

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 ПЕРЕДНЯ ГМ.10»**

08-26.МКР.023.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ІПМ-18м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

Табаков Б. В. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Репінський С. В. _____

« ____ » _____ 201_ р.

Рецензент: _____

« ____ » _____ 201_ р.

Вінниця ВНТУ – 2019 рік

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

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

ПОГОДЖЕНО
Директор _____
(назва підприємства)

(ініціали та прізвище директора)

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Табакову Богдану Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»

керівник МКР _____ Репінський Сергій 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 передня ГМ.10»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 15000 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 передня ГМ.10»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Кришка передня ГМ.10» (A2); 3D-модель деталі (A1); заготовка деталі (випуск) (A2); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень на 010 операцію (2A1); дослідження величини припусків, визначених за нормативними даними та розмірним аналізом технологічного процесу (2A1); план дільниці механічного цеху (A1); техніко-економічні показники (A1)

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Репінський С. В., доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Руда Л. П., доцент 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)

Табаков Б. В.

Керівник МКР

(підпис)

Репінський С. В.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»	12
1.1 Сутність технічної проблеми	12
1.2 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення та технічні умови на виготовлення	12
1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»	14
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	18
1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	19
1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу	23
1.7 Розробка технічного завдання на МКР	25
1.8 Висновки	25
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»	26
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	26
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	30
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	35
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	49
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	50
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	53

	5
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	55
2.8 Дослідження величини припусків, визначених за нормативними даними та розмірним аналізом технологічного процесу	57
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	70
2.10 Призначення режимів різання	76
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	80
2.12 Визначення технічних норм часу	81
2.13 Висновки	84
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»	86
3.1 Розрахунок приведеної програми	86
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	89
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	91
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	93
3.5 Висновки	95
4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»	96
4.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки	96
4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»	103
4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	109
4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	112
4.5 Розрахунок величини чистого прибутку	113
4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	114
4.7 Висновки	116

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	117
5.1 Аналіз умов праці	117
5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	118
5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи	123
5.4 Пожежна безпека	123
5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях	124
5.6 Висновки	128
ВИСНОВКИ	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	131
ДОДАТКИ	133

АНОТАЦІЯ

Табаков Б. В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» : дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Б. В. Табаков. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Кришка»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» 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 ділянку механічної обробки.

В науковій частині роботи виконано дослідження припусків на механічну обробку плоских поверхонь двома методами – нормативним та шляхом проведення розмірного аналізу технологічного процесу, вибрано найбільш доцільний варіант, який гарантовано забезпечить якість 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 ділянки 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

Tabakov B. V. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece details of the type «Cover front GM.10» : dissertation for the degree of master's degree in the specialty 131 «Applied Mechanics» / B. V. Tabakov. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnitsia, 2019.

The purpose of the work is to improve the technological process of machining workpiece type «Cover front GM.10» by applying advanced technological processes using high-performance equipment, a modern approach to the choice of machines, tools, equipment, which will provide the required quality of parts while reducing processing time, reducing the required quantity of equipment, working space, energy costs, cost of the product.

To achieve this goal, a review of technologies for manufacturing parts of the type «Cover» was carried out; made a variant choice and feasibility study of the method of manufacturing the workpiece; variants of the route of mechanical processing of details of type «Cover front GM.10» using modern CNC machines and choosing the best of them at the minimum of the resulted costs are developed; dimensional-accurate modeling of advanced technological process of machining is carried out; cutting modes and time limits are defined; the amount of equipment and workers is calculated; machining section has been improved.

In the scientific part of the work, we investigated the allowances for machining flat surfaces by two methods – normative and by carrying out dimensional analysis of the technological process, selected the most appropriate option, which is guaranteed to ensure the quality of processing.

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

Occupational health and safety measures have also been developed.

The graphic part illustrates the illustrations in the explanatory note.

ВСТУП

Актуальність. На даний час все більше зростає потреба у високопродуктивному виробництві точних деталей з використанням гнучких технологічних процесів, що виконуються на обладнанні з ЧПК. Такий підхід до виробництва дозволяє переходити з одного типорозміру деталі на інший з мінімальними затратами часу на переналадку пристосувань та обладнання. При досить значних обсягах виробництва та розширеній номенклатурі виробів використання таких технологічних процесів стає все більш актуальним.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні **завдання:**

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Кришка передня ГМ.10»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;

- провести дослідження використання раціонального методу визначення припусків на обробку плоских поверхонь деталі, що забезпечить необхідну якість обробки;

- розрахувати режими різання;

- виконати нормування операцій технологічного процесу;

- встановити приведену програму виробів;

- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;

- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;

- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика вибору припусків на механічну обробку плоских поверхонь деталі з проведенням порівняльного аналізу різних варіантів (нормативного вибору та шляхом проведення розмірного аналізу технологічного процесу) і вибору найбільш раціонального.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених

деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі. При цьому запропоновані такі рішення:

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» є лиття під тиском та лиття в кокіль. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки вартість заготовки при цьому складає 94,03 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 116,49 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» 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 великосерійному виробництві, яка складає 26610 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 2 чол., всього працівників на дільниці – 6 чол.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

- XLVII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 14-23 березня 2018 р.).

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді:

- Дослідження величини припусків, визначених розмірним аналізом та за нормативними даними [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Б. В. Табаков, В. О. Сіроштаненко // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4810>.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»

1.1 Сутність технічної проблеми

В розвитку технології обробки металів різанням за останній час відбуваються докорінні зміни. Інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування різальних інструментів з нових інструментальних матеріалів, розширення області застосування обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), створення гнучких виробничих систем і роботизованих верстатних комплексів з керуванням від ЕОМ, підвищення розмірної і геометричної точності, що досягається при обробці – неповний перелік важливих напрямків розвитку технологій механічної обробки в машинобудуванні.

Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» розробляється на основі базового підприємства. Це підприємство спеціалізується на виготовленні гідравлічних агрегатів, зокрема шестеренних гідромашин.

На підприємстві було розроблено і впроваджено технологічний маршрут механічної обробки деталі «Кришка передня ГМ.10» з врахуванням існуючих можливостей. На даний момент ця технологія застаріла і наразі стоїть питання про вдосконалення технології обробки. Враховуючи можливості підприємства на даний момент, а також можливі перспективи, необхідно розробити удосконалений маршрут механічної обробки деталі.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення та технічні умови на виготовлення

Розглядувана деталь «Кришка передня ГМ.10» (рис. 1.1) входить до конструкції гідромотора шестеренного типу ГМШМР-10Г. Основне службове призначення деталі – закриття порожнини гідромотора. Крім того, два отвори $\varnothing 24H7^{(+0,021)}$ використовуються як опорні поверхні для шестерень гідромотора.

Отвір $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ призначений для встановлення підшипників з валом. Матеріал деталі – алюмінієвий сплав АК7 ГОСТ 1583-93, який має добрі ливарні властивості, маса деталі $m_d = 0,86$ кг.

Виконавчими поверхнями деталі є площина А, що задана розміром 67, два отвори $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$, вони є основними конструкторськими базами.

Допоміжними конструкторськими базами є два отвори $\varnothing 24H7^{(+0,021)}$, отвір $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$, фасонне заглиблення розміром $R4^{+0,1}$ ($R20^*$), розточка $\varnothing 42,6H13^{(+0,39)}$, площини паралельні площині А, що задані розмірами $6_{-0,24}$, $20 \pm 0,26$, 38 , 8 різьбових отворів М8-6Н, 3 кріпильні отвори М10-6Н.

Всі інші поверхні є вільними.

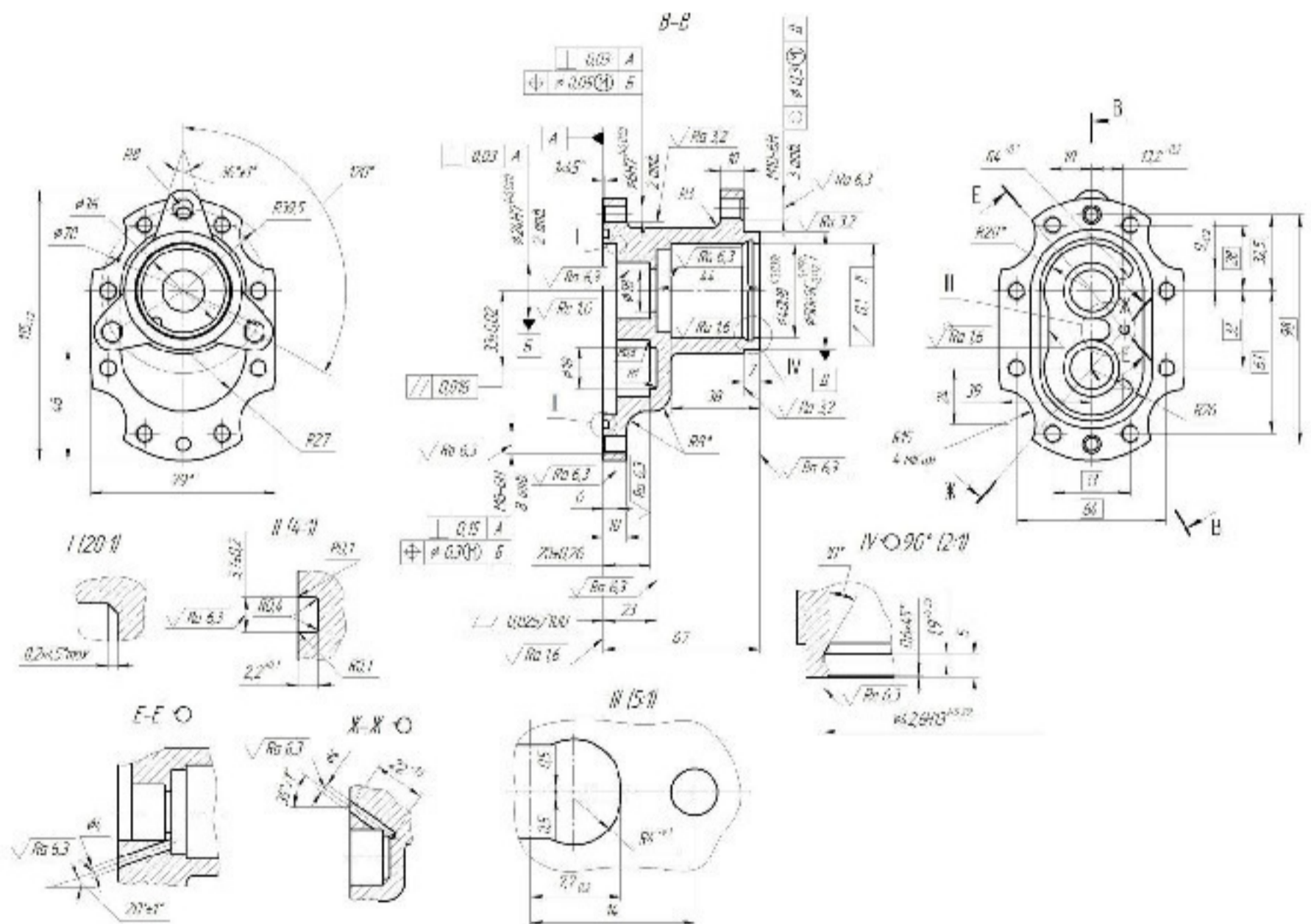


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Кришка передня ГМ.10»

До основних та допоміжних конструкторських баз поставлені відповідні вимоги по точності, шорсткості, відносного розташування, що мають бути забезпечені при механічній обробці.

Вивчивши креслення деталі «Кришка передня ГМ.10» можна зробити висновок, що у спрощенні конструкції необхідності немає.

Можливе використання високопродуктивних методів обробки, тобто можливе використання при обробці верстатів з ЧПК. При цьому кількість установлень зводиться до мінімуму.

1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»

При розробці ТП механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові ТП обробки подібних деталей. При цьому можна скоротити терміни проектування і покращити якість розробки [1, 2, 6].

Задана деталь «Кришка передня ГМ.10» за своєю конфігурацією близька до деталей типу «Стакан» або «Фланець». Тип виробництва середньосерійний.

В серійному виробництві доцільно застосовувати високопродуктивне обладнання, верстати з ЧПК, багатоцільові верстати і т. ін. Оснащення може бути стандартним, УСП, так і спеціалізованим.

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні (бажано основні конструкторські бази), які в подальшому будуть слугувати технологічними базами. Для базування заготовки використовуються необроблені чорнові поверхні (бази).

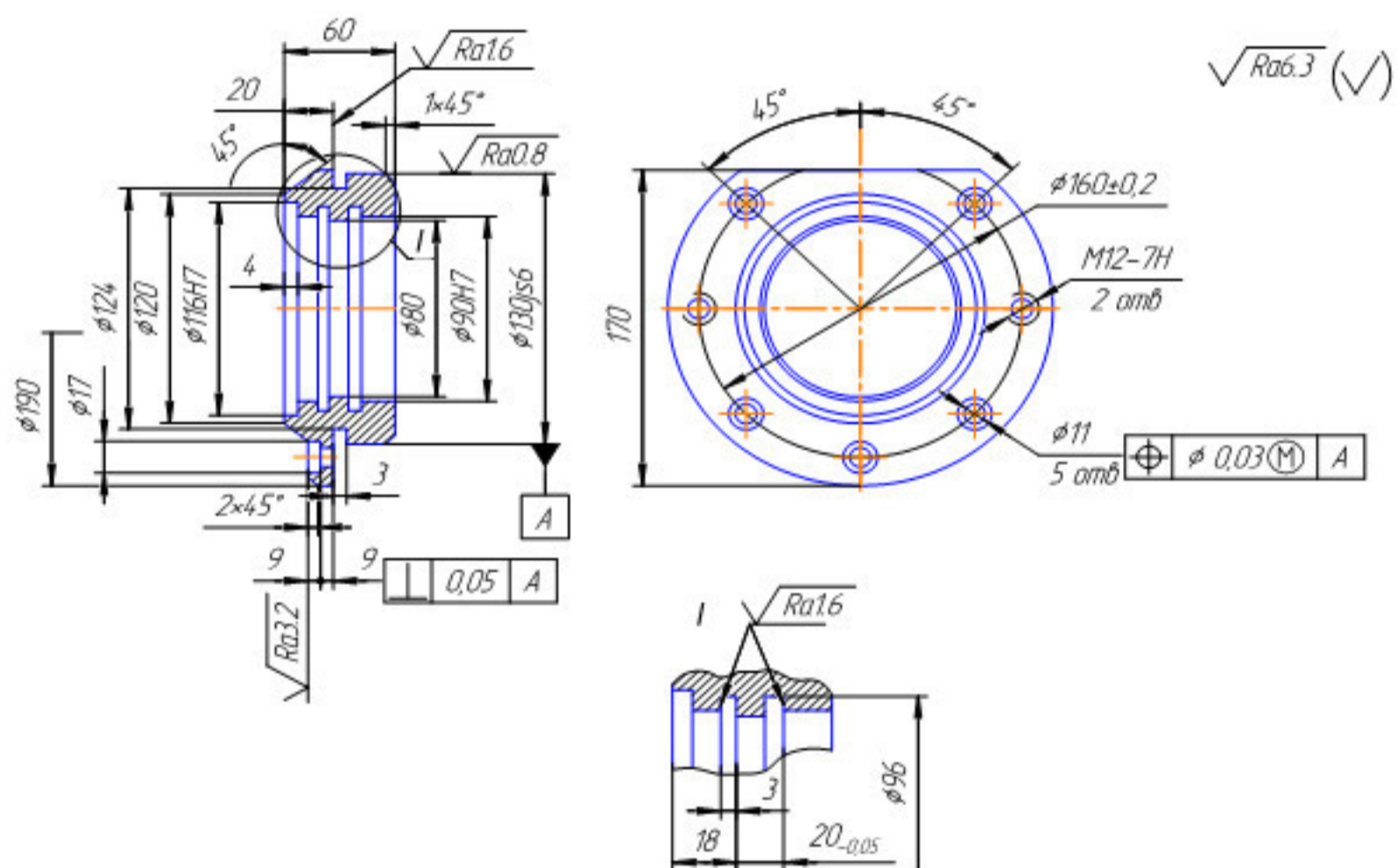
Після того як проведено обробку базових поверхонь виконується токарна обробка всіх зовнішніх поверхонь деталі. Для установлення заготовки може бути використаний 3-х кулачковий самоцентрувальний патрон, цанговий, поводковий з плаваючим переднім центром тощо. Найбільш продуктивним способом обробки є точіння (або розточування) отворів різцевими головками.

Після чистової обробки поверхонь обертання проводяться операції по

обробці місцевих елементів: фрезерування шпонкових пазів, канавок, обробка різьбових отворів і т. ін. При використанні установлення заготовки в призмі виникає похибка базування у вигляді зміщення осі заготовки. Різьбові отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК, точність яких складає $\pm 0,01$ мм.

При обробці деталей даного класу намагаються обробити якнайбільшу кількість поверхонь з одного установу. Для цього підбирають відповідне обладнання, яке дозволяє виконувати різні операції. Це, наприклад, багатоцільові верстати або оброблюючі центри, а в масовому виробництві це можуть бути автоматичні оброблюючі лінії.

Типовий маршрут обробки деталі «Стакан» (рис. 1.2) представлений у вигляді таблиці 1.1 [6].



Вид заготовки – вилівок.
Матеріал – чавун СЧ20.

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Стакан»

Таблиця 1.1 – Маршрут механічної обробки деталі типу «Стакан»

Операція	Зміст та найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття.		
010	Обрубка і очищення виливка.		
015	Підрізати торці $\varnothing 130Js6/\varnothing 90H7$, торець $\varnothing 190$ (правий торець), точити поверхню $\varnothing 130Js6$, точити канавку, розточити отвори $\varnothing 80$ і $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці $\varnothing 190$ (лівий торець), торець $\varnothing 144$, розточити отвір $\varnothing 116H7$, точити поверхні $\varnothing 190$ і конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Термічна обробка.		
030	Підрізати торець $\varnothing 130Js6/\varnothing 90H7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 130Js6$ з підрізанням торця $\varnothing 190$ (правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ і отвір $\varnothing 80$, канавки $3 \times \varnothing 96$ остаточно, притупити гострі кромки.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
035	Підрізати торці $\varnothing 144/\varnothing 116H7$, точити поверхню $\varnothing 190$, конусну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ остаточно. Розточити отвори $\varnothing 90H7$, з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ під тонке розточування виточки $\varnothing 116H7$ і двох канавок $3 \times \varnothing 96$.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити 5 отворів $\varnothing 11$, два отвори $\varnothing 10,2$ під різьбу $M12 - 7H$, зенкувати 5 отворів $\varnothing 11/\varnothing 17$, фаски $2 \times 60^\circ$, нарізати різьбу $M12$. Фрезерувати лиски у розмір 120.	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердлильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці.	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори $\varnothing 90H7$.	Алмазно-розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати $\varnothing 130Js6$ з підшліфовуванням торця $\varnothing 190$ (правий торець).	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь.	Машина для миття	
065	Технічний контроль.		
070	Нанесення антикорозійного покриття.		

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки, яка використовується, може бути прийнята за основу. Але враховуючи тип виробництва доцільно застосувати верстати з ЧПК. Обробка ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідне постійне переналагоджування верстатів.

1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий технологічний процес механічної обробки деталі «Кришка передня ГМ.10», що використовується на підприємстві наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» (базовий)

№ операції	Назва операції	Верстат
005	Фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК 6P13PФ3
010	Фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК ГФ171М
015	Фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК ГФ171М
020	Свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2
025	Свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н118
030	Свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н118
035	Свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2

Базовий технологічний процес побудований з використанням верстатів з ЧПК (на більшості операцій), а також універсальних. Використовувані верстати з ЧПК є досить поширеними, порівняно недорогими. Але вони мають порівняно невелику кількість інструментів в інструментальних головках, тобто не дуже широкі технологічні можливості. Крім того, ці моделі є не досить сучасними та такими, що не дозволяють обробляти складні конфігурації деталей, забезпечувати високі квалітети точності обробки, час холостого ходу у них є досить великим. Верстати з ручним керуванням 2Н118 вимагають від робітників великого об'єму ручної роботи, їх професійний розряд повинен бути вищим, ніж при роботі на верстатах з ЧПК. Крім того, на універсальних верстатах неможливе багатостатне обслуговування інших деталей.

Тому виникає пропозиція розглянути можливість застосування багатоцільових верстатів з ЧПК сучасних моделей з досить широкими технологічними можливостями. Це дозволить впровадити більшу концентрацію технологічних переходів на операціях механічної обробки, а значить зменшити кількість верстатів, переустановлень деталей з одного верстата на інший. В результаті підвищиться точність обробки, так як зникає похибка установлення, зменшується суттєво допоміжний час, а отже і штучно-калькуляційний. Продуктивність праці робітників підвищується, собівартість обробки знижується.

1.5 Характеристика удосконалених технологічних процесів

1.5.1 Сучасні досягнення в галузі технологій, обладнання та оснастки при виготовленні подібних виробів

Ефективним засобом підвищення продуктивності в машинобудуванні є автоматизація і механізація технологічних і допоміжних процесів, що виконуються на різних етапах виготовлення деталі.

В серійному виробництві потрібно створювати гнучкі виробничі системи, що здатні автоматично переходити від обробки деталей одного типорозміру на інший. У вирішенні цих задач вирішальну роль відіграють верстати з ЧПК і багатоцільові верстати. Ці верстати по програмі виконують зміну оброблюваних заготовок і ріжучого інструменту, що дозволяє автоматично виконувати з одного установа практично повну обробку деталі. Наявність на верстатах багатоінструментальних магазинів з широким набором різальних інструментів дає можливість автоматично виконувати на одній чи декількох робочих позиціях з однієї установки заготовки різні технологічні переходи по обробці плоских і фасонних поверхонь, по обробці головних і кріпильних отворів, нарізанню різі і отриманню пазів і виточок. Зміна програми виробництва виконується за 1,5...4 хв.

Базування заготовки на багатоцільових верстатах виконується на столі верстата чи в пристосуванні найпростішого типу без направляючих втулок для інструменту. Таким чином, потрібна точність деталі повинна забезпечуватись безпосередньо технологічною системою. Значно підвищується продуктивність (в

2...4 рази) за рахунок зменшення допоміжного часу в результаті автоматичного циклу обробки і автоматичної заміни інструменту.

Для оперативної підготовки технологічного процесу використовують ЕОМ з набором програмного забезпечення САПР, що дозволяє автоматично отримувати технологічні процеси і створення керуючих програм для верстатів з ЧПК.

1.5.2 Основні пропозиції щодо побудови удосконалених технологічних процесів

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» пропонується провести шляхом впровадження багатоцільових верстатів, що мають змінні інструментальні головки з великою кількістю інструментів (32 і більше), високошвидкісні з можливістю суттєвого скорочення допоміжного часу. Наявність великої кількості інструментів дозволяє застосовувати різні методи обробки, тобто на одному верстаті сконцентрувати фрезерування, розточування, свердління, зенкерування, розвертування і т. д., що дозволить значно зменшити час на переустановлення деталі. Відпадає необхідність у використанні різних конструкцій пристосувань для установлення та закріплення деталі при механічній обробці. Можливе використання універсально-збірних конструкцій пристосувань. При цьому впроваджується багатостатне обслуговування, а вимоги до кваліфікації робітників знижуються, так як верстати працюють в напівавтоматичному або автоматичному режимі.

Вказані фактори сприяють підвищенню якості обробки деталей, зниженню її собівартості.

Удосконалені маршрути механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» приведені в таблицях 1.3-1.4.

Таблиця 1.3 – Удосконалений маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» (варіант 1)

№ операції	Назва операції	Верстат
005	Комбінована з ЧПК	Вертикальний багатоцільовий верстат з ЧПК HAAS VF-1 з поворотним столом
010	Комбінована з ЧПК	Вертикальний багатоцільовий верстат з ЧПК HAAS VF-1 з поворотним столом

Таблиця 1.4 – Удосконалений маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» (варіант 2)

№ операції	Назва операції	Верстат
005	Комбінована з ЧПК	Високошвидкісний багатоцільовий горизонтальний п'ятикоординатний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК IS 800 Глобус

Переваги запропонованих маршрутів механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»:

- максимальна концентрація обробки;
- зменшення до мінімуму зміни технологічних баз;
- скорочення допоміжного часу за рахунок швидкої автоматичної зміни циклу обробки і автоматичної заміни інструменту;
- зменшення кількості і спрощення конструкції пристосувань;
- введення багатостанкового обслуговування;
- зменшення кількості верстатів, робітників;
- зменшення площ;
- зменшення витрат на електроенергію;
- зменшення собівартості обробки.

Недолік – більша вартість обладнання для механічної обробки заготовки.

1.5.3 Характеристика ділянки механічної обробки

Для виробництва деталей даного типу на підприємстві використовуються верстати з ЧПК та універсальні верстати. Обробка деталей ведеться на різному обладнанні, в результаті шлях передачі заготовки від одного верстату до іншого великий, міжопераційні і міжцехові переміщення заготовки великі і в результаті підвищене навантаження на транспортних робітників і більші витрати на утримання і експлуатацію транспортних засобів.

