

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»  
08-26.МКР.004.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-19м  
спеціальності 131 – Прикладна механіка

Бенедик В. М. \_\_\_\_\_

Керівник: к. т. н., професор каф. ТАМ

Дерібо О. В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

Рецензент: \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

Вінниця ВНТУ – 2020 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувач кафедри ТАМ  
д.т.н., професор Козлов Л. Г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

Бенедику Володимиру Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»

керівник МКР Дерібо Олександр Володимирович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року №\_\_.

2. Строк подання студентом МКР: \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі «Кришка ВС.80.01.020»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 8000 шт.; довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»; техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): вузол ущільнення підшипникової опори (А3); деталь «Кришка ВС.80.01.020» (А3); 3D-модель деталі «Кришка ВС.80.01.020» (А1); техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка» (4А1); кришка (випуск) (А3); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 005 та 015) (2А1); техніко-економічні показники (А1)

## 6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Дерібо О. В., професор кафедри ТАМ		
Економічна частина	Лесько О. Й., професор кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І. В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження		
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач		
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень		
4	Розв'язання поставлених задач		
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів		
6	Виконання розділу «Економічна частина»		
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»		
8	Попередній захист МКР		
9	Перевірка роботи на плагіат		
10	Нормоконтроль МКР		
11	Рецензування МКР		
12	Захист МКР		

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бенедик В. М.

Керівник МКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дерібо О. В.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»	12
1.1 Характеристика об'єкту виробництва	12
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»	13
1.3 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	16
1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	17
1.5 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу	19
1.6 Висновки	21
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»	22
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	22
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	25
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	29
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	29
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	31
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	32
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	35
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	37



	5
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	43
2.10 Призначення режимів різання	47
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	51
2.12 Визначення технічних норм часу	52
2.13 Висновки	56
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»	57
3.1 Постановка задачі дослідження	57
3.2 Результати дослідження	58
3.3 Висновки	66
4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»	68
4.1 Розрахунок приведеної програми	68
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	73
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання	74
4.4 Розрахунок кількості працівників на ділянці	75
4.5 Висновки	76
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»	77
5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»	77
5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	82
5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	86
5.4 Розрахунок величини чистого прибутку	87
5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	88
5.6 Висновки	90

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	91
6.1 Аналіз умов праці	91
6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	92
6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи	96
6.4 Пожежна безпека	97
6.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях	99
6.6 Висновки	104
ВИСНОВКИ	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	107
ДОДАТКИ	109

## АНОТАЦІЯ

Бенедик В. М. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» : магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / В. М. Бенедик. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2020.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Кришка»; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи для умов середньосерійного виробництва проаналізовано можливі способи виготовлення литої заготовки деталі «Кришка ВС.80.01.020». На прикладі заданої деталі розглянуто вибір оптимального варіанту виготовлення заготовки з урахуванням подальшої механічної обробки.

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

В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

## ABSTRACT

Benedyk V. M. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece details of the type «Cover BC.80.01.020» : master's qualification work for obtaining the educational and qualification level «Master» in the specialty 131 «Applied Mechanics» / V. M. Benedyk. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnitsia, 2020.

The purpose of the work is to improve the technological process of machining the workpiece part type «Cover BC.80.01.020» taking into account modern advances, advanced technologies and new methods of processing such workpieces, which provides the required quality and reduces the cost of production.

To achieve this goal, a review of technologies for the manufacture of parts such as «Cover»; variants of a route of mechanical processing of a detail like «Cover BC.80.01.020» with use of modern machines with CNC and a choice of the best of them at a minimum of the resulted expenses are developed; dimensional and accurate modeling of the advanced technological process of machining; cutting modes and time norms are determined; the number of equipment and employees is calculated; the machining section was improved.

In the scientific part of the work for the conditions of medium-scale production, possible methods of manufacturing a cast original workpiece part type «Cover BC.80.01.020» are analyzed. On the example of the given detail the choice of an optimum variant of manufacturing of preparation taking into account the subsequent machining is considered.

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

The work also develops measures for labor protection and safety in emergencies.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

## ВСТУП

**Актуальність.** В магістерській кваліфікаційній роботі передбачається удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020». В процесі виконання роботи необхідно вдосконалити і дільницю механічної обробки, оскільки існуюча дільниця не зовсім відповідає сучасним вимогам.

Базовий технологічний процес, у якому використовується низькопродуктивні верстати, є застарілим і економічно не вигідним. Використання сучасних верстатів з ЧПК і багатоцільових верстатів є одним із способів розв'язання цієї задачі. Перевагою верстатів з ЧПК є універсальність у поєднанні з можливістю автоматизації процесів механічної обробки, забезпечення необхідної якості виробів, можливість швидкого переналагодження в переходах від виготовлення одного типорозміру деталей до іншого. Використання таких верстатів скорочує простой, підвищує частку машинного часу.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

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

- проаналізувати наявні технології виготовлення деталі типу «Фланець з центральним отвором»;
- на основі креслення деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» виконати якісний і кількісний аналіз технологічності її конструкції;
- виконати техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» та вибрати найдешевший;

- розробити варіантів удосконаленого маршруту механічної обробки та вибрати кращий з них за мінімумом приведених витрат;
- виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки;
- призначити режими різання;
- встановити технічні норми часу на операції;
- розрахувати елементи ділянки механічної обробки, кількість обладнання та працівників;
- розрахувати економічну доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»;
- розробити необхідні заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Фланець з центральним отвором».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки; метод лінійного програмування (симплекс-метод), що дозволив визначити оптимальні режими різання, методика техніко-економічного порівняння способів виготовлення вихідної заготовки.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Отримала подальший розвиток методика техніко-економічного порівняння способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка» з урахуванням собівартості виготовлення вихідної заготовки, кількості переходів механічної обробки точних поверхонь, трудомісткості механічної обробки, технологічної собівартості механічної обробки і цехової собівартості виготовлення деталі.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичне значення роботи полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»; при цьому запропоновані такі рішення:



- техніко-економічним порівнянням способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» для умов середньосерійного виробництва з урахуванням подальшої механічної обробки встановлено, що найраціональнішим способом виготовлення заготовки є лиття під тиском. Собівартість виготовлення вихідної заготовки при використанні лиття під тиском найменша і складає 23,8 грн. Запропонована методика може бути використана для аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів у машинобудівному виробництві, а також у навчальному процесі;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 20642 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

- XLIX науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), Вінниця, 18-29 травня 2020 р.

**Публікації.** Оpubлікована теза доповіді:

- Дусанюк Ж. П. Техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка» / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, В. М. Бенедик // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), Вінниця, 18-29 травня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9826>.

## 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»

1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення

Деталь «Кришка ВС.80.01.020» є складовою частиною вузла ущільнення лабіринтного типу (рис. 1.1). До її службового призначення відносяться такі функції:

- забезпечення фіксації вала (поз. 2) з підшипниковою опорою (поз. 5) в загальному механізмі (поз. 1) за рахунок незначного натягу або мінімального зазору між лівим торцем та торцем зовнішнього кільця підшипника;
- забезпечення мінімального зазору між валом та наскрізним отвором, в якому виконано три радіальні канавки, для створення умов утримання змащувальної рідини в корпусі механізму, а також відокремлення його від негативного впливу зовнішнього середовища (пилу, абразиву тощо).

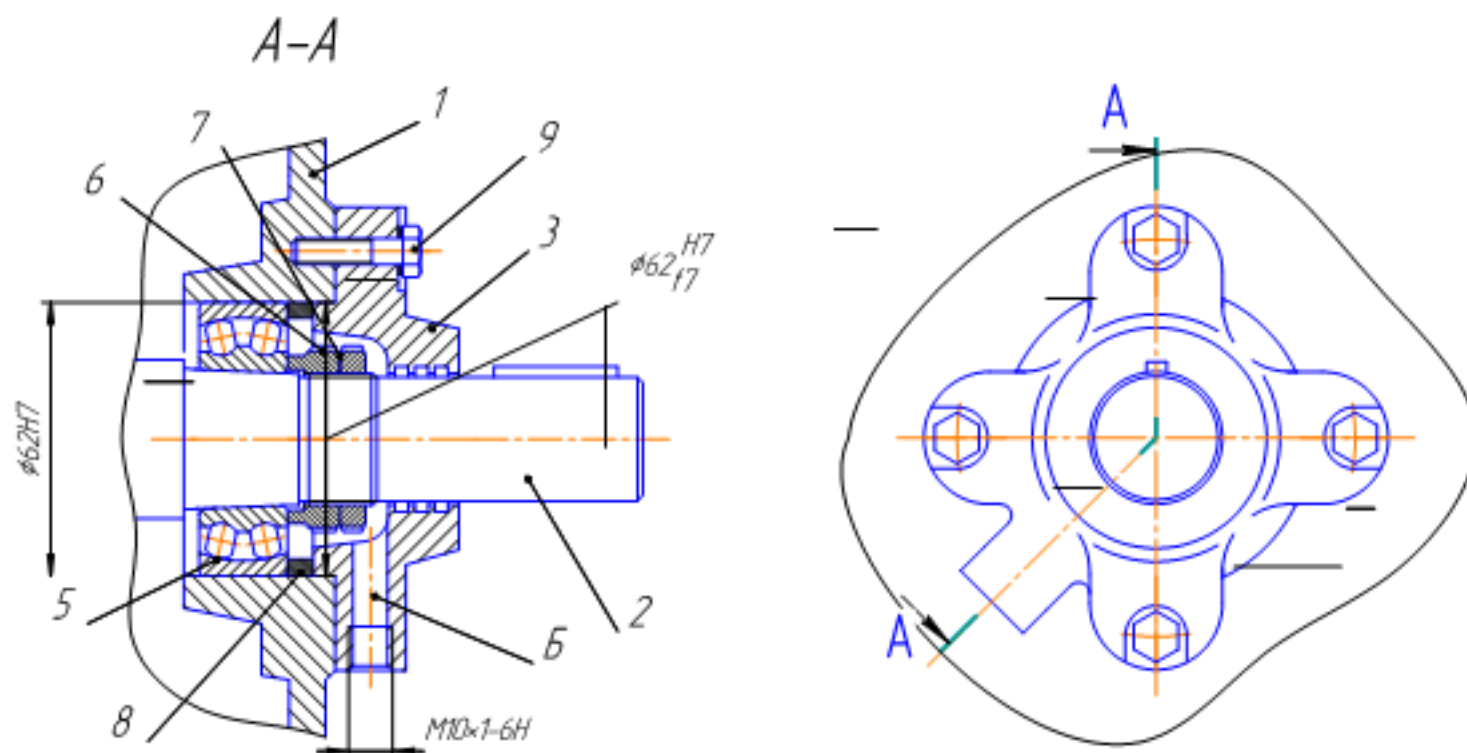


Рисунок 1.1 – Вузол ущільнення лабіринтного типу

Ще одна додаткова функція деталі «Кришка ВС.80.01.020» реалізується за



допомогою каналу Б (рис. 1.1), який може використовуватися для:

- примусової подачі ззовні змащувальної або охолоджувальної рідини, в залежності від особливостей роботи вузла ущільнення механізму;
- відведення (дренажу) змащувальної або охолоджувальної рідини із зони підшипникової опори.

Згідно зі службовим призначенням деталі «Кришка ВС.80.01.020» призначені вимоги точності та шорсткості до її поверхонь, а також до вимоги до їх відносного розташування. Всі ці вимоги відображені у кресленні деталі у відповідно до з стандартів та рекомендацій. Рівень складності забезпечення вимог можна кваліфікувати як середній.

Форма деталі нескладна і не потребує удосконалення. До всіх поверхонь є вільний доступ різального інструмента. Алюмінієвий сплав АК7 добре піддається обробці різанням лезовим інструментом. Разом з тим, розмірна механічна обробка абразивним інструментом для такого матеріалу не застосовується.

## 1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»

Деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» відносяться до класу деталей типу «Фланець з центральним отвором». Такі деталі широко використовуються як опори у виробках машинобудівного виробництва [1]. Вони мають велику різноманітність за конструкцією, яка залежить від типу виробництва, умов експлуатації, конструкційних особливостей складальної одиниці, до якого кріпиться така деталь та складових частин, які встановлені у самій кришці.

Деталь «Кришка ВС.80.01.020» відноситься до конструкцій деталей середньої складності, які мають дві або три основних базові поверхні, частіше за все це: циліндрична поверхня для базування підшипників або валів та зв'язана з нею площина кріплення самого корпусу до вузла чи станини. Кріпильна площина або площини можуть розташовуватись, як паралельно так і перпендикулярно до осі головного отвору. В залежності від цього будуть формуватися особливості



Таблиця 1.1 – Типовий маршрут механічної обробки деталі «Стакан» [1]

№ п/п	Зміст або найменування операції	Станок, обладнання	Оснащення
005	Точити торці $\varnothing 130_{js6}/\varnothing 90H7$ та А, точити поверхню $\varnothing 130_{js6}$ , розточити отвір $\varnothing 85$ та $\varnothing 90H7$ з точінням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 85$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
010	Точити торець $\varnothing 190$ і $\varnothing 144/\varnothing 116$ , точити поверхню $\varnothing 190$ та конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
015	Термічна обробка		
020	Точити торці $\varnothing 130_{js6}/\varnothing 90H7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 130_{js6}$ з точінням торця А під шліфування, фаски, канавки остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з точінням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 85$ .	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Точити торці $\varnothing 144/\varnothing 116$ , точити поверхню $\varnothing 190$ , конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з точінням торця $\varnothing 90H7/\varnothing 85$ під тонке розточування виточки $\varnothing 116$ та канавки $3 \times \varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
030	Свердлити п'ять отворів $\varnothing 11$ , два отвори $\varnothing 10,2$ під різь М12, зенкувати п'ять отворів $\varnothing 11/\varnothing 17$ , фаски $2 \times 24$ , нарізати різь М12. фрезерувати лиски в розмір 170	Фрезерно-свердлильний ГФ2171	Налагодження УСНО
035	Розточувати два отвори $\varnothing 90H7$ з точінням торців Б і В, отвору $\varnothing 85$ до $\varnothing 85H7$ (технологічно)	Алмозно-розточний	Установочне пристосування
040	Шліфувати $\varnothing 130_{js6}$ з шліфуванням торця 4	Кругошліф. ЗУ131ВМ	Спеціальна оправка
055	Технічний контроль		
060	Нанесення антикорозійного покриття		

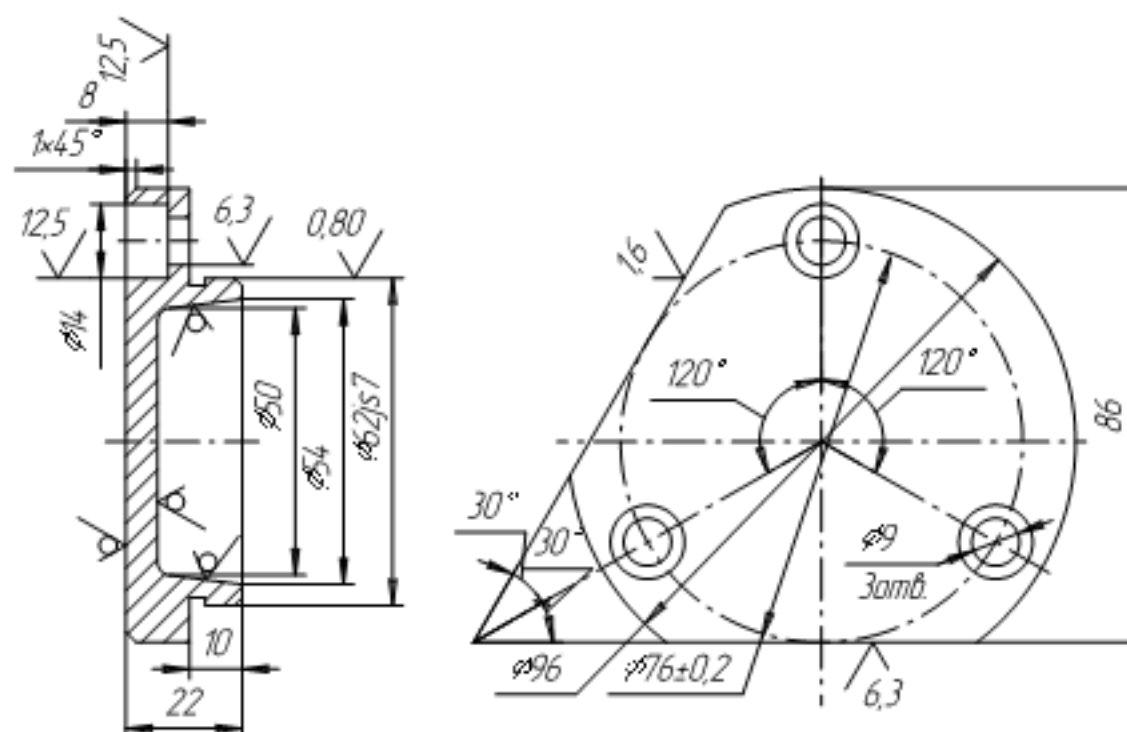


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі «Фланець»

Таблиця 1.2 – Типовий маршрут механічної обробки заготовки деталі «Фланець» [1]

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок, обладнання	Оснащення
005	Лиття	–	–
010	Обробка та очищення виливка	–	–
015	Малярна	–	–
020	Точити торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ та $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B = 3$ та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачко- вий пневма- тичний патрон
025	Точити торець $\varnothing 96$ та поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачко- вий патрон
030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$ , фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62_{js7}$ з шліфуванням торця $\varnothing 96_{js7}$ остаточно	Універсально- шліфувальний 3У131ВМ	Трикулачко- вий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Аналіз типових технологічних процесів показує що маршрут обробки, який використовується, може бути прийнятий за основу. Але, враховуючи тип виробництва, доцільно застосувати верстати з ЧПК.

1.3 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий технологічний процес приведений в таблиці 1.3.

Таблиці 1.3 – Базовий технологічний процес

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
015	Вертикально- свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2
020	Вертикально- свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2

Недоліками базового технологічного процесу є застосування для фрезерування площин та обробки кріпильних отворів верстатів 2P135Ф2 із застарілою системою ЧПК і низькою швидкістю допоміжних ходів. Потрібне використання п'яти верстатів, що вимагає переустановлення деталі, а значить виникає похибка устанавлення, знижується точність обробки, збільшується допоміжний час, а, відповідно, і трудомісткість обробки.

Тип виробництва – середньосерійне. Номенклатура деталей досить обмежена, але програми випуску деталей різних найменувань різні і можуть бути не досить великими. При переході від виготовлення деталі одного найменування до іншого можливі значні втрати часу на переналагодження верстатів.

Вказані технологічні фактори зменшують продуктивність обробки, і, відповідно, підвищують собівартість продукції.

#### 1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

1.4.1 Сучасні досягнення в галузі технології, обладнання та оснастки при виготовленні подібних виробів

Для підвищення точності обробки деталей типу «Кришка» та автоматизації процесу із забезпеченням високої продуктивності праці ефективним рішенням є застосування сучасних верстатів з ЧПК. Впровадження верстатів з ЧПК для автоматизації технологічних процесів дозволяє застосувати принцип концентрації операцій, що, відповідно, забезпечує точність та якість виготовлюваних деталей.

Застосування верстатів з ЧПК дозволяє виготовляти з меншими витратами деталі такої ж широкої номенклатури, як і на верстатах з ручним керуванням.

1.4.2 Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу

Аналіз базового технологічного процесу та виявлені недоліки дозволили сформулювати пропозиції по удосконаленню технологічного процесу механічної

обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020». Пропонується:

- використати принцип концентрації операцій, що дозволить зменшити їх кількість, а значить і кількість верстатів та основних робітників, виробничу площу;

- застосувати сучасніші верстати з ЧПК;

- використовувати оснащення з механізованим приводом;

- різальний інструмент застосовувати із прогресивних, сучасних матеріалів.

Удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» представлений в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Удосконалений варіант технологічного процесу

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171МФ3
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171МФ3

#### 1.4.3 Характеристика існуючої дільниці

Показники існуючої дільниці та удосконаленої дільниці що наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Показники існуючої дільниці і удосконаленої

Показники	Існуюча дільниця	Удосконалена дільниця
1. Кількість верстатів, шт.	5 (1В340Ф30 – 2 шт.; 2Р135Ф2 – 3 шт.)	3 (1В340Ф30 – 1 шт.; ГФ2171МФ3 – 2 шт.)
2. Кількість основних робітників, чол.	9	5
3. Середній розряд робітників	4	3
4. Площа дільниці, м <sup>2</sup>	175	92
5. Річна програма виготовлення деталі «Кришка ВС.80.01.020», шт.	8000	8000
6. Приведена програма виготовлення деталей на дільниці, шт.	20642	20642



## 1.5 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу

### 1.5.1 Визначення величини зменшення собівартості одиниці продукції

Величину зменшення собівартості одиниці продукції  $\Delta S$  при удосконаленні технологічного процесу можна розрахувати за формулою [2]:

$$\Delta S = \frac{(B_a - B_n \cdot K_n) \cdot 100}{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (1.1)$$

де  $B_a$  – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції, що визнана аналогом (вартість матеріалу) (лиття в кокіль),  $B_a = 74,1$  грн.;

$B_n$  – величина цієї ж статті прямих витрат на матеріал заготовки в одиниці нової продукції (лиття під тиском),  $B_n = 21,2$  грн.;

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки,  $K_n = 1 \dots 1,2$ ;

$\Pi$  – питома вага цієї статті витрат в собівартості продукції, яка є аналогом;

$$\Delta S = \frac{(74,1 - 21,2 \cdot 1,1)}{60} \cdot 100 = 84,63 \text{ (грн.)}$$

### 1.5.2 Визначення величини додаткових капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення  $\Delta K$ , необхідні для здійснення налагодження нового технологічного процесу, розраховуються за формулою [2]:

$$\Delta K = (2 \dots 4) \cdot \Delta B_{обл} \text{ [грн.]}, \quad (1.2)$$

де  $(2 \dots 4)$  – коефіцієнт, що враховує витрати на проектування, оренду приміщення, тощо;

$\Delta B_{обл}$  – вартість додаткового обладнання, яке необхідно придбати для удосконалення технологічного процесу, грн.

Посилаючись на удосконалений технологічний процес механічної обробки, вартість додаткового обладнання складає 700000 грн. (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Витрати на придбання основного обладнання

Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	Вартість, грн.
Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171МФ3	350000	2	700000
Всього			700000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 3 верстати 2P135Ф2 –  $3 \cdot 80000 = 240000$  (грн.);
- 1 верстат 1B340Ф30 – 250000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 490000 грн.

Отже, витрати на обладнання  $700000 - 490000 = 210000$  (грн.)

Звідси отримуємо, що величина додаткових капітальних вкладень буде складати

$$\Delta K = 2 \cdot 210000 = 420000 \text{ (грн.)}$$

1.5.3 Визначення терміну окупності удосконаленого технологічного процесу

Термін окупності визначаємо за формулою [2]:

$$T_o = \frac{\Delta K}{\Delta S \cdot N_2} \text{ [років]}, \quad (1.3)$$

де  $N_2$  – обсяг виробництва продукції за рік при застосуванні удосконаленого технологічного процесу, шт.

$$T_o = \frac{420000}{84,63 \cdot 8000} = 4,62 \text{ (року)}.$$



З урахуванням приведеної програми

$$T_o = \frac{420000}{84,63 \cdot 20642} = 0,24 \text{ (року).}$$

Оскільки термін окупності менше рекомендованих значень 3...5 років, то удосконалення технологічного процесу є доцільним.

## 1.6 Висновки

Проаналізовано задачу удосконалення ділянки при виконанні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020». За базовим варіантом використовується застаріле обладнання, яке не забезпечує необхідної якості продукції. Процес є трудомістким, із значною кількістю ручної роботи, кваліфікація робітників при цьому вимагається висока. Використання обладнання з ручним керуванням вимагає збільшення його кількості, відповідно ділянкою зайнята значна площа.

