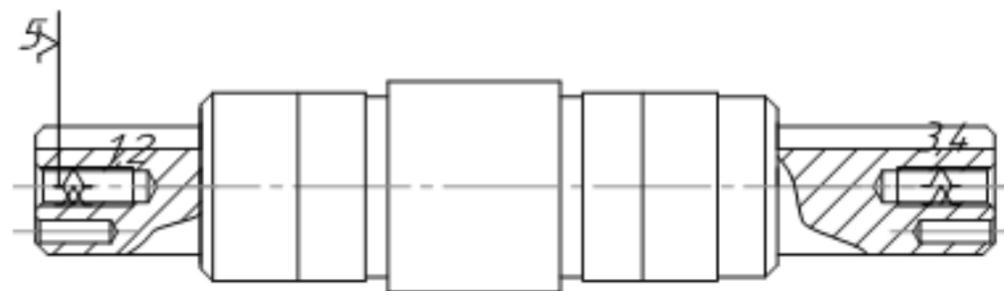


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

При обробці діаметральних розмірів похибка базування дорівнює нулю:

$$\varepsilon_g (\varnothing 25_{+0,002}^{+0,023}) = 0; \quad \varepsilon_g (\varnothing 24) = 0; \quad \varepsilon_g (\varnothing 18_{+0,001}^{+0,019}) = 0; \quad \varepsilon_g (\varnothing 3) = 0;$$

$$\varepsilon_{\sigma} (\text{Ø}24,8_{-0,1}) = 0; \varepsilon_{\sigma} (\text{Ø}5) = 0; \varepsilon_{\sigma} (\text{Ø}28) = 0.$$

Для всіх лінійних розмірів уздовж довжини вала похибка базування відсутня, оскільки їх обробка здійснюється за одного установу:

$$\varepsilon_{\sigma} (22) = 0; \varepsilon_{\sigma} (37) = 0; \varepsilon_{\sigma} (35) = 0; \varepsilon_{\sigma} (58) = 0;$$

$$\varepsilon_{\sigma} (47) = 0; \varepsilon_{\sigma} (10) = 0; \varepsilon_{\sigma} (29) = 0.$$

На вимоги щодо радіального, повного радіального та торцевого биття похибки базування відсутні, оскільки конструкторська і технологічна бази співпадають.

Як чорнові технологічні бази доцільно прийняти схему базування в трикулачковому самоцентруючому патроні (рис. 2.4), що забезпечує зняття рівномірного припуску з відповідальних діаметральних поверхонь.

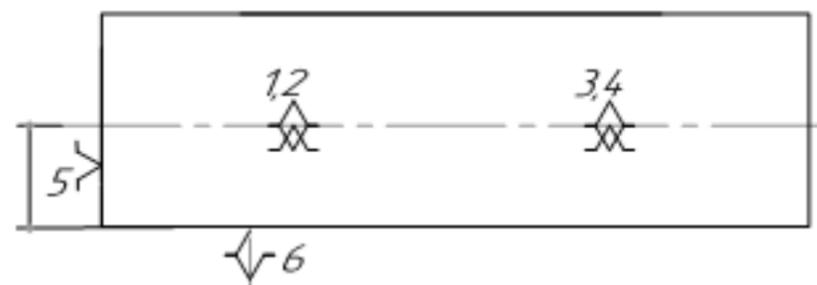
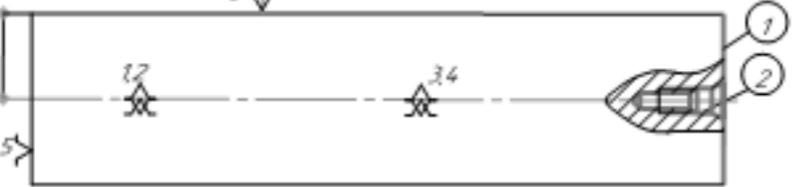
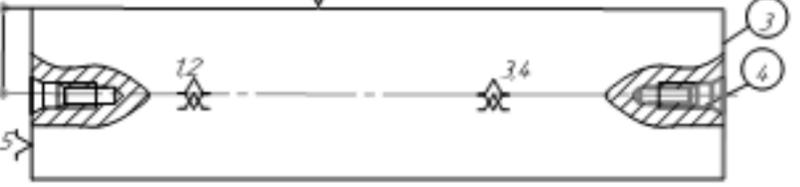


Рисунок 2.4 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

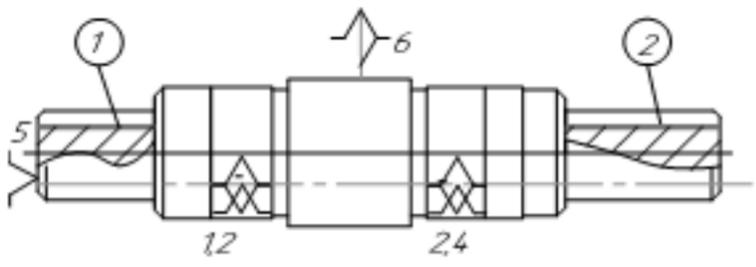
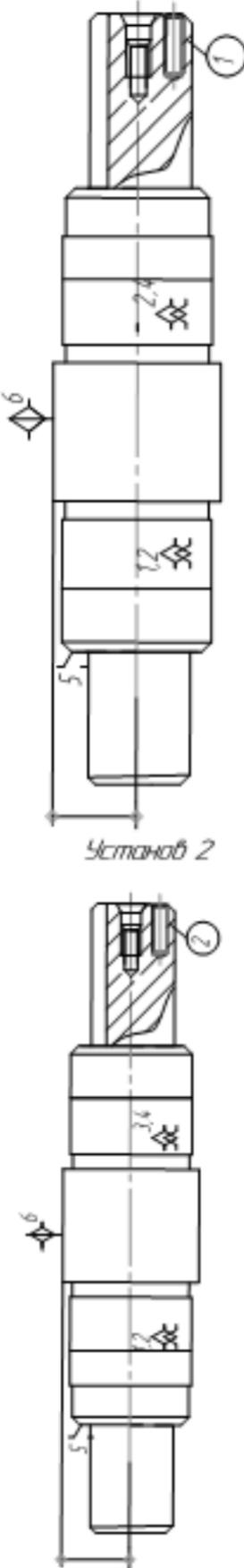
Отже, застосування зазначених чистових і чорнових технологічних баз під час механічної обробки заготовки деталі «Вал БД-28.128.01» забезпечує виготовлення якісних деталей, що повністю відповідають вимогам, наведеним на кресленні.

## 2.6 Розробка варіантів удосконаленого маршруту механічної обробки

Таблиця 2.8 – Удосконалений маршрут механічної обробки (1 варіант)

№ оп.	Операція, переходи	Схеми базування, обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1.</li> <li>3. Центрувати отвір 2.</li> <li>4. Свердлити отвір 2.</li> <li>5. Розсвердлити отвір 2.</li> <li>6. Зенкувати фаску в отворі 2.</li> <li>7. Нарізати різь в отворі 2.</li> <li>8. Переустановити заготовку.</li> <li>9. Підрізати торець 3.</li> <li>10. Центрувати отвір 4.</li> <li>11. Свердлити отвір 4.</li> <li>12. Розсвердлити отвір 4.</li> <li>13. Зенкувати фаску в отворі 4.</li> <li>14. Нарізати різь в отворі 4.</li> <li>15. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>Установ 1</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Установ 2</i></p> 	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити поверхні 1, 4, 5, 6 однократно і поверхні 2, 3 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхні 2, 3 остаточно, фаски 7, 8.</li> <li>4. Точити поверхні 12, 13, 14, 15 однократно і поверхню 10, 11 попередньо.</li> <li>5. Точити поверхню 10, 11 остаточно, фаски 16, 17.</li> <li>6. Точити канавку 18, 9.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>Установ 1</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Установ 2</i></p> 	Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
015	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати шпонковий паз 1.</li> <li>3. Фрезерувати шпонковий паз 2.</li> <li>4. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3
020	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Центрувати отвір 1.</li> <li>3. Свердлити отвір 1.</li> <li>4. Розвернути отвір 1 попередньо.</li> <li>5. Розвернути отвір 1 остаточно.</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Переустановити деталь.</li> <li>7. Центрувати отвір 2.</li> <li>8. Свердлити отвір 2.</li> <li>9. Розвернути отвір 2 попередньо.</li> <li>10. Розвернути отвір 2 остаточно.</li> <li>11. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p>	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
025	Виконати термообробку 36...42 HRC		
030	<p>Круглошліфувальна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Шліфувати поверхні 1 і 2 з підшліфовкою торців попередньо.</li> <li>3. Шліфувати поверхні 3 і 4 з підшліфовкою торців однократно.</li> <li>4. Шліфувати поверхні 1 і 2 з підшліфовкою торців остаточно.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2</p>

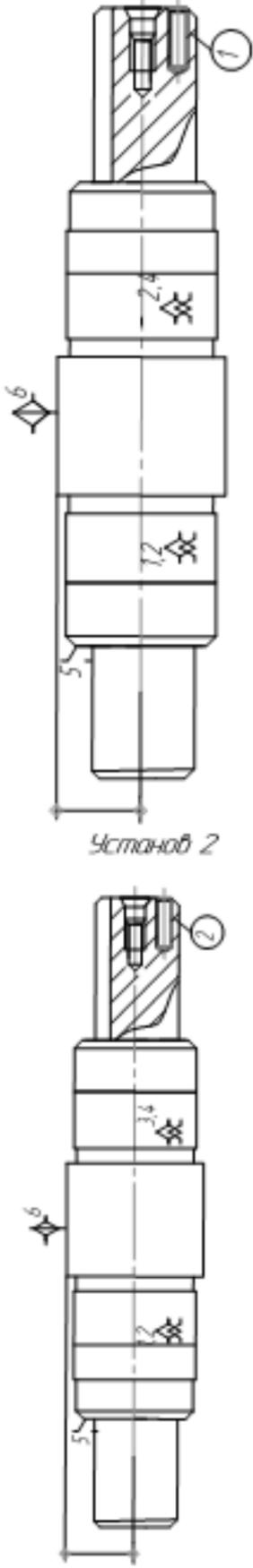
Таблиця 2.9 – Удосконалений маршрут механічної обробки (2 варіант)

№ операції	Операція, переходи	Схеми базування, обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1.</li> <li>3. Центрувати отвір 2.</li> <li>4. Свердлити отвір 2.</li> <li>5. Розсвердлити отвір 2.</li> <li>6. Зенкувати фаску в отворі 2.</li> <li>7. Нарізати різь в отворі 2.</li> <li>8. Переустановити заг.</li> <li>9. Підрізати торець 3.</li> <li>10. Центрувати отвір 4.</li> <li>11. Свердлити отвір 4.</li> <li>12. Розсвердлити отвір 4.</li> <li>13. Зенкувати фаску в отворі 4.</li> <li>14. Нарізати різь в отворі 4.</li> <li>15. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p>	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30</p>

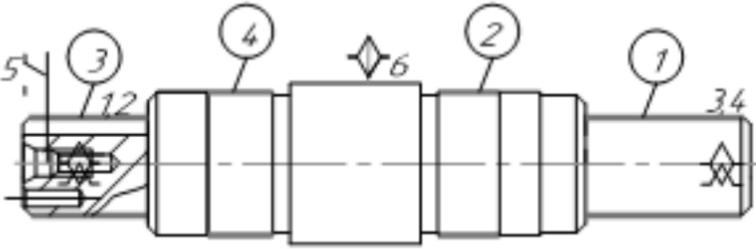
Продовження таблиці 2.9

1	2	3	
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити поверхні 1, 4, 5, 6 однократно і поверхні 2, 3 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхні 2, 3 остаточно, фаски 7, 8.</li> <li>4. Точити поверхні 12, 13, 14, 15 однократно і поверхню 10, 11 попередньо.</li> <li>5. Точити поверхню 10, 11 остаточно, фаски 16, 17.</li> <li>6. Точити канавку 18, 9.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		<p>Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8</p>
015	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати шпонковий паз 1.</li> <li>3. Фрезерувати шпонковий паз 2.</li> <li>4. Зняти заготовку.</li> </ol>		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3</p>

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
020	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Центрувати отвір 1.</li> <li>3. Свердлити отвір 1.</li> <li>4. Розвернути отвір 1 попередньо.</li> <li>5. Розвернути отвір 1 остаточно.</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Переустановити заготовку.</li> <li>7. Центрувати отвір 2.</li> <li>8. Свердлити отвір 2.</li> <li>9. Розвернути отвір 2 попередньо.</li> <li>10. Розвернути отвір 2 остаточно.</li> <li>11. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><i>Установ 1</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Установ 2</i></p>	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3
025	Виконати термообробку 36...42 HRC		

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
030	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Точити поверхню 1 однократно, 2 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхню 2 остаточно.</li> <li>4. Точити поверхню 3 однократно, 4 попередньо.</li> <li>5. Точити поверхню 4 остаточно.</li> <li>8. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарний верстат з ЧПК особливо високої точності 16B05AФ30-01</p>

2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат

Для того, щоб визначити який із двох варіантів є кращим необхідно розрахувати технологічну собівартість операцій механічної обробки. Технологічну собівартість визначають за формулою [1]:

$$C_0 = \frac{C_{n-3} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B}; \text{ [грн.]} \quad (2.27)$$

де  $C_{n-3}$  – приведені витрати часу;

$T_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час;

$k_B$  – коефіцієнт виконання норм,  $k_B = 1,3$ .

У маршрутах механічної обробки різниця наявна лише в токарній та шліфувальній операціях. У зв'язку з цим розрахунок собівартості виконано тільки для відмінних операцій, оскільки всі інші є ідентичними.

Визначимо штучно-калькуляційний час за наближеною формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]},$$

де  $T_o \cdot 10^{-3}$  – основний технологічний час, визначається за формулами, хв.

[1, 2]:

- шліфування попереднє - 0,07dl ;
- шліфування остаточне - 0,15dl ;
- тонке точіння попереднє - 0,2dl ;
- тонке точіння остаточне - 0,3dl,

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт, який для токарних верстатів дорівнює 2,14, для шліфувальних 2,10.

Для першого варіанту маршруту:

$$\begin{aligned} T_{\text{шт-к1}} &= 2,10 \cdot (0,07 \cdot 0,001 \cdot (18 \cdot 22 + 25 \cdot 9 + 25 \cdot 9 + 18 \cdot 29) + 0,15 \cdot 0,001 \cdot (25 \cdot 9 \cdot 2)) = \\ &= 0,34 \text{ (хв.)} \end{aligned}$$

Для другого варіанту маршруту:

$$T_{\text{шт-к2}} = 2,14 \cdot (0,2 \cdot 0,001 \cdot (18 \cdot 22 + 25 \cdot 9 + 25 \cdot 9 + 18 \cdot 29) + 0,3 \cdot 0,001 \cdot (25 \cdot 9 \cdot 2)) = 0,88 \text{ (хв.)}$$

$C_{\text{н-г}}$  – приведені витрати часу визначаємо за таблицями [1].

Тоді технологічна собівартість для першого маршруту:

$$C_1 = \frac{42 \cdot 0,34}{60 \cdot 1,3} = 0,183 \text{ (грн.)}$$

Для другого варіанту маршруту:

$$C_1 = \frac{48,6 \cdot 0,88}{60 \cdot 1,3} = 0,545 \text{ (грн.)}$$

Отже, більш економічно вигідним є перший варіант маршруту механічної обробки  $0,183 < 0,545$  грн.

Економічний ефект

$$E = (C_2 - C_1) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.28)$$

$$E = (0,545 - 0,183) \cdot 25000 = 9050 \text{ (грн.)}$$

## 2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

### 2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів [13]

Технологічні розміри  $B_1 - B_{15}$  проставлено згідно удосконаленого ТП (рис. 2.5)

Конструкторські розміри  $K_1 - K_{14}$  – з креслення деталі.

$Z_1, Z_2$  – припуски на оброблювані поверхні (з прутка).

### 2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски розмірів заготовки визначаємо по [1, 11]. Допуски на технологічні розміри призначаються згідно [1, 11]. Допуски на ці розміри зведені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$
Допуск, мм	1,00	0,43	1,00	0,43	0,62	0,62	0,25	0,74
Розмір	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$	$Z_1$
Допуск, мм	0,62	0,52	0,25	0,36	0,36	0,36	0,36	1,00

### 2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Одним із початкових етапів розмірного аналізу є розроблення розмірної схеми технологічного процесу [13], наведеної на рис. 2.5.