З точки зору технології виготовлення деталі основним недоліком є часта зміна баз, що приводить до накопичення похибок при встановленні деталі на кожній з операцій. Малий основний (машинний) час на кожній операції не дозволяє застосувати багатOVERSTATNE обслуговування і навантаження на працюючого значна.

З економічної точки зору є ряд недоліків, які в значній мірі збільшують час виготовлення деталі і її собівартість. Ці недоліки полягають в наступному:

- обробка деталей складається з 7-ти різних операцій і виконується на чотирьох моделях верстатів: на 1 вертикально-фрезерному моделі 6P13PФ3, на 2 вертикально-фрезерних моделі ГФ2171М, на вертикально-свердлильних моделі 2P135Ф2, на 2 вертикально-свердлильних моделі 2Н118. Основна виробнича площа, що займають ці верстати, складає 180 м². Витрати по утриманню та експлуатації цього обладнання (амортизаційні відрахування, затрати на електроенергію, на ремонт обладнання, на змащувальні матеріали і т. д.) і площі, що вони займають, значні.

Удосконалені маршрути механічної обробки передбачають використання всього двох або одного верстатів і обмежуються 2-а або 1-ю операціями, в результаті значно зменшуються міжопераційні і міжцехові переміщення заготовки. Застосування багатоцільових верстатів з ЧПК дозволяє ввести багатOVERSTATNE обслуговування, зменшити кількість основних робітників, виробничі площі.

1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу

1.6.1 Визначення величини зменшення собівартості одиниці продукції

Величину зменшення собівартості одиниці продукції ΔS при удосконаленні технологічного процесу можна розрахувати за формулою [3]:

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

де B_a – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції, що визнана аналогом (вартість матеріалу), $B_a = 128$ грн.;

B_n – величина цієї ж статті прямих витрат на матеріал заготовки в одиниці нової продукції, $B_n = 94$ грн.;

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

Π – питома вага цієї статті витрат в собівартості продукції, яка є аналогом;

$$\Delta S = \frac{(128 - 94 \cdot 1,1)}{60} \cdot 100 = 41 \text{ (грн.)}$$

1.6.2 Визначення величини додаткових капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення ΔK , необхідні для здійснення налагодження нового технологічного процесу, розраховуються за формулою [3]:

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

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 (це 2 верстати вертикальних багатоцільових з ЧПК HAAS VF-1 з поворотним столом, що були у використанні), грн.

$$\Delta K = 2 \cdot (950000 + 950000) = 3800000 \text{ (грн.)}$$

З урахуванням проданих верстатів, на яких виконувався базовий технологічний процес (1550000 грн.)

$$\Delta K = 3800000 - 1550000 = 2250000 \text{ (грн.)}$$

1.6.3 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 модернізованого технологічного процесу, шт.

$$T_o = \frac{2250000}{41 \cdot 15000} = 3,66 \text{ (року).}$$

З урахуванням приведеної програми

$$T_o = \frac{2250000}{41 \cdot 26610} = 2,06 \text{ (року).}$$

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

1.7 Розробка технічного завдання на МКР

Розроблене технічне завдання на МКР представлено в додатку.

1.8 Висновки

В даному розділі проаналізовано проблему удосконалення ділянки при виконанні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10». По базовому варіанту механічної обробки 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'єкту виробництва, його службове призначення, технічні вимоги на виготовлення. Детально проаналізовано типовий, базовий технологічні процеси, що дозволило сформулювати пропозиції по удосконаленню існуючого процесу.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що дана розробка є перспективною для впровадження в 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 передня ГМ.10» складає 2,06 року, що менше за нормативні значення – 3...5 років. Отже, впровадження розробленого маршруту є економічно доцільним.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Розглядувана деталь «Кришка передня ГМ.10» є досить оригінальною за своєю конструкцією. Її зовнішня поверхня має криволінійний контур, овальної форми з виїмками і не підлягає механічній обробці. Внутрішня поверхня також має овальну форму, але вона обробляється згідно 7 квалітету точності і має шорсткість $Ra = 1,6$ мкм. Плоскі поверхні деталі (верхня і нижня площина кришки) підлягають обробці з шорсткістю $Ra = 1,6$ мкм (нижня площина) і $Ra = 6,3$ мкм (верхня площина), так як вони в зібраному виробі контактують з іншими деталями гідромотора шестеренного типу ГМШМР-10Г.

Деталь «Кришка передня ГМ.10» в цілому є технологічною, всі конструктивні елементи обробляються без особливих складнощів. Найбільш точні поверхні $\varnothing 24H7^{(+0,021)}$ та $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$. Може бути вибраний верстат, який забезпечить таку точність, тобто вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми і взаємного розміщення поверхонь.

Нетехнологічними елементами є два отвори $\varnothing 4$, які знаходяться під кутом $20^\circ \pm 1^\circ$ та $35^\circ \pm 1^\circ$ відносно торцевої поверхні деталі.

Проставлені на кресленні розміри можна виміряти універсальними вимірювальними інструментами.

Враховуючи марку матеріалу АК7 та серійність виробництва (серійне), масу та конфігурацію деталі доцільно використати такий варіант лиття, як лиття в кокіль та лиття під тиском.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Згідно з ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється слідуючи ми показниками [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою:

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} , Q_e – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.).

Згідно креслення деталі

$$K_y = \frac{128}{141} = 0,908 > 0,6 \text{ – деталь технологічна.}$$

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
1	2	3	4	5
67*	$\varnothing 24H7^{(+0,021)*}$	120°*	Ra 1,6* (4 пов.)	M8-7H* (8 пов.)
38*	(2 пов.)	45°* (12 пов.)		
7	$\varnothing 6H7^{(+0,012)*}$ (2 пов.)	35°±1°*	Ra 3,2* (4 пов.)	M10-7H* (3 пов.)
10*		20°±1°*		
10*	$\varnothing 40H8^{(+0,039)*}$		Ra 6,3* (46 пов.)	
20±0,26*	$\varnothing 50e9^{(-0,05)*}$			
6*	$\varnothing 42,6H13^{(+0,39)}$			
1* (2 пов.)	R20*			
2,2 ^{+0,1*}	R26			
3,7±0,2	R4 ^{+0,1*} (3 пов.)			
5*				
1,9 ^{+0,25*}	R0,4 (2 пов.)			
44	R0,1* (2 пов.)			
0,2*	$\varnothing 4^*$ (2 пов.)			
22 ^{+1,5*} (2 розм.)	R0,5* (2 пов.)			
0,5* (2розм.)				

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
7,7 _{-0,2} 14* 33 64 18* 13,2 ^{+0,2*} 28* 33 9 _{-0,2*} 61 32,5 98 24* 33±0,02 1* (8 розм.)				
$\Sigma_{уніф} = 29$ $\Sigma_{заг} = 41$	$\Sigma_{уніф} = 19$ $\Sigma_{заг} = 20$	$\Sigma_{уніф} = 15$ $\Sigma_{заг} = 15$	$\Sigma_{уніф} = 54$ $\Sigma_{заг} = 54$	$\Sigma_{уніф} = 11$ $\Sigma_{заг} = 11$

Примітка. «*» – уніфікований розмір.

- Розрахунок коефіцієнта точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\varphi}}; \quad (2.2)$$

де T_{φ} – середній квалітет точності розмірів;

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

$$T_{\varphi} = \frac{7 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 47}{4 + 1 + 1 + 1 + 47} = 13,3;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,3} = 0,92 > 0,8 \text{ – деталь технологічна.}$$

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Розміри	Кількість розмірів	Розрахунок
7	∅24H7 ^(+0,021) (2 пов.), ∅6H7 ^(+0,012) (2 пов.)	4	7×4 = 28
8	∅40H8 ^(+0,039)	1	8×1 = 8
9	∅50e9 ^(-0,050) _(-0,112)	1	9×1 = 9
13	∅42,6H13 ^(+0,39)	1	13×1 = 13
14	інші поверхні	47	14×47 = 658
Всього		54	716

- Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{ср}$ – середня шорсткість поверхонь;

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} \text{ [мкм]}; \quad (2.5)$$

$$Ш_{ср} = \frac{1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 46}{4 + 4 + 46} = 5,72.$$

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість, Ra	1,6	3,2	6,3
Розміри	∅24H7 ^(+0,021) (2 пов.), ∅40H8 ^(+0,039) , лівий торець 67	∅6H7 ^(+0,012) (2 пов.), ∅50e9 ^(-0,050) , 7	інші поверхні
Кількість поверхонь	4·1,6 = 6,4	4·3,2 = 12,8	46·6,3 = 289,8

Тоді

$$K_{ш} = \frac{1}{5,72} = 0,17 < 0,32 \text{ – деталь технологічна.}$$

Висновок. $K_y = 0,908 > 0,6$; $K_T = 0,92 > 0,8$; $K_{III} = 0,17 < 0,32$ – отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

2.2.1 Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва виконується за коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]:

$$K_{z.o.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.6)$$

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

$\sum P_i$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Вихідними даними для визначення $K_{z.o.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Проведення розрахунків $\sum O_i$ та $\sum P_i$ проводимо в наступній послідовності.

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Кришка передня ГМ.10».

Усі дані будемо заносити в таблицю 2.4.

Переходи 1-4 планується виконувати на одному верстаті з одного установа деталі, переходи 5-8 на другому верстаті з другого установа (верстаті з ЧПК).

Розрахуємо штучно-калькуляційний час за формулою

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

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей. Вважаємо, що використовуються верстати з ЧПК (багатоцільові), попередньо виробництво великосерійне ($N_p = 15000$ шт.).

$$T_{\text{шт.-к.1-4}} = 1,022 \cdot 1,35 = 1,38 \text{ (хв.)};$$

$$T_{\text{шт.-к.5-8}} = 0,768 \cdot 1,35 = 1,037 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о.}$

Переходи механічної обробки	$T_o, \text{хв}$	φ_k	$T_{\text{шт.-к.}}, \text{хв}$	C_p	$P_{пр}$	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н.}$	O	$K_{з.о.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Фрезерувати площину основи попередньо (розмір 67)	$0,0059 \cdot \ell =$ $=0,0059 \cdot 79 =$ $=0,466$	1,35	1,38	0,12	1	0,12	0,75	7	8
2. Фрезерувати площину основи остаточно	$0,0048 \cdot \ell =$ $=0,0048 \cdot 79 = 0,38$								
3. Розточити 2 отв. Ø24H7 попередньо	$2 \cdot 0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $=2 \cdot 0,000068 \cdot 24 \cdot 14 =$ $=0,46$								
4. Розточити 2 отв. Ø24H7 остаточно	$2 \cdot 0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $=2 \cdot 0,00019 \cdot 24 \cdot 14 =$ $=0,13$								
5. Фрезерувати площину в розмір 64 однократно	$0,0059 \cdot \ell =$ $=0,0059 \cdot 51,2 =$ $=0,302$	1,35	1,037	0,089	1	0,089	0,75	9	
6. Розточити отв. Ø40H8 попередньо	$0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,000068 \cdot 40 \cdot 38 =$ $=0,103$								
7. Розточити отв. Ø40H8 остаточно	$0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,00019 \cdot 40 \cdot 38 =$ $=0,288$								
8. Зенкерувати 3 отв. під різьбу M10×6H	$3 \cdot 0,00021 \cdot D \cdot \ell =$ $=3 \cdot 0,00021 \cdot 9 \cdot 10 =$ $=0,057$								

Кількість верстатів для обробки деталі для вказаних переходів (враховуючи фонд часу для верстатів з ЧПК і наближено встановленого середньосерійного виробництва)

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.-к.}}{60 F_{\delta} \cdot \eta_{з.н.}} \text{ [шт.]}, \quad (2.8)$$

де $N = 15000$ шт. – річна програма випуску деталі «Кришка передня ГМ.10»;

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

F_{δ} – дійсний фонд роботи обладнання ($F_{\delta} = 3890$ год. при роботі в 2 зміни);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$ для попередньо визначеного серійного виробництва [2]).

$$C_{p1-4} = \frac{15000 \cdot 1,38}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,12;$$

$$C_{p5-8} = \frac{15000 \cdot 1,037}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,089.$$

Для виконання переходів механічної обробки прийнято кількість робочих місць:

$$P_{np1-4} = 1; \quad P_{np5-8} = 1.$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_{pi}}; \quad (2.9)$$

$$\eta_{з.ф.1-4} = 0,12/1 = 0,12;$$

$$\eta_{з.ф.5-8} = 0,089/1 = 0,089.$$

Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.i}}; \quad (2.10)$$

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

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

$$O_{1-4} = \frac{0,75}{0,12} = 6,25 \rightarrow 7;$$

$$O_{5-8} = \frac{0,75}{0,089} = 8,43 \rightarrow 9.$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.1.

Отже, коефіцієнт закріплення:

$$K_{30} = \frac{7+9}{2} = 8.$$

Так як $10 < K_{з.о.} < 20$, то тип даного виробництва великосерійний.

2.2.2 Визначення форми організації роботи

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_o і розрахункової добової продуктивності лінії Q_o . Якщо $N_o < Q_o$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

Заданий добовий випуск виробів

$$N_o = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.11)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_d = \frac{15000}{254} = 59,06 \approx 59 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к,ср}} \cdot \eta_s \text{ [шт.]}, \quad (2.12)$$

де $T_{шт-к,ср}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних операцій, хв.;

F_d – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_d = 952$ хв.);

η_s – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_s = 0,75$).

$$T_{шт-к,ср} = \frac{1,38 + 1,037}{2} = 1,209 \text{ (хв.)};$$

$$Q_d = \frac{952}{1,209} \cdot 0,75 = 590,6 \approx 591 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії $N_d = 59 < Q_d = 591$ шт., то організація потокової лінії недоцільна.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.13)$$

де t – періодичність запуску деталей на обробку в днях (для серійного виробництва прийнято 2 дні).

$$n = \frac{15000 \cdot 2}{254} = 118,1 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 118 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку партії деталей на основних робочих місцях

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-к_оп} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{1,209 \cdot 118}{476 \cdot 0,75} = 0,4 \text{ (зміни)};$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв.

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа, після чого визначається число деталей в партії, яке необхідне для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{зм} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{шт-к_оп}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{1,209} = 295,3 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей в партії $n = 295$ шт.

Висновок. Тип виробництва – великосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 295 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідними даними для проектування заготовки являються: матеріал деталі – АК7 ГОСТ 1583-93, маса деталі – 0,86 кг, креслення деталі, річна програма випуску $N_p = 15000$ шт., тип виробництва – великосерійний.

Так як матеріал деталі сплав АК7, то методом виготовлення деталі є лиття, через те, що матеріал має добрі ливарні властивості.

Можливі способи лиття [4]:

- лиття піщано-глинисті форми;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття за виплавними моделями;
- лиття в кокіль;
- лиття під тиском.

Так як виробництво великосерійне, то для виготовлення заготовки даної деталі пропонується 2 варіанти виготовлення – це лиття під тиском та в кокіль.

При литті під тиском забезпечується висока продуктивність, точність, низька шорсткість поверхонь виливка, максимальна наближеність форми заготовки до готової деталі, можливість відливати не один, а декілька виливків, автоматизація процесу.

При литті в кокіль – можливо автоматизувати процес, низька шорсткість поверхні, невелика собівартість виливків, висока точність одержуваних виливків.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовок [4, 5]

Початкова інформація.

- Тип виробництва – великосерійний.
- Річна програма випуску – 15000 шт.
- Креслення деталі «Кришка передня ГМ.10».
- Матеріал деталі – АК7 ГОСТ 1583-93.
- Маса деталі – 0,86 кг.
- Наявність термічної обробки – не потребує.
- Інформація про температуру плавлення – $T_{пл} = 660$ °С (легкоплавкий).
- Густина – $\rho = 2,7$ г/см³.
- Габаритні розміри – 115×79×67 мм.

Вибір вихідних даних.

Клас розмірної точності вибирається в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру, наявності термічної обробки, типу сплаву.

Для лиття під тиском 3-7т, прийнято для великосерійного виробництва 4; для лиття в кокіль 5-9, прийнято 6.

Ступінь жолоблення приймається в залежності від співвідношення найменшої товщини до довжини виливка $(10/115) = 0,087$, типу форм, наявності термічної обробки. Для лиття під тиском та в кокіль 3-6, прийнято 4 та 5 відповідно.

Ступінь точності поверхонь виливка вибирається в залежності від тих факторів, що і клас розмірної точності. Для лиття під тиском 3-7 (прийнято 4); для лиття в кокіль 5-10 (прийнято 6).

Шорсткість залежить від ступеня точності поверхонь виливка. Для лиття під тиском $Ra = 4,0$ мкм; для лиття в кокіль $Ra = 6,3$ мкм.

Клас точності маси виливка вибирається згідно технологічного процесу лиття, номінальної маси виливка, типу сплаву, наявності термічної обробки. Приймаємо попередньо, що маса виливка при литті під тиском до 1 кг; при литті в кокіль більше 1 кг. Тоді клас точності маси в першому варіанті заготовки 1-7, приймаємо як і клас розмірної точності – 4; в другому варіанті заготовки – 4-11т, приймаємо 6.

Ряд припусків – вибір залежить від ступені точності поверхонь виливка. Для лиття під тиском 1-3, приймаємо 1; для лиття в кокіль 1-4, приймаємо 2.

Згідно вихідної інформації вибрані норми точності та занесені до таблиць 2.5-2.6.

Вибір допусків.

Вибір допусків розмірів виконується за класом розмірної точності (занесені до табл. 2.5-2.6).

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литих заготовок [4, 5]

Вихідні дані	Лиття під тиском						
	Згідно ГОСТ 26645-85			Прийнято			
Клас розмірної точності виливків	3-7 т 3, 4, 5т, 5, 6, 7т			4 (в/с)			
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6 3, 4, 5, 6			4 (в/с)			
Ступінь точності поверхонь виливків	3-7 3, 4, 5, 6, 7			4 (в/с)			
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 4 мкм						
Клас точності маси виливків	1-7 1, 2, 3т, 3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7			4 (в/с)			
Ряд припусків на обробку виливків	1-3 1, 2, 3			1 (в/с)			
Розрахункові розміри	R20*	ø50e5 (^{-0,050} / _{-0,112})	M10-6H	67	44	ø24H7 (+0,021)	ø40H8 (+0,039)
Допуски:							
розмірів	0,28	0,32	0,2	0,36	0,32	0,24	0,28
форми чи розміщення	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	0,09	-	0,08	-	-	0,11	0,09
нерівностей	0,1						
маси	2,4%						
Загальний допуск	0,44	0,44	0,36	0,5	0,44	0,4	0,44
Припуски:							
мінімальний	0,1						
	Кількість переходів механічної обробки						
За точністю розмірів	1	2	1	1	1	4	3
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	1	1	2	-	2	-
прийнята кількість переходів	1	2	1	2	1	4	3
Загальний припуск	0,4	0,6	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6
Розміри заготовки:							
розраховані	R19,6	ø51,2	ø8,4	68,2	44,6	ø22,8	ø38,8

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів литих заготовок [4, 5]

Вихідні дані	Лиття в кокіль						
	Згідно ГОСТ 26645-85			Прийнято			
Клас розмірної точності виливків	5-9 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9			6 (в/с)			
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6 3, 4, 5, 6			5 (в/с)			
Ступінь точності поверхонь виливків	5-10 5, 6, 7, 8, 9, 10			6 (в/с)			
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 6,3 мкм						
Клас точності маси виливків	4-11т 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т			6 (в/с)			
Ряд припусків на обробку виливків	1-4 1, 2, 3, 4			2 (в/с)			
Розрахункові розміри	R20*	ø50e5 (^{-0,050} _{-0,112})	M10-6H	67	44		
Допуски:							
розмірів	0,56	0,64	0,4	0,7	0,64		
форми чи розміщення зміщення по площині роз'єму	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32		
зміщення через перекіс стержня	-	-	-	0,4	0,4		
нерівностей	0,18	-	0,16	-	-		
маси	0,16						
Загальний допуск	4,0%						
Припуски:	0,8	0,8	0,56	0,9	0,8		
мінімальний	0,2						
	Кількість переходів механічної обробки						
За точністю розмірів	1	3	1	1	1		
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	1	1	3	-		
прийнята кількість переходів	1	3	1	3	1		
Загальний припуск	0,8	1,2	0,6	1,3	0,8		
Розміри заготовки:							
розраховані	R19,2	ø52,4	ø7,8	69,6	44,5		

Допуск форми та розміщення вибирається за ступенем жолоблення. Для лиття під тиском – 0,24 мм, для лиття в кокіль – 0,32 мм.

Допуск на зміщення по площині роз'єднання прийнято в залежності від розташування лінії роз'єму форми і мінімальної товщини стінки, що виходить на лінію роз'єднання. Лінія роз'єднання проходить для лиття під тиском таким чином, що зміщення не впливає на розміри, які підлягають розрахунку.

Для лиття в кокіль – найменша товщина стінки, що виходить на лінію роз'єму складає $(\varnothing 54 - \varnothing 36) / 2 = 9$ (мм). Лінія роз'єму проходить по вертикальній осі заготовки деталі. Тоді зміщення половин форми буде впливати лише на розміри 44, 67 і згідно класу розмірної точності 6 ця величина складає 0,4 мм.

Зміщення із-за перекосу стержня вибирається в залежності від товщини стінки, що утворюється стержнем на 2 класи розмірної точності (для великосерійного виробництва) точніше.

Для лиття під тиском (4 клас розмірної точності вилівка, вибираємо по 2 класу точності).

R20 – товщина стінки $39 - 20 - 7,5 = 5,5$ мм, допуск – 0,09 мм;

M10-6H – товщина стінки $R8 - R5 = 3$ мм, допуск – 0,08 мм;

$\varnothing 24H7^{(+0,021)}$ – товщина стінки $(\varnothing 54 - \varnothing 24) / 2 = 15$ мм, допуск – 0,11 мм;

$\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ – товщина стінки $(\varnothing 50 - \varnothing 40) / 2 = 5$ мм, допуск – 0,09 мм.

Для лиття в кокіль (6 клас розмірної точності вилівка, вибираємо по 4 класу точності).

R20 – товщина стінки 5,5 мм, допуск – 0,18 мм;

M10-6H – товщина стінки 3 мм, допуск – 0,16 мм.

Допуски нерівностей залежать від ступеней точності поверхонь вилівка. Для лиття під тиском 0,1 мкм, для лиття в кокіль – 0,16 мкм.

Допуск маси залежить від маси вилівка і класу точності маси вилівка. Для лиття під тиском – 2,4%; для лиття в кокіль – 4%.

Загальний допуск розмірів вилівка приймається в залежності від допуску розміру, допусків форми та розміщення поверхні. Дані записані до табл. 3.1-3.2.

Вибір припусків.

Мінімальний припуск вибирається в залежності від ряду припусків. При литті під тиском складає 0,1 мм; при литті в кокіль – 0,2 мм.

Загальний припуск залежить від загального допуску розміру та від кількості ступенів механічної обробки, ряду припусків.

Кількість ступенів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів встановлюється за допуском розміру та співвідношення допусків розміру деталі

та вилівка $\left(\frac{T_{\text{розмдет.}}}{T_{\text{розмвил.}}}\right)$.

Для лиття під тиском

$$R32 - 0,52/0,28 = 1,86 - 1 \text{ перехід};$$

$$\varnothing 50e5 \left(\begin{smallmatrix} -0,050 \\ -0,112 \end{smallmatrix}\right) - 0,062/0,32 = 0,19 - 2 \text{ переходи};$$

$$M10-6H - 0,36/0,2 = 1,8 - 1 \text{ перехід};$$

$$67 - 0,74/0,36 = 2,05 - 1 \text{ перехід};$$

$$44 - 0,62/0,32 = 1,9 - 1 \text{ перехід};$$

$$\varnothing 24H7^{(+0,021)} - 0,021/0,24 = 0,0875 - 4 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 40H8^{(+0,039)} - 0,039/0,28 = 0,14 - 3 \text{ переходи}.$$

Для лиття в кокіль

$$R32 - 0,52/0,56 = 0,93 - 1 \text{ перехід};$$

$$\varnothing 50e5 \left(\begin{smallmatrix} -0,050 \\ -0,112 \end{smallmatrix}\right) - 0,062/0,64 = 0,097 - 3 \text{ переходи};$$

$$M10-6H - 0,36/0,4 = 0,9 - 1 \text{ перехід};$$

$$67 - 0,74/0,7 = 1,06 - 1 \text{ перехід};$$

$$44 - 0,62/0,64 = 0,97 - 1 \text{ перехід}.$$

Кількість ступенів механічної обробки за точністю форми та розміщення вибирається в залежності від допуску розміру та співвідношення між допусками

форми, розміщення поверхонь деталі та вилівка $\left(\frac{T_{\text{форм,розмдет.}}}{T_{\text{форм,розмвил.}}}\right)$.