Проведено розгляд характеристик об'єкта виробництва, його службове призначення, технічні вимоги на виготовлення. Детально проаналізовано типовий, базовий технологічні процеси, що дозволило сформулювати пропозиції щодо удосконалення базового процесу.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що дана розробка є перспективною для впровадження у виробництво як з технічної, так і з економічної точки зору, так як вона має відносно низьку вартість, кращі, ніж аналог технічні параметри.

Попередні розрахунки показали, що термін окупності удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» складає 0,24 року, що входить в нормативні значення – 3...5 років. Отже, впровадження удосконаленого маршруту є економічно доцільним.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»

### 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісний аналіз [3, 4].

Деталь «Кришка ВС.80.01.020» не містить нетехнологічних елементів. Конструкція деталі має наскрізний головний отвір, наскрізні різьбові отвори, також передбачені фаски (для полегшення процесу складання). Важкодоступних механічно оброблюваних елементів деталь не має.

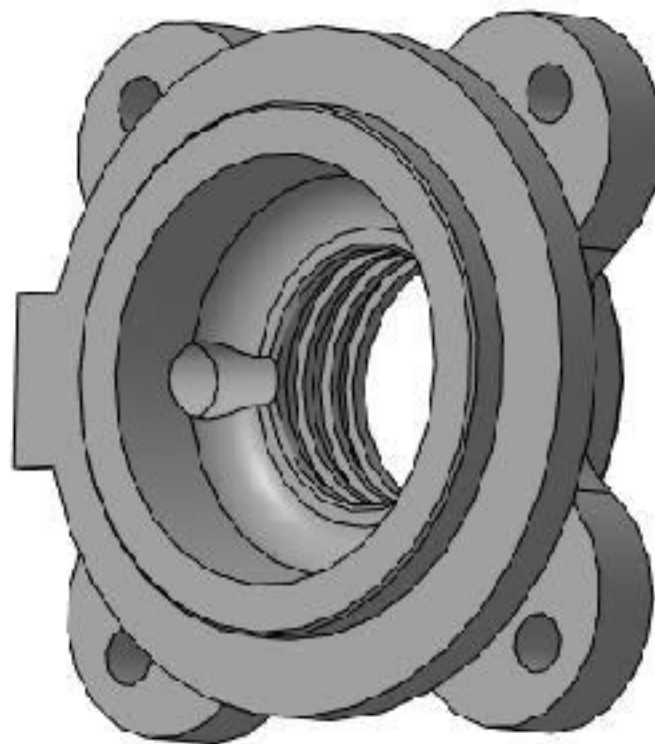


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Кришка ВС.80.01.020»

Під час обробки заготовки деталі є можливість суміщення технологічних та вимірювальних баз. Це дозволяє запобігти появі похибки базування. Саме такою поверхнею є поверхня Е, під час установки на яку виконується більшість переходів механічної обробки. Потреба у використанні штучних технологічних баз відсутня.

Розміри, вимоги до шорсткості, а також, до параметрів точності відносного розташування можуть бути отримані на верстатах нормальної і підвищеної

точності. Вимоги відносного розташування оброблених поверхонь вказані відповідно до службового призначення деталі.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для вимірювання не існує.

### 2.1.2 Кількісний аналіз [3, 4]

Коефіцієнт уніфікації

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{18}{18} = 1.$$

$Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів;  $Q_e$  – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнта уніфікації розмірів деталі «Кришка ВС.80.01.020»

Лінійні розміри			Діаметральні розміри			Кутові розміри		
Значення розміру	Кількість розмірів	Уніфіковані розміри	Значення розміру	Кількість розмірів	Уніфіковані розміри	Значення розміру	Кількість розмірів	Уніфіковані розміри
5	1	–	R55	2	+	45°	6	+
33 <sub>-0,62</sub>	1	–	∅62 <sup>-0,04</sup> <sub>-0,12</sub>	1	–			
16	2	+	∅30	1	–			
6	1	–	∅33 <sup>+0,021</sup>	1	+			
10	2	–	∅50	1	+			
5,5	1	+	M10	1	+			
1	4	+						
	12	6		10	5		6	6
Шорсткість								
Значення			Кількість			Уніфіковані		
12,5			6			+		
6,3			6			+		
3,2			5			+		
1,6			1			+		
			18			18		

Таблиця 2.2 – Показники точності поверхонь деталі «Кришка ВС.80.01.020»

Квалітет	Кількість поверхонь	Коеф. точності
1 (M10–6H)	1	6·1=6
8 (Ø13 <sup>+0,27</sup> )	1	8·1 = 8
9 (Ø52; Ø20)	3	9·3 = 27
10 (Ø23,5)	2	10·2 = 20
12 (Ø22; 19,5; 1×45°; 1,6×45°)	6	12·6 = 72
14	1	14·1 = 14
Разом	14	147

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,3} = 0,89;$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{147}{14} = 10,$$

де  $T_i$  – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

$n_i$  – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 1..19 квалітетами.

Таблиця 2.3 – Показники шорсткості поверхонь деталі «Кришка ВС.80.01.020»

Шорсткість	Кількість поверхонь	Коеф. шорсткості
1,6	1	1,6·2 = 3,2
3,2	5	3,2·5 = 16
6,3	6	6,3·6 = 37,8
12,5	6	12,5·6 = 75
Разом	18	131,7

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{7,3} = 0,136,$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхні, мкм.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{131,7}{18} = 7,3.$$

де  $Ш_i$  – шорсткість оброблених поверхонь даної деталі, мкм;

$n_i$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра  $R_a$ , мкм.

## 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [4]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де  $\sum O_i$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$  – кількість робочих місць на дільниці.

Для записаних в таблиці 2.4 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ .

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Визначено  $T_{шт-к}$

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K [\text{хв}], \quad (2.2)$$

де  $\varphi_K$  – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (2.3)$$

де  $N = 8000$  шт. – річна програма випуску деталі «Кришка ВС.80.01.020»;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 2030$  год);

$\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.н.} = 0,8$ ).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів  $P$ .

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.4)$$

де  $C_{pi}$  – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

$P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Встановлено кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.5)$$

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

$\eta_{з.ф.i}$  – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на  $i$ -ій операції.

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\sum O_i$

$$\sum O_i = 9,6 + 6,67 + 16 + 14,83 + 4,5 = 53,6.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 5$

Встановлено коефіцієнт закріплення  $K_{з.о.}$

$$K_{з.о.} = 53,6 / 5 = 10,72.$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{осн}$ , хв	$\Phi_k$	$T_{шт.к.}$ , хв	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф.}$	$O$	$K_{з.о.}$
1	Фрезерування поверхні	6l	l=50	0,72	1,51	1,08	0,22	1	0,2 2	9,6	10,72
2	Розточування отвору	0.2dl	D=30; l=20	0,44	1,35	0,59	0,12	1	0,1 2	6,6 7	
3	Точіння поверхні	0.2dl	D=65; l=8	0,16 2	1,56	0,26	0,05	1	0,0 5	16	
4	Остаточне розточування отвору	0.22dl	D=30; l=20	0,49 2	1,36	0,67	0,13	1	0,1 37	14, 83	
5	Свердління 4-х отворів	0.52dl	D=7; l=16	1,87	1,35	2,53	0,52	1	0,5 2	6,5	

Згідно з отриманим коефіцієнтом закріплення операцій тип виробництва – середньосерійний.

Форма організації роботи [4].

Добовий випуск виробів

$$N_d = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.6)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

Добова продуктивність лінії

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сеп}} \cdot \eta_z} \text{ [шт.]}, \quad (2.7)$$

де  $T_{шт-к_{сеп}}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів,

хв.;  $\eta_z$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії;

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i} \text{ [хв.]}, \quad (2.8)$$

де  $T_{шт-к_i}$  – штучно-калькуляційний час виконання  $i$ -го переходу, хв.;

$\sum n_i$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (1,087 + 0,594 + 0,259 + 0,67 + 2,53) / 5 = 1,028 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{2030}{1,028 \cdot 0,8} = 2468,4 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{8.000}{254} = 31,5 \text{ (шт.)}$$

Оскільки добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії, то, відповідно, вибрано групову форму організації роботи.

Кількість заготовок в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.9)$$

$$n = \frac{8000 \cdot 6}{254} = 189 \text{ (шт.)}$$

де  $a$  – періодичність запуску заготовок на обробку, в днях (6 днів)



Форма організації роботи – групова, при цьому кількість заготовок деталей в партії для одночасного запуску складає 190 шт.

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

Орієнтуючись на креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод виготовлення заготовки – лиття, так як матеріал деталі алюмінієвий сплав АК7 [5-9].

Можливі способи та техніко-економічне обґрунтування найкращого способу виготовлення литої вихідної заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» для умов середньосерійного виробництва виконано в розділі 3.

Враховуючи результати проведеної в розділі 3 роботи, прийнято за найраціональніший спосіб виготовлення заготовки – лиття під тиском.

Собівартість виготовлення вихідної заготовки складає 23,8 грн.

Креслення вилівка міститься в графічній частині.

### 2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь [4, 10]

Розрахунок кількості переходів механічної обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 62f8_{-0,076}^{-0,030}$ .

Вибір способів механічної обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 62f8_{-0,076}^{-0,030}$ .

Допуск заготовки –  $T_z = 1000$  мкм (7 клас розмірної точності).

Допуск деталі –  $T_d = 46$  мкм.

Загальне уточнення

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}} = \frac{1000}{46} = 22.$$

Для забезпечення необхідної точності обробки прийнято три переходи. Відповідно до рекомендацій вибрано коефіцієнти уточнення на переходи механічної обробки:

- на першому  $\varepsilon_1 = 4 \dots 6$ ; прийнято – 5;
- на другому  $\varepsilon_2 = 2 \dots 4$ ; прийнято – 3;
- на третьому  $\varepsilon_3 = 1 \dots 2$ ; прийнято – 1,5.

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу:  $T_1 = \frac{T_{заг.}}{\varepsilon_1} = \frac{1000}{5} = 200$  (мкм) ( $\approx$ IT 11);

- після другого переходу:  $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{200}{3} = 66,66$  (мкм)  $\approx$  (IT 9);

- після третього переходу:  $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{66,66}{1,5} = 46$  (мкм) (IT 8).

Остаточно прийнято:  $T_1 = 190$  мкм (IT11);  $T_2 = 74$  мкм (IT9);  $T_3 = 46$  мкм (IT8).

Таблиця 2.5 – План механічної обробки поверхонь  $\varnothing 62f8_{-0,076}^{-0,030}$  та  $\varnothing 30_{+0,06}^{+0,26}$

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск, мкм	Квалітет	Вид механічної обробки
$\varnothing 62f8_{-0,076}^{-0,030}$	$\varepsilon_{\Sigma} = 22$	$\varepsilon_1 = 5$	$T_1 = 190$	11	точіння попереднє
		$\varepsilon_2 = 3$	$T_2 = 74$	9	точіння попереднє
		$\varepsilon_3 = 1,5$	$T_3 = 46$	8	точіння остаточне
$\varnothing 30_{+0,06}^{+0,26}$	-	-	$T_1 = 540$	14	розточування попереднє
			$T_2 = 200$	12	розточування остаточне

## 2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз [3, 10]

На операції 010 (рис. 2.2) використано схему базування (чистові технологічні бази), яка відповідає установці на площину і циліндричну оправку. Така схема базування забезпечує мінімальність похибки базування на вимогу позиційного допуску та її відсутність на розмір 15 мм.

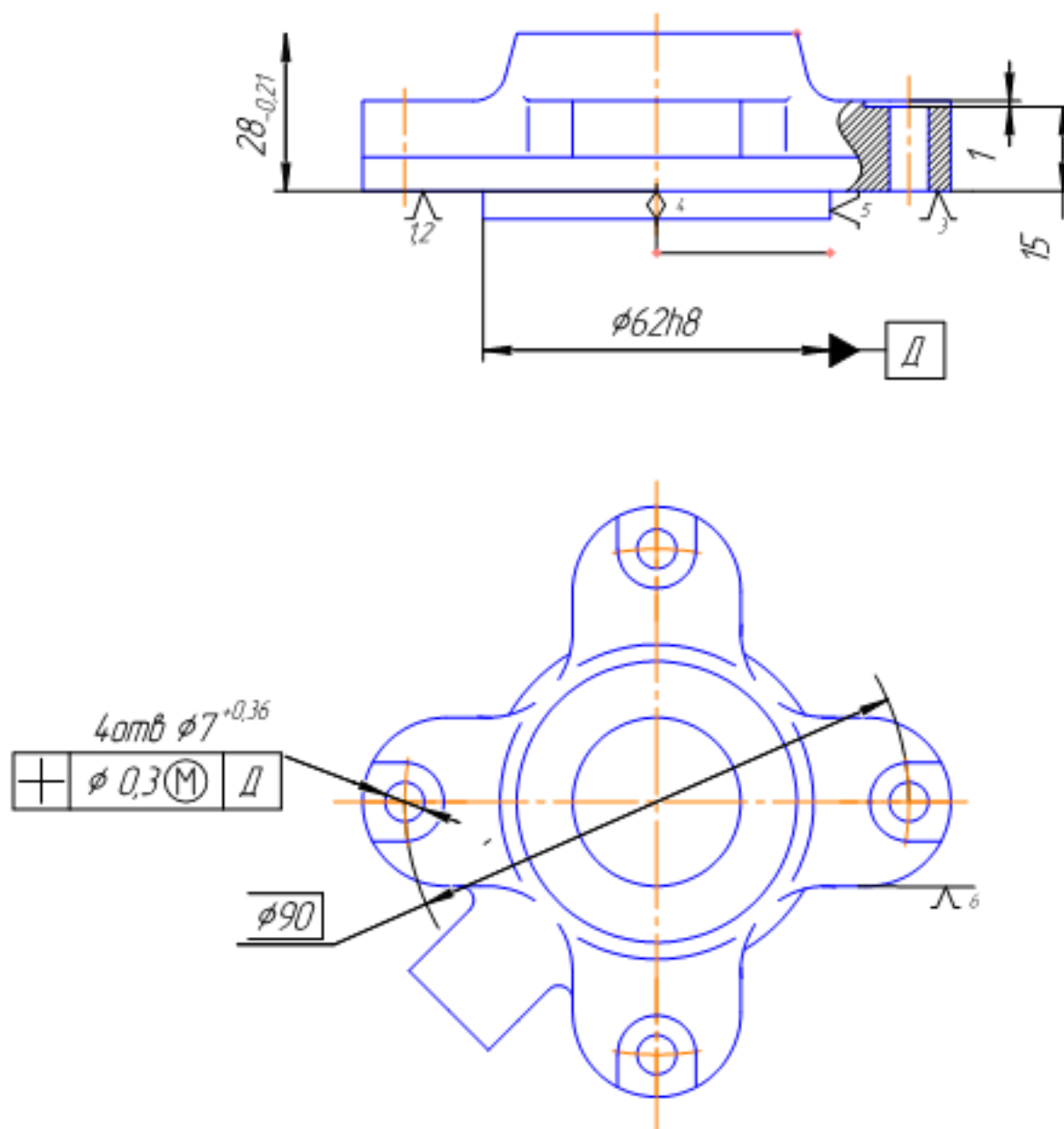


Рисунок 2.2 – Схема базування на операції 010 (чистові технологічні бази)

За чорнові бази (рис. 2.3) на операції 005 використано плоскі необроблювані поверхні двох із чотирьох виступів як установну базу. Установка заготовки буде здійснюватись у двокулачковий самоцентрувальний патрон. Таким чином на операції 005 розв'язується задача забезпечення розмірного

зв'язку між обробленими та необробленими поверхнями, тобто забезпечуватиметься розмір  $21_{-0,43}$ .

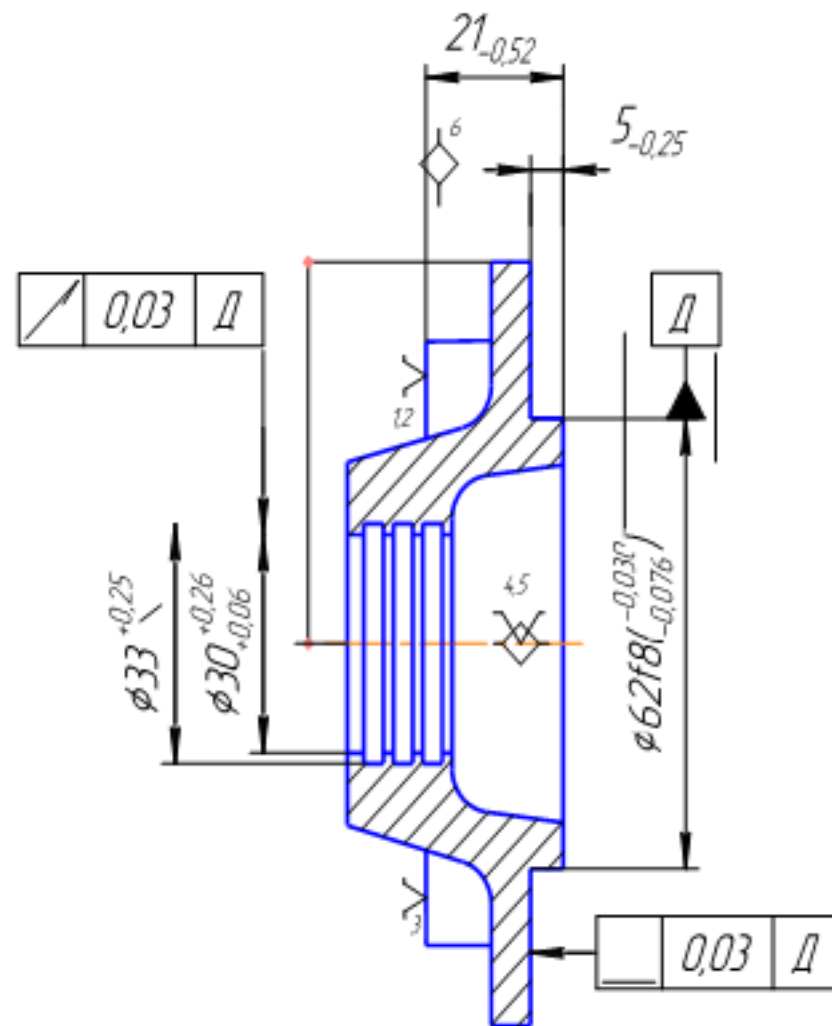


Рисунок 2.3 – Схема базування на операції 005

Використання запропонованих схем базування дозволяє забезпечити необхідні вимоги точності.

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Удосконалені маршрути механічної обробки деталі «Кришка ВС.80.01.020» показано у таблицях 2.6 і 2.7.







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

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою [3, 10]:

$$C_o = \frac{C_{п-с} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.],} \quad (2.10)$$

де  $C_{п-с}$  – цехові приведені годинні витрати роботи верстата, грн./год.;

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

$k_B$  – коефіцієнт виконання норм, який звичайно приймається  $k_B = 1,3$ .

Виконаємо наближене нормування операцій ТП для варіантів маршруту механічної обробки [3, 10]. Результати розрахунку приведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Визначення штучно-калькуляційного часу для операцій варіантів ТП, що відрізняються

Операції, переходи	$T_o$ , хв.	$\varphi_k$	$T_{шт-к}$ , хв.
I варіант ТП			
005 Токарно-револьверна з ЧПК	6,0	1,17	7,02
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,27	1,35	0,36
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,36	1,35	0,49
II варіант ТП			
005 Токарно-револьверна з ЧПК	1,9	1,17	2,22
010 Токарно-револьверна з ЧПК	4,3	1,17	5,03
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,2	1,25	0,25
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,36	1,25	0,45

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{\text{шт-к}}$ , хв.	$C_{\text{н-в}}$ , грн./хв.	$C_o$ , грн.
I варіант ТП			
1В340Ф30	7,02	39,0	3,51
ГФ2171МФ3	0,36	36,5	0,19
ГФ2171МФ3	0,49	36,5	0,23
Всього			$\Sigma$ 3,93
II варіант ТП			
1В340Ф30	2,22	39,0	1,11
1В340Ф30	5,03	39,0	2,52
2Р135Ф2	0,25	83,1	0,27
2Р135Ф2	0,45	83,1	0,48
Всього			$\Sigma$ 4,38

Встановлено, що I варіант маршруту механічної обробки деталі за мінімумом приведених витрат кращий, ніж II. Тоді річний ефект від механічної обробки деталі за I маршрутом порівняно з II:

$$E = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N_p \text{ [грн.],} \quad (2.11)$$

$$E = (4,38 - 3,93) \cdot 8000 = 3600 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість операцій механічної обробки за варіантом I нижча, ніж за варіантом II. Отже доцільно використовувати перший з розглянутих маршрутів механічної обробки.



## 2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу [10]

### 2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Запропоноване в роботі розташування технологічних розмірів показано на розмірній схемі технологічного процесу (рис. 2.4).

### 2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів.

Допуски технологічних розмірів визначено виходячи з очікуваної точності переходів механічної обробки. Для визначення допусків технологічних розмірів використано таблиці економічної точності, забезпечуваної обробкою на металорізальних верстатах [3].

Таблиця 2.10 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
31	Лиття в кокіль	7	0,9
32			0,51
32			0,8
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B1	Чорнове точіння	15	0,84
B2	Чорнове точіння	15	0,43
B3	Чистове точіння	14	0,52
B4	Чистове точіння	12	0,25
B5	Чорнове фрезерування	14	0,52
B6	Чистове фрезерування	12	0,21

### 2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.4.

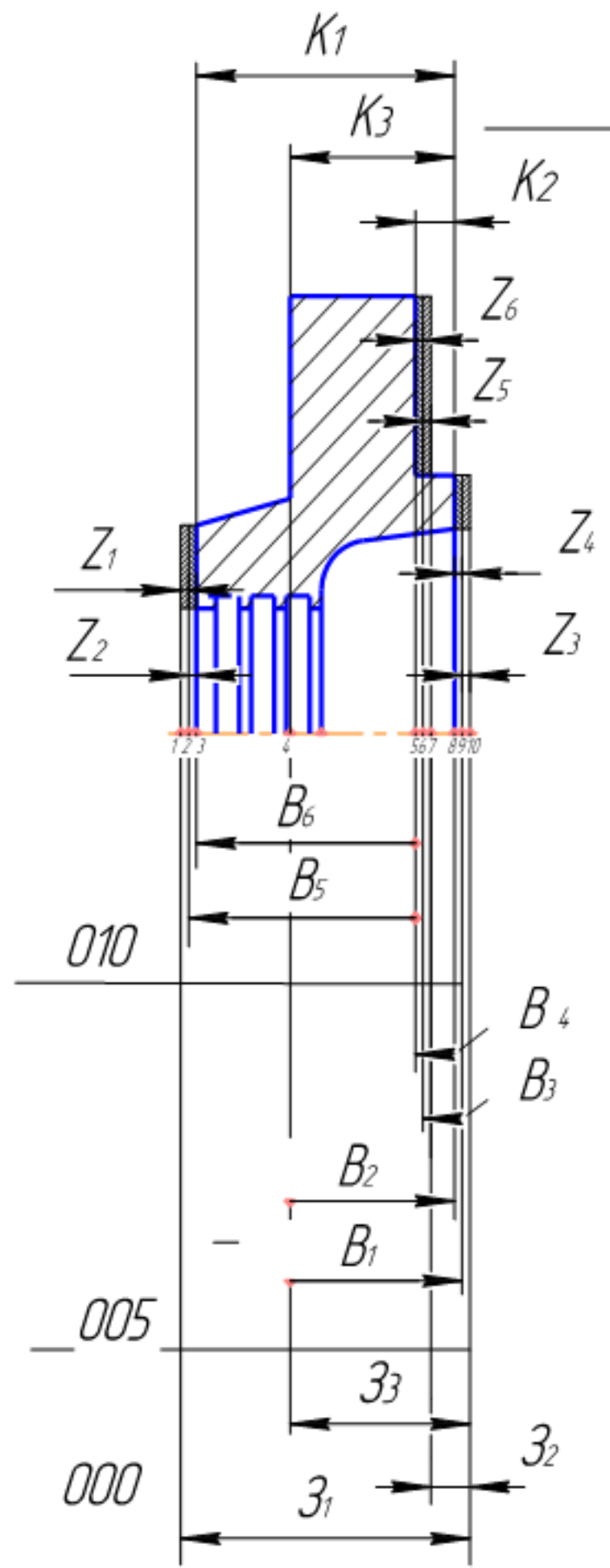


Рисунок 2.4 – Розмірна схема технологічного процесу

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

Похідний граф-дерево, вихідний граф-дерево і суміщений граф показані на рис. 2.5 – 2.7.