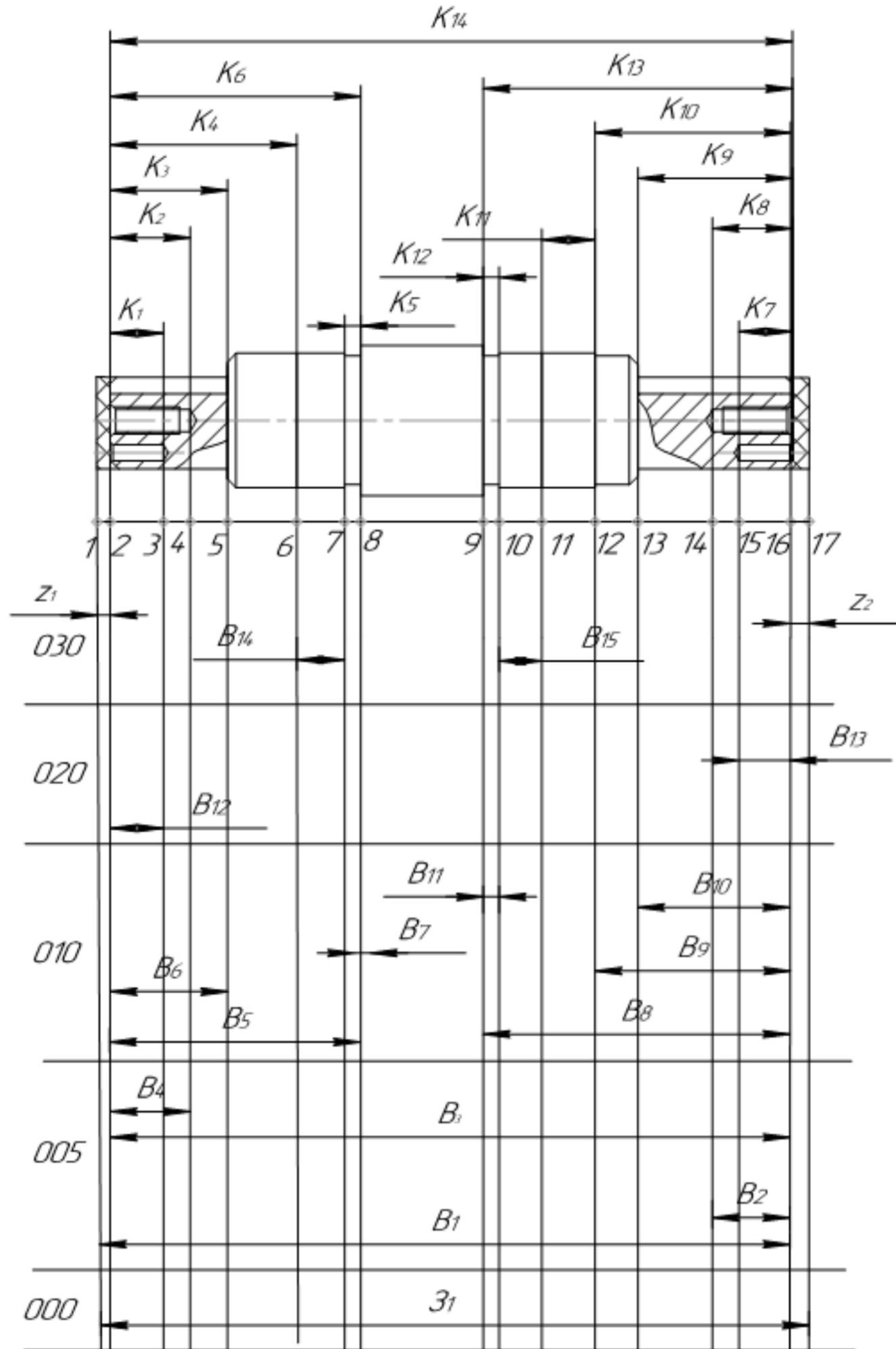


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

### 2.8.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

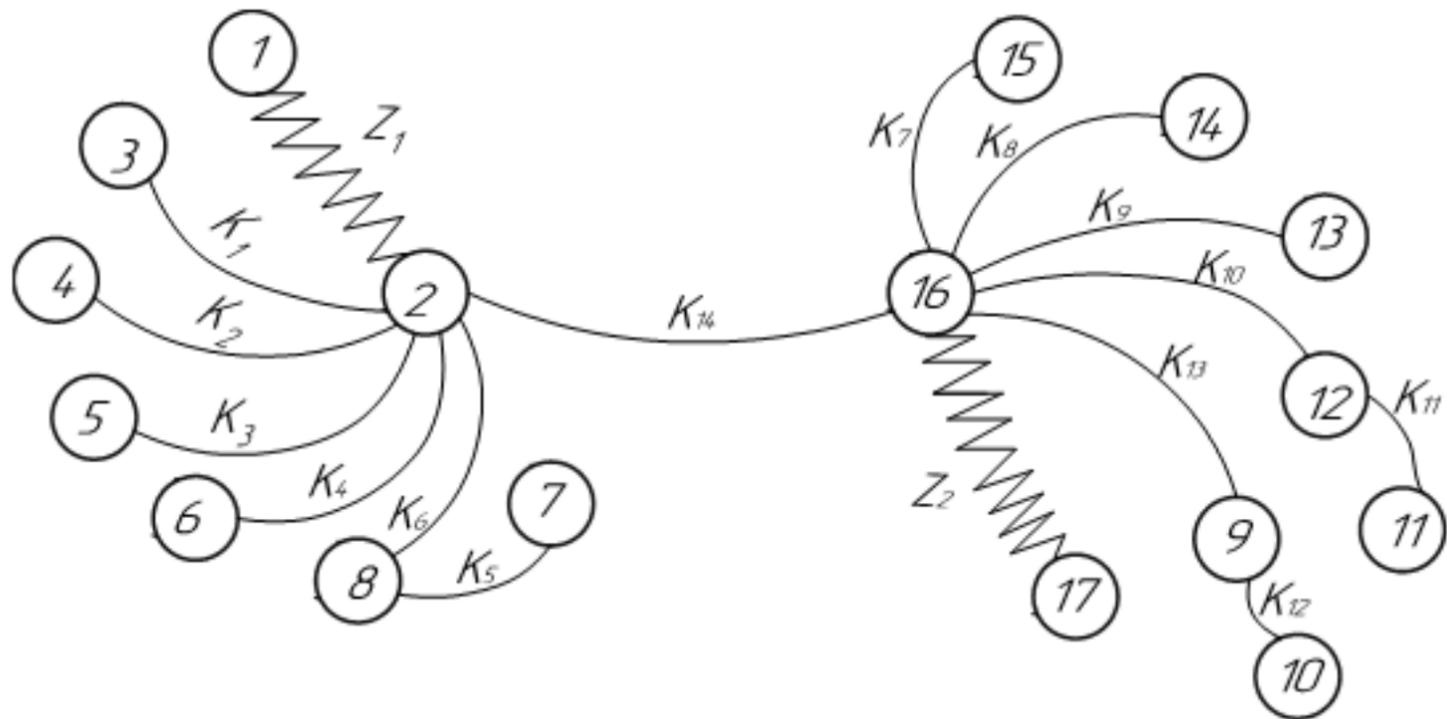


Рисунок 2.6 - Вихідний граф - дерево

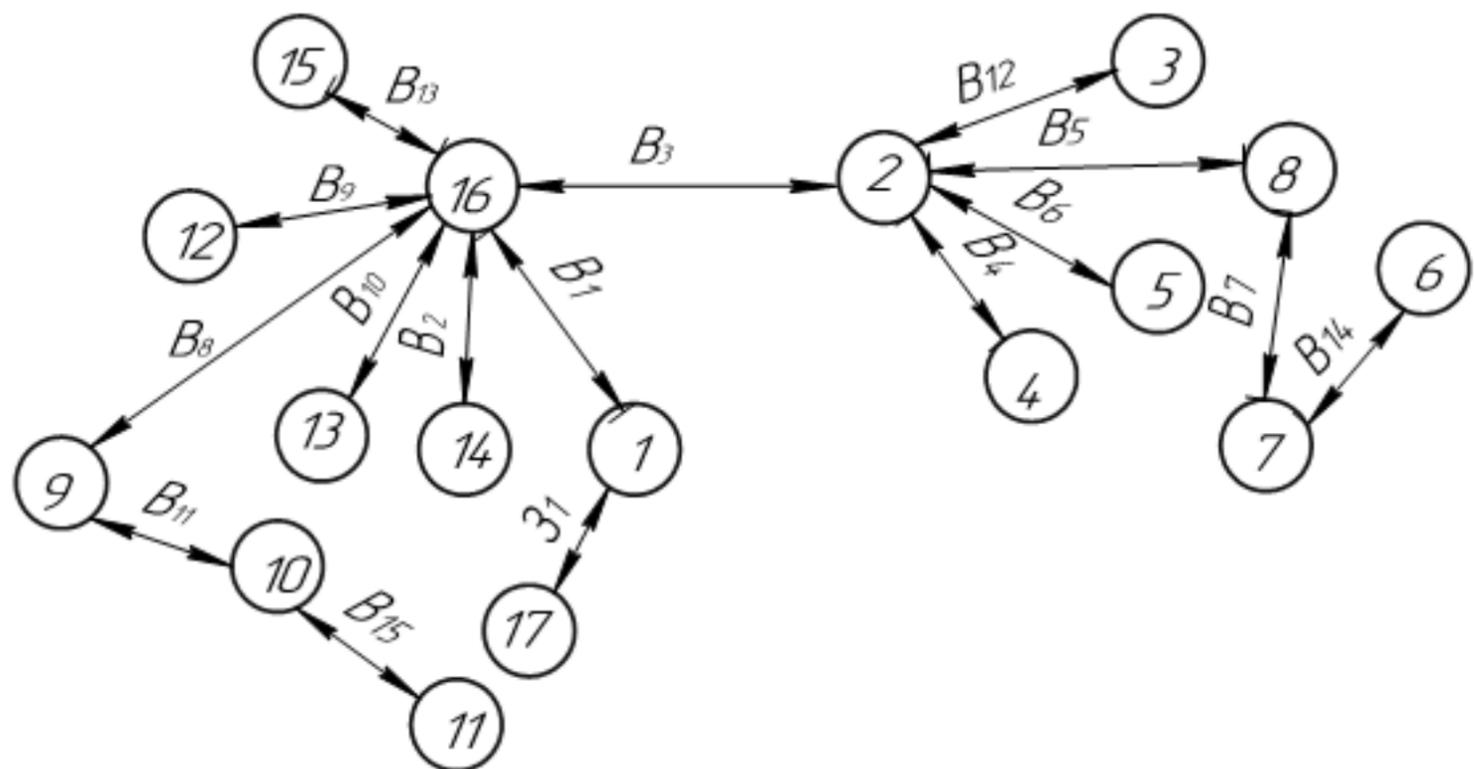


Рисунок 2.7 - Похідний граф - дерево

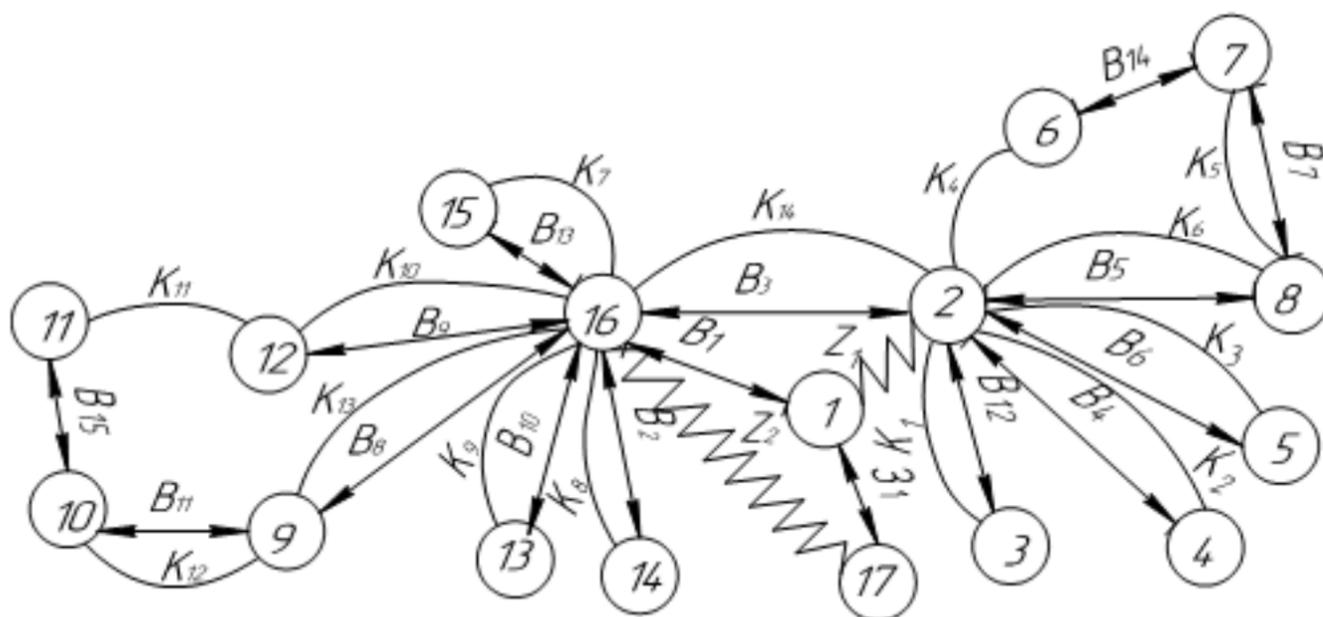


Рисунок 2.8 - Суміщений граф

### 2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків

Для виконання подальших розрахунків необхідно за довідником [6] визначити проміжні мінімальні припуски  $Z_{\min}$ . Оскільки в даному випадку розглядаються лише торцеві поверхні, що належать до одного розмірного діапазону, мінімальний припуск приймається таким:

$$Z_{1\min} = Z_{2\min} = 0,6 \text{ мм.}$$

### 2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.11 – Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$K_1 - B_{12} = 0$	$K_1 = B_{12}$	$B_{12}$
$K_2 - B_4 = 0$	$K_2 = B_4$	$B_4$
$K_3 - B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	$B_6$
$K_5 - B_7 = 0$	$K_5 = B_7$	$B_7$
$K_6 - B_5 = 0$	$K_6 = B_5$	$B_5$

## Продовження таблиці 2.11

1	2	3
$K_7 - B_{13} = 0$	$K_7 = B_{13}$	$B_{13}$
$K_8 - B_2 = 0$	$K_8 = B_2$	$B_2$
$K_9 - B_{10} = 0$	$K_9 = B_{10}$	$B_{10}$
$K_{10} - B_9 = 0$	$K_{10} = B_9$	$B_9$
$K_{12} - B_{11} = 0$	$K_{12} = B_{11}$	$B_{11}$
$K_{13} - B_8 = 0$	$K_{13} = B_8$	$B_8$
$K_{14} - B_3 = 0$	$K_{14} = B_3$	$B_3$
$K_{12} + B_{15} + K_{11} + K_{10} - K_{13} = 0$	$B_{15} = K_{13} - K_{12} - K_{11} - K_{10}$	$B_{15}$
$K_4 + B_{14} + K_5 - K_6 = 0$	$B_{14} = K_6 - K_4 - K_5$	$B_{14}$
$B_1 - B_3 - z_1 = 0$	$B_1 = z_1 + B_3$	$B_1$
$B_1 + z_2 - z_1 = 0$	$z_1 = z_2 + B_1$	$z_1$

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Значення технологічних розмірів знайдено відповідно до наведених вище рівнянь технологічних розмірних ланцюгів і показано в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Визначення технологічних розмірів, розмірів заготовки

Позначення технологічного розміру	Розрахунок
$B_1$	$B_1 - z_1 - B_3 = 0; B_1 = B_3 + z_1;$ $z_{1\min} = B_{1\min} - B_{3\max};$ $B_{1\min} = z_{1\min} + B_{3\max} = 0,6 + 128 = 128,6;$ $B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 128,6 + 1,00 = 129,6;$ $z_{1\max} = B_{1\max} - B_{3\min} = 129,9 - 127 = 2,9$
$z_1$	$\begin{cases} B_1 + z_2 - z_1 = 0; z_1 = B_1 + z_2 \\ z_{2\min} = z_{1\min} - B_{1\max}; \\ z_{1\min} = z_{2\min} + B_{1\max} = 0,6 + 128,6 = 129,2; \\ z_{1\max} = z_{1\min} + IT(z_1) = 129,2 + 1,00 = 130,2; \\ z_{1\max} = z_{1\max} - B_{1\min} = 130,2 - 127,6 = 2,6 \end{cases}$

Таблиця 2.13 – Значення технологічних розмірів та припусків (відповідно до відхилень по 14 квалітету)

Розмір	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>
max	129,6	15	128	15	47	22	3	58	37	29
min	128,6	14,57	127	14,57	46,38	21,38	2,75	57,26	36,38	28,48
Розмір	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>14</sub>	B <sub>15</sub>	z <sub>1</sub>	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>		
max	3	10	10	9	9	130,2	2,9	2,6		
min	2,75	9,64	9,64	8,64	8,64	129,2	0,6	0,6		

Висновок. У процесі розрахунків визначено проміжні технологічні розміри механічної обробки, максимальні припуски та розміри заготовки. На цій основі можна розробляти технологічний процес і всю супровідну технологічну документацію. Загалом запропонований ТП механічної обробки можна вважати таким, що відповідає поставленим вимогам.

## 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$

Визначення параметрів  $R_z$  і  $T$  здійснюємо відповідно до рекомендацій, наведених у [1], з урахуванням того, що для заготовки прийнято  $R_z = 150$  мкм та  $T = 520$  мкм. Для переходу точіння приймаємо  $R_z = 6$  мкм та  $T = 130$  мкм, а для наступного переходу – відповідно 5 і 52 мкм.

Сумарні просторові відхилення визначаємо згідно з методикою [1] за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_x^2 + \rho_y^2} \text{ [МКМ]}; \quad (2.29)$$

$$\rho_x = \Delta_x l; \quad \Delta_x = 1.3 \text{ МКМ};$$

$$\rho_x = 0.0013 \cdot 128 / 2 = 0.0832 \text{ (ММ)};$$

$$\rho = \sqrt{83.2^2 + 0.25^2} = 83.2 \text{ (МКМ)}.$$

Для заготовок із прокату сумарні просторові відхилення враховуються у вигляді похибки зацентровки деталі та її кривизни в оброблюваному перерізі. У даному випадку їх сумарне значення становить  $\rho = 83,2$  мкм.

Просторові відхилення на наступних переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}, \quad (2.30)$$

де  $k$  – коефіцієнт уточнення форми [1].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 83,2 = 4,99 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 83,2 = 3,32 \text{ (мкм)}.$$

При установленні заготовки деталі в центрах похибка установки відсутня  $\varepsilon_y = 0$ .

Мінімальне значення проміжних припусків [1]:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \text{ [мкм]}. \quad (2.31)$$

Мінімальний припуск під обробку:

точіння попереднє:

$$2Z_{1\min} = 2(25,5 + 520 + 83,2) = 2 \cdot 628,7 \text{ (мкм)};$$

точіння остаточне:

$$2Z_{2\min} = 2(6 + 130 + 4,99) = 2 \cdot 140,99 \text{ (мкм)};$$

шліфування:

$$2Z_{3\min} = 2(5 + 52 + 3,32) = 2 \cdot 58,32 \text{ (мкм)};$$

При остаточному точінні маємо отримати розмір  $d = 25^{+0,023}_{+0,002}$  мм.

Розрахункові розміри:

- для остаточного точіння

$$d_1 = 25 + 2 \cdot 0,05832 = 25,11664 \quad (\text{мм});$$

- для попереднього точіння:

$$d_2 = 25,1166 + 2 \cdot 0,14099 = 25,3986 \quad (\text{мм});$$

- для заготовки:

$$d_3 = 25,3986 + 2 \cdot 0,6287 = 26,656 \quad (\text{мм}).$$

Значення допусків для кожного переходу встановлюються за таблицями залежно від якості відповідного виду обробки. Так, для шліфування при 7-му якості допуск становить 21 мкм; для остаточного точіння при 9-му та 11-му якостях – відповідно 52 і 130 мкм; для заготовки з 14-м якостем точності допуск дорівнює 520 мкм.

Граничні розміри:

$$26,656 - 0,52 = 26,136 \quad (\text{мм});$$

$$25,3986 - 0,13 = 25,2686 \quad (\text{мм});$$

$$25,1164 - 0,052 = 25,064 \quad (\text{мм});$$

$$25 - 0,021 = 24,979 \quad (\text{мм}).$$

Граничні значення припусків:

- для шліфування

$$2Z_{3\text{min}} = 25,11 - 25 = 0,11 \quad (\text{мм}) = 116 \quad (\text{мкм});$$

$$2Z_{3\max} = 25,064 - 24,979 = 0,085 \text{ (мм)} = 85 \text{ (мкм)};$$

- для остаточного точіння

$$2Z_{2\min} = 25,398 - 25,116 = 0,282 \text{ (мм)} = 282 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2\max} = 25,268 - 25,064 = 0,204 \text{ (мм)} = 204 \text{ (мкм)};$$

- для попереднього точіння:

$$2Z_{1\min} = 26,65 - 25,39 = 1,26 \text{ (мм)} = 1260 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{1\max} = 26,13 - 25,26 = 0,87 \text{ (мм)} = 870 \text{ (мкм)}.$$

Результати виконаних розрахунків показано в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах на обробку поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск, $\delta$ мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
	$R_z$	T	$\rho$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	520	83,2	—	26,656	520	26,13	26,65	—	—
Точіння попереднє	6	130	4,99	2·628,7	25,39	130	25,26	25,39	1260	870
Точіння остаточне	5	52	3,32	2·140,9	25,11	52	25,06	25,11	282	204
Шліфування	5	21	—	2·58,3	25	21	24,97	25	116	85
Всього									1658	1159

Загальні припуски  $Z_{0\min}$  і  $Z_{0\max}$  визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 116 + 282 + 1260 = 1658 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 85 + 204 + 870 = 1159 \quad (\text{МКМ}).$$

Перевірка:  $1260 - 870 = 390$  ;  $282 - 204 = 78$  ;  $126 - 95 = 31$  ;  
 $520 - 130 = 390$  ;  $130 - 52 = 78$  ;  $52 - 21 = 31$  .

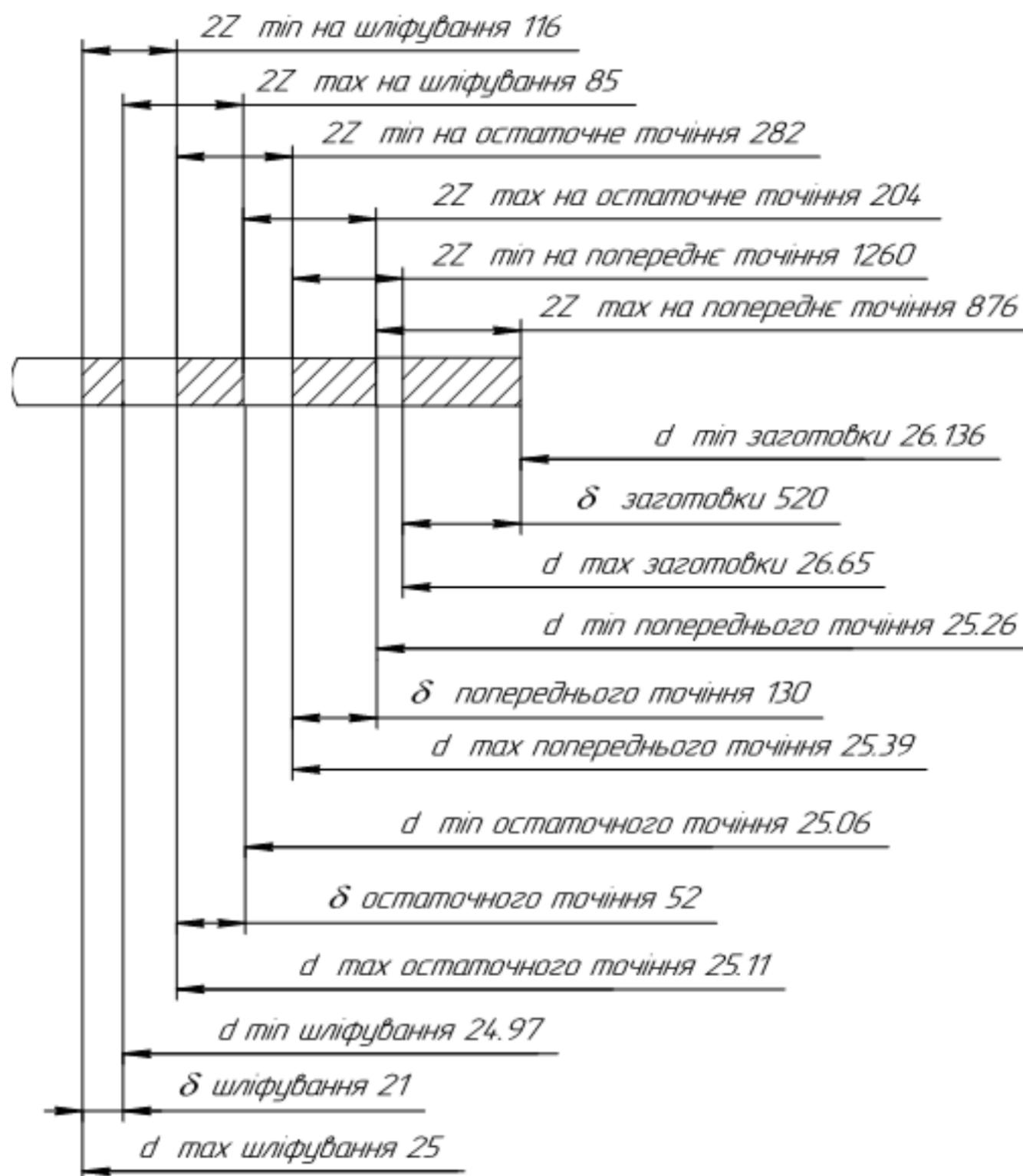


Рисунок 2.9 – Схема графічного розташування припусків і допусків на переходах обробки  $\text{Ø} 25^{+0,023}_{+0,002}$

2.9.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Таблиця 2.15 – Проміжні припуски (за нормативами), розрахункові технологічні розміри та максимальні припуски на обробку решти циліндричних поверхонь

Діаметр поверхні, мм	Тип технологічного переходу	Проміжні припуски (за нормативами), мм	Розрахунковий технологічний розмір, мм	Максимальний припуск на обробку, мм
$\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$	Точіння попереднє	1,5	19,5	2,42
	Точіння остаточне	0,7	18,7	0,7
$\varnothing 24,8_{-0,1}$	Точіння однократне	1,5	26,3	1,72
$\varnothing 24$	Точіння однократне	1,7	25,7	1,8
$\varnothing 28$	Точіння однократне	1,7	29,7	1,86

Розрахункові розміри:

$$d_{P18} = 18,7 + 1,5 = 20,2 \quad (\text{мм}),$$

$$d_{P18} = 18 + 0,7 = 18,7 \quad (\text{мм}),$$

$$d_{P24,8} = 24,8 + 1,5 = 26,3 \quad (\text{мм}),$$

$$d_{P24} = 24 + 1,7 = 25,7 \quad (\text{мм}),$$

$$d_{P28} = 28 + 1,7 = 29,7 \quad (\text{мм}).$$

Найбільші граничні розміри:

$$20,2 + 0,220 = 20,42 \quad (\text{мм}),$$

$$18,7 + 0,087 = 18,7 \quad (\text{мм}),$$

$$26,3 + 0,220 = 26,52 \quad (\text{мм}),$$

$$25,7 + 0,100 = 25,8 \quad (\text{мм}),$$

$$29,7 + 0,160 = 29,86 \quad (\text{мм}).$$

Максимальні припуски на обробку:

$$20,42 - 18 = 2,42 \quad (\text{мм}),$$

$$18,7 - 18 = 0,7 \quad (\text{мм}),$$

$$26,52 - 24,8 = 1,72 \quad (\text{мм}),$$

$$25,8 - 24 = 1,8 \quad (\text{мм}),$$

$$29,86 - 28 = 1,86 \quad (\text{мм}).$$

## 2.10 Призначення режимів різання

Аналітичний розрахунок режимів різання при обробці зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$ .

Припуск на обробку цієї поверхні становить: максимальний – 1,658 мм, мінімальний – 1,159 мм. Для подальших розрахунків приймаємо припуск 1,3 мм. Відповідно глибина різання складає:

- при попередньому точінні – 1 мм;
- при остаточному точінні – 0,2 мм;
- при шліфувальному точінні – 0,1 мм.

Значення подачі визначаємо за нормативними даними.

Для попереднього точіння, з урахуванням діаметра оброблюваної поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$ , розміру державки різця 16×25 мм та прийнятої глибини різання, з рекомендованого діапазону обираємо подачу  $s = 0,2$  мм/об [14-17].

Для остаточного точіння, відповідно до заданої шорсткості поверхні  $Ra = 0,8$  мкм та радіуса заокруглення вершини різця  $r = 1,0$  мм, приймаємо подачу  $s = 0,13$  мм/об.

Період стійкості різців задаємо рівним  $T = 60$  хв.

Швидкість різання визначається за відповідною розрахунковою формулою згідно з рекомендаціями [14–17].

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \text{ [м/хв.],} \quad (2.32)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваного матеріалу;

$$K_1 = 0,75 \text{ ;}$$

$K_2$  – коефіцієнт, який залежить від стійкості і марки твердого сплаву

$$K_2 = 1,15 \text{ ;}$$

$K_3$  – коефіцієнт, який залежить від виду обробки

$$K_3 = 1,0 \text{ .}$$

- для попереднього точіння  $v_{\text{табл}} = 140 \text{ м / хв.}$

Тоді

$$v = 140 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 120,75 \text{ (м/хв.)}$$

- для остаточного точіння  $v_{\text{табл}} = 140 \text{ м/хв.}$

Тоді

$$v = 140 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 120,75 \text{ (м/хв.)}$$

- для шліфування  $v_{\text{табл}} = 105 \text{ м / хв.}$

Тоді

$$v = 105 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 90,56 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя:

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

- для попереднього точіння  $n = \frac{1000 \cdot 120,75}{3,14 \cdot 25} = 1338,2$  (об/хв.);

- для остаточного точіння  $n = \frac{1000 \cdot 120,75}{3,14 \cdot 25} = 1338,2$  (об/хв.);

- для шліфування  $n = \frac{1000 \cdot 90,56}{3,14 \cdot 25} = 898,44$  (об/хв.)