Згідно робочого креслення деталі задані наступні допуски на розміри:

$$\varnothing 50e5 \left(\begin{smallmatrix} -0,050 \\ -0,112 \end{smallmatrix}\right) - \text{допуск радіального биття } 0,1 \text{ мм};$$

$$M10-6H - \text{позиційний допуск } \varnothing 0,3 \text{ мм відносно бази Д};$$

$$67 - \text{допуск площинності } 0,025/100 \text{ мм};$$

$$\varnothing 24H7^{(+0,021)} - \text{допуск перпендикулярності } 0,03 \text{ мм відносно бази А}.$$

Отже, для лиття під тиском:

$$\varnothing 50e5 \begin{matrix} (-0,050) \\ (-0,112) \end{matrix} - 0,1/0,24 = 0,417 - 1 \text{ перехід};$$

$$M10-6H - 0,15/0,24 = 0,625 - 1 \text{ перехід};$$

$$67 - 0,0288/0,24 = 0,1198 - 2 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 24H7^{(+0,021)} - 0,03/0,24 = 0,125 - 2 \text{ переходи.}$$

Для лиття в кокіль:

$$\varnothing 50e5 \begin{matrix} (-0,050) \\ (-0,112) \end{matrix} - 0,1/0,32 = 0,313 - 1 \text{ перехід};$$

$$M10-6H - 0,15/0,32 = 0,47 - 1 \text{ перехід};$$

$$67 - 0,0288/0,32 = 0,09 - 3 \text{ переходи.}$$

За визначеною кількістю переходів механічної обробки, загальним допуском та рядом припусків встановлені загальні припуски розмірів (див. табл. 2.5-2.6).

Розрахунок розмірів заготовки.

Для лиття під тиском:

R20	$20 - 0,4 = 19,6$ (мм);
$\varnothing 50e5 \begin{matrix} (-0,050) \\ (-0,112) \end{matrix}$	$\varnothing 50 + 2 \cdot 0,6 = \varnothing 51,2$ (мм);
M10-6H	$9 - 2 \cdot 0,3 = 8,4$ (мм);
67	$67 + 2 \cdot 0,6 = 68,2$ (мм);
44	$44 + 0,6 = 44,6$ (мм);
$\varnothing 24H7^{(+0,021)}$	$\varnothing 24 - 2 \cdot 0,6 = \varnothing 22,8$ (мм);
$\varnothing 40H8^{(+0,039)}$	$\varnothing 40 - 2 \cdot 0,6 = \varnothing 38,8$ (мм);
38	$38 + 0,6 - 0,6 = 38$ (мм);
23	$23 + 0,6 = 23,6$ (мм).

Для лиття в кокіль:

R20	$20 - 0,8 = 19,2$ (мм);
$\varnothing 50e5 \begin{matrix} (-0,050) \\ (-0,112) \end{matrix}$	$\varnothing 50 + 2 \cdot 1,2 = \varnothing 52,4$ (мм);

M10-6H	$9-2 \cdot 0,3 = 7,8$ (мм);
67	$67+2 \cdot 1,3 = 69,6$ (мм);
44	$44+1,3 = 45,3$ (мм);
38	$38+1,3-1,3 = 38$ (мм);
23	$23+1,3 = 24,3$ (мм).

Визначення мінімально допустимих радіусів заокруглень, нахилів, товщини стінки, мінімального діаметра отворів та інших конструктивних елементів заготовок [4]

Вибір мінімально допустимої товщини стінки.

Мінімальна товщина стінки призначається так, щоб забезпечити необхідну міцність та забезпечити вимоги технології вибраного способу лиття. Мінімальну товщину литої заготовки визначено в залежності від сплаву та приведенного габариту деталі згідно [4].

Приведений габарит визначається за формулою:

$$N = (2L + B + H) / 4 = (2 \cdot 115 + 79 + 67) / 4 = 0,094 \text{ (м)},$$

де L, B, H – відповідно довжина, ширина, висота деталі.

Для алюмінію з приведеним габаритом $N = 0,094$ мінімальну товщину стінок прийнято 5 мм.

Висновок. З креслення деталі бачимо що мінімальна товщина стінки становить 7,5 мм, що є більше ніж мінімально допустима величина, що не призведе до появи тріщин та забезпечить необхідну жорсткість і міцність.

Вибір радіусів заокруглень.

Після формування контуру вилівка в місцях переходу від одного елемента до другого призначають радіуси заокруглень, які значною мірою визначають якість литої заготовки.

Радіуси заокруглень в спряженнях вибирають в залежності від матеріалу вилівка, товщини спряжуваних стінок і кута, що утворюється між ними.

В залежності від матеріалу вилівка (АК-7), середній товщині стінки $(S+S_1)/2$ та кута що утворюється між ними (90°) визначаємо радіус заокруглень:

При литті під тиском: $10+27,5 = 37,5$ – приймаємо радіус заокруглень 8 мм.

При литті в кокіль: $10+27,5 = 37,5$ – приймаємо радіус заокруглень 8 мм.

Вибір формувальних нахилів.

Формувальні нахили назначають на вертикальні стінки вилівка з метою полегшення виймання моделі із форми та стержня із стержньового ящика. Нахили встановлюються згідно з ГОСТ 3212-80 в залежності від розмірів, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття та виду модельного комплексу.

В залежності від висоти формоутворюючої поверхні (70 мм), способу лиття та відношення $d>h$ вибрано формувальні нахили для лиття під тиском ($0^\circ 40'$) ($1^\circ 16'$) та в кокіль ($1^\circ 16'$) ($3^\circ 26'$).

Вибір мінімально допустимих діаметрів отворів.

Мінімальний діаметр литих отворів залежить від товщини стінки, що утворюється даним стержнем:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]},$$

де d_0 – вихідний діаметр, мм; S – товщина стінки, мм.

Для отворів М10-6Н

$$d_{\min} = 7+0,1 \cdot 3 = 7,3 \text{ (мм)}.$$

$d_{\min} < \varnothing 8,4$ мм і $d_{\min} < \varnothing 7,8$ мм, тому ці отвори в обох варіантах лиття можуть бути виготовлені.

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Після виконання розрахунку розмірів заготовки, вибору конструктивних елементів заготовки (для двох найбільш доцільних способів її виготовлення) зображено ескізи заготовок для лиття в кокіль та під тиском.

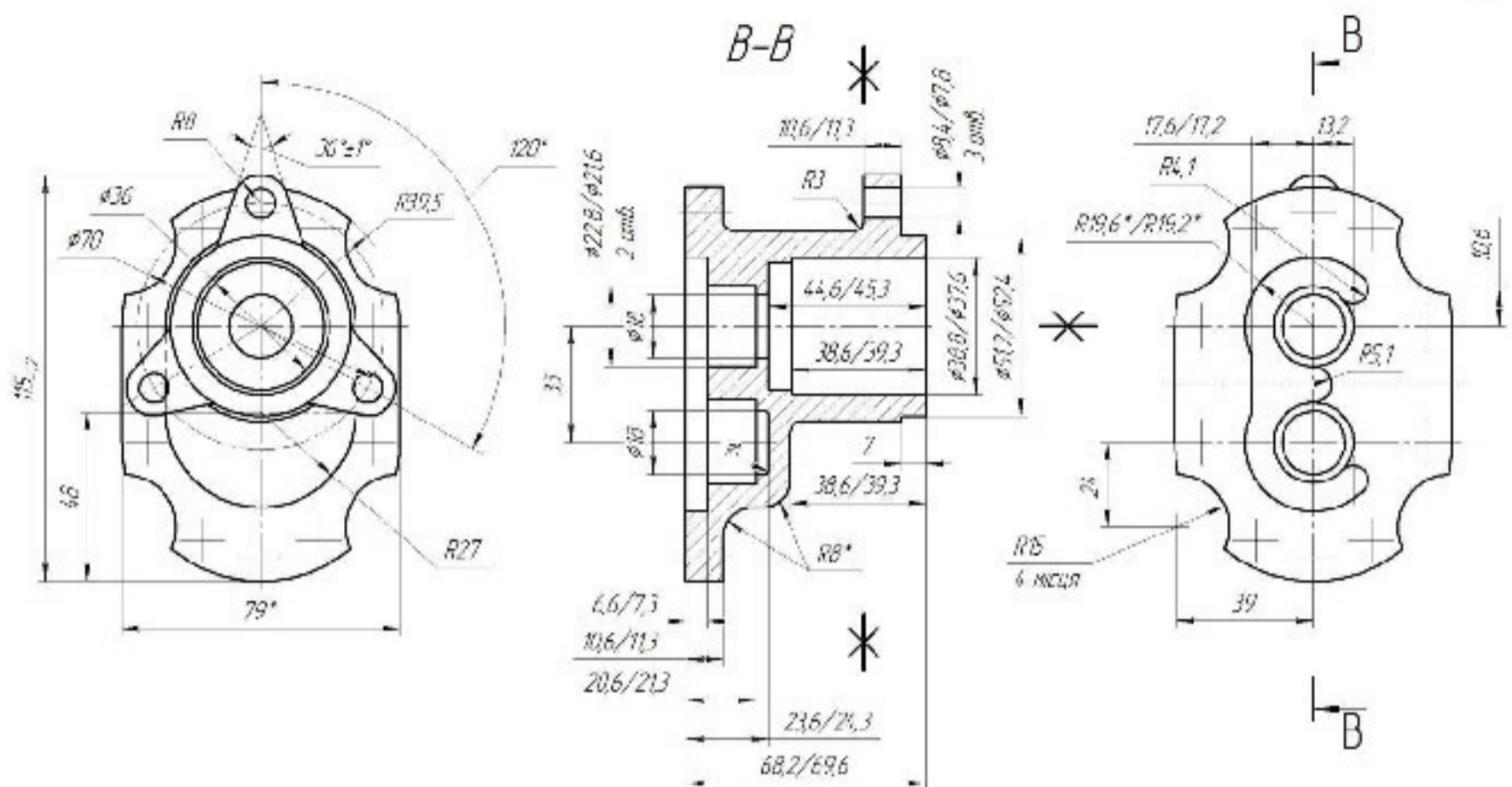


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки при литті під тиском / в кокіль (при литті в кокіль заготовку повернути на 90°)

Призначення технічних вимог на литі заготовки.

Для лиття під тиском.

1. Точність вилівка 4-4-4-4 Зм. 0. ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,86-0,03-0,89 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 2 мм.
4. Невказані ливарні нахили $0^{\circ}40'$, $1^{\circ}16'$.
5. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 0,15$ мм на глибині 0,3 мм.

Для лиття в кокіль.

1. Точність вилівка 6-5-6-6 Зм. 0,9. ГОСТ 26645-85.
2. Маса 0,86-0,302-1,162 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 2 мм.
4. Невказані ливарні нахили $1^{\circ}16'$, $3^{\circ}26'$.
5. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 0,3$ мм на глибині 0,6 мм.

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою

$$K_{T.M.} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}}. \quad (2.14)$$

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

При литті під тиском маса заготовки складає 0,89 кг.

При литті в кокіль маса заготовки складає 1,116 кг.

При литті під тиском

$$K_{T.M.1} = \frac{0,86}{0,89} = 0,97.$$

З порівняльної таблиці бачимо, що середній коефіцієнт точності маси складає 0,95...0,98, за розрахунками 0,97. Спроектована заготовка має наближений до рекомендованих значень коефіцієнт точності маси для даного типу лиття.

При литті в кокіль

$$K_{T.M.2} = \frac{0,86}{1,162} = 0,74.$$

З порівняльної таблиці бачимо, що рекомендований коефіцієнт точності маси складає 0,71...0,75, за розрахунками 0,74. Спроектована заготовка має наближений до рекомендованих значень коефіцієнт точності маси для даного типу лиття.

2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір заготовки проводимо на основі порівняння собівартості.

Собівартість заготовок розраховується за формулою [4]:

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_x}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.15)$$

де S_x – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$ – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, марки матеріалу, групи складності, маси і обсягу виробництва заготовок;

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

При литті під тиском базова вартість 1 т заготовок складає 126600 грн.

Для 4 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_T = 1,0$.

Для алюмінію коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_M = 1,0$.

Для алюмінію коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_C = 1,05$ (4 група).

Для маси вилівка в 0,89 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_B = 0,81$.

Для визначення коефіцієнта K_{II} , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 3, програма випуску 15000 шт.

Для алюмінію коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_{II} = 1$.

Вартість відходів $C_{\text{відх}} = 6000$ грн./т.

Отже,

$$C_{\text{заг.1}} = \frac{(0,89 \cdot 126600 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 0,81 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(0,89 - 0,86) \cdot 6000}{1000} = 94,03 \text{ (грн.)}$$

При литті в кокіль базова вартість 1 т заготовок складає 32000 грн.

Для 6 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_T = 1$.

Для алюмінію коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_M = 4,23$.

Для алюмінію коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_C = 1,07$ (4 група).

Для маси вилівка в 1,162 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_B = 1,0$.

Для визначення коефіцієнта K_{II} , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 3.

Для алюмінію коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_{II} = 1,0$.

Вартість відходів $C_{відх} = 6000$ грн./т.

Отже,

$$C_{заг.2} = \frac{(1,162 \cdot 32000 \cdot 1,0 \cdot 4,23 \cdot 1,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(1,162 - 0,86) \cdot 6000}{1000} = 116,49 \text{ (грн.)}$$

Остаточно приймаємо варіант виготовлення заготовки – лиття під тиском.

Економічний ефект при використанні лиття під тиском

$$E = (C_{заг.2} - C_{заг.1}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.16)$$

$$E = (116,49 - 94,03) \cdot 15000 = 336900 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Розрахунки вказують, що найбільш вигідний з точки зору техніко-економічної ефективності є заготовка, яка виготовляється литтям під тиском.

2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

Визначимо за формулами загального уточнення кількість ступенів і способи механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 40\text{H}8^{(+0,039)}$ з $Ra = 1,6$ мкм.

Заготовка – лиття під тиском, допуск заготовки на розмір $\varnothing 40\text{H}8^{(+0,039)}$
 $T_{\text{заг}} = 280$ мкм, допуск деталі $T_{\text{дет}} = 39$ мкм.

Коефіцієнт уточнення складає [7]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.17)$$

$$\varepsilon = \frac{280}{39} = 7,18,$$

де ε_i – окремі ступені уточнення. Для першого переходу чорнової обробки $\varepsilon_{\text{чор}} \leq 6$; для переходів напівчистої обробки $\varepsilon_{\text{нчист}} = 3 \dots 4$; для чистої обробки (IT 8 - IT 10) $\varepsilon_{\text{чист}} = 2 \dots 2,5$; для фінішної обробки (IT 5 - IT 7) $\varepsilon_{\text{фін}} = 1,5 \dots 2$ [7].

Приймаємо

$$\varepsilon_1 = 5; \varepsilon_2 = 1,436.$$

Отже, приймаємо 2 переходи механічної обробки. Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{280}{5} = 56 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 9);$$

$$T_2 = \frac{56}{1,436} = 39 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 8).$$

Остаточно приймаємо 2 переходи механічної обробки: розточування попереднє; розточування остаточне.

Методи обробки інших поверхонь зведені в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Поверхні (розміри)	IT	Ra, мкм	ε	T, мкм	Методи обробки
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 40H8^{(+0,039)}$	8	1,6	$280/39 = 7,18$	$280/5=56$ $56/1,436=39$	Розточування попереднє; розточування остаточне
$\varnothing 24H7^{(+0,021)}$	7	1,6	$240/21 = 11,43$	$240/6=40$ $40/1,905=21$	Розточування попереднє; розточування остаточне
$\varnothing 50e9^{(-0,050)}$ $_{-0,112}$	9	3,2	$320/62 = 5,16$	-	Точіння однократне
$\varnothing 42,6H13^{(+0,39)}$	13	6,3	$280/39 = 7,18$	-	Розточування однократне
$\varnothing 6H7^{(+0,012)}$	7	3,2	-	-	Свердління отвору; розвертання попереднє; розвертання остаточне
заглиблення R4 ^{+0,1} (R20*)	14	1,6	-	-	Фрезерування попереднє; фрезерування остаточне
67 (лівий торець)	14	1,6	-	-	Фрезерування попереднє; фрезерування остаточне
67 (правий торець)	14	3,2	-	-	Фрезерування однократне
M8-6H (8 отв.)	6 клас точності різьби	6,3	-	-	Свердління отвору; нарізання різьби
M10-6H (3 отв.)	6 клас точності різьби	6,3	-	-	Зенкерування отвору; нарізання різьби

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

2.5.1 Вибір чистових технологічних баз

При виборі чистових баз потрібно мінімізувати похибку базування на розміри, що утворюються, або звести її до нуля. Ці вимоги забезпечуються за умов співпадання технологічної та вимірювальної баз або зв'язком обробленої поверхні з необробленою, а також обробка відповідальних поверхонь з одного установа. За умов неможливості забезпечення цих принципів необхідно намагатись виконувати умову використання постійного комплексу баз, це не виключає похибку базування, дозволяє її мінімізувати. Похибка базування на

поверхні розміри яких утворюється за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю.

В якості чистових баз (операція 010) використовуємо як установну базу торець деталі, що заданий розміром 67 (більший за площею торець А – точки 1, 2, 3), подвійну напрямну – це отвір $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$ (точки 4, 5), опорну базу – інший отвір $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$ (точка 6) (рис. 2.2).

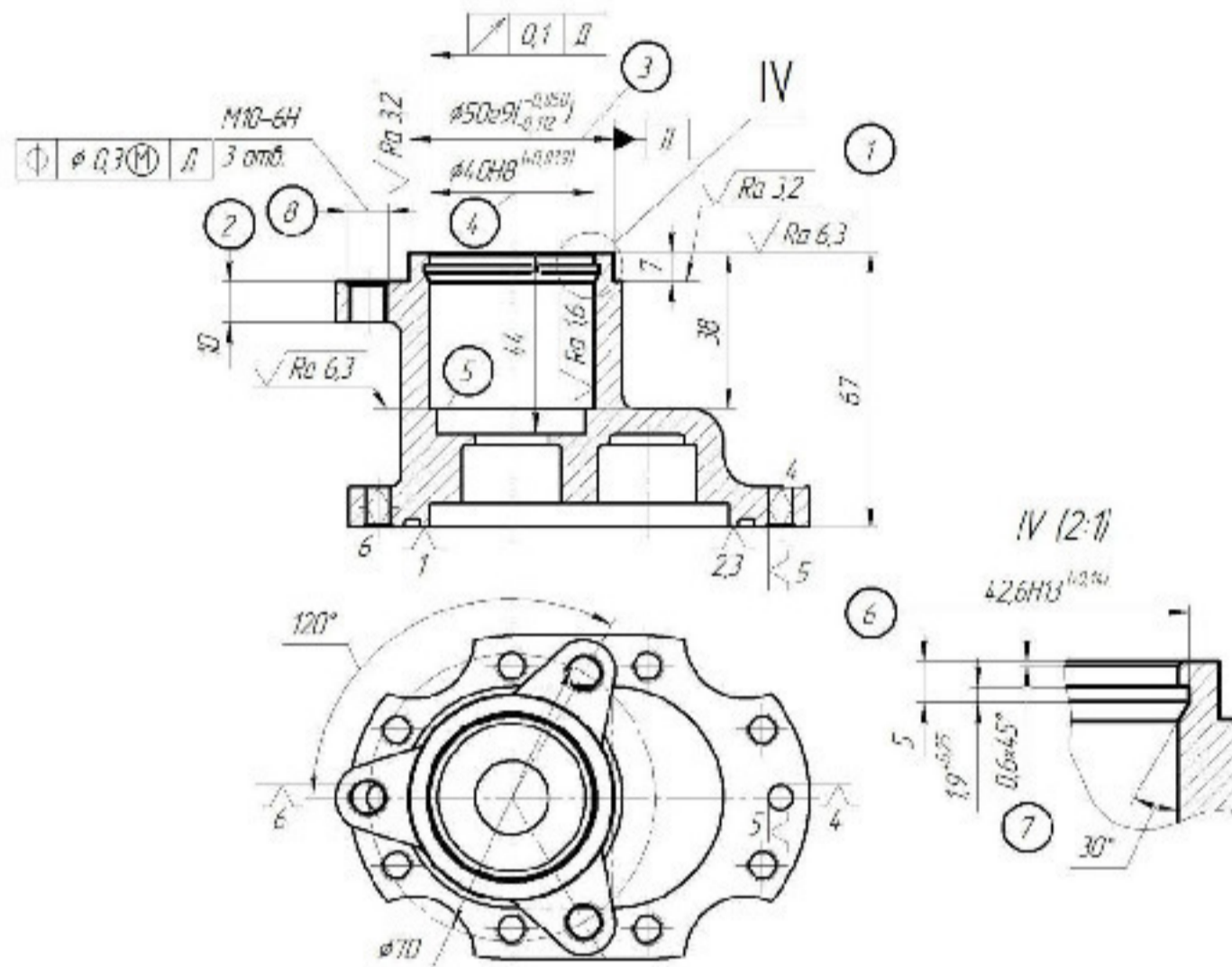


Рисунок 2.2 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Ця схема базування відповідає установленню на площину та два пальці (циліндричний та зрізаний).

Похибка базування на виконуваних розміри:

$\varepsilon_{6M10-6H} = 0$; $\varepsilon_{61,9} = 0$ – обробка мірним інструментом;

$\varepsilon_{667} = 0$ – співпадання баз;

$\varepsilon_{6\varnothing 40H8} = 0$; $\varepsilon_{6\varnothing 50e9} = 0$; $\varepsilon_{6\varnothing 42,6H13} = 0$ – діаметральні розміри;

$\varepsilon_{67} = 0$; $\varepsilon_{60,6 \times 45^\circ} = 0$; $\varepsilon_{65} = 0$ – обробка з одного установа;

$\varepsilon_{610} \neq 0$ – неспівпадання баз.

Таблиця 2.9 – Маршрут механічної обробки (II варіант)

№ оп-ції	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
005	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити заготовку, закріпити. 2 Фрезерувати площину 1 попередньо. 3 Фрезерувати площину 1 остаточно. 4 Фрезерувати пов. 2 попередньо. 5 Фрезерувати пов. 2 остаточно. 6 Фрезерувати клянуку 3 однократно. 7 Розточити 2 отв. 4 попередньо з підсиленням торця 10. 8 Розточити 2 отв. 4 остаточно. 9 Центрувати 2 отв. 5. 10 Свердлити 2 отв. 5. 11 Зенкувати 2 фаски 6. 12 Розвернути 2 отв. 5 попередньо. 13 Розвернути 2 отв. 5 остаточно. 14 Центрувати 8 отв. 7. 15 Свердлити 8 отв. 7. 16 Зенкувати фаски $\frac{1}{4}45^\circ$ в 8 отв. 7. 17 Нарізати різьбу в 8 отв. 7. 18 Побернути стіл на 20°. 19 Центрувати отв. 8. 20 Свердлити отв. 8. 21 Побернути стіл на 55°. 22 Центрувати отв. 9. 23 Свердлити отв. 9. 24 Побернути стіл на 160°. 25 Фрезерувати площину 10 однократно. 26 Фрезерувати площину 11 однократно, поверхню 12 однократно. 27 Розточити отвір 13 попередньо з підсиленням торця 14. 28 Розточити отвір 13 остаточно. 29 Розточити клянку 15 однократно. 30 Розточити фаску 16 однократно. 31 Зенкувати 3 отв. 17. 32 Зенкувати фаски $\frac{1}{4}45^\circ$ в 3 отв. 17. 33 Нарізати різьбу в 3 отв. 17. 34 Зняти деталь. 		Горизонтальний оброблювальний центр з ЧПК № 800-Г1005УК

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

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою [1, 7]:

$$C_o = \frac{C_{n-в} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.],} \quad (2.18)$$

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

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

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

Виконаємо нормування операцій для варіантів маршруту механічної обробки. Результати розрахунку приведено в таблицях 2.10-2.11.

