

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 ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»

08-26.МКР.001.00.000 ПЗ

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

Зарудняк Д. С. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Репінський С. В. _____

« 08 » _____ 06 _____ 2021 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

Цимбал С. В. _____

« 17 » _____ 06 _____ 2021 р.

Вінниця ВНТУ – 2021 рік

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л. Г.
« 10 » березня 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Зарудняку Дмитру Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»

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

затверджені наказом ВНТУ від « 9 » березня 2021 року № 64 .

2. Строк подання студентом МКР: 15 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі «Кронштейн КП.10.12.003»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 5000 шт.; довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»; математичне моделювання системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса; економічна доцільність удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Кронштейн КП.10.12.003» (А1); 3D-модель деталі «Кронштейн КП.10.12.003» (А1); заготовка деталі «Кронштейн КП.10.12.003» (виливок) (А1); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень (операція 005) (А1); математичне моделювання системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса (4А1); план дільниці механічного цеху (А1); техніко-економічні показники (А1)

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	Мацкевічус С. С., старший викладач кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 10 » березня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	02.04	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	02.04	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	10.05	
4	Розв'язання поставлених задач	15.05	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.06	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	30.05	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	01.06	
8	Попередній захист МКР	08.06	
9	Перевірка роботи на плагіат	04.06	
10	Нормоконтроль МКР	10.06	
11	Рецензування МКР	17.06	
12	Захист МКР	22.06	

Студент

(підпис)

Зарудняк Д. С.

Керівник МКР

(підпис)

Репінський С. В.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	12
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	12
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	13
1.3 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	14
1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	15
1.5 Висновки	16
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»	17
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	17
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	20
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	24
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	38
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	40
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	42
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	48
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	54
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	60
2.10 Призначення режимів різання	65

	5
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	70
2.12 Визначення технічних норм часу	71
2.13 Висновки	74
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»	75
3.1 Розрахунок приведеної програми	75
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	79
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	82
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	83
3.5 Висновки	85
4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО КЕРУВАННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА	86
4.1 Розрахункова схема системи пропорційного ЕГК регульованого АПН	86
4.2 Математична модель системи пропорційного ЕГК регульованого АПН	87
4.3 Математичне моделювання та розв'язання рівнянь математичної моделі	91
4.4 Статичні характеристики системи керування регульованого АПН	93
4.5 Динамічні характеристики системи керування регульованого АПН	95
4.6 Висновки	98
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»	99
5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»	99
5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	105
5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	109
5.4 Розрахунок величини чистого прибутку	110
5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	110
5.6 Висновки	113

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	114
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	115
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	117
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	123
6.4 Висновки	128
ВИСНОВКИ	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	131
ДОДАТКИ	135

АНОТАЦІЯ

Зарудняк Д. С. Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» : магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Д. С. Зарудняк. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2021.

Метою роботи є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003».

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи запропоновано схему системи пропорційного електрогідравлічного керування робочого об'єму регульованого аксіально-поршневого насоса. Розроблено розрахункову схему та нелінійну математичну модель системи керування, яка розв'язується за допомогою програмного пакета MATLAB Simulink і може бути використана для визначення статичних та динамічних характеристик.

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

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

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

ABSTRACT

Zarudniak D. S. Improving the technology of mechanical processing of the workpiece type «Bracket KP.10.12.003» : master's qualification work to obtain the educational and qualification level «Master» in the specialty 131 «Applied Mechanics» / D. S. Zarudniak. – Vinnytsia National Technical University. – Vinnytsia, 2021.

The aim of the work is to improve the technology of machining of workpiece type «Bracket KP.10.12.003».

To achieve this goal, a review of the technology of manufacturing parts such as «Case»; the variant choice and technical and economic substantiation of a way of manufacturing of preparation are executed; variants of a route of mechanical processing of a detail like «Bracket KP.10.12.003» with use of modern machines with CNC are developed and the best of them on a minimum of the resulted expenses is chosen; dimensional and accurate modeling of the advanced technological process of machining; cutting modes and time norms are determined; the given program, number of equipment and employees are calculated; the machining section was improved.

In the scientific part of the work the scheme of the system of proportional electrohydraulic control of the working volume of the regulated axial-piston pump is offered. A calculation scheme and a nonlinear mathematical model of the control system have been developed, which is solved with the help of the MATLAB Simulink software package and can be used to determine static and dynamic characteristics.

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

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

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

ВСТУП

Актуальність. У металообробній промисловості обробка металів різанням займає одне з провідних місць, тому правильний вибір заготовки, режиму різання, інструменту, висока ступінь механізації та автоматизації виробництва забезпечують зниження собівартості і високу якість продукції, що випускається.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленого технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;
- розробка схеми системи пропорційного електрогидравлічного керування робочого об'єму регульованого аксіально-поршневого насоса, її розрахункової схеми та нелінійної математичної моделі, що розв'язується за допомогою програмного пакета MATLAB Simulink і може бути використана для визначення статичних та динамічних характеристик;
- проведення економічних розрахунків по впровадженню запропонованих у роботі рішень;
- виконання розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – робочі процеси в системі пропорційного електрогидравлічного керування регульованого насоса.

Предмет дослідження – пропорційний об'ємний регулятор регульованого аксіально-поршневого насоса.

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання; математичне моделювання процесів в системі на основі нелінійних диференціальних рівнянь з використанням числових методів їх розв'язання за допомогою програми Simulink пакета MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Отримала подальший розвиток математична модель системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса, яка дозволяє досліджувати процеси в системі в статичних і динамічних режимах.

2. Встановлено залежність часу регулювання за тиском в системі пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса від жорсткості c_p пружини золотника пропорційного регулятора, що дозволяє проектувати систему керування із заданими динамічними характеристиками.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003». Запропоновані рішення:

- вибрано найбільш доцільні способи виготовлення заготовки деталі «Кронштейн КП.10.12.003» – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Розрахунки собівартості заготовки показали, що дешевша заготовка при литті в піщано-глинисті форми (112,64 грн.), при литті в оболонкові форми вартість заготовки – 153,18 грн.;

- удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;

- спроектовано дільницю механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»;

- розроблено нелінійну математичну модель системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса, яка розв'язується за допомогою програмного пакета MATLAB Simulink і може бути використана для визначення статичних та динамічних характеристик системи.

Апробація результатів роботи. Доповідь на конференції:

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)».

У співавторстві опубліковано тезу доповіді:

- Розробка математичної моделі системи керування гідроприводом змішувального барабана автобетонозмішувача [Електронний ресурс] / С. В. Репінський, О. В. Паславська, В. Ю. Губницький, Д. С. Зарудняк // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», м. Вінниця, 01-14 травня 2021 р. – 2021. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/11001>.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Характеристика об'єкта виробництва

Деталь «Кронштейн КП.10.12.003» виготовляється з чавуну СЧ15, відноситься до класу корпусних деталей, за своєю конфігурацією є поєднанням плоских та криволінійних поверхонь. В конструкції деталі передбачені точні посадочні та криволінійні отвори. Кронштейн слугує для встановлення на ньому інших деталей. Найбільш точними поверхнями є 3 отвори $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$, що використовується для правильної орієнтації деталі у вузлі.

Основною конструкторською базою – є площина В. Закріплення деталі виконується за допомогою гвинтів, які проходять через 2 отвори $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$.

Допоміжними конструкторськими базами є – площина Г, Д, 3 отв. $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$, пази 72×15 , $R12 \times 5$ і 51×15 .

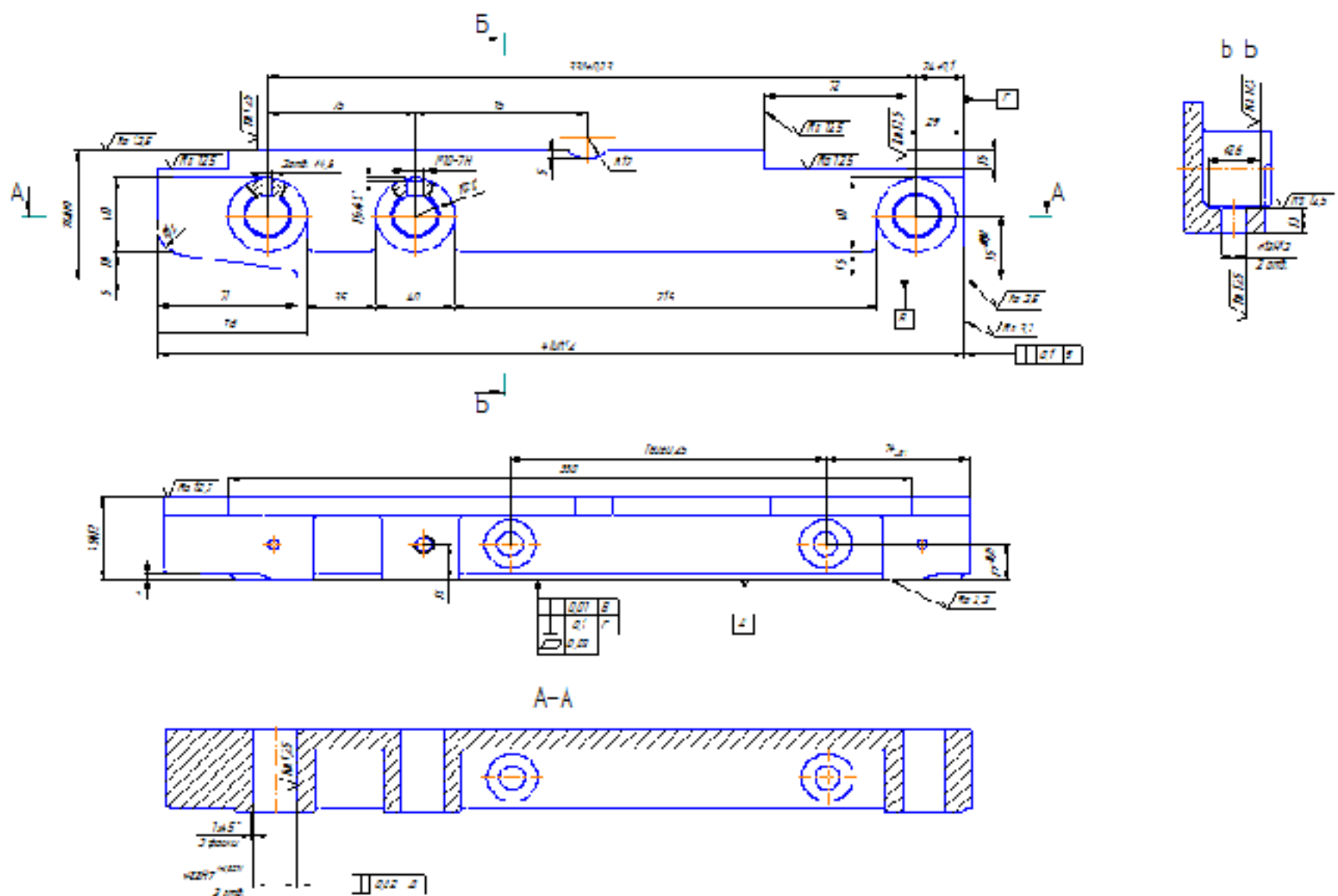
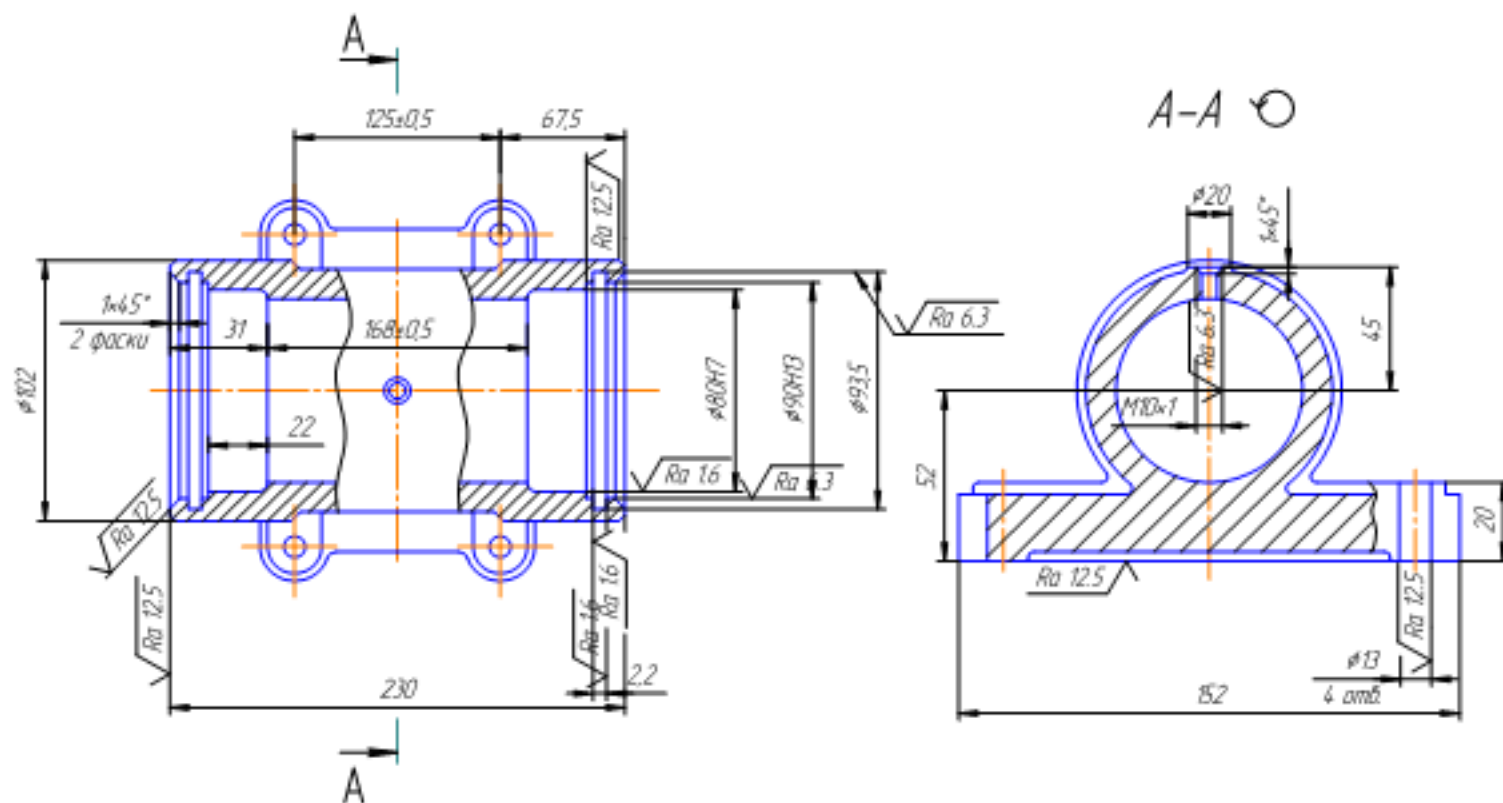


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Кронштейн КП.10.12.003»

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус» [1]

Деталь «Кронштейн КП.10.12.003» належить до класу «Корпус».

Приклад типового маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус» (рис. 1.2), що наведений в таблиці 1.1 [1].



Заготовка – вилівок.

Матеріал – чавун СЧ 18.

Кількість деталей із заготовки – 1.

Рисунок 1.2 – Креслення типової деталі «Корпус»

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес (ТП)

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
1	2	3	4
005 010 015	Лиття Обрубання і очищення вилівка Фрезерувати поверхню основи остаточно. Свердли чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати поверхню бобишки $\varnothing 20$ остаточно, свердли і нарізати різь M10x1-	Багато-цільовий з ЧПУ і інструментальним	Наладка УСПО

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
020	7Н в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску 1×45^0 попередньо. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ попередньо. Повернути стіл на 180^0 . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно.	магазином IP500MФ4	
025	Притупити гострі кромки.	Верстак	
030	Технічний контроль.		
	Нанести антикорозійне покриття.		

1.3 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий маршрут механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» показаний у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Базовий ТП механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»

№ операції	Назва операції	Верстат
1	2	3
005	Поздовжньо-фрезерна	Поздовжньо-фрезерувальний 6610
010	Поздовжньо-фрезерна	Поздовжньо-фрезерувальний 6610
015	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6М82
020	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6Л17П
025	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
030	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
035	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
040	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
045	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
050	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
055	Радіально-свердлильна	Вертикально-свердлильний з револьверною головкою 2Н135
060	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
065	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
070	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
075	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
080	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А55
085	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3Б722
090	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3Б722

Обладнання, яке використовуються в даному ТП механічної обробки є достатньо застарілими, їх робота супроводжується частими поломками, збоєм налаштування, помилками, браком деталей, їх технічні можливості досить обмежені.

1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

Проаналізувавши все вище наведене чітко зрозуміла необхідність розробки удосконаленого ТП обробки даної деталі, який дозволить отримати прибуток за рахунок зменшення витрат на виготовлення.

Для обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» необхідно використати метод концентрації операцій. Це можливо завдяки використанню багатоцільових оброблювальних центрів із великою кількістю інструментів.

Для підвищення продуктивності виробництва пропонується замінити операції. В удосконаленому ТП (табл. 1.3) обробка буде виконуватись на таких верстатах: вертикально-фрезерному з ЧПК 6Р13РФ3 та вертикальному багатоцільовому з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом та плоскошліфувальному 3Б722.

Комбінація використання даних верстатів дозволяє досягти максимальну продуктивність на найбільш трудомістких переходах. Зокрема це вдасться за рахунок зменшення переустановок заготовки при обробці, відповідно зменшаться похибки базування, вони будуть зводиться до нуля, підвищиться точність деталі, якість її поверхонь.