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n_1 = 1400$  об/хв.,  $n_2 = 1400$  об/хв.,  
 $n_3 = 900$  об/хв.

$$M = P \cdot D^{0,8} \cdot S^{0,4} \cdot K_p \text{ [Н·м]}. \quad (2.34)$$

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.]}; \quad (2.35)$$

$$v_1 = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 1400}{1000} = 98,9 \text{ (м/хв.)};$$

$$v_2 = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 1400}{1000} = 98,9 \text{ (м/хв.)};$$

$$v_3 = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 900}{1000} = 70,65 \text{ (м/хв.)}$$

Силу різання знаходимо за формулою

$$P_z = P_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \text{ [Н]}, \quad (2.36)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що визначається властивостями оброблюваного матеріалу;

$K_2$  – коефіцієнт, який враховує вплив швидкості різання та значення переднього кута при точінні сталей інструментом із твердого сплаву.

- для попереднього точіння  $P_{z_{табл}} = 360 \text{ кГ}$ .

Тоді

$$P_z = 360 \cdot 0,6 = 216 \text{ (кГ)};$$

- для остаточного точіння  $P_{z_{табл}} = 150 \text{ кГ}$ . Тоді

$$P_z = 150 \cdot 0,6 = 90 \text{ (кГ)};$$

- для шліфування  $P_{z_{табл}} = 24 \text{ кГ}$ .

Тоді

$$P_z = 24 \cdot 0,6 = 14,4 \text{ (кГ)};$$

$$M = 216^{0,15} \cdot 25^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1 \cdot 0,85 = 6,5 \text{ (Н·м)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{M \cdot n}{975} \text{ [кВт]}. \quad (2.37)$$

Потужність [14-17]:

$$N = 6,5 \cdot 1338,2/975 = 7,9 \text{ (кВт)}.$$

Вибираємо для переходів точіння верстат MAST ML 500×1000 SH8,  $N = 10 \text{ кВт}$ .

Аналітичний розрахунок режимів різання для операції фрезерування шпонкового паза.

Для обробки приймаємо шпонкову фрезу, оснащену твердосплавними пластинами ВК8 згідно з ГОСТ 16463–80. Основні геометричні параметри фрези: діаметр  $d = 6 \text{ мм}$ , довжина різальної частини  $l = 10 \text{ мм}$ .

Глибину різання визначаємо за відповідною розрахунковою залежністю:

$$t = d_{\text{нар}} - d_{\text{дев}} = 18 - 14,5 = 3,5 \text{ (мм)}.$$

Обробка виконується за два проходи:  $t = 2h$ .

Встановлюємо величину подачі на зуб:  $S = 0,20 \dots 0,29 \text{ мм/зуб}$ .

Прийнято  $S = 0,20 \text{ мм/зуб}$ .

Величина подачі на оберт:

$$S_0 = S \cdot z = 0,20 \cdot 1,6 = 3,2 \text{ (мм/об)}.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^u \cdot z^r} \cdot K_v \text{ [м/хв.],} \quad (2.38)$$

де  $C = 300$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $m_v = 0,32$ ;  $u = 0,2$ ;  $p = 0$ ;  $q = 0,2$  – емпіричні коефіцієнти [14-17];

$B = 6 \text{ мм}$  – ширина фрезерування;  $T = 50 \text{ хв.}$  – стійкість фрези;  $K$  – поправковий коефіцієнт;

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{i_v} \quad (2.39)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу;

$$K_{m_v} = \left( \frac{750}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.40)$$

де  $n_v = 1,25$ .

Тоді  $K_{n_v} = 0,8 \dots 0,85$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки [14-17], приймаємо  $K_{n_v} = 0,8$ ;

$K_w$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу,  
 $K_w = 0,83$  [14-17].

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,664 .$$

Тоді швидкість різання:

$$V = \frac{300 \cdot 6^{0,2}}{50^{0,32} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,20^{0,35} \cdot 146^{0,2} \cdot 16^0} \cdot 0,664 = 2,63 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 2,63}{3,14 \cdot 6} = 139,5 \text{ (об/хв.)}$$

Корегуємо частоту обертання за паспортними даними верстата:

$$n_x = 200 \text{ об/хв.}$$

Дійсне значення швидкості різання складає:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 200}{1000} = 3,7 \text{ (м/хв.)}$$

Величина хвилинної подачі складе:  $S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n = 0,2 \cdot 16 \cdot 200 = 640 \text{ (мм/хв.)}$

$$P_z = \frac{10 \cdot C_{pz} \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \text{ [Н]} \quad (2.41)$$

де  $C_{px} = 54,5$ ;  $pz = 0,9$ ;  $urp = 0,74$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 1,0$ ;  $w = 0$  [14-17];

$K_{mp}$  – поправковий коефіцієнт:

де  $\pi = 1,0$  [14-17].

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3,5^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 146^{1,0} \cdot 16}{6^{1,0} \cdot 200^0} \cdot 1,0 = 1979,2 \text{ (Н)};$$

$$P_y = (0,3 \dots 0,4) \cdot P_z = (0,3 \dots 0,4) \cdot 1979,2 = 593,76 \dots 791,68 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо  $P_y = 600 \text{ Н}$ .

$$P_h = P_y = 600 \text{ Н};$$

$$P_x = (0,85 \dots 0,95) \cdot P_z = (0,85 \dots 0,95) \cdot 1979,2 = 1682,3 \dots 1880,2 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо  $P_x = 1720 \text{ Н}$ .

Визначаємо потужність різання із залежності:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1979,2 \cdot 2,63}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ (кВт)}. \quad (2.42)$$

Визначаємо потужність, що необхідно розвивати приводу верстата для забезпечення процесу різання:

$$N_p = \frac{N}{\eta} = \frac{0,08}{0,8} = 0,1 \text{ (кВт)} \quad (2.43)$$

де  $\eta = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у вузлах верстата.

$N_p < N_{\text{в}}$  ( $0,1 < 7,5$ ), відповідно, обробка є можливою ( $N_{\text{в}} = 7,5 \text{ кВт}$  – потужність приводу головного руху верстата мод. 6P13Ф3).

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору  $\text{Ø}5$ .

Розрахунок починається з визначення глибини різання, яка приймається рівною половині діаметра оброблюваного отвору. У даному випадку це становить 2,5 мм.

Рекомендована подача при заданих умовах обробки знаходиться в межах 0,05–0,08 мм/об [14–17]. Для розрахунків приймаємо подачу  $s = 0,08 \text{ мм/об}$ .

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [М/ХВ.],} \quad (2.44)$$

де  $T = 50$  хв. – стійкість інструменту;

$C_v, x_v, y_v, m, q_v$  – коефіцієнти і показники степеню. Згідно з [14-17] вони рівні:

$$C_v = 9,8; \quad x_v = 0; \quad y_v = 0,5; \quad m = 0,2; \quad q_v = 0,4.$$

$K_v$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує реальні умови механічної обробки;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}. \quad (2.45)$$

де  $K_{mv} = 2,03$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваної поверхні;

$K_{uv} = 0,8$  – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучої частини (ВК6);

$K_{lv} = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує глибину отвору, що свердлиться.

Тоді, загальний поправковий коефіцієнт:

$$K_v = 2,03 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 1,63 .$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{9,8 \cdot 5^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 5,5^0 \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,63 = 28,9 \text{ (М/ХВ.)}$$

Крутний момент при свердлінні:

$$M = C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p \text{ [Н·м],} \quad (2.46)$$

де  $C_M, q_M, x_M, y_M$  – коефіцієнти і показники степеню;

$$C_M = 0,03; \quad q_M = 2,0; \quad x_M = 0; \quad y_M = 0,8.$$

Коефіцієнти  $K_p = K_{MP} = 1,0$ .

Тоді крутний момент:

$$M = 0,03 \cdot 5^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,85 = 0,084 \text{ (Н·м)}.$$

Осьова сила при свердлінні:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ [Н]}, \quad (2.47)$$

де  $C_p, q_p, x_p, y_p$  – коефіцієнти і показники степеню;

$$C_p = 68; \quad q_p = 1; \quad x_p = 0; \quad y_p = 0,7.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 68 \cdot 5^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 0,85 = 49,32 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{M \cdot n}{975} \text{ [кВт]}, \quad (2.48)$$

де  $n$  – число обертів інструмента;

$$n = 1000 \cdot 28,9/3,14 \cdot 5 = 1870,7 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 0,08 \cdot 1870,7/975 = 0,15 \text{ (кВт)}.$$

В таблиці 2.16 наведені нормативні результати визначення режимів різання [14-17].

Таблиця 2.16 – Режими різання по операціях

Операції, переходи	Режими різання			
	s, мм/об	n, об/хв.	v, м/хв.	t, мм
1	2	3	4	5
005 Токарно-револьверна з ЧПК (2 установка)				
2. Точити торець 1	1	135	49,7	3
3. Свердлити отвір 2	0,08	1400	28,9	2,5
4. Розсвердлити отвір 2	0,05	1400	29	1,0
5. Зенкувати фаску в отворі 2	0,08	1400	38	2
6. Нарізати різь в отворі 2	0,1	240	60	2
010 Токарна з ЧПК				
2. Точити поверхні 1, 4, 5, 6 однократно і пов. 2, 3 попередньо	0,2	900	70,6	1
3. Точити поверхню 2,3 остаточно, фаски 7, 8	0,13	1400	98,9	0,2
5. Точити поверхні 2, 3, 4, 5 однократно і пов.10, 11 попередньо	0,2	900	70,6	1
6. Точити поверхню 10,11 остаточно, фаски 16, 17	0,13	1400	98,9	0,2
7. Точити канавку 18, 9	0,5	900	60	3
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК				
Фрезерувати паз 1	0,2	139,5	3,7	3,5
Фрезерувати паз 2	0,2	139,5	3,7	3,5
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК (2 установка)				
2. Центрувати отвір 1	0,3	700	22	3,3
3. Свердлити отвір 2	0,40	520	23	3,3
4. Розвернути отвір 2 попередньо	0,1	600	25	1,2
5. Розвернути отвір 2 остаточно	0,05	800	34	0,8
030 Шліфувальна з ЧПК				
Шліфувати поверхню 1, 2 попередньо	0,8	520	60	1
Шліфувати поверхню 3, 4 однократно	0,8	520	60	1
Шліфувати поверхню 1, 2 остаточно	0,08	800	88	0,5

## 2.11 Математичне моделювання ТП та оптимізація режимів різання

Проведено оптимізацію режимів різання для свердління отв.  $\varnothing 5$  та попереднього точіння циліндричної поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{-0,002}$  (рис. 2.10-2.11).

Для оптимізації режимів різання використано комп'ютерну програму [1].

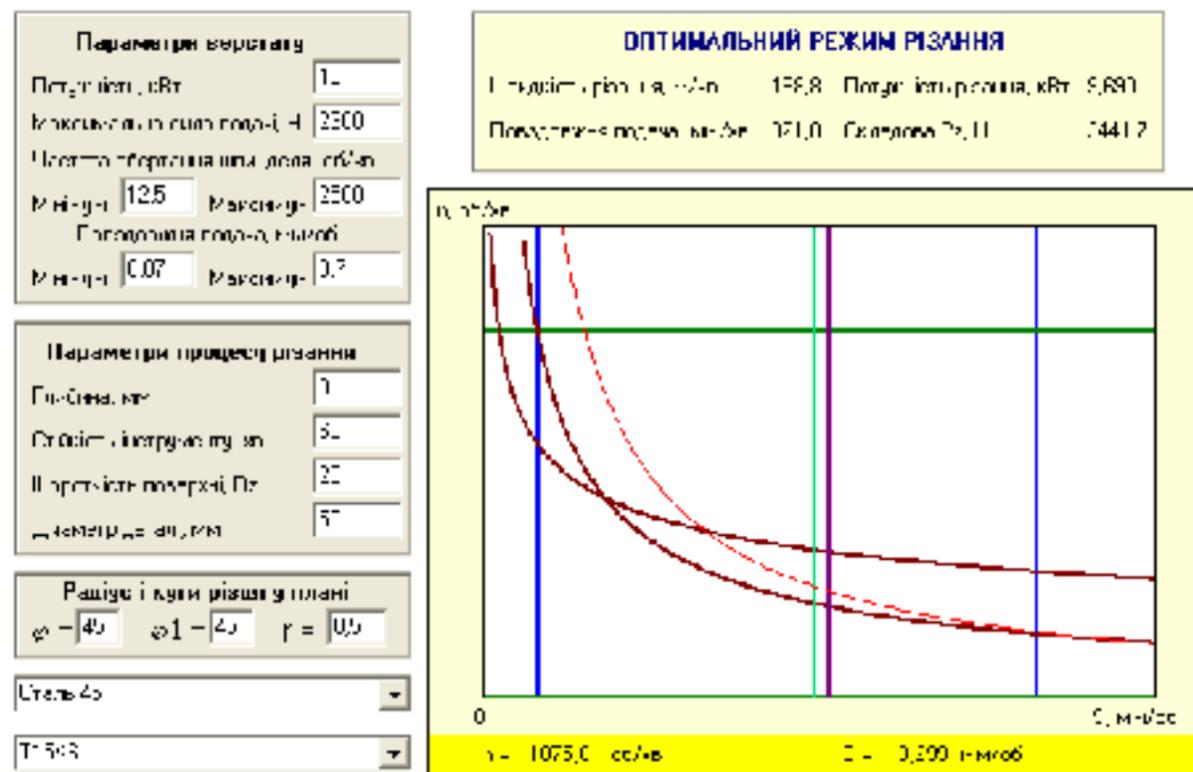


Рисунок 2.10 – Оптимізація режимів різання при точінні поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{-0,002}$

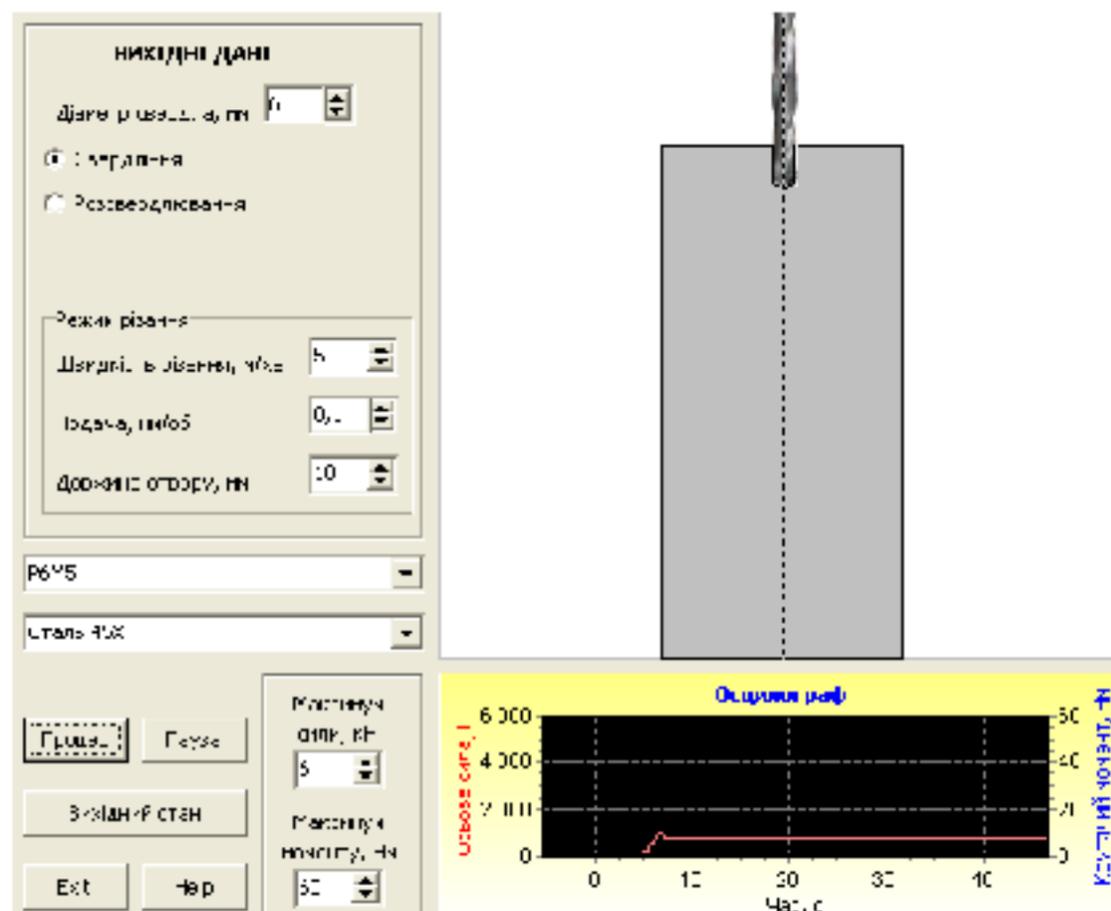


Рисунок 2.11 – Оптимізація режимів різання при свердлінні отвору  $\varnothing 5$

Оптимізація режимів різання проводиться за декількома критеріями: максимальною потужністю верстата, максимальною частотою обертання і подачею, необхідною точністю та шорсткістю оброблюваної поверхні, стійкістю ріжучого інструмента тощо. Це дозволяє визначити область оптимальних значень режимів різання, усі точки якої забезпечують виконання вимог, зокрема щодо якості поверхні. З цієї області обирається максимальне значення режимів, що забезпечує обробку з максимальною продуктивністю.

## 2.12 Розрахунок технічних норм часу

Аналітичний розрахунок технічних норм часу на операцію 010.

Штучно-калькуляційний час обробки [1, 14-17]:

$$T_{шт.-к.} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_o + T_{дон} \cdot k + T_{об} \quad [\text{хв.}] \quad (2.49)$$

де  $T_{п-з} = 5,0$  хв. – підготовчо-заклучний час для операції 010;

$n = 1933$  шт. – кількість деталей в партії;

$T_o$  – основний час обробки;

$$T_o = \frac{L}{nS} i \quad [\text{хв.}] \quad (2.50)$$

для операції 010 дорівнює:

$$T_o = \frac{23}{1400 \cdot 0,2} + \frac{9}{900 \cdot 0,13} \cdot 2 + \frac{22}{900 \cdot 0,13} \cdot 2 + \frac{10}{1400 \cdot 0,2} + \frac{23}{1400 \cdot 0,2} +$$

$$+ \frac{1,5 \cdot 4}{900 \cdot 0,13} + \frac{23}{1400 \cdot 0,2} + \frac{8}{1400 \cdot 0,2} + \frac{10}{1400 \cdot 0,2} + \frac{9}{900 \cdot 0,13} \cdot 2 + \frac{3 \cdot 2}{900 \cdot 0,5} = 2,03$$

$T_{дон}$  – допоміжний час;

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{уств.}} + T_{\text{зе}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{вим.}},$$

де  $T_{\text{уств.}} = 0,15$  хв. – час на установку і зняття деталі, при масі деталі 0,4 кг та закріпленні в центрах;

$T_{\text{зе}} = 0,07$  хв. – час на закріплення і відкріплення деталі, при масі деталі 0,4 кг та кріпленні в центрах (для операції 010);

$T_{\text{уп.}}$  – час на прийоми управління, для токарного верстата з ЧПК: ввімкнення-вимкнення верстата – 0,01 хв., підведення-відведення інструменту – 0,016 хв. встановлення заданого взаємного розташування деталі та інструмента за координатами – 0,32 хв.; перевірка переміщення інструменту в задану точку після обробки – 0,15 хв.;

$T_{\text{вим.}}$  – час на вимірювання деталі, при вимірюванні мікрометром до точності 9 квалітету  $T_{\text{вим.}} = 0,19$  хв., штангенциркулем –  $T_{\text{вим.}} = 0,16$  хв.;

$k = 1,85$  – коефіцієнт, який використовується для нормування допоміжного часу (для дрібносерійного виробництва);

$T_{\text{об}}$  – загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок в дрібносерійному виробництві;

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot \Pi_{\text{об.оп.}} / 100 \quad [\text{хв.}],$$

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

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{е}} = 1,23 + 1,62 = 2,85 \text{ (хв.)}, \quad (2.51)$$

де  $\Pi_{\text{об.оп.}}$  – витрати часу на відпочинок у процентному відношенні до оперативного, визначається за [1, 14-17].

Таким чином, штучно-калькуляційний час на операцію 010:

$$T_{\text{шт.-к.}} = 5/1933 + 1,23 + (0,15 + 0,07 + 0,01 + 0,16 + 0,32 + 0,15) \cdot 1,85 + 2,85 \cdot 6/100 =$$



### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»**

#### **3.1 Мета та задачі дослідження**

Під час експлуатації машин на їхні складові, зокрема на деталі, діють різноманітні навантаження, що призводять до виникнення процесів пошкодження. Причинами появи пошкоджень можуть бути тертя, пластичне деформування, зношення, корозія, старіння, вібрації, нагар, накип тощо.

Заміна деталей на нові потребує значних витрат. Альтернативним рішенням є відновлення спрацьованих поверхонь деталей з одночасним забезпеченням їхньої якості та працездатності, що дозволяє досягти економії матеріальних ресурсів.

Метою дослідження є встановлення ефективності відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01» шляхом порівняння витрат на виготовлення нової деталі та відновлення зношеної [20].

Задачі, що вирішуються при виконанні дослідження:

- дефектування поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»;
- вибір відновлення;
- проектування технологічного процесу відновлення поверхонь деталі;
- вибір режимів різання, відновлення;
- визначення норм часу на виконання операцій технологічного процесу відновлення;
- розрахунок витрат матеріалів на відновлення поверхонь, їх вартості;
- визначення собівартості виконання операцій відновлення;
- розрахунок собівартості відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»;

- розрахунок собівартості виготовлення нової деталі;
- порівняння собівартості відновлення та виготовлення деталі «Вал БД-28.128.01»;
- висновки по виконаних дослідженнях.

### 3.2 Дефектування поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»

Першим етапом виконання досліджень є встановлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01», на яких можливе виникнення дефектів в процесі роботи вузла.