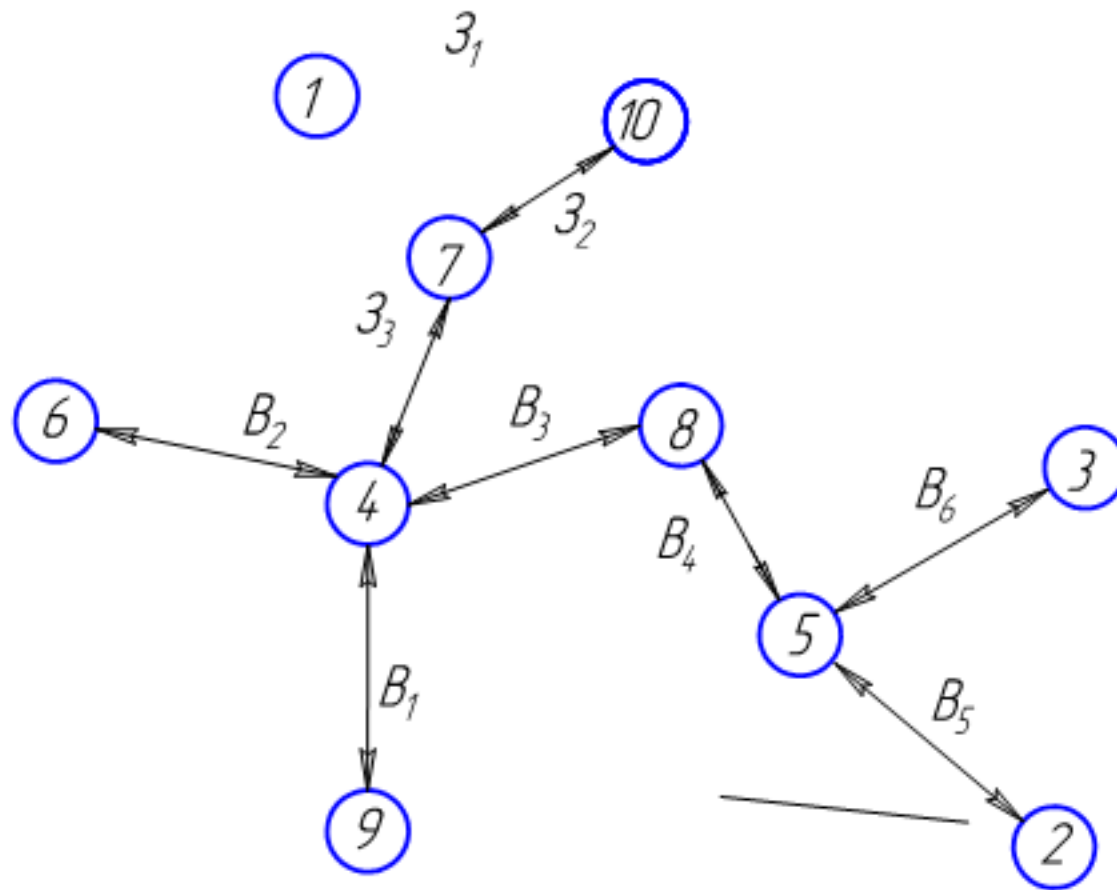


Рисунок 2.5 – Похідний граф-дерево

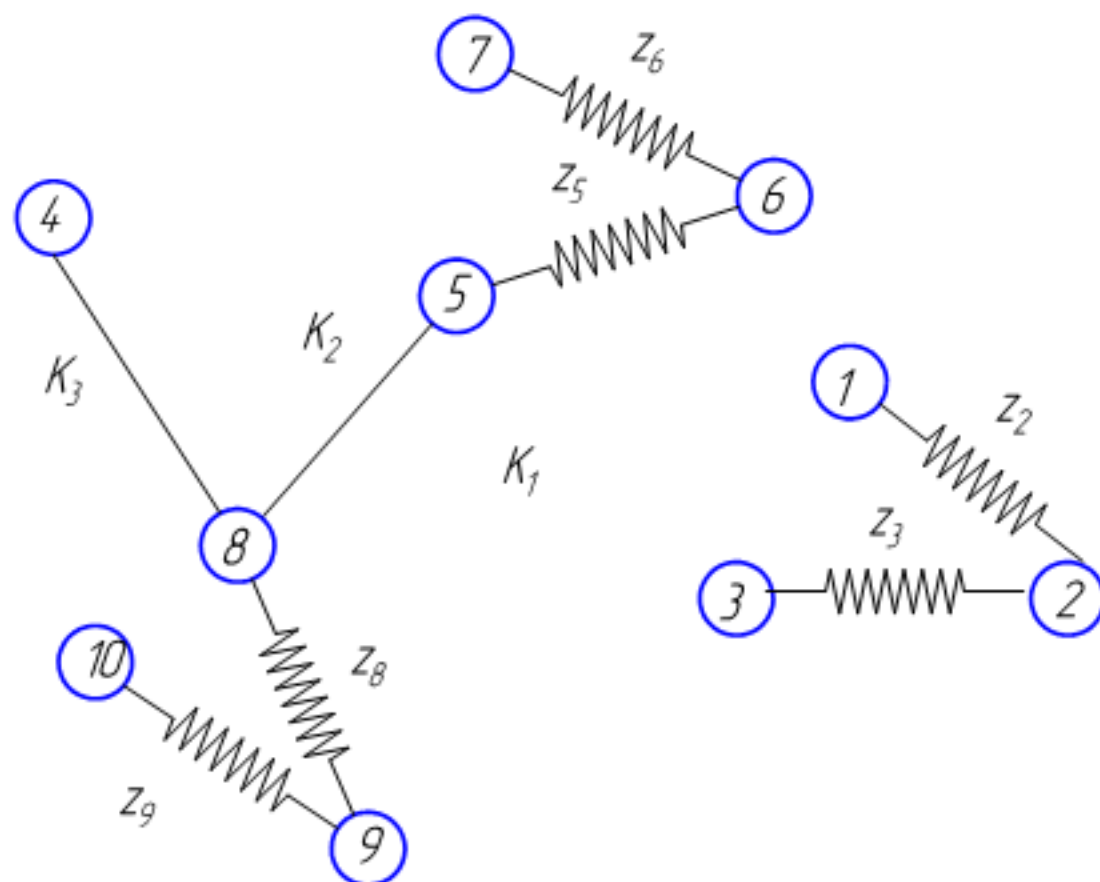


Рисунок 2.6 – Вихідний граф-дерево

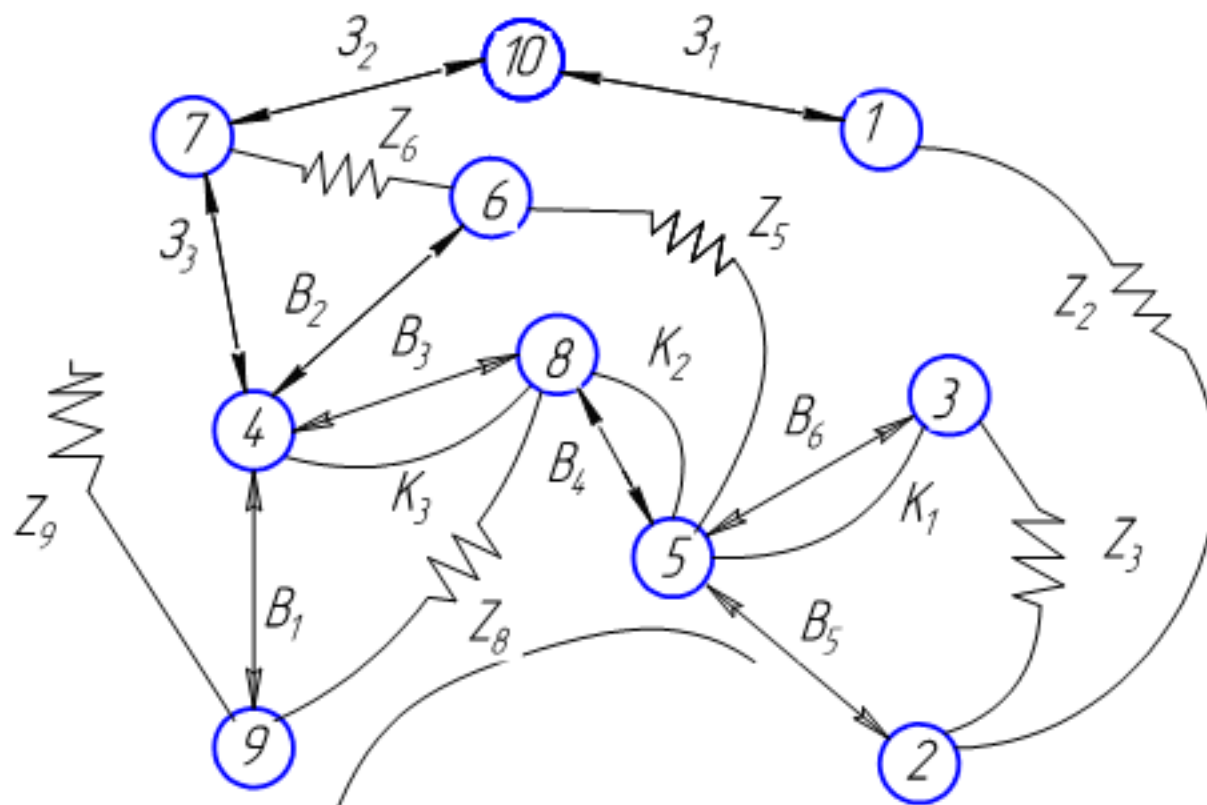


Рисунок 2.7 – Суміщений граф

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски на обробку плоских поверхонь визначено нормативним способом згідно з таблицями [11]. Величини припусків зведено в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Величини мінімальних припусків на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки	Величина припуску, мм
$Z_2$	Чорнове фрезерування	1,1
$Z_3$	Чистове фрезерування	0,6
$Z_5$	Чистове точіння	0,6
$Z_6$	Чорнове точіння	1,1
$Z_8$	Чистове точіння	0,6
$Z_9$	Чорнове точіння	1,1

2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Рівняння технологічних розмірних ланцюгів складені згідно із суміщеним графом і показані у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Технологічні розміри ланцюги

№ n/n	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$-K_1 + B_6 = 0$	$K_1 = B_6$	$B_6$
2	$-K_2 + B_4 = 0$	$K_2 = B_4$	$B_4$
3	$-K_3 + B_3 = 0$	$K_3 = B_3$	$B_3$
4	$-Z_3 - B_5 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_5 - B_6$	$B_5$
5	$-Z_8 - B_3 + B_1 = 0$	$Z_8 = B_1 - B_3$	$B_1$
6	$-Z_5 + B_4 - B_3 + Z_3 = 0$	$Z_5 = B_4 - B_3 + Z_3$	$Z_3$
7	$-Z_6 + B_2 + Z_3 = 0$	$Z_6 = Z_3 - B_2$	$B_1$
8	$-Z_9 + B_1 + Z_3 + Z_2 = 0$	$Z_3 = Z_3 + Z_2 - B_1$	$Z_2$
9	$-Z_2 + Z_1 - Z_2 - Z_3 + B_3 - B_4 - B_5 = 0$	$Z_2 = Z_1 - Z_2 - Z_3 + B_3 - B_4 - B_5$	$Z_1$

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

$$1. B_6 = K_1 = 28_{-0,21} \text{ (мм)};$$

$$2. B_4 = K_2 = 5_{-0,25} \text{ (мм)};$$

$$3. B_3 = K_1 = 21_{-0,52} \text{ (мм)};$$

$$4. Z_{3\min} = B_{5\min} - B_{6\max};$$

$$B_{5\min} = 28 + 0,6 = 28,6 \text{ (мм)}$$

$$B_{6\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 28,6 + 0,52 = 29,12 \text{ (мм)}$$

$$5. Z_{8\min} = B_{1\min} - B_{3\max};$$

$$B_{1\min} = B_{3\max} + Z_{8\min};$$

$$B_{1\min} = 21 + 0,6 = 21,6 \text{ (мм)}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 21,6 + 0,84 = 22,44 \text{ (мм)};$$

$$6. Z_{5\min} = B_{4\min} - B_{3\max} + Z_{3\min}.$$

$$Z_{3\min} = B_{3\max} - B_{4\min} + Z_{5\min}$$

$$Z_{2\min} = 21 - 4,75 + 0,6 = 16,85 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + T(Z_3) = 16,85 + 0,8 = 17,65 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\text{ном}} = 0,5 (Z_{3\max} - Z_{3\min}) = 0,5(16,85 + 17,65) = 17,25 \text{ (мм)};$$

$$Z_3 = 17,25 \pm 0,4 \text{ (мм)}.$$

$$7. Z_{6\min} = Z_{3\min} - B_{2\max}$$

$$B_{2\max} = Z_{3\min} - Z_{1\min}.$$

$$B_{2\max} = 16,85 - 1,1 = 15,75 \text{ (мм)}$$

$$B_{2\min} = B_{2\max} - T(B_2) = 15,75 - 0,43 = 15,32 \text{ (мм)}.$$

$$8. Z_{1\min} = Z_{3\min} + Z_{2\min} - B_{1\max};$$

$$Z_{2\min} = Z_{9\min} - Z_{3\min} + B_{1\max}.$$

$$Z_{2\min} = 1,1 - 16,85 + 22,44 = 6,69 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 6,69 + 0,51 = 7,2 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{ном}} = 0,5(Z_{2\max} + Z_{2\min}) = 0,5(6,69 + 7,2) \approx 7 \text{ (мм)};$$

$$Z_2 = 7 \pm 0,25 \text{ (мм)};$$

$$9. Z_{2\min} = Z_{1\min} - Z_{2\max} - Z_{3\max} + B_{3\min} - B_{4\max} - B_{5\max};$$

$$Z_{1\min} = Z_{2\min} + Z_{2\max} + Z_{3\max} - B_{3\min} + B_{4\max} + B_{5\max}.$$

$$Z_{1\min} = 1,1 + 7,2 + 17,65 - 20,48 + 5 + 29,12 = 39,6 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 39,6 + 0,9 = 40,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\text{ном}} = 0,5(Z_{1\min} + Z_{1\max}) = 0,5(39,6 + 40,5) = 40,05 \text{ (мм)}.$$

$$Z_1 = 40,05 \pm 0,45 \text{ (мм)}.$$

Визначені в результаті розмірного аналізу технологічні розміри і розміри вихідної заготовки зведені у таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Значення технологічних розмірів вихідної заготовки, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B <sub>1</sub>	21,6	22,44	0,84	22,02	22,02 ±0,42	-
B <sub>2</sub>	15,32	15,75	0,43	15,75	15,75-0,43	-
B <sub>3</sub>	20,48	21	0,52	21	20-0,52	-
B <sub>4</sub>	4,75	5	0,25	5	5-0,52	-
B <sub>5</sub>	28,6	29,12	0,52	29,12	29,19-0,52	-
B <sub>6</sub>	27,79	28	0,21	28	28-0,21	-
Z <sub>1</sub>	39,6	40,5	0,9	40,05	-	40,05 ±0,45
Z <sub>2</sub>	6,69	7,2	0,51	7	-	7 ±0,25
Z <sub>3</sub>	16,85	17,65	0,8	17,25	-	17,25 ±0,4

Визначимо максимальні припуски.

$$1. Z_{3\max} = B_{5\max} - B_{6\min}.$$

$$Z_{3\max} = 29,19 - 27,73 = 1,33 \text{ (мм)};$$

$$2. Z_{8\max} = B_{1\max} - B_{3\min};$$

$$Z_{8\max} = 22,44 - 20,48 = 1,96 \text{ (мм)};$$

$$3. Z_{5\max} = B_{4\max} - B_{3\min} + Z_{3\max}$$

$$Z_{5\max} = 5 - 20,48 + 17,65 = 2,17 \text{ (мм)};$$

$$4. Z_{6\max} = Z_{3\max} - B_{2\min}$$

$$Z_{6\max} = 17,65 - 15,75 = 1,9 \text{ (мм)};$$

$$5. Z_{9\max} = Z_{3\max} + Z_{2\max} - B_{1\min};$$

$$Z_{9\max} = 17,65 + 7,2 - 21,6 = 3,25 \text{ (мм)};$$

$$6. Z_{2\max} = Z_{1\max} - Z_{2\min} - Z_{3\min} + B_{3\max} - B_{4\min} - B_{5\min};$$

$$Z_{2\max} = 40,5 - 6,69 - 16,85 + 21 - 4,75 - 28,6 = 4,61 \text{ (мм)}.$$

Отримані значення максимальних припусків зведено у таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Максимальні припуски

$Z_{2\max}$	$Z_{3\max}$	$Z_{5\max}$	$Z_{6\max}$	$Z_{8\max}$	$Z_{9\max}$
4,61	1,33	2,17	1,9	1,96	3,25

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

## 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів [3, 10]

Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 62f8^{(-0,030)}_{(-0,076)}$ .

Вихідні дані: заготовка кришки – лиття під тиском.

Поверхня  $\varnothing 62f8_{-0,076}^{-0,030}$  обробляється за три переходи: чорнового чистового та тонкого точіння на токарно-револьверному верстаті. При розв'язанні поставленої задачі результат обробки занесено в таблицю 2.15.

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  [3]:

- заготовка:  $R_z = 100$  мкм і  $T = 250$  мкм;
- точіння попереднє:  $R_z = 50$  мкм і  $T = 50$  мкм;
- точіння попереднє:  $R_z = 20$  мкм і  $T = 25$  мкм;
- точіння остаточне:  $R_z = 12$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2}, [\text{мкм}] \quad (2.12)$$

де  $\rho_{жол}$  – просторові відхилення спричинені жолобленням;

$\rho_{зм}$  – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз.

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 62)^2 + (0,7 \cdot 5)^2} = 44 \text{ (мкм)},$$

де  $\Delta_k$  – питома жолоблення вилівка;

$d$  і  $l$  – діаметр і довжина поверхні, що обробляється.

Згідно з [3], для випадку, що розглядається  $\rho_3 = 0$ .

Оскільки заготовка встановлюється в двокулачковий самоцентрувальний патрон, то похибка базування не впливає на величину похибки установа.

Похибка установа в даному випадку визначається похибкою закріплення, яка згідно [11] для першого переходу складає 350 мкм.

Таким чином:

$$\varepsilon_1 = 350 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 18 \text{ (мкм)}; \quad \varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,05 = 1 \text{ (мкм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:



$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left( R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right), [\text{МКМ}] \quad (2.13)$$

Для чистового точіння, відповідно для 9 квалітету, допуск складає 74 мкм, для чорнового точіння для 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 300 мкм та для вихідної заготовки допуск складає 740 мкм

Мінімальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

На основі даних розрахунку будуюмо схему графічного розташування припусків та допусків по обробці циліндричної поверхні  $\varnothing 62f8$

Мінімальний припуск на точіння

чорнове:  $2Z_{\min 1} = 2 \cdot (100 + 250 + 352) = 2 \cdot 702 \text{ (МКМ)};$

чистове:  $2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 18) = 2 \cdot 118 \text{ (МКМ)};$

тонке:  $2Z_{\min 3} = 2 \cdot (20 + 25 + 1) = 2 \cdot 51 \text{ (МКМ)}.$

Розрахунковий розмір:

$$d_{p3} = 61.924 + 0,102 \approx 62,026 \text{ (ММ)};$$

$$d_{p2} = 62,026 + 0,236 \approx 62,262 \text{ (ММ)};$$

$$d_{p1} = 62,262 + 1,404 \approx 63,66 \text{ (ММ)}.$$

Найменший граничний розмір

$$d_{\max 3} = 61,97 + 0,102 = 62,072 \text{ (ММ)};$$

$$d_{\max 2} = 62,072 + 0,236 = 62,306 \text{ (ММ)};$$

$$d_{\max 1} = 62,306 + 1,404 = 63,71 \text{ (ММ)}.$$

Граничні значення припусків:

$$2 \cdot Z_{\max 3}^{zp} = 62,026 - 61,97 = 0,056 \text{ мм} = 56 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\max 2}^{zp} = 62,306 - 62,026 = 0,280 = 280 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\max 1}^{zp} = 63,71 - 62,306 = 1,404 = 1404 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\min 3}^{zp} = 62,306 - 61,924 = 0,382 = 382 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\min 2}^{zp} = 62,306 - 62,072 = 0,300 \text{ мм} = 300 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\min 1}^{zp} = 63,306 - 62,046 = 1,26 \text{ мм} = 1260 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски:

$$Z_{\min}^{заг} = 1260 + 300 + 122 = 1682 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max}^{заг} = 1384 + 1260 + 90 = 2734 \text{ (мкм)}.$$

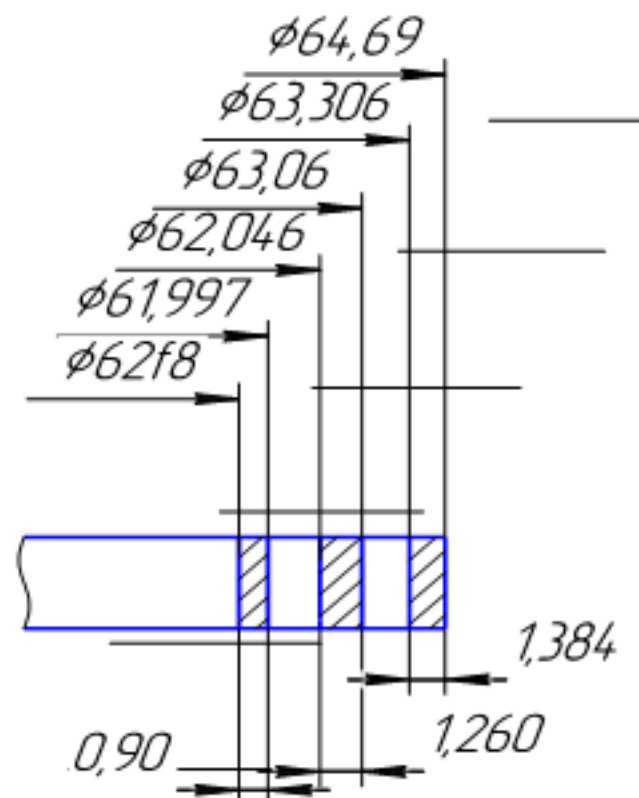


Рисунок 2.8 – Схема розташування припусків на поверхню  $\phi 62f8(-0,030/-0,076)$

Таблиця 2.15 – Значення припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 62f8^{(-0,030)}_{(-0,076)}$  мм

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 62f8$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий Припуск, мкм	Розрахунковий Розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon_z$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	100	250	44			63,64	1900	63,67	64,69		
Точити попередньо	50	50	44	350	1384	62,28	740	62,28	63,30	1260	1384
Точити попередньо	20	25	-	18	1260	62,0	74	62,04	63,06	300	1260
Точити остаточно	5	-	-	1	90	61,97		61,924	61,97	122	1090
										1682	2734

## 2.10 Призначення режимів різання [12-16]

Для прикладу розраховано режими різання для операції 005 «Токарно-револьверна з ЧПК».

Модель верстата, на якому здійснюється механічна обробка – 1В340Ф30.

Пристосуванням, в якому затискатиметься заготовка, є пневматичний затисний пристрій (2-х кулачковий патрон).

Визначимо режими різання для третього переходу – точити поверхню  $\varnothing 62f8^{(-0,030)}_{(-0,076)}$  остаточно.

Ріжучим інструментом є прохідний різець з напаяною твердосплавною пластиною з матеріалу ВК6 ГОСТ 18063-72; переріз державки 20×25 мм;  $\gamma=12^\circ$ ;  $\lambda=0^\circ$ ;  $\varphi=90^\circ$ ;  $r=0,5$  мм.

Глибина різання визначається з припуску. Для даного переходу механічної обробки припуск становить  $t=0,5$  мм.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців ВК6 із заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,25-0,35$  мм/об. [12].