Таблиця 1.3 – Розроблений удосконалений ТП

№ оп.	Назва операції	Зміст операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фрезерування площини попереднє та остаточне, центрування 2-ох отв., свердління 2-х отв.	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	Багатоцільова з ЧПК	Фрезерування площини попереднє та остаточне, фрезерування канавки однократне, фрезерування торця однократне, фрезерування площини однократне, центрування 8-ми отв., свердління 8-ми отв., свердління отв., цекування заглиблення в 2-ох отв., зенкування фаски в 3-ох отв. попереднє та остаточне, розвертання 3-ох отв. попереднє та остаточне.	Вертикальний багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом
015	Шліфувальна	Щіфкування площини однократне.	Плоскошліфувальний 3Б722
020	Шліфувальна	Щіфкування площини однократне.	Плоскошліфувальний 3Б722

1.5 Висновок

В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» розглянуто технічну проблему базового ТП обробки заготовки деталі «Кронштейн КП.10.12.003». Базовий ТП не забезпечує необхідну точність і є трудомістким. В розділі проаналізовано характеристики об'єкту виробництва, службове призначення, технічні умови на виготовлення. Запропоновано варіант побудови удосконаленого технологічного процесу.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності [2-4]

Конструкція деталі «Кронштейн КП.10.12.003» в цілому технологічна. Шпонковий паз є нетехнологічним так як для його виконання потрібно вводити додатковий перехід механічної обробки.

Точні поверхні – 3 отвори $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$.

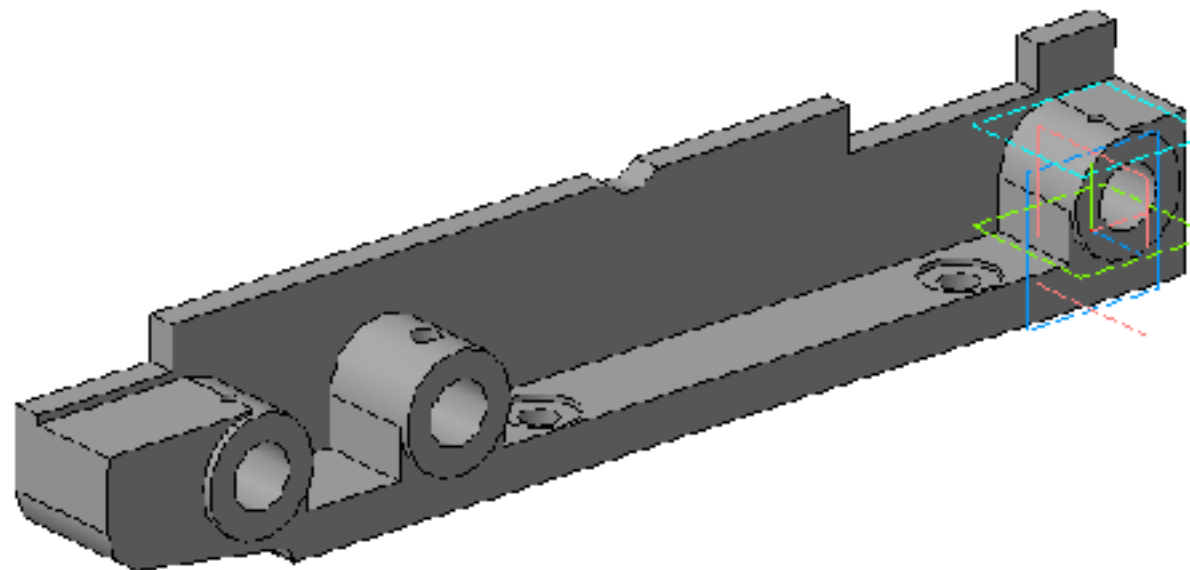


Рисунок 2.1 – Загальний вид тривимірної моделі деталі «Кронштейн КП.10.12.003»

Враховуючи марку матеріалу (СЧ15), методом виготовлення заготовки даної деталі «Кронштейн КП.10.12.003» є лиття.

Таблиця 2.1 – Хімічні характеристики матеріалу

C	Si	Mn	P	S
3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1	До 0,2	До 0,15

Таблиця 2.2 – Механічні характеристики матеріалу

Твердість (по Брінелю), НВ 10^{-1}	143-255
Границя міцності при розтягненні, МПа, (кг·с/мм ²)	200 (20)
Границя міцності при згині, МПа, (кг·с/мм ²)	1 (10)

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт уніфікації [4]:

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

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

Таблиця 2.3 – Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
95*	45*	Ø22H7 ^{(+0.021)*} (3 пов.)	45° * (4 пов.)	Ra 1,25 (3 пов.)*	M10-H7
5*	3*	Ø4,8* (2пов.)		Ra 2,5 (1 пов.)*	
330 ^{±0,03}	15*	Ø13* (2пов.)		Ra 3,2 (2 пов.)*	
72	330	Ø26* (2пов.)		Ra 12,5 (11 пов.)*	
24 ^{±0,1*}	160 ^{±0,25*}	R12*			
29	74 _{-0,1}	R20*			
15*	17 ^{+0,25*}	R15*			
35 ^{+0,02}	13*				
15*	75*				
410*	95*				
5*	1 (3 пов.)*				
70	1,6*				
$\Sigma_{заг.} = 28$		$\Sigma_{заг.} = 12$	$\Sigma_{заг.} = 4$	$\Sigma_{заг.} = 18$	$\Sigma_{заг.} = 1$
$\Sigma_{уніф.} = 17$		$\Sigma_{уніф.} = 12$	$\Sigma_{уніф.} = 4$	$\Sigma_{уніф.} = 18$	$\Sigma_{уніф.} = 1$

$$K_y = 52/63 = 0,82.$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{T,ч} = 1 - (1/T_{cp}), \quad (2.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності;

$$T_{cp} = \sum T_i \cdot n_i / \sum n_i, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь деталі;

n_i – кількість поверхонь відповідного квалітету.

Таблиця 2.4 – Дані для розрахунку коефіцієнта точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 ($\varnothing 22H7^{(+0.021)}$)	3	$7 \times 3 = 21$
10 (70h10 – 2 пов.)	2	$10 \times 2 = 20$
12 (45h12 – 2 пов.; 410h12)	3	$12 \times 3 = 36$
14 (330; 15; 29; 72; $\varnothing 13$ – 2 пов.; 13, R12)	10	$14 \times 11 = 140$
Сума	18	217

$$K_{т.ч} = 1 - (1/12,05) = 0,92;$$

$$T_{cp} = 217/18 = 12,05.$$

Таблиця 2.5 – Дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості поверхні

Шорсткість	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
1,25 ($\varnothing 22H7^{(+0.021)}$ – 3 пов.)	3	$3 \times 1,25 = 3,75$
2,5 (70h10)	1	$1 \times 2,5 = 2,5$
3,2 (45h12; 410h12)	2	$2 \times 3,2 = 6,4$
12,5 (45h12; 70h10; 72; 29; 15; 13; $\varnothing 13$ – 2 отв.; $\varnothing 26$ – 2 пов.; R12; 359)	12	$12 \times 12,5 = 150$
Сума	18	162,65

Коефіцієнт шорсткості поверхонь визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1/Ш_{cp}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхонь, мкм:

$$Ш_{cp} = \sum Ш_i \cdot n_i / \sum n_i, \quad (2.5)$$

де $Ш_i$ – шорсткість оброблюваних поверхонь;

n_i – кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість;

$$K_{ш} = 1/9,03 = 0,11;$$

$$Ш_{cp} = 162,65/18 = 9,03.$$

Висновок: $K_y = 0,8 > 0,6$; $K_T = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,11 < 0,32$ – деталь за кількісними показниками технологічна.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Згідно робочого креслення, маса деталі становить 7 кг, програма $N = 5000$ шт. Згідно [4, 5] попередньо визначено тип виробництва – середньосерійний.

Остаточне визначення типу виробництва згідно [2, 4] виконується за коефіцієнтом $K_{з.о}$:

$$K_{з.о} = \sum O / \sum P. \quad (2.6)$$

Методика визначення наведена в [2, 4].

Основний та штучно-калькуляційний час на характерні переходи визначено згідно формул наближеного нормування [2-4]:

$$T_{осн} = 0,17 \cdot dl \cdot 10^{-3}, [XB] \quad (2.7)$$

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k \cdot [XB] \quad (2.8)$$

Кількість верстатів для виконання переходів:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{ММН-К}}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н}}, [\text{шт}] \quad (2.9)$$

де N – річний випуск деталей, шт.;

$F_{\partial} = 3890$ год. – ефективний річний фонд часу роботи верстата, обираємо;

$\eta_{з.н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження [2-4].

Прийняту кількість верстатів P отримано шляхом заокруглення.

Розрахунок фактичного коефіцієнта завантаження верстатів:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_p}{P}. \quad (2.10)$$

Кількість операцій на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (2.11)$$

Розрахунок $\sum O$ і $\sum P$.

Визначення $K_{з.о}$ за формулою (2.6).

Виконаємо розрахунок коефіцієнта закріплення операцій та зведемо у табл. 2.6.

Форма організації роботи [2, 4]

Добовий випуск виробів:

$$N_d = T/254, [\text{шт.}] \quad (2.12)$$

де 254 – кількість робочих днів на протязі року.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку $K_{з.о}$

Переходи	$T_{осн}, \text{ХВ}$	φ_k	$T_{\text{шп-к}} = T_{осн} \cdot \varphi_k$ ХВ.	C_p	P	$\eta_{з.ф}$	$\eta_{з.н}$	O	$K_{з.о}$
Зенкерування Ø22H7 попередньо (3отв)	$T_{осн1} = 0,21 \cdot dl \cdot 10^{-3} = 0.21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0.62$	1,72	1,06	0,029	1	0,029	0,75	4	10,3
Зенкерування Ø22H7 остаточно (3отв)	$T_{осн2} = 0,21 \cdot dl \cdot 10^{-3} = 0.21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0.62$	1,72	1,06	0,029	1	0,029	0,75		
Розвертання Ø22H7 попередньо (3отв)	$T_{осн3} = 0,43 \cdot dl \cdot 10^{-3} = 0.43 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 1.27$		2,18	0,059	1	0,059	0,75		
Розвертання Ø22H7 остаточно (3 отв)	$T_{осн4} = 0,86 \cdot dl \cdot 10^{-3} = 0.86 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 2.5$		4,3	0,12	1	0,12	0,75		
Фрезерування 339 попереднє	$T_{осн5} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 2.03$	1,84	3,73	0,102	1	0,102	0,75	8	
Фрезерування 339 остаточно	$T_{осн6} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 1.35$		2,48	0,067	1	0,067	0,75	12	
Фрезерування 410 однократно	$T_{осн7} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 410 \cdot 10^{-3} = 2.46$	1,72	4,23	0,115	1	0,115	0,75	7	
Шліфування 410 однократно	$T_{осн8} = 2.5 \cdot l \cdot 10^{-3} = 2.5 \cdot 410 \cdot 10^{-3} = 1.02$	2,1	2,1	0,057	1	0,057	0,75	14	
Шліфування 339 однократно	$T_{осн9} = 2.5 \cdot l \cdot 10^{-3} = 2.5 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 0.84$		1,7	0,046	1	0,046	0,75	17	

$$N_d = 5000/254 = 19.68 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_d = 20$ шт.

Добова продуктивність лінії:

$$Q_d = (F_d / T_{шт-ксер}) \cdot \eta_z, [\text{шт}]. \quad (2.13)$$

де $T_{шт-ксер}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів;

F_d – добовий фонд роботи обладнання;

η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-ксер} = \sum T_{шт-к} / \sum n_{пер}, [\text{хв}] \quad (2.14)$$

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

$\sum n_{пер}$ – кількість переходів.

$$T_{шт-ксер} = \frac{1.06 + 1.06 + 2.18 + 4.3 + 3.73 + 2.48 + 4.23 + 2.1 + 1.7}{9} = 2.53 \text{ (хв.)}$$

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.ср}} \cdot \eta_z = \frac{952}{2,21} \cdot 0,75 = 323,07 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $Q_d = 324$ шт.

Так як $N_d \leq Q_d$, то групового виробництва визначено кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N_p \cdot a}{254} [\text{шт}], \quad (2.15)$$

$$n = \frac{5000 \cdot 6}{254} = 118,1 \text{ (шт)}.$$

Розрахункова кількість змін, що потрібні на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{шт-ксер} \cdot n}{476 \cdot 0,8}, \quad (2.16)$$

$$C = \frac{2,53 \cdot 118,1}{476 \cdot 0,8} = 1,27.$$

Розрахункова кількість змін округляється до цілого числа – $C_{пр} = 1$.

Кількість деталей для завантаження обладнання на протязі цілого числа змін:

$$n = C_{пр} \cdot 476 \cdot 0,75 / T_{шт-ксп}, [\text{шт.}] \quad (2.17)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{2,53} = 141 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо кількість деталей у партії 141 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Початкові дані [6-8]:

- креслення деталі – «Кронштейн КП.10.12.003»;
- маса деталі – 7 кг;
- тип виробництва – середньосерійне;
- матеріал деталі – СЧ15 ГОСТ1412-85;
- річна програма – 5000 штук.

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно виготовити методом литтям. Найбільш доцільні способи лиття – в піщано-глинисті форми (ПГФ), в оболонкові форми (ОФ), в облицьований кокіль [6-8].

Приймаємо такі способи лиття:

- піщано-глинисті з машиним формуванням по металевих моделях;
- лиття в оболонкові форми.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки

- Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовки [6-8].

Вихідні дані для розрахунку:

- наявність термообробки – термічно не оброблювана;
- найбільший габаритний розмір – $L_{\max}=410$ мм;
- найменший габаритний розмір – $L_{\min}=5$ мм.

Всі розрахунки та їх результати занесено у таблиці для обох способів отримання заготовки.

Клас розмірної точності виливка (9т-13):

- лиття в ПГФ – 11;
- лиття в ОФ – 11т.

Ступінь жолоблення 7-10:

- лиття в ПГФ – 9;
- лиття в ОФ – 8.

Ступінь точності поверхонь виливка:

- лиття в ПГФ – 16;
- лиття в ОФ – 12.

Шорсткість поверхонь виливка:

- лиття в ПГФ – $R_a=63,0$ мкм;
- лиття в ОФ – $R_a=32$ мкм.

Клас точності маси виливка:

- лиття в ПГФ – 11;
- лиття в ОФ – 11т.

Ряд припусків на обробку виливка:

- лиття в ПГФ – 8;
- лиття в ОФ – 6.

Результат вибору параметрів та розрахунків приведені в таблицях 2.7-2.8.

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів заготовки при литті в ПГФ

Норми точності	Лиття в ПГФ (з машиним формуванням по металевим моделям)						
	Згідно з [8]					Прийнято	
Клас розмірної точності	9Т-13					11	
Ступінь жолоблення елементів вилівка	7-10					9	
Ступінь точності поверхонь вилівка	12-19					16	
Шорсткість поверхонь, мкм	Ra = 63					Ra = 63	
Клас точності маси	7-15					11	
Ряд припусків	7-10					8	
Розрахункові розміри	$\varnothing 13$ $H14^{(+0,43)}$	$\varnothing 22$ $H7^{(+0,021)}$	15 $h14_{(-0,43)}$	45 $h14_{(-0,62)}$	70 $h14_{(-0,74)}$	72 $H14_{(-0,74)}$	410 $h14_{(-1,55)}$
Допуски:							
Розмірів	2,8	3,2	2,8	4,0	4,4	4,4	7
форми чи розміщення	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	4,0	-	4,0
зміщення із за перекоосу стержня	1,8	2,0	-	-	-	-	-
Нерівностей	1,6						
Маси	16%						
Загальний допуск	3,2	3,2	3,2	4,0	5,0	5,0	8
Припуски:							
Мінімальний	1,0						
Розрахункові розміри	$\varnothing 13$ $H14^{(+0,43)}$	$\varnothing 22$ $H7^{(+0,021)}$	15 $h14_{(-0,43)}$	45 $h14_{(-0,62)}$	70 $h14_{(-0,74)}$	72 $h14_{(-0,74)}$	410 $h14_{(-1,55)}$
	Кількість переходів						
по точності розмірів	1	4	1	1	1	1	1
по відхиленнях форми, взаємного розміщення поверхонь	-	2	-	-	-	-	2
прийнята кількість переходів	1	4	1	1	1	1	2
Загальний припуск	2,9	4,8	2,9	3,4	3,8	3,8	6,7
Розміри заготовки	7,2	12,4	15,9	51,8	77,6	64,4	416,7

Таблиця 2.8 – Розрахунок розмірів заготовки при литті в ОФ

Норми точності	Лиття в ОФ						
	Згідно з [8]					Прийнято	
Клас розмірної точності	9Т-13					11Т	
Ступінь жолоблення елементів вилівка	7-10					8	
Ступінь точності поверхонь вилівка	9-16					12	
Шорсткість поверхонь, мкм	Ra = 32					Ra = 32	
Клас точності маси	7-14					11Т	
Ряд припусків	4-7					5	
Розрахункові розміри	$\varnothing 22$ $H7^{(+0,021)}$	$\varnothing 13$ $H14^{(+0,43)}$	15 $h14_{(-0,43)}$	45 $h14_{(-0,62)}$	70 $h14_{(-0,74)}$	72 $H14_{(-0,74)}$	410 $h14_{(-1,55)}$
Допуски:							
Розмірів	2,4	2,2	2,2	3,2	3,6	3,6	5,6
форми чи розміщення	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	3,2	-	3,2
зміщення із за перекошу стержня	1,6	1,4	-	-	-	-	-
Нерівностей	0,64						
Маси	16%						
Загальний допуск	2,4	2,4	2,4	3,2	4	4	7
Припуски:							
Мінімальний	0,5						
Розрахункові розміри	$\varnothing 22$ $H7^{(+0,021)}$	$\varnothing 13$ $H14^{(+0,43)}$	15 $h14_{(-0,43)}$	45 $h14_{(-0,62)}$	70 $h14_{(-0,74)}$	72 $H14_{(-0,74)}$	410 $h14_{(-1,55)}$
	Кількість переходів						
по точності розмірів	4	1	1	1	1	1	1
по відхиленнях форми, взаємного розміщення поверхонь	3	-	-	-	-	-	2
прийнята кількість переходів	4	1	1	1	1	1	2
Загальний припуск	3,4	2,0	2,0	2,4	2,8	2,8	5,4
Розміри заготовки	14,8	8,8	15,8	50	75,8	66,2	415,4

Допуски розмірів виливка:

- лиття в ПГФ – 11;
- лиття в ОФ – 11т.