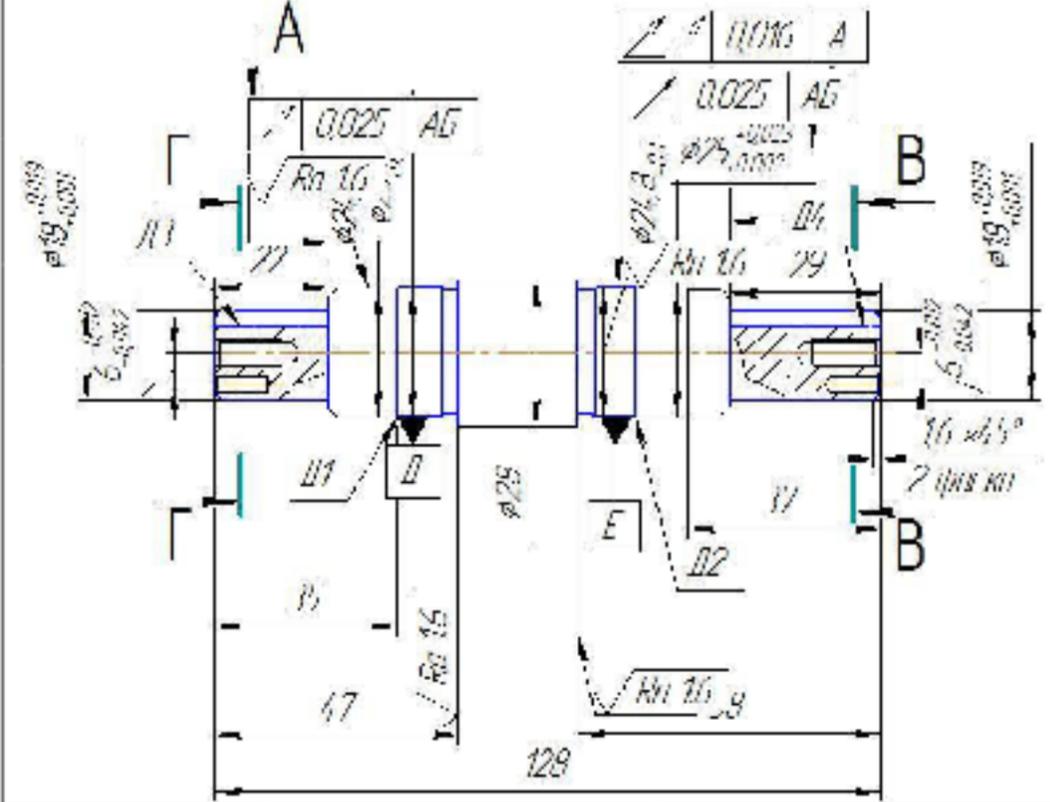
Дефектування проводилося зовнішнім оглядом (наявність пробоїн, вм'ятин, тріщин, вигинів перекосів, викришувань і т. п.), перевіркою на дотик (легкість прокручування підшипників кочення на валу), вимірюванням розмірів за допомогою вимірювальних інструментів, перевіркою твердості поверхонь, магнітним способом (нанесення феромагнітного порошку, який має властивість осідати на кромках тріщин).

В таблиці 3.1 приведені місця виникнення дефектів.

Дефекти Д1 та Д2 (табл. 1.1) відносяться до другої групи пошкоджень і є поправними. Дефекти розташовані на зовнішній циліндричній поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$  мм. Вони виникають при фретингованому зношуванні зовнішньої поверхні валу в місці під підшипник. Тобто їх можливо і доцільно ремонтувати.

Дефекти Д3 та Д4 (табл. 1.1) розташовані на зовнішній циліндричній поверхні  $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$  мм. Вони виникають при втомному зношуванні поверхні валу в місці під шпонку. Тобто їх можливо і доцільно відновлювати.

Таблиця 3.1 – Дефектування поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»

			Найменування деталі або складальної одиниці	Позначення	
			Вал БД-28.128.01	БД-28.128.01	Матеріал
Сталь 45 ГОСТ 1050-88		180...220 НВ			
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб вивчення дефекту і засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			по робочому кресленню	вимірний	
Д1	Зношення поверхні під підшипник	Мікрометр МН 0-25 ГОСТ 4381-80	$\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$	$\varnothing 25_{-0,1}$	Відновлювати
Д2	Зношення поверхні під підшипник	Мікрометр МН 0-25 ГОСТ 4381-80	$\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$	$\varnothing 25_{-0,1}$	Відновлювати
Д3	Зношення поверхні під шпонку	Нутромір НМ600 ГОСТ 10-88 Мікрометр МН 0-25 ГОСТ 4381-80	$\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$	$\varnothing 18_{-0,1}$	Відновлювати
Д4	Зношення поверхні під шпонку	Нутромір НМ600 ГОСТ 10-88 Мікрометр МН 0-25 ГОСТ 4381-80	$\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$	$\varnothing 18_{-0,1}$	Відновлювати

### 3.3 Вибір способів відновлення

Дефекти 1 та 2 (див. табл. 3.1) можуть бути усунені методом плазмового напилювання. Зношений шар має невелику величину, тому вибрано плазмове напилювання, так як в порівнянні з газополуменевим та електродуговим воно має наступні переваги:

- дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу;
- висока продуктивність;
- повна автоматизація керування процесом;

- більша швидкість руху частинок з порошку та висока температура їх нагріву забезпечують більш високі механічні властивості покриття і більш міцне з'єднання з поверхнею деталі;

- відсутня деформація деталі після відновлення.

Дефекти 3 та 4 можна ліквідувати методом насталування з подальшою механічною обробкою.

Переваги:

- отримання з великою точністю заданої товщини покриття, що дозволяє зменшити до мінімуму припуск на наступну механічну обробку;

- відсутність термічної дії на деталь, що викликає небажану зміну структури металу і фізико-механічних властивостей;

- можливість автоматизації нанесення покриттів;

- одночасне відновлення великої кількості деталей, що зменшує собівартість одиниці виробу.

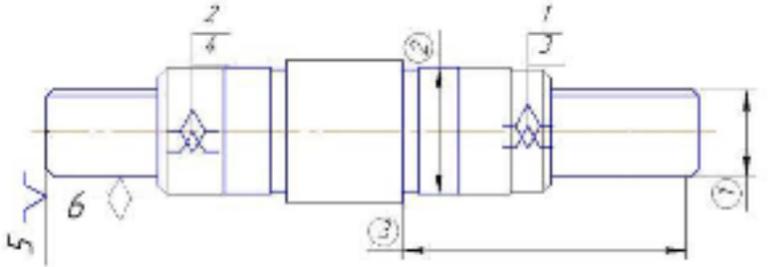
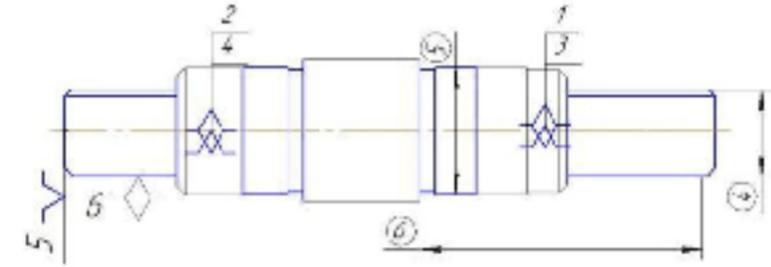
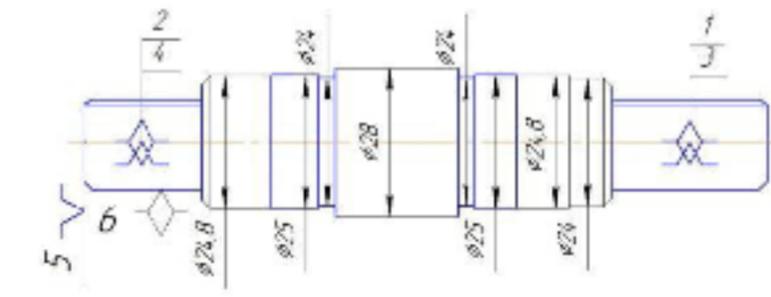
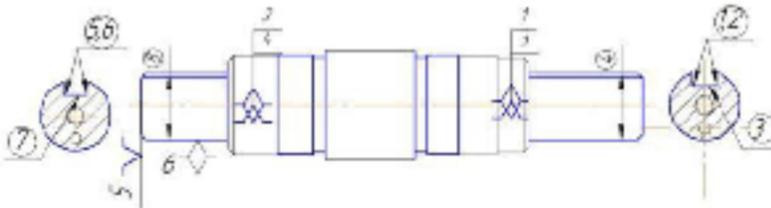
### 3.4 Проектування технологічного процесу відновлення

Згідно результатів дефектування та аналізу можливих способів відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01» розроблено маршрут відновлення, який представлений в таблиці 3.3.

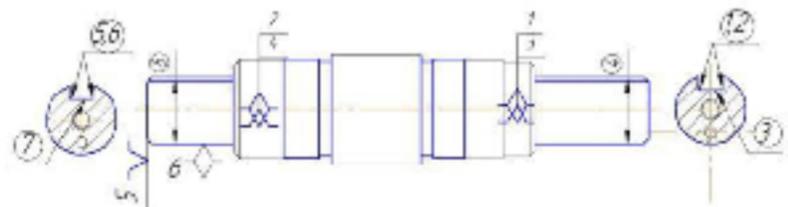
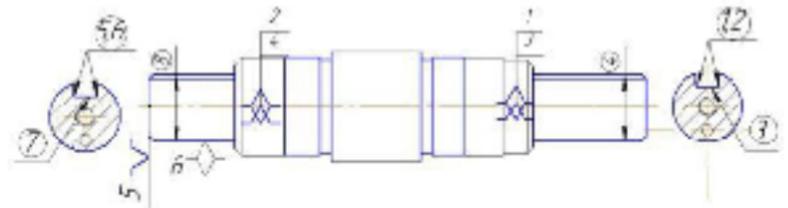
Таблиця 3.3 – Маршрут відновлення деталі «Вал БД-28.128.01»

№ операції	Найменування операцій та зміст переходів	Ескіз, схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Мийна</p> <p>1. Встановити на корзину машини 237 деталей.</p> <p>2. Мити 237 деталей одночасно.</p> <p>3. Вийняти 237 деталей.</p>		<p>Машинна мийна</p> <p>UNIX 120-2B</p>

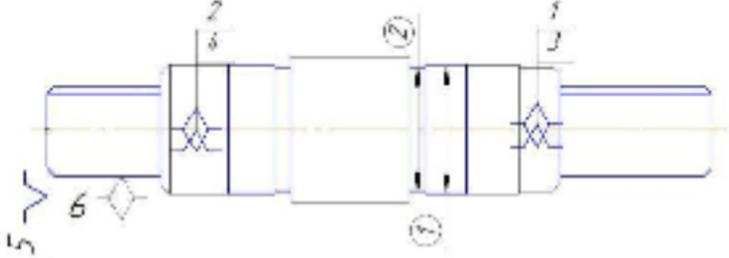
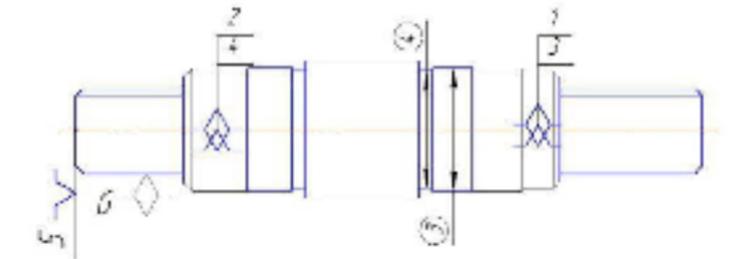
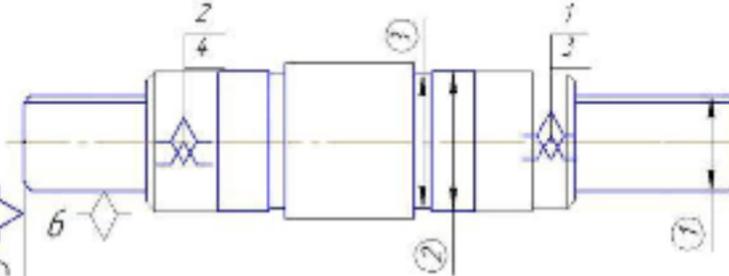
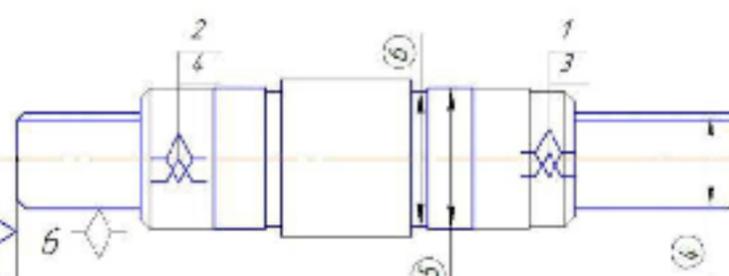
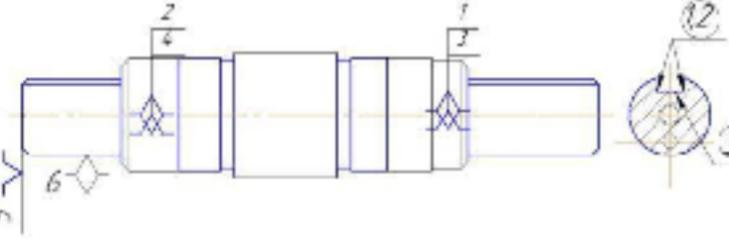
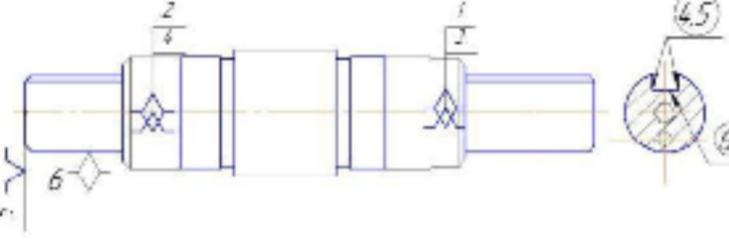
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
010	<p>Дефектувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Встановити деталь на дефектувальний стіл.</li> <li>Виявити дефекти деталі зовнішнім оглядом.</li> <li>Виконати контрольні проміри <math>\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}</math>.</li> <li>Виконати контрольні проміри <math>\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}</math>.</li> </ol>		<p>Дефектувальний стіл Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ 166-89</p>
015	<p>Токарна Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Встановити деталь.</li> <li>Точити поверхню 1 однократно в розмір <math>\varnothing 18</math>.</li> <li>Точити поверхню 2 однократно в розмір <math>\varnothing 24,4</math> з підрізанням торця 3 в розмір <math>\varnothing 24</math>.</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Переустановити деталь.</li> <li>Точити поверхню 4 з однократно в розмір <math>\varnothing 18</math>.</li> <li>Точити поверхню 5 однократно в розмір <math>\varnothing 24,4</math> з підрізанням торця 6 в розмір <math>\varnothing 24</math>.</li> <li>Зняти деталь.</li> </ol>	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	<p>Токарний верстат з ЧПК 16К20Т1</p>
020	<p>Захисна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Встановити деталь.</li> <li>Нанести цапонлак в суміші з нітроемаллю на поверхні <math>\varnothing 24,8</math>; <math>\varnothing 25</math>; <math>\varnothing 24</math>; <math>\varnothing 28</math>; <math>\varnothing 24</math>; <math>\varnothing 25</math>; <math>\varnothing 24,8</math>; <math>\varnothing 24</math>.</li> <li>Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Обертове пристосування</p>
025	<p>Знежирювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Встановити деталь.</li> <li>Знежирити поверхні 1-8.</li> <li>Зняти деталь.</li> </ol>		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
030	<p>Протравлювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь.</li> <li>2. Протравити поверхні 1-8.</li> <li>3. Зняти деталь.</li> </ol>		
035	<p>Насталювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь.</li> <li>2. Насталювати поверхні 1-8.</li> <li>3. Зняти деталь.</li> </ol>		0013-040 «Ремдеталь»
040	<p>Напилювальна</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь.</li> <li>2. Напилити поверхню 1 з торцем 2 до розміру <math>\varnothing 25^{+0,508}_{+0,298}</math>.</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Переустановити деталь.</li> <li>4. Напилити поверхню 3 з торцем 4 до розміру <math>\varnothing 25^{+0,508}_{+0,298}</math>.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	Установка напилювальна УМП-6
045	<p>Шліфувальна</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити деталь.</li> <li>2. Шліфувати поверхню 1 з торцем 2 в розмір <math>\varnothing 25^{+0,192}_{+0,108}</math>.</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Переустановити деталь.</li> <li>4. Шліфувати поверхню 3 з торцем 4 в розмір <math>\varnothing 25^{+0,192}_{+0,108}</math>.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	Шліфувальний верстат 3А110А

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
050	<p align="center"><b>Шліфувальна</b> <b>Установ 1</b></p> <p>1. Встановити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 з підрізанням торця 2 в розмір <math>\varnothing 25^{+0,094}_{+0,042}</math>.</p> <p align="center"><b>Установ 2</b></p> <p>3. Переустановити деталь. 4. Шліфувати поверхню 3 з підрізанням торця 4 в розмір <math>\varnothing 25^{+0,094}_{+0,042}</math>. 5. Зняти деталь.</p>	<p align="center"><b>Установ 1</b></p>  <p align="center"><b>Установ 2</b></p> 	Шліфувальний верстат 3А110А
055	<p align="center"><b>Шліфувальна</b> <b>Установ 1</b></p> <p>1. Встановити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 в розмір <math>\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}</math>. 3. Шліфувати поверхню 2 з підрізанням торця 3 в розмір <math>\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}</math>.</p> <p align="center"><b>Установ 2</b></p> <p>4. Переустановити деталь. 5. Шліфувати поверхню 4 в розмір <math>\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}</math>. 6. Шліфувати поверхню 5 з підрізанням торця 6 в розмір <math>\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}</math>. 7. Зняти деталь.</p>	<p align="center"><b>Установ 1</b></p>  <p align="center"><b>Установ 2</b></p> 	Шліфувальний верстат 3А110А
060	<p align="center"><b>Фрезерна</b> <b>Установ 1</b></p> <p>1. Встановити деталь. 2. Фрезерувати однократно шпонковий паз (поверхні 1, 2, 3) до розмірів <math>3,5^{+0,2}</math>, <math>6^{+0,012}_{+0,042}</math>.</p> <p align="center"><b>Установ 2</b></p> <p>3. Переустановити деталь. 4. Фрезерувати однократно шпонковий паз (поверхні 4, 5, 6) до розмірів <math>3,5^{+0,2}</math>,</p>	<p align="center"><b>Установ 1</b></p>  <p align="center"><b>Установ 2</b></p> 	Горизонтально-фрезерний верстат 6Д91

## Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
	$6^{+0,012}_{+0,042}$ 5. Зняти деталь.		
065	Контрольна 1. Контролювати розмір поверхні 1, 2, 7, 8 до розміру $3,5^{+0,2}$ та 3, 9 до розміру $6^{+0,012}_{+0,042}$ 2. Контролювати поверхні 4 та 10 до розміру $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ 3. Контролювати поверхні 5 та 11 до розміру $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$		Мікрометр МК120-1 ГОСТ 6507-78

## 3.5 Вибір режимів різання, відновлення

3.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку та розмірів заготовки  
 Результати розрахунків приведені в таблицях 3.4-3.6.

Таблиця 3.4 – Припуски та граничні розміри на обробку поверхні  $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$ 

Маршрут обробки поверхні $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$	Елементи припуску, МКМ				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розмір, МКМ	Прийняті розміри по переходах, ММ		Граничний припуск, МКМ	
	$Rz$	$h$	$\Delta\Sigma$	$\varepsilon$	$2Z_i$ , МКМ	$D_{роз}$ , ММ		$D_{max}$	$D_{min}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Напилювання	25	20	50			25,298	210	25,508	25,298		
Шліфування:											
попереднє	10	20	3	0	190	25,108	84	25,192	25,108	210	190
попереднє	5	15		0	66	25,042	52	25,094	25,042	84	66
остаточне	3	8		0	40	25,002	21	25,023	25,002	52	40

Таблиця 3.5 – Припуски та граничні розміри на обробку поверхні  $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ 

Маршрут обробки поверхні $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розміри, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	$Rz$	$h$	$\Delta\Sigma$	$\varepsilon$	$2Z_i$ , мкм	$D_{роз}$ , мм		$D_{max}$	$D_{min}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Насталювання	10	15	44			18,139	36	18,175	18,139		
Шліфування: остаточне	8	10		0	138	18,001	18	18,019	18,001	156	138

Таблиця 3.6 – Припуски та граничні розміри на обробку поверхні  $6^{-0,012}_{-0,042}$ 

Маршрут обробки поверхні $6^{-0,012}_{-0,042}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розміри, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	$Rz$	$h$	$\Delta\Sigma$	$\varepsilon$	$2Z_i$ , мкм	$D_{роз}$ , мм		$D_{max}$	$D_{min}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Насталювання	10	20	44			5,829	60	5,829	5,769		
Фрезерування: однократне	3	10		23	159	5,988	30	5,988	5,958	189	159

### 3.5.2 Режими різання, відновлення

Розрахунок режимів різання для попередньої та остаточної механічної обробки та після нанесення покриття проводився згідно [1, 14-17].

Режими різання представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Режими різання

Операції, переходи	Глибина різання, мм	Режими різання		
		$S$ , мм/об	$V$ , м/хв.	$n$ , об/хв.
1	2	3	4	5
Попередня обробка (операція 015)				
Точити $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ до $\varnothing 17,4$ мм,	0,3	0,4	56,52	1000
$\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$ до $\varnothing 24,4$ мм однократно	0,3	0,4	78,5	1000
Остаточна обробка (операція 045)				
Шліфувати поверхню 1 в розмір $\varnothing 25^{+0,192}_{+0,108}$	0,015	0,015 (врізне шліфування)	35	445

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
Шліфувати поверхню 1 в розмір $\varnothing 25^{+0,094}_{+0,042}$	0,01	0,01	35	445
Шліфувати поверхню 1 в розмір $\varnothing 18^{+0,019}_{+0,001}$ , шліфувати поверхню 2 в розмір $\varnothing 25^{+0,023}_{+0,002}$	0,005 0,005	0,005 0,005	25,15 35	445 445
Фрезерувати поверхні 1 та 2 до розміру $3,5^{+0,2}$ та поверхню 3 до розміру $6^{-0,012}_{-0,042}$	0,17 0,17	0,1 мм/зуб 0,1 мм/зуб	5,165 8,85	470 470
Фрезерувати поверхні 4 та 5 до розміру $3,5^{+0,2}$ та поверхню 6 до розміру $6^{-0,012}_{-0,042}$	0,17 0,17	0,1 мм/зуб 0,1 мм/зуб	5,165 8,85	470 470

Режими нанесення покриття розраховані і представлені в таблиці 3.8 [18-19].

Таблиця 3.8 – Режими нанесення покриття

Напилювальна (операція 040)					
Переходи	Діаметр плями напилення, мм	Мінімальна товщина шару (напиленого за 1 прохід), мм	Лінійна швидкість напилення, мм/с	Швидкість переміщення плазмотрона, мм/хв.	Швидкість обертання деталі, об/хв.
Напилити поверхню 1 до $\varnothing 25,925^{+0,508}_{+0,298}$ , напилити поверхню 3 до $\varnothing 25,925^{+0,508}_{+0,298}$	15 15	0,02 0,02	277,7 277,7	23,9 23,9	4 4
Насталювальна (операція 035)					
Переходи	Ширина шийки, мм	Площа насталювальної поверхні, мм <sup>2</sup>	Струм насталювання, А	Насталювальний шар, мм	Маса осадженого металі, дм <sup>2</sup> ·г/м
Насталювати поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	29 22	1639 1243,44	0,072 0,072	0,06 0,06	5,3

### 3.6 Визначення норм часу на виконання операцій технологічного процесу відновлення

При нормуванні операцій визначався штучно-калькуляційний час  $T_{шт-к}$  за методикою, що приведена в розділі 2 [1, 14-19].

Результати виконаних розрахунків приведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Нормування операцій, хв.