Коректуючи по паспорту верстату приймаємо  $S=0,25$  мм/об.

Назначаємо період стійкості різців. Приймаємо  $T=60$  хв.

Швидкість різання розраховують за емпіричною формулою, яка для точіння має вигляд:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V; [\text{м/с}] \quad (2.14)$$

де  $C_V$  – коефіцієнт, який враховує вид обробки, матеріал ріжучої частини і заготовки, а також подачу;

$T$  – стійкість інструмента, хв. [12];

$t$  – глибина різання, мм;

$s$  – подача, мм/об [12];

$m, x, y$  – показники степеня при стійкості інструмента, глибині різання та подачі відповідно [12];

$K_V$  – поправочний коефіцієнт, який враховує фактори механічної обробки. Коефіцієнт  $K_V$  є добутком ряду коефіцієнтів:

$K_{MV}$  – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{PV}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки [12];

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента [12].

Глибина різання  $t = 0,5$  мм; подача  $s = 0,25$  мм/об; діаметр оброблюваної поверхні –  $\varnothing 52$  мм; матеріал ріжучої частини інструменту – ВК8; границя міцності –  $\sigma_B = 240$  МПа.

Знайдемо поправковий коефіцієнт  $K_{MV}$  за залежністю:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{300}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left( \frac{300}{240} \right)^{1,0} = 1,2;$$

де  $K_r$  – коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності [12];

$n_V$  – показник степеня [12].

Оскільки, заготовка отримана литтям, то  $K_{PV} = 0,8$ .

Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, становить  $K_{IV} = 1,0$ .

На основі вибраних поправкових коефіцієнтів знаходимо:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,96.$$

На основі знайдених значень, розраховано значення швидкості різання:

$$V_T = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{350}{90^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} \cdot 0,96 = 235,4 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 235,4}{3,14 \cdot 62} = 1185 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо  $n = 1200$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 1200}{1000} = 196 \text{ (м/хв.)}$$

Силу різання визначено за формулою [12]:

$$P_Z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_P; [\text{Н}]$$

де  $C_{Pz}$  – коефіцієнт, який враховує властивості оброблюваного матеріалу, матеріал ріжучої частини інструмента та вид обробки [12].

$x$ ,  $y$ ,  $n$  – показники степеня при глибині різання, подачі та швидкості різання відповідно [12];

$K_P = 0,98$  – поправковий коефіцієнт, що враховує фактори механічної обробки.

На основі знайдених значень, розраховано величину сили різання:

$$P_Z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,68} \cdot 195,9^{-0,2} \cdot 0,98 = 824,84 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначено за формулою

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V_D}{1020 \cdot 60} = \frac{824,84 \cdot 195,9}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ (кВт)}$$

Оскільки обробка здійснюється на токарно-револьверному верстаті моделі 1В340ПФ30, потужність якого складає  $N_{\text{верст}} = 15$  кВт, то умова виконується

$$N_{\text{верст}} \geq N_{\text{різ}}$$

Аналогічним чином розраховуються режими різання для решти операцій та переходів механічної обробки деталі. Результати розрахунків занесені до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Режими різання механічної обробки окремих поверхонь

Операції, переходи	t, мм	Режими різання		
		S, мм/об,	V, м/хв	n, об/хв
<b>005 Токарно-револьверна з ЧПК</b>				
1. Точити пов. 1, 2, 3 попередньо	1,2	0,5	84,1	630
2. Точити пов. 1, 3 остаточно, пов. 2 попередньо	0,36	0,4	77,8	800
3. Точити пов. 2 остаточно	1,0	0,2	17,2	630
4. Розточити пов.4 попередньо	0,76	0,1	15,8	630
5. Розточити пов.4 остаточно	0,21	0,1	12,4	800
6. Розточити 3 канавки 5 однократно	1,2	0,2	18,5	400
<b>010 Вертикальна фрезерно-свердлильна з ЧПК</b>				
1. Фрезерувати пов.4 попередньо	1,2	0,1	23,8	630
2. Фрезерувати пов.4 остаточно	1,8	0,1	22	630
3. Фрезерувати 4 пов.5 однократно	0,8	0,06	19,8	630
4. Центрувати 4 отв. 6 однократно	1,4	0,1	25,1	630
5. Свердлити 4 отв. 6 однократно	1,24	0,1	24	630
<b>015 Вертикальна фрезерно-свердлильна з ЧПК</b>				
1. Фрезерувати пов. 10 однократно	1,2	0,08	78,6	400
2. Центрувати отвір 11 однократно	0,25	0,06	64,6	630
3. Свердлити отвір 11 однократно	1,24	0,04	84,1	630
4. Зенкувати фаску 12 однократно	0,36	0,08	75,3	630
5. Нарізати різь 13 в отв. 11	0,74	0,15	1	120

## 2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Оптимізація технологічних процесів і режимів різання ґрунтується на побудові математичних моделей. Для побудови математичної моделі виділяють технічні обмеження, які визначають описуваний процес та оцінювальну функцію (критерій оптимальності).

Для виконання оптимізації режимів різання використано комп'ютерну програму [10].

Результати розрахунку оптимальних режимів різання при остаточному точінні поверхні  $\phi 62f8_{-0,076}^{-0,030}$  показаний на рисунку 2.9.

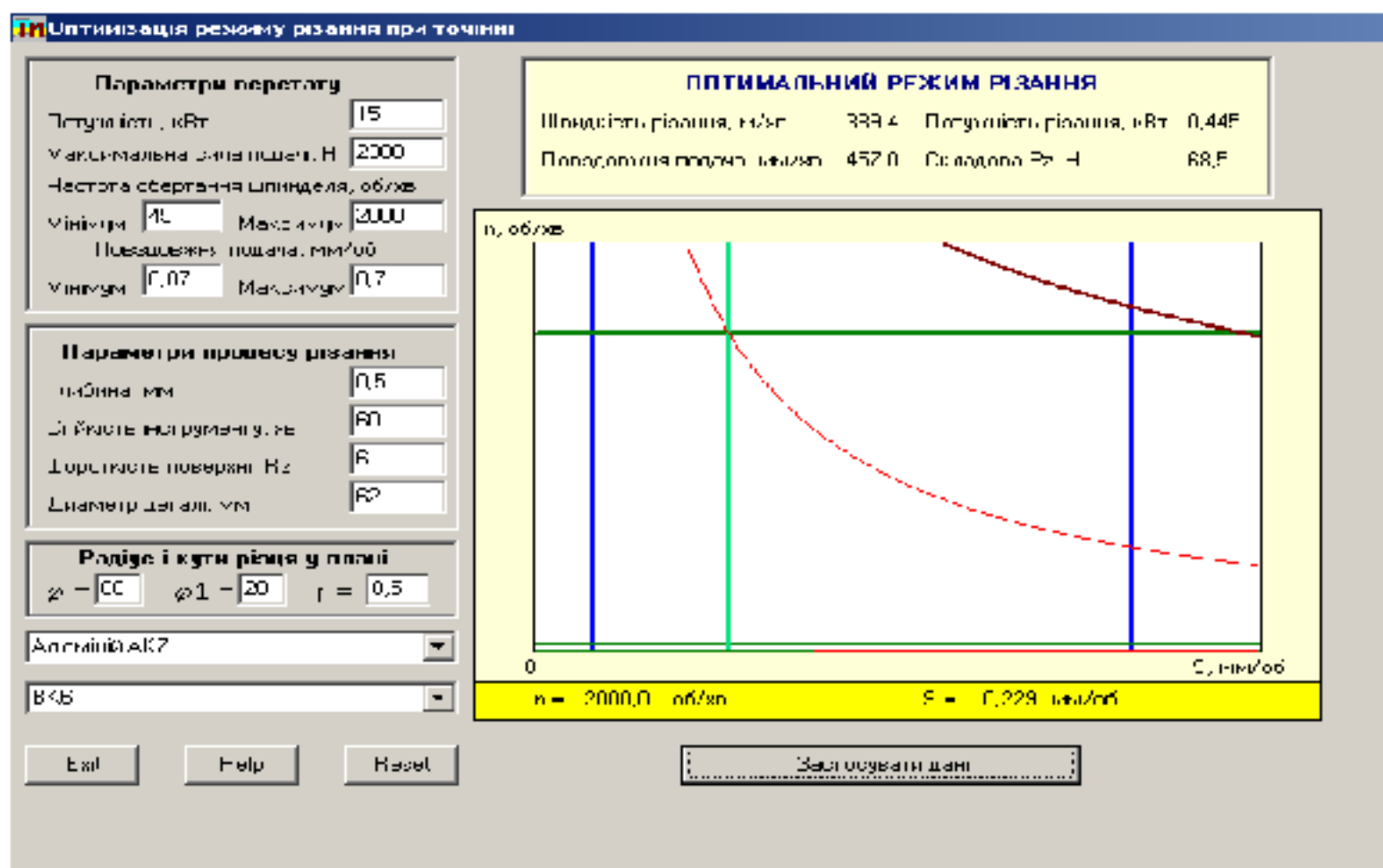


Рисунок 2.9 – Результати оптимізації режимів різання для остаточного точіння поверхні  $\phi 62f8_{-0,076}^{-0,030}$

Висновок. В результаті проведеної оптимізації режимів різання за допомогою комп'ютерної програми були визначені наступні оптимальні режими: для токарної операції  $n = 2000$  об/хв.;  $S = 0,23$  мм/об.

Значення оптимальних режимів різання отриманих за допомогою



комп'ютерної програми мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Отже, максимальна продуктивність обробки на токарно-револьверному верстаті з ЧПК 1В340Ф30 забезпечуватиметься.

## 2.12 Визначення технічних норм часу [14-16]

Для визначення загальної норми часу механічну обробку однієї деталі попередньо визначають окремо по кожній операції норму штучного часу. Норму штучного часу на операцію  $T_{шт}$  розраховується за формулою [14-16]:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} \quad [\text{хв}], \quad (2.15)$$

де  $T_{осн}$  – основний технологічний час, хв.;

$T_{доп}$  – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$  – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$  – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв.

Основний час буде машинно-автоматичним, якщо процес обробки здійснюється лише верстатом без безпосередньої участі робітника; він буде машинно-ручним, якщо процес зняття стружки здійснюється верстатом при безпосередньому керуванні інструментом або переміщені деталі рукою робітника.

Допоміжний час може бути ручним, машинним, або машинно-ручним (наприклад, автоматичне переміщення супорта верстата, установка та зняття обробленої деталі за допомогою підйомно-транспортних пристосувань і т. п.). Сума основного та допоміжного часу складає оперативний час:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{доп}, \quad [\text{хв}] \quad (2.16)$$

Оперативний час визначається шляхом теоретичного розрахунку.

Основна формула оперативного (технологічного) часу має наступний вираз:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot S} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{n_{шт} \cdot S} \cdot i, [\text{хв.}] \quad (2.17)$$

де  $T_{осн}$  – основний технологічний час, хв.;

$L$  – розрахункова довжина обробки в напрямку подачі, мм, що дорівнює сумі ( $l_{обр}$ ,  $l_{вр}$ ,  $l_{пер}$ );

$l_{обр}$  – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_{вр}$  – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{пер}$  – довжина перебігу інструменту, мм;

$n_{шт}$  – кількість обертів шпинделя для верстатів з обертальним рухом, або число подвійних ходів за хвилину для верстатів з прямолінійним рухом;

$S$  – подача за один оберт або один подвійний хід головного руху, мм;

$i$  – кількість проходів.

Допоміжний час  $T_{дон}$  визначається по нормативах і включає: час на установку і зняття деталі; час зв'язаний з переходом; час на зміну режиму роботи верстату і на заміну інструмента; час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні. В тому випадку, коли час установки і зняття деталі перекривається основним (машинним) часом частково чи повністю, він з відповідними змінами включається в загальну норму часу або зовсім виключається з неї.

Час технологічного обслуговування  $T_{обсл}$  і час на відпочинок та фізичні потреби робітника  $T_{відп}$  приймається в процентах від оперативного часу  $T_{оп}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – коефіцієнти, що враховують відповідно час технічного, організаційного обслуговування і час на відпочинок та фізичні потреби робітника в %.

$\alpha$  – 1...3,5% від  $T_{оп}$ ;

$\beta$  – 0,8...2,5% (для шліфувальних верстатів 3,5...7%) від  $T_{оп}$ ;

$\gamma$  – 4...6% в одиничному, серійному виробництвах, (5...8% при великосерійному, масовому виробництвах) від  $T_{оп}$ .

В серійному виробництві приймають  $\alpha + \beta$  – 2...4% від  $T_{оп}$ . Крім вище згаданих елементів часу при серійному та одиничному виробництвах в норму часу виконання операцій включається підготовчо–заклучний час. Тоді, час виконання операцій називається штучно–калькуляційним і визначається:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, [\text{хв.}] \quad (2.18)$$

де  $T_{шт}$  – штучний час, хв., формула (1);

$T_{п-з}$  – підготовчо-заклучний час, хв.;

$n$  – кількість деталей в партії, шт.

Використовуючи знайдені режими різання, розраховується основний час механічної обробки деталі на операції 010.

- Точіння торця  $\varnothing 62$  попереднє:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot s} = \frac{l_{обр} + l_{сп} + l_{пер}}{n_{шт} \cdot s} \cdot i = \frac{22 + 2 \cdot 5 + 5}{630 \cdot 0,08} \cdot 1 = 0,73 \text{ (хв.)}$$

- Точіння торця  $\varnothing 62$  остаточне:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot s} = \frac{l_{обр} + l_{сп} + l_{пер}}{n_{шт} \cdot s} \cdot i = \frac{22 + 2 \cdot 5 + 5}{800 \cdot 0,04} \cdot 1 = 1,16 \text{ (хв.)}$$

- Точіння поверхні  $\varnothing 62$  та торця попереднє:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot s} = \frac{l_{обр} + l_{сп} + l_{пер}}{n_{шт} \cdot s} \cdot i = \frac{75 + 4 \cdot 5 + 5}{630 \cdot 0,08} \cdot 1 = 3,7 \text{ (хв.)}$$

- Точіння поверхні  $\varnothing 52$  та торця остаточне:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{шт} \cdot s} = \frac{l_{обр} + l_{сп} + l_{пер}}{n_{шт} \cdot s} \cdot i = \frac{75 + 4 \cdot 5 + 5}{800 \cdot 0,04} \cdot 1 = 3,1 \text{ (хв.)}$$

- Точіння фаски  $\varnothing 52$  однократне:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{уст} \cdot s} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{n_{уст} \cdot s} \cdot i = \frac{2+5+5}{630 \cdot 0,15} \cdot 1 = 0,2 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час виконання даної операції:

$$T_{доп} = t_{уст-зн} + t_{вмк-вимк} + t_{підв-відв} + t_{пов.рев.гол} + t_{контр} \text{ [хв.]}, \quad (2.19)$$

де  $t_{уст-зн}$  – час на установку та зняття заготовки, хв. [14];

$t_{вмк-вимк}$  – час на вмикання та вимикання верстату, хв. [14];

$t_{підв-відв}$  – час на підвід та відвід інструмента, хв. [14];

$t_{пов.рев.гол}$  – час на поворот револьверної головки, хв. [14];

$t_{контр}$  – час на технічний контроль виробу, хв. [14].

Таким чином, допоміжний час складатиме:

$$\begin{aligned} T_{доп} &= t_{уст-зн} + t_{вмк-вимк} + t_{підв-відв} + t_{пов.рев.гол} + t_{контр} = \\ &= 0,8 + 0,02 + 12 \cdot 0,02 + 6 \cdot 0,015 + \left( \frac{0,25 + 0,15}{20} \right) = 1,6 \text{ (хв)} \end{aligned}$$

Сумарний час на обслуговування та відпочинок знаходиться як відсоток від оперативного часу:

$$T_{обсл} + T_{відп} = 12\% \cdot T_{опер} = 0,12 \cdot (T_{осн} + T_{доп}) = 0,12 \cdot (8,8 + 1,6) = 2,1 \text{ (хв.)}$$

На основі проведених розрахунків знаходиться штучний час на операцію:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} = 8,8 + 1,6 + 2,1 = 12,4 \text{ (хв.)}$$

За даними довідкової літератури знаходимо складові елементи підготовчо-заклучного часу.

Таким чином, врахувавши отримане вище значення штучного часу, знаходимо штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{ном-к}} = T_{\text{ном}} + \frac{T_{\text{н-г}}}{n_{\text{натур}}} = 12,4 + \frac{10,8 + 17 + 15,8}{189} = 12,7 \text{ (хв.)}$$

### 2.13 Висновки

Удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції. При цьому можна зробити такі висновки:

- на основі креслення деталі виконано якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі і встановлено, що деталь «Кришка ВС.80.01.020» є технологічною;

- за коефіцієнтом закріплення операцій встановлено, що тип виробництва середньосерійний, форма організації роботи групова;

- вибрано методи обробки поверхонь деталі «Кришка ВС.80.01.020», обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та розроблено два удосконалені варіанти маршрути механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;

- вибрано кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;

- виконано розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;

- розраховано припуски та міжопераційні розміри;

- розраховано режими різання і виконано нормування операцій технологічного процесу.

### **3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»**

#### 3.1 Постановка задачі дослідження

Відомо [3, 5–7], що собівартість виготовлення деталі суттєво залежить від собівартості вихідної заготовки і собівартості її механічної обробки. Зазвичай, вихідні заготовки простішої форми мають меншу собівартість виготовлення, але передбачають використання більшої кількості переходів механічної обробки для знімання припусків і напусків і більші об'єми металу, що переходять у малоцінні повертані відходи у вигляді стружки. Якщо ж форма вихідної заготовки складніша, але подібніша до форми готової деталі, то собівартість її виготовлення зазвичай більша, але тоді зменшуються собівартість механічної обробки і об'єм відходів.

Таким чином, для прийняття найдоцільнішого рішення потрібен комплексний аналіз техніко-економічної ефективності виготовлення деталі з розглядом усіх можливих для даних умов виробництва способів виготовлення вихідної заготовки.

*Мета роботи* – виконання аналізу можливих способів виготовлення литої заготовки деталі типу «Кришка» і виявлення найраціональнішого за техніко-економічними показниками.

Для досягнення поставленої мети розв'язувались такі *завдання*:

- вибір методу виготовлення вихідної заготовки згідно з кресленням деталі;
- вибір можливих способів виготовлення заготовки;
- вибір норм точності для вибраних способів;
- визначення коефіцієнтів точності мас та маси заготовок при різних способах їх виготовлення;
- розрахунок собівартості виготовлення заготовок;
- визначення найточніших поверхонь деталі;

- вибір допусків розмірів поверхонь заготовки та визначення кількості ступенів їх обробки;
- нормування операцій механічної обробки;
- визначення сумарної собівартості механічної обробки;
- розрахунок витрат на виготовлення вихідних заготовок та механічну обробку для різних способів їх виготовлення;
- встановлення найраціональнішого способу виготовлення вихідної заготовки і розробка її конструкції.

### 3.2 Результати дослідження

Дослідження виконувались на прикладі деталі «Кришка ВС.80.01.020» (рис. 3.1), що виготовляється в умовах середньосерійного виробництва. Матеріал заготовки – ливарний алюмінієвий сплав АК7 (ГОСТ 1583-93, ДСТУ 2839-94). Маса деталі – 0,26 кг. Річна програма випуску – 8000 шт.

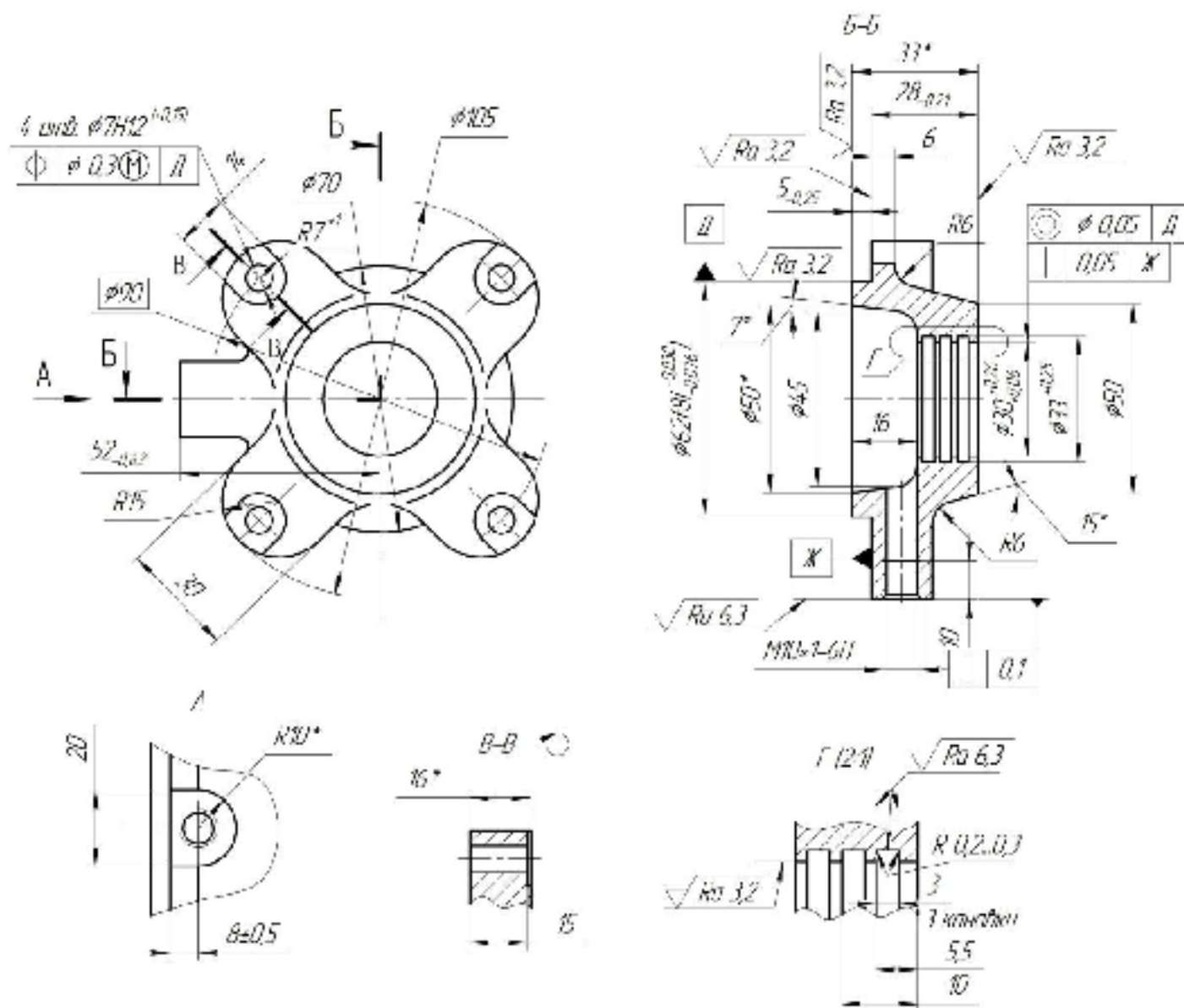


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі «Кришка ВС.80.01.020»



Оскільки матеріал заготовки ливарний сплав АК7, то як метод виготовлення вихідної заготовки вибрано лиття.

Розглянуті такі можливі для використання у середньосерійному виробництві способи лиття:

- в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші (ПГФМФ);
- в оболонкові форми (ОФ);
- за виплавними моделями (ВМ);
- в кокіль (К);
- під тиском (Т).

Норми точності для розглянутих способів лиття, вибрані відповідно до [7], наведені в таблиці 3.1.

За методикою [3, 8] з урахуванням прийнятих технологічних умов і програми виготовлення визначені собівартості виготовлення вихідної заготовки вибраними способами лиття за формулою

$$C_{\text{заг}} = \frac{S}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (3.1)$$

де  $S$  – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$Q_{\text{заг}}$  і  $Q_{\text{дет}}$  – маси заготовки і деталі, кг;

$K_{\text{Т}}, K_{\text{С}}, K_{\text{В}}, K_{\text{М}}, K_{\text{П}}$  – коефіцієнти, які залежать відповідно від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

$S_{\text{відх}} = 6000$  грн – ціна однієї тонни повертаних відходів (стружки).