Допуски форми та розміщення поверхонь:

- лиття в ПГФ – 9;
- лиття в ОФ – 8.

Допуск зміщення по площині роз'єму:

- лиття в ПГФ – 11;
- лиття в ОФ – 11т.

Мінімальна товщина стінки, що виходить на лінію роз'єднання – 10 мм, для обох ліній роз'єднання.

Допуск зміщення через перекоє стержня.

Так як допуск зміщення внаслідок перекоє стержня приймається на 1-2 класи точніше розмірної точності по мінімальній товщині стінки, що формується стержнем, при середньо серійному виробництві будемо вибирати допуски по класу 10 – для лиття в піщано-глинисті форми, та по 9-му – для лиття в оболонкові форми, та мінімальній товщині стінок, що формуються стержнем.

Для першого варіанту: $\varnothing 22 H7^{(+0,021)}$ складає 9 мм – приймаємо 2,0 мм. А для $\varnothing 13 H14^{(+0,43)}$ складає 1 мм – приймаємо 1,8мм.

Для другого варіанту: $\varnothing 22 H7^{(+0,021)}$ складає 9 мм – приймаємо 1,6 мм. А для $\varnothing 13 H14^{(+0,43)}$ складає 1 мм – приймаємо 1,4 мм.

- Допуск маси

Для лиття в піщано-глинисті форми.

Маса заготовки:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{K_{\text{ТМ}}} = \frac{7}{0,55} = 12 \text{ (кг)};$$

де $K_{\text{ТМ}}$ – коефіцієнт точності маси виливка, який при даному способі лиття $\approx 0,55$,

$Q_{\text{дет}}$ – маса деталі.

Так як маса виливка 7 кг, а клас точності маси виливка – 11, приймаємо допуск маси виливка – 16%.

Для лиття в оболонкові форми:

Маса заготовки:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{K_{\text{ТМ}}} = \frac{7}{0,83} = 8,43 \text{ (кг)};$$

де $K_{\text{ТМ}}$ – коефіцієнт точності маси виливка, який при даному способі лиття $\approx 0,83$,

$Q_{\text{дет}}$ – маса деталі.

Так як маса виливка 7 кг, а клас точності маси виливка – 11т, приймаємо допуск маси виливка – 16%.

- Допуск нерівностей (шорсткостей)

Так як ступінь точності поверхонь виливка для лиття в піщано-глинясті форми – 16, а в оболонкові форми 12 згідно рекомендацій допуск нерівностей поверхонь виливка 1,6 мкм – для першого способу та 0,64мкм – для другого.

Загальний допуск Вибираємо в залежності від допуску розміру та допуску форми та розташування поверхні.

Вибір припусків.

Мінімальний припуск.

Так як вибраний ряд припусків – 8 – для лиття в піщано-глинисті та 5 – в оболонкові, приймаємо мінімальний ливарний припуск 1 мм – для першого способу та 0,5 – для другого.

Кількість переходів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів

Кількість переходів механічної обробки за точністю поверхонь для розмірів при литті в піщано-глинясті форми:

- $\varnothing 22\text{H}7^{(+0,021)}$

$$\frac{T_{\text{розм.дет}}}{T_{\text{розм.вил}}} = \frac{0,021}{3,2} = 0,0065;$$

кількість переходів – 4.

При литті в оболонкові форми:

- $\emptyset 22H7^{(+0,021)}$

$$\frac{T_{\text{розм.дет}}}{T_{\text{розм.вил}}} = \frac{0,021}{2,4} = 0,0087;$$

кількість переходів – 4.

Всі інші розміри по 14-му квалітету, тому розрахунки проводити не потрібно, так як для забезпечення точності вистачить одного переходу.

В піщано-глинисті форми:

- $\emptyset 22H7^{(+0,021)}$ $\boxed{\perp 0,02 \text{ Д}}$

$$\frac{T_{\text{форми чи розміщ.}}}{T_{\text{форми чи розміщ.вил}}} = \frac{0,02}{0,8} = 0,025;$$

кількість переходів – 2.

- $\emptyset 410h14^{(-1,55)}$ $\boxed{\perp 0,1 \text{ В}}$

$$\frac{T_{\text{форми чи розміщ.}}}{T_{\text{форми чи розміщ.вил}}} = \frac{0,1}{0,8} = 0,125;$$

кількість переходів – 2.

Лиття в оболонкові форми:

- $\emptyset 22H7^{(+0,021)}$ $\boxed{\perp 0,02 \text{ Д}}$

$$\frac{T_{\text{форми чи розміщ.}}}{T_{\text{форми чи розміщ.вил}}} = \frac{0,02}{0,64} = 0,031;$$

кількість переходів – 3.

- $\emptyset 410h14^{(-1,55)}$ $\boxed{\perp 0,1 \text{ В}}$

$$\frac{T_{\text{форми чи розміщ.}}}{T_{\text{форми чи розміщ.вил}}} = \frac{0,1}{2,4} = 0,041;$$

кількість переходів – 2.

Загальний припуск, вибираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної обробки та ряду припусків.

- Розрахунок розмірів заготовки при литті.

В ПГФ:

$$\begin{aligned} \emptyset 22H7^{+0,021} - 2 \cdot 4,8 &= 12,4(\text{мм}); \\ \emptyset 13H14^{+0,43} - 2 \cdot 2,9 &= 7,2(\text{мм}); \\ 15h14_{-0,43} + 3,8 - 2,9 &= 15,9(\text{мм}); \\ 45h14_{-0,62} + 2 \cdot 3,4 &= 51,8(\text{мм}); \\ 3h14_{-0,25} + 2 \cdot 3,4 &= 9,8(\text{мм}); \\ 15h14_{-0,43} + 2 \cdot 3,4 &= 21,8(\text{мм}); \\ 70h14_{-0,74} + 2 \cdot 3,8 &= 77,6(\text{мм}); \\ 5h14_{-0,30} + 2 \cdot 3,8 &= 12,6(\text{мм}); \\ 72h14_{-0,74} - 2 \cdot 3,8 &= 64,4(\text{мм}); \\ 410h14_{-1,55} + 6,7 &= 416,7(\text{мм}); \\ 29h14_{-0,52} + 6,7 &= 35,7(\text{мм}); \\ 71h14_{-0,74} + 6,7 &= 77,7(\text{мм}); \\ 76h14_{-0,74} + 6,7 &= 82,7(\text{мм}). \end{aligned}$$

В оболонкові форми:

$$\begin{aligned} \emptyset 22H7^{+0,021} - 2 \cdot 3,4 &= 15,2(\text{мм}); \\ \emptyset 13H14^{+0,43} - 2 \cdot 2,0 &= 9(\text{мм}); \\ 15h14_{-0,43} + 2,8 - 2,0 &= 15,8(\text{мм}); \\ 45h14_{-0,62} + 2 \cdot 2,4 &= 50(\text{мм}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3h14_{-0,25} + 2 \cdot 2,4 &= 7,8(\text{мм}); \\
15h14_{-0,43} + 2 \cdot 2,4 &= 19,8(\text{мм}); \\
70h14_{-0,74} + 2 \cdot 2,8 &= 75,6(\text{мм}); \\
5h14_{-0,30} + 2 \cdot 2,8 &= 10,6(\text{мм}); \\
72h14_{-0,74} - 2 \cdot 2,8 &= 66,4(\text{мм}); \\
410h14_{-1,55} + 5,4 &= 415,4(\text{мм}); \\
29h14_{-0,52} + 5,4 &= 34,4(\text{мм}); \\
71h14_{-0,74} + 5,4 &= 76,4(\text{мм}); \\
76h14_{-0,74} + 5,4 &= 81,4(\text{мм})
\end{aligned}$$

- Вибір мінімальної допустимої товщини стінки [7, 8]

Перевіряємо відповідність товщини стінок допустимим межам.

Найменшу товщину стінок вибираємо в залежності від приведеного габариту заготовки:

$$N = \frac{2L + B + H}{4} = \frac{2 \cdot 0.41 + 0.045 + 0.07}{4} = 0.23 \text{ (мм)},$$

цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки $\delta = 1,5\text{-}2$ мм. В нашому випадку товщина стінки – 5 мм, а отже умова виконується.

- Вибір радіусів заокруглень

Середня товщина стінки:

$$\begin{aligned}
\frac{S + S_1}{2} &= \frac{55 + 54}{2} = 54.5 \text{ (мм)}, R = 8 \text{ (мм)}. \\
\frac{S + S_1}{2} &= \frac{54 + 15}{2} = 34.5 \text{ (мм)}, R = 5 \text{ (мм)}. \\
\frac{S + S_1}{2} &= \frac{15 + 264}{2} = 139.5 \text{ (мм)}, R = 20 \text{ (мм)}. \\
\frac{S + S_1}{2} &= \frac{15 + 36}{2} = 25.5 \text{ (мм)}, R = 5 \text{ (мм)}.
\end{aligned}$$

$$\frac{S + S_1}{2} = \frac{15 + 36}{2} = 25.5 \text{ (мм)}, R = 5 \text{ (мм)}.$$

$$\frac{S + S_1}{2} = \frac{29 + 70}{2} = 49,5 \text{ (мм)}, R = 6 \text{ (мм)}.$$

Мінімальний радіус заокруглень $R = 5$ мм.

- Вибір формувальних нахилів

Висоти формоутворювальних поверхонь:

$$\emptyset 22H7^{+0,021} = 45 \text{ (мм)};$$

$$\emptyset 13H14^{+0,43} = 8 \text{ (мм)};$$

$$45h14_{-0,62} = 45 \text{ (мм)};$$

$$72h14_{-0,74} = 5 \text{ (мм)}.$$

Отже, для лиття в ПГФ на ділянці 22 мм нахил складатиме $1^\circ 09'$; на ділянці 13 мм – $3^\circ 11'$; на ділянці 45 мм – $0^\circ 48'$; на ділянці 72 мм – $1^\circ 13'$. Для лиття в оболонкові форми на ділянці 22 мм нахил складатиме $0^\circ 57'$; на ділянці 13 мм – $1^\circ 16'$; на ділянці 45 мм – $0^\circ 41'$, на ділянці 72 мм – $0^\circ 30'$.

- Вибір мінімально допустимих діаметрів отворів

Мінімальний діаметр литих отворів:

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

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

Так як вказані на кресленні розмір отвору 7,2 ($\emptyset 13$), то отвори литтям не виготовляють, тому що вони менші розрахованого d_{\min} .

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

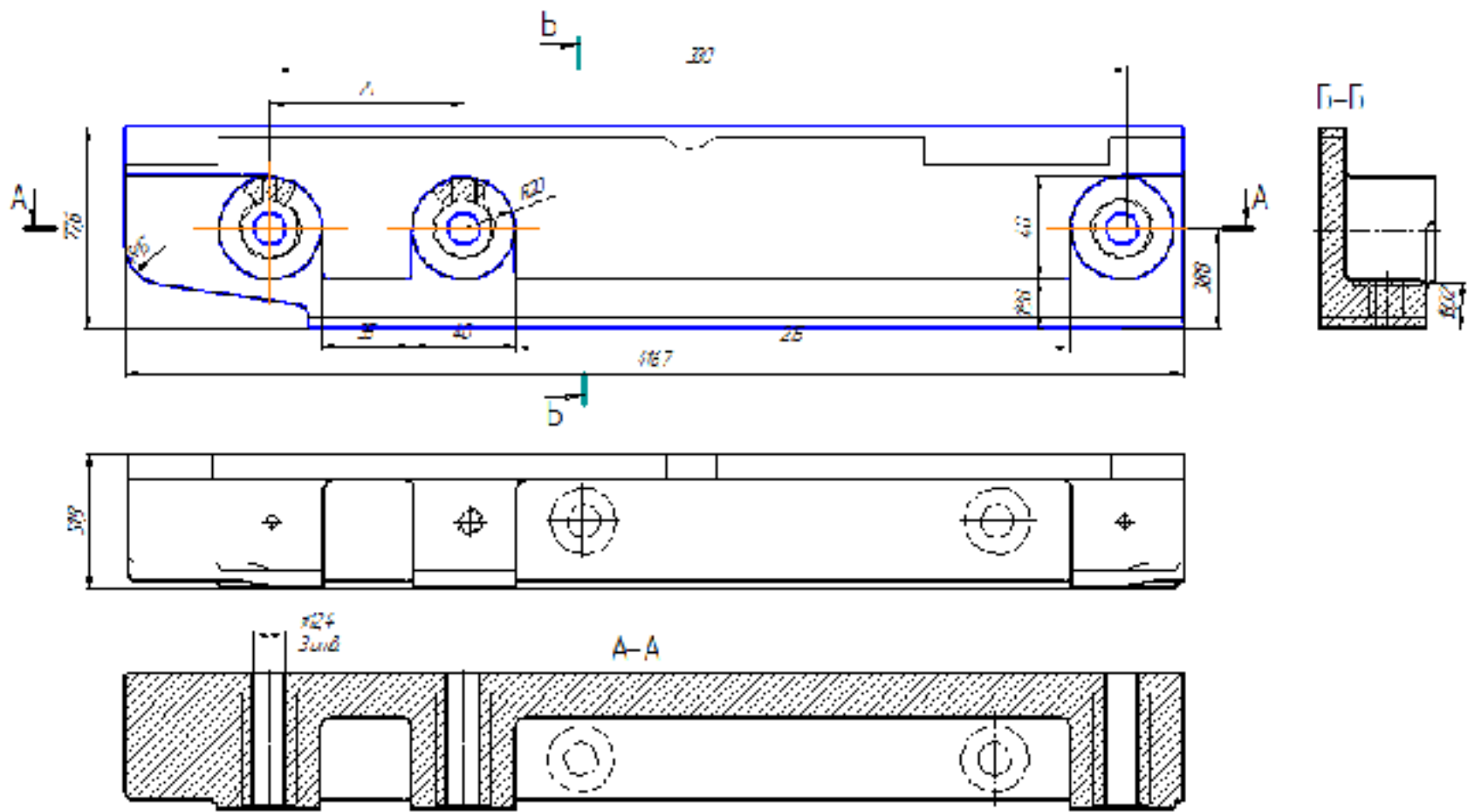


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми

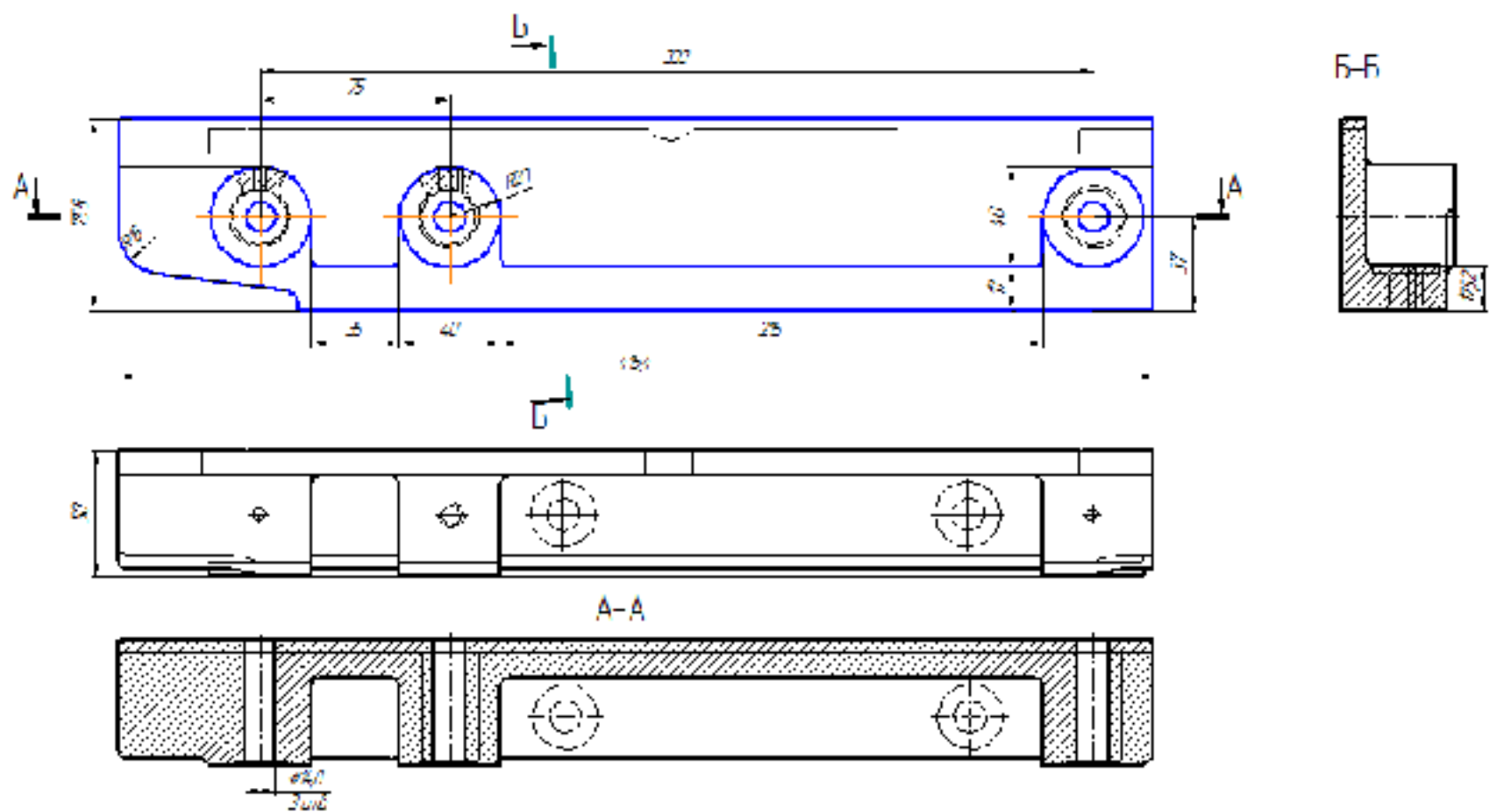


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми

Технічні вимоги [7, 8].