Номер операції, назва	$T_o$	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
005 Мийна	1,1	2,4	3,5	8	3,815	3,9
010 Дефектувальна	2	1,4	3,4	10	3,36	3,4
015 Токарна	0,54	0,33	1,27	15	1,327	1,4
020 Захисна	1,5	0,46	3,1	7,5	3,5	3,6
025 Знежирювальна	3	0,5	3,8	7,5	4,3	4,4
030 Протравлювальна	3	0,6	1,9	7,5	2,5	2,6
035 Насталювальна	39,22	4,85	44,07	5,29	3,7	3,7
040 Напилювальна	1,5	0,465	3,1	15	3,565	3,7
045 Шліфувальна (чорнова)	0,09	0,35	0,5	0,5	0,45	0,33
050 Шліфувальна (напівчистова)	0,17	0,35	0,5	0,5	0,45	0,62
055 Шліфувальна (чистова)	0,34	0,35	0,5	0,5	0,45	1,3
060 Фрезерна	1,27	0,21	2,3	16	3,18	3,3
065 Контрольна	1,1	0,3	1,2	2	1,23	1,3

### 3.7 Розрахунок витрат матеріалів на відновлення поверхонь, їх вартості

Масу осадженого металу при насталюванні визначимо за формулою:

$$m = S \cdot h \cdot \rho \quad [\text{дм}^2 \cdot \text{г/л}], \quad (3.1)$$

де  $S$  – площа насталювальної поверхні;

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \ell \quad [\text{мм}^2], \quad (3.2)$$

де  $R$  – радіус шийки,  $R = 9$  мм;

$\ell$  – ширина шийки,  $\ell = 22$  мм та  $\ell = 29$  мм;

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 22 = 1243,44 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 29 = 1639 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$\Sigma S = 1243,44 + 1639 = 2882,44 \text{ (мм}^2\text{)} = 0,002882 \text{ (м}^2\text{)};$$

$h$  – насталувальний шар,  $h = 0,06$  мм;

$\rho$  – кислотність ванни;

$$\rho = \rho_{\text{ClFe}} + \rho_{\text{HCl}} + \rho_{\text{ClMn}} \text{ [г/л]}, \quad (3.3)$$

де  $\rho_{\text{ClFe}}$  – концентрація хлористого заліза, г/л;

$\rho_{\text{HCl}}$  – концентрація соляної кислоти, г/л;

$\rho_{\text{ClMn}}$  – концентрація хлористого марганцю, г/л.

$$\rho = 300 + 2 + 10 = 312 \text{ (г/л)}.$$

Тоді

$$m = 2882,44 \cdot 0,06 \cdot 312 = 53959 \text{ (мм}^2 \cdot \text{г/л)} = 5,396 \text{ (дм}^2 \cdot \text{г/л)}.$$

Масу порошку на напилювання визначасмо за формулою

$$m_n = \frac{\pi (D_1^2 - D_2^2) \cdot L_1 \cdot \rho}{4 \cdot 1000 \cdot \eta} + \frac{\pi (D_1^2 - D_2^2) \cdot L_2 \cdot \rho}{4 \cdot 1000 \cdot \eta} \text{ [кг]}, \quad (3.4)$$

де  $D_1$  – діаметр напиленої поверхні, мм;

$D_2$  – діаметр обробленої поверхні, мм;

$L_{1,2}$  – довжини нанесення покриття, мм;

$\rho$  – густина матеріалу дроту,  $\rho = 8,5$  г/см<sup>2</sup>;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,75$ .

$$m_n = \frac{3,14 \cdot (25,925 - 25,002) \cdot 9 \cdot 8,5}{4 \cdot 1000 \cdot 0,75} + \frac{3,14 \cdot (25,925 - 25,002) \cdot 8 \cdot 8,5}{4 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 0,198 \text{ (кг)}.$$

Вартість реагентів для насталування

$$C_{\text{матер}} = m \cdot Ц_{\text{матер}} \text{ [кг]}, \quad (3.5)$$

$$C_{\text{матер}} = 0,0053 \cdot 36 = 0,19 \text{ (кг)}.$$

Вартість порошку для напилювання

$$C_{\text{матер}} = m \cdot Ц_{\text{матер}} \text{ [кг]}, \quad (3.6)$$

$$C_{\text{матер}} = 0,0198 \cdot 118 = 2,34 \text{ (кг)}.$$

### 3.8 Собівартість виконання операцій відновлення

Розрахунок собівартості виконання операцій при відновленні деталі:

$$C_{\text{обр}} = \frac{C_{\text{м-г}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot K_s} \text{ [кг]}, \quad (3.7)$$

$$\text{операція 005 } C_{\text{обр}} = \frac{26 \cdot 3,9}{60 \cdot 1,3} = 1,3 \text{ (грн.)};$$

$$\text{операція 010 } C_{\text{обр}} = \frac{12 \cdot 3,4}{60 \cdot 1,3} = 0,52 \text{ (грн.)};$$

$$\text{операція 015 } C_{\text{обр}} = \frac{54 \cdot 1,4}{60 \cdot 1,3} = 0,97 \text{ (грн.)};$$

$$\text{операція 020 } C_{\text{обр}} = \frac{27 \cdot 3,6}{60 \cdot 1,3} = 1,25 \text{ (грн.)};$$

$$\text{операція 025 } C_{\text{обр}} = \frac{10 \cdot 4,4}{60 \cdot 1,3} = 0,56 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 030 } C_{\text{обр}} = \frac{3,9 \cdot 2,6}{60 \cdot 1,3} = 0,13 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 035 } C_{\text{обр}} = \frac{18 \cdot 3,7}{60 \cdot 1,3} = 0,85 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 040 } C_{\text{обр}} = \frac{59 \cdot 3,7}{60 \cdot 1,3} = 2,8 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 045 } C_{\text{обр}} = \frac{65,4 \cdot 0,33}{60 \cdot 1,3} = 0,28 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 050 } C_{\text{обр}} = \frac{65,4 \cdot 0,62}{60 \cdot 1,3} = 0,52 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 055 } C_{\text{обр}} = \frac{65,4 \cdot 1,3}{60 \cdot 1,3} = 1,09 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 060 } C_{\text{обр}} = \frac{44 \cdot 3,3}{60 \cdot 1,3} = 1,86 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 065 } C_{\text{обр}} = \frac{65,8 \cdot 1,3}{60 \cdot 1,3} = 1,1 \text{ (грн.)}$$

Результати проведених досліджень наведені в таблиці 3.10 (без урахування витрат на матеріали).

Таблиця 3.10 – Розрахована собівартість виконання операцій технологічного процесу відновлення

Операція	Верстат	$C_{\text{к-з}}$ , грн./год.	$T_{\text{опт-к}}$ , хв.	$C_{\text{обр}}$ , грн.
1	2	3	4	5
005 Мийна	UNIX 120 - 2В	26,0	3,9	1,3
010 Дефектація	Дефектувальний стіл, інструмент	12,0	3,4	0,52
015 Токарна	Токарний з ЧПК верстат 16К20Т1	54,0	1,4	0,97
020 Захисна	Обертове пристосування	27,0	3,6	1,25

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5
025 Знежирювальна		10,0	4,4	0,56
030 Протравлювальна		3,90	2,6	0,13
035 Насталювальна	0013-040 «Ремдеталь»	18,0	3,7	0,85
040 Напилювальна	УМП-6	59,0	3,7	2,8
045 Шліфувальна	Шліфувальний верстат 3А110А	65,4	0,33	0,28
050 Шліфувальна	Шліфувальний верстат 3А110А	65,4	0,62	0,52
055 Шліфувальна	Шліфувальний верстат 3А110А	65,4	1,3	1,09
060 Фрезерна	Горизонтально- фрезерний верстат 6Д91	44,0	3,3	1,86
065 Контрольна	Контрольний стіл	65,8	1,3	1,1
				$\Sigma C_{обр} = 12,71$

### 3.9 Собівартість відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»

Собівартість відновлення зношених поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01», з урахуванням витрат на матеріал:

$$C_{відн.дет} = C_{мат.матер} + C_{мат.матер} + C_{обр} \text{ [грн.]}, \quad (3.8)$$

$$C_{відн.дет} = 2,34 + 0,19 + 12,71 = 15,24 \text{ (грн.)}$$

### 3.10 Собівартість виготовлення нової деталі

Собівартість виготовлення нової деталі

$$C_{дет} = C_{мат} + C_{обр} \text{ [грн.]}, \quad (3.9)$$

де  $C_{\text{мг}}$  – собівартість виготовлення заготовки,  $C_{\text{мг}} = 23,88$  грн. (див. розділ 2);

$C_{\text{обр}}$  – собівартість виконання операцій механічної обробки поверхонь заготовки деталі, грн.

Собівартість виконання операцій механічної обробки визначаємо за формулою (3.7).

$$\text{Операція 005 } C_{\text{обр}} = \frac{54 \cdot 3,17}{60 \cdot 1,3} = 2,19 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 010 } C_{\text{обр}} = \frac{54 \cdot 2,99}{60 \cdot 1,3} = 2,07 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 015 } C_{\text{обр}} = \frac{83,1 \cdot 3,4}{60 \cdot 1,3} = 3,62 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 020 } C_{\text{обр}} = \frac{40,8 \cdot 3,0}{60 \cdot 1,3} = 1,56 \text{ (грн.);}$$

$$\text{операція 030 } C_{\text{обр}} = \frac{42 \cdot 2,3}{60 \cdot 1,3} = 1,24 \text{ (грн.)}$$

Сумарна собівартість виконання операцій механічної обробки складає

$$C_{\text{обр}} = 2,19 + 2,07 + 3,62 + 1,56 + 1,24 = 10,68 \text{ (грн.)}$$

Тоді

$$C_{\text{мг.дет}} = 23,88 + 10,68 = 34,56 \text{ (грн.)}$$

На рис. 3.1-3.2 показано розподіл складових собівартості виготовлення нової деталі та відновлення спрацьованої деталі.

Економічний ефект:

$$E = (C_{\text{мг.дет}} - C_{\text{відн.дет}}) \cdot N \text{ [грн.],} \quad (3.10)$$

де  $C_{\text{нов.дет}}$  – вартість виготовлення нової деталі;

$C_{\text{відн.дет}}$  – вартість відновлення спрацьованої деталі;

$N = 25000$  шт. – річна програма відновлення.

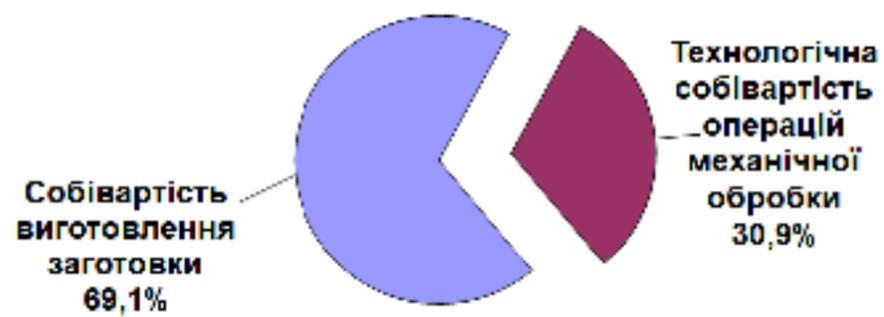
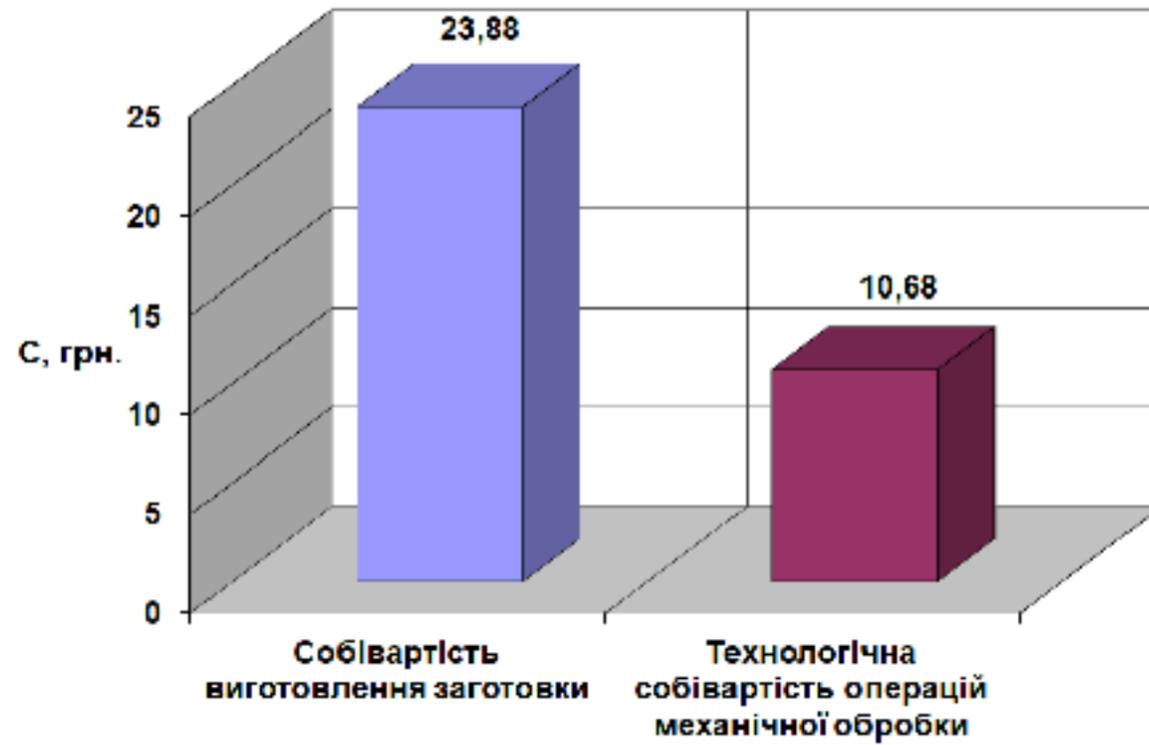


Рисунок 3.1 – Складові собівартості виготовлення нової деталі

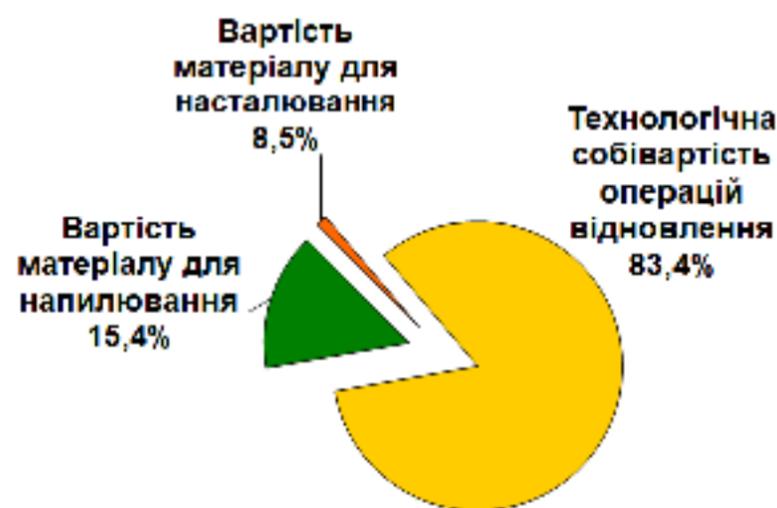
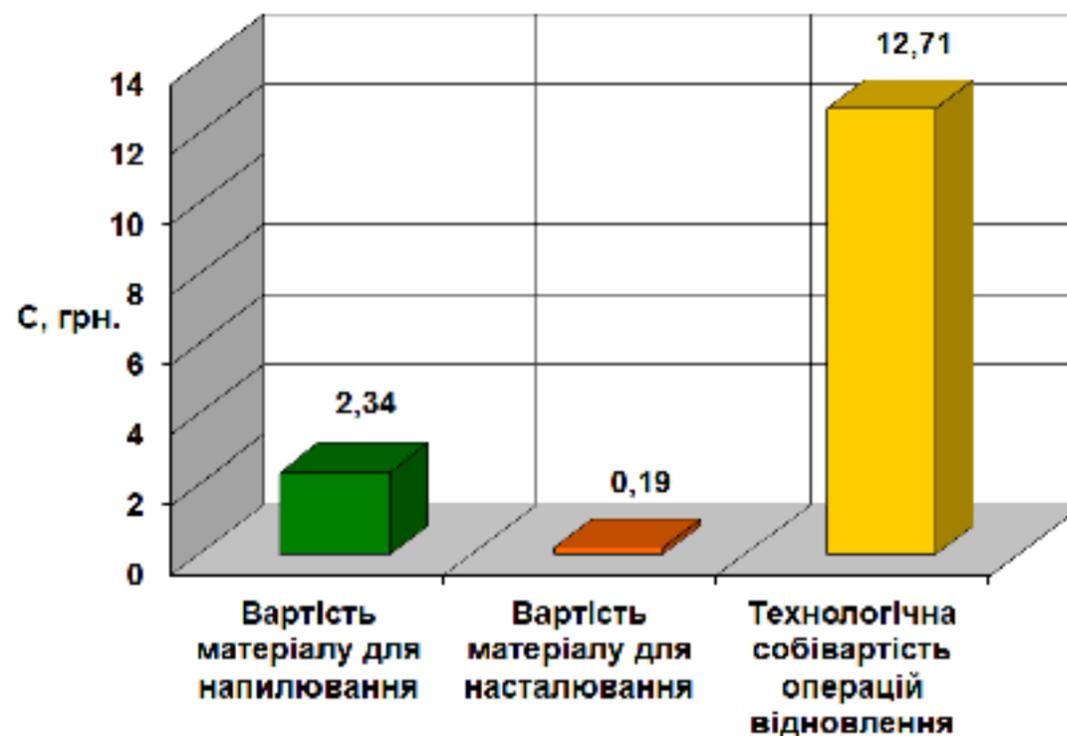


Рисунок 3.2 – Складові собівартості відновлення спрацьованої деталі

Тоді

$$E = (34,56 - 15,24) \cdot 25000 = 483000 \text{ (грн.)}$$

Отже, собівартість відновлення деталі складає 44,1% від виготовлення і дає змогу зберегти кошти підприємства в розмірі 483000 грн./рік.

### 3.11 Висновки

В даному розділі виконано:

- дефектування поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01», вказані місця виникнення дефектів;
- розроблено ремонтне креслення деталі «Вал БД-28.128.01»;

- вибрані методи відновлення зношених поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»;
- спроектовано технологічний процес відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»;
- вибрані параметри режиму процесу нанесення покриття, режими механічної обробки поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»;
- виконано нормування операцій відновлення поверхонь деталі «Вал БД-28.128.01»;
- проведено техніко-економічне порівняння собівартості виготовлення нової та відновлення спрацьованої деталі.

#### 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»

##### 4.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма випуску [2, 22]:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np,i} = N_{p,np} \cdot K_{p,np} + N_1 \cdot K_{np,1} + N_2 K_{np,2} + N_3 K_{np,3} + N_4 K_{np,4}. \quad [\text{шт.}] \quad (4.1)$$

Загальний коефіцієнт приведення:

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (4.2)$$

Дані для визначення коефіцієнтів  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика деталей приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Характеристика IT / Ra, мкм								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вал БД- 28.128.01 (розрахунковий представник)	0,4	25000	1	5	-	2	2	-	-	2	18
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			2	-	8	-	4	16	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вал 1	0,35	25000	-	4	1	1	-	-	2	-	16
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	1	3	-	4	16	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вал 2	0,3	30000	1	5	1	-	2	1	-	-	14
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			2	-	4	-	3	15	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вал 3	0,2	5000	-	2	2	2	4	-	-	-	16
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	2	2	2	4	16	-	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14

Коефіцієнт приведення за масою  $K_1$  [2, 22]:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.сп}}\right)^2}, \quad (4.3)$$

де  $m_i$  – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.сп}$  – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт  $K_1$  складатиме:

$$\text{- для вала 1: } K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{\phi}}{m_{p.сп}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,35}{0,4}\right)^2} = 0,914;$$

$$\text{- для вала 2: } K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BK}}{m_{p.сп}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,3}{0,4}\right)^2} = 0,82;$$

$$\text{- для вала 3: } K_{1CT} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{CT}}{m_{p.сп}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,2}{0,4}\right)^2} = 0,62;$$

Коефіцієнт приведення по серійності  $K_2$  [2, 22]:

$$K_2 = \left(\frac{N_{сп}}{N_i}\right)^{\alpha}, \quad (4.4)$$

Тоді, коефіцієнт  $K_2$ :

$$\text{- для вала 1: } K_{2B} = \left(\frac{N_{p.сп}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{25000}{25000}\right)^{0,15} = 1;$$

$$\text{- для вала 2: } K_{2B} = \left(\frac{N_{p.сп}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{25000}{20000}\right)^{0,15} = 1,03;$$

$$\text{- для вала 3: } K_{2B} = \left(\frac{N_{p.сп}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{25000}{5000}\right)^{0,15} = 1,2;$$

Коефіцієнт приведення за точністю деталі  $K_{31}$  [2, 22]:

- для розрахункового представника:

$$K_{Tp.np} = \frac{\sum K_v \cdot n_{кс}}{\sum n_{кс}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 5 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 18}{1 + 5 + 2 + 2 + 2 + 18} = 11,9 \approx 12; \quad (4.4)$$

- для вала 1:  $\overline{K_{Tp.np}^{B1}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{кс}}{\sum n_{кс}} = \frac{7 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 16}{4 + 1 + 1 + 2 + 16} = 12,2 \approx 12;$

$$K_{3.1} = \left( \frac{\overline{K_{Tp.np}^{B1}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12}{12} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,9}{0,9} = 1; \quad (4.5)$$

- для вала 2:  $\overline{K_{Tp.np}^{B2}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{кс}}{\sum n_{кс}} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 5 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 14}{1 + 5 + 1 + 2 + 1 + 14} = 11,5 \approx 12;$

$$K_{3.1} = \left( \frac{\overline{K_{Tp.np}^{B2}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12}{12} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,9}{0,9} = 1,0;$$

- для вала 3:  $\overline{K_{Tp.np}^{B3}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{кс}}{\sum n_{кс}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 4 + 14 \cdot 16}{2 + 2 + 2 + 4 + 16} = 13;$

$$K_{3.1} = \left( \frac{\overline{K_{Tp.np}^{B3}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{13}{12} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,8}{0,9} = 0,88;$$

Коефіцієнт приведення за шорсткістю  $K_{32}$  для кожної деталі [2, 22]:

- для розрахункового представника:

$$\overline{R_a^{pn}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 8 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 16}{2 + 8 + 4 + 16} = 4,2; \quad (4.6)$$

- для вала 1:  $\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 16}{1 + 3 + 4 + 16} = 4,9;$

$$K_{3,2}^{B1} = \left( \frac{4,2^{\alpha_2}}{4,9^{\alpha_2}} \right) = \frac{1,132}{1,104} = 1,02;$$

- для вала 2:  $\overline{R_a^{B2}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 15}{2 + 4 + 3 + 15} = 4,5;$

$$K_{3,2}^{B2} = \left( \frac{4,2^{\alpha_1}}{4,5^{\alpha_2}} \right) = \frac{1,132}{1,12} = 1,01;$$