Масу заготовки визначено з використання коефіцієнта точності маси  $J$  за формулою [5, 8]

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{J}. \quad (3.2)$$

Прийняті значення показників і коефіцієнтів, які входять до формули (3.1), розраховані величини  $Q_{\text{заг}}$  для розглянутих способів лиття, і собівартості вихідної заготовки наведені в таблиці 3.2 і на діаграмі (рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Норми точності для можливих способів лиття (згідно з [7])

Способи лиття Норми точності	В піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші		В оболонкові форми		За виплавними моделями		В кокіль		Під тиском	
	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято
Клас розмірної точності	7 <sub>T</sub> – 11	9 <sub>T</sub>	7 <sub>T</sub> – 12	9	5 <sub>T</sub> – 9 <sub>T</sub>	7 <sub>T</sub>	5 – 9	7	3 – 7 <sub>T</sub>	5 <sub>T</sub>
Ступінь жолоблення	4 – 7	6	4 – 7	6	4 – 7	5	2 – 5	4	2 – 5	3
Ступінь точності поверхонь	9 – 16	12	7 – 13	10	4 – 9	6	5 – 10	7	3 – 7	5
Шорсткість поверхонь вилівка ( $Ra$ , мкм)	25		16		6,3		8		5	
Клас точності маси	5 <sub>T</sub> – 12	9 <sub>T</sub>	5 – 12 <sub>T</sub>	9	3 <sub>T</sub> – 9	5	4 – 11 <sub>T</sub>	7	1 – 7	5 <sub>T</sub>
Ряд припусків	4 – 7	5	3 – 6	4	1 – 4	3	2 – 5	3	1 – 4	2

Таблиця 3.2 – Прийняті значення показників і коефіцієнтів, які входять у формулу (3.1), і собівартість виготовлення вихідної заготовки для розглянутих способів лиття

Способи лиття Показники	В піщано-глинисті форми з машинним форм. суміші	В оболонкові форми	За виплавними моделями	В кокіль	Під тиском
$K_T$	1,05	1,05	1,0	1,0	1,0
$K_M$	5,94	2,67	2,4	4,23	1,0
$K_C$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$K_B$	1,05	1,16	1,02	0,83	0,9
$K_{II}$	1,0	1,07	1,23	1,15	1,09
Коефіцієнта точності маси	0,625	0,875	0,9	0,813	0,965
Маса вихідної заготовки, кг	0,42	0,3	0,29	0,32	0,27
Базова вартість однієї тонни заготовок, грн	46800	73200	96000	57600	80400
Собівартість виготовлення вихідної заготовки, грн	127,8	76,14	83,65	74,05	21,24

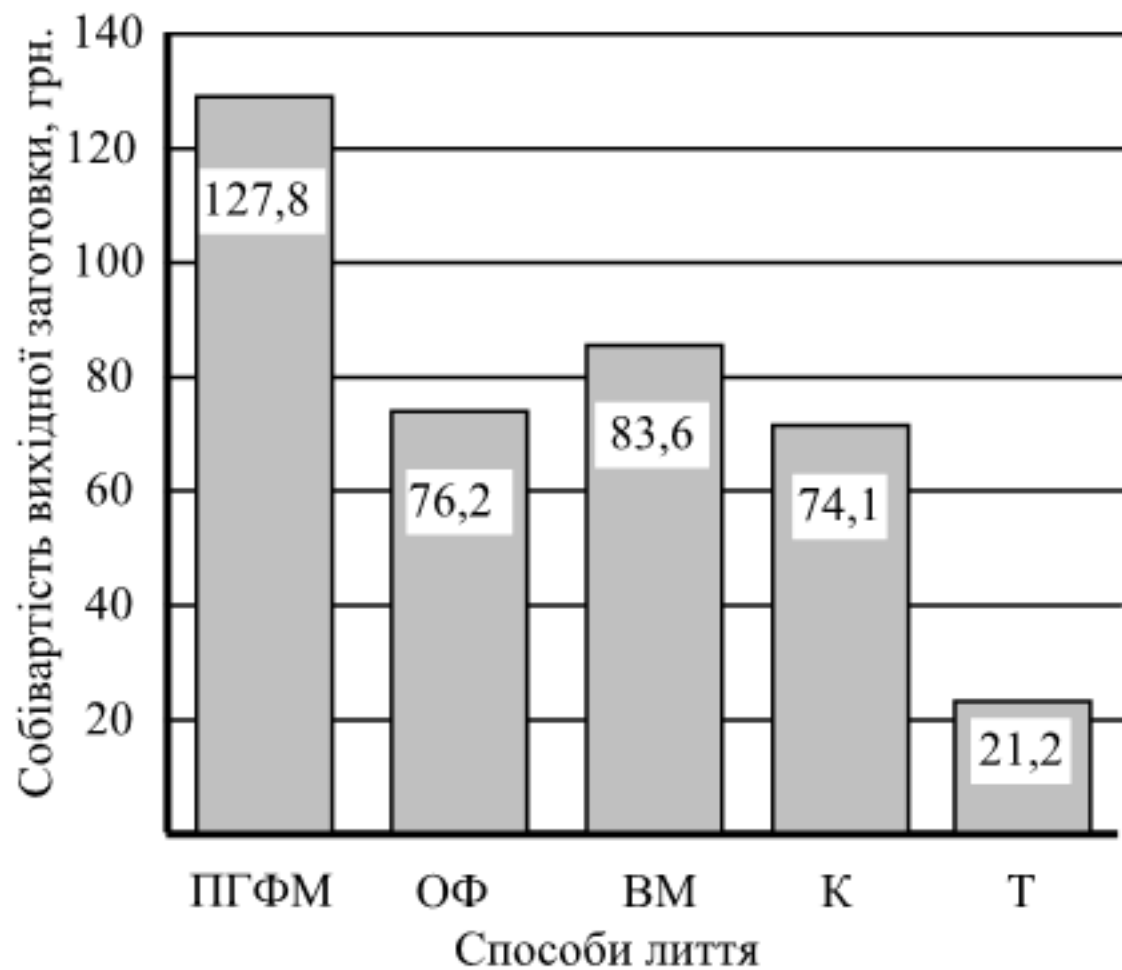


Рисунок 3.2 – Залежність собівартості виготовлення вихідної заготовки від способу лиття

Точність виготовлення заготовки впливає на кількість переходів механічної обробки поверхонь підвищеної точності (основних і допоміжних конструкторських баз). Для визначення кількості переходів обробки найточніших поверхонь ( $\text{Ø}62/8$  і  $\text{Ø}30H10$ ) спочатку розраховано загальний коефіцієнт уточнення, а потім кількість переходів обробки. На інші механічно оброблювані поверхні коефіцієнти уточнення не визначались, оскільки їх обробка виконується за один перехід.

Розрахунки виконувались за методикою і рекомендаціями [6, 10]. Загальне уточнення визначалось за формулою [17]

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (3.3)$$

де  $T_{\text{заг}}$  і  $T_{\text{дет}}$  – допуски розмірів заготовки і деталі.

Результати розрахунків показані в таблиці 3.3. і на діаграмі (рис. 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати визначення кількості переходів обробки поверхонь  $\varnothing 62f8$  мм і  $\varnothing 30H10$  мм

Показники \ Способи лиття	В піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	В оболонкові форми	За виплавними моделями	В кокіль	Під тиском
$\varnothing 62f8(-0,030/-0,076)$ мм					
Допуск розміру вихідної заготовки	1,6	2,0	0,8	1,0	0,4
Загальне уточнення	34,8	43,5	17,4	21,7	8,7
Кількість переходів механічної обробки	3	4	2	3	2
$\varnothing 30H10(+0,084)$ мм					
Допуск розміру вихідної заготовки	1,4	1,8	0,7	0,9	0,3
Коефіцієнт загального уточнення	16,7	21,4	8,3	10,7	4,3
Кількість переходів механічної обробки	2	2	2	2	1

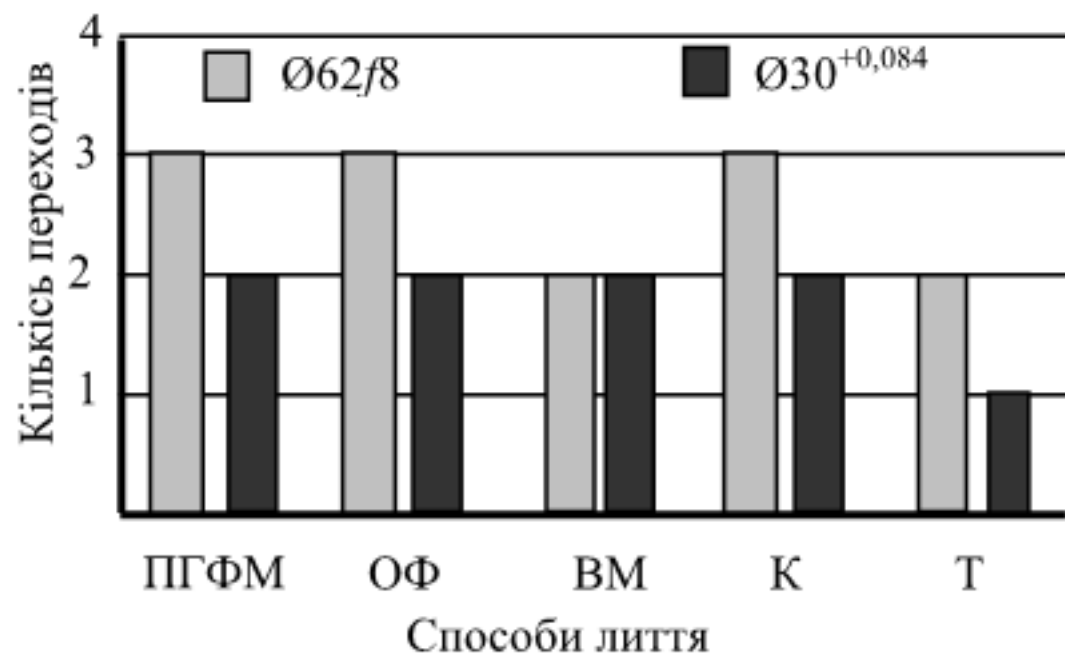


Рисунок 3.3 – Залежність кількості переходів механічної обробки найточніших поверхонь від способу лиття

З урахуванням відмінностей в маршрутах механічної обробки заготовок, виготовлених різними способами лиття, визначені трудомісткості цієї обробки.

Основний час  $T_o$  визначався за емпіричними формулами [10], а штучно-калькуляційний час за формулою

$$T_{ш-к} = \varphi_k T_o \text{ [хв.]} \quad (3.4)$$

Величина коефіцієнта  $\varphi_k$  у формулі (3.4) вибиралась згідно з [10].

Результати розрахунків  $T_o$  і  $T_{ш-к}$  для окремих операцій і загальної трудомісткості механічної обробки наведені у таблиці 3.4. Залежність загальної трудомісткості механічної обробки від способу лиття показана на діаграмі (рис. 3.4).

Таблиця 3.4 – Результати нормування окремих операції і визначення загальної трудомісткості механічної обробки

Показники \ Способи лиття	В піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	В оболонкові форми	За виплавними моделями	В кокіль	Під тиском
Операція 005					
Основний час	1,06	1,06	0,42	1,06	0,39
Штучно-калькуляційний час	1,4	1,4	0,55	1,4	0,5
Операція 010					
Основний час	1,52	1,52	1,97	1,52	1,93
Штучно-калькуляційний час	2,13	2,13	1,72	2,13	1,72
Операція 015					
Основний час	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Штучно-калькуляційний час	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Загальна трудомісткість механічної обробки	3,95	3,95	2,72	3,95	2,67

На основі отриманих норм часу з використанням нормативного способу розраховано технологічні собівартості механічної обробки заготовок усіх п'яти видів. Розрахунки технологічної собівартості виконувались за формулою

$$C_T = \frac{C_{п-г} \cdot T_{ш-к}}{60k_B} \text{ [грн]}, \quad (3.5)$$

де  $C_{п-г}$  – приведені годинні витрати, грн/год;

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

Приведені годинні  $C_{п-г}$  витрати визначались згідно з [10].

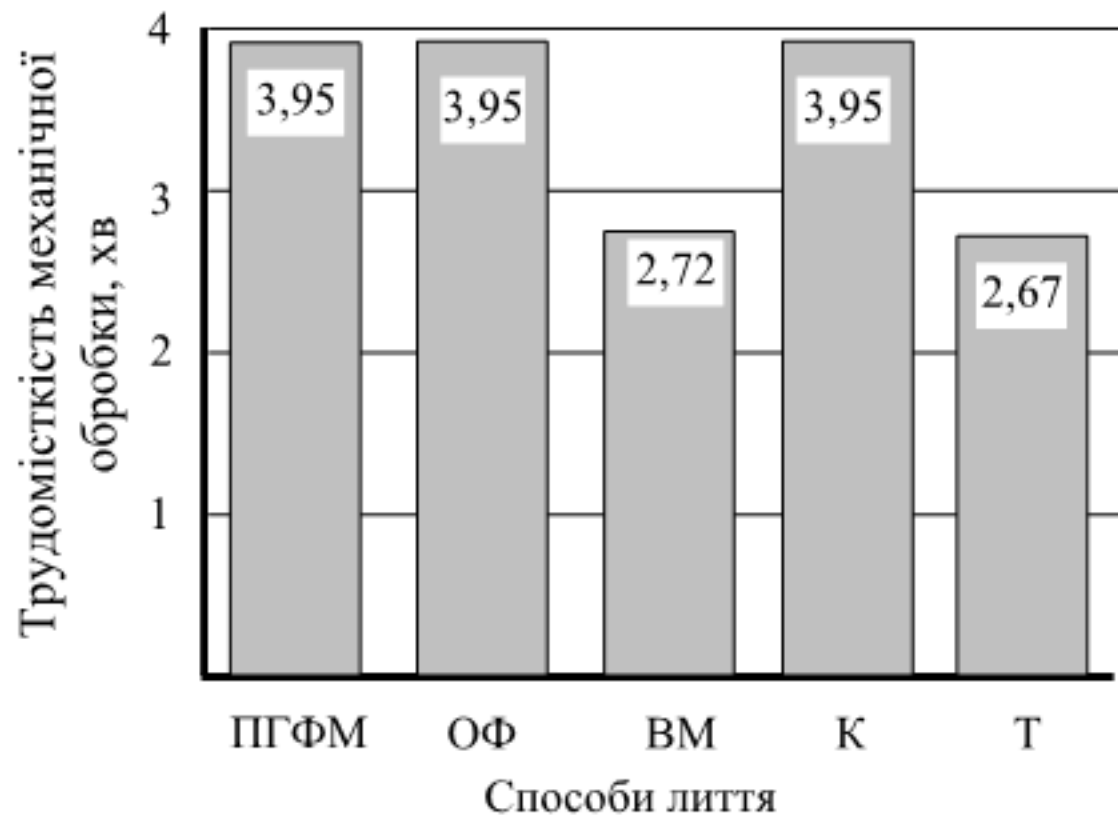


Рисунок 3.4 – Залежність трудомісткості механічної обробки від способу лиття

Результати розрахунків технологічної собівартості показані на діаграмі (рис. 3.5).

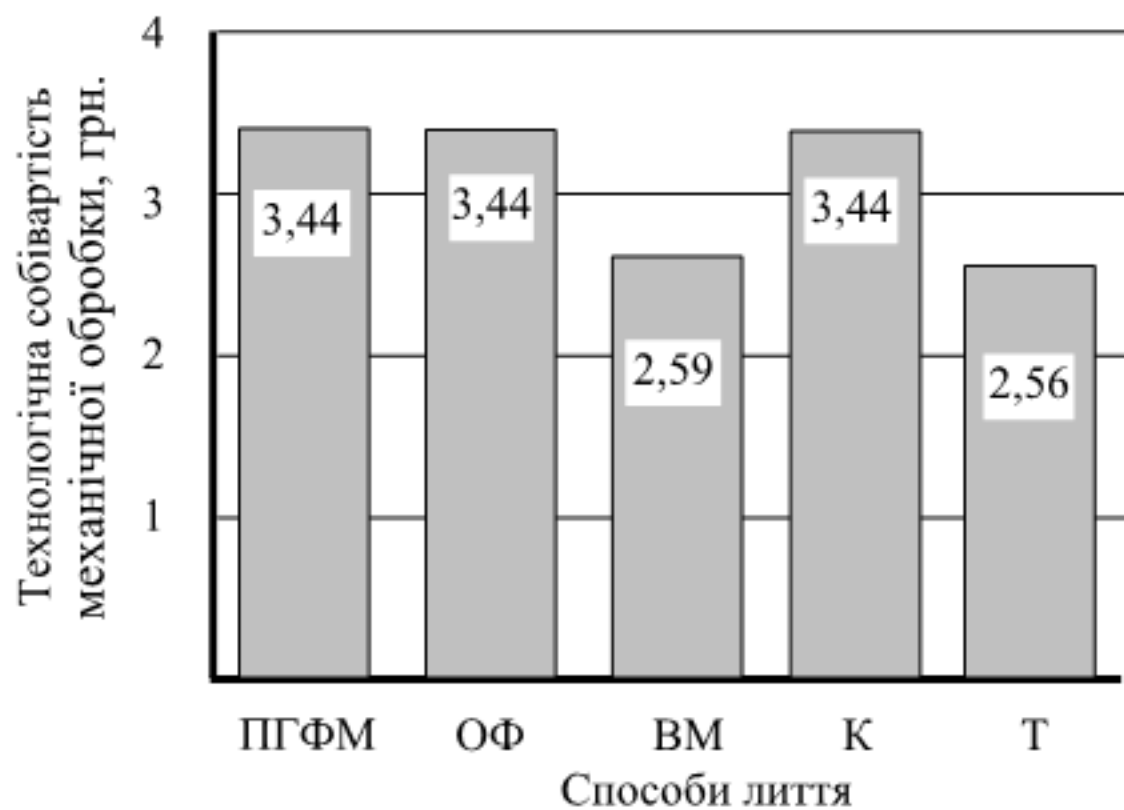


Рисунок 3.5 – Залежність технологічної собівартості механічної обробки від способу лиття

Для усіх п'яти способів виготовлення вихідної заготовки визначено цехову собівартість виготовлення деталі за формулою

$$C_d = C_z + C_{м.о.} \text{ [грн]}, \quad (3.6)$$

де  $C_z$  і  $C_{м.о.}$  – відповідно собівартість вихідної заготовки і технологічна собівартість механічної обробки.

На діаграмі (рис. 3.6) показана залежність величини цехової собівартості від способу лиття.

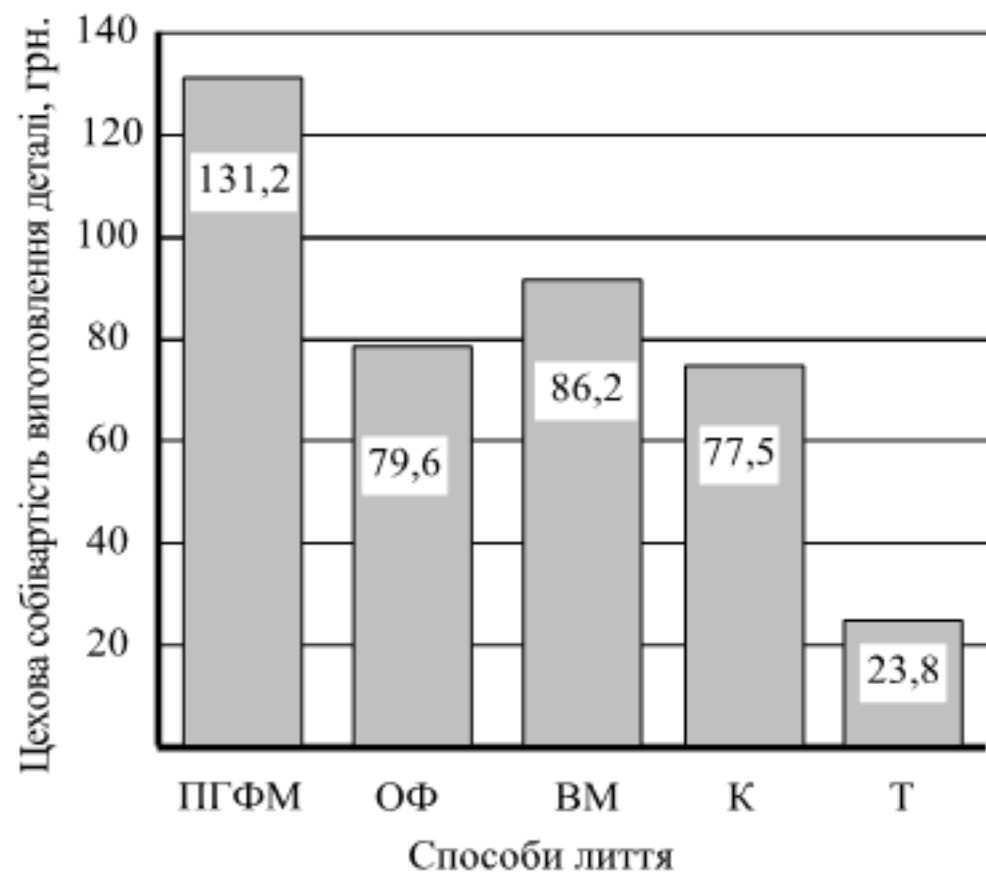


Рисунок 3.6 – Залежність цехової собівартості від способу лиття

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що найменша собівартість виготовлення вихідної заготовки деталі «Кришка ВС.80.01.020» за прийнятих технологічних умов забезпечується литтям під тиском. Для заготовки, виготовленої цим способом лиття, сформовані початкові дані для визначенні її розмірів і визначені самі розміри та їх допуски (таблиця 3.5). З використанням отриманих розмірів розроблене креслення вилівка, яке міститься в графічній частині.



Таблиця 3.5 – Розрахунок розмірів заготовки (лиття під тиском)

Початкові дані		Згідно з ГОСТ 26645-85 [7]						Прийнято
Клас розмірної точності		3 – 7т						5т
Ступінь жолоблення		2-5						3
Ступінь точності поверхонь		3 – 7						5
Шорсткість поверхонь вилівка ( <i>Ra</i> ), мкм		5						5
Клас точності маси		1 – 7						3
Ряд припусків		1-4						2
Розміри, мм Допуски	6	Ø30H10	Ø62h8	28 <sub>-0,21</sub>	33	52 <sub>-0,62</sub>	5 <sub>-0,25</sub>	
	0,22	0,3	0,4	0,36	0,36	0,4	0,22	
Розмірів, мм	0,24							
Форми чи розміщення, мм	0,24							
Зміщення по площині рознімання, мм	–	–	–	–	–	–	–	
Зміщення через перекіс стержня, мм	–	0,16	–	–	–	–	–	
Маси	0,12%							
Нерівностей	4%							
Загальний, мм	0,4	0,44	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	
Мінімальний припуск, мм	0,2							
Загальний припуск	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	
Кількість переходів механічної обробки	1	1	3	1	1	1	1	
Розмір заготовки	6,5	Ø29	Ø63,6	29	34	52,5	5	

### 3.3 Висновки

1. В результаті проведених досліджень встановлено, що:

- найменша собівартість виготовлення вихідної заготовки деталі «Кришка ВС.80.01.020» за прийнятих технологічних умов забезпечується литтям під тиском;

- найвищі показники точності заготовки деталі, що розглядається, досягаються литтям під тиском і литтям за виплавними моделями;

- найменша трудомісткість механічної обробки заготовки деталі, що

розглядається, забезпечується використанням литтям під тиском і литтям за виплавними моделями;

- найменша технологічна собівартість забезпечується використанням лиття під тиском і литтям за виплавними моделями;

- розрахунки цехової собівартості виготовлення деталі показали, що для заданих виробничих умов найраціональнішими способами є лиття в кокіль і лиття під тиском.

2. З використанням отриманих розмірів розроблене креслення вилівка.

3. Результати роботи можуть бути використані для аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів у машинобудівному виробництві, а також у навчальному процесі.