- Для заготовки при литті в піщано-глинисті форми технічні вимоги міститимуть наступні формулювання:

- Точність вилівка 11-9-16-11 Зм. 4 ГОСТ26645-85.
- Маса 4,23–0,9–0,39–5,52 ГОСТ26645-85.
- Невказані радіуси заокруглень R 2,5...5 мм, формувальні нахили 0°48'-3°11'.
- Допускаються раковини до Ø2 мм, і глибиною не більше 2 мм.

Для заготовки при литті в оболонкові форми технічні вимоги міститимуть наступні формулювання:

- Точність вилівка 11т-8-12-11т Зм. 3,2 ГОСТ26645-85.
- Маса 4,23–0,52–0,39–5,14 ГОСТ 26645-8.
- Невказані радіуси заокруглень R 2,5...5 мм, формувальні нахили 0°30'-1°16'.
- Допускаються раковини до Ø2 мм, і глибиною не більше 2 мм.

2.3.4 Розрахунок маси та коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Згідно отриманих розмірів для лиття в ПГФ заготовка буде мати такі параметри (рис. 2.4).

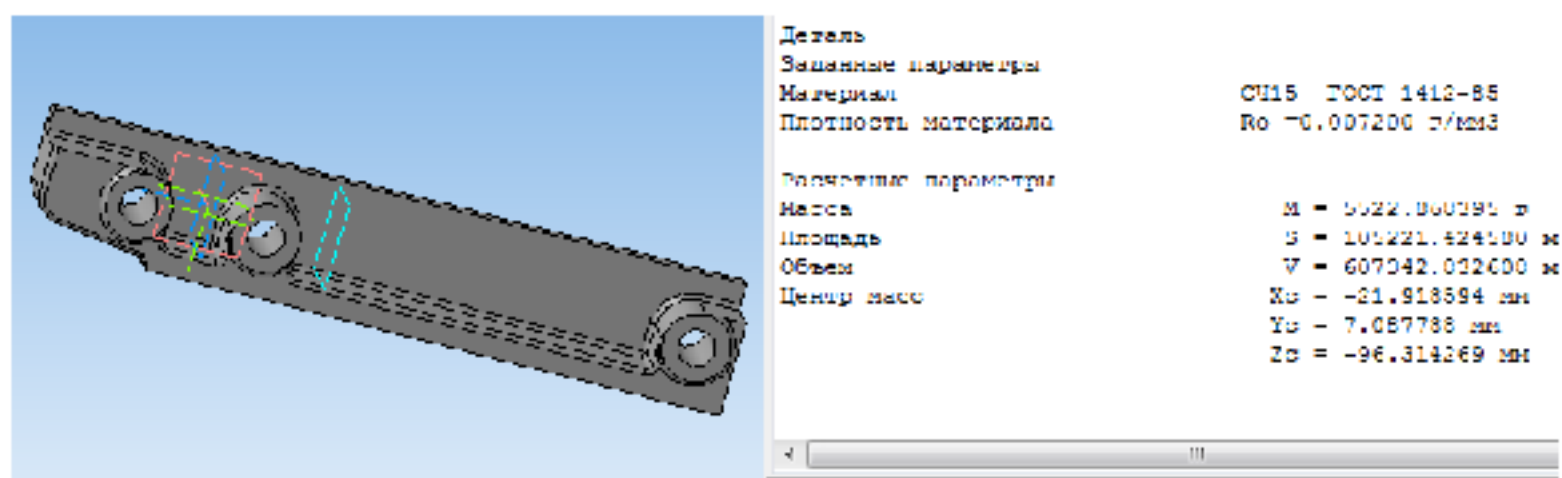


Рисунок 2.4 – 3D-модель заготовки (лиття в піщано-глинисті форми)

Площа $S = 105221 \text{ мм}^2$

Об'єм	$V = 607342 \text{ мм}^3$
Матеріал	СЧ15 ГОСТ 1412-85
Маса	$M = 5522.868395 \text{ г}$
Коефіцієнт точності маси:	

$$K_{\text{TM1}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг1}}} = \frac{4,23}{5,52} = 0,76.$$

Для лиття в піщано-глинисті форми коефіцієнт точності маси більший за середні межі 0,55-0,7.

Згідно отриманих розмірів для лиття в болонкові форми заготовка буде мати такі параметри (рис. 2.5).

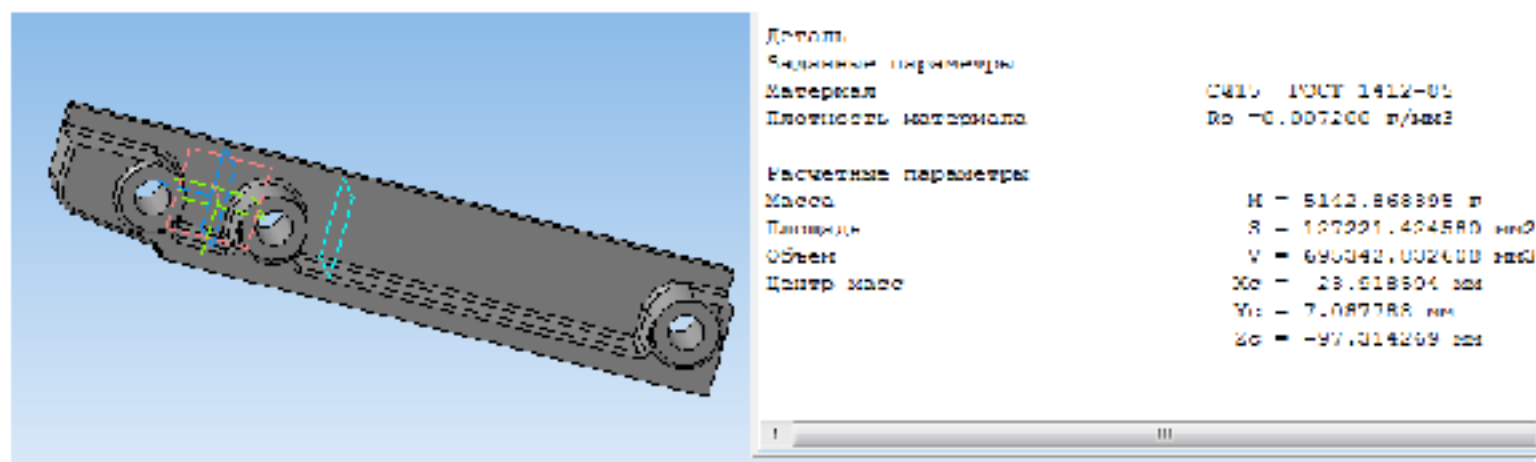


Рисунок 2.5 – 3D-модель заготовки (лиття в оболонкові форми)

Площа	$S = 127221 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 695342 \text{ мм}^3$
Матеріал	СЧ15 ГОСТ 1412-85
Маса	$M = 5142.868395 \text{ г}$
Коефіцієнт точності маси:	

$$K_{\text{TM2}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг2}}} = \frac{4,23}{5,14} = 0,88.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при використанні методу лиття в оболонкові форми є більшим, що означає меншу витрату матеріалу.

2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів виготовлення заготовок та вибір найраціональнішого [7, 8]

Розрахунок собівартості заготовок:

$$C_{\text{заг1}} = \frac{Q_{\text{заг1}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} K_{\text{п}}}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг1}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.18)$$

При литті в піщано-глинисті форми: $C_{\text{л}} = 15600$ грн за тону; $K_{\text{т}} = 1,05$; $K_{\text{м}} = 1$; $K_{\text{с}} = 1,2$; $K_{\text{в}} = 0,91$; $K_{\text{п}} = 1$; $C_{\text{відх}} = 1450$ грн за тону.

$$C_{\text{заг1}} = \frac{5,52 \cdot 19600 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1}{1000} - \frac{(5,52 - 4,23) \cdot 1450}{1000} = 112,64 \text{ (грн.)}$$

При литті в оболонкові форми: $C_{\text{л}} = 15600$ грн за тону; $K_{\text{т}} = 1$; $K_{\text{м}} = 1$; $K_{\text{с}} = 1,14$; $K_{\text{в}} = 0,86$; $K_{\text{п}} = 1$; $C_{\text{відх}} = 1450$ грн за тону.

$$C_{\text{заг2}} = \frac{5,14 \cdot 28400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,86 \cdot 1}{1000} - \frac{(5,14 - 4,23) \cdot 1450}{1000} = 153,18 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що програма випуску заготовок становить $N = 5000$ шт., визначаємо економічний ефект по собівартості виготовлення:

$$E = (C_{\text{заг.лит2}} - C_{\text{заг.лит1}}) \cdot N = (153,18 - 112,64) \cdot 5000 = 202700 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект по матеріалу:

$$E_{\text{м}} = (Q_{\text{заг1}} - Q_{\text{заг2}}) \cdot N \cdot C_{\text{відх}} = (5,52 - 5,14) \cdot 5000 \cdot 1450 / 1000 = 2755 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість заготовки при литті в піщано-глинисті форми є нижчою, що забезпечує одержання економічного ефекту 202700 грн. Це значно більше ніж економічний ефект по матеріалу при використанні лиття в оболонкові форми. Тому остаточний варіант виготовлення заготовки лиття в піщано-глинисті форми з машиним формуванням.

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

Розглянуто поверхню $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$.

Згідно ГОСТ 26645–85 та розрахунків допуск розміру вилівка на розмір $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$ $T_B = 3,2$ мм.

Згідно робочого креслення допуск деталі для даного розміру $T_D = 0,021$ мм.

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_B}{T_D}, \quad (2.19)$$

$$\varepsilon = \frac{3,2}{0,021} = 152,38.$$

Прийнято чотири переходи механічної обробки. Приймаємо $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 4$; $\varepsilon_3 = 4$; $\varepsilon_4 = 1,56$.

Уточнення на останньому переході:

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{152,38}{6 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 1,56} = 1,017.$$

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів:

$$T_1 = \frac{T_B}{\varepsilon_1} = \frac{3,2}{6} = 0,53 \text{ (мм)},$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{0,53}{4} = 0,13 \text{ (мм)},$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{0,13}{4} = 0,033 \text{ (мм)},$$

$$T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{0,033}{1,56} = 0,021 \text{ (мм)}.$$

Прийmemo остаточно:

$$T_1 = 0,53 \text{ мм (IT14)},$$

$$T_2 = 0,13 \text{ мм (IT11)},$$

$$T_3 = 0,033 \text{ мм (IT8)},$$

$$T_4 = 0,021 \text{ мм (IT7)}.$$

Отже, остаточно приймаемо 4 переходи.

Для решти поверхонь результати розрахунків занесені до табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок кількості переходів

Розмір	$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}$	Розподіл ε	Методи обробки	Квалі- тети
1	2	3	4	5
Ø22H7	$3,2/0,021 =$ $=156,38$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4$ $= 6 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 1,56$ $= 149,76$	Зенкерувати попередньо Зенкерувати остаточно Розвернути попередньо Розвернути остаточно	IT14 IT11 IT8 IT7
Ø4,8	-	-	Центрувати	IT12
			Свердли	IT12
Ø13	-	-	Центрувати Свердли	IT12 IT12
Ø26	-	-	Цекувати	IT14
410 (правий торець)	-	-	Фрезерувати однократно	IT12
72,15	-	-	Фрезерувати однократно	IT14
51,15	-	-	Фрезерувати однократно	IT14

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
R12,5	-	-	Фрезерувати канавку однократно	IT14
70 (нижня площина) 70 (верхня площина)	-	-	Фрезерувати попередньо Фрезерувати остаточно Фрезерувати однократно	IT11 IT10 IT10
M10-7H	-	-	Свердлити Нарізати різь	IT14

2.5 Вибір чорнових та чистових технологічних баз

Вибрані чистові технологічні бази показано на рис. 2.6.

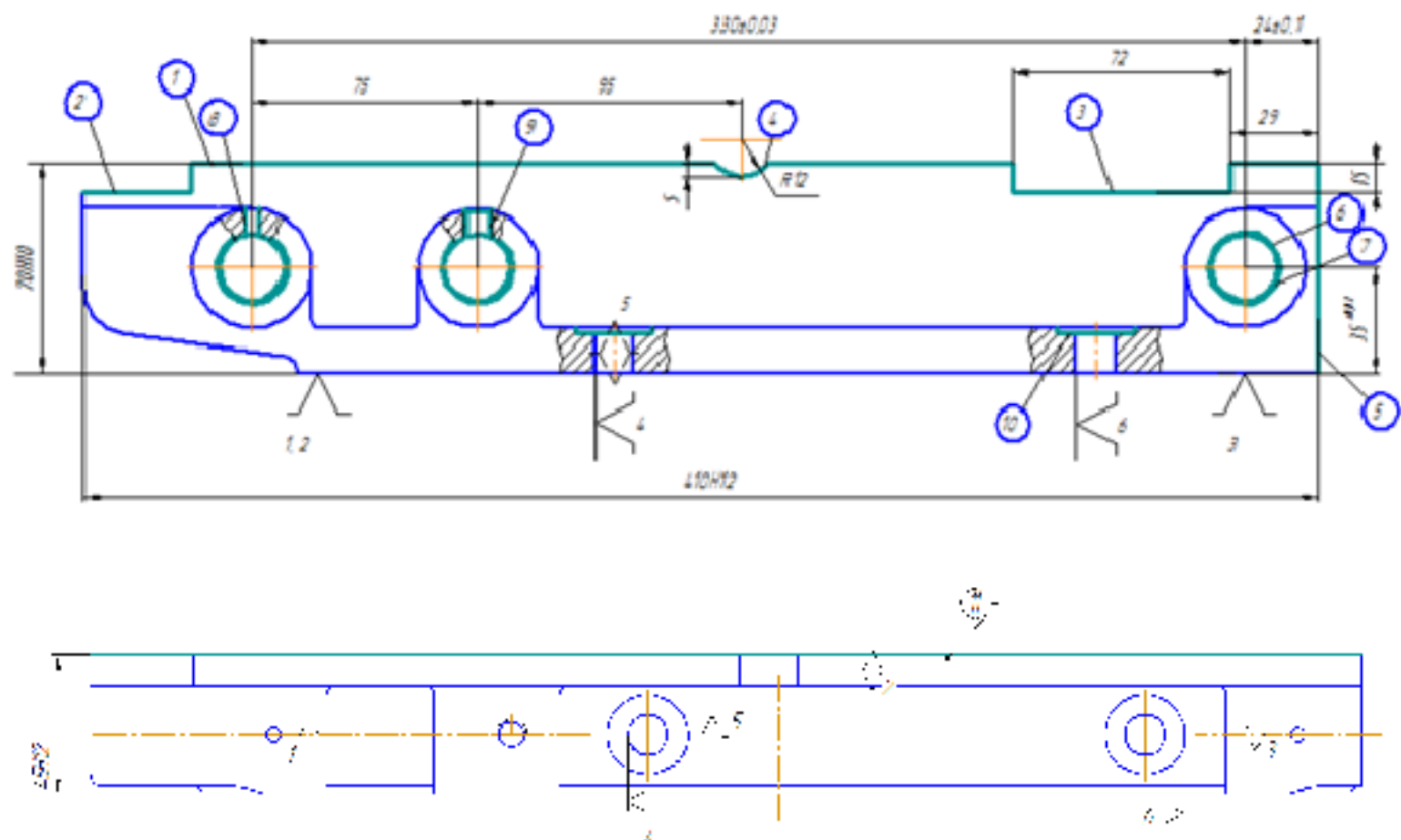


Рисунок 2.6 – Чистові бази (операція 010)

Похибки базування:

$E_{670_{-0,12}} = 0$ – виконання принципу суміщення баз;

$E_{6 \phi 410_{-0,3}} = 0$ – обробка з одного установа;

$E_{6 \phi 35_{+0,02}} = 0$ – виконання принципу суміщення баз;

$E_{6 15_{-0,43}} = 0$ – обробка з одного установа;

$E_{6\ 29_{-0,52}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 72_{-0,74}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 24_{\pm 0,1}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 75_{-0,74}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 330_{\pm 0,03}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 95_{-0,87}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 5_{-0,3}}=0$ – мірний інструмент;

$E_{6\ 45_{-0,25}}=0$ – виконання принципу суміщення баз;

$E_{6\ 3_{-0,1}}=0$ – обробка з одного установова.

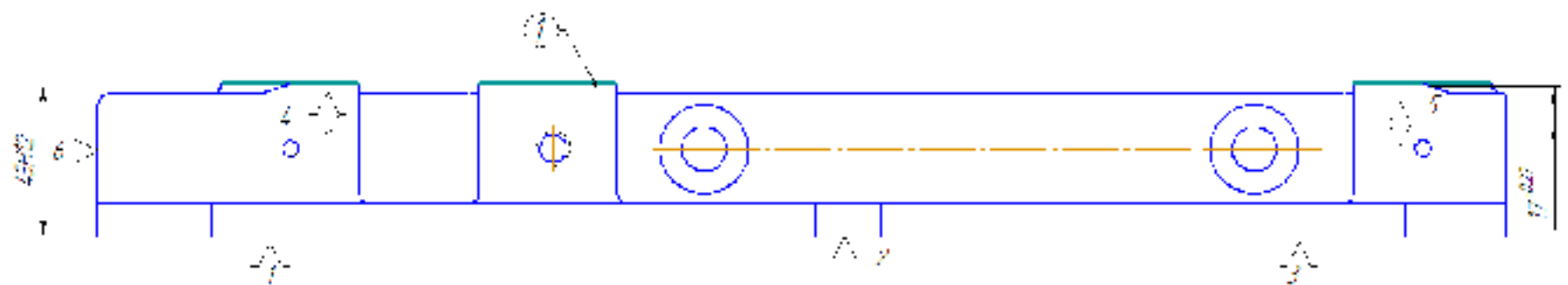


Рисунок 2.7 – Чистові бази (операція 015)

Похибки базування:

$E_{6\ 45_{-0,25}}=0$ – виконання принципу суміщення баз;

$E_{6\ 3_{-0,1}}=0$ – обробка з одного установова;

$E_{6\ 17_{+0,25}}=0$ – виконання принципу суміщення баз.