- для вала 3:

$$\overline{R_a^{B3}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 16}{2 + 2 + 2 + 4 + 16} = 4,7;$$

$$K_{3,2}^{B3} = \left( \frac{4,2^{\alpha_1}}{4,7^{\alpha_2}} \right) = \frac{1,132}{1,112} = 1,01;$$

Значення коефіцієнта  $K_3$  :

- для вала 1:  $K_{3B1} = K_{3,1}^{\alpha_1} \cdot K_{3,2}^{\alpha_2} = 1 \cdot 1,02 = 1,02;$

- для вала 2:  $K_{3B2} = K_{3,1}^{\alpha_1} \cdot K_{3,2}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,01 = 1,01;$

- для вала 3:  $K_{3B3} = K_{3,1}^{\alpha_1} \cdot K_{3,2}^{\alpha_2} = 0,88 \cdot 1,01 = 0,888;$

Значення коефіцієнта  $K_{np}$  :

- для вала 1:  $K_{npB1} = 0,9 \cdot 0,1 \cdot 1,02 = 0,918;$

- для вала 2:  $K_{npB2} = 0,82 \cdot 1,03 \cdot 1,01 = 0,85;$

- для вала 3:  $K_{npB3} = 0,62 \cdot 1,2 \cdot 0,88 = 0,65;$

Отже, приведена програма:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 25000 \cdot 1 + 25000 \cdot 0,91 + 20000 \cdot 0,85 + 5000 \cdot 0,65 = 67000 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 4.2 – Дані розрахунку приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Вал БД-28.128.01	25000	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	25000
Вал 1	25000	0,35	0,9	0,9	1,02	0,91	22750
Вал 2	20000	0,5	1,1	0,9	1,01	0,85	24000
Вал 3	5000	0,2	0,62	1,2	0,88	0,65	3250
Всього		-	-	-	-	-	67000

## 4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів визначається за формулою [2, 22]:

$$C = \frac{N_{пр} \cdot T_{ном-к.}}{60 \cdot \Phi_{\rho}} \text{ [шт.]} \quad (4.7)$$

Для операції 005 використовується верстат 1В340Ф30:

$$C_1 = \frac{25000 \cdot 3,17}{60 \cdot 3890} = 0,34 ; C_{пр1} = 1 ; C_{1,пр} = \frac{67000 \cdot 3,17}{60 \cdot 3890} = 0,9 ; C_{пр1} = 1.$$

Для операції 010 використовується верстат MAST ML 500×1000 SH8:

$$C_2 = \frac{25000 \cdot 2,99}{60 \cdot 3890} = 0,32 ; C_{пр2} = 1 ; C_{2,пр} = \frac{67000 \cdot 2,99}{60 \cdot 3890} = 0,86 ; C_{пр2} = 1.$$

Для операції 015 використовується верстат ЛТ260МФ3:

$$C_3 = \frac{25000 \cdot 3,4}{60 \cdot 3890} = 0,36 ; C_{пр3} = 1 ; C_{3,пр} = \frac{67000 \cdot 3,4}{60 \cdot 3890} = 0,98 ; C_{пр3} = 1.$$

Для операції 020 використовується верстат ЛТ260МФ3:

$$C_4 = \frac{25000 \cdot 3,0}{60 \cdot 4060} = 0,3 ; C_{np4} = 1 ; C_{4np} = \frac{67000 \cdot 3,0}{60 \cdot 4060} = 0,82 ; C_{np4} = 1 .$$

Для операції 030 використовується верстат 3М150Ф2:

$$C_5 = \frac{25000 \cdot 2,3}{60 \cdot 3890} = 0,25 ; C_{np5} = 1 ; C_{5np} = \frac{67000 \cdot 2,3}{60 \cdot 3890} = 0,66 ; C_{np5} = 1 .$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання [2, 22]:

$$\eta_s = \frac{C_p}{C_{np}} , \quad (4.8)$$

де  $C_p$  – кількість розрахункового обладнання;

$C_{np}$  – кількість прийнятого обладнання.

Операція 005:  $\eta_{s1} = \frac{0,9}{1} = 0,9 ;$

Операція 010:  $\eta_{s2} = \frac{0,86}{1} = 0,86 ;$

Операція 015:  $\eta_{s3} = \frac{0,98}{1} = 0,98 ;$

Операція 020:  $\eta_{s4} = \frac{0,82}{1} = 0,82 ;$

Операція 030:  $\eta_{s5} = \frac{0,66}{1} = 0,66 .$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{0,9 + 0,86 + 0,98 + 0,82 + 0,66}{5} = 0,844 .$$

Коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом [2, 22]:

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{t_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}}, \quad (4.9)$$

де  $t_{\text{осн}}$  – основний час, хв.;  $T_{\text{шт.к}}$  – штучно калькуляційний час, хв.

Операції 005:  $\eta_{\text{ос1}} = \frac{1,8}{3,17} = 0,59 ;$

Операції 010:  $\eta_{\text{ос2}} = \frac{1,23}{2,99} = 0,68 ;$

Операції 015:  $\eta_{\text{ос3}} = \frac{1,6}{3,4} = 0,49 ;$

Операції 020:  $\eta_{\text{ос4}} = \frac{1,39}{3,0} = 0,47 ;$

Операції 030:  $\eta_{\text{ос5}} = \frac{0,9}{2,3} = 0,42 .$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{ср ос}} = \frac{0,59 + 0,68 + 0,49 + 0,47 + 0,42}{5} = 0,53 .$$

Отримані результати занесено до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок кількості обладнання

№ оп.	Назва операції	$C_p$	$C_{op}$	$\eta_y$	$\eta_{сер}$	$\eta_o$	$\eta_{ооп}$
005	Токарно-револьверна з ЧПК	0,9	1	0,9	0,84	0,59	0,53
010	Токарна з ЧПК	0,86	1	0,86		0,68	
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,98	1	0,98		0,49	
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,82	1	0,82		0,47	
030	Шліфувальна	0,66	1	0,66		0,42	

## 4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження верстатів показано на рис. 4.1. Графік використання обладнання за основним часом зображений на рис. 4.2.

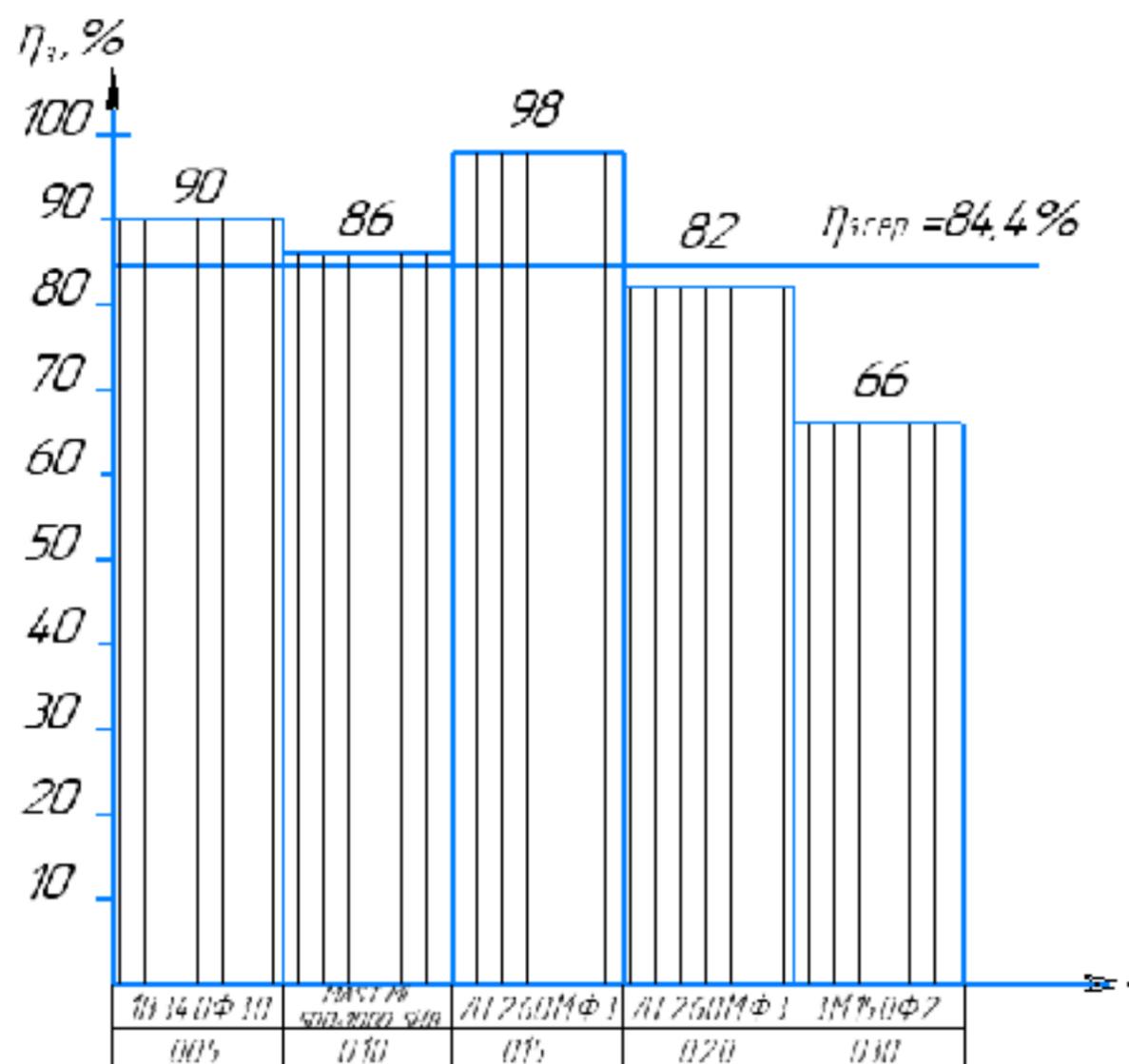


Рисунок 4.1 – Графік завантаження верстатів

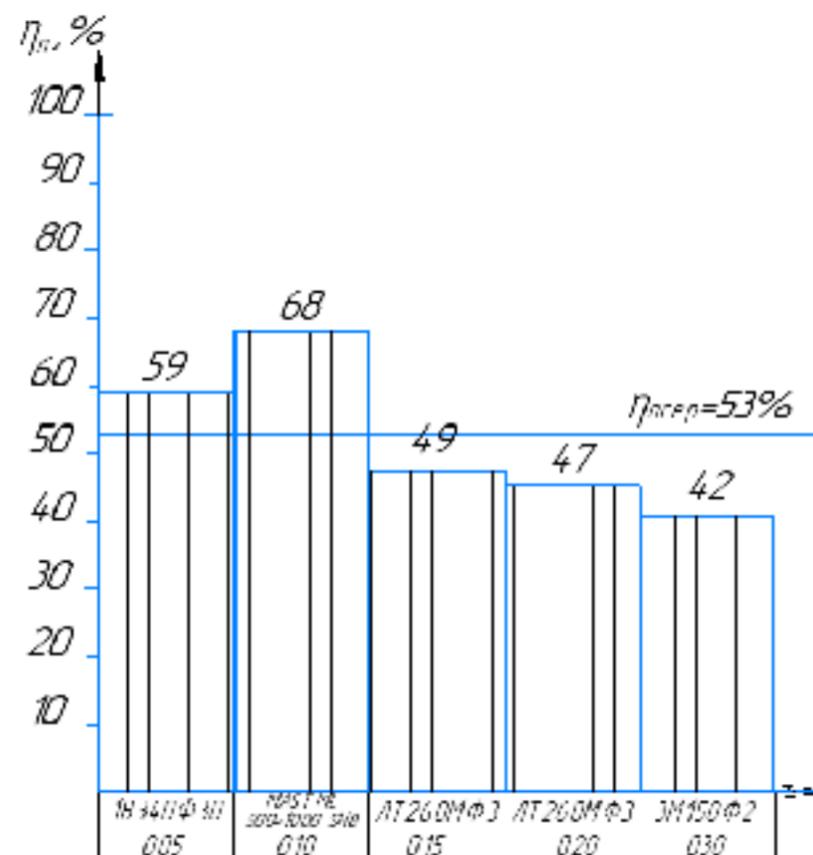


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Середній коефіцієнт завантаження обладнання входить в рекомендовані нормативні межі (0,75...0,85) для дрібносерійного виробництва. Отже, приведена програма випуску має складати 67000 шт., як і було попередньо визначено.

Середній коефіцієнт використання за основним часом є досить високим. Це свідчить про доцільність використання запропонованого варіанту технологічного процесу, обладнання.

#### 4.4 Розрахунки кількості працівників на дільниці

Кількість працюючих на кожній операції [2, 22]:

$$P_i = \frac{T_{\text{шт.к.}} \cdot N_{\text{прод.}}}{F_{\text{др.}} \cdot 60 \cdot K_{\text{б.обсл.}}} \quad [\text{чол.}], \quad (4.10)$$

де  $T_{\text{шт.к.}}$  – штучно-калькуляційний час;  $F_{\text{др.}} = 1860$  год. – фонд часу робітника;  $K_{\text{б.обсл.}}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування;  $N_{\text{прод.}}$  – приведена програма.

Кількість основних робітників:

- операція 005:

$$P_1 = \frac{3,17 \cdot 67000}{1860 \cdot 60 \cdot 1} = 1,9 ;$$

приймаємо 2 робітника;

- операція 010:

$$P_2 = \frac{2,99 \cdot 67000}{1860 \cdot 60 \cdot 1} = 2,0 ;$$

приймаємо 2 робітника;

операція 015:

$$P_3 = \frac{3,4 \cdot 67000}{1820 \cdot 60 \cdot 1} = 2,0 ;$$

приймаємо 2 робітника;

- операція 020:

$$P_4 = \frac{3,0 \cdot 67000}{1860 \cdot 60 \cdot 1} = 1,8 ;$$

приймаємо 2 робітника;

- операція 030:

$$P_6 = \frac{2,3 \cdot 67000}{1860 \cdot 60 \cdot 1} = 1,4 ;$$

приймаємо 2 робітника.

Загальна кількість основних робітників:

$$P_{oc.} = 2+2+2+2+2 = 10 \text{ (робітників).}$$

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{д.} = P_{oc.} \cdot (0,2 \dots 0,25) = 10 \cdot (0,2 \dots 0,25) = 2 \dots 2,5.$$

Приймаємо  $P_{д.}=2$  робітники.

Кількість інженерно-технічних робітників:

$$P_{i.t.} = C_{пр.} \cdot (0,15 \dots 0,24) = 5 \cdot (0,15 \dots 0,24) = 0,75 \dots 1,2.$$

Приймаємо  $P_{i.t.} = 1$  ІТР.

Кількість службовців:

$$P_c = P_{oc.} \cdot (0,012 \dots 0,022) = 10 \cdot (0,012 \dots 0,022) = 0,12 \dots 0,22.$$

Приймаємо  $P_c = 1$  службовця.

Молодший обслуговуючий персонал:

$$P_{моп} = 14 \cdot (0,01 \dots 0,02) = 0,14 \dots 0,28.$$

Приймаємо  $P_{моп} = 1$  чол.

Службовець та молодший обслуговуючий персонал мало завантажені на даній дільниці, тому вони повинні бути довантажені роботою на інших дільницях.

Таблиця 4.4 – Відомість працюючих

Категорія працівників	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники-верстатники	10	4 – токаря; 2 – фрезерувальника; 2 – свердлильника; 2 – шліфувальника	2 (1-а, 2-а зміна), 1 (1-а, 2-а зміна), 1 (1-а, 2-а зміна), 1 (1-а, 2-а зміна)
Допоміжні робітники	1	2 – контролер	1 (1-а зміна), 1 (2-а зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	1 – технолог	1 (1-а зміна)
Службовці	1	1 – бухгалтер	1 (1-а зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	1	1 – прибиральник	1 (1-а зміна)

**5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ  
ТИПУ «ВАЛ БД-28.128.01»**

5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.1 [23].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»
1	2	3	4	5	6
<b>Технічна здійсненність концепції:</b>					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
<b>Ринкові переваги (недоліки):</b>					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	1	1
2	1	2	2
3	4	3	2
4	3	2	1
5	4	3	2
6	4	2	3
7	2	3	3
8	2	2	2
9	2	3	3
10	2	2	2
11	3	2	3
12	1	4	2
Сума балів	СБ <sub>1</sub> = 31	СБ <sub>2</sub> = 29	СБ <sub>3</sub> = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31 + 29 + 26}{3} = 28,67$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті виготовляти деталі.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

Оцінювання рівня якості інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанту інженерного рішення.

В даній магістерській роботі під час оцінювання якості продукції доцільно визначати абсолютний і відносний її рівні.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів	10			40%
Кількість основних робітників	10			40%
Середній розряд робітників		7		15%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		20%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		20%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{с.а.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ш}} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

де  $P_{\text{ш}}$  – числове значення  $i$ -го параметра інноваційного рішення;  $n$  – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання;  $\alpha_i$  – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{с.а.}} = 10 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,2 + 7 \cdot 0,2 = 11,85.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	10	5	2,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	18	10	1,8	0,4
Середній розряд робітників	4,5	3	1,5	0,15
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,39	0,844	2,16	0,2
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,32	0,53	1,66	0,2
Собівартість заготовки, грн.	58,23	23,88	-	-

Відносні (одиничні) показники якості з будь-якого параметра  $q_i$ , що занесено у відповідні колонки таблиці 5.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{\text{ш}}}{P_{\text{б}}}, \quad (5.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Bj}}, \quad (5.3)$$

де  $P_{Bj}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{я.к.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.4)$$

$$K_{я.к.} = 2,0 \cdot 0,4 + 1,8 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,15 + 2,16 \cdot 0,2 + 1,66 \cdot 0,2 = 2,51.$$

Значення відносного показника якості інноваційного рішення більше одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента.

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашої інноваційної розробки є технічні параметри, а також економія підприємства на втратах від браку.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення ( $K$ ) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{т.п.}}{I_{е.п.}}, \quad (5.5)$$

де  $I_{т.п.}$  – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);  $I_{е.п.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hes}}{\sum_{i=1}^n P_{Bes}}, \quad (5.6)$$

де  $P_{Hes}$ ,  $P_{Bes}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Якщо  $K > 1$ , то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо  $K < 1$ , то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо  $K = 1$ , то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 2,51. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{58,23}{23,88} = 2,44 .$$

Тоді, користуючись формулою (5.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,51}{2,44} = 1,03 .$$

Оскільки  $K > 1$ , то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Вал БД-28.128.01» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01»

### 5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу  $K$ , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [23]:

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тp} + B_{осн} + B_{інв} + B_{пp} + B_{ма} + B_{об} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;  $Z_{доd}$  – додаткова заробітна плата розробників, грн.;  $Z_n$  – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;  $B_{буд}$  – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.;  $B_{обл}$  – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;  $B_{тp}$  – початкова вартість транспортних засобів, грн.;  $B_{осн}$  – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;  $B_{інв}$  – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;  $B_{пp}$  – вартість програм управління, грн.;  $B_{ма}$  – передвиробничі витрати, грн.;  $B_{об}$  – вартість оборотних засобів, грн.

### 5.2.2 Основна заробітна плата розробників

Витрати на основну заробітну плату розробників ( $Z_o$ ) розраховують за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{mi} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.8)$$

де  $k$  – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

$M_{mi}$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

$t_i$  – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці,  $T_p = 22$  дні.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	18000	818,18	10	8181,82	
Інженер-технолог	16000	727,27	8	5818,16	
Інженер-конструктор	16000	727,27	8	5818,16	
Економіст	16000	727,27	8	5818,16	
Всього				$z_o$	31454,46

### 5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від основної заробітної плати розробників за формулою:

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

де  $H_{\text{доп}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 31454,46 = 3145,45 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників  $z_{\text{єсв}}$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$z_{\text{єсв}} = (z_o + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{єсв}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де  $H_{\text{єсв}}$  – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$z_u = (31454,46 + 3145,45) \cdot 0,22 = 7611,98 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

У нашому випадку не передбачається будівництво ділянки, тому ми розрахуємо вартість переобладнання існуючої ділянки. В цьому випадку можна обчислити витрати на переобладнання власних старих приміщень для облаштування удосконаленого технологічного процесу за формулою:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пр.}} \cdot S_{\text{заг.}} \text{ [грн.],} \quad (5.11)$$

де  $C_{\text{пр.}}$  – приблизна вартість переобладнання 1 м<sup>2</sup> власних приміщень ( $C_{\text{пр.}} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$ );

$S_{\text{заг.}}$  – загальна площа виробничої ділянки, м<sup>2</sup>.

$$B_{\text{буд.}} = 1000 \cdot 125 = 125000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл.}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (5.12)$$

де  $C_i$  – ціна придбання одиниці обладнання даного виду, марки, грн.;

$C_{\text{пр.}i}$  – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на ділянці, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ ; для промислових робіт  $K_i = 1,3 \dots 1,5$ );

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	$K_i$	Вартість, грн.
1	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	330000	1	1,1	363000
2	Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8	380000	1	1,1	418000
3	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	200000	2	1,1	440000
4	Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2	220000	1	1,1	242000
Всього					1463000

Придбані верстати були у використанні. Реалізовано верстати:

- 2 верстати 6P13 –  $2 \cdot 80000 = 160000$  (грн.);
- 2 верстати 2A125 –  $2 \cdot 60000 = 120000$  (грн.);
- 2 верстати 3M151 –  $2 \cdot 100000 = 200000$  (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 480000 грн. Отже, витрати на обладнання:

$$B_{обл} = 1463000 - 480000 = 983000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

Для організації технологічного процесу додаткові транспортні засоби не плануються, тому їх вартість розраховувати не будемо.

### 5.2.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

Вартість інструментів і технологічного оснащення ( $B_{мо}$ ) розраховують за формулою:

$$B_{мо} = B_{обл} \cdot \frac{K_{\text{н}}}{100 \%} \text{ [грн.],} \quad (5.13)$$

де  $B_{обг}$  – балансова вартість обладнання, грн.;

$K_n$  – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{обг} = 983000 \cdot 0,10 = 98300 \text{ (грн.)}$$

Вартість оснастки великої вартості ( $B_{осн}$ ) становить 20...30% вартості інструменту і технологічного оснащення, і розраховується за формулою:

$$B_{осн} = (0,2 \dots 0,3) \cdot B_{обг} \text{ [грн.]}; \quad (5.14)$$

$$B_{осн} = 98300 \cdot 0,25 = 24575 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ( $B_{ксп}$ ), не закріплених за окремими робочими місцями і обслуговуючих одночасно всю ділянку, встановлюють пропорційно вартості інструменту і технологічного оснащення в межах 6...12% та розраховують за формулою:

$$B_{ксп} = (0,06 \dots 0,12) \cdot B_{обг} \text{ [грн.]}; \quad (5.15)$$

$$B_{ксп} = 0,1 \cdot 98300 = 9830 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів ( $B_{осн}$ ) визначається за формулою:

$$B_{осн} = B_{обг} + B_{осн} + B_{ксп} \text{ [грн.]}; \quad (5.16)$$

$$B_{осн} = 98300 + 24575 + 9830 = 132705 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до удосконалення.

### 5.2.10 Вартість програм керування

Вартість програм керування для обладнання з ЧПК ( $B_{\text{уп}}$ ) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$B_{\text{уп}} = (0,05 \dots 0,1) \cdot B_{\text{обв}} \text{ [грн.];} \quad (5.17)$$

$$B_{\text{уп}} = 0,1 \cdot 983000 = 98300 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.11 Величина передвиробничих витрат

Так як передвиробничі витрати – це частина одноразових (пускових) витрат, що пов'язані із підготовкою та освоєнням виробництва. В даному випадку вони не враховуються, так як виробництво існує і виконується його модернізація.