#### 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»

##### 4.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за формулою [4, 18]:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} \text{ [шт.]} \quad (4.1)$$

Для визначення коефіцієнтів  $K_1, K_2, K_3$  скористаємося даними таблиці 4.1 [4].

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програ- ма, шт.	Точність / Шорсткість								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кришка ВС.80.10.020 (розрахунковий представник)	0,26	8000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	10	7	-	2	-	-	-	34
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	3	-	-	40	-	-	-
Кришка	0,42	3200	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	15	-	1	-	-	-	29
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12, 5	-	-
			-	-	10	-	-	35	-	-	-
Фланець	0,41	4800	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	4	-	6	-	-	-	20
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12, 5	-	-
			-	-	-	4	6	-	20	-	-
Корпус	0.22	6200	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	4	-	6	-	-	-	20
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12, 5	-	-
			-	-	-	4	6	-	20	-	-

Розрахуємо коефіцієнт  $K_1$  для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то  $K_1$  може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.np}}\right)^2}, \quad (4.2)$$

де  $m$  – маса деталі, що розглядається;

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

Таким чином, коефіцієнт  $K_1$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

- для розрахункового представника

$$K_{1c} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_c}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{11.29}{11.29}\right)^2} = 1;$$

- для кришки

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_\phi}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{10}{11.29}\right)^2} = 0,78;$$

- для корпусу

$$K_{1\epsilon k} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{\epsilon k}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{11.4}{11.29}\right)^2} = 1.01.$$

Коефіцієнт  $K_2$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

- для розрахункового представника

$$K_{2c} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_c}\right)^\alpha = \left(\frac{4000}{4000}\right)^{0.15} = 1;$$

- для кришки

$$K_{2\phi} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_{\phi}}\right)^{\alpha} = \left(\frac{4000}{5200}\right)^{0.15} = 0.96;$$

- для корпуса

$$K_{2BK} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_{BK}}\right)^{\alpha} = \left(\frac{4000}{6800}\right)^{0.15} = 0.92;$$

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники [4].

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{31}$  для кожної деталі:

- для розрахункового представника

$$K_{Tp.np}^C = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\epsilon x}}{\sum n_{\epsilon x}} = \frac{7 \cdot 10 + 8 \cdot 7 + 10 \cdot 2 + 14 \cdot 34}{10 + 7 + 2 + 34} = 11,73;$$

$$\left(\overline{K_{Tp.np}}\right)^{\alpha_1} = (11,73)^{\alpha_1} = 0,9108;$$

- для кришки

$$\overline{K_{Tp.np}^{\phi}} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\epsilon \phi}}{\sum n_{\epsilon \phi}} = \frac{8 \cdot 15 + 10 \cdot 1 + 14 \cdot 29}{10 + 35} = 11,91;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{\phi}}}{K_{Tp.np}^C}\right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11,91}{11,73}\right)^{\alpha_1} = \frac{0,9036}{0,9108} = 0,992;$$

- для корпуса

$$\overline{K_{Tp.np}^{BK}} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\epsilon BK}}{\sum n_{\epsilon BK}} = \frac{8 \cdot 4 + 10 \cdot 6 + 14 \cdot 20}{4 + 6 + 20} = 9,3;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_T^{BK}}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{9.3}{11.73} \right)^{\alpha_1} = \frac{1.028}{0.9808} = 1.048;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{32}$  для кожної деталі:

- для розрахункового представника

$$\overline{R_a^C} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1.6 \cdot 13 + 6.3 \cdot 40}{13 + 40} = 5.14;$$

$$\left( \overline{R_a^C} \right)^{\alpha_2} = (5.14)^{\alpha_2} = 0.9486;$$

- для кришки

$$\overline{R_a^\Phi} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1.6 \cdot 10 + 6.3 \cdot 35}{10 + 25} = 6.75;$$

$$K_{32}^\Phi = \left( \frac{\overline{R_a^\Phi}}{\overline{R_a^{p,np}}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{6.75}{5.14} \right)^{\alpha_2} = \frac{0.95}{0.9486} = 0.9425;$$

- для корпусу

$$\overline{R_a^{BK}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{2.5 \cdot 4 + 3.2 \cdot 6 + 12.5 \cdot 20}{4 + 6 + 20} = 9.3;$$

$$K_{32}^{BK} = \left( \frac{\overline{R_a^{BK}}}{\overline{R_a^{p,np}}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{9.3}{5.14} \right)^{\alpha_2} = \frac{0.9549}{0.9486} = 0.947;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_3$  для кожної деталі:

- для розрахункового представника

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1.0 \cdot 1.0 = 1.0;$$

- для фланця

$$K_{3кр} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,992 \cdot 0,9425 = 0,934;$$

- для корпусу

$$K_{3К} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,048 \cdot 0,947 = 0,992;$$

Значення коефіцієнта  $K_{np}$  для кожного виробу

- для кришки

$$K_{npP.ПР} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

- для фланця

$$K_{npКр} = 0,78 \cdot 0,96 \cdot 0,992 = 0,742;$$

- для корпусу

$$K_{npBK} = 1,01 \cdot 0,92 \cdot 1,048 = 0,973;$$

Отже, приведена програма становитиме

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 4000 \cdot 1,0 + 5200 \cdot 0,742 + 6800 \cdot 0,973 = 14474,8 \text{ (шт.)}$$

Результати розрахунків зведемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Кришка BC.80.10.020	8000	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	8000
Кришка	3200	0,42	0,92	0,96	0,93	0,828	3307
Фланець	4800	0,41	1,01	0,92	0,99	0,922	4270
Корпус	6200	0,22	1,05	0,93	0,99	0,978	6065
							20642



## 4.2 Визначення кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження обладнання

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки розрахункового представника («Кришка ВС.80.10.020») [4, 18]:

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} \text{ [шт.]}, \quad (4.3)$$

$$C_{p005} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр005}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{11,0 \cdot 20642}{4030 \cdot 60} = 0,93;$$

$$C_{p010} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр010}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{0,53 \cdot 20642}{4030 \cdot 60} = 0,54;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр015}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{0,66 \cdot 20642}{4030 \cdot 60} = 0,67.$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:  $C_{np005} = 1$ ;  $C_{np010} = 1$ ;  $C_{np015} = 1$ .

Коефіцієнт завантаження обладнання визначено за формулою:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}. \quad (4.4)$$

$$\eta_{z005} = \frac{C_{p005}}{C_{np005}} = \frac{0,93}{1} = 0,93. \quad \eta_{z010} = \frac{C_{p010}}{C_{np010}} = \frac{0,54}{1} = 0,54.$$

$$\eta_{z015} = \frac{C_{p015}}{C_{np015}} = \frac{0,67}{1} = 0,67.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{осн}} = \frac{T_{\text{осн}}}{T_{\text{шт-к}}}. \quad (4.5)$$

$$\eta_{\text{осн005}} = \frac{T_{\text{осн005}}}{T_{\text{шт-к005}}} = \frac{6,0}{11,0} = 0,55. \quad \eta_{\text{осн010}} = \frac{T_{\text{осн010}}}{T_{\text{шт-к010}}} = \frac{0,27}{0,53} = 0,51.$$

$$\eta_{\text{осн015}} = \frac{T_{\text{осн015}}}{T_{\text{шт-к015}}} = \frac{0,36}{0,66} = 0,55.$$

### 4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

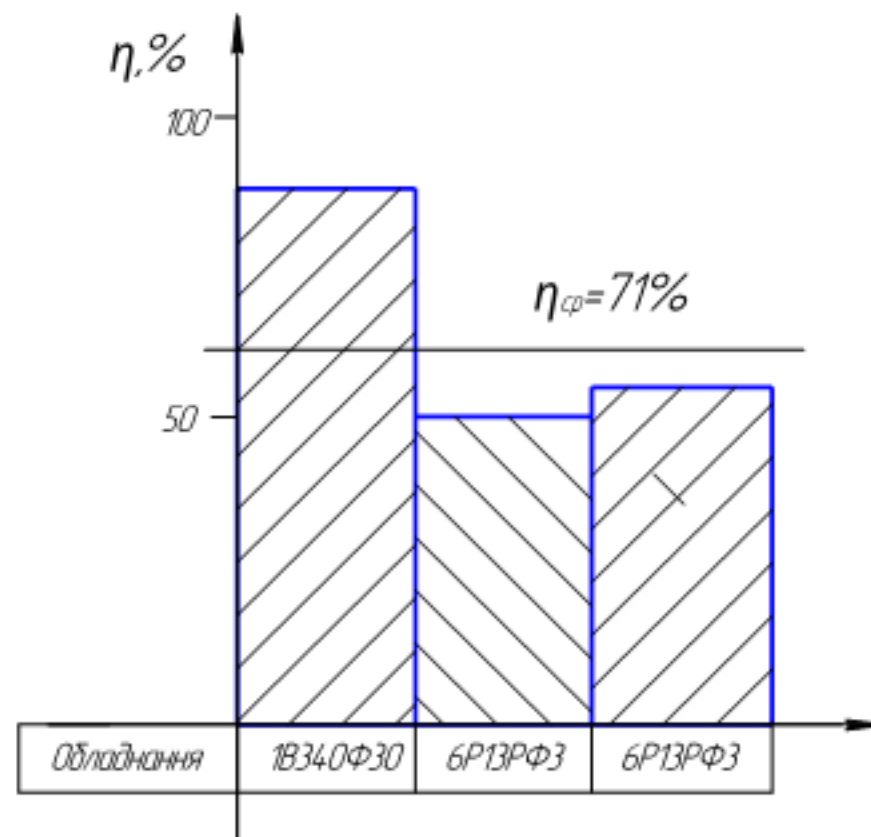


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

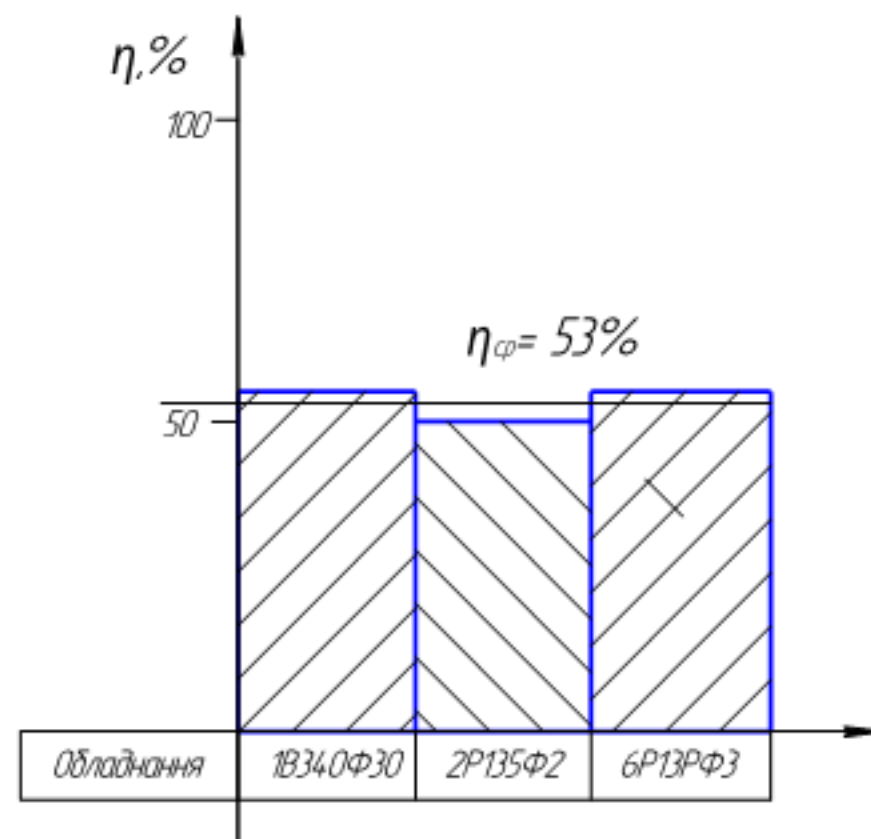


Рисунок 4.2 – Графік завантаження обладнання за основним часом

Аналіз графіків завантаження обладнання показав, що середній коефіцієнт завантаження обладнання є досить високим, однак не відповідає умовам середньосерійного виробництва (0,75-0,85). Верстати на операціях 010 та 015 необхідно довантажити обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі).

#### 4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу [4, 18]:

$$P_{\text{верст}} = \frac{T_{\text{шт-к(шт)}} \cdot N}{F_p \cdot K_m} \quad (4.6)$$

$$P_{005} = \frac{T_{\text{шт-к+010}} \cdot N}{F_p \cdot K_m} = \frac{(8,52 + 1,93) \cdot 20642}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 1,97;$$

$$P_{015} = \frac{T_{\text{шт-к+020}} \cdot N}{F_p \cdot K_m} = \frac{(3,9 + 4,29) \cdot 20642}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 1,54;$$

$$P_{025} = \frac{T_{\text{шт-к+030}} \cdot N}{F_p \cdot K_m} = \frac{(2,1 + 1,8) \cdot 20642}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,73.$$

Прийнято кількість працюючих на кожній операції:  $P_{005} = 2$  чол.;  
 $P_{015} = 2$  чол.;  $P_{025} = 1$  чол.

Розрахунок допоміжних робітників:

$$P_{\text{доп.}} = (0,2 \div 0,25) \cdot P_{\text{осн.}} = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ чол.}$$

Розрахунок інженерно-технічних робітників:

$$P_{\text{ітр}} = (0,22 \div 0,16) \cdot C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 3 = 0,6.$$

Розрахунок службовців:

$$P_{\text{служб.}} = (0,009 \div 0,019) \cdot 5 = 0,01 \cdot 5 = 0,05.$$

Таблиця 4.3 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	5	Токарі – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
		Фрезерувальники – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
		Слюсарі – 1	0,5 (I зміна); 0,5 (II зміна)
Допоміжні працівники	1	Наладчик – 0,5 ставки на дільниці	0,25 (I зміна); 0,25 (II зміна)
		Контролери – 0,5 ставки на дільниці	0,25 (I зміна); 0,25 (II зміна)
Інженерно-технічні робітники	0,6	Технологи – 0,3 ставки на дільниці	0,3 (I зміна)
		Майстри – 0,3 ставки на дільниці	0,3 (I зміна)
Службовці	0,05	Бухгалтер – 0,05 ставки на дільниці	0,05 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 1	0,25 (I зміна); 0,25 (II зміна)
Загальна кількість	7,65		

#### 4.5 Висновки

Виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020». При цьому розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 20642 шт. (проектується дільниця, на якій вироблятиметься 4 подібні деталі).

Середній коефіцієнт завантаження обладнання є досить високим, однак не відповідає умовам середньосерійного виробництва (0,75-0,85). Верстати на операціях 010 та 015 необхідно довантажити обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі).

Дільниця механічної обробки повинна мати 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол. Всі працівники (крім основних робітників-верстатників) не завантажені роботою на даній дільниці і вони обслуговують ще й інші дільниці.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ВС.80.01.020»

5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»

5.1.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу  $K$ , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [2]:

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{ну} + B_{нев} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.1)$$

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 діляниця, грн.;  $B_{обл}$  – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;  $B_{тр}$  – початкова вартість транспортних засобів, грн.;  $B_{осн}$  – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;  $B_{инв}$  – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;  $B_{ну}$  – вартість програм управління, грн.;  $B_{нев}$  – передвиробничі витрати, грн.;  $B_{оз}$  – вартість оборотних засобів, грн.

5.1.2 Основна заробітна плата розробників

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.2)$$

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

$M_{ni}$  – 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 5.1 – 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	9500	431,82	10	4318,2	
Інженер-технолог	8000	363,64	8	2909,12	
Інженер-конструктор	8000	363,64	5	1818,2	
Економіст	8000	363,64	2	727,28	
Всього				$Z_o$	9772,8

### 5.1.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_o \text{ [грн.],} \quad (5.3)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 9772,8 = 977,28 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників  $Z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.],} \quad (5.4)$$

де  $H_{zn}$  – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$Z_n = (9772,8 + 977,28) \cdot 0,22 = 2365,02 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.5 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:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{заг}} \text{ [грн.]}, \quad (5.5)$$

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

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

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 92 = 55200 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i \text{ [грн.]}, \quad (5.6)$$

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

$C_{\text{пр.і}}$  – 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 роботів  $K_i = 1,3 \dots 1,5$ );

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.



Таблиця 5.2 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	$K_i$	Вартість, грн.
1	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171МФ3	350000	2	1,1	770000
Всього					$\Sigma$ 770000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 3 верстати 2P135Ф2 –  $3 \cdot 80000 = 240000$  (грн.);
- 1 верстат 1B340Ф30 – 250000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 490000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{обл} = 770000 - 490000 = 280000 \text{ (грн.)}$$

#### 5.1.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

#### 5.1.8 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 ( $B_{то}$ ) розраховують за формулою:

$$B_{то} = B_{обл} \cdot \frac{K_n}{100\%} \text{ [грн.],} \quad (5.7)$$

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

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

$$B_{то} = 280000 \cdot 0,10 = 28000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осв} = (0,2...0,3) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (5.8)$$

$$B_{осв} = 28000 \cdot 0,25 = 7000 \text{ (грн.)}$$

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:

$$B_{ксп} = (0,06...0,12) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (5.9)$$

$$B_{ксп} = 0,1 \cdot 28000 = 2800 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{то} + B_{осв} + B_{ксп} \text{ [грн.]}; \quad (5.10)$$

$$B_{осн} = 28000 + 7000 + 2800 = 37800 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

### 5.1.10 Вартість програм керування

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

$$B_{пу} = (0,05...0,1) \cdot B_{обл} \text{ [грн.];} \quad (5.11)$$

$$B_{пу} = 0,1 \cdot 280000 = 28000 \text{ (грн.)}$$

### 5.1.11 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.

### 5.1.12 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:

$$K = 9772,8 + 977,28 + 2365,02 + 55200 + 280000 + 37800 + 28000 = 414115,1 \text{ (грн.)}$$

## 5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

### 5.2.1 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 «Кришка ВС.80.01.020» складає 21,2 грн. (див. розділ 2).

### 5.2.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

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

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{mi}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (5.12)$$

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,  $C_e = 2,99$  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 бажано звести до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарно-револьверна з ЧПК, 1В340Ф30	6	0,1	1,5
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК, ГФ2171МФ3	7,5	0,005	0,09
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК, ГФ2171МФ3	7,5	0,006	0,11
Всього			Σ 1,7

### 5.2.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними

найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (5.13)$$

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:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}} \text{ [грн.],} \quad (5.14)$$

де  $M_M$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати,  $M_M = 5000$  грн. (на 01.11.2020 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.

$$C = (5000 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 57,53 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.4 – 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-револьверна з ЧПК, 1В340Ф30	0,1	3	1,35	57,53	5,75
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК, ГФ2171МФ3	0,005	3	1,35	57,53	0,29
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК, ГФ2171МФ3	0,006	3	1,35	57,53	0,35
Всього					Σ 6,39

#### 5.2.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.15)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 6,39 = 0,64 \text{ (грн.)}$$

#### 5.2.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників  $Z_{\text{н}}$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$Z_{\text{н}} = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.]}, \quad (5.16)$$

де  $H_{\text{зн}}$  – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$Z_{\text{н}} = (6,39 + 0,64) \cdot 0,22 = 1,55 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{зв}} \cdot Z_p \text{ [грн.];} \quad (5.17)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 6,39 = 15,98 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.5 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умове позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	$M$	21,2	
Витрати на силову електроенергію, грн.	$B_e$	1,7	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	$Z_p$	6,39	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	0,64	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$Z_{\text{н}}$	1,55	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	15,98	
Всього	$S_e$	47,46	

### 5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

#### 5.3.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нп}} = S_e \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (5.18)$$

де  $C_{\text{нп}}$  – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;



$S_e$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$P$  – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати  $P = 5...20\%$ ;

$w$  – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.11.2020 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.

$$C_{\text{вир}} = 47,46 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 68,34 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.2 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  $C_{\text{вир}} = 68,34$  грн.

### 5.4 Розрахунок величини чистого прибутку

При удосконаленні технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[ C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.19)$$

де  $C_{\text{дог}}$  – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

$M$  – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_e$  – 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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 68,34 - \frac{(68,34 - 21,2) \cdot 16,67}{100} - 47,46 - \frac{10 \cdot 47,46}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 20642 = \\ &= 212378,78 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

## 5.5 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.

### 5.5.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (5.20)$$

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.

$$NPV = \frac{212378,78}{(1+0,2)^1} + \frac{212378,78}{(1+0,2)^2} + \frac{212378,78}{(1+0,2)^3} + \frac{212378,78}{(1+0,2)^4} - 414115,1 = 135677,19 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що  $NPV > 0$ , то проект можна рекомендувати до реалізації.

### 5.5.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту  $IRR_{MIN}$  розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.21)$$

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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{212378,78 + 212378,78 + 212378,78 + 212378,78}{414115,1}} - 1 = 0,2.$$

### 5.5.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховано за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{П} \text{ [років]}, \quad (5.22)$$

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.

$$T_o = \frac{414115,1}{212378,78} = 1,95 \text{ (року)}.$$

## 5.6 Висновки

Визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020», 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 414115,1 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 212378,78 грн., термін окупності 1,95 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» доцільне для впровадження.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз умов праці [19, 20]

На дільниці технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

До шкідливих виробничих факторів відносять:

а) підвищена або понижена температура повітря, концентрація в повітрі робочої зони газів;

б) виробничий шум та вібрації;

в) недостатнє освітлення робочої зони.

До небезпечних виробничих факторів відносять:

а) електричний струм;

б) психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

Застосовується 3-х фазна, 3-х провідна мережа з ізольованою нейтраллю.

Приміщення є вогнестійкими і оснащені приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Робочі місця оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі повина бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні. Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

## 6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Вимоги до виробничих та допоміжних приміщень. Будівлі повинні відповідати вимогам:

- площа виробничого приміщення на одного працюючого – 4,5 м<sup>2</sup>;
- об'єм виробничого приміщення на одного працюючого – 15 м<sup>3</sup>;
- висота цеху – 3,5 м.

Ремонтні майстерні, інструментальні кладові, службові приміщення повинні розташовуватись в добудованих до основної будівлі.

Допоміжні приміщення потрібно розташовувати в добудованих до виробничих будівель в місцях з найменшою дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Висота допоміжних приміщень, розташованих в виробничих будівлях, повинна бути не менше 2,4 м.

### 6.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є наступними: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм додано в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

Граничнодопустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої не перевищують допустимих значень.

Для захисту від шкідливих речовин застосовують комплекс організаційно-технічних санітарно-гігієнічних заходів:

- пристрій місцевої витяжної вентиляції для видалення шкідливих речовин від місць їх утворення;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту (спеціальний одяг, захисні окуляри, респіратори та інше);
- профілактичні медичні огляди, виконання правил особистої гігієни;
- суворе дотримання правил поведінки з устаткуванням.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводиться на найбільш небезпечних робочих місцях. При однаковому обладнанні, або при виконанні однакових операцій контроль проводиться вибірково на окремих робочих місцях, розташованих в центрі і по периферії приміщення.

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

#### 6.2.2 Виробниче освітлення

Роботи що виконуються на даній ділянці відносяться до розряду зорової роботи IVa. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На дільниці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 6.2.



Таблиця 6.2 – Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	а	малий	300	1,5

Природне освітлення на дільниці – бокове одностороннє. Розрахуємо коефіцієнт природної освітленості:

$$e_d = e_n \cdot m \cdot c_k = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,945 \approx 1\%,$$

де  $m=0,9$  – коефіцієнт світового клімату для IV поясу;

$c_k=0,7$  – коефіцієнт сонячності клімату, азимут  $90^\circ$ .

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Підбір штучних джерел світла

Характеристика зорової роботи	Освітленість при системі заломленого освітлення, лк	Мінімальний індекс кольоропередачі джерела світла для виробничої будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з механічними об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

### 6.2.3 Виробничий шум

Під час роботи на дільниці робітники піддаються впливу шуму. Джерелами шуму є: верстати, вентиляційна система, трансформатори та інше обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалент ні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізолюваними кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані зсередини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерелашуму проводять акустичну обробку.