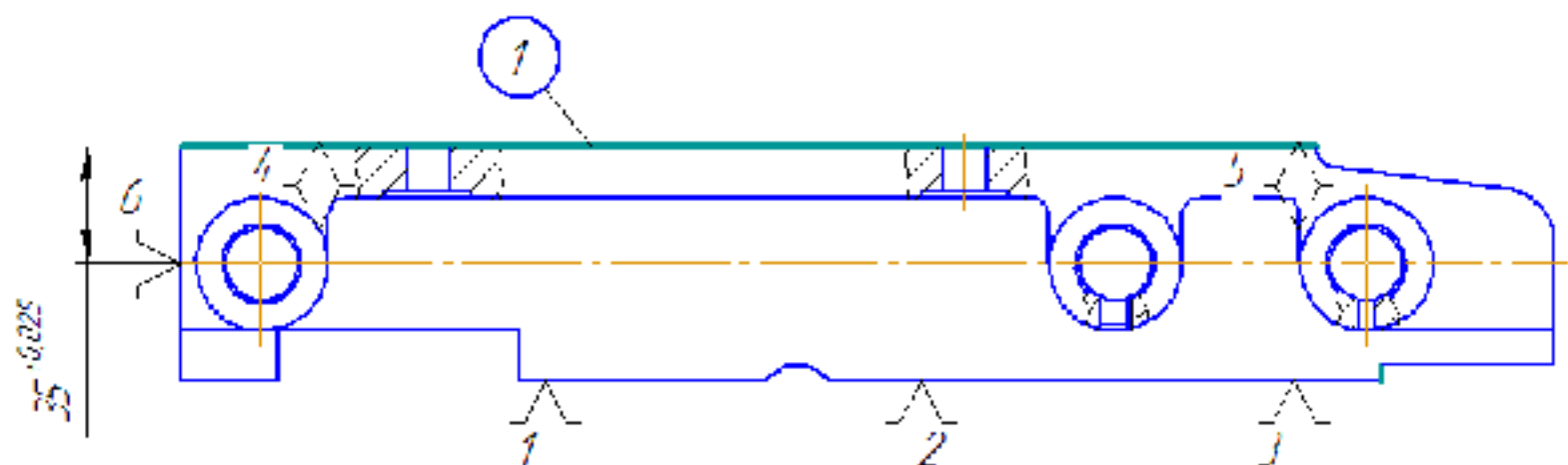


Рисунок 2.8 – Чистові бази (операція 020)

Похибки базування:

$E_6 \varnothing 35^{+0,02} = 0$ – виконання принципу суміщення баз;

$E_{670-0,12} = 0$ – виконання принципу суміщення баз;

$E_6 5_{-0,3} = 0$ – обробка з одного установа.

Вибір чорнових баз

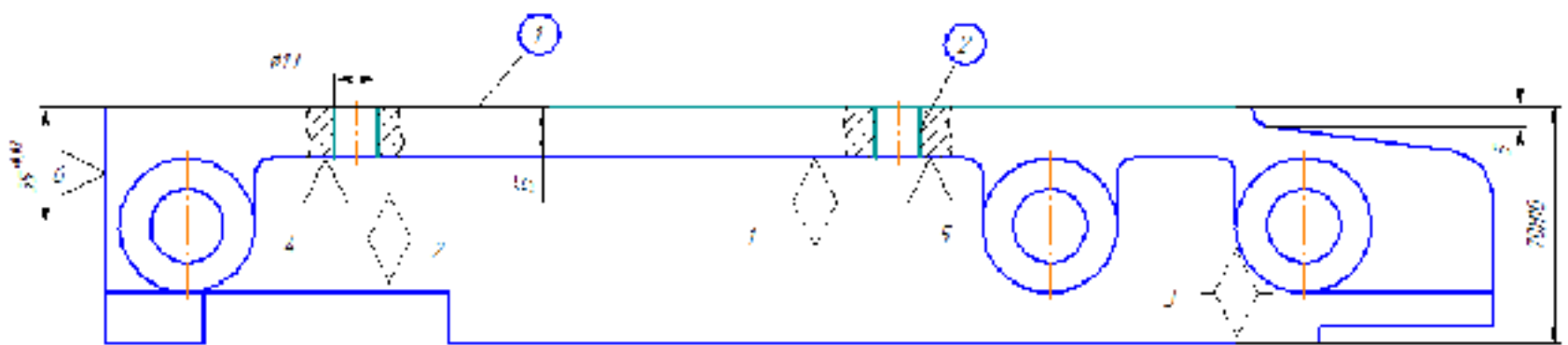


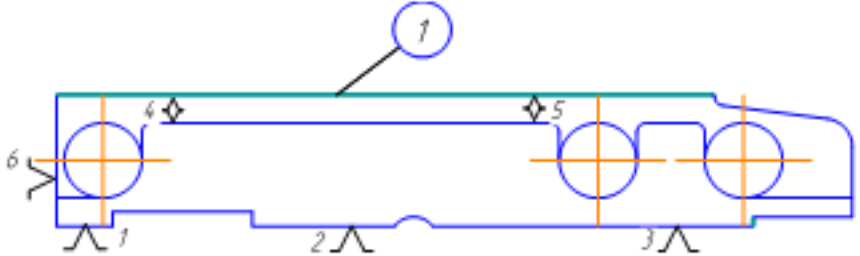
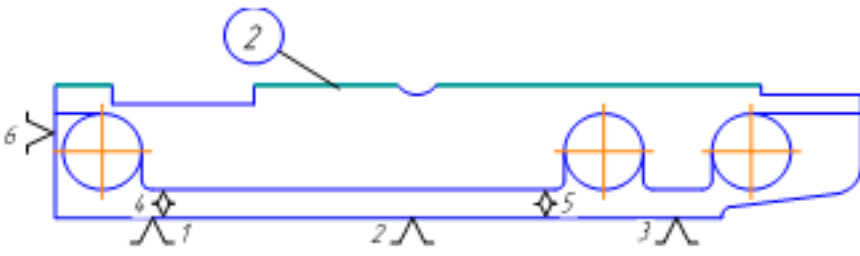
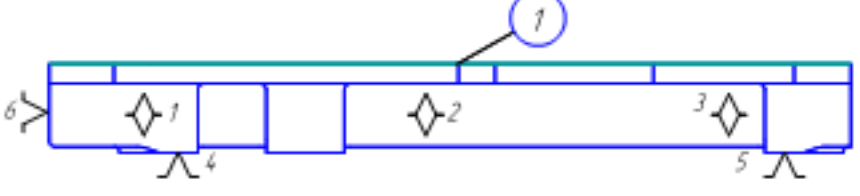
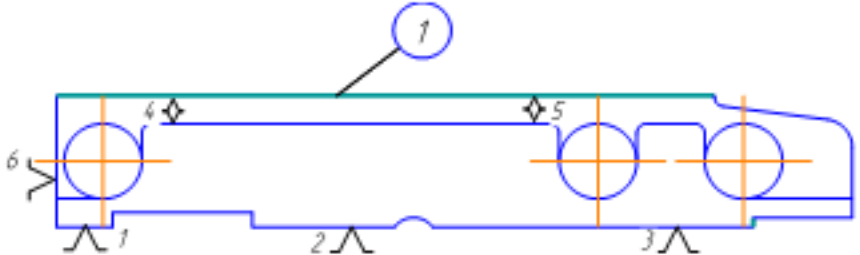
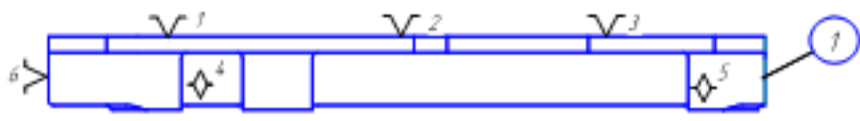
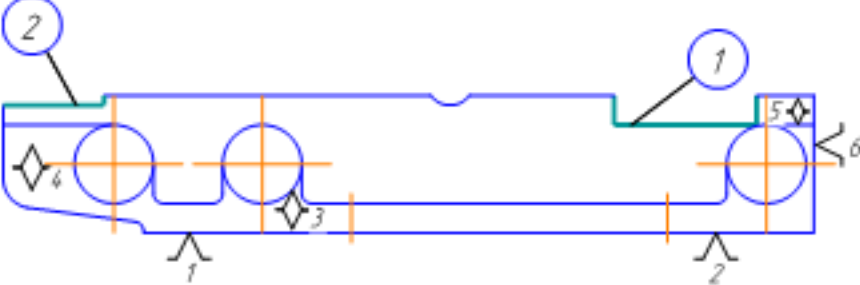
Рисунок 2.9 – Чорнові бази (операція 005)

Вданому випадку вирішується обидві задачі, зняття рівномірного припуску з найбільш відповідальних поверхонь та зв'язок необроблюваних поверхонь з оброблюваними.

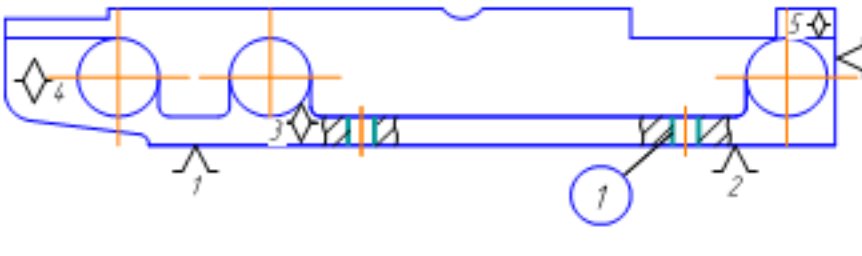
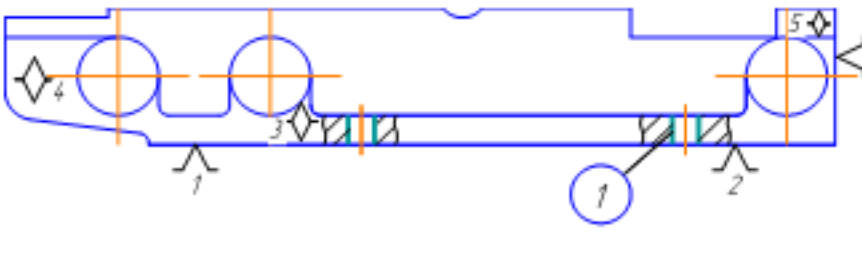
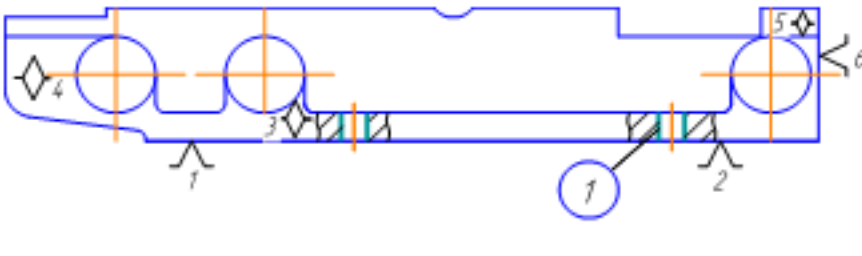
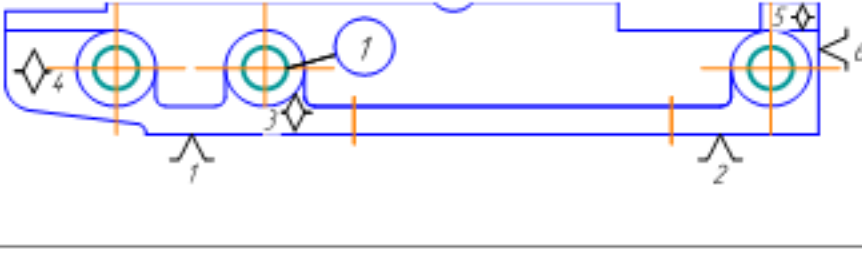
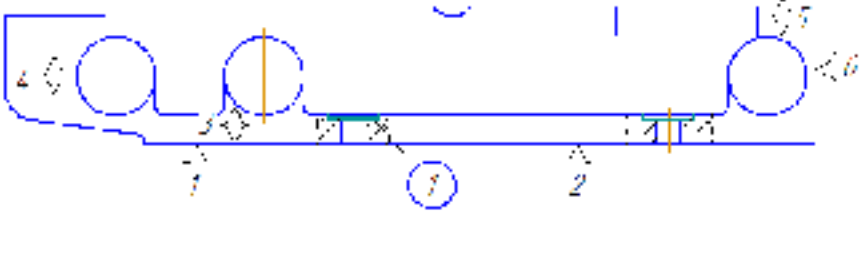
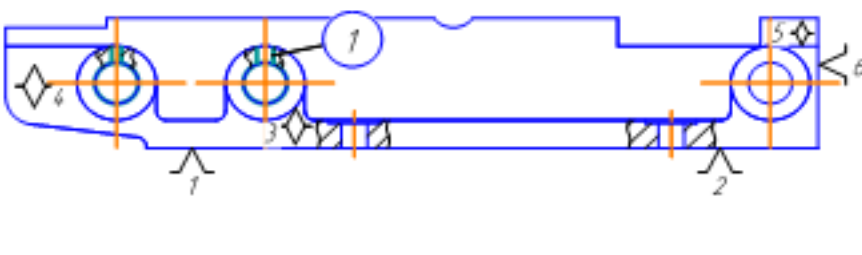
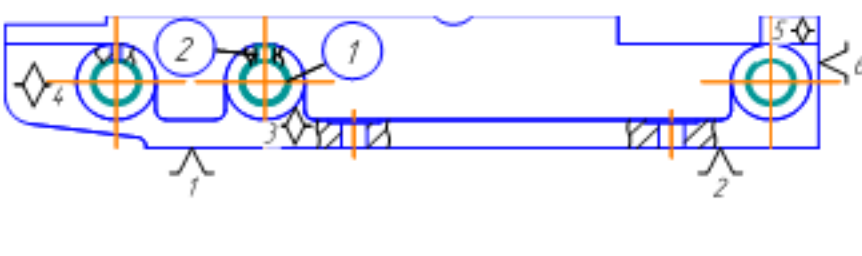
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Результати проектування зведемо в табл. 2.10-2.11.



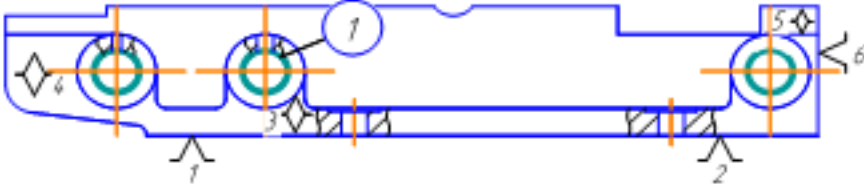


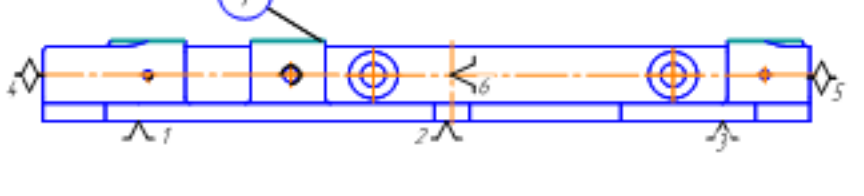
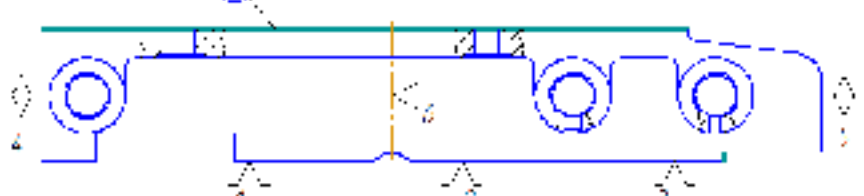
Таблиця 2.10 – Маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» (1 варіант)

№ операції	Найменування операцій та зміст переходів механічної обробки	Ескіз обробки та схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<p>Поздовжньо-фрезерна</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов.1 попередньо. <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Переустановити деталь. 4. Фрезерувати пов.2 однократно. 5. Фрезерувати пов.1 однократно. 6. Зняти деталь. 	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p>  	Поздовжньо-фрезерувальний 6610
010	<p>Поздовжньо-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов.1 остаточно. 3. Зняти деталь. 		Поздовжньо-фрезерувальний 6610
015	<p>Горизонтально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 однократно. 3. Зняти деталь. 		Горизонтально-фрезерний 6М82
020	<p>Вертикально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати 2 паза пов. 1 та 2 однократно. 3. Зняти деталь. 		Вертикально-фрезерний 6Л17П