### 5.2.12 Величина оборотних засобів

Оборотні засоби – це сукупність оборотних фондів виробництва і фондів обігу, що беруть участь у виробничому процесі. В існуючому виробничому процесі вони є в наявності і тому при удосконаленні окремих операцій технологічного процесу дільниці вони можуть не враховуватися.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$\begin{aligned} K &= 31454,46 + 3145,45 + 7611,98 + 125000 + 983000 + 132705 + 98300 = \\ &= 1381216,89 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

## 5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

### 5.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01» складає 23,88 грн. (див. розділ 2).

### 5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{mi}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (5.18)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на визначеній  $i$ -й технологічній операції, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії,  $C_e = 10,5$  грн.;

$K_{mi}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній  $i$ -й технологічній операції,  $K_{mi} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i = 0,96$ .

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Номер операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	10	0,03	3,3
010 Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8	10	0,02	2,3
015 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	5,5	0,027	2,13
020 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	5,5	0,023	0,97
030 Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2	10	0,015	1,58
Всього			Σ 9,98

### 5.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (5.19)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год.;

$t_i$  – час роботи робітника на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}} \text{ [грн.],} \quad (5.20)$$

де  $M_m$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати,  $M_m = 8000$  грн. (з 01.01.2025 р.);

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 22$  дні;

$t_{zm}$  – тривалість зміни, год.

$$C = (8000 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 92,05 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	0,053	3	1,35	92,05	4,88
010 Токарний верстат з ЧПК MAST ML 500×1000 SH8	0,05	3	1,35	92,05	4,6
015 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	0,057	3	1,35	92,05	5,25
020 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	0,05	3	1,35	92,05	4,6
030 Круглошліфувальний верстат з ЧПК 3М151Ф2	0,038	3	1,35	92,05	3,5
Всього					22,83

#### 5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$Z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

де  $H_{\text{доп}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 22,83 = 2,28 \text{ (грн.)}$$

#### 5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників  $Z_{\text{с}}$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$Z_{\text{с}} = (Z_o + Z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{с}} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

де  $H_{\text{с}}$  – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$z_{\text{н}} = (22,83 + 2,28) \cdot 0,22 = 5,52 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{вн}} \cdot z_{\text{н}} \text{ [грн.]}; \quad (5.23)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 22,83 = 57,08 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	$M$	23,88	
Витрати на силову електроенергію, грн.	$B_{\text{е}}$	9,98	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	$z_{\text{р}}$	22,83	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{\text{дод}}$	2,28	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$z_{\text{н}}$	5,52	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	57,08	
Всього	$S_{\text{в}}$	121,57	

## 5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

### 5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нпр}} = S_{\text{в}} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.]}, \quad (5.24)$$

де  $C_{\text{нпр}}$  – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

$s_v$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$P$  – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати  $P = 5...20\%$ ;

$w$  – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.01.2025 року,  $w = 20\%$ .

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{вир}} = 121,57 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 175,06 \text{ (грн.)}$$

#### 5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ( $C_{\text{вир}}$ ) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється  $C_{\text{вир}} = 175,06$  грн.

#### 5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При удосконаленні технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[ C_{\text{догов}} - \frac{(C_{\text{догов}} - M) \cdot f}{100} - S_v - \frac{q \cdot S_v}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

де  $C_{\text{догов}}$  – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

$M$  – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$s_v$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$f$  – зустрічна ставка податку на додану вартість,  $f = 16,67\%$ ;

$h$  – ставка податку на прибуток,  $h = 18\%$ ;

$q$  – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати,  $q = 5...10\%$ ;

$N$  – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 175,06 - \frac{(175,06 - 23,88) \cdot 16,67}{100} - 121,57 - \frac{10 \cdot 121,57}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 67000 = \\ &= 886253,29 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

## 5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

### 5.6.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (5.26)$$

де  $\Pi_t$  – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у  $t$ -му році функціонування проекту, грн.;

$K$  – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

$d$  – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

$n$  – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

$t$  – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$NPV = \frac{886253,29}{(1 + 0,2)^1} + \frac{886253,29}{(1 + 0,2)^2} + \frac{886253,29}{(1 + 0,2)^3} + \frac{886253,29}{(1 + 0,2)^4} - 1381216,89 = 4411,91 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що  $NPV > 0$ , то проект можна рекомендувати до реалізації.

### 5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту  $IRR_{min}$  розраховується такою формулою:

$$IRR_{min} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.27)$$

де  $\Pi_t$  – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у  $t$ -му році функціонування проекту, грн.;

$A_t$  – амортизаційні відрахування у  $t$ -му році функціонування проекту на обладнання, яке безпосередньо було використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

$K$  – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

$n$  – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

$t$  – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$IRR_{min} = \sqrt[4]{\frac{886253,29 + 886253,29 + 886253,29 + 886253,29}{1381216,89}} - 1 = 0,3 .$$

### 5.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K (K)}{П} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

де  $K$  – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

$\Delta K$  – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

$П$  – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{1381216,89}{886253,29} = 1,56 \text{ (року)}.$$

## 5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01», які включають витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали тощо.

За результатами всіх розрахунків виявлено, що для впровадження удосконаленого технологічного процесу потрібно 1381216,89 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 886253,29 грн., термін окупності 1,56 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01» доцільне для впровадження.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі виконано удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01».

Для розв'язання задач, що виникли при роботі над даною темою було опрацьовано ряд розділів і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталей типу «Вал» проведено огляд типового та базового маршрутів механічної обробки деталі, виявлені недоліки та запропоновані рішення по удосконаленню технології з попереднім техніко-економічним обґрунтуванням доцільності роботи.

2. В другому (технологічному) розділі запропоновані рішення по вибору оптимального варіанту виготовлення заготовки деталі «Вал БД-28.128.01», спроектовано два удосконалені технологічних процеси обробки заготовки, виконано їх порівняння по собівартості обробки та вибрано більш доцільний варіант, для якого виконано розмірно-точнісне моделювання, проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу.

3. Розглянуто можливість відновлення зношених деталей типу «Вал БД-28.128.01» та спроектовано відповідний технологічний процес, виконано порівняння собівартості виготовлення нової деталі та собівартості відновлення спрацьованої деталі.

4. Проведено розрахунки та виконано планування удосконаленої ділянки механічної обробки розглянутої деталі.

5. Виконане економічне обґрунтування доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу та ділянки механічної обробки деталі типу «Вал БД-28.128.01».

Робота містить додатки, де приведені протокол перевірки навчальної роботи та ілюстративна частина роботи.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.
3. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с. Електронний ресурс : [https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card\\_id=1949&id=5927](https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927).
4. Веселовська Н. Р., Шаргородський С. А., Руткевич В. С., Моторна О. О. Практикум з навчальної дисципліни «Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування» : навчальний посібник. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 354 с.
5. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2017. 106 с.
6. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
7. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 125 с.
8. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
9. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
10. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.

11. Дусанюк Ж. П., Сивак І. О., Дусанюк С. В., Репінський С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 105 с.

12. Добрянський С. С., Малафеев Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.

13. Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : <https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184>.

14. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.

16. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

17. Веселовська Н. Р., Іскович-Лотоцький Р. Д., Ковальова І. М. Теорія різання та інструмент : навчальний посібник. Вінниця, 2018. 297 с.

18. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Газотермічна обробка матеріалів : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2004. 73 с.

19. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Газотермічні методи нанесення покриттів : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2007. 103 с.

20. Буренніков Ю. А., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Придиус Д. Г., Грінченко В. В. Ефективність відновлення поверхонь деталей блока ділильного [Електронний ресурс]. Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. Електрон. текст. дані. 2017.

Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2879>.

21. Репінський С. В., Козлов Л. Г., Попик Д. М., Андреев А. І. Перехідні процеси в гідроприводі маніпулятора з частотно-керованим електродвигуном. Матеріали XXIV Міжнародної науково-технічної конференції АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика», Київ, 26-27 грудня 2024 р. : м-ли конф. «Глобус-Прес», 2024. С. 97-100.

22. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. – Д. : «Інновація», 2011. 109 с.

23. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. Вінниця : ВНТУ, 2021. 42 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

### ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал БД-28.128.01»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування  
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КП1) 14,31 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

_____	_____
(прізвище, ініціали, посада)	(підпис)
_____	_____
(прізвище, ініціали, посада)	(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Сердюк О. В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник \_\_\_\_\_ Репінський С. В., к.т.н., доц. каф. ТАМ  
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач \_\_\_\_\_ Попик Д. М.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б  
(обов'язковий)

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ  
«ВАЛ БД-28.128.01»









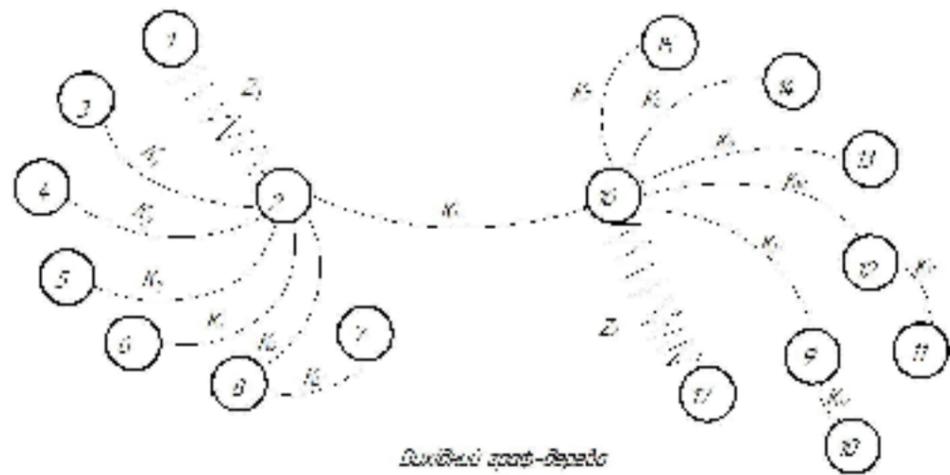
# Маршрут механічної обробки (продовження)

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладнання
020	<p><i>Вертикально-свердлильна з ЧПК</i></p> <p><i>Установ 1</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Центрувати отвір 1.</li> <li>3. Свердлити отвір 1.</li> <li>4. Розвернути отвір 1.</li> <li>5. Розвернути отвір 1 в розмір вказаний на ескізі.</li> <li>6. Переустановити заготовку.</li> </ol> <p><i>Установ 2</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Центрувати отвір 2.</li> <li>8. Свердлити отвір 2.</li> <li>9. Розвернути отвір 2.</li> <li>10. Розвернути отвір 2 в розмір вказаний на ескізі.</li> <li>11. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Установ 1</p> <p style="text-align: center;">Установ 2</p>	<p><i>Вертикально-фрезерний з ЧПК</i> <i>ЛТ260МФ3</i></p>

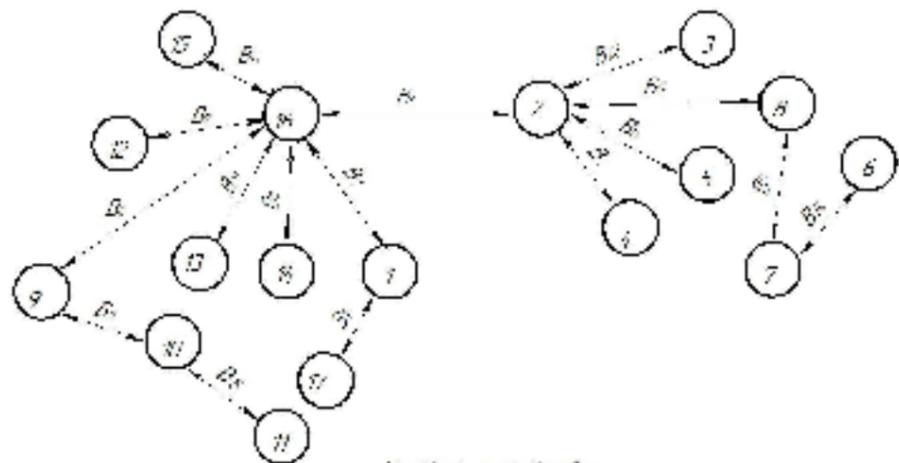
025 *Виконати термообробку 36...42 HRC*

030	<p><i>Круглошліфувальна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Шліфувати поверхні 1, 2 з підшліфовкою торців 5, 6 попередньо в розміри відповідно <math>25^{+0.05}</math>, <math>25^{+0.05}</math>.</li> <li>3. Шліфувати поверхні 3, 4 однократно з підшліфовкою торців 7, 8 в розміри вказані на ескізі.</li> <li>4. Шліфувати поверхні 1, 2 з підшліфовкою торців 5, 6 остаточно в розміри вказані на ескізі.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>		<p><i>Круглошліфувальний з ЧПК</i> <i>ЗМ151Ф2</i></p>
-----	--	--	---

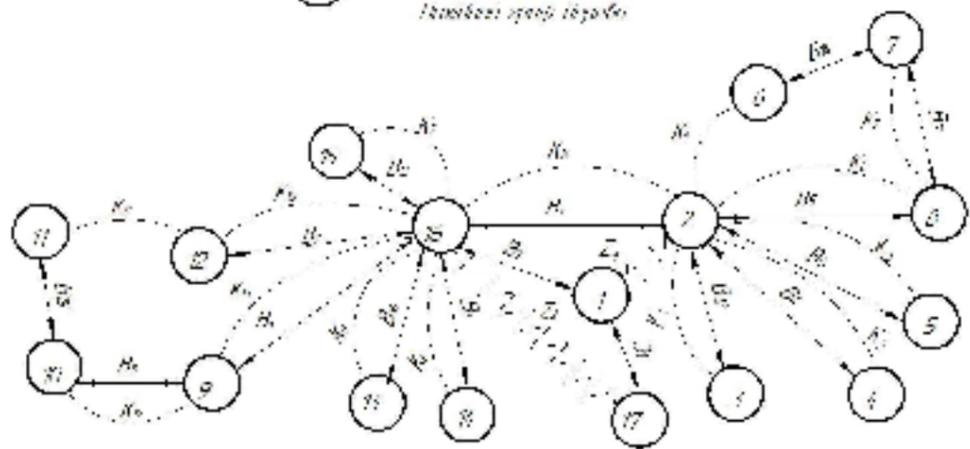
# Розмірний аналіз технологічного процесу



Детальні зв'язки операцій



Детальні зв'язки операцій



Сумарні зв'язки операцій

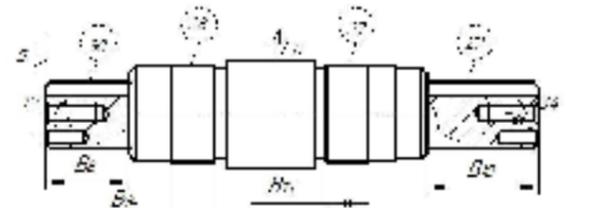
Таблиця 1 - Допуски технологічних розмірів

Розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$
Допуск, мм	1,00	0,43	1,00	0,43	0,62	0,62	0,25	0,74
Розмір	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$	$z_1$
Допуск, мм	0,62	0,52	0,25	0,36	0,36	0,36	0,36	1,00

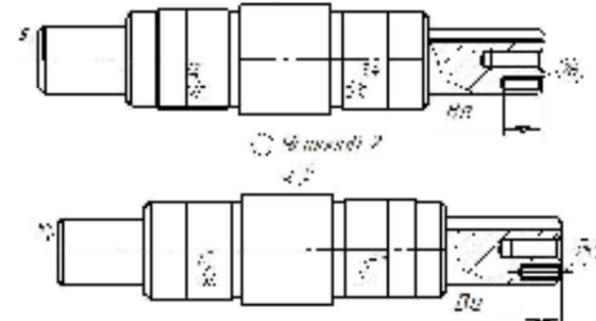
Таблиця 2 - Значення технологічних розмірів

Розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$
max	129,6	15	128	15	47	22	3	58	37	29
min	128,6	14,57	127	14,57	46,38	21,38	2,75	57,26	36,38	28,48

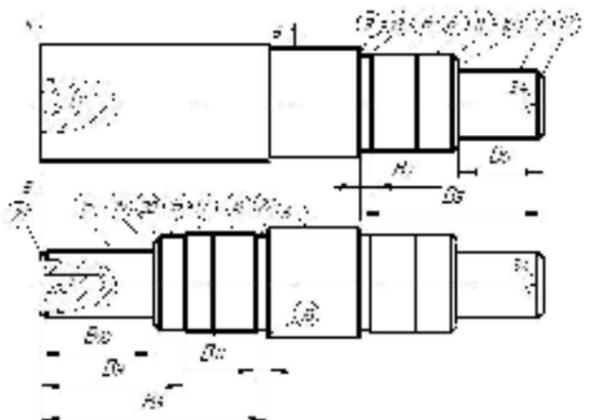
Розмір	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$	$B_{15}$	$z_1$	$z_2$	$z_3$
max	3	10	10	9	9	130,2	2,9	2,6
min	2,75	9,64	9,64	8,64	8,64	129,2	0,6	0,6

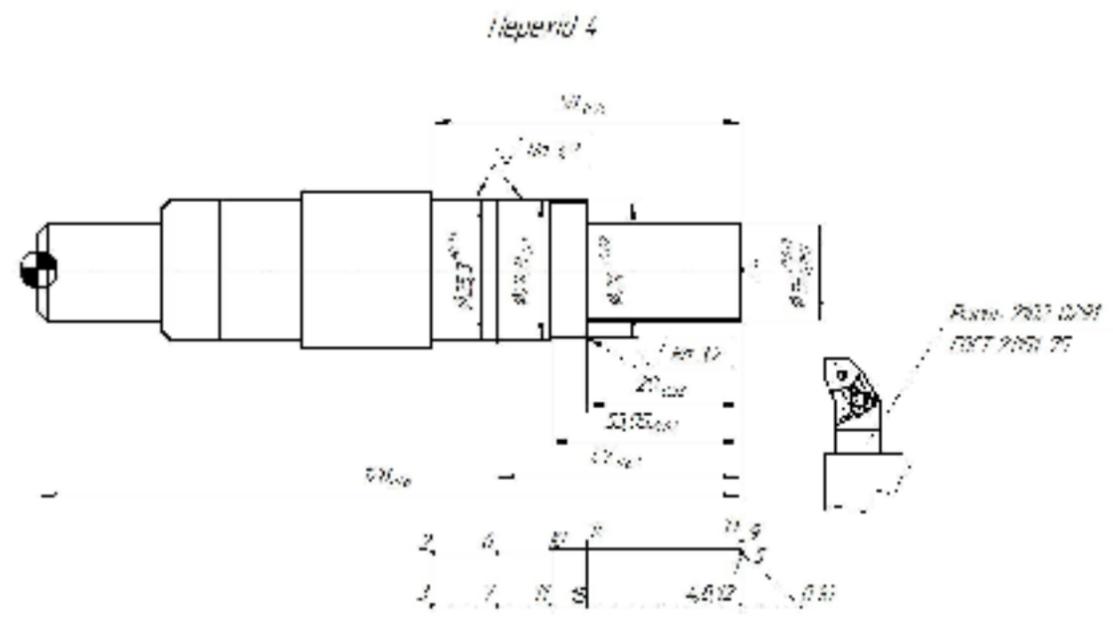
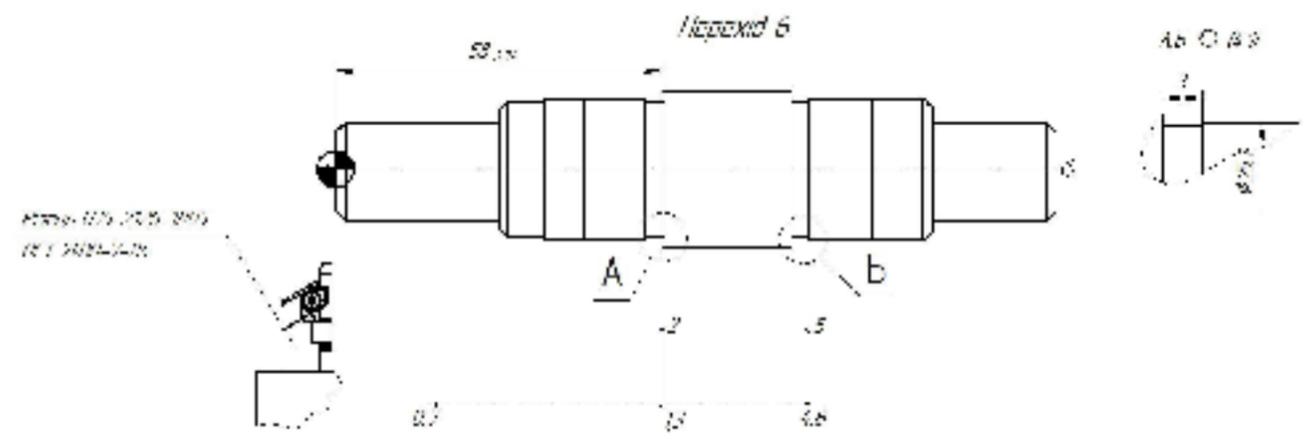
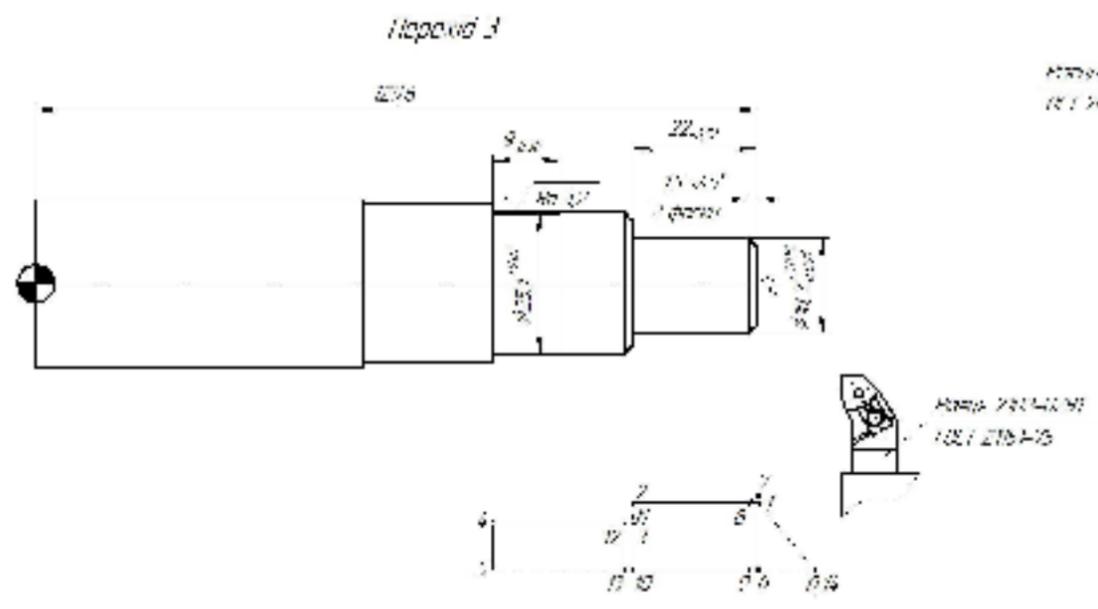
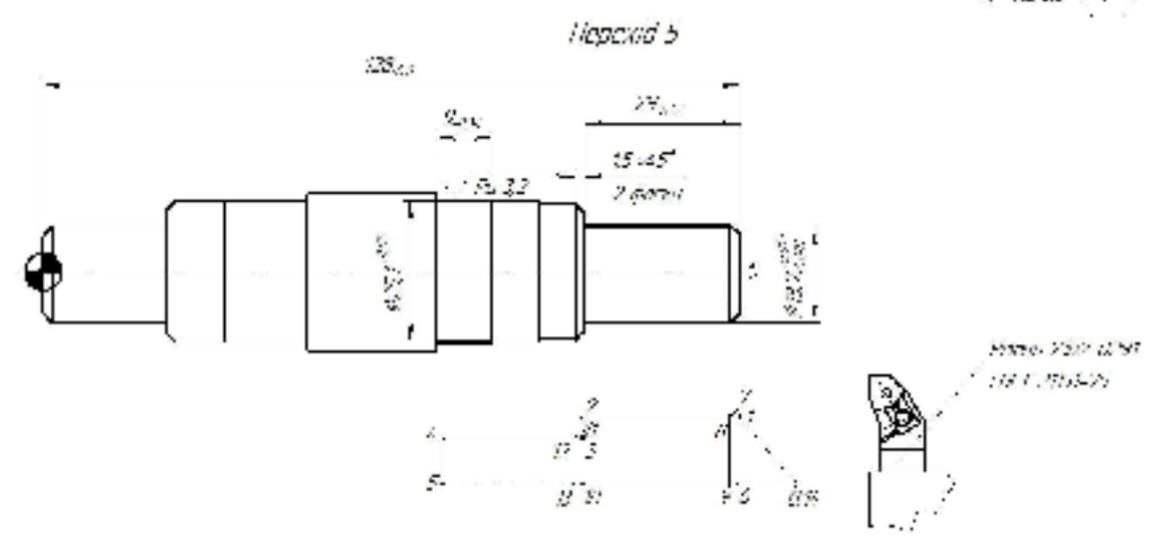
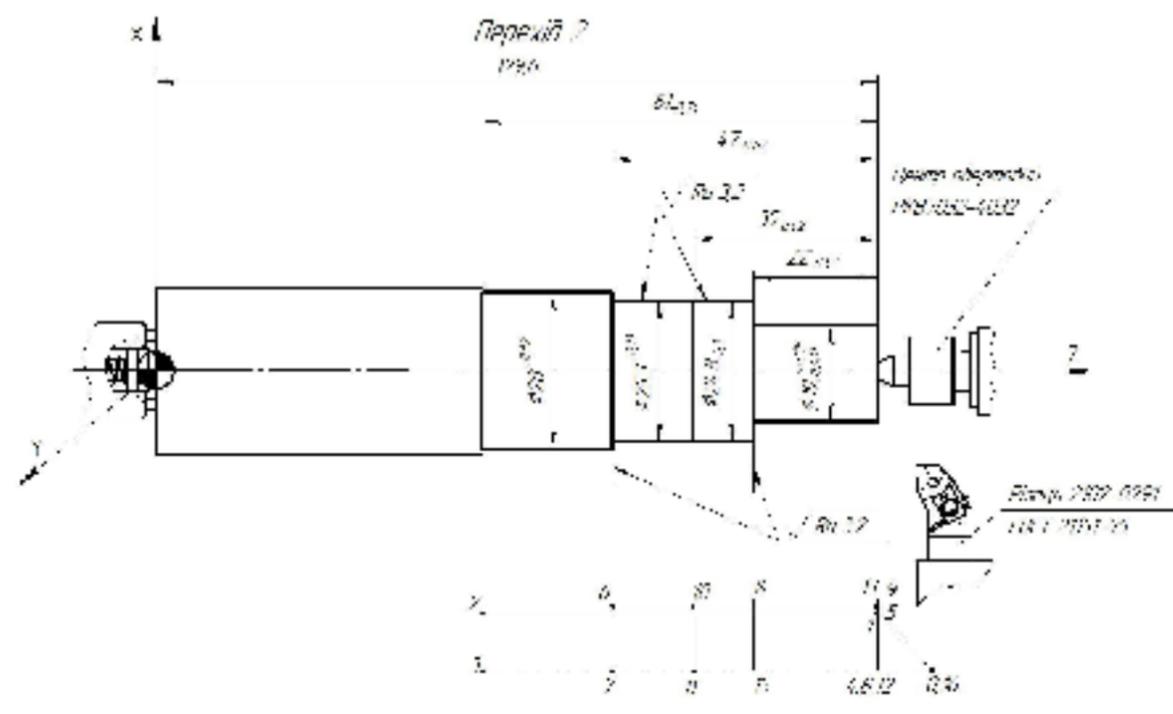