### 6.2.4 Виробничі вібрації

Крім впливу шуму на дільниці робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підшві, рукавиці з м'якими налодонниками. На робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "З" тип "а", критерії оцінки – границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	—	X <sub>п</sub> , Y <sub>а</sub> , Z <sub>п</sub>	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	3 тип “а”	Z <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

Віробезпека праці на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.

### 6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

#### 6.3.1 Техніка безпеки

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.

#### 6.3.2 Електробезпека

Дільниця відноситься до особливо небезпечної дільниці, оскільки підлога струмопровідна і в повітрі є струмопровідні гази. Захист проводимо такими методами: електроізоляція струмонесучих частин, системи автоматичного відключення – це такі пристрої, спроможні автоматично відключати установку від мережі у випадку виникнення аварійної ситуації.

Для підводу струму до електротримачів необхідно використовувати

ізолювані гнучкі кабелі. При прокладанні або переміщенні дротів необхідно приймати заходи проти пошкодження їх ізоляції. Відстань від дротів до гарячих трубопроводів повинна бути не менша 0,5 м. В джерелах живлення обладнання повинні бути передбачені і встановлені надійні огороження елементів, які знаходяться під напругою. Металеві частини обладнання, які знаходяться під напругою повинні бути заземлені. Дільниця повинна бути відокремлена від суміжних робочих місць і проходів незгораємими екранами висотою не менше 1,8 м.

Джерела струму можуть приєднуватись до розподільчих електричних мереж з напругою не більше 380 В. Усе устаткування повинно бути захищене запобіжниками або автоматичними вимикачами з боку мережі, що живлять.

#### 6.4 Пожежна безпека

Дільниця належить до категорії приміщення з позначкою Г. Категорію Г для будівель застосовані тому, що дільниця характеризується негорючими речовинами і матеріалами в гарячому або розжареному стані з виділенням променевого тепла, іскр, газоподібних речовин.

Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці відображена в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характер речовин та матеріалів, що знаходяться в приміщенні
Г	Негорючі речовини в гарячому або в розжареному стані, в процесі роботи яких виділяється промениста теплота, іскри полум'я, горючі гази, рідини і тверді речовини накопичуються і утилізуються в якості палива

За ступенем вогнестійкості елементів будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II – це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів,

бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів таблиці 6.7 та 6.8.

Таблиця 6.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції перекрить	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесічі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Таблиця 6.8 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Роботи можуть спричинити пожежу. Для її запобігання вживаємо ряд протипожежних заходів, найважливішим з яких – суворе дотримання протипожежного режиму роботи, а також правил експлуатації електрообладнання. Неможливе зберігання легкозаймистих та вогненебезпечних матеріалів.

Для запобігання пожежі сигналізацію автоматичної дії та теплові попередники максимальної дії. Вони спрацьовують, коли температура повітря досягає заданого критичного значення. Для локалізації та ліквідації невеликих загорань та пожеж застосовуємо первинні засоби пожежогасіння.

Для гасіння пожежі передбачені:

- щити з пожежним інвентарем;
- ящик з піском, кирки, лопати;
- щит з вогнегасниками ОУ-8.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії приміщень Г, незалежно від об'єму, для ступеня вогнестійкості II – не обмежується.

У покритті будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

## 6.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

### 6.5.1 Дія електромагнітних та іонізуючих випромінювань електронні пристрої

Дія електромагнітного імпульсу характеризується генерацією дуже короткого (сотні наносекунд), але інтенсивного електромагнітного випромінювання, яке розповсюджується від джерела з інтенсивністю, що зменшується, у відповідності з теорією електромагнетизму. Створюване імпульсом поле може бути достатньо потужним, щоб спричинити виникнення короточасних перенапружень в електричних провідниках, таких як дроти або провідні доріжки друкованих схем.

Це може спричинити необоротні пошкодження широкого спектру електричного і електронного обладнання, особливо комп'ютерів і радіо або радарних приймачів. Залежно від електромагнітної стійкості електроніки, вона може бути необоротно пошкоджена або, іншими словами, електрично знищена. Комп'ютери, використовувані в системах обробки даних, комунікаційних системах, системах відображення інформації, системах промислового контролю,



включаючи системи сигналізації автомобільних і залізних доріг, і комп'ютери, вбудовані у військове устаткування, таке, як сигнальні процесори, системи контролю польотів, цифрові системи контролю двигунів є потенційно уразливими до дії ЕМІ.

Джерелами іонізуючих випромінювань є радіоактивних елементи і їх ізотопи, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок та ін. Рентгенівські установки і високовольтні джерела постійного струму відносяться до джерел рентгенівського випромінювання.

Дія іонізуючих випромінювань на елементну базу радіоелектронних пристроїв та інформаційних систем як правило викликає зміну практично всіх електричних і експлуатаційних характеристик їх елементів. Цей процес залежить від протікання процесів іонізації і порушення структури матеріалів зі зміною перехідних струмів в р-п переходах транзисторів, вольт-амперних характеристик напівпровідникових діодів, опорів транзисторів, ємностей конденсаторів, тощо.

Наслідком дії іонізуючих випромінювань на електронні системи може бути миттєва втрата працездатності при критичних рівнях радіації або розвиток відновлюваних чи невідновлюваних змін через деякий час після початку опромінення при рівнях радіації значно нижчих від критичних.

Сучасне обладнання загального та промислового призначення містить в собі значну кількість електронного обладнання, тому необхідно приділяти достатньо уваги питанням збереження його функціональності в умовах дії іонізуючого та електромагнітного випромінювань.

6.5.2 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстата 2В340Ф30 в умовах дії електромагнітних випромінювань.

Оцінити безпеку роботи системи ЧПК верстата 2В340Ф30 в умовах дії електромагнітних можна за допомогою коефіцієнта безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_d}{U_{B(\Gamma)}},$$



де  $U_D$  – допустиме коливання напруги живлення системи, В;

$U_{B(r)}$  – напруга створена електромагнітним випромінюванням, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК верстата 1В340Ф30, В.

Безпечною робота системи ЧПК верстата 2В340Ф30 в умовах дії електромагнітних випромінювань буде у випадку, коли  $K_{\text{Бmin}} \geq 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення для системи ЧПК складає

$$U_D = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 18 + \frac{18}{100} \cdot 2 = 18,36(\text{В}),$$

де  $U_{\text{ж}} = 18$  В – номінальна напруга живлення системи;

$N = 5\%$  – допустимі відхилення напруги.

Основна частина струмопровідних елементів системи ЧПК верстата 2В340Ф30 розміщена в горизонтальній площині, їх максимальна довжина між елементами становить близько 0,5 м.

Допустима величина наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК верстата 2В340Ф30

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_D}{U_r},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_D}{U_r}, \quad \frac{U_D}{U_r} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_r = \frac{U_D}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,36}{100} = 0,1836(\text{В})$$

Звідки максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_r}{l_r} = \frac{0,1836}{0,5} = 0,3672 \text{ В/м}$$

Система ЧПК верстата 2В340Ф30, що використовується в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому  $t = 0,5$  см і вище.

Використання сталевого екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} = 5,2 \cdot 0,12 \cdot \sqrt{15000} = 76,4 \text{ Дб.}$$

де  $f = 15000$  – власна частота екрана.

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{Ввх}}{E_B} \text{ Дб,}$$

де  $E_{Ввх}$  – вертикальна складова напруження електричного полі на вході в екран, то

$$E_{Ввх} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,6 \cdot 10^{\frac{76,4}{20}} = 3964,1 \text{ В.}$$

Отже, безпечна робота системи ЧПК верстата 1В340Ф30 в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена, якщо значення вертикальної складової напруженості електричного поля не перевищуватиме 3964,1 В/м.

### 6.5.3 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстата 1В340Ф30 в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що дозволяє оцінити безпеку роботи системи ЧПК верстата 1В340Ф30 в умовах дії іонізуючих випромінювань, є максимальне значення потужності дози, яка може зумовити виникнення змін в елементній базі системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз принципової схеми системи ЧПК верстата 1В340Ф30 показав, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, транзистори, конденсатори, резистори, діоди, діелектричні матеріали, кварцові елементи, магнітні матеріали, мікросхеми індуктивності та напівпровідники.

Граничне значення потужності дози гамма-випромінювання для системи за довідниковими даними складає  $p_{гр} = 10^4$  Р/с.

Таблиця 6.9 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для системи ЧПК верстата 1В340Ф30

Елементи і матеріали системи ЧПК	Границя стійкості елементів системи ЧПК, $p_{гр,i}$ , Р/с	Границя стійкості для системи ЧПК в цілому, $p_{гр}$ , Р/с
Транзистори, діоди	$10^5$	10 <sup>4</sup>
Інтегральні схеми, напівпровідники	$10^4$	
Конденсатори, індуктивності	$10^5$	
Резистори	$10^6$	
Діелектричні матеріали	$10^4$	
Мікросхеми	$10^4$	
Магнітні матеріали	$10^7$	
Кварцові елементи	$10^{10}$	

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання визначається за формулою

$$p_{гр} = p_{зв} \cdot K_{нос} \cdot K_{над} = 10^4 \cdot 10 \cdot 0,95 = 9,5 \cdot 10^4 \text{ Р/с},$$

де  $p_{зв}$  – мінімальне значення рівня радіації, що може спричинити початок зворотних змін в елементах системи ЧПК верстата 1В340Ф30;

$K_{пос} = 10$  – коефіцієнт послаблення радіації;

$K_{над} = 0,9 \cdot 0,95$  – коефіцієнт надійності роботи.

Проведений розрахунок показав, що безпечна робота системи ЧПК верстата 1В340Ф30 в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечена, якщо в умовах експлуатації потужність дози іонізуючих випромінювань не перевищуватиме  $9,5 \cdot 10^4$  Р/с.

## 6.6 Висновки

Розглянуто умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020».

Проведені розрахунки з оцінки безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань на прикладі верстата 2В340Ф30 дають змогу зробити висновок, що система працюватиме безпечно в умовах дії цих чинників, якщо інтенсивності впливу іонізуючого та електромагнітного випромінювань не перевищуватимуть, відповідно,  $9,5 \cdot 10^4$  Р/с і 3964,1 В/м.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020». Для удосконалення ТП використано сучасне автоматизоване обладнання – верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки до трьох, скоротити кількість необхідних верстатів, працюючих, виробничі площі, забезпечивши при цьому необхідну якість деталі, суттєво зменшивши час обробки, а значить і собівартість обробки. В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Кришка» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Виконане розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

3. В науковій частині роботи виконане техніко-економічного порівняння способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка» для умов середньосерійного виробництва з урахуванням собівартості виготовлення вихідної заготовки, кількості переходів механічної обробки точних поверхонь, трудомісткості механічної обробки, технологічної собівартості механічної обробки та цехової собівартості виготовлення деталі. Встановлено, що для деталі «Кришка ВС.80.01.020» найраціональнішим способом виготовлення заготовки є лиття під тиском, оскільки собівартість виготовлення заготовки при цьому

найменша і складає 23,8 грн.

Запропонована методика може бути використана для аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів у машинобудівному виробництві, а також у навчальному процесі.

4. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 20642 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол.

5. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Кришка ВС.80.01.020», визначені капітальні вкладення – 414115,1 грн., одержаний прибуток – 385668,33 грн., термін окупності вкладень – 1,07 року.

6. В МКР розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020».



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
2. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
3. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
5. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. – К. : ІСДО, 1993. – 304 с.
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
7. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ26645-85. – [Чинний від 1987-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
9. Дусанюк Ж. П. Техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка» / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, В. М. Бенедик // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), Вінниця, 18-29 травня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9826>.
10. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.



11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2. Практикум : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.

12. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / В. Б. Борисов, Е. И. Борисов, В. Н. Васильев [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.

13. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / Ю. А. Абрамов, В. Н. Андреев, Б. И. Горбунов [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

14. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов : справочник. Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский [и др.] / под ред. Ю. В. Барановського. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – М. : Экономика, 1990. – 206 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.

17. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В. И. Комиссаров, В. И. Леонтьев. – М. : Машиностроение, 1985. – 224 с.

18. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

19. Безопасность труда в промышленности / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Саборно [и др.] – К. : Техника, 1982. – 228 с.

20. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах студентів технічних спеціальностей / Уклад. І. В. Віштак. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 45 с.

## ДОДАТКИ



## **1 Підстави для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## **2 Мета і призначення МКР**

а) мета – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

**3 Джерела розробки:** завдання на МКР, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

## **4 Вхідні дані для виконання МКР**

При виконанні МКР в якості вхідних даних було задано:

- деталь типу «Кришка ВС.80.01.020»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 8000 шт.;
- приведена програма – 20642 шт.;
- матеріал деталі – АК7 ГОСТ1583-93;
- серійність виробництва – середньосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кришка ВС.80.01.020» на базі автоматизованого обладнання з вибором оптимального варіанту.

## **5 Вимоги до виконання МКР**

МКР повинна бути виконана в задані терміни згідно завдання, затвердженого кафедрою ТАМ та замовником (якщо тема виконана за завданням підприємства).

При виконанні МКР забезпечити прийняття прогресивних інженерних рішень, що забезпечать досягнення поставленої мети.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених

кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

### **6 Етапи та стадії розробки**

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 4 основних частин:

- спеціальна;
- економічна частина;
- охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях;
- графічна.

На кожну частину, завдання видає викладач відповідної кафедри, контролює процес роботи та візує виконану роботу підписом у бланку завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	01.09.20 р.	22.10.20 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»	01.09.20 р.	22.10.20 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Спеціальна частина Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020». Техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Кришка». Розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»	05.10.20 р.	25.11.20 р.	розділ 2, 3, 4 публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	05.10.20 р.	25.11.20 р.	розділ 54, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	05.10.20 р.	25.11.20 р.	розділ 6
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	05.10.20 р.	04.12.20 р.	пояснювальна записка

Загальне керівництво магістерською кваліфікаційною роботою здійснює викладач випускної кафедри, він же керує виконанням спеціальної частини.

**7 Економічні показники:** термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції; економічна перевага в порівнянні з іншими.

### **8 Матеріали, що подаються до захисту МКР**

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, рецензія.

### **9 Порядок контролю виконання та захисту МКР**

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами.

Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, яка затверджена наказом ректора.

#### **10 Вимоги до оформлення МКР**

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011 р.

#### **11 Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом**

Відсутні.

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту

ЗАТВЕРЖДУЮ  
керівник МКР: к.т.н., проф. каф. ТАМ

\_\_\_\_\_ Дерібо О. В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**Технічне завдання**

на удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки

**Найменування та область застосування**

Удосконалений технологічний процес та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» призначена для механічної обробки поверхонь деталі згідно з кресленням, а також забезпечувати вимоги до точності деталі, що вказані в розділі «Технічні вимоги».

Дільниця механічної обробки повинна відповідати умовам безпечної роботи, передбаченими ГОСТ 12.2.029-77. Обладнання дільниці передбачається експлуатувати в приміщенні механоскладального цеху.

**Підстава для проектування**

Проектування дільниці механічної обробки деталі і удосконалення існуючого ТП механічної обробки на підставі технічного завдання до МКР, складеного керівником і затвердженого кафедрою ТАМ.

**Мета і призначення розробки**

Метою МКР є удосконалення існуючого базового ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020» і проектування дільниці механічної обробки на базі сучасних технологій, обладнання і на основі наукової організації праці.

**Джерела розробки**

- Дійсне технічне завдання.
- Креслення деталі і заготовки.
- Базова маршрутна технологія механічної обробки деталі «Кришка ВС.80.01.020».
- Єдина система конструкторської та технічної документації.
- Загальні правила по розробці технологічних процесів вибір засобів технологічної оснастки згідно ГОСТ 14.301-83.

**Технічні показники**

Вхідні дані для проектування дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка ВС.80.01.020»:



- річний об'єм випуску деталей –  $N_p = 8000$  шт.;
- маса деталі –  $m_d = 0,26$  кг;
- матеріал заготовки – АК7 ГОСТ 1583-93.

Технічні вимоги на деталь вказані в робочому кресленні, що додається до дійсного технічного завдання.

Виробнича дільниця служить для розміщення на ній верстатів, транспортних ліній, завантажувальних пристроїв, пристосувань та іншого допоміжного обладнання.

Верстати в лінії повинні бути розташовані у відповідності з технологічним процесом механічної обробки.

Дільниця повинна бути спроектована відповідно до вимог безпеки праці і пожежної безпеки.

Вимоги до забезпеченості використання дільниці механічної обробки, спроектованої на основі розробленого технологічного процесу

Спроектована дільниця механічної обробки повинна передбачати безпечність праці. Верстати, та пристосування на дільниці мають бути розташовані таким чином, щоб вони не заважали роботі працівників, тобто рухомі елементи верстатів (затискні ручки, захисні щити, які відокремлюють працівника від небезпечних зон верстатів) не повинні перекривати зону руху працівників. Проходи між верстатами повинні бути спроектовані з врахуванням того, що там можуть бути тимчасові склади для заготовок та напівфабрикатів, та візків, які транспортують заготовки в процесі обробки деталей, але це не повинно заважати рухатись робітнику.

Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту

Дільниця механічної обробки має цехову ремонтну базу і технічне обслуговування та ремонт здійснювати згідно правил ППР. Кінцеву підналадку і регулювання виконувати після обробки пробних заготовок.

Економічні показники.

До економічних показників входять:

- термін окупності;
- собівартість одиниці продукції;
- величина капітальних вкладень;
- економічна перевага в порівнянні з іншими.

Стадії та етапи розробки.

Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

## Додаток Б

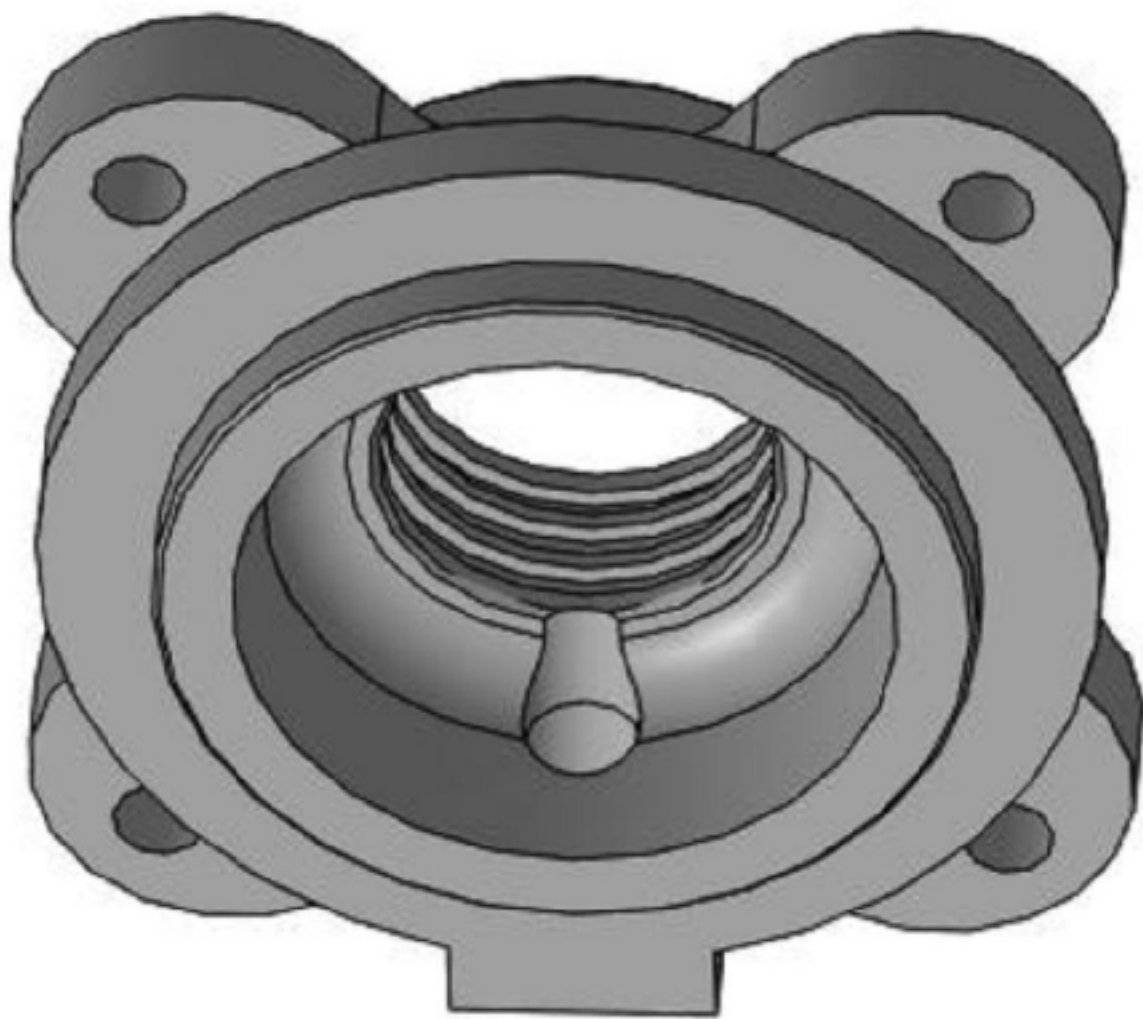
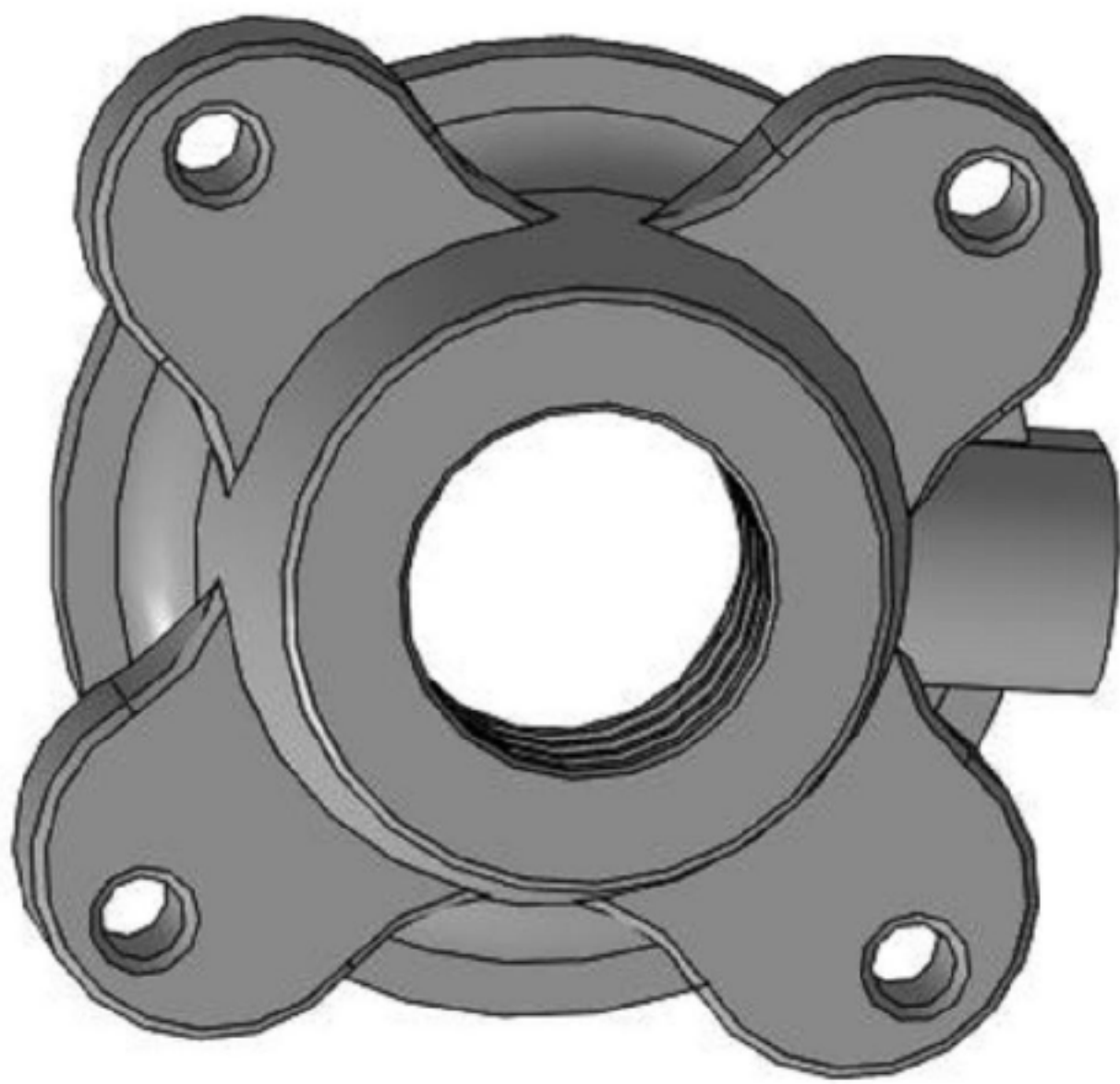
Графічна частина







*3D-модель деталі  
"Кришка ВС.80.01.020"*





## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ

### ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»

*Метою роботи* є виконання аналізу можливих способів виготовлення литої заготовки деталі типу «Кришка» і виявлення найраціональнішого за техніко-економічними показниками.