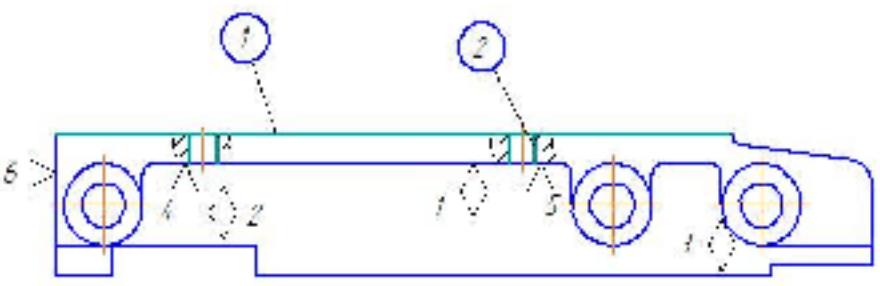
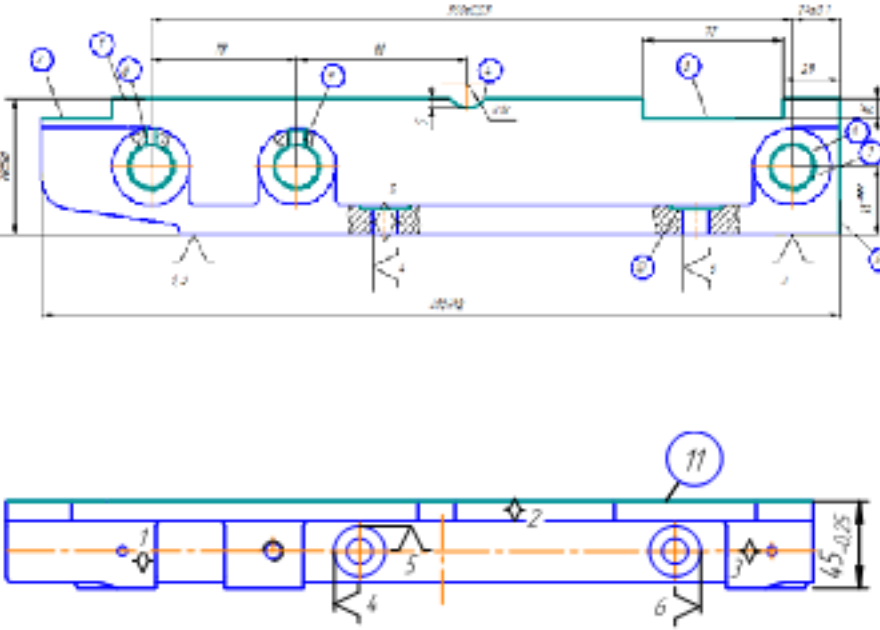
Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
025	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 2 отв. 1. 3. Зняти деталь. 		Радіально-свердлильний 2А55
030	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Свердлити 2 отв. 1. 3. Зняти деталь. 		Радіально-свердлильний 2А55
035	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Розвернути 2 отв. 1. 3. Зняти деталь. 		Радіально-свердлильний 2А55
040	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Свердлити 3 отв. 1 однократно. 		Радіально-свердлильний 2А55
045	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Цекувати заглиблення в 2 отв. 1. 3. Зняти деталь. 		Радіально-свердлильний 2А55
050	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Свердлити 2 отв. 1. 3. Зняти деталь. 		Радіально-свердлильний 2А55
055	<p>Радіально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Свердлити отв. 1. 3. Зенкувати фаску 2. 4. Нарізати різь в отв. 1. 5. Зняти деталь. 		Вертикально-свердлильний з револьверною головкою 2Н135

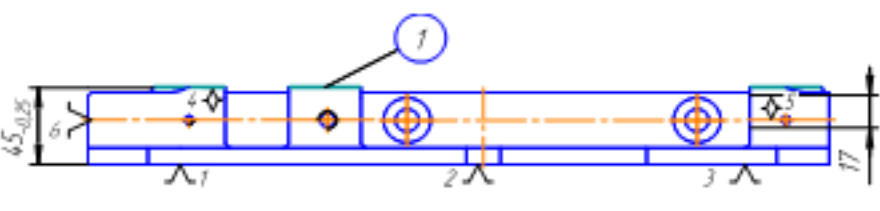
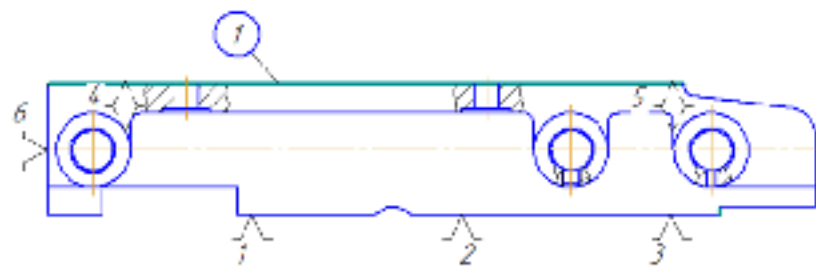
Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
060	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Зенкерувати 3 отв. 1 попередньо.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Радіально-свердлильний 2А55
065	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Зенкерувати 3 отв. 1 остаточно.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Радіально-свердлильний 2А55
070	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Зенкувати 3 фаски в 3-х отворах 1.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Радіально-свердлильний 2А55
075	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Розвернути 3 отв. 1 попередньо.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Радіально-свердлильний 2А55
080	<p>Радіально-свердлильна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Розвернути 3 отв. 1 остаточно.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Радіально-свердлильний 2А55
085	<p>Плоско-шліфувальна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Шліфувати пов. 1 однократно.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Плоско-шліфувальний 3Б722
090	<p>Плоско-шліфувальна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Шліфувати пов. 1 однократно.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		Плоско-шліфувальний 3Б722

Таблиця 2.11 – Маршрут механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» (2 варіант)

№ операції	Найменування операцій та зміст переходів механічної обробки	Ескіз обробки та схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 3. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 4. Центрувати 2 отв. 2. 5. Свердлити 2 отв. 2 однократно. 6. Зняти деталь. 		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3</p>
010	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 однократно. 3. Фрезерувати пов. 2 та 3 однократно. 4. Фрезерувати канавку 4 однократно. 5. Фрезерувати торець 5 однократно. 6. Фрезерувати пов. 11 однократно. 7. Центрувати отв. 8 та 9. 8. Свердлити 2 отв. 8. 		<p>Вертикальний багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом</p>

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
	<p>9. Свердлити отв. 9. 10. Нарізати різь в отв. 9. 11. Цекувати заглиблення в 2 отв. 10. 12. Повернути деталь на 90°. 13. Зенкувати 3 фаски в отв. 6. 14. Зенкерувати 3 отв. 6 попередньо. 15. Зенкерувати 3 отв. 6 остаточно. 16. Розвернути 3 отв. 6 попередньо. 17. Розвернути 3 отв. 6 остаточно. 18. Зняти деталь.</p>		
015	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. 1 однократно. 3. Зняти деталь.</p>		Плоскошліфувальний ЗБ722
020	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати пов. 1 однократно. 3. Зняти деталь.</p>		Плоскошліфувальний ЗБ722

2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів ТП за мінімумом приведених витрат

Технологічна собівартість операцій:

$$C_o = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_B} \text{ [грн.]}, \quad (2.20)$$

де K_B – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівнем 1,3;

$C_{п.з}$ – приведені витрати, грн.;

$T_{шт}$ – штучно-калькуляційний час на виконання операцій, хв.

Проведені розрахунки $T_{шт-к}$ за формулами наближеного нормування по операціях маршруту механічної обробки за 1 та 2 варіантами (табл. 2.12-2.13).

Таблиця 2.12 – Технічні норми часу ТП (варіант 1) [2-4]

№ оп.	Найм. операції, зміст переходів	Основний технологічний час $T_{осн} \cdot 10^{-3}$, хв.	φ_K	Штучно-калькуляційний час $T_{шт.-к} \cdot 10^{-3}$, хв.
1	2	3	4	5
005	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню 339 попередньо. 2. Фрезерувати поверхню 410 однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $= 6 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 2.03$ хв $T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $= 6 \cdot 410 \cdot 10^{-3} = 2.46$ хв $T_{осн\Sigma} = 4,49$	1,84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K$ $= 4,49 \cdot 1,84 = 8,26$ хв.
010	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати поверхню 339 остаточно	$T_{осн} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $= 4 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 1,35$ хв	1,84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K$ $= 1,35 \cdot 1,84 = 2,48$ хв.
015	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати поверхню 70 однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $= 6 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 0,42$ хв	1,84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K$ $= 0,42 \cdot 1,84 = 0,77$ хв

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5
020	Вертикально-фрезерна Фрезерувати 2 паза 51 і 72	$T_{\text{осн}} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $= 6 \cdot 72 + 6 \cdot 51$ $= 0,74 \text{ хв}$	1,84	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 0,74 \cdot 1,84 = 1,36 \text{ хв}$
025	Радіально-свердлильна Свердлити 2 отв. $\varnothing 13$ однократно	$T_{\text{осн}} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $= 2 \cdot 0,52 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 10^{-3}$ $= 0,17 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 1,75 \cdot 0,17 = 0,3 \text{ хв}$
030	Радіально-свердлильна Центрувати 2 отв. $\varnothing 13$ однократно	$T_{\text{осн}} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $= 2 \cdot 0,52 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 10^{-3}$ $= 0,17 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 1,75 \cdot 0,17 = 0,3 \text{ хв}$
035	Радіально-свердлильна Розвернути 2 отв. $\varnothing 13$ однократно	$T_{\text{осн}} = 2 \cdot 0,43 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $= 2 \cdot 0,43 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 10^{-3}$ $= 0,14 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 1,75 \cdot 0,14 = 0,25 \text{ хв}$
040	Радіально-свердлильна Свердлити 3 отвори $\varnothing 22$ однократно	$T_{\text{осн}} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $= 2 \cdot 0,52 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3}$ $= 1,03 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 1,75 \cdot 1,03 = 1,8 \text{ хв}$
045	Радіально-свердлильна Зенкувати 2 отвори $\varnothing 26$	$T_{\text{осн}} = 2 \cdot 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $= 2 \cdot 0,21 \cdot 26 \cdot 45 \cdot 10^{-3}$ $= 0,5 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 1,75 \cdot 0,5 = 0,87 \text{ хв}$
050	Радіально-свердлильна Свердлити 2 отвори $\varnothing 4,8$	$T_{\text{осн}} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}$ $= 2 \cdot 0,52 \cdot 4,8 \cdot 5 = 0,025 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}$ $= 1,75 \cdot 0,025 =$ $= 0,0437 \text{ хв}$
055	Радіально-свердлильна Свердлити отвір $\varnothing 8,5$. Свердлити M10 Нарізати різь M10	$T_{\text{осн}} = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $0,52 \cdot 8,5 \cdot 40 = 0,176 \text{ хв}$ $T_{\text{осн}} = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $0,4 \cdot 10 \cdot 5 = 0,02 \text{ хв}$ $T_{\text{осн}} = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $0,4 \cdot 10 \cdot 5 = 0,02 \text{ хв}$ $T_{\text{осн}\Sigma} = 0,216$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} =$ $0,216 \cdot 1,75 = 0,378 \text{ хв}$

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5
060	Радіально-свердлильна Зенкерувати 3 отвори Ø22 попередньо	$T_{\text{осн}} = 3 \cdot 0.21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0.21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0.62 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 1,75 \cdot 0,62 = 1.085 \text{ хв}$
065	Радіально-свердлильна Зенкерувати 3 отвори Ø22 остаточно	$T_{\text{осн}} = 3 \cdot 0.21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0.21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0.62 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 1,75 \cdot 0,62 = 1.085 \text{ хв}$
070	Радіально-свердлильна Зенкувати 3 фаски в отворі Ø22	$T_{\text{осн}} = 3 \cdot 0.21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0.21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0.62 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 1,75 \cdot 0,62 = 1.085 \text{ хв}$
075	Радіально-свердлильна Розвернути 3 отвори Ø22 попередньо	$T_{\text{осн}} = 3 \cdot 0.43 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0.43 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 1.27 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 1,75 \cdot 1.27 = 2.22 \text{ хв}$
080	Радіально-свердлильна Розвернути 3 отвори Ø22 остаточно	$T_{\text{осн}} = 3 \cdot 0.43 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0.43 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 1.27 \text{ хв}$	1,75	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 1,75 \cdot 1.27 = 2.22 \text{ хв}$
085	Плоско-шліфувальна Шліфувати 410 однократно	$T_{\text{осн}} = 2.5 \cdot l \cdot 10^{-3} = 2.5 \cdot 410 \cdot 10^{-3} = 1.02 \text{ хв.}$	2,1	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 1,02 \cdot 2.1 = 2.1 \text{ хв}$
090	Плоско-шліфувальна Шліфувати 339 однократно	$T_{\text{осн}} = 2.5 \cdot l \cdot 10^{-3} = 2.5 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 0.84 \text{ хв}$	2,1	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}} = 0.84 \cdot 2.1 = 1.7 \text{ хв}$

Технологічна собівартість операцій механічної обробки (варіант 1):

$$C_{005} = \frac{44,6 \cdot 8,26}{60 \cdot 1,3} = 4,72 \text{ (грн.)}; \quad C_{050} = \frac{62,6 \cdot 0,0437}{60 \cdot 1,3} = 0,035 \text{ (грн.)};$$

$$C_{010} = \frac{44,6 \cdot 2,48}{60 \cdot 1,3} = 1,418(\text{грн.});$$

$$C_{015} = \frac{47 \cdot 0,772}{60 \cdot 1,3} = 0,465(\text{грн.});$$

$$C_{020} = \frac{44,6 \cdot 1,361}{60 \cdot 1,3} = 0,778(\text{грн.});$$

$$C_{025} = \frac{62,6 \cdot 0,297}{60 \cdot 1,3} = 0,238(\text{грн.});$$

$$C_{030} = \frac{62,6 \cdot 0,297}{60 \cdot 1,3} = 0,238(\text{грн.});$$

$$C_{035} = \frac{62,6 \cdot 0,245}{60 \cdot 1,3} = 0,197(\text{грн.});$$

$$C_{040} = \frac{62,6 \cdot 1,802}{60 \cdot 1,3} = 1,446(\text{грн.});$$

$$C_{045} = \frac{62,6 \cdot 0,859}{60 \cdot 1,3} = 0,689(\text{грн.});$$

$$C_{055} = \frac{42,3 \cdot 0,378}{60 \cdot 1,3} = 0,205(\text{грн.});$$

$$C_{060} = \frac{62,6 \cdot 1,085}{60 \cdot 1,3} = 0,87(\text{грн.});$$

$$C_{065} = \frac{62,6 \cdot 1,085}{60 \cdot 1,3} = 0,87(\text{грн.});$$

$$C_{070} = \frac{62,6 \cdot 1,085}{60 \cdot 1,3} = 0,87(\text{грн.});$$

$$C_{075} = \frac{62,6 \cdot 2,22}{60 \cdot 1,3} = 0,362(\text{грн.});$$

$$C_{080} = \frac{62,6 \cdot 2,22}{60 \cdot 1,3} = 0,362(\text{грн.});$$

$$C_{085} = \frac{34,7 \cdot 2,1}{60 \cdot 1,3} = 0,934(\text{грн.});$$

$$C_{090} = \frac{34,7 \cdot 1,7}{60 \cdot 1,3} = 0,756(\text{грн.})$$

Всього $C_{01} = 19,453$ грн.

Таблиця 2.13 – Технічні норми часу ТП (варіант 2)

№ операції	Найменування операції та зміст переходів механічної обробки	Основний технологічний час $T_{осн} \cdot 10^{-3}$, хв.	φ_k	Штучно-калькуляційний час $T_{шт.-к.} \cdot 10^{-3}$, хв.
1	2	3	4	5
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК Фрезерувати пов. 1 попередньо.	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $6 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 2,03 \text{ хв}$	1,41	$T_{шт.-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $3,86 \cdot 1,41 = 5,44 \text{ хв}$
	Фрезерувати пов. 1 остаточно.	$T_{осн} = 4 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $4 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 1,35 \text{ хв}$		

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5
	Центрувати 2 отв. 2.	$T_{осн} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2 \cdot 0,52 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 10^{-3} =$ $= 0,17 хв$		
	Свердлити 2 отв. 2 однократно.	$T_{осн} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2 \cdot 0,52 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 10^{-3} =$ $= 0,17 хв$		
		$T_{осн\Sigma} = 3,86$		
010	Багатоцільова з ЧПК Фрезерувати 410 однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $6 \cdot 410 \cdot 10^{-3} = 2,46 хв$	1,41	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $8,24 \cdot 1,41 = 11,62 хв$
	Фрезерувати 72 і 51 однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $6 \cdot 72 + 6 \cdot 51 = 0,74 хв$		
	Фрезерувати канавку R12 однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $6 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,07 хв$		
	Фрезерувати торець 70 однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $6 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 0,42 хв$		
	Центрувати 2 отвіри $\varnothing 4,8$ і M10	$T_{осн} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2 \cdot 0,52 \cdot 4,8 \cdot 5 = 0,025 хв;$		
		$T_{осн} = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $0,4 \cdot 10 \cdot 5 = 0,02 хв$		
	Свердлити 2 отвори $\varnothing 4,8$	$T_{осн} = 2 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2 \cdot 0,52 \cdot 4,8 \cdot 5 = 0,025 хв;$		
	Свердлити M10	$T_{осн} = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $0,4 \cdot 10 \cdot 5 = 0,02 хв$		
	Нарізати різь M10	$T_{осн} = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $0,4 \cdot 10 \cdot 5 = 0,02 хв$		
	Цекувати заглибини в 2 отворах $\varnothing 26$	$T_{осн} = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2 \cdot 0,4 \cdot 26 \cdot 2 = 0,04 хв$		

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5
	Зенкувати 3 фаски в отворі Ø22	$T_{осн} = 3 \cdot 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $3 \cdot 0,21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} =$ $= 0,62 \text{ хв}$		
	Зенкерувати 3 отвори Ø22 попередньо	$T_{осн} = 3 \cdot 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $3 \cdot 0,21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} =$ $= 0,62 \text{ хв}$		
	Зенкерувати 3 отвори Ø22 остаточно	$T_{осн} = 3 \cdot 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $= 3 \cdot 0,21 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} =$ $= 0,62 \text{ хв}$		
	Розвернути 3 отвори Ø22 попередньо	$T_{осн} = 3 \cdot 0,43 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $3 \cdot 0,43 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} =$ $= 1,27 \text{ хв}$		
	Розвернути 3 отвори Ø22 остаточно	$T_{осн} = 3 \cdot 0,43 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $3 \cdot 0,43 \cdot 22 \cdot 45 \cdot 10^{-3} =$ $= 1,27 \text{ хв}$		
		$T_{осн\Sigma} = 8,24$		
015	Шліфувальна Шліфувати 410 однократно	$T_{осн} = 2,5 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2,5 \cdot 410 \cdot 10^{-3} = 1,02 \text{ хв}$	2,1	$T_{итт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $1,02 \cdot 2,1 = 2,1 \text{ хв}$
020	Шліфувальна Шліфувати 339 однократно	$T_{осн} = 2,5 \cdot l \cdot 10^{-3} =$ $2,5 \cdot 339 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ хв}$	2,1	$T_{итт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $0,84 \cdot 2,1 = 1,7 \text{ хв}$

Технологічна собівартість операцій механічної обробки (варіант 2):

$$C_{005} = \frac{43,5 \cdot 5,44}{60 \cdot 1,3} = 3,034 \text{ (грн.)};$$

$$C_{010} = \frac{86,3 \cdot 11,62}{60 \cdot 1,3} = 12,856 \text{ (грн.)};$$

$$C_{015} = \frac{34,7 \cdot 2,1}{60 \cdot 1,3} = 0,934 \text{ (грн.)};$$

$$C_{020} = \frac{34,7 \cdot 1,7}{60 \cdot 1,3} = 0,756 \text{ (грн.)}$$

Всього $C_{o2} = 17,58$ грн.