Таблиця 2.10 – Основний час (I-II варіанти ТП)

Операція, переходи	Основний час виконання переходу T_o , хв.
1	2
005 Комбінована з ЧПК	
2. Фрезерувати площину 1 попередньо.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 79 = 0,466$
3. Фрезерувати площину 1 остаточно.	$T_o = 0,0048 \cdot \ell = 0,0048 \cdot 79 = 0,38$
4. Фрезерувати пов. 2 попередньо.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 116,6 = 0,69$
5. Фрезерувати пов. 2 остаточно.	$T_o = 0,0048 \cdot \ell = 0,0048 \cdot 116,6 = 0,56$
6. Фрезерувати канавку 3 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 229,28 = 1,35$
7. Розточити 2 отв. 4 попередньо з підрізанням торця 10.	$T_o = 2 \cdot 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,000068 \cdot 23,8 \cdot 14 = 0,045$
8. Розточити 2 отв. 4 остаточно.	$T_o = 2 \cdot 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00019 \cdot 24 \cdot 14 = 0,128$
9. Центрувати 2 отв. 5.	$T_o = 2 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00056 \cdot 3 \cdot 4 = 0,013$
10. Свердли 2 отв. 5.	$T_o = 2 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00056 \cdot 5 \cdot 10 = 0,056$
11. Зенкувати 2 фаски 6.	$T_o = 2 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00056 \cdot 12 \cdot 1 = 0,013$
12. Розвернути 2 отв. 5 попередньо.	$T_o = 2 \cdot 0,00044 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00044 \cdot 5,8 \cdot 10 = 0,051$
13. Розвернути 2 отв. 5 остаточно.	$T_o = 2 \cdot 0,00088 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00088 \cdot 6 \cdot 10 = 0,106$
14. Центрувати 8 отв. 7.	$T_o = 8 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 8 \cdot 0,00056 \cdot 6 \cdot 7 = 0,188$
15. Свердли 8 отв. 7.	$T_o = 8 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 8 \cdot 0,00056 \cdot 7 \cdot 10 = 0,314$
16. Зенкувати фаски 1 45 в 8 отв. 7.	$T_o = 8 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 8 \cdot 0,00056 \cdot 10 \cdot 10 = 0,448$
17. Нарізати різьбу в 8 отв. 7.	$T_o = 8 \cdot 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 8 \cdot 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 10 \cdot 10 = 0,504$
18. Повернути стіл на 20°.	
19. Центрувати отв. 8.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 2 \cdot 3 = 0,0034$
20. Свердли отв. 8.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 4 \cdot 22 = 0,05$
21. Повернути стіл на 55°.	
22. Центрувати отв. 9.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 2 \cdot 3 = 0,0034$
23. Свердли отв. 9.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 4 \cdot 22 = 0,05$
	$\Sigma T_o = 5,42 \text{ хв.}$

Продовження таблиці 2.10

1	2
<u>010 Комбінована з ЧПК</u> 2. Фрезерувати площину 1 однократно. 3. Фрезерувати площину 2 однократно, поверхню 3 однократно. 4. Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 5. 5. Розточити отвір 4 остаточно. 6. Розточити канавку 6 однократно. 7. Розточити фаску 7 однократно. 8. Зенкерувати 3 отв. 8. 9. Зенкувати фаски 1 45° в 3 отв. 8. 10. Нарізати різьбу в 3 отв. 8.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 51,2 = 0,302$ $T_o = 0,0059 \cdot \ell + 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 270 + 0,0059 \cdot 7 = 1,619$ $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 38,75 \cdot 38 = 0,1$ $T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 40 \cdot 38 = 0,288$ $T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 42,6 \cdot (42,6-40) = 0,005$ $T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 41,2 \cdot 0,6 = 0,0017$ $T_o = 3 \cdot 0,00021 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00021 \cdot 9 \cdot 10 = 0,057$ $T_o = 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00056 \cdot 12 \cdot 10 = 0,202$ $T_o = 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 10 \cdot 10 = 0,063$
	$\Sigma T_o = 2,64$ хв.

Таблиця 2.11 – Визначення штучно-калькуляційного часу для операцій варіантів ТП

Операції, переходи	T_o , хв.	φ_K	$T_{шт-к}$, хв.
І варіант ТП			
005 Комбінована з ЧПК	5,42	1,35	7,32
010 Комбінована з ЧПК	2,64	1,35	3,56
ІІ варіант ТП			
005 Комбінована з ЧПК	8,06	1,35	10,88

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{шт-к}$, хв	$C_{н-в}$, грн./хв.	C_o , грн.
І варіант ТП			
HAAS VF-1	7,32	80	7,51
HAAS VF-1	3,56	80	3,65
Всього			11,16
ІІ варіант ТП			
ИС 800-ГЛОБУС	10,88	85	11,86
Всього			11,86

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:

$$E = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N_p \text{ [грн.]}, \quad (2.19)$$

$$E = (11,86 - 11,16) \cdot 15000 = 10500 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість операцій механічної обробки по варіанту I нижча ніж по варіанту II. Тобто доцільно використовувати I із запропонованих маршрутів механічної обробки.

2.8 Дослідження величини припусків, визначених за нормативними даними та розмірним аналізом технологічного процесу

2.8.1 Мета, завдання дослідження

Одним із досить важливих та відповідальних етапів в проектуванні технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей машин є встановлення припусків.

Призначення великих значень припусків підвищує матеріаломісткість заготовки деталі, трудомісткість механічної обробки, витрати на різальний інструмент, електроенергію, збільшується кількість обладнання, основних робітників, площі. При цьому ускладнюється побудова операцій на налагоджених верстатах, знижується точність обробки, внаслідок підвищення пружних деформацій в технологічній системі, ускладнюється застосування оснащення.

Якщо припуски на обробку призначено меншими, ніж потрібно, то не забезпечується видалення дефектних шарів матеріалу заготовки, не досягається необхідна точність, шорсткість оброблюваних поверхонь, підвищуються вимоги до точності виготовлення заготовок, що призводить до зростання їх собівартості, з'являється вірогідність появи браку.

Таким чином, припуски повинні мати раціональні значення, щоб уникнути виникнення вказаних недоліків.

Існують різні методи визначення припусків:

- розрахунково-аналітичний [1, 8];
- за нормативами (дослідно-статистичний) [4, 5, 16];
- розмірним аналізом технологічного процесу [7, 17].

Мета роботи – визначення та порівняльне дослідження величини припусків на обробку плоских поверхонь заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» нормативним методом та розмірним аналізом технологічного процесу.

Завдання, що вирішуються при проведенні досліджень:

- для вибраного методу, способу виготовлення заготовки деталі вибрати основні, додаткові припуски, розрахувати загальні припуски на обробку плоских поверхонь, що з'єднані лінійними розмірами згідно нормативних даних [4, 5];
- розрахувати лінійні розміри заготовки при використанні нормативних значень припусків;
- виконати розмірно-точнісні розрахунки припусків, побудувавши розмірну схему технологічного процесу обробки плоских поверхонь, похідний, вихідний, суміщений граф-дерева;
- розрахувати мінімальні, максимальні припуски;
- розрахувати лінійні розміри заготовки;
- виконати порівняння припусків, визначених за нормативами та розмірним аналізом технологічного процесу.

2.8.2 Результати вибору припусків за нормативними даними [4, 5]

В пункті 2.3 вибрано спосіб виготовлення економічно доцільного варанта заготовки деталі «Кришка передня ГМ.10» – лиття під тиском.

При цьому були призначені з урахуванням серійності виробництва (великосерійне) досить високі норми точності, як початкові дані:

- клас розмірної точності – 4;
- ступінь жолоблення елементів виливків – 4;

- ступінь точності поверхонь виливків – 4;
- шорсткість поверхонь виливків – $Ra = 4$ мкм;
- клас точності маси виливків – 4;
- ряд припусків – 1.

Лінійні розміри, що зв'язують плоскі поверхні, які підлягають обробці і тому необхідно визначати припуски: 67 мм, 6 мм, 10 мм, $20 \pm 0,26$ мм, 23 мм, 7 мм, 10 мм, 44 мм, 38 мм. Основним визначальним розміром є 67 мм, який зв'язує дві торцеві плоскі поверхні. З однієї сторони (лівої) деталі розміри 6 мм, 10 мм, $20 \pm 0,26$ мм, 23 мм прив'язані до тієї ж площини, що і розмір 67 мм, яка підлягає обробці. Друга сторона вказаних розмірів (площина) не підлягає обробці, вона залишається в стані поставки, так як вказані параметри шорсткості та точності забезпечуються литтям під тиском.

З другої сторони (правої) деталі розмір 44 мм, також не обробляється по тій же причині. І лише розміри 7 мм, 10 мм, 38 мм зв'язують площину, задану розміром 67 мм і площини задані вказаними розмірами, які потребують обробки з шорсткістю $Ra 3,2$ мкм, тому на них потрібно призначати припуски.

З урахуванням даної інформації призначаються допуски розмірів, форми та розміщення, нерівностей, маси та загальний допуск. Так як лінійний розмір 67 мм найбільший, відповідно на нього загальний допуск є найбільшим – 0,36 мм, на всі інші вони є меншими.

Для обробки площин в розмірі 67 мм (і всі інші розміри) призначено мінімальний припуск згідно ряду припусків 0,1 мм.

Виконано розрахунки необхідної кількості переходів для обробки площин згідно точності виконуваного розміру (1 перехід) і згідно технічних вимог на виготовлення (2 переходи). Остаточо вибрано 2 переходи обробки лівої площини (розмір 67 мм) для забезпечення вказаної не площинності. З урахуванням кількості вибраних переходів механічної обробки для лівої сторони розміру 67 мм прийнято припуск 0,6 мм. Це стосується і лінійних розмірів 6 мм, 10 мм, 23 мм, так як вони прив'язані до тієї ж площини, що і розмір 67 мм (ліва

сторона). Щодо розміру $20 \pm 0,26$ мм, то припуск на обробку правої сторони цього розміру буде складати 0,4 мм.

З урахуванням кількості вибраних переходів механічної обробки для правої сторони розміру 67 мм (1 перехід) прийнято припуск 0,5 мм.

Для розмірів 7 мм, 10 мм припуск 0,3 мм, для розміру 38 мм – 0,4 мм.

На рисунку 2.4 вказано розташування даних припусків Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 .

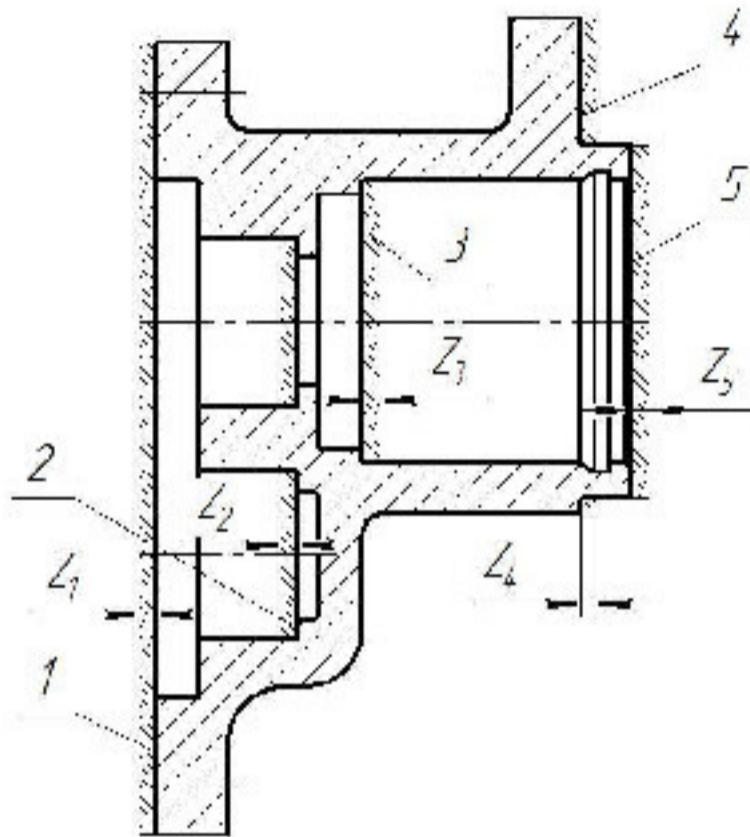


Рисунок 2.4 – Схема розташування припусків на обробку плоских поверхонь вибраних за нормативними даними

$$Z_1 = 0,6 \text{ мм}; Z_2 = 0,4 \text{ мм}; Z_3 = 0,4 \text{ мм}; Z_4 = 0,3 \text{ мм}; Z_5 = 0,5 \text{ мм}.$$

2.8.3 Дослідження величини припусків розмірним аналізом технологічного процесу

2.8.3.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів призначено таким чином, щоб забезпечувалась відсутність або мінімальність похибки базування, тобто щоб виконувався принцип суміщення баз або здійснювалася обробка з одного установа тих поверхонь, які координуються відповідним технологічним розміром.

Розташування технологічних розмірів зображено на рисунку 2.4.

Операція 005. Технологічні розміри B_1, B_2 забезпечують одержання розміру $K_2 = 10$ мм, виконується принцип суміщення баз. Технологічний розмір B_3 забезпечує виконання розміру $K_3 = 6$ мм, виконується обробка з одного установа. Технологічний розмір B_4 забезпечує виконання розміру $K_4 = 20 \pm 0,26$ мм, виконується обробка з одного установа.

Операція 010. Технологічний розмір B_5 забезпечує одержання розміру $K_1 = 67$ мм, виконується принцип суміщення баз. Технологічні розміри B_6, B_7 і B_8 – виконується обробка з одного установа і забезпечуються, відповідно, розміри $K_5 = 7$ мм, $K_7 = 38$ мм, $K_6 = 5$ мм.

2.8.3.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів попередньо призначаємо, виходячи з точності механічної обробки.

Попередньо призначені допуски в подальшому необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки $K_1, K_2 \dots$.

Значення допусків технологічних розмірів зводимо в таблиці 2.13.

Таблиці 2.13 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
1	2	3	4
$Z_1 = 68,2$	Лиття під тиском	4	0,36
$Z_2 = 6,0$			0,18
$Z_3 = 10,6$			0,22
$Z_4 = 20$			0,24
$Z_5 = 38$			0,28
$Z_6 = 7,0$			0,2
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Фрезерування попереднє	14	0,43
B_2	Фрезерування остаточне	14	0,36

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
B_3	Фрезерування однократне	14	0,3
B_4	Точіння однократне	14	0,52
B_5	Фрезерування однократне	14	0,74
B_6	Фрезерування однократне	14	0,36
B_7	Точіння однократне	14	0,62
B_8	Точіння однократне	14	0,3

2.8.3.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірну схему технологічного процесу представлено на рисунку 2.5.

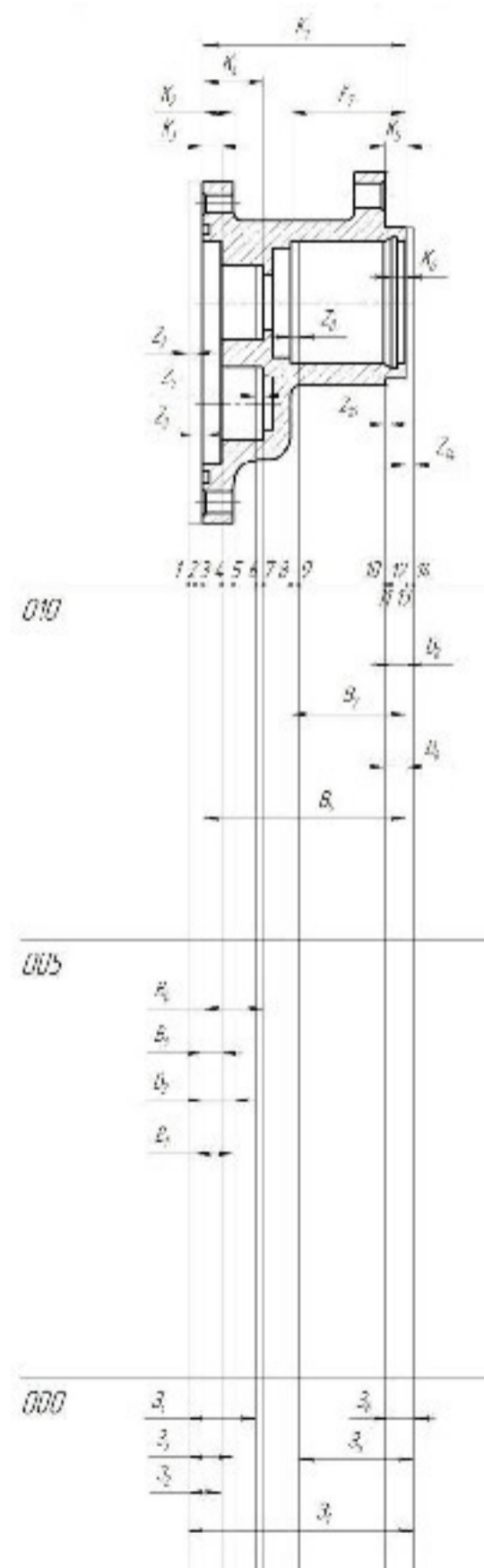


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

2.8.3.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

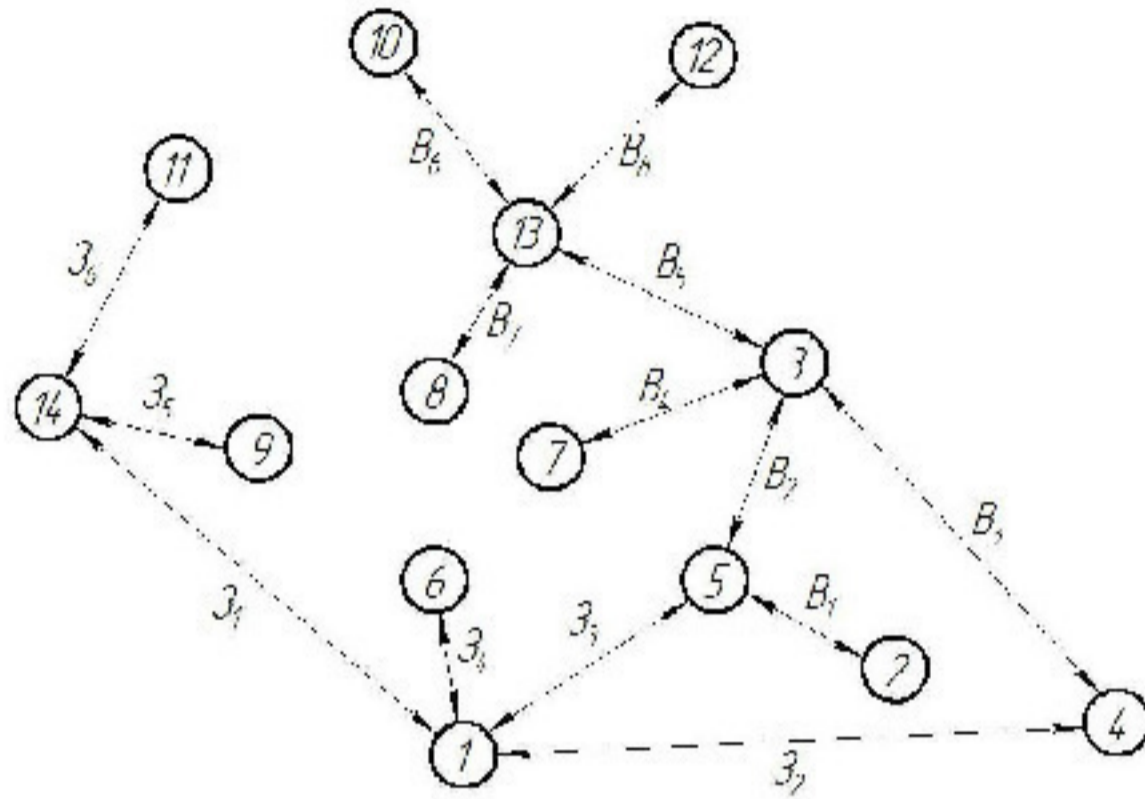


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

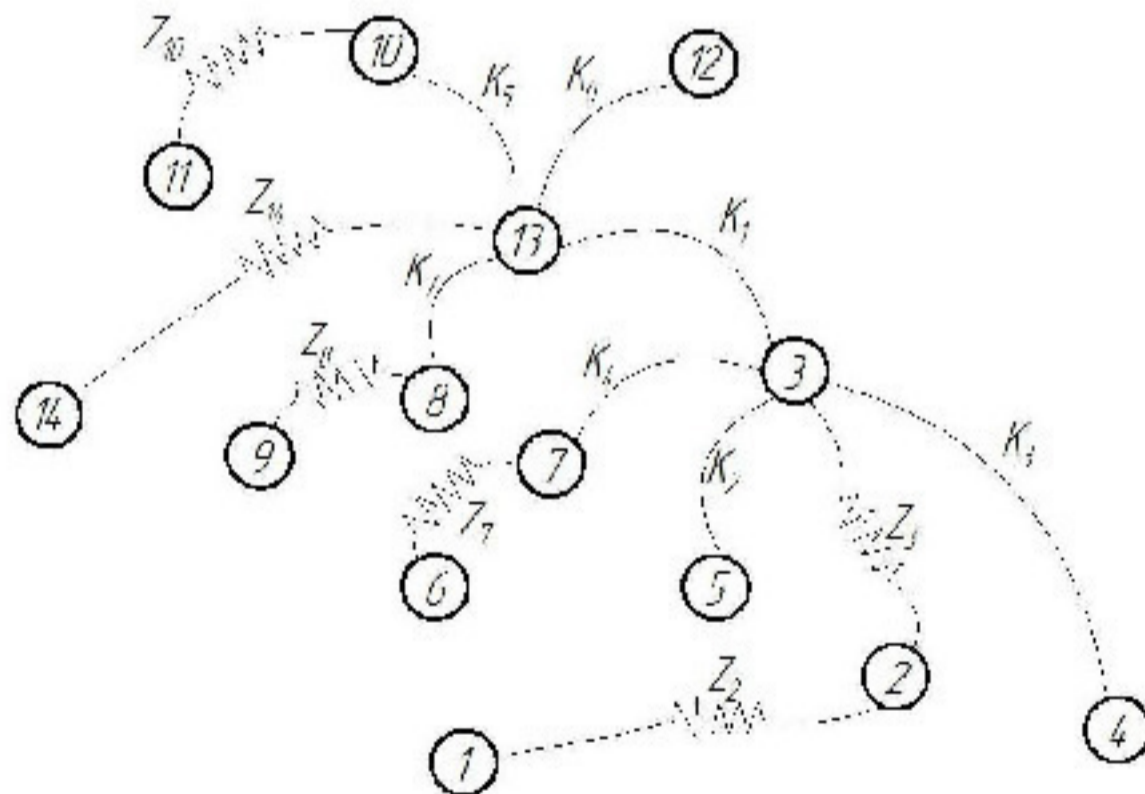


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

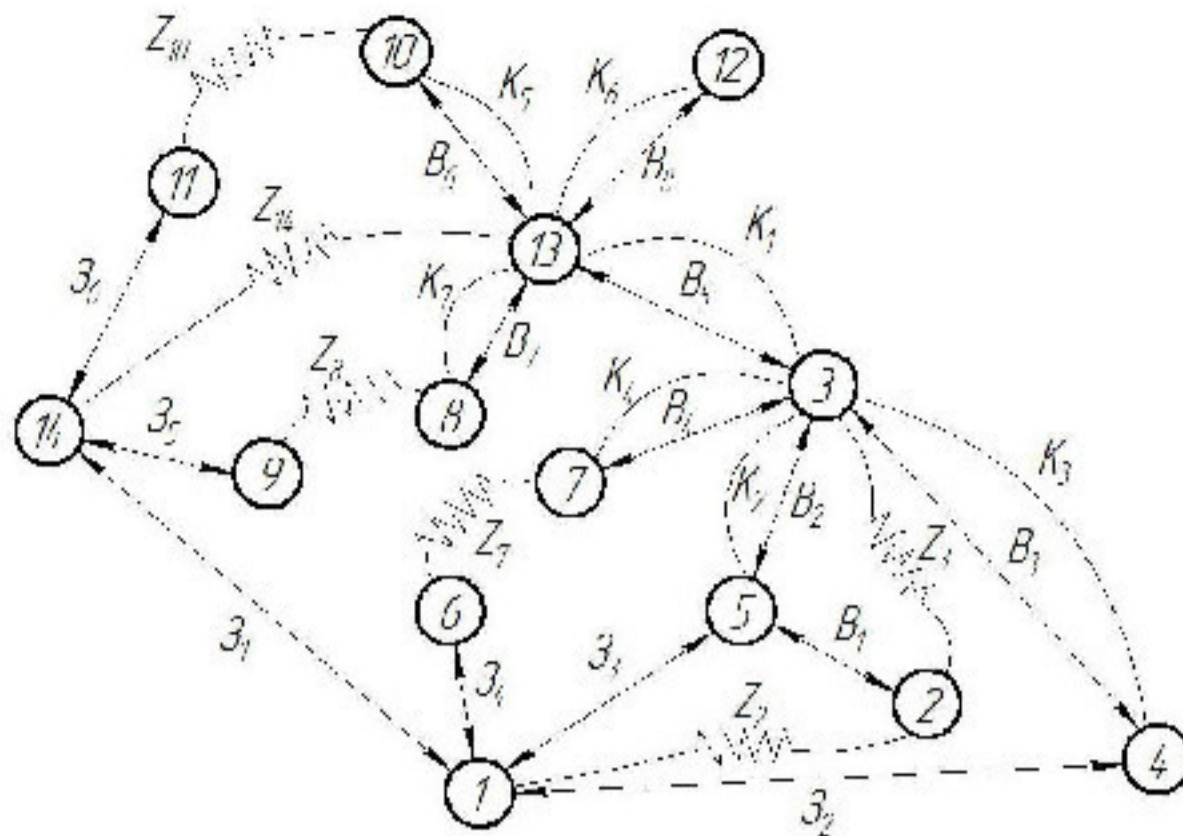


Рисунок 2.8 – Суміщений граф

2.8.3.5 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева записано розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесені до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Рівняня технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Ланка, що визначається
1	2	3	4
1	$-K_7 + B_7 = 0$	$K_7 = B_7$	B_7
2	$-K_6 + B_8 = 0$	$K_6 = B_8$	B_8
3	$-K_5 + B_6 = 0$	$K_5 = B_6$	B_6
4	$-K_1 + B_5 = 0$	$K_1 = B_5$	B_5
5	$-K_4 + B_4 = 0$	$K_4 = B_4$	B_4
6	$-K_3 + B_3 = 0$	$K_3 = B_3$	B_3
7	$-K_2 + B_2 = 0$	$K_2 = B_2$	B_2
8	$-Z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	B_1
9	$-Z_2 + 3_3 - B_1 = 0$	$Z_2 = 3_3 - B_1$	3_3
10	$-Z_{14} - B_5 + B_2 - 3_3 + 3_1 = 0$	$Z_{14} = B_2 - B_5 - 3_3 + 3_1$	3_1
11	$-Z_6 - 3_4 + 3_3 - B_2 + B_4 = 0$	$Z_6 = 3_3 - 3_4 - B_2 + B_4$	3_4
12	$-Z_8 + B_7 - B_5 - B_2 + 3_3 + 3_1 - 3_5 = 0$	$Z_8 = B_7 - B_5 - B_2 + 3_3 + 3_1 - 3_5$	3_5
13	$-Z_{10} + B_6 - B_5 + B_2 - 3_3 + 3_1 - 3_6 = 0$	$Z_{10} = B_6 - B_5 + B_2 - 3_3 + 3_1 - 3_6$	3_6
14	$-Z_6 - 3_4 + 3_2 - B_3 + B_4 = 0$	$Z_6 = 3_2 - 3_4 - B_3 + B_4$	3_2

2.8.3.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)

Проміжні припуски можна визначати аналітичним або нормативним способами згідно таблиць.