Для досягнення мети роботи поставлені такі *завдання*:

- вибір методу виготовлення вихідної заготовки згідно з кресленням деталі;
- вибір можливих способів виготовлення заготовки;
- вибір норм точності для вибраних способів;
- визначення коефіцієнтів точності мас та маси заготовок при різних способах їх виготовлення;
- розрахунок собівартості виготовлення заготовок;
- визначення найточніших поверхонь деталі;
- вибір допусків розмірів поверхонь заготовки та визначення кількості ступенів їх обробки;
- нормування операцій механічної обробки;
- визначення сумарної собівартості механічної обробки;
- розрахунок витрат на виготовлення вихідних заготовок та механічну обробку для різних способів їх виготовлення;
- встановлення найраціональнішого способу виготовлення вихідної заготовки і розробка її конструкції.

Дослідження виконувались на прикладі деталі «Кришка ВС.80.01.020», що виготовляється в умовах середньосерійного виробництва. Матеріал заготовки – ливарний алюмінієвий сплав АК7 (ГОСТ 1583-93, ДСТУ 2839-94). Маса деталі – 0,26 кг. Річна програма випуску – 8000 шт.

Розглянуті такі можливі для використання у середньосерійному виробництві способи лиття:

- в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші (ПГФМФ);
- в оболонкові форми (ОФ);
- за виплавними моделями (ВМ);
- в кокіль (К);
- під тиском (Т).



## ТЕХІШКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ

### ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА» (продовження)

Таблиця 1 – Норми точності для можливих способів лиття (згідно з [7])

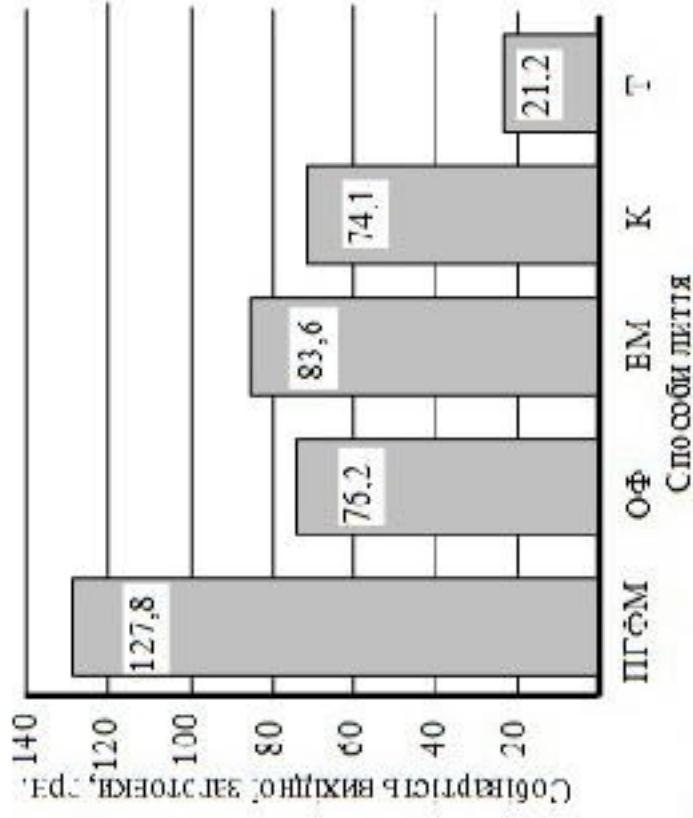
Способи лиття	В піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші		В оболонкові форми		За виплавними моделями		В кокіль		Під тиском	
	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято	згідно з [7]	прийнято
	7т – 11	9т	7т – 12	9	5т – 9т	7т	5 – 9	7	3 – 7т	5т
Клас розмірної точності	4 – 7	6	4 – 7	6	4 – 7	5	2 – 5	4	2 – 5	3
Ступінь жолоблення	9 – 16	12	7 – 13	10	4 – 9	6	5 – 10	7	3 – 7	5
Шорсткість поверхонь виливка ( $Ra$ , мкм)	25		16		6,3		8		5	
Клас точності маси	5т – 12	9т	5 – 12т	9	3т – 9	5	4 – 11т	7	1 – 7	5т
Ряд припусків	4 – 7	5	3 – 6	4	1 – 4	3	2 – 5	3	1 – 4	2

Таблиця 2 – Прийнятні значення показників і коефіцієнтів, які входять у собівартість виготовлення вихідної заготовки для розглянутих способів лиття

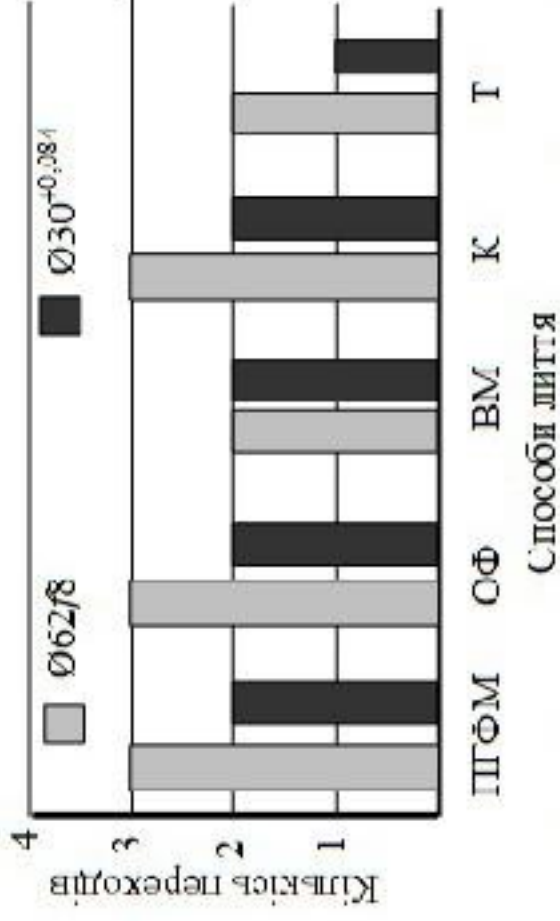
Показники	Способи лиття	В піщано-глинисті форми з машинним форм. суміші	В оболонкові форми	За виплавними моделями	В кокіль	Під тиском
$K_{\Sigma}$		1,05	1,05	1,0	1,0	1,0
$K_M$		5,94	2,67	2,4	4,23	1,0
$K_{\text{с}}$		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$K_{\text{в}}$		1,05	1,16	1,02	0,83	0,9
$K_{\text{д}}$		1,0	1,07	1,23	1,15	1,09
Коефіцієнт точності маси		0,625	0,875	0,9	0,813	0,965
Маса вихідної заготовки, кг		0,42	0,3	0,29	0,32	0,27
Базова вартість однієї тонни заготовок, грн		46800	73200	96000	57600	80400
Собівартість виготовлення вихідної заготовки, грн		127,8	76,14	83,65	74,05	21,24



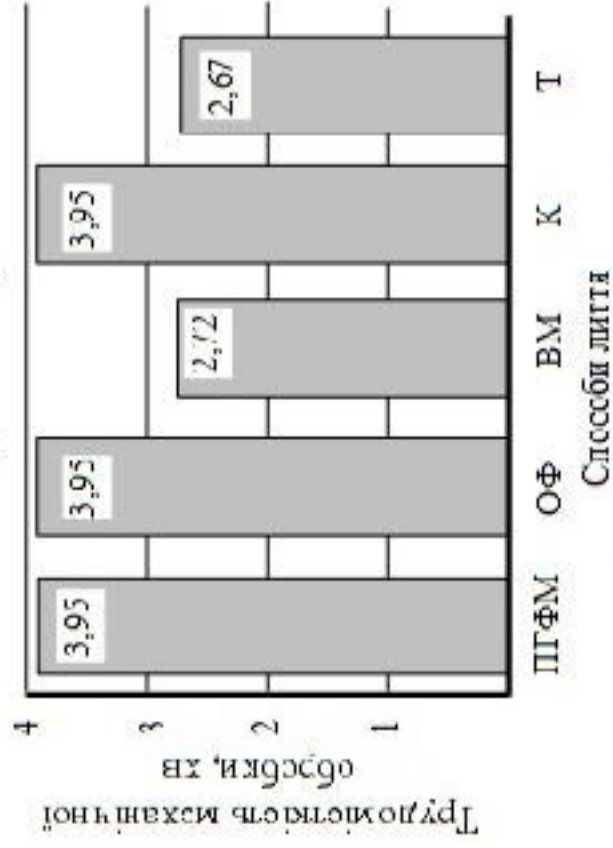
**ТЕХІШКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА» (продовження)**



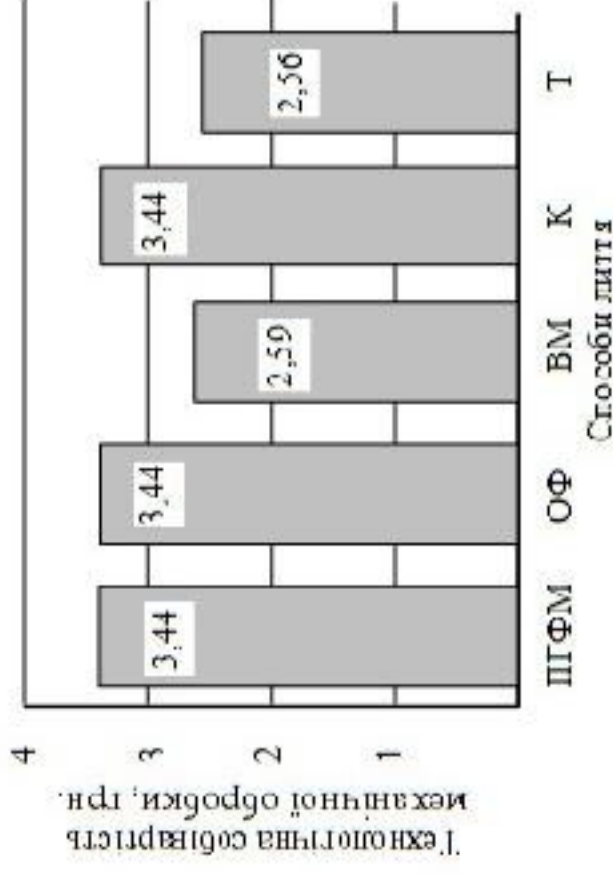
**Рисунок 1 – Залежність собівартості виготовлення вихідної заготовки від способу лиття**



**Рисунок 2 – Залежність кількості переходів механічної обробки найточніших поверхонь від способу лиття**



**Рисунок 3 – Залежність трудомісткості механічної обробки від способу лиття**



**Рисунок 4 – Залежність технологічної собівартості механічної обробки від способу лиття**

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ

### ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА» (продовження)

#### Висновки

1. За допомогою методу лінійного програмування досліджено вплив геометричних параметрів різця (радіуса заокруглення вершини різця, головного і допоміжного кутів в плані) на оптимальні значення режимів різання (швидкість різання і подачу) для чистового і тонкого розточування.

2. Встановлено, що за умови забезпечення сталої величини стійкості різця:

- збільшення радіуса вершини різця дозволяє збільшити оптимальну подачу як для чистового, так і для тонкого розточування;

- збільшення радіуса вершини різця зменшує оптимальну швидкість різання як для чистового, так і для тонкого розточування;

- збільшення кута головного кута в плані зменшує оптимальну швидкість різання як для чистового, так і для тонкого розточування.

- збільшення допоміжного кута в плані зменшує оптимальну швидкість різання як для чистового, так і для тонкого розточування.

3. Результати роботи можуть бути корисними для проектування операцій технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві, а також у навчальному процесі.

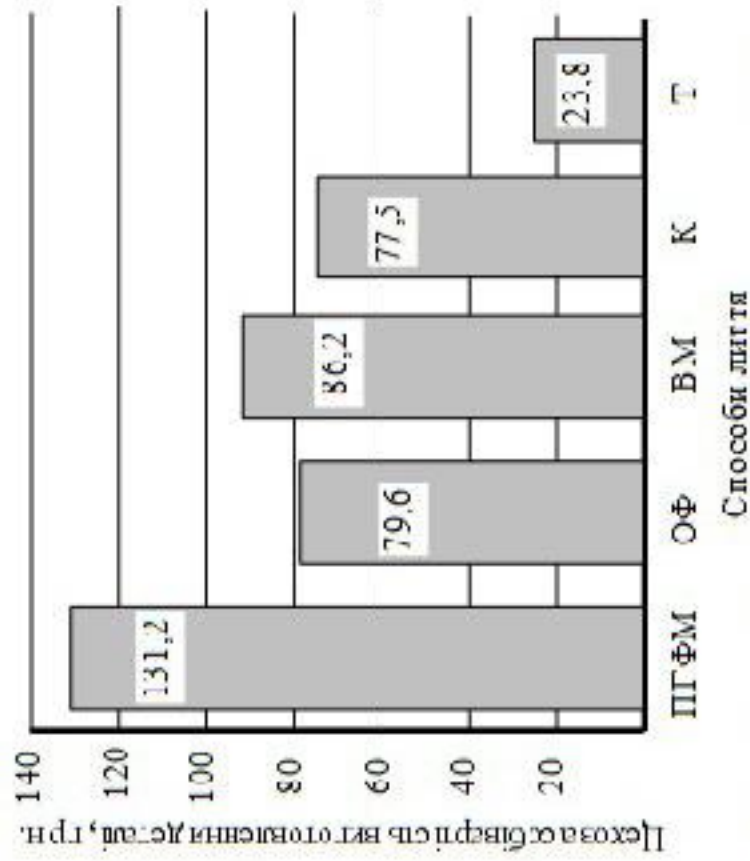


Рисунок 5 – Залежність цехової собівартості від способу ЛІТТЯ



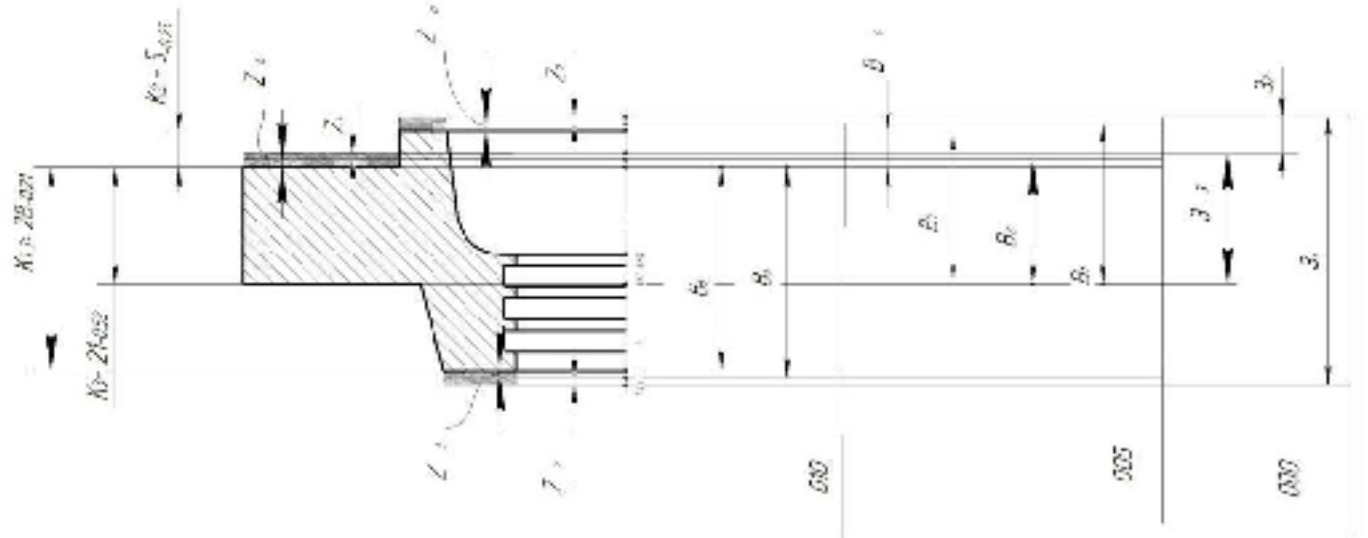


## Маршрут механічної обробки деталі "Кришка ВС.80.01.020"

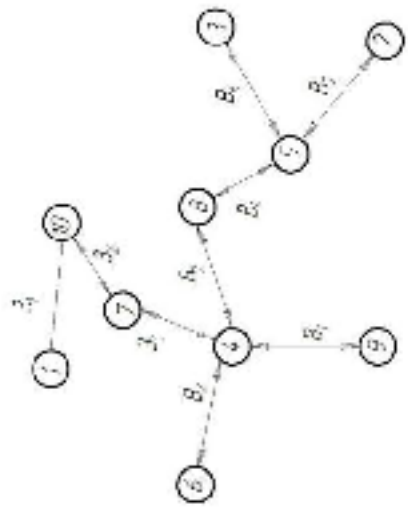
№ операції	Операції і переходи	Ескіз обробки по схемі установки	Тип обладнання
005	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Точити поверхні ①, ②, ③ попередньо</li> <li>3. Точити поверхні ④, ⑤ остаточно, поверхню ⑥ попередньо в розмір <math>\phi 62,2</math></li> <li>4. Точити поверхню ⑦ остаточно в розмір згідно ескіза</li> <li>5. Розточити поверхню ⑧ попередньо в розмір <math>\phi 29,7</math></li> <li>6. Розточити поверхню ⑨ остаточно в розмір згідно ескіза</li> <li>7. Розточити канавки ⑩ однократно в розмір згідно ескіза</li> <li>8. Зняти деталь</li> </ol>		Токарно-револьверний з ЧПК ГДЗІ-01Ф30
010	<p style="text-align: center;"><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати пов. ① попередньо в розмір 28,6</li> <li>3. Фрезерувати пов. ② остаточно в розмір згідно ескіза</li> <li>4. Фрезерувати 4 поверхні ③ в розмір згідно ескіза</li> <li>5. Центрувати 4 отвори ④</li> <li>6. Свердлити 4 отвори в розміри згідно ескіза</li> <li>7. Зняти заготовку</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК ГДЗІ7МФ3
015	<p style="text-align: center;"><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити та закріпити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати поверхню ① однократно в розмір згідно ескізу. 52-мм</li> <li>3. Центрувати отвір ②</li> <li>4. Свердлити штифт ③ в розмірі <math>\phi 9</math>мм під різь, на глибину 36,5 мм.</li> <li>5. Занювіти фаску ④ в розмір згідно ескізу</li> <li>6. Нарізати різь ⑤ в розмір згідно ескізу</li> <li>7. Зняти готову деталь.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК ГДЗІ7МФ3

# Розмірний розрахунок маршруту механічної обробки деталі "Кришка ВС.80.01.020"

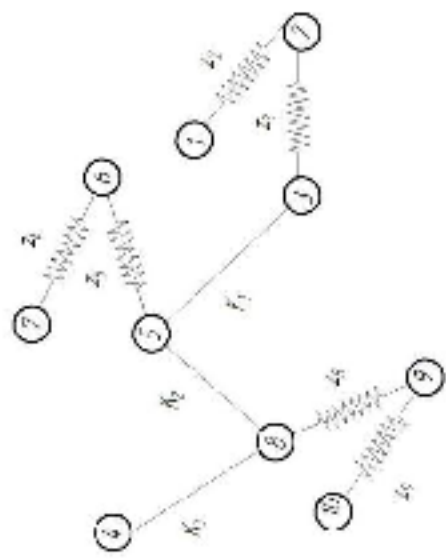
Розрахункова схема розмірного розрахунку



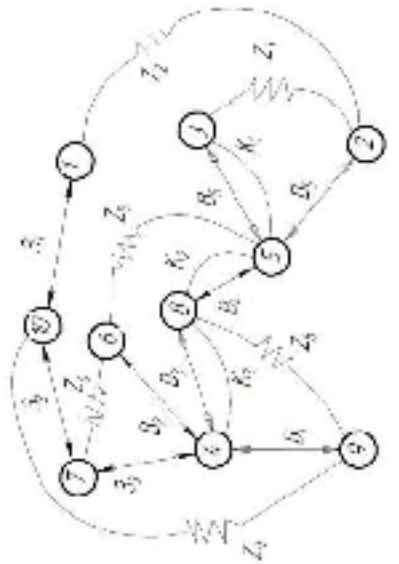
Похідний граф-дерево



Вихідний граф-дерево



Суміщений граф



Позначення розміру	Графічне зображення розміру, мм		Відсоток	Коефіцієнт розширення	Допустиме розширення в технологічному документі	Значення розширення при зміні температури вилучення деталі
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
B <sub>1</sub>	216	2244	0,84	22,02	22,02 ± 0,42	-
B <sub>2</sub>	5,32	5,75	0,93	5,75	5,75 ± 0,13	-
B <sub>3</sub>	20,48	21	0,52	21	20,98	-
B <sub>4</sub>	5,75	5	0,25	5	5-0,02	-
B <sub>5</sub>	29,6	29,12	0,92	29,12	29,09-0,01	-
B <sub>6</sub>	27,79	28	0,21	28	28-0,21	-
Z <sub>1</sub>	39,6	40,5	0,9	40,5	-	40,5 ± 0,45
Z <sub>2</sub>	6,63	7,2	0,51	7	-	7 ± 0,25
Z <sub>3</sub>	17,65	17,65	0,8	17,25	-	17,25 ± 0,4

Значення мінімальних припусків на окремі поверхні

Позначення поверхні	Спосіб обробки	Мінімальне припускання в мм
Z <sub>1</sub>	Спосіб обробки	
Z <sub>2</sub>	Нарізні операції	0,1
Z <sub>3</sub>	Нарізні операції	0,6
Z <sub>4</sub>	Нарізні операції	0,6
Z <sub>5</sub>	Нарізні операції	0,6
Z <sub>6</sub>	Нарізні операції	0,6
Z <sub>7</sub>	Нарізні операції	0,6
Z <sub>8</sub>	Нарізні операції	0,6
Z <sub>9</sub>	Нарізні операції	0,1









## *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>АК7</i>	<i>АК7</i>
<i>Спосіб одержання заготовки</i>	
<i>Лиття в кокіль</i>	<i>Лиття під тиском</i>
<i>Собівартість заготовки</i>	
<i>77,5 грн.</i>	<i>23,8 грн.</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	
<i>0,813</i>	<i>0,965</i>
<i>Кількість операцій</i>	
<i>4 операції</i>	<i>3 операції</i>
<i>Кількість верстатів</i>	
<i>5 верстатів</i>	<i>3 верстати</i>
<i>Кількість працюючих</i>	
<i>9 основних робітників</i>	<i>5 основних робітників</i>
<i>Виробнича площа ділянки, м<sup>2</sup></i>	
<i>175</i>	<i>92</i>
<i>Виробнича собівартість одиниці продукції</i>	
<i>68,34 грн.</i>	<i>47,46 грн.</i>
<i>Капітальні вкладення</i>	
<i>-</i>	<i>414 115,1 грн.</i>
<i>Економічний ефект</i>	
<i>-</i>	<i>212378,78 грн.</i>
<i>Термін окупності</i>	
<i>-</i>	<i>1,95 року</i>