З розрахунків видно, що другий варіант маршруту механічної обробки дешевший за перший, оскільки цехова собівартість в нього нижча. Тому за основний приймаємо другий варіант маршруту. Тоді річний ефект від механічної обробки деталі за 1 маршрутом порівняно з 2:

$$E = (C_{o1} - C_{o2}) \cdot N_p \text{ [грн.],} \quad (2.21)$$

$$E = (19,453 - 17,58) \cdot 5000 = 9365 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість операцій ТП по варіанту 2 нижча ніж по варіанту 1. Тобто доцільно використовувати 2 із запропонованих ТП механічної обробки.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання ТП

2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів [3]

Розташування технологічних розмірів згідно маршруту механічної обробки (див. табл. 2.11) показано на рис. 2.10.

2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски розмірів вихідної заготовки та технологічних розмірів показано в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Допуски розмірів вихідної заготовки та технологічних розмірів

Заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
1	2	3	4
3_1	Лиття в піщано-глинисті форми	11	2,8
3_2			4

Продовження таблиці 2.14

1	2	3	4
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Свердління	9	0,026
B_2	Розвертання	9	0,052
B_3	Фрезерування	12	0,18
B_4	Фрезерування	12	0,21
B_5	Шліфування	8	0,25

2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Наведемо розмірну схему технологічного процесу (рис. 2.10), для знаходження проміжних розмірів, які утворюються в процесі обробки.

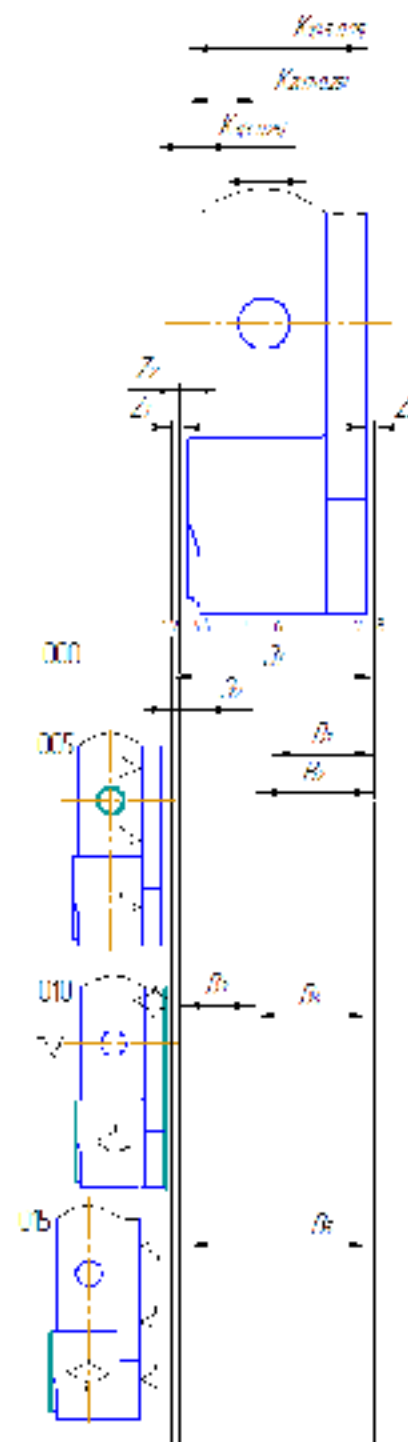


Рисунок 2.10 – Розмірна схема ТП

2.8.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

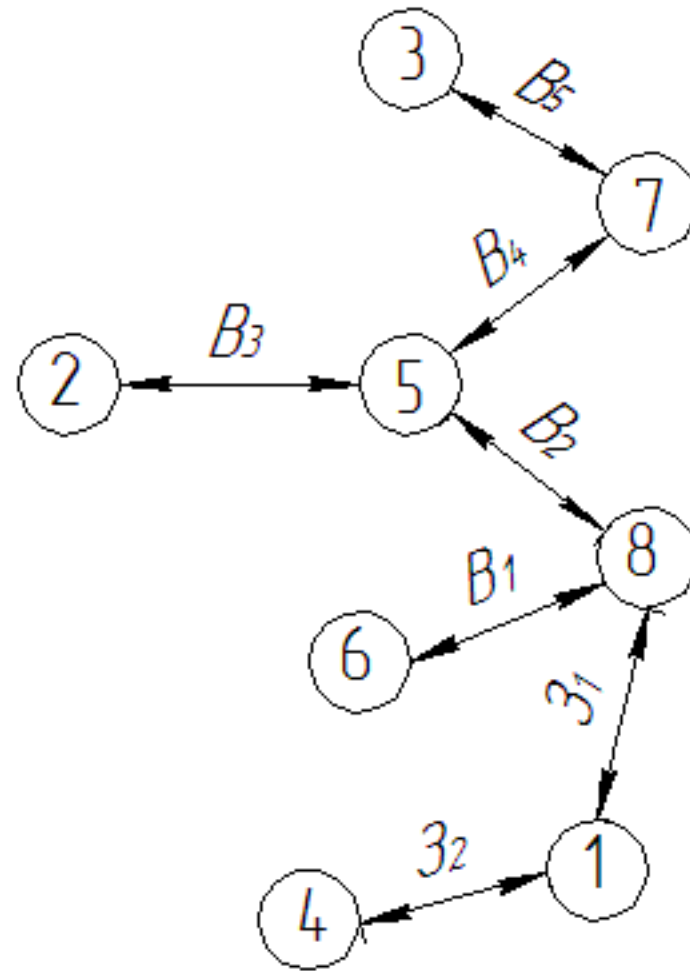


Рисунок 2.112 – Похідний граф-дерево

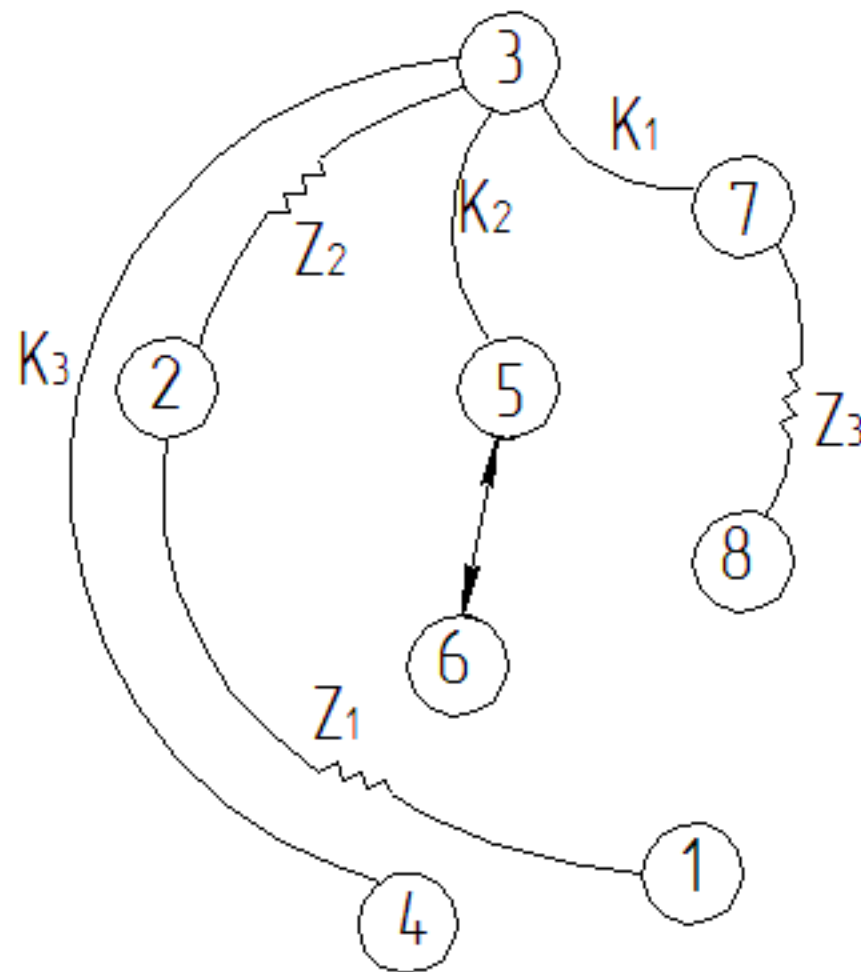


Рисунок 2.12 – Вихідний граф-дерево

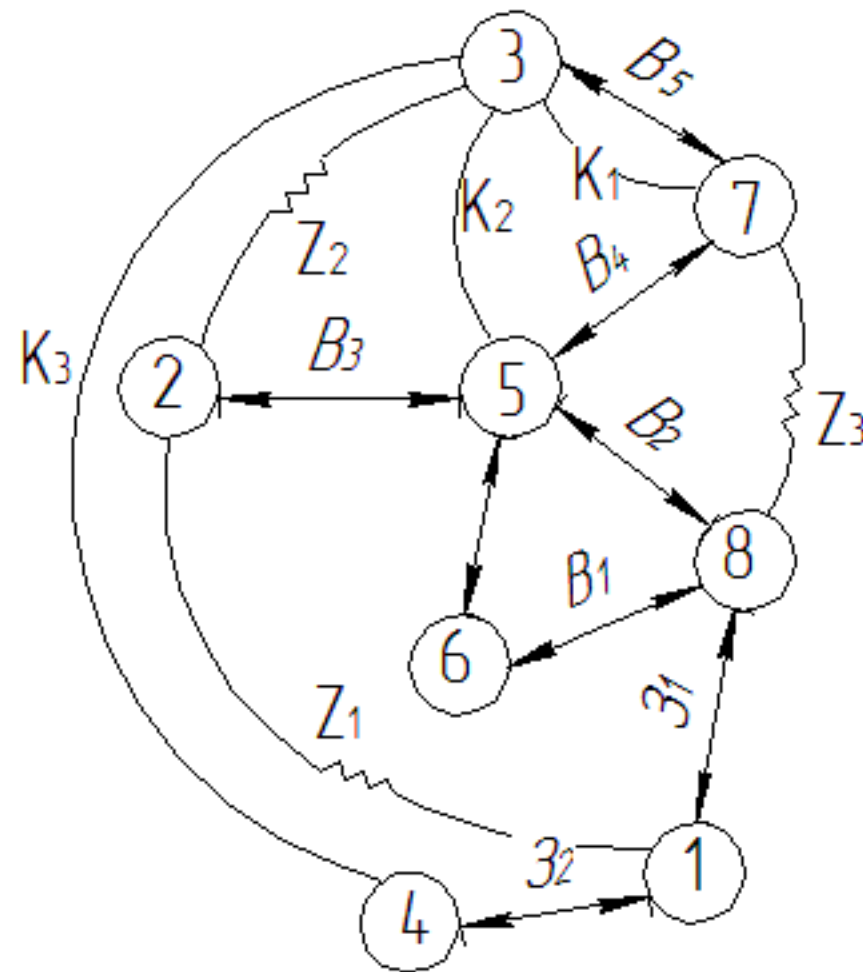


Рисунок 2.13 – Суміщений граф

2.8.5 Таблица рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

З використанням суміщеного графа (рис. 2.14) складаємо рівняння технологічних розмірних ланцюгів (табл. 2.15).

Таблица 2.15 – Таблица рівнянь

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3	4
1	$K_1 + B_5 = 0$	$K_1 = B_5$	B_5
2	$K_2 + B_5 - B_4 = 0$	$K_2 = B_5 - B_4$	B_4
3	$Z_3 - B_4 + B_2 = 0$	$B_2 = B_4 - Z_3$	B_2
4	$\Delta + B_2 - B_4 = 0$	$B_1 = B_2 + \Delta$	B_1
5	$Z_2 + B_3 + B_4 - B_5 = 0$	$B_3 = B_5 - B_4 + Z_2$	B_3
6	$Z_1 + 3_1 - B_2 - B_3 = 0$	$3_1 = Z_1 + B_2 + B_3$	3_1
7	$K_3 + B_5 - B_4 + B_2 - 3_1 + 3_2 = 0$	$3_2 = K_3 + B_5 - B_4 + B_2 - 3_1$	3_2

2.8.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку

За допомогою нормативних таблиць визначаємо значення мінімальних проміжних припусків на обробку плоских поверхонь (табл. 2.16) [9-11].

Таблиця 2.16 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Призначення припуску	Спосіб обробки поверхні, в ході якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_1	Чорнове фрезерування	1
Z_2	Чистове фрезерування	0,03
Z_3	Однократне шліфування	2,2

2.8.7 Визначення технологічних розмірів

Розв'яжемо рівняння технологічних ланцюгів:

$$K_1 = B_5 = 45_{-0,25} \text{ (мм)}.$$

$$K_{2\text{мін}} = B_{5\text{мін}} - B_{4\text{мак}};$$

$$B_{4\text{мак}} = B_{5\text{мін}} - K_{2\text{мін}} = 44,75 - 17 = 27,75 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\text{мін}} = B_{4\text{мак}} - T(B_4) = 27,75 - 0,21 = 27,54 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{3\text{мін}} = B_{4\text{мак}} - B_{2\text{мін}};$$

$$B_{2\text{мін}} = B_{4\text{мак}} + Z_{3\text{мін}} = 27,75 + 2,2 = 29,95 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\text{мак}} = B_{2\text{мін}} + T(B_2) = 29,95 + 0,052 = 30,002 \text{ (мм)}.$$

$$\Delta = B_{2\text{мін}} - B_{1\text{мак}};$$

$$B_{1\text{сер}} = B_{2\text{сер}} + \Delta.$$

З урахуванням того, що $\Delta = 0$ отримаємо:

$$B_{1\text{сер}} = 29,976 + 0 = 29,976 \text{ (мм)}.$$

$$B_{1\text{сер}} \pm 1/2T(B_1) = 29,976 \pm 0,026 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{2\text{мін}} = B_{3\text{мін}} + B_{4\text{мін}} - B_{5\text{мак}};$$

$$B_{3\text{мін}} = B_{5\text{мак}} - B_{4\text{мін}} + Z_{2\text{мін}} = 45 - 27,54 + 0,03 = 17,49 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 17,49 + 0,18 = 17,67 \text{ (мм)}.$$

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

$$Z_{1\min} = z_{1\min} + B_{2\max} + B_{3\max} = 1 + 30,002 + 17,67 = 48,672 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 48,672 + 0,039 = 48,711 \text{ (мм)}.$$

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

$$Z_{2\min} = K_{3\min} + B_{5\min} - B_{4\max} + B_{2\min} - Z_{1\max} = 2,75 + 44,75 - 27,75 + 29,95 - 48,711 = 0,989 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 0,989 + 0,041 = 1,03 \text{ (мм)}.$$

Максимальні припуски

$$Z_{3\max} = B_{2\max} - B_{4\min} = 30,002 - 27,54 = 2,462 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{3\max} + B_{4\max} - B_{5\min} = 17,67 + 27,75 - 44,75 = 0,67 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{2\min} - B_{3\min} = 48,711 - 29,95 - 17,49 = 1,271 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.18 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
B_1 (B_1 сер.)	29,976		0,026	29,976	$29,976_{\pm 0,026}$	—
B_2	29,95	30,002	0,052	29,976	$29,976_{\pm 0,052}$	—
B_3	17,49	17,67	0,18	17,58	$17,58_{-0,18}$	—
B_4	27,54	27,75	0,21	27,645	$27,645_{\pm 0,21}$	—
B_5	44,75	45	0,25	45	$45_{-0,25}$	—
Z_1	48,672	48,711	2,8	48,69	—	$48,69_{\pm 1,4}$
Z_2	0,989	1,03	4	1,01	—	$1,01_{\pm 2}$

Отримані значення максимальних припусків зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Максимальні припуски, мм

$Z_{1\text{мак}}$	$Z_{2\text{мак}}$	$Z_{3\text{мак}}$
1,271	0,67	2,462

Висновок. Технологічні рівняння складаються з 2-3 ланок за винятком розмірів заготовок Z_1 , Z_2 та розміру B_3 (3-4 ланок), що є недоліком. В результаті збільшуються максимальні припуски. В цілому ТП механічної обробки є задовільним.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку $\varnothing 22\text{H7}^{(+0,021)}$

Елементи припуску [2, 3]. Визначення R і T , враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 1000 та 1000 відповідно. При першому попередньому зенкеруванні приймаємо $R_z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм, при остаточному зенкеруванні – $R_z = 30$ мкм, $T = 40$ мкм. При попередньому розвертуванні $R_z = 10$ мкм, $T = 25$ мкм, при остаточному розвертуванні $R_z = 5$ мкм, $T = 10$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

$$\rho_{\text{жол}} = \Delta_k L = 1 \cdot 45 = 45 \text{ (мкм)}, \quad (2.23)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні деталі;

$\Delta_k = 1$ – питома кривизна заготовки.