Дані табличних припусків зводимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Проміжні мінімальні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_2	Фрезерування попереднє	0,4
Z_3	Фрезерування остаточне	0,16
Z_6	Точіння однократне	0,6
Z_8	Точіння однократне	0,6
Z_{10}	Фрезерування однократне	0,3
Z_{14}	Фрезерування однократне	0,4

2.8.3.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

$$1. K_6 = B_8;$$

$$B_8 = K_6 = 5 \pm 0,15 \text{ мм.}$$

$$2. K_7 = B_7;$$

$$B_7 = K_7 = 38 \pm 0,31 \text{ мм.}$$

$$3. K_5 = B_6;$$

$$B_6 = K_5 = 7 \pm 0,18 \text{ мм.}$$

$$4. K_1 = B_5;$$

$$B_5 = K_1 = 67_{-0,74} \text{ мм.}$$

$$5. K_4 = B_4;$$

$$B_4 = K_4 = 20 \pm 0,26 \text{ мм.}$$

$$6. K_3 = B_3;$$

$$B_3 = K_3 = 6 \pm 0,15 \text{ MM.}$$

$$7. K_2 = B_2;$$

$$B_2 = K_2 = 10_{-0,36} \text{ MM.}$$

$$8. Z_3 = B_1 - B_2;$$

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

$$B_{1\min} = Z_{3\min} + B_{2\max} = 0,16 + 10 = 10,16 \text{ (MM);}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 10,16 + 0,43 = 10,59 \text{ (MM);}$$

$$Z_{3\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 10,59 - 9,64 = 0,95 \text{ (MM).}$$

$$9. Z_2 = 3_3 - B_1;$$

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

$$3_{3\min} = Z_{2\min} + B_{1\max} = 0,4 + 10,59 = 10,99 \text{ (MM);}$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 10,99 + 0,22 = 11,21 \text{ (MM);}$$

$$Z_{2\max} = 3_{3\max} - B_{1\min} = 11,21 - 10,16 = 1,05 \text{ (MM).}$$

$$10. Z_{14} = B_2 - B_5 - 3_3 + 3_1;$$

$$Z_{14\min} = B_{2\min} - B_{5\max} - 3_{3\max} + 3_{1\min};$$

$$3_{1\min} = Z_{14\min} - B_{2\min} + B_{5\max} + 3_{3\max} = 0,4 - 9,64 + 67 + 11,21 = 68,97 \text{ (MM);}$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 68,97 + 0,36 = 69,33 \text{ (MM);}$$

$$Z_{14\max} = B_{2\max} - B_{5\min} - 3_{3\min} + 3_{1\max} = 10 - 66,26 - 10,99 + 69,33 = 2,08 \text{ (MM).}$$

$$11. Z_6 = 3_3 - 3_4 - B_2 + B_4;$$

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

$$3_{4\max} = 3_{3\min} - Z_{6\min} - B_{2\max} + B_{4\min} = 10,99 - 0,6 - 10 + 19,74 = 20,13 \text{ (MM);}$$

$$3_{4\min} = 3_{4\max} - T(3_4) = 20,13 - 0,24 = 19,89 \text{ (MM);}$$

$$Z_{6\max} = 3_{3\max} - 3_{4\min} - B_{2\min} + B_{4\max} = 11,21 - 19,89 - 9,64 + 20,26 = 1,94 \text{ (MM).}$$

$$12. Z_8 = B_7 - B_5 - B_2 + 3_3 + 3_1 - 3_5;$$

$$Z_{8\min} = B_{7\min} - B_{5\max} - B_{2\max} + 3_{3\min} + 3_{1\min} - 3_{5\max};$$

$$\begin{aligned} 3_{5\max} &= B_{7\min} - B_{5\max} - B_{2\max} + 3_{3\min} + 3_{1\min} - Z_{8\min} = \\ &= 37,69 - 67 - 10 + 10,99 + 68,97 - 0,6 = 40,05 \text{ (MM);} \end{aligned}$$

$$3_{5\min} = 3_{5\max} - T(3_5) = 40,05 - 0,28 = 39,77 \text{ (MM);}$$

$$Z_{8\max} = B_{7\max} - B_{5\min} - B_{2\min} + 3_{3\max} + 3_{1\max} - 3_{5\min} =$$

$$= 38,31 - 66,26 - 9,64 + 11,21 + 69,33 - 39,77 = 3,18 \text{ (мм)}.$$

$$13. Z_{10} = B_6 - B_5 + B_2 - Z_3 + Z_1 - Z_6;$$

$$Z_{10\min} = B_{6\min} - B_{5\max} + B_{2\min} - Z_{3\max} + Z_{1\min} - Z_{6\max};$$

$$Z_{6\max} = B_{6\min} - B_{5\max} + B_{2\min} - Z_{3\max} + Z_{1\min} - Z_{10\min} = \\ = 6,82 - 67 + 9,64 - 11,21 + 68,97 - 0,3 = 6,92 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\min} = Z_{6\max} - T(Z_6) = 6,92 - 0,2 = 6,72 \text{ (мм)};$$

$$Z_{10\max} = B_{6\max} - B_{5\min} + B_{2\max} - Z_{3\min} + Z_{1\max} - Z_{6\min} = \\ = 7,18 - 66,26 + 10 - 10,99 + 69,33 - 6,72 = 2,54 \text{ (мм)}.$$

$$14. Z_6 = Z_2 - Z_4 - B_3 + B_4;$$

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

$$Z_{2\min} = Z_{6\min} + Z_{4\max} + B_{3\max} - B_{4\min} = 0,6 + 20,13 + 6,15 - 19,74 = 7,14 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 7,14 + 0,18 = 7,32 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\max} = Z_{2\max} - Z_{4\min} - B_{3\min} + B_{4\max} = 7,32 - 19,89 - 5,85 + 20,26 = 1,84 \text{ (мм)}.$$

Дані розрахунків зводимо в таблиці 2.16-2.17.

Таблиця 2.16 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски, мм

Поначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру в технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мін розмір	макс розмір				
B ₁	10,16	10,59	0,43	10,59	10,59 _{-0,43}	-
B ₂	9,64	10	0,36	10	10 _{-0,43}	-
B ₃	5,85	6,15	0,3	6	6±0,15	-
B ₄	19,74	20,26	0,52	20	20±0,26	-
B ₅	66,26	67	0,74	67	67 _{-0,74}	-
B ₆	6,82	7,18	0,36	7	7±0,18	-
B ₇	37,69	37,31	0,62	38	38±0,36	-
B ₈	4,85	5,15	0,3	5	5±0,15	-
Z ₁	68,97	69,33	0,36	69,33	-	69,33 _{-0,36}
Z ₂	7,14	7,32	0,18	7,23	-	7,23 _{-0,18}
Z ₃	10,99	11,21	0,22	11,21	-	11,21 _{-0,21}
Z ₄	19,89	20,13	0,24	20,01	-	20,01±0,12
Z ₅	39,77	40,05	0,28	39,91	-	39,91±0,14
Z ₆	6,72	6,92	0,2	6,82	-	6,82±0,1

Таблиця 2.17 – Значення припусків, мм

Припуски		Z ₂	Z ₃	Z ₆	Z ₈	Z ₁₀	Z ₁₄
Граничні значення	Z _{min}	0,4	0,16	0,6	0,6	0,3	0,4
	Z _{max}	1,05	0,95	1,84	3,18	2,54	2,08

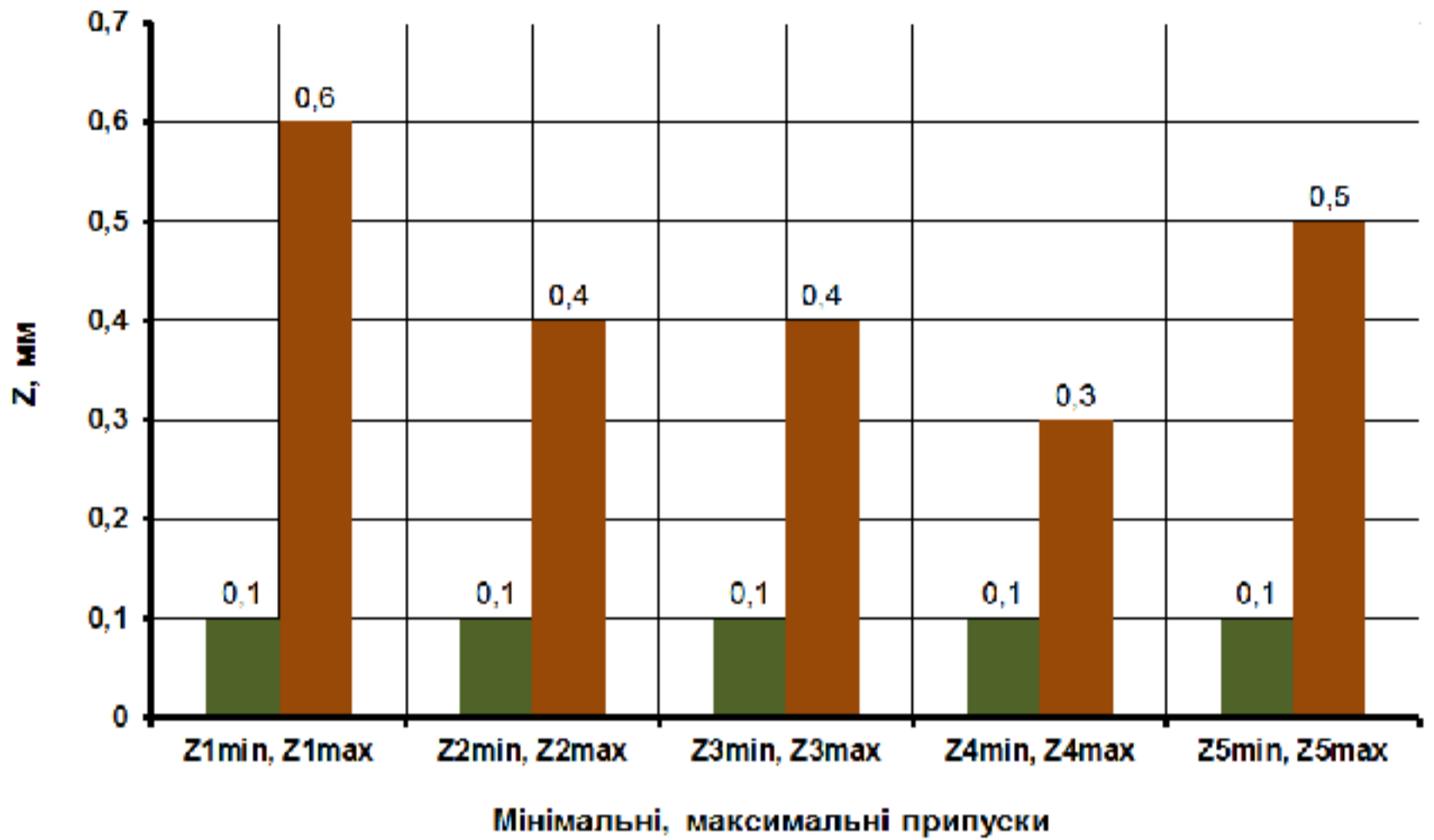
Висновок. В результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі визначені технологічні розміри B₁...B₈, розміри вихідної заготовки Z₁...Z₆. Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів K₁...K₇ в межах полів допусків. Корекції розроблений технологічний процес не потребує.

2.8.4 Результати досліджень величин припусків визначених за нормативними даними та розмірним аналізом технологічного процесу

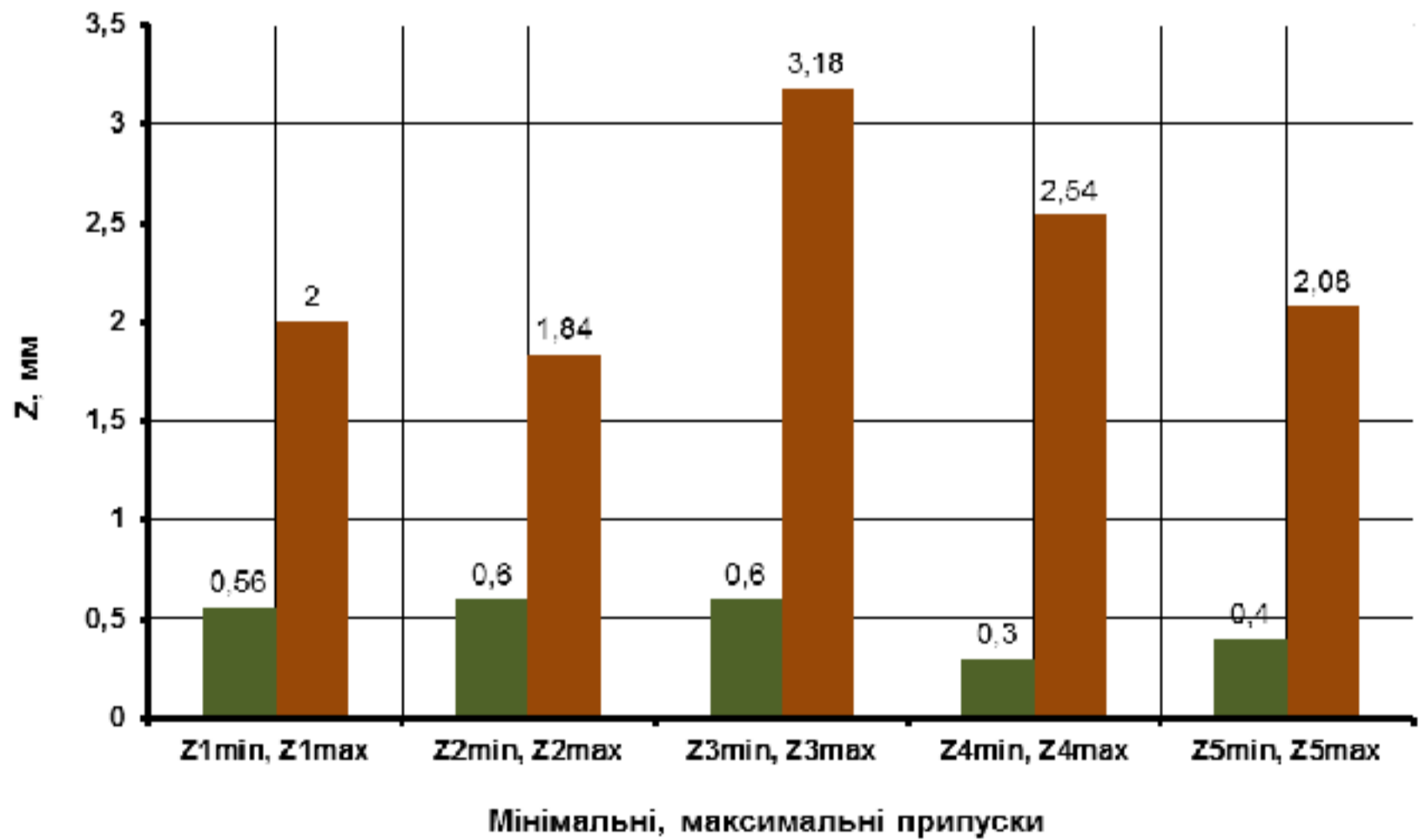
Результати досліджень величин припусків визначених за нормативними даними та розмірним аналізом технологічного процесу наведені в таблиці 2.18 та зображені на рисунку 2.9.

Таблиця 2.18 – Припуски на обробку плоских поверхонь деталі «Кришка передня ГМ.10»

Поверхні	Згідно нормативних даних		Згідно розмірного аналізу технологічного процесу	
	Максимальний припуск, мм	Мінімальний припуск, мм	Максимальний припуск, мм	Мінімальний припуск, мм
1	0,6	0,1	2,0	0,56
2	0,4	0,1	1,84	0,6
3	0,4	0,1	3,18	0,6
4	0,3	0,1	2,54	0,3
5	0,5	0,1	2,08	0,4



а)



б)

Рисунок 2.9 – Величина припусків:

а – за нормативами; б – згідно розмірного аналізу технологічного процесу

2.8.4 Висновок

Порівняльний аналіз величини припусків, визначених за нормативними даними та проведенням розмірного аналізу технологічного процесу, дає можливість зробити висновки.

1. Максимальні та мінімальні припуски вибрані за нормативними таблицями є значно меншими (в рази) ніж визначені згідно розмірного аналізу технологічного процесу.

2. Відмінність у значеннях припусків може бути пояснена тим, що при використанні нормативного методу не враховуються методи обробки поверхонь деталей, кількість переходів, прийняті схеми базування, проміжні припуски та допуски розмірів по переходах механічної обробки, що, відповідно, призводить до таких результатів.

3. Занижені значення припусків на механічну обробку не забезпечать необхідної якості деталі.

4. Так як припуски згідно нормативів є значно меншими, то такий метод може бути прийнятий лише в умовах одиничного виробництва.

5. Запропонована методика порівняльного аналізу може бути використана як в навчальному процесі, так і на виробництві.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ [1, 7]

Операція 010. Комбінована з ЧПК.

Установлення деталі виконується на площину та два пальці (циліндричний та зрізаний).

Маршрут механічної обробки: розточування попереднє, розточування остаточне.

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь міні припуск визначаємо за формулою:

$$2Z_{1\min} = 2(R_{z-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.20)$$

де R_z – висота мікронерівностей, мкм;

T – глибина дефектного шару, мкм;

ρ – сума просторових відхилень, мкм;

ε_i – похибка установки, мкм.

Сумарне значення просторових відхилень

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.21)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – загальна кривизна заготовки, мкм.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta K \cdot D)^2 + (\Delta K \cdot L)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 40)^2 + (0,7 \cdot 38)^2} = 39 \text{ (мкм)}.$$

$\rho_{\text{зм}}$ – похибка зміщення, $\rho_{\text{зм}} = T_{\text{заг}}(67) = 0,36 \text{ мм}$.

$$\rho_0 = \sqrt{0,039^2 + 0,36^2} = 0,362 \text{ (мм)} = 362 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_1 = \kappa_y \cdot \rho_0 = 0,04 \cdot 362 = 0,015 \text{ (мм)} = 15 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = \kappa_y \cdot \rho_0 = 0,05 \cdot 15 = 0,00075 \text{ (мм)} = 0,75 \text{ (мкм)} \approx 1 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо похибку установки заготовки за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \text{ [мкм]}. \quad (2.22)$$

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині при встановленні її на пальці пристосування. Перекіс при цьому відбувається через наявність зазорів між найбільшим діаметром установочних отворів і найменшим діаметром пальців.

Найбільший зазор між отворами і пальцями

$$S_{\max} = d_A + d_B + S_{\min} \text{ [ММ]}, \quad (2.23)$$

де d_A – допуск на отвір: $d_A = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм}$;

d_B – допуск на діаметр пальця: $d_B = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм}$;

S_{\min} – мінімальний зазор між діаметрами штиря і отвору:

$$S_{\min} = 13 \text{ мкм} = 0,013 \text{ мм}.$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки на штирях може бути знайдений з співвідношення найбільшого зазору при повороті в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,015 + 0,015 + 0,013}{\sqrt{70^2 + 80^2}} = 0,0004.$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору ℓ

$$\varepsilon_6 = \ell \cdot \operatorname{tg} \alpha = 38 \cdot 0,0004 = 0,02 = 20 \text{ (мкм)}.$$

При чорновому розточуванні $\varepsilon_{6\phi 40H8} = 20 \text{ мкм}$.

При установці на опорні пластинки і 2 пальці по обробленій поверхні основи: $\varepsilon_3 = 60 \text{ мкм}$ [2];

$$\varepsilon_{\text{ІІР}} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{10} \right) \cdot T \text{ [2]}, \quad (2.24)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{6} \cdot T = \frac{1}{6} \cdot 62 = 11 \text{ (мкм)}.$$

де $T = 62$ мкм по 9-10 квалітету, що буде забезпечений при чорновому розточуванні.

Тоді

$$\varepsilon_y = \sqrt{20^2 + 60^2 + 11^2} = 64 \text{ (мкм)}.$$

ε_y при чистовому розточуванні дорівнює 0, тому що обробка в подальшому ведеться з того ж установу (операція 010).

Визначаємо мінімальний припуск

$$2Z_{1\text{min}} = 2(100 + \sqrt{362^2 + 64^2}) = 2 \cdot 468 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{2\text{min}} = 2(50 + 50 + \sqrt{15^2 + 0^2}) = 2 \cdot 108 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо максимальні технологічні розміри:

$$40,039 - 0,216 = 39,823 \text{ (мм)};$$

$$39,823 - 0,936 = 38,887 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо мінімальні технологічні розміри:

$$40,039 - 0,039 = 40,0 \text{ (мм)};$$

$$39,823 - 0,062 = 39,761 \text{ (мм)}.$$

Заготовка

$$38,887 - 0,28 = 38,607 \text{ (мм)}.$$

Максимальний припуск (Z_{max})

$$40 - 39,761 = 0,239 \text{ (мм);}$$

$$39,761 - 38,607 = 1,154 \text{ (мм).}$$

Мінімальний припуск (Z_{\min})

$$40,039 - 39,823 = 0,216 \text{ (мм);}$$

$$39,823 - 38,887 = 0,936 \text{ (мм).}$$

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

$$2Z_{0\min} = 0,216 + 0,936 = 1,152 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{0\max} = 0,239 + 1,154 = 1,393 \text{ (мм).}$$

Загальний номінальний припуск:

$$Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + H_3 - H_4 = 1,152 + 0,28 - 0,039 = 1,042 \text{ (мм);}$$

$$d_{3\text{ном}} = d_{4\text{ном}} + Z_{0\text{ном}} = 40 + 1,393 = 41,393 \text{ (мм).}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 2.19.

Перевірка правильності розрахунків припусків:

$$Z_{\max 1}^{zp} - Z_{\min 1}^{zp} = 1154 - 936 = 218 \text{ (мкм);}$$

$$\delta_{заг} - \delta_1 = 280 - 62 = 218 \text{ (мкм);}$$

$$Z_{\max 2}^{zp} - Z_{\min 2}^{zp} = 239 - 216 = 23 \text{ (мкм);}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 62 - 39 = 23 \text{ (мкм).}$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

Таблиця 2.19 – Значення проміжних припусків і технологічних розмірів обробки поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$	Елементи припуска, мкм				Розрахункові розміри		Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ	ϵ_i	$2Z_{\min}$	D_p		D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	100		362	-	-	38,887	280	38,607	39,887	-	-
Розточування попереднє	50	50	15	64	2·468	39,823	62	39,761	39,823	0,936	1,154
Розточування остаточне	20	10	1	-	2·108	40,039	39	40	40,039	0,216	0,239
Всього										1,152	1,393

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

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів на інші діаметральні поверхні

Поверхні	$2Z_{\min}$, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Проміжні розміри і допуск, мм
1	2	3	4	5
$\varnothing 24H7^{(+0,021)}$				
Заготовка $\varnothing 22,8$				
Розточування попереднє	2·0,5	$\varnothing 23,8$	0,033	$\varnothing 23,8^{+0,033}$
Розточування остаточне	2·0,1	$\varnothing 24$	0,021	$\varnothing 24H7^{(+0,021)}$
$\varnothing 50e9^{(-0,050)}_{(-0,112)}$				
Заготовка $\varnothing 51,2$				
Точіння однократне	2·0,6	$\varnothing 50$	0,062	$\varnothing 50e9^{(-0,050)}_{(-0,112)}$
$\varnothing 42,6H13^{(+0,39)}$				
Заготовка $\varnothing 40$				
Розточування однократне	2·1,3	$\varnothing 42,6$	0,039	$\varnothing 42,6H13^{(+0,39)}$

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5
$\varnothing 6H7^{(+0,012)}$				
В заготовці відсутній Свердління	2·2,5	$\varnothing 6$	0,12	$\varnothing 5H12^{(+0,12)}$
Розвертання попереднє	2·0,4		0,03	$\varnothing 5,8H9^{(+0,03)}$
Розвертання остаточне	2·0,1		0,012	$\varnothing 6H7^{(+0,012)}$
заглиблення розміром R20; R4 ^{+0,1}				
Заготовка R19,6		R20		
Фрезерування попереднє	0,15		0,52	R19,9 ^{+0,52}
Фрезерування остаточне	0,05		0,52	R20 ^{+0,52}

Інші поверхні визначені по 14 квалітету, шорсткість поверхні Ra 6,3 і обробляються за 1 перехід.