Вариант 1



Вариант 2





№	Имя детали	Материал			
		1	2	3	4
6	Торцовые переходы	1	05	05	05
		2	05	05	05
		3	05	05	05
5	Торцовые переходы	1	05	05	05
		2	05	05	05
		3	05	05	05
4	Торцовые переходы	1	05	05	05
		2	05	05	05
		3	05	05	05
3	Торцовые переходы	1	05	05	05
		2	05	05	05
		3	05	05	05
2	Торцовые переходы	1	05	05	05
		2	05	05	05
		3	05	05	05
Итого деталей		1	1	1	1
Итого деталей		1	1	1	1

DR 64.10K.074.003.000

Имя детали	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
Имя детали	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
Имя детали	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

Контр. 202 0981 10.1.2014-15



# Порівняння собівартості виготовлення та відновлення деталі «Вал»

Собівартість виготовлення нової деталі «Вал»

$$C_{дет} = C_{заг} + C_{обр} \text{ [грн.]},$$

$$C_{дет} = 23,88 + 10,68 = 34,56 \text{ (грн.)},$$

де  $C_{заг}$  – собівартість заготовки,  $C_{заг} = 23,88$  грн.;

$C_{обр}$  – собівартість обробки деталі,  $C_{обр} = 10,68$  грн.

Собівартість відновлення зношених поверхонь деталі «Вал», враховуючи витрати на матеріал, складає:

$$C_{відн.дет} = C_{мат.напил} + C_{мат.настал} + C_{обр} \text{ [грн.]},$$

$$C_{відн.дет} = 2,34 + 0,19 + 12,71 = 15,24 \text{ (грн.)}$$

де  $C_{мат.напил}$ ,  $C_{мат.настал}$  – вартість матеріалу для напилювання та настальювання, грн.

Розрахована собівартість виконання операцій технологічного процесу відновлення

Операція	Верстат	$C_{мат.}$ грн./год.	$T_{тех.}$ хв.	$C_{обр.}$ грн.
005 Мийна	UNIX 120 - 2В	26,0	3,9	1,3
010 Дефектація	Дефектувальний стіл, інструмент	12,0	3,4	0,52
015 Токарна	Токарний з ЧПК верстат 16К20Т1	54,0	1,4	0,97
020 Захисна	Обертове пристосування	27,0	3,6	1,25
025 Знежирювальна		10,0	4,4	0,56
030 Протравлювальна		3,90	2,6	0,13
035 Настальювальна	0013-040 «Ремдеталь»	18,0	3,7	0,85
040 Напилювальна	УМП-6	59,0	3,7	2,8
045 Шліфувальна	Шліфувальний верстат 3А110А	65,4	0,33	0,28
050 Шліфувальна	Шліфувальний верстат 3А110А	65,4	0,62	0,52
055 Шліфувальна	Шліфувальний верстат 3А110А	65,4	1,3	1,09
060 Фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6Д91	44,0	3,3	1,86
065 Контрольна	Контрольний стіл	65,8	1,3	1,1
				$\Sigma C_{обр} = 12,71$

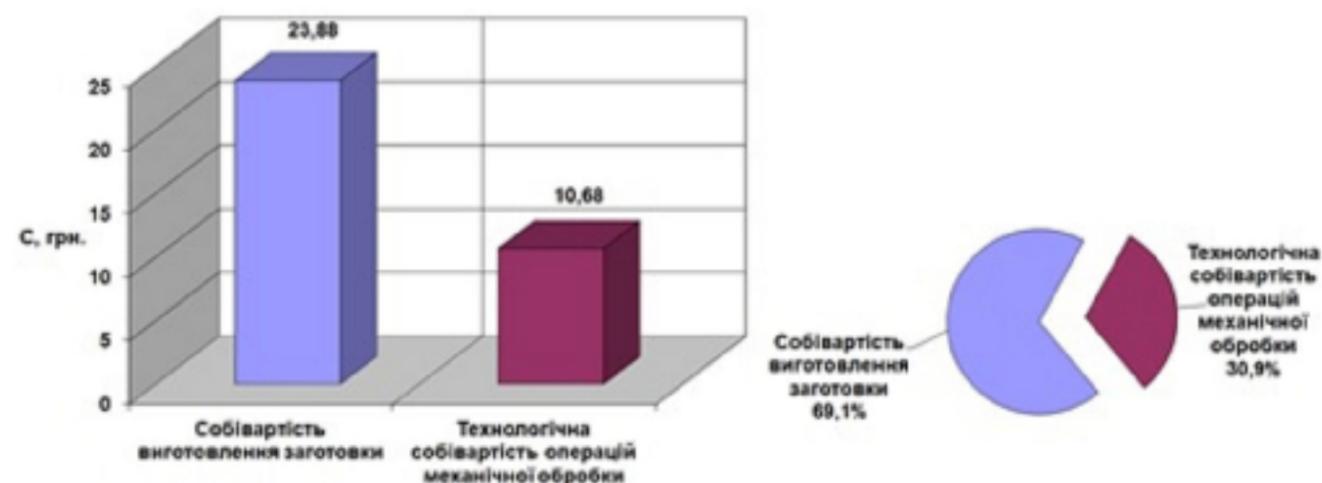


Рисунок 1 – Складові собівартості виготовлення нової деталі

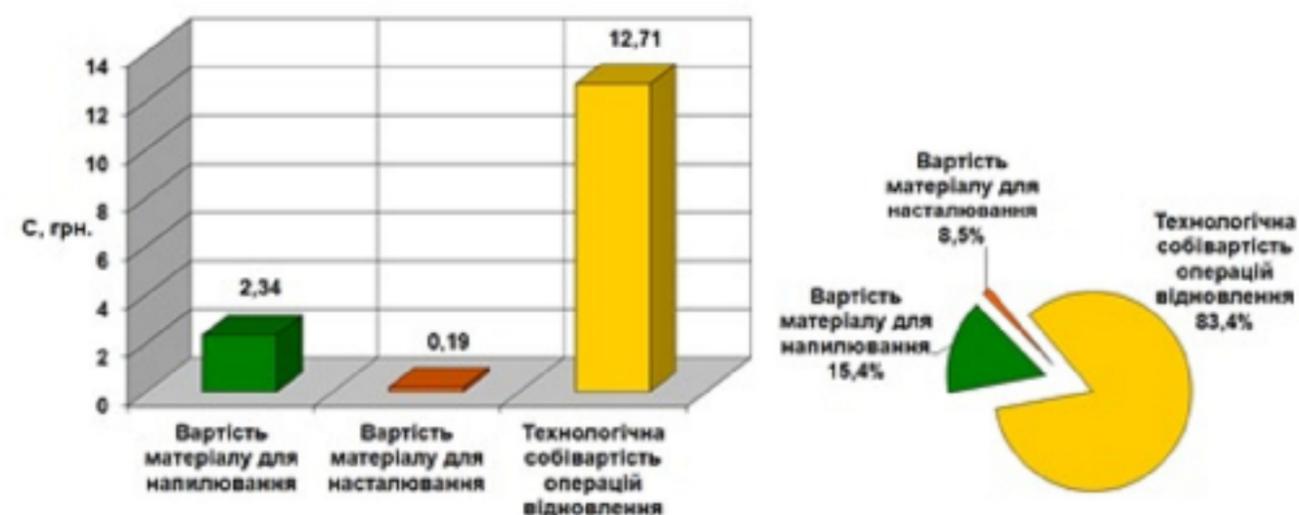


Рисунок 2 – Складові собівартості відновлення спрацьованої деталі

Економічний ефект при відновленні робочих поверхонь:

$$E = (C_{виг.дет} - C_{відн.дет}) \cdot N \text{ [грн.]},$$

де  $C_{виг.дет}$  – вартість виготовлення нової деталі, грн.;

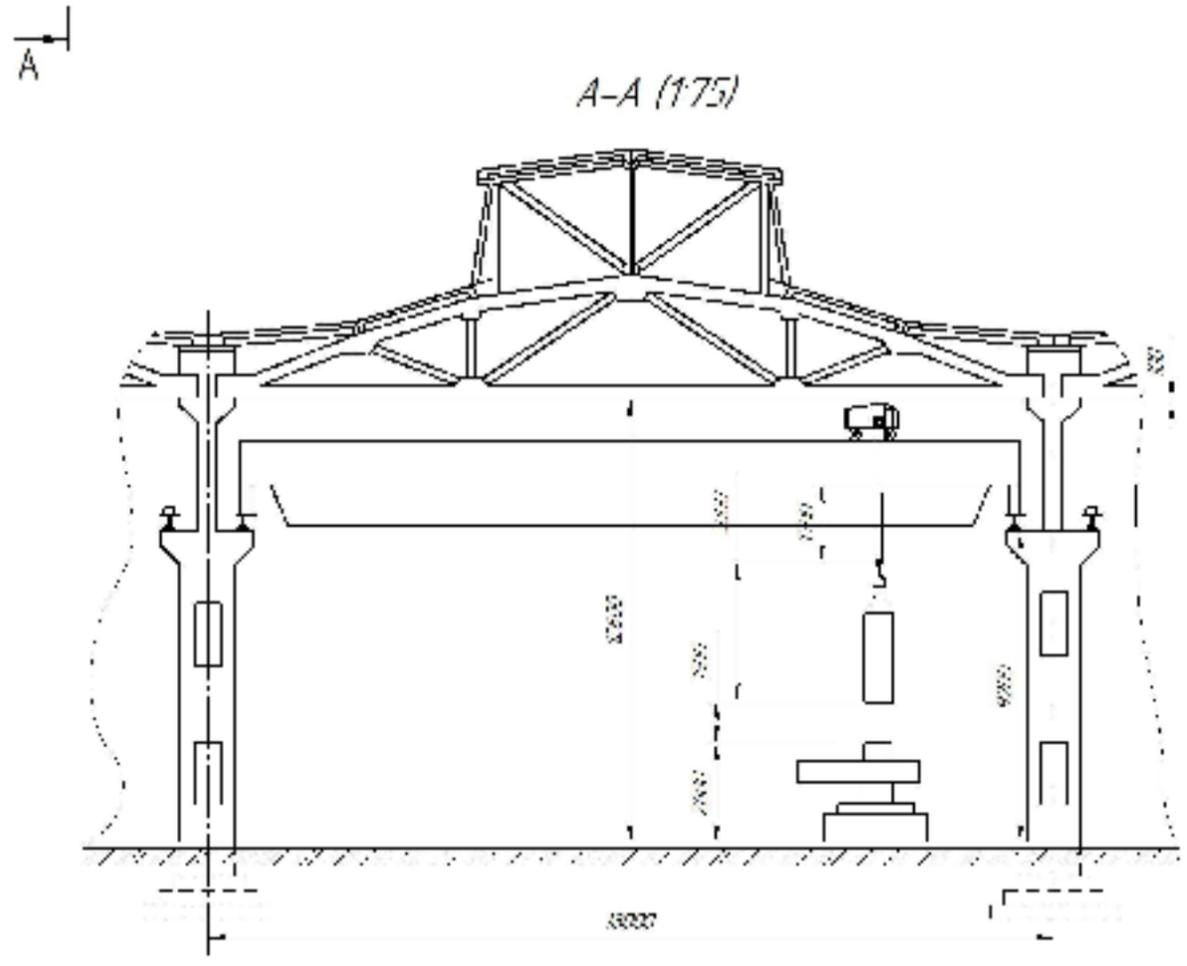
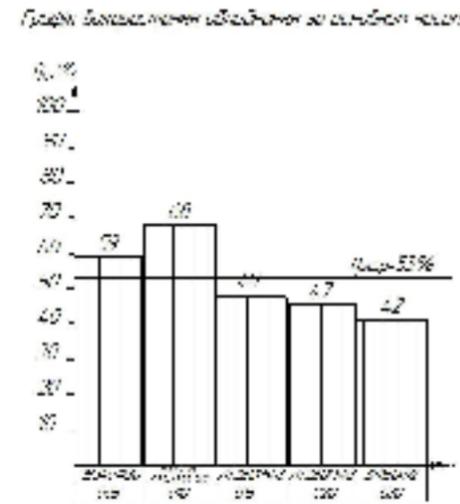
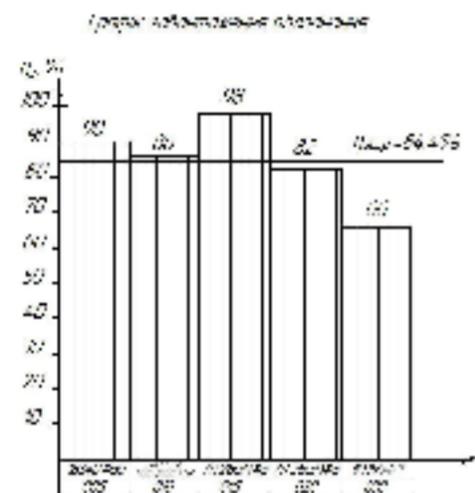
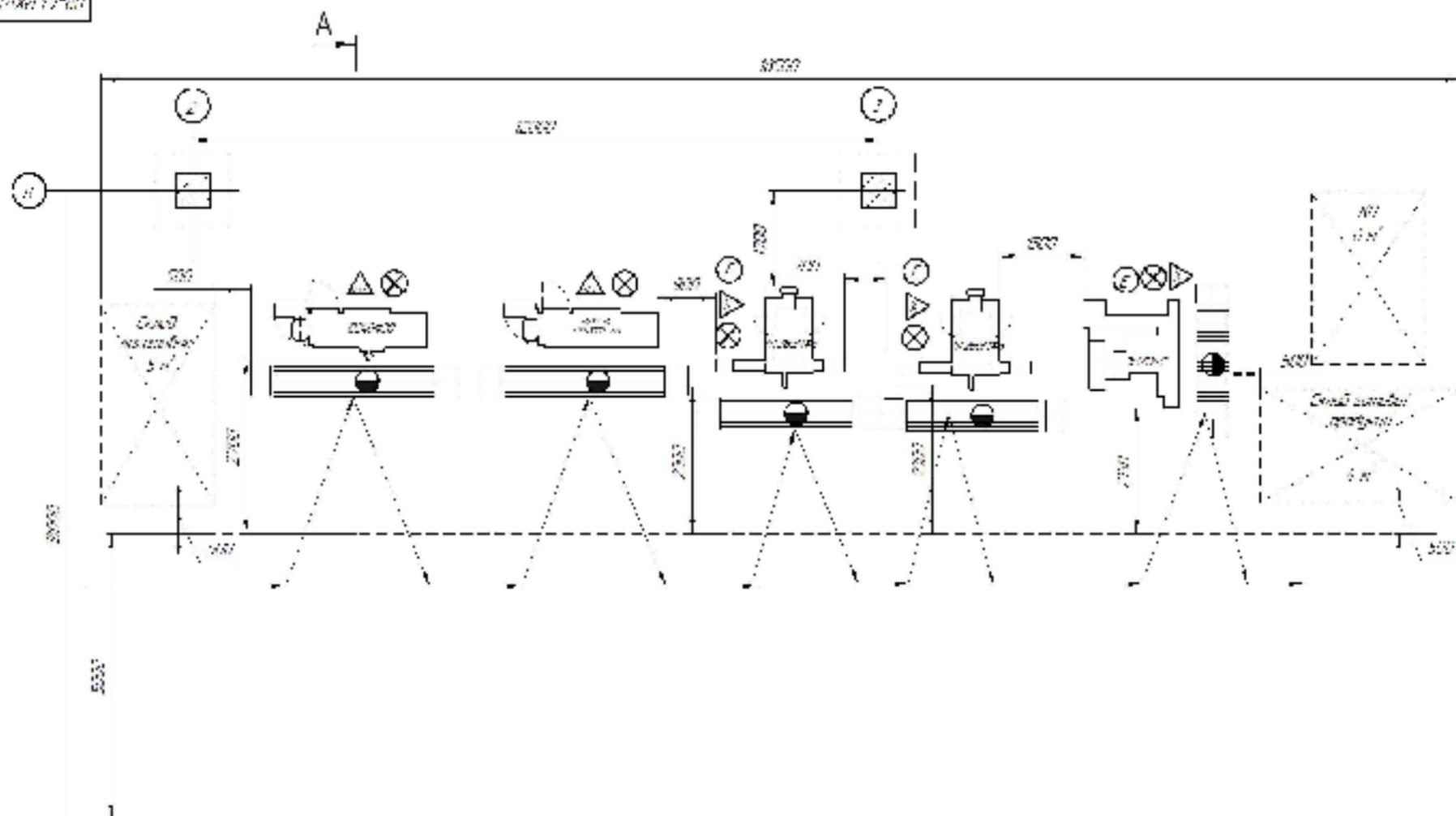
$C_{відн.дет}$  – вартість відновлення спрацьованої деталі, грн.;

$N$  – річна програма відновлення,  $N = 25000$  шт.

Тоді

$$E = (34,56 - 15,24) \cdot 25000 = 483000 \text{ (грн.)}$$

Отже, собівартість відновлення деталі складає 44,1% від виготовлення і дає змогу зберегти кошти підприємства в розмірі 483000 грн./рік.



- Техническое задание
1. Проект здания с площадью пола 100 кв. м, высотой 175 м.
  2. Проект здания с площадью пола 100 кв. м, высотой 175 м.
  3. Проект здания с площадью пола 100 кв. м, высотой 175 м.

Итого		64 МКР.074.00.600.03	
Итого	175	Итого	175
Итого	175	Итого	175

# Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу

<i>Базовий технологічний процес</i>	<i>Удосконалений технологічний процес</i>
<i>Техніко-економічні показники</i>	
<i>Матеріал</i>	
<i>Сталь 45</i>	<i>Сталь 45</i>
<i>Спосіб виготовлення заготовки</i>	
<i>Штамповка на молотах</i>	<i>Прокат</i>
<i>Собівартість заготовки</i>	
<i>58,23 грн.</i>	<i>23,88 грн.</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	
<i>0,54</i>	<i>0,51</i>
<i>Кількість операцій</i>	
<i>10 операцій</i>	<i>6 операції</i>
<i>Кількість верстатів</i>	
<i>9 верстатів</i>	<i>5 верстатів</i>
<i>Кількість працюючих</i>	
<i>18 основних робітників</i>	<i>10 основних робітників</i>
<i>Виробнича площа ділянки, м<sup>2</sup></i>	
<i>240</i>	<i>125</i>
<i>Виробнича собівартість одиниці продукції</i>	
<i>175,06 грн.</i>	<i>121,57 грн.</i>
<i>Капітальні вкладення</i>	
<i>-</i>	<i>1381216,89 грн.</i>
<i>Економічний ефект</i>	
<i>-</i>	<i>886253,29 грн.</i>
<i>Термін окупності</i>	
<i>-</i>	<i>1,56 року</i>