Для литих заготовок в даному випадку:

$$\rho_{3M} = 2,0 \text{ мм},$$

Тоді

$$\rho_3 = \sqrt{0,045^2 + 2,0^2} = 2 \text{ (мм)}.$$

При наступному переході механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мкм]} \quad (2.24)$$

де k – коефіцієнт уточнення форми.

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 2000 = 120 \text{ (мкм)},$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 120 = 4,8 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому зенкеруванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} = \sqrt{50^2 + 100^2 + 88^2} = 142,28 \text{ (мкм)} \quad (2.25)$$

Найбільший зазор між отвором і пальцями:

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \text{ [мкм]}, \quad (2.26)$$

де δ_A – допуск на отвір: $\delta_A = 0,43$ мм;

δ_B – допуск на діаметр пальця, $\delta_B = 0,43$ мм;

S_{\min} – мінімальний зазор між діаметрами пальця і отвору, $S_{\min} = 0,4$ мм.

$$\text{tg } \alpha = (0,43 + 0,43 + 0,4) / \sqrt{16,12^2 + 161^2} = 0,0069;$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору:

$$\varepsilon_{\delta} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 45 \cdot 0,0069 = 0,3105 (\text{мкм}).$$

Мінімальні значення між операційних припусків:

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad [\text{мкм}], \quad (2.27)$$

- мінімальний припуск при попередньому зенкеруванні:

$$2Z_{1\min} = 2 \left(1000 + \sqrt{2000^2 + 142,28^2} \right) = 2 \cdot 3005 \text{ (мкм)};$$

- мінімальний припуск при остаточному зенкеруванні:

$$2Z_{2\min} = 2 \left(50 + 50 \sqrt{120^2 + 7,11^2} \right) = 2 \cdot 220,21 \text{ (мкм)};$$

- мінімальний припуск при попередньому розвертанні:

$$2Z_{3\min} = 2(10 + 25) = 2 \cdot 35 \text{ (мкм)};$$

- мінімальний припуск при остаточному розвертанні:

$$2Z_{4\min} = 2(5 + 10) = 2 \cdot 15 \text{ (мкм)}.$$

Маємо отримати розмір $D = 22$ мм.

Розрахунок максимальних розмірів для кожного технологічного переходу:

- остаточне розвертання:

$$D_{1\max} = 22,021 \text{ мм};$$

- попереднє розвертання:

$$D_{2\max} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{4\min} = 22,021 - 2 \cdot 0,015 = 21,991 \text{ (мм)};$$

- остаточне зенкерування:

$$D_{3\max} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 21,991 - 2 \cdot 0,035 = 21,921 \text{ (мм)};$$

- попереднє зенкерування:

$$D_{4\max} = D_{3\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 21,921 - 2 \cdot 0,220 = 21,481 \text{ (мм)};$$

- заготовка:

$$D_{5\max} = D_{4\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 21,481 - 2 \cdot 0,300 = 20,881 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків:

- заготовка – 15 квалітет: $T_5 = 840$ мкм;

- попереднє зенкерування – 12 квалітет: $T_1 = 210$ мкм;

- остаточне зенкерування – 11 квалітет: $T_2 = 130$ мкм;

- попереднє розвертання – 9 квалітет: $T_3 = 52$ мкм.

- остаточне розвертання – 7 квалітет: $T_4 = 21$ мкм.

Розрахунок мінімальних розмірів для кожного технологічного переходу:

- остаточне розвертання:

$$D_{1\min} = D_{1\max} - T_1 = 22,021 - 0,021 = 22 \text{ (мм)};$$

- попереднє розвертання:

$$D_{2\min} = D_{2\max} - T_2 = 21,991 - 0,052 = 21,939 \text{ (мм)};$$

- остаточне зенкерування:

$$D_{3\min} = D_{3\max} - T_3 = 21,921 - 0,130 = 21,791 \text{ (мм)};$$

- попереднє зенкерування:

$$D_{4\min} = D_{4\max} - T_4 = 21,481 - 0,210 = 21,271 \text{ (мм)};$$

- заготовка:

$$D_{5\min} = D_{5\max} - T_5 = 20,881 - 0,84 = 20,041 \text{ (мм)}.$$

Розрахунок максимальних і мінімальних граничних значень припусків:

- остаточне розвертання:

$$2Z_{4\min} = 22 - 20,881 = 1,199 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{4\max} = 22,021 - 21,939 = 0,082 \text{ (мм)};$$

- попереднє розвертання:

$$2Z_{3\min} = 21,939 - 21,921 = 0,018 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{3\max} = 21,991 - 21,791 = 0,2 \text{ (мм)};$$

- остаточне зенкерування:

$$2Z_{2\min} = 21,791 - 21,481 = 0,31 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{2\max} = 21,921 - 21,271 = 0,65 \text{ (мм)};$$

- попереднє зенкерування:

$$2Z_{1\min} = 21,271 - 20,881 = 0,39 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{1\max} = 21,481 - 20,041 = 1,44 \text{ (мм)}.$$

Оскільки отвір у деталі отримується свердлінням, то максимальні і мінімальні граничні значення припусків на даній операції будуть рівні різниці діаметрів отриманих максимальних чи мінімальних розмірів діаметрів при зенкеруванні.

Загальні припуски:

$$2Z_{\min} = 2Z_{1\min} + 2Z_{2\min} + 2Z_{3\min} + 2Z_{4\min} = 0,39 + 0,31 + 0,018 + 1,199 = 1,917 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{1\max} + 2Z_{2\max} + 2Z_{3\max} + 2Z_{4\max} = 1,44 + 0,65 + 0,2 + 0,082 = 2,37 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.19 – Розрахунок отвору $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$

Технологічні переходи $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий			Граничні розміри		Граничні припуски	
	R_z	T	ρ	ϵ_y	припуск	розмір	допуск	min	max	min	max
Заготовка	1000	2000	-	-	-	20,041	840	20,041	20,881	-	-
Зенкерування попереднє	50	50	120	142,28	2 · 3005	21,271	21,271	21,271	21,481	1,199	0,082
Зенкерування остаточне	30	40	4,8	7,11	2 · 220,21	21,791	21,791	21,791	21,921	0,018	0,2
Розвернути попередньо	10	25	-	-	2 · 35	21,939	21,939	21,939	21,991	0,31	0,65
Розвернути остаточне	5	10	-	-	2 · 15	22	21	22	22,021	0,39	1,44

2.10 Призначення режимів різання [10, 11]

Операція 005, перехід 2 – фрезерувати пов. 1 попередньо.

Швидкість різання на операції фрезерування розраховується за формулою:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y} K_v, \text{ [м/хв]} \quad (2.28)$$

де K_{ϑ} – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання; T – період стійкості різця; t – глибина різання; s – подв.хід – подача; q, m, x, y – показники степеня.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}, \quad (2.29)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу;

$$K_{Mv} = (190/HV)^{n_v} = (190/190)^{1,25} = 1, \quad (2.30)$$

$K_{Пv}=0,8$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки;

$K_{Иv}=0,83$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки.

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,66.$$

$$\vartheta = \frac{292 \cdot 70^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2,10^{0,15} \cdot 0,26^{0,2}} \cdot 0,66 = 100,39 \left(\frac{M}{XB} \right);$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100,39}{3,14 \cdot 70} = 456,73 \text{ (об/хв)}.$$

Сила різання при фрезеруванні:

$$P_Z = 10C_p t^x s^y \vartheta^n K_p \text{ [H]}, \quad (2.31)$$

де ϑ – швидкість різання; K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_{Mp} = (HB/190)^n = (190/190)^1 = 1, \quad (2.32)$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,10^1 \cdot 0,26^{0,75} \cdot 100,39^0 \cdot 1 = 703,45 \text{ (Н)},$$

Розрахуємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot \vartheta}{1020 \cdot 60} = \frac{703,45 \cdot 100,39}{1020 \cdot 60} = 1,15 \text{ (кВт)}.$$

Потужність верстата на операції 005 – 7,5 кВт.

Операція 010, перехід 13 – зенкерувати 3 отвори 6 попередньо.

Швидкість різання для розточування:

$$\vartheta = \frac{C_\vartheta}{T^{m_t} S^y} K_\vartheta, \text{ [м/хв]} \quad (2.33)$$

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}, \quad (2.34)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу;:

$$K_{Mv} = (190/HB)^{n_v} = (190/190)^{1,25} = 1, \quad (2.35)$$

$K_{Пv}=0,8$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки;

$K_{Иv}=0,83$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки.

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,66;$$

$$\vartheta = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,56^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,66 = 65,83 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right);$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 65,83}{3,14 \cdot 22} = 952,95 \text{ (об/хв)}.$$

Сила різання:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (2.36)$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p}, \quad (2.37)$$

$$K_{M_p} = (HB/190)^n = (190/190)^1 = 1; \quad (2.38)$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,56^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 65,83^0 \cdot 1 = 429,22 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{429,22 \cdot 65,83}{1020 \cdot 60} = 0,46 \text{ (кВт)}.$$

Потужність верстата на операції 015 – 5,5 кВт.

Режими різання для всіх інших поверхонь визначимо за нормативами і зведемо в табл. 2.20-2.23.

Таблиця 2.20 – Операція 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК (верстат з ЧПК 6P13PФ3)

Технологічні переходи і робочі ходи	d (АхВ), мм	t, мм	S, мм\зуб мм\об	v, м/хв	N, кВт	n, об/хв	L, мм	T _o , хв.
2. Фрезерувати пов. 1 попередньо.	70×339	2,10	0,26	144	4	458	349	0,29
3. Фрезерувати пов. 1 остаточно.	70×339	1,9	0,41	178	13	809	349	0,10
4. Центрувати 2 отв. 2.	5	2,5	0,20	26,6	0,68	649	4	0,003
5. Свердлити 2 отв. 2 однократно.	13	6,5	0,20	26,5	0,68	649	16	0,012
Основний час виконання операції								0,415

Таблиця 2.21 – Операція 010 Багатоцільова ЧПК (з ЧПК ЛТ260МФ3)

Технологічні переходи і робочі ходи	d, мм	t, мм	S, мм\об	v, м/хв	N, кВт	n, об/хв	L, мм	T _o , хв.
2. Фрезерувати пов. 1 однократно.	70×410	1.6	0.36	191	12.15	868	420	0.13
3. Фрезерувати пов. 2 та 3 однократно.	51×15 72×15	1.1	0.41	186	9	1161 822	25	0.005 0.007
4. Фрезерувати канавку 4 однократно.	12×5	1	0.42	188	7	249	15	0,014
5. Фрезерувати торець 5 однократно.	70×410	1.6	0.36	191	12.15	868	420	0.13
6. Фрезерувати пов. 11 однократно	70×410	1.6	0.36	191	12.15	868	420	0.13
7. Цекувати отв. 8 та 9.	4.8×9.12 8×8.35	0.44	0.13	27.5	0.20	1824 1094	13	0.005
8. Свердлити 2 отв. 8.	4.8×9.12	0.44	0.13	27.5	0.20	1824	13	0.005
9. Свердлити отв. 9.	8×8.35	0.44	0.30	26.5	0.74	1054	13	0.004
10. Нарізати різь в отв. 9.	1.6×45	0.44	0.30	6.6	0.23	95.54	48	0.167
11. Центрувати заглибини в 2 отв. 10.	26×2	0.44	0.39	13.1	3.89	160.46	5	0.07
12. Зенкувати 3 фаски в отв. 6.	1×45	0.44	0.22	17.9	0.43	259.11	48	0.084
13. Зенкерувати 3 отв. 6 попередньо.	22×45	1.56	0.74	27.8	0.91	402.43	48	0.016
14. Зенкерувати 3 отв. 6 остаточно.	22×45	0.44	0.46	37.4	0.75	541.4	48	0.019
15. Розвернути 3 отв. 6 попередньо.	22×45	0.23	0.91	12.2	0.52	176.6	48	0.029
16. Розвернути 3 отв. 6 остаточно.	22×45	0.06	0,76	22,1	0,44	190,4	48	0,031
Основний час виконання операції								0,97

Таблиця 2.22 – Операція 015 Шліфувальна (верстат 3Б722)

Технологічні переходи і робочі ходи	AxB, мм	t, мм	S, мм\об	v, м/хв	N, кВт	n, об/хв	L, мм	T _o , хв.
2. Шліфувати пов. 1 однократно.	45×410	0,005	-	25	18,04	177	420	0,1
Основний час виконання операції								0,1

Таблиця 2.23 – Операція 020 Шліфувальна (верстат 3Б722)

Технологічні переходи і робочі ходи	AxB, мм	t, мм	S, мм\об	v, м/хв	N, кВт	n, об/хв	L, мм	T _o , хв.
2. Шліфувати пов. 1 однократно.	45×410	0,005	-	25	16,56	177	420	0,1
Основний час виконання операції								0,1

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Оптимізація режимів різання на переході 2 операції 010.

Для виконання оптимізації режимів різання використаємо комп'ютерну програму [3].

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання на переході 2 операції 010 для фрезерування поверхні шириною 45 мм. Отримані графіки для точіння показані на рис. 2.14. Оптимальні значення $S = 0,023$ мм/зуб; $n = 440,0$ об/хв.

Відповідно до розрахованих значень, оптимальні режими різання:

подача	238,4 мм/хв;
швидкість різання	82,9 м/хв;
сила різання	2900,8 Н;
потужність різання	4,010 кВт.

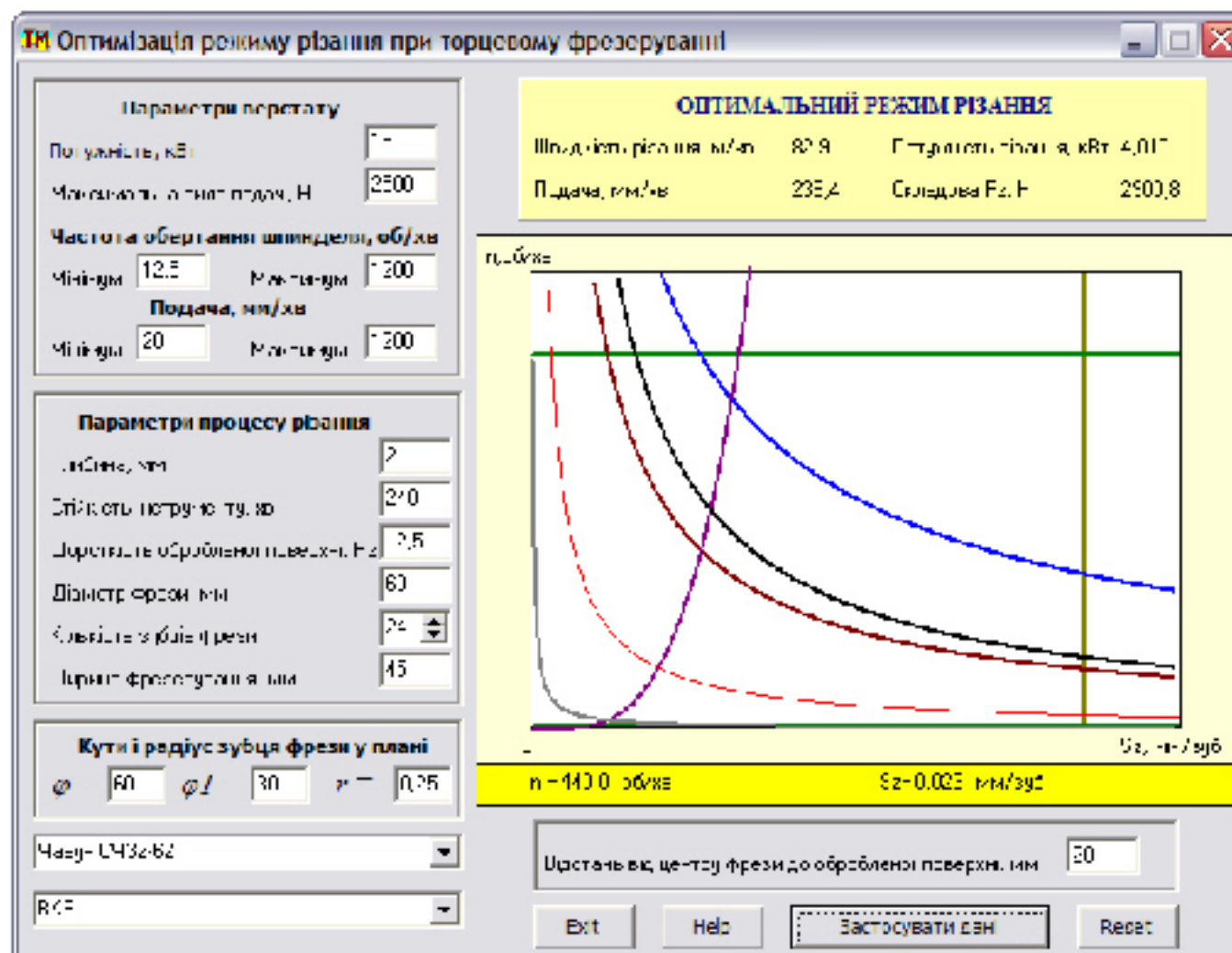


Рисунок 2.14 – Оптимізація режимів різання на переході 2 операції 010

2.12 Визначення технічних норм часу [2, 12-14]

Визначимо технічну норму часу на операцію 005.

Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$ розраховується за формулою [2, 12-14]:

$$T_{шт-к} = T_{ш} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв.]} \quad (2.39)$$

Штучний час:

$$T_{ш} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп} \text{ [хв.]} \quad (2.40)$$

Розрахунок технічних норм часу для операції 005:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \text{ [хв.]}, \quad (2.41)$$

де L – довжина обробки, мм;

i – кількість переходів;

n – частота обертання, об/хв.;

S – подача, мм/хв.

$$T_{\text{осн}} = \frac{339 \cdot 1}{458 \cdot 0,26} = 2,84(\text{хв});$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{13 \cdot 1}{649 \cdot 0,20} = 0,1(\text{хв});$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{339 \cdot 1}{809 \cdot 0,41} = 1,02(\text{хв});$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{13 \cdot 