2.10 Призначення режимів різання

Проведемо розрахунок режимів різання для двох видів обробки за нормативними даними.

Операція 005: комбінована з ЧПК.

Модель верстата: вертикальний багатоцільовий з ЧПК HAAS VF1.

Пристосування: самоцентрувальні призми (рухомі).

Перехід: фрезерувати площину деталі попередньо в розмір 10,59_{-0,43} мм.

Розмір заготовки – 11,21_{0,21} мм.

Оброблюваний матеріал – алюмінієвий сплав АК7 (АЛ9) ГОСТ 1583-93.

Ріжучий інструмент: фреза торцева $\varnothing 120$ мм, матеріал ріжучої частини – твердий сплав ВК8, матеріал державки – сталь 45.

Глибина різання

$$t = 0,725 \text{ мм.}$$

Згідно [12] визначено:

- подача

$$S_{Zm} = 0,75 \text{ мм/зуб;}$$

- поправковий коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу

$$K_{Sm} = 1,1;$$

- поправковий коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини $K_{Su} = 1,0$;

- поправковий коефіцієнт, що враховує головний кут в плані (60-65°)

$$K_{S\varphi} = 1,0;$$

- поправковий коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластин (механічний) $K_{Sp} = 1,0$;

- поправковий коефіцієнт, що враховує схему установки фрези (симетрично) $K_{Sc} = 0,5$;

- поправковий коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування $K_{Sb} = 1,0$.

Тоді

$$S_z = S_{zm} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Sb} \text{ [мм/зуб]}, \quad (2.25)$$

$$S_z = 0,75 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,41 \text{ (мм/зуб)}.$$

Швидкість різання $V_m = 274 \text{ м/хв.}$

Поправкові коефіцієнти [12]

$K_{M\theta} = 1,1$; $K_{Vu} = 1,0$; $K_{Vn} = 1,0$ (поверхня заготовки без кірки); $K_{V\varphi} = 1,0$;

$K_{Vb} = 1,0$; $K_{VT} = 0,8$ (період стійкості фрези 120 хв.); $K_{Vp} = 1,0$;

$K_{V\omega} = 0,85$ (робота без ЗОР).

Тоді

$$V = V_m \cdot K_{M\theta} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vn} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{Vb} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vp} \cdot K_{V\omega} \text{ [м/хв]}, \quad (2.26)$$

$$V = 274 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 205 \text{ (м/хв)}.$$

По визначеній швидкості різання розраховано частоту обертання:

$$n_{\text{роз}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} \text{ [об/хв.]}, \quad (2.27)$$

$$n_{роз} = \frac{1000 \cdot 205}{3,14 \cdot 120} = 544 \text{ (об/хв.)}$$

Прийнято $n_{пр} = 530$ об/хв.

Потужність різання $N_m = 2,43$ кВт.

З урахування поправкових коефіцієнтів

$$N_{різ} = N_m \cdot K_{Nm} \cdot K_{Nu} \cdot K_{Nn} \cdot K_{N\phi} \cdot K_{Nb} \cdot K_{NT} \cdot K_{Np} \cdot K_{Nж} \text{ [кВт]}, \quad (2.28)$$

$$N_{різ} = 2,43 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,4 \text{ (кВт)}.$$

Аналогічно розраховані режими різання на перехід: фрезерувати площину деталі остаточно в розмір $10_{-0,43}$ мм.

Подача $S_{Zm} = 0,56$ мм/зуб.

$$S_Z = S_{Zm} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Sb} \text{ [мм/зуб]},$$

$$S_Z = 0,56 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,31 \text{ (мм/зуб)}.$$

Швидкість різання $V_m = 311$ м/хв.

$$V = V_m \cdot K_{M\phi} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vn} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vb} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vp} \cdot K_{Vж} \text{ [м/хв]},$$

$$V = 311 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 233 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання:

$$n_{роз} = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 233}{3,14 \cdot 120} = 618 \text{ (об/хв.)}$$

Прийнято $n_{пр} = 620$ об/хв.

Потужність різання $N_m = 1,68$ кВт.

З урахування поправкових коефіцієнтів

$$N_{різ} = N_m \cdot K_{Nm} \cdot K_{Nu} \cdot K_{Nn} \cdot K_{Np} \cdot K_{Nb} \cdot K_{NT} \cdot K_{Np} \cdot K_{Nxc} \text{ [кВт]},$$

$$N_{різ} = 1,68 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,98 \text{ (кВт)}.$$

Обробка на даному верстаті можлива, так, як потужність різання менша потужності верстата

$$N_{верст} = N \cdot \eta \text{ [кВт]}, \quad (2.29)$$

$$N_{верст} = 22,4 \cdot 0,85 = 19,04 \text{ (кВт)}.$$

Режими різання по переходах механічної обробки занесено до таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	Розрахункові розміри D (B), мм	Припуск t, мм	Режими різання			N, кВт
			S, мм/об	V, м/хв.	n, об/хв.	
1	2	3	4	5	6	7
005 Комбінована з ЧПК						
2. Фрезерувати площину 1 попередньо.	(79)	0,725	0,41 мм/зуб	205	530	1,4
3. Фрезерувати площину 1 остаточно.	(79)	0,555	0,31 мм/зуб	233	620	0,98
4. Фрезерувати пов. 2 попередньо.	R20	0,3	0,11 мм/зуб	51	500	0,9
5. Фрезерувати пов. 2 остаточно.		0,1	0,09 мм/зуб	57,6	570	0,65
6. Фрезерувати канавку 3 однократно.	37±0,2 (R26)	1,85	0,11 мм/зуб	5,8	500	
7. Розточити 2 отв. 4 попередньо з підрізанням торця 10.	∅23,8H8 ^(+0,033) (∅24H7 ^(+0,021))	0,5	0,25	94,2	1250	
8. Розточити 2 отв. 4 остаточно.	∅24H7 ^(+0,021)	0,1	0,1	124,3	1650	
9. Центрувати 2 отв. 5.	∅3 (∅6H7 ^(+0,012))	1,5	0,35	26	1060	
10. Свердлити 2 отв. 5.	∅5H12 ^(+0,12) (∅6H7 ^(+0,012))	2,5	0,35	16,6	1060	

Продовження таблиці 2.21

1	2	3	4	5	6	7
11. Зенкувати 2 фаски 6.	1×45°	1,0	0,35	20,4	810	
12. Розвернути 2 отв. 5 попередньо.	ø5,8H9 ^(+0,03) (ø6H7 ^(+0,012))	0,4	0,5	4,1	225	
13. Розвернути 2 отв. 5 остаточно.	ø6H7 ^(+0,012)	0,1	0,2	5,65	300	
14. Центрувати 8 отв. 7.	ø6 (M8-6H)	3,0	0,35	19,97	1060	
15. Свердли 8 отв. 7.	ø7 (M8-6H)	3,5	0,35	23,3	1060	
16. Зенкувати фаски 1 45° в 8 отв. 7.	1×45° (M8-6H)	1,0	0,35	22,9	810	
17. Нарізати різьбу в 8 отв. 7.	M8-6H	1,0	1,0	8,54	340	
18. Повернути стіл на 20°.	-	-	-	-	-	-
19. Центрувати отв. 8.	ø2 (ø4)	1,0	0,2	5,53	880	
20. Свердли 8 отв. 8.	ø4	2,0	0,2	10,05	880	
21. Повернути стіл на 55°.	-	-	-	-	-	-
22. Центрувати отв. 9.	ø2 (ø4)	1,0	0,2	5,53	880	
23. Свердли 8 отв. 9.	ø4	2,0	0,2	10,05	880	
010 Комбінована з ЧПК						
2. Фрезерувати площину 1 однократно.	67 (79)	1,42	0,3 мм/зуб	205	530	1,4
3. Фрезерувати площину 2 однократно, поверхню 3 однократно.	ø86 (H = 10); ø50e9 ^(-0,050) -0,112	1,24 1,3	0,3 мм/зуб	205 196,25	530 800	
4. Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 5.	ø38,75 (ø40H8 ^(+0,039))	4,5	0,35	26	920	
5. Розточити отвір 4 остаточно.	ø40H8 ^(+0,039)	0,23	0,12	207,2	1250	
6. Розточити канавку 6 однократно.	ø42,6H13 ^(+0,39)	1,3	0,25	167,2	880	
7. Розточити фаску 7 однократно.	0,6×45°	0,6	0,25	161,7	880	
8. Зенкерувати 3 отв. 8.	ø9	4,5	0,5	29,96	1060	
9. Зенкувати фаски 1×45° в 3 отв. 8.	1×45°	1,0	0,35	27,98	810	
10. Нарізати різьбу в 3 отв. 8.	M10-6H	1,0	1,0	10,7	340	

2.11 Математичне моделювання ТП та оптимізація режимів різання

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

Для виконання оптимізації режимів різання використаємо комп'ютерну програму [7].

Розрахунок оптимального режиму різання виконаний і показаний на рисунку 2.10.

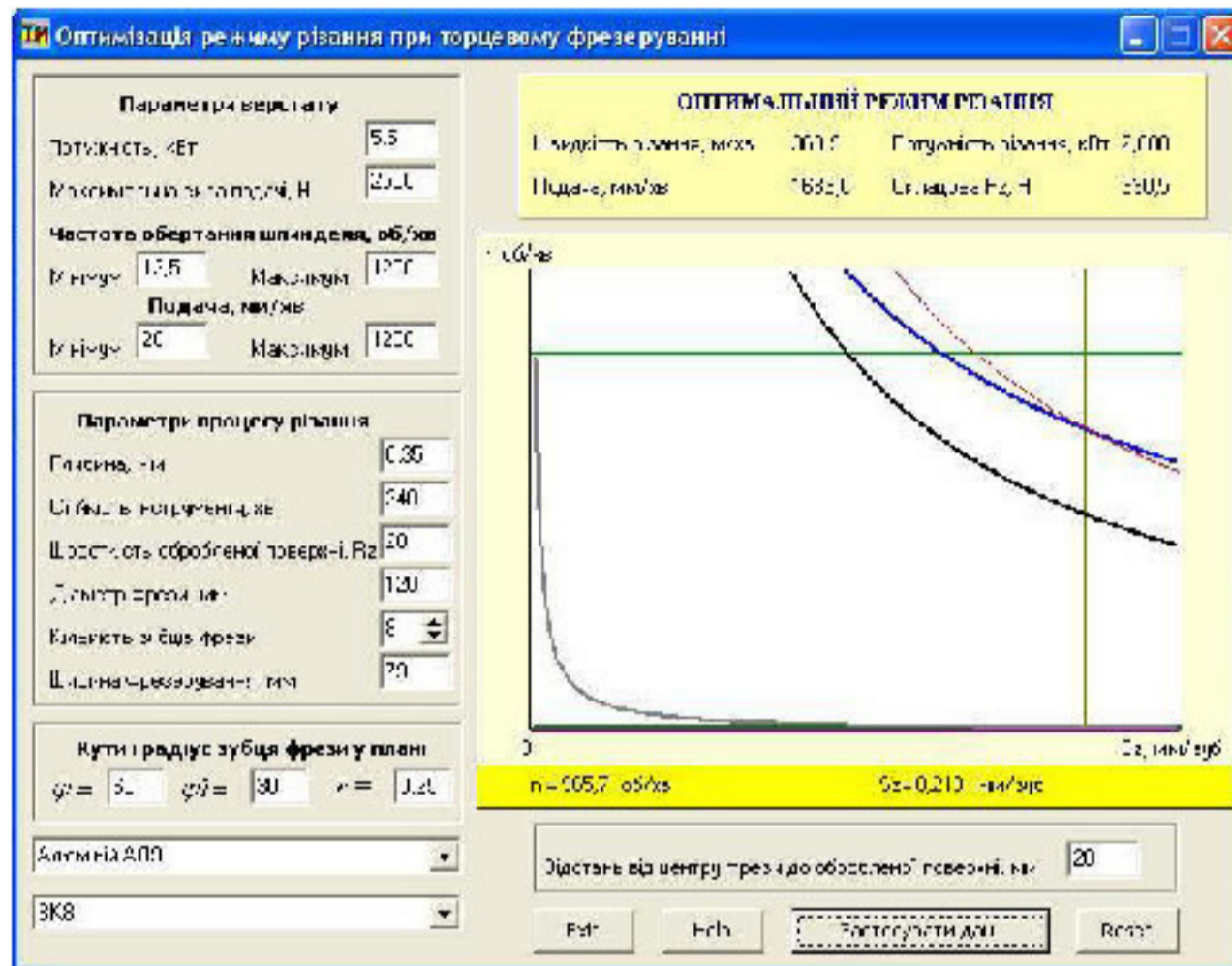


Рисунок 2.10 – Оптимізація режимів різання для торцевого фрезерування

Значення оптимальних режимів різання отриманих за допомогою комп'ютерної програми (рис. 2.10) мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Отже, максимальна продуктивність при обробці на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

2.12 Визначення технічних норм часу

Технічні норми часу в умовах масового та серійного виробництва встановлюється розрахунково-аналітичним методом.

В великосерійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-2}}{n} + T_O + T_D + T_{обс,відн} \text{ [хв.]}, \quad (2.30)$$

де T_{n-3} – підготовчо-заключний час, хв.;

n – кількість деталей в партії настройки, шт.;

T_o – основний час, хв., визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \text{ [хв.]}, \quad (2.31)$$

де L – довжина робочого ходу супорта; i – число пербігу; S – подача; n – частота обертання.

Проведемо детальний розрахунок основного часу для операції 010 комбінованої з ЧПК.

Модель верстата: вертикальний багатопільовий з ЧПК HAAS VF-1.

Пристосування: спеціальне.

Маса заготовки 0,89 кг.

Основний час на виконання переходів.

Перехід 2. Фрезерувати площину 1 однократно

$$T_{o2} = \frac{(50 + 20 + 20) \cdot 1}{0,2 \cdot 8 \cdot 530} = 0,106 \text{ (хв.)}$$

Перехід 3. Фрезерувати площину 2 однократно

$$T_{o3} = \frac{(270 + 20) \cdot 1}{0,2 \cdot 8 \cdot 530} = 0,34 \text{ (хв.)}$$

Фрезерувати поверхню 3 однократно

$$T_{o4} = \frac{(7 + 4) \cdot 1}{0,25 \cdot 800} = 0,055 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4. Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 5

$$T_{os} = \frac{(38 + 4) \cdot 1}{0,25 \cdot 880} = 0,19 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5. Розточити отвір 4 остаточно

$$T_{o6} = \frac{(38 + 4) \cdot 1}{0,12 \cdot 1250} = 0,28 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6. Розточити канавку 6 однократно

$$T_{o7} = \frac{(1,3 + 1) \cdot 1}{0,25 \cdot 880} = 0,105 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7. Розточити фаску 7 однократно

$$T_{o8} = \frac{0,6}{0,25 \cdot 880} = 0,003 \text{ (хв.)}$$

Перехід 8. Зенкерувати 3 отв. 8

$$T_{o9} = \frac{(10 + 3 + 3) \cdot 3}{0,5 \cdot 1060} = 0,0906 \text{ (хв.)}$$

Перехід 9. Зенкувати фаски $1 \times 45^\circ$ в 3 отв. 8

$$T_{o10} = \frac{3 \cdot 1}{0,35 \cdot 810} = 0,0106 \text{ (хв.)}$$

Перехід 10. Нарізати різьбу в 3 отв. 8

$$T_{011} = \frac{(10 + 3 + 3) \cdot 3}{1,0 \cdot 340} = 0,14 \text{ (хв.)}$$

Основний час $\Sigma T_{0010} = 1,32 \text{ хв.}$

Тоді штучно-калькуляційний час виконання операції

$$T_{шт-к} = 1,32 \cdot 2,7 = 3,564 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Технічні норми часу по операціям, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв.
1	2	3	4
005 Комбінована з ЧПК	5,42	1,35	7,32
010 Комбінована з ЧПК	1,32	2,7 (фактичний) 1,35 (табличний)	3,564

2.13 Висновки

В даному розділі проведено удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» 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 робочого креслення деталі виконано якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі і встановлено, що деталь «Кришка передня ГМ.10» технологічна;

- за розрахунками коефіцієнта закріплення операцій встановлено, що тип виробництва великосерійний, форма організації роботи групова;

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки є лиття під тиском та лиття в кокіль. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки вартість заготовки при цьому складає 94,03 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 116,49 грн.;

- вибрано методи обробки поверхонь деталі «Кришка передня ГМ.10», обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та розроблено два удосконалені варіанти маршрути механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;

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

- проведено дослідження та порівняння величин припусків, визначених за нормативними даними та шляхом виконання розмірного аналізу технологічного процесу;

- розраховано припуски та міжопераційні розміри;

- розраховано режими різання і виконано нормування операцій технологічного процесу.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»

3.1 Розрахунок приведеної програми [2, 14]

Приведена програма визначається за формулою

$$N_{np} = N_{пред} + \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} \text{ [шт.]}, \quad (3.1)$$

де $N_{пред}$ – програма випуску представника; N_i – програма випуску деталей, якими довантажуються верстати; K_{npi} – коефіцієнт приведення деталей, якими довантажуються верстати.

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі; K_2 – коефіцієнт приведення по програмі випуску; K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2}, \quad (3.3)$$

де m_i – маса розглядуваної деталі; m_{np} – маса розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{N_i}{N_{np}} \right)^{0,18}, \quad (3.4)$$

де N_i – програма випуску розглядуваної деталі; N_{np} – програма випуску розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \left(\frac{R_{ai}}{R_{anp}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{T_i}{T_{np}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.5)$$

де R_{ai} – середній коефіцієнт шорсткості розглядуваної деталі; R_{anp} – середній коефіцієнт шорсткості розрахункового представника; T_i – середній квалітет точності розглядуваної деталі; T_{np} – середній квалітет точності розрахункового представника; α_1, α_2 – коефіцієнти.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Найменування деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Показники точності (IT) /шорсткості (Ra)									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Кришка передня ГМ.10 (розрахунковий представник)	0,86	15000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	4	1	1	-	-	-	1	47	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	4	-	4	46	-	-	-	
Кришка передня ГМ.10	0,425	15000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	4	-	-	2	-	-	-	48	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	10	-	2	34	8	-	-	

Кришка передня ГМ.10.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{0,425}{0,86}\right)^2} = 0,79.$$

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{15000}{15000}\right)^{0,15} = 1.$$

Середня шорсткість розрахункового представника

$$\bar{R}_{a.p.p.} = \frac{1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 46}{4 + 4 + 46} = 5,72 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розрахункового представника

$$\bar{T}_{p.p.p.} = \frac{7 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 47}{4 + 1 + 1 + 1 + 47} = 13,3.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\bar{R}_{a1} = \frac{1,6 \cdot 10 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 34 + 12,5 \cdot 8}{54} = 8,67 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\bar{T}_1 = \frac{7 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 14 \cdot 48}{54} = 13,3.$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(8,67)^{a_1}}{(5,72)^{a_1}} \cdot \frac{(13,3)^{a_2}}{(13,3)^{a_2}} = \frac{0,975}{0,995} \cdot \frac{0,8}{0,8} = 0,98.$$

Коефіцієнт приведення загальний

$$K_{np} = 0,79 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 0,774.$$

Дані розрахунків заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Кришка передня ГМ.10	15000	0,86	1,0	1,0	1,0	1,0	15000
Кришка передня ГМ.10	15000	0,425	0,79	1,0	0,98	0,774	11610

Таким чином, приведена програма

$$N_{прив} = 15000 + 15000 \cdot 0,774 = 26610 \text{ (шт.)}$$

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься 3 подібних деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Згідно [2, 14] розрахункова кількість верстатів для кожної операції

визначається за формулою:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot \Phi_o}, \quad (3.6)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час, хв.; N – програми випуску, шт.; Φ_o – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням річної програми розрахункового представника):

операція 005: $C_{p005} = \frac{7,32 \cdot 15000}{60 \cdot 3890} = 0,47; C_{np005} = 1;$

операція 010: $C_{p010} = \frac{3,564 \cdot 15000}{60 \cdot 3890} = 0,23; C_{np010} = 1.$

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі з урахуванням приведеної програми:

операція 005: $C_{p005} = \frac{7,32 \cdot 26610}{60 \cdot 3890} = 0,83; C_{np005} = 1;$

операція 010: $C_{p010} = \frac{3,564 \cdot 26610}{60 \cdot 3890} = 0,41; C_{np010} = 1.$

Тоді коефіцієнти завантаження обладнання відповідно складатимуть (з урахуванням приведеної програми):

$$\eta_3 = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.7)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів; C_{np} – прийнята кількість верстатів.

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{3005} = \frac{0,83}{1} = 0,83.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{3010} = \frac{0,41}{1} = 0,41.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,83 + 0,41}{2} = 0,62.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається для кожного верстату за формулою:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}}. \quad (3.8)$$

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{o005} = \frac{5,42}{7,32} = 0,74.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{o010} = \frac{1,32}{3,564} = 0,4.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{o\text{сер}} = \frac{0,74 + 0,4}{2} = 0,56.$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рисунку 3.1, графік використання обладнання за основним часом на рисунку 3.2.

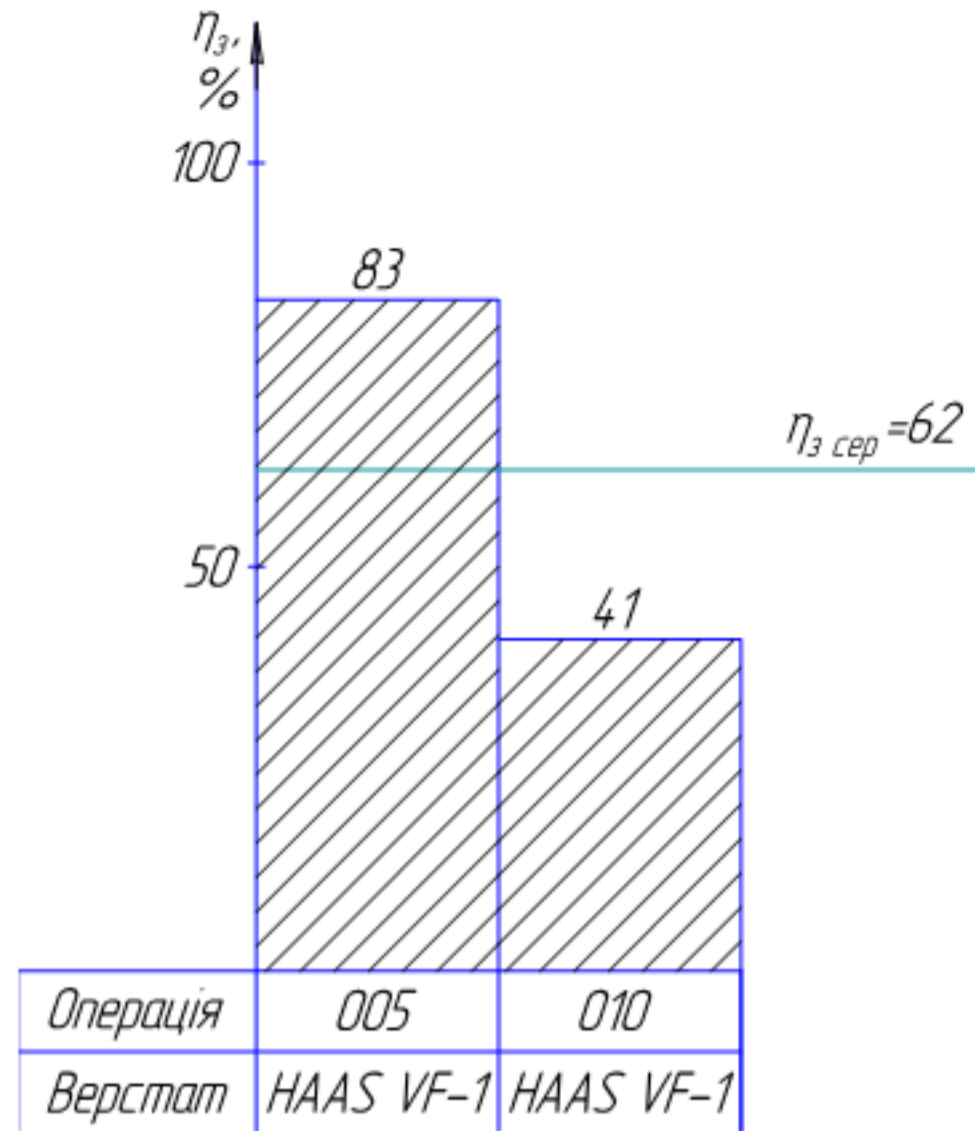


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

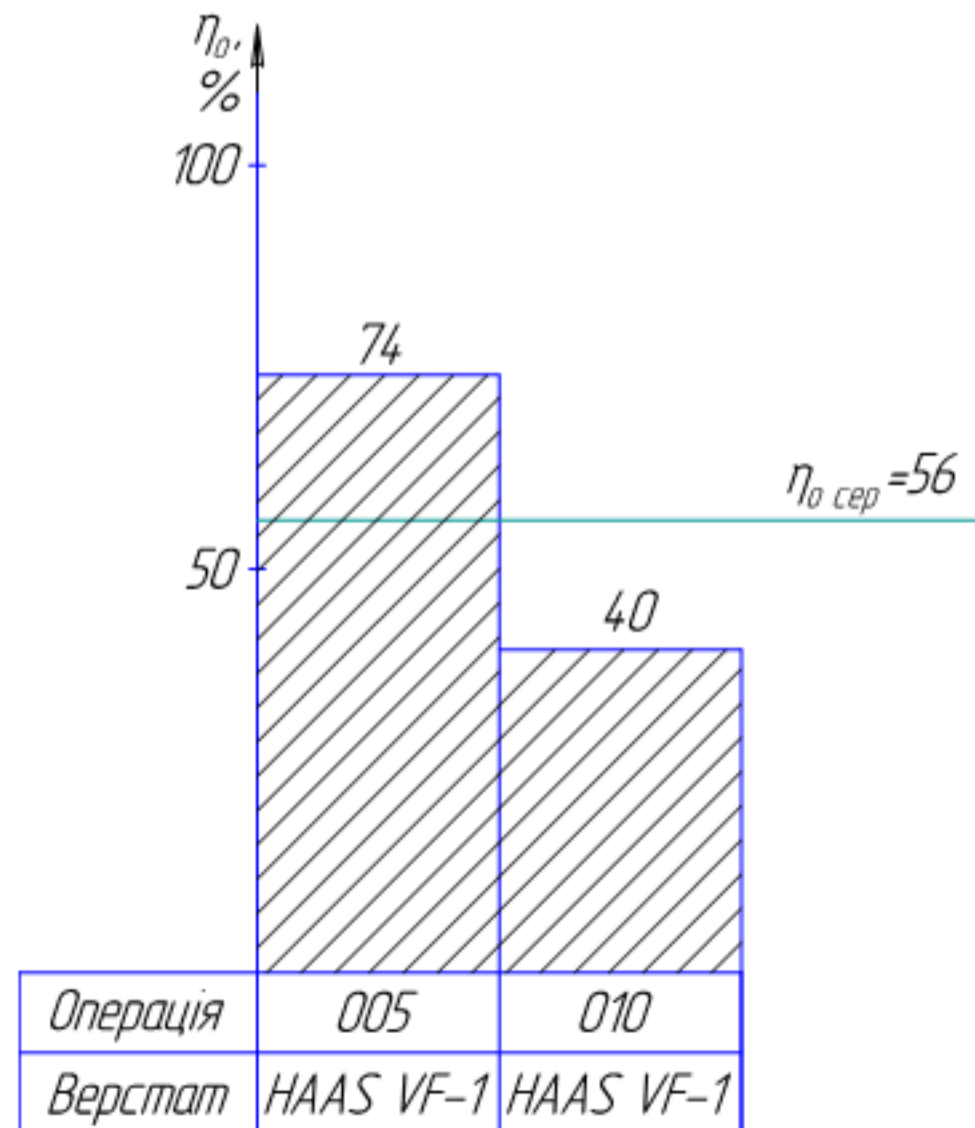


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Коефіцієнт завантаження обладнання є досить високим, однак не відповідає умовам великосерійного виробництва (0,75-0,85). Верстат на операції 010 необхідно довантажити обробкою інших деталей.

Коефіцієнт використання за основним є досить високий, що свідчить про правильність розробленого технологічного процесу, більша частина штучно-калькуляційного часу використовується на процес різання.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [2, 14]:

$$P_i = \frac{\Phi_o \cdot C_{np} \cdot \eta_3 \cdot \eta_o}{\Phi_e \cdot K_m}, \quad (3.9)$$

де C_{np} – прийнята кількість верстатів, шт.;

Φ_e – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_e = 1840$ год.;

Φ_o – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_o = 3890$ год.;

K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування, $K_m = 1,0 \dots 2,2$;

η_3, η_o – коефіцієнти завантаження.

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,83 \cdot 0,74}{1840 \cdot 1} = 0,65; \quad P_{np005} = 1;$$

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,41 \cdot 0,4}{1840 \cdot 4} = 0,35; \quad P_{np010} = 1.$$

Кількість основних робітників складає 2 чоловіка. На всіх операціях можливе довантаження основних робітників обробкою інших деталей, так як вони не в повній мірі завантажені роботою.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості основних робітників, відповідно:

$$P_{\text{доп}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 2 = 0,4 \dots 0,5.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При великосерійному виробництві кількість ІТР складає 15-21% від кількості основних верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,15 \dots 0,21) \cdot 2 = 0,3 \dots 0,42.$$

Приймаємо 1 чоловіка ІТР, який має неповне завантаження на даній ділянці і тому має обслуговувати інші ділянки.

Кількість службовців при великосерійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 0,6-1,6% від кількості основних робітників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}} = (0,006 \dots 0,016) \cdot 2 = 0,012 \dots 0,032.$$

Приймаємо 1 службовця, який має неповне завантаження на даній ділянці і тому має обслуговувати ще ряд інших ділянок (наприклад бухгалтер).

МОП приймається в межах 1-2% від загальної кількості працівників

$$P_{\text{МОП}} = (0,01 \dots 0,02) \cdot 5 = 0,05 \dots 0,1.$$

Приймаємо 1 людину МОП (з обслуговуванням інших ділянок).

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість, чол.
Основні робітники-верстатники	розрахунок	2	2
Допоміжні робітники	20...25%	0,4...0,5	1
ІТР	15...21%	0,3...0,42	1
СКП	0,6...1,6%	0,012...0,032	1
МОП	1-2%	0,05...0,1	1

3.5 Висновки

В даному розділі виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10». При цьому розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 26610 шт. (проектується дільниця, на якій вироблятиметься 2 подібні деталі).

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

Дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 2 чол., всього працівників на дільниці – 6 чол. Всі працівники (крім основних робітників-верстатників) не завантажені роботою на даній дільниці і вони обслуговують ще інші дільниці.

4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»

4.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки [3]

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

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

Продовження таблиці 4.1

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

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	1	2	1
3	2	2	3
4	1	1	2
5	2	3	3
6	2	1	2
7	4	3	3
8	2	1	2
9	3	4	3
10	2	3	2
11	2	4	2
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ = 26	СБ ₂ = 30	СБ ₃ = 28
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{26 + 30 + 28}{3} = 28$		

Згідно таблиці 4.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

зору, варіанту інженерного рішення.

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

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів	10			40%
Кількість основних робітників	10			20%
Середній розряд робітників	8			10%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		15%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		15%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{я.а.} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (4.1)$$

де P_{ni} – числове значення i -го параметра інноваційного рішення; n – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання; α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{я.а.}} = 10 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,9.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	7	2	3,5	0,4
Кількість основних робітників, чол.	14	2	7	0,2
Середній розряд робітників	5	3,5	1,43	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,42	0,62	1,48	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,48	0,56	1,17	0,15
Собівартість заготовки, грн.	116,49	94,03	-	-

Відносні (одиничні) показники якості з будь-якого параметра q_i , що занесено у відповідні колонки таблиці 4.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{ni}}{P_{bi}}, \quad (4.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}, \quad (4.3)$$

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначасмо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.4)$$

$$K_{я.в.} = 3,5 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,2 + 1,43 \cdot 0,1 + 1,48 \cdot 0,15 + 1,17 \cdot 0,15 = 3,34.$$

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

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

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

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

$$K = \frac{I_{т.п.}}{I_{е.п.}}, \quad (4.5)$$

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.6)$$

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

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

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 3,34. За формулою (4.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{94,03}{116,49} = 0,81.$$

Тоді, користуючись формулою (4.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{3,34}{0,81} = 4,12.$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Кришка передня ГМ.10» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»

4.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [3]:

$$K = Z_o + Z_{дод} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пу} + B_{не} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.; $Z_{дод}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.; Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.; $B_{буд}$ – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.; $B_{обл}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.; $B_{тр}$ – 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.; $B_{пу}$ – вартість програм управління, грн.; $B_{не}$ – передвиробничі витрати, грн.; $B_{оз}$ – вартість оборотних засобів, грн.

4.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (4.8)$$

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 4.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,82	10	4318,2	
Інженер-технолог	8500	386,36	8	3090,91	
Інженер-конструктор	8500	386,36	8	3090,91	
Економіст	8500	386,36	2	772,72	
Всього				3 _о	11272,74

4.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_{\text{о}} \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11272,74 = 1127,274 \approx 1127,3 \text{ (грн.)}$$

4.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_{\text{н}} = (Z_{\text{о}} + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.]}, \quad (4.10)$$

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

$$Z_{\text{н}} = (11272,74 + 1127,274) \cdot 0,22 = 2728 \text{ (грн.)}$$

4.2.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

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

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{заг}} \text{ [грн.],} \quad (4.11)$$

де $C_{\text{пл}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м² власних приміщень ($C_{\text{пл}} \approx 200 \dots 1000$ грн./м²);

$S_{\text{заг}}$ – загальна площа виробничої ділянки, м².

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 80 = 48000 \text{ (грн.)}$$

4.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (4.12)$$

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 4.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Вертикальний багатопільовий верстат з ЧПК HAAS VF-1 з поворотним столом	950000	2	1,1	2090000
Всього					2090000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати ГФ2171М – $2 \cdot 350000 = 700000$ (грн.);
- 1 верстат 6P13PФ3 – 300000 грн.;
- 2 верстати 2P135Ф2 – $2 \cdot 200000 = 400000$ (грн.);
- 2 верстати 2H118 – $2 \cdot 75000 = 150000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 1550000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 2090000 - 1550000 = 540000 \text{ (грн.)}$$

4.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

4.2.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

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

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

$$B_{то} = B_{обл} \cdot \frac{K_n}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (4.13)$$

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 540000 \cdot 0,10 = 54000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{овв} = (0,2...0,3) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (4.14)$$

$$B_{овв} = 54000 \cdot 0,25 = 13500 \text{ (грн.)}$$

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:

$$B_{ксп} = (0,06...0,12) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (4.15)$$

$$B_{ксп} = 0,1 \cdot 54000 = 5400 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{то} + B_{овв} + B_{ксп} \text{ [грн.]}; \quad (4.16)$$

$$B_{осн} = 54000 + 13500 + 5400 = 72900 \text{ (грн.)}$$

4.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

4.2.10 Вартість програм керування

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

$$B_{ny} = (0,05...0,1) \cdot B_{обл} \text{ [грн.];} \quad (4.17)$$

$$B_{ny} = 0,1 \cdot 540000 = 54000 \text{ (грн.)}$$

4.2.11 Величина передвиробничих витрат

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

4.2.12 Величина оборотних засобів

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

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 11272,74 + 1127,274 + 2728 + 48000 + 540000 + 72900 + 54000 = 730028,01 \text{ (грн.)}$$

4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

4.3.1 Сировина та матеріали

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

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» складає 94,03 грн. (див. розділ 2).

4.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (4.18)$$

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

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

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, $C_e = 2,99$ грн.;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній i -й технологічній операції, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i = 0,96$.

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005, 010 Вертикальний багатоцільовий верстат з ЧПК HAAS VF-1	22,4	0,112	6,25
Всього			Σ 6,25

4.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (4.19)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}} \text{ [грн.],} \quad (4.20)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_M = 4173$ грн. (на 01.01.2019 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;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C = (4173 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 48 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Комбінована з ЧПК HAAS VF-1	0,122	3	1,35	48	5,6
010 Комбінована з ЧПК HAAS VF-1	0,06	3	1,35	48	2,88
Всього					Σ 8,48

4.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (4.21)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 8,48 = 0,848 \text{ (грн.)}$$

4.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників Z_u розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$Z_u = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.]}, \quad (4.22)$$

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

$$Z_u = (8,48 + 0,848) \cdot 0,22 = 2,05 \text{ (грн.)}$$

4.3.6 Розрахунок загальноновиробничих статей витрат

Величину загальноновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{зв}} \cdot Z_p \text{ [грн.];} \quad (4.23)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 8,48 = 21,2 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 4.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	94,03	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	6,25	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	8,48	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	0,848	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$Z_{\text{н}}$	2,05	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	21,2	
Всього	S_e	132,86	

4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

4.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нп}} = S_e \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (4.24)$$

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

S_e – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 1.10.2019 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.

$$C_{\text{впр}} = 132,86 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 191,32 \text{ (грн.)}$$

4.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{впр}}$) 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 $C_{\text{впр}} = 191,32$ грн.

4.5 Розрахунок величини чистого прибутку

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

$$П = \left\{ \left[C_{\text{дого}} - \frac{(C_{\text{дого}} - M) \cdot f}{100} - S_{\text{в}} - \frac{q \cdot S_{\text{в}}}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (4.25)$$

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

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

$S_{\text{в}}$ – 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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[191,32 - \frac{(191,32 - 94,03) \cdot 16,67}{100} - 132,86 - \frac{10 \cdot 132,86}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 26610 = \\ &= 618689,95 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтований дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

4.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

Дана модернізація передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (4.26)$$

де Π_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.

$$NPV = \frac{618689,95}{(1+0,2)^1} + \frac{618689,95}{(1+0,2)^2} + \frac{618689,95}{(1+0,2)^3} + \frac{618689,95}{(1+0,2)^4} - 730028,01 = 871596 \text{ (грн.)}$$

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

4.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (4.27)$$

де Π_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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{618689,95 + 618689,95 + 618689,95 + 618689,95}{730028,01}} - 1 = 0,36.$$

4.6.3 Розрахунок терміну окупності

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

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{П} \text{ [років]}, \quad (4.28)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

$П$ – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{730028,01}{618689,95} = 1,18 \text{ (року)}.$$

4.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10», 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 730028,01 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 618689,91 грн., термін окупності 1,18 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» доцільне для впровадження.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз умов праці

В даному розділі розглядаються умови роботи на механічній дільниці, де виготовляється деталь типу «Кришка передня ГМ.10». Дільниця розташована безпосередньо в механічному цеху.

Будівля є залізобетонною конструкцією та має один поверх. Освітлення на дільниці природне бокове та штучне комбіноване.

Обладнання живиться напругою 380 В від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю.

На дільниці використовується природна вентиляція та механічна приточно-витяжна система.

Обладнання живиться напругою 380 В від трифазною чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю. На робітників можуть діяти небезпечні та шкідливі фізичні виробничі фактори [18, 19]:

- високий рівень шуму та вібрацій на робочому місці;
- підвищена напруга в електричній мережі;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена концентрація пилу;
- виліт матеріалу з зони обробки;
- гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструмента, обладнання.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: токсичні; подразнюючі.

Ці фактори виникають внаслідок застосування у виробництві ЗОР для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруєнь.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть бути на дільниці: фізичні перевантаження, монотонність роботи.

5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях нормуються для теплового та холодного періодів року згідно категорій робіт відповідно ГОСТ 12.1.005-88. Роботи, які виконуються відносяться до категорії Пб (табл. 5.1).

Інтенсивність теплового випромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлювальних пристроїв на постійних робочих місцях не повинна перевищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні 25% поверхні тіла.

Таблиця 5.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура t , °C					Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с	
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на роб. місці	Оптимальна	Допустима на роб. місці
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост.	непост.	пост.	непост.				
Холодний	П б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	>0,4
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70(1=25°C)	0,3	0,2...0,5

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

В повітрі робочої зони в результаті технологічних процесів та роботи обладнання виділяються шкідливі речовини.

Таблиця 5.2 – Питома кількість шкідливих речовин, що виділяються в зоні обробки m_s

Технологічний процес	Шкідлива речовина	m_s , мг/м ³
Обробка різанням	Пари мастил	15
	Окис заліза FeO	8,0
	Двоокис кремнію SiO ₂	16

Таблиця 5.3 – Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин за ГОСТ 12.1.005-88

Речовина	Агрегатний стан	Клас безпеки	Величина ГДК, мг/м ³	Дія на організм
Пари мастил	Аерозоль	II	6,0	Ф
Окис заліза FeO (пил)	Аерозоль	III	6,0	Ф
Двоокис кремнію SiO ₂ (пил)	Аерозоль	III	1,0	Ф

Примітка. «Ф» – аерозоль фіброгенної дії.

Як видно з таблиці 5.2, величина виділення шкідливих речовин перевищує допустиму, тому потрібно вживати наступні заходи: застосування приточно-витяжної вентиляційної системи; застосування природної вентиляції.

У механічному цеху застосовують промислову витяжну загальну обмінну вентиляцію.

5.2.2 Освітлення

Згідно СНіП II-4-79 роботи на механічній дільниці відносяться до розряду 2.

Освітлення робочої зони дільниці:

- штучне освітлення – освітленість 150 лк;
- природне освітлення – освітленість 300 лк.

Таблиця 5.4 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комб.	Комб.
Високоточне	Більше 0,15 до 0,3	2	в	Середній	Середній	750	2,5

Для освітлення приміщення буде використовуватись суміщене освітлення. Природне освітлення буде здійснюватись комбінованим світлом-через вікна в зовнішніх стінах і ліхтар у перекриттях. Штучне освітлення буде комбінованим. Джерелами загального штучного освітлення будуть газорозрядні лампи, а місцевого – лампи розжарення.

Стосовно природного освітлення: освітлення бічне; географічна широта 48° ; орієнтація вікон – на захід.

Так як маємо одностороннє бічне природне освітлення, то мінімальне значення КПО нормується в точці, розміщеній на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленій від світлових проїомів, на перетині вертикальної площини характерного перерізу приміщення та умовної робочої поверхні (пола).

Нормоване значення КПО, e_H для будівлі, що знаходиться в IV поясі світлового клімату, знаходимо по формулі:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c, \quad (5.1)$$

де $e_H^{III} = 2,5$ для природнього освітлення; $e_H^{III} = 4,5$ для суміщеного освітлення;

$$m = 0,9; c = 0,75;$$

$$e_H^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,7\%; e_H^{IV} = 4,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 3,0\%.$$

Отже, освітленість робочої зони діляниці відповідає нормам.

На верстатах використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання.

Розрахунок локального (місцевого) освітлення зони різання. Розрахунок проводимо за точковим методом.

Необхідна освітленість

$$E_A^I = \frac{I_\sigma \cdot \cos\alpha}{r^2} = \frac{148 \cdot \cos 34,99}{1,22^2} = 81,41 \text{ (лк)}.$$

де I_σ – сила світла в напрямку променя від джерела світла на розрахункову точку робочої поверхні.

Фактична освітленість:

$$E_A^\phi = E_A^y \cdot \frac{\Phi \cdot \mu}{10^3 \cdot K} = 81,46 \cdot \frac{1180 \cdot 1,2}{1,22^2} = 76,89 \text{ (лк)}.$$

де μ – коефіцієнт впливу віддалених світильників, приймаємо $\mu = 1,2$.

Так як на розрахункову точку падає світло декількох світильників, то визначаємо сумарну освітленість за формулою:

$$E_\Sigma = 2 \cdot E_A^\phi = 2 \cdot 76,89 = 153,78 \text{ лк} > 150 \text{ лк}.$$

Отже, вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком $\Phi = 1180$ тривалістю горіння $10 \cdot 10^3$ годин.

Природне освітлення проводиться через вікна розмірами $3,5 \times 3,2$ м.

5.2.3 Шум

Основним джерелом шуму на ділянці є: приводи пристроїв та процес обробки. Допустимі рівні звукового тиску згідно СНіП-3223-85 наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівнів звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

5.2.4 Вібрація

На дільниці діє вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. В механічному цеху має місце локальна вібрація, яка передається через руки робітника, що працює за верстатом.

Напрямок дії: Хл, Ул, Зл. Нормовані значення відповідно до ГОСТ 12.1.012 – 90 наведені в таблиці 5.6 для локальної вібрації Хл, Ул, Зл – напрямках.

Таблиця 5.6 – Рівень вібрації

Середньо геометрична частота октавних смуг, Гц	Нормативні значення			
	віброприскорення		віброшвидкість	
	м/с ²	дБ	м/с×10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	136	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85	150	1,4	109

Загальні методи боротьби з вібрацією у виробничих умовах класифікуються наступним чином:

- зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджувальних сил;
- відлагодження від резонансних режимів раціональним вибором приведеної маси або жорсткості системи, котра коливається;
- вібродемпфування – зниження вібрацій за рахунок тертя демпферного пристрою, тобто переведення коливної енергії в тепло;
- динамічне гасіння – введення в коливну систему додаткові мас або збільшення жорсткості системи
- віброізоляція – введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, з метою послаблення передавання вібрацій, суміжному елементу конструкції або робочому місцю;
- використання індивідуальних засобів захисту.

5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

Виробниче обладнання на дільниці механічної обробки повинно відповідати ГОСТ 12.2.003-74. Робітники дільниці обробку різання повинні проводити згідно ГОСТ 12.3.025-80, мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття, які повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

Розглянемо заходи, що необхідно провести для захисту робочих на дільниці від небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Розглянемо питання електробезпеки та захисту робочих від ураження електричним струмом. Для цього визначимо клас приміщення по ступеню небезпеки ураження електричним струмом. Дільниця відноситься до особливо небезпечних приміщень, що характеризуються наявністю слідуєчих умов, що чинять особливу небезпеку:

- струмопровідні поли (залізобетонні);
- можливість одночасного дотику людини до маючих з'єднання з землею механізмів з одного боку та металевим корпусом електрообладнання з іншого.

В електроустановках змінного струму в мережах з заземленою нейтраллю повинно бути застосоване занулення та повторне заземлення нульового провідника.

5.4 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відносяться до I ступеню – приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів.

Дільниця механічної обробки відноситься до категорії виробництва «Д» – виробництва, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 5.7).

Таблиця 5.7 – Визначення категорії приміщення

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	I	не обмежується

Границі вогнестійкості наведені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Мінімальні граници вогнестійкості і максимальні граници розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косоури, балки, марші сходові клітин	Елементи покриття
Несучі та сходових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)			
2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1/0	0,5/0

Для запобігання пожеж в механічному цеху необхідно провести ряд заходів: встановити пожежні сповісники; навчити робітників елементарним правилам та основам вогнегасіння; проводити своєчасні профілактичні огляди і випробовування обладнання; підвести на діляницю аварійне водопостачання; встановити повний комплекс пожежного щита.

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

5.5.1 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1 в умовах дії електромагнітних та іонізуючих випромінювань

- Оцінка безпеки роботи системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1 в умовах дії електромагнітних випромінювань.

Оцінити безпеку роботи системи ЧПК 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;

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

Безпечною робота системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань буде у випадку, коли $K_{B\min} \geq 40$ 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 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

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

Тоді

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

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

Звідки максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля

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

Отже, безпечна робота системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1 в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена, якщо значення вертикальної складової напруженості електричного поля не перевищуватиме 0,3672 В/м.

- Оцінка безпеки роботи системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1 в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм, що дозволяє оцінити безпеку роботи системи ЧПК 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 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 $p_{зв} = 10^4 \text{ Р/с}$.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання визначається за формулою

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

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

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

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

Таблиця 5.9 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1

Елементи і матеріали системи ЧПК	Границя стійкості елементів системи ЧПК, $P_{гр.і}, P/c$	Границя стійкості для системи ЧПК в цілому, $P_{гр}, P/c$
Транзистори, діоди	10^5	10^4
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}	

Проведений розрахунок показав, що безпечна робота системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1 в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечена, якщо в умовах експлуатації потужність дози іонізуючих випромінювань не перевищуватиме $9,5 \cdot 10^4 P/c$.

- Розробка заходів захисту системи ЧПК верстатного обладнання від дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Оскільки стовідсотково запобігти можливості впливу іонізуючих випромінювань на обладнання неможливо, то необхідним є введення в дію заходів захисту, які якщо не усунуть можливі наслідки взагалі, то принаймні зменшать їх масштаби.

Ефективним заходом захисту електронної техніки від іонізуючих випромінювань може стати екранування покриттями чи безпосередньо різними екранами, що екранують високочастотні і низькочастотні випромінювання працюючих вузлів і блоків обладнання. Ці ж заходи можуть бути ефективними і для захисту від дії електромагнітного імпульсу.

Крім того, для захисту системи ЧПК верстатного обладнання можна вжити такі заходи:

- використання стійких до радіації елементів і матеріалів;
- застосування загальних екранів за рахунок будівельних конструкцій та оздоблення;
- застосування активного захисту від дії радіації;
- використання схем малочутливих до зміни електричних параметрів;
- застосування пристроїв та елементів схем, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації або стрибків напруги, що може також бути наведена електромагнітним імпульсом;
- збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням або додаткова їх ізоляція і зменшення довжини струмопровідних частин обладнання та ін.

5.6 Висновки

В розділі розглянуто умови роботи при виконанні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» на спроектованій дільниці, висвітлені організаційно технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії та щодо забезпечення безпечної роботи, виконано оцінку безпеки роботи системи ЧПК вертикально-фрезерного оброблювального центра HAAS VF-1 в умовах дії електромагнітних та іонізуючих випромінювань.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10». Для удосконалення використано сучасне автоматизоване обладнання – верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки до двох, скоротити кількість необхідних верстатів, працюючих, виробничі площі, забезпечивши при цьому необхідну якість деталі, суттєво зменшивши час обробки, а значить і собівартість обробки.

В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Кришка» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

Запропоновано два варіанта виготовлення заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10», а саме лиття в кокіль та лиття під тиском. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки вартість заготовки при цьому складає 94,03 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 116,49 грн.

Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 26610 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 2 чол., всього працівників на дільниці – 6 чол.

В науковій частині роботи проведено дослідження величини припусків на механічну обробку плоских поверхонь в заготовці визначеними за двома методами: нормативним (дослідно-статистичним) та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що більш доцільним є варіант вибору припусків за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу, який гарантовано забезпечить одержання необхідних розмірів, тобто роботу без браку.

Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Кришка передня ГМ.10», визначені капітальні вкладення – 730028,01 грн., одержаний прибуток – 618689,91 грн., термін окупності вкладень – 1,18 року.

В МКР також розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
3. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
4. 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.
5. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. – [Чинний від 1987-07-01] – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
6. 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.
7. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. Дослідження величини припусків, визначених розмірним аналізом та за нормативними даними [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Б. В. Табаков, В. О. Сіроштаненко // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4810>.

16. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. – К. : ІСДО, 1993. – 304 с.

17. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

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

19. 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

Додаток А

ВНТУ

ПОГОДЖЕНО

Керівник або заступник

Назва підприємства або установи

Підпис

Ініціали та прізвище

« _____ » _____ 201_ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри _____ ТАМ

Назва кафедри (скорочено)

_____ д.т.н., проф. Л. Г. Козлов

Підпис

Науковий ступінь, наукове звання

ініціали та прізвище

« _____ » _____ 201_ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ ГМ.10»

08-26.МКР.023.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Репінський С. В. _____

« _____ » _____ 201_ р.

Виконавець: ст. гр. 1ПМ-18м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Табаков Б. В. _____

« _____ » _____ 201_ р.

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 передня ГМ.10» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу;

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 передня ГМ.10»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 15000 шт.;
- приведена програма – 26610 шт.;
- матеріал деталі – АК7 ГОСТ 1583-93;
- серійність виробництва – великосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кришка передня ГМ.10» 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	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Спеціальна частина Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10». Розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10»	04.10.19 р.	28.11.19 р.	розділ 2, 3 публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	04.10.19 р.	02.12.19 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., доцент каф. ТАМ

_____ Репінський С. В.

« ____ » _____ 201_ 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 передня ГМ.10» 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 передня ГМ.10» 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 передня ГМ.10».
- 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 передня ГМ.10»:

- річний об'єм випуску деталей – $N_p = 15000$ шт.;
- маса деталі – $m_d = 0,86$ 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

Спроектowana 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.

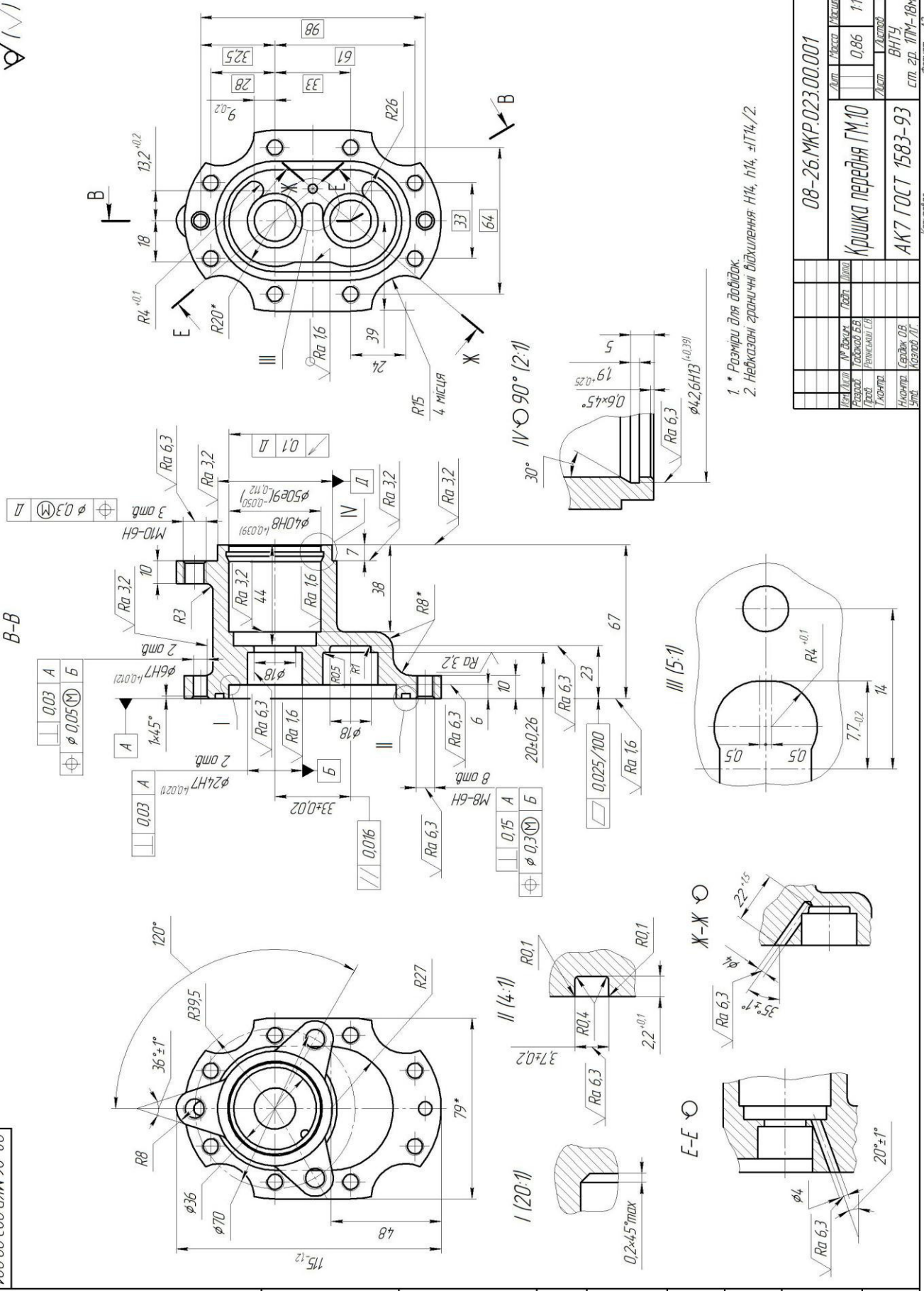
Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

Додаток Б

Графічна частина

1/1

08-26.МКР.023.00.001

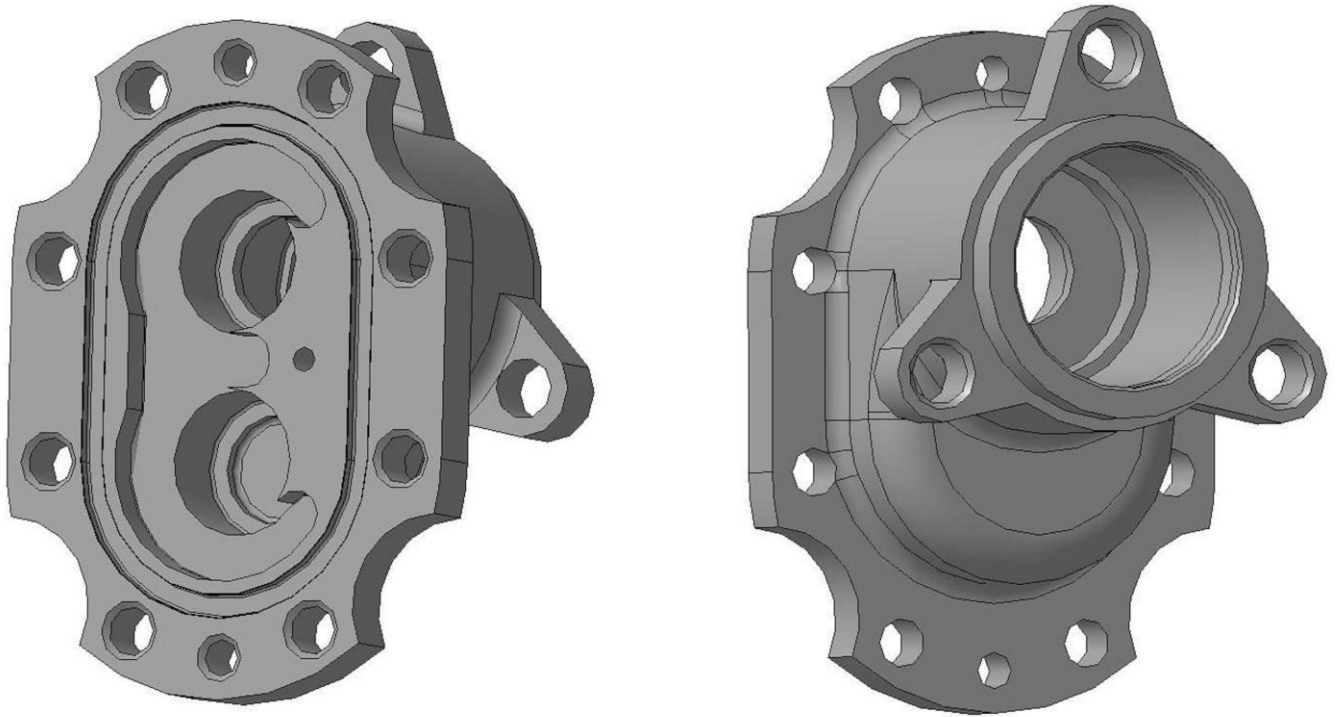


1. * Размеры для дооблок.
2. Неказані граничні відхилення: Н14, н14, ±IT14/2.

08-26.МКР.023.00.001		Кришка передня ГМ.10		ВНТУ, ВПТУ, ст. зр. ППЧ-18м	
Лист	1	Лист	1	Лист	1
Маса	0,86	Маса	0,86	Маса	0,86
Висота	11	Висота	11	Висота	11
Ширина		Ширина		Ширина	
Глибина		Глибина		Глибина	
Довжина		Довжина		Довжина	
Об'єм		Об'єм		Об'єм	
Матеріал	Сталь 45	Матеріал	Сталь 45	Матеріал	Сталь 45
Розроб	РПН/КА/С/С	Розроб	РПН/КА/С/С	Розроб	РПН/КА/С/С
Твердження		Твердження		Твердження	
Інженер	Сердюк О.В.	Інженер	Сердюк О.В.	Інженер	Сердюк О.В.
Узгод.	Козубов Л.Г.	Узгод.	Козубов Л.Г.	Узгод.	Козубов Л.Г.

Копіювати А2

3D-модель деталі "Кришка передня ГМ.10"

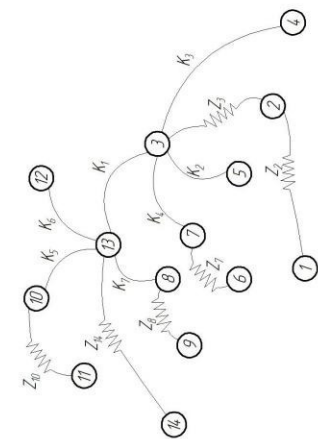
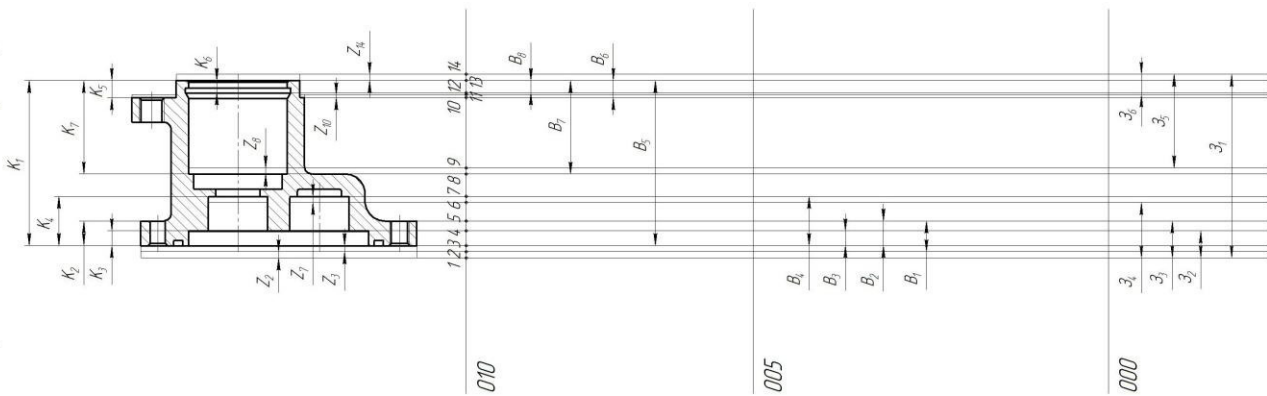


Маршрут механічної обробки деталі "Кришка передня ГМ.10"

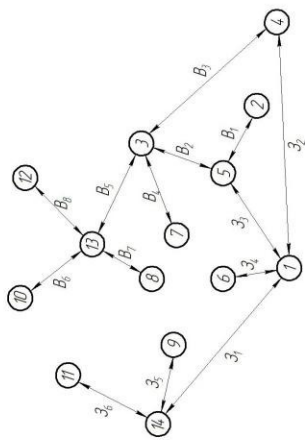
№ оп-ції	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
005	<p style="text-align: center;">Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір 10,59_{-0,43} мм. 3. Фрезерувати площину 1 остаточно в розмірі згідно з ескізом. 4. Фрезерувати пов. 2 попередньо в розмір R20,3 мм. 5. Фрезерувати пов. 2 остаточно згідно з ескізом. 6. Фрезерувати канавку 3 однократно згідно з ескізом. 7. Розточити 2 отв. 4 попередньо в розмір $\phi 23,8^{+0,033}$ мм з підрізанням торця 10 згідно з ескізом. 8. Розточити 2 отв. 4 остаточно згідно з ескізом. 9. Центрувати 2 отв. 5 в розмірі $\phi 5$ мм, l=4 мм. 10. Свердлити 2 отв. 5 в розмір $\phi 5H12^{(+0,12)}$ мм. 11. Зенкувати 2 фаски 6 згідно з ескізом. 12. Розвернути 2 отв. 5 попередньо в розмір $\phi 5,8H9^{(+0,03)}$ мм. 13. Розвернути 2 отв. 5 остаточно згідно з ескізом. 14. Центрувати 8 отв. 7 в розмірі $\phi 5$ мм, l=4 мм. 15. Свердлити 8 отв. 7 в розмір $\phi 7$. 16. Зенкувати фаски $1 \times 45^\circ$ в 8 отв. 7 згідно з ескізом. 17. Нарізати різьбу в 8 отв. 7 згідно з ескізом. 18. Повернути стіл на 20°. 19. Центрувати отв. 8 в розмірі $\phi 4$ мм, l=2,5 мм. 20. Свердлити отв. 8 згідно з ескізом. 21. Повернути стіл на 55°. 22. Центрувати отв. 9 в розмірі $\phi 4$ мм, l=2,5 мм. 23. Свердлити отв. 9 згідно з ескізом. 24. Зняти заготовку. 		Вертикальний багатопозиційний верстат з ЧПК HAAS VF-1 з поворотним столом
010	<p style="text-align: center;">Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площину 1 однократно згідно з ескізом. 3. Фрезерувати площину 2 однократно, поверхню 3 однократно згідно з ескізом. 4. Розточити отвір 4 попередньо в розмір $\phi 39,76^{(+0,062)}$ мм з підрізанням торця 5 однократно згідно з ескізом. 5. Розточити отвір 4 остаточно згідно з ескізом. 6. Розточити канавку 6 однократно згідно з ескізом. 7. Розточити фаску 7 однократно згідно з ескізом. 8. Зенкувати 3 отв. 8 в розмір $\phi 9^{+0,15}$ мм. 9. Зенкувати фаски $1 \times 45^\circ$ в 3 отв. 8. 10. Нарізати різьбу в 3 отв. 8 згідно з ескізом. 11. Зняти деталь. 		Вертикальний багатопозиційний верстат з ЧПК HAAS VF-1

Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу



Вихідний граф-дерево



Повідний граф-дерево

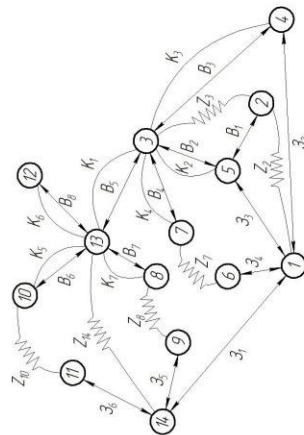
Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допусків, мм

Початкові розміри	Значення значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру на кресленні в технологічному відношенні	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	тих розмір	тих розмір				
B_1	10,16	10,59	0,43	10,59	10,59 _{0,43}	-
B_2	9,64	10	0,36	10	10 _{0,36}	-
B_3	5,85	6,15	0,3	6	6±0,15	-
B_4	19,74	20,26	0,52	20	20±0,26	-
B_5	66,26	67	0,74	67	67 _{0,74}	-
B_6	6,82	7,18	0,36	7	7±0,18	-
B_7	37,69	38,31	0,62	38	38±0,36	-
B_8	4,85	5,15	0,3	5	5±0,15	-
Z_1	68,97	69,33	0,36	69,33	-	69,33 _{0,36}
Z_2	7,14	7,32	0,18	7,23	-	7,23 _{0,09}
Z_3	10,99	11,21	0,22	11,21	-	11,21 _{0,11}
Z_4	19,89	20,13	0,24	20,01	-	20,01±0,12
Z_5	39,77	40,05	0,28	39,91	-	39,91±0,14
Z_6	6,72	6,92	0,2	6,82	-	6,82±0,1

Значення припусків, мм

Припуски	Значення припусків, мм						
	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8
Граничні значення	Z_{min}	0,4	0,16	0,6	0,6	0,3	0,4
	Z_{max}	1,05	0,95	1,84	3,18	2,54	2,08

Сумщений граф



ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИН ПРИПУСКІВ, ВИЗНАЧЕНИХ ЗА НОРМАТИВНИМИ ДАНИМИ ТА РОЗМІРНИМ АНАЛІЗОМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Мета роботи – визначення та порівняльне дослідження величини припусків на обробку плоских поверхонь заготовки деталі типу «Кришка передня ГМ.10» нормативним методом та розмірним аналізом технологічного процесу.

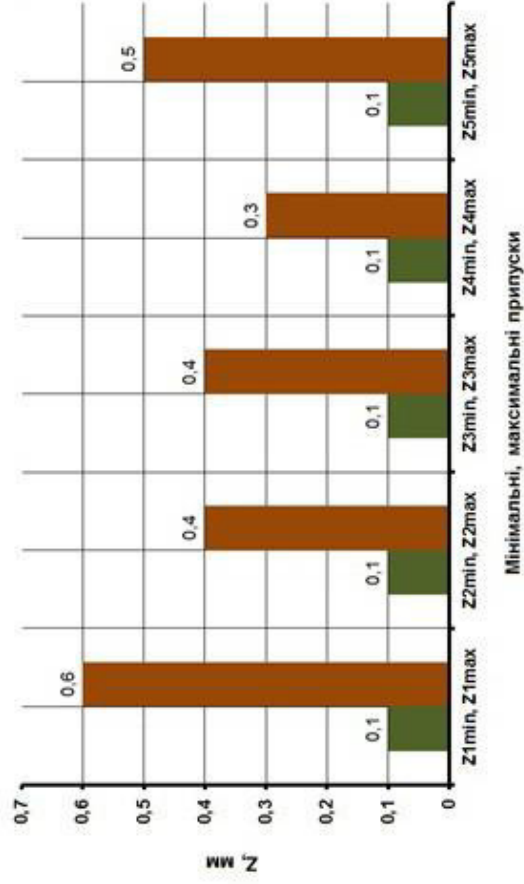
Завдання, що вирішуються при проведенні досліджень:

- для вибраного методу, способу виготовлення заготовки деталі вибрати основні, додаткові припуски, розрахувати загальні припуски на обробку плоских поверхонь, що з'єднані лійними розмірами згідно нормативних даних [4, 5];
- розрахувати лінійні розміри заготовки при використанні нормативних значень припусків;
- виконати розмірно-точнісні розрахунки припусків, побудувавши розмірну схему технологічного процесу обробки плоских поверхонь, похідний, вихідний, суміщений граф-дерева;
- розрахувати мінімальні, максимальні припуски;
- розрахувати лінійні розміри заготовки;
- виконати порівняння припусків, визначених за нормативами та розмірним аналізом технологічного процесу.

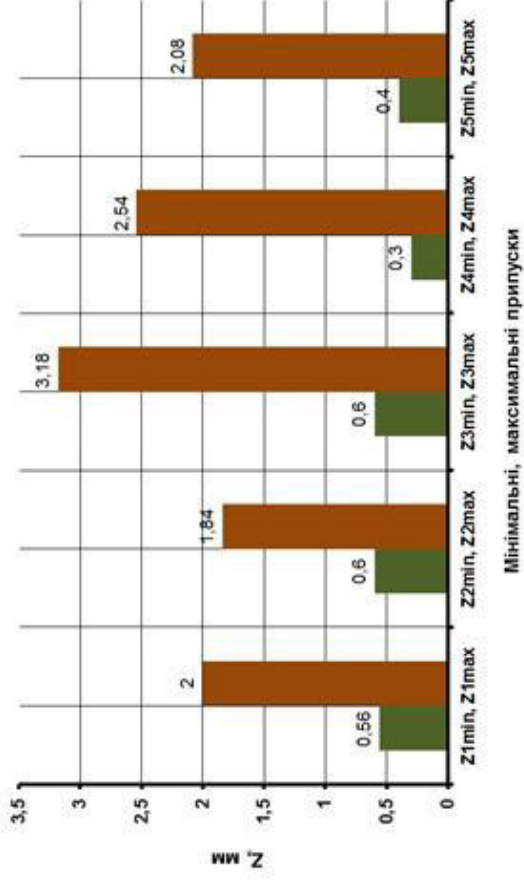
Результати досліджень величин припусків визначених за нормативними даними та розмірним аналізом технологічного процесу наведені в таблиці 1 та зображені на рисунку 1.

Таблиця 1 – Припуски на обробку плоских поверхонь деталі «Кришка передня ГМ.10»

Поверхні	Згідно нормативних даних		Згідно розмірного аналізу технологічного процесу	
	Максимальний припуск, мм	Мінімальний припуск, мм	Максимальний припуск, мм	Мінімальний припуск, мм
1	0,6	0,1	2,0	0,56
2	0,4	0,1	1,84	0,6
3	0,4	0,1	3,18	0,6
4	0,3	0,1	2,54	0,3
5	0,5	0,1	2,08	0,4



а)



б)

Рисунок 1 – Величина припусків:

а – за нормативами; б – згідно розмірного аналізу технологічного процесу

Висновок. Порівняльний аналіз величини припусків, визначених за нормативними даними та проведенням розмірного аналізу технологічного процесу, дає можливість зробити висновки.

1. Максимальні та мінімальні припуски вибрані за нормативними таблицями є значно меншими (в рази) ніж визначені згідно розмірного аналізу технологічного процесу.
2. Відмінність у значеннях припусків може бути пояснена тим, що при використанні нормативного методу не враховуються методи обробки поверхонь деталей, кількість переходів, прийняті схеми базування, проміжні припуски та допуски розмірів по переходах механічної обробки, що, відповідно, призводить до таких результатів.
3. Занижені значення припусків на механічну обробку не забезпечать необхідної якості деталей.
4. Так як припуски згідно нормативів є значно меншими, то такий метод може бути прийнятний лише в умовах одичного виробництва.
5. Запропонована методика порівняльного аналізу може бути використана як в навчальному процесі, так і на виробництві.

Техніко-економічні показники

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий маршрут</i>	<i>Удосконалений маршрут</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>0,86</i>	<i>0,86</i>
<i>Річна програма випуску, шт.</i>	<i>15000</i>	<i>15000</i>
<i>Приведена програма випуску, шт.</i>	<i>26610</i>	<i>26610</i>
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>1,16</i>	<i>0,89</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,74</i>	<i>0,97</i>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>116,49</i>	<i>94,03</i>
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	<i>7</i>	<i>2</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{зсер}$</i>	<i>42%</i>	<i>62%</i>
<i>Середній коефіцієнт використання за основним часом, $\eta_{зосер}$</i>	<i>48%</i>	<i>56%</i>
<i>Кількість основних робітників</i>	<i>14</i>	<i>2</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>5</i>	<i>3,5</i>
<i>Виробнича площа, м²</i>	<i>180</i>	<i>65</i>
<i>Собівартість одиниці продукції, грн.</i>	<i>169,32</i>	<i>132,86</i>
<i>Капітальні вкладання, грн.</i>	<i>–</i>	<i>730028,01</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>618689,91</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>1,18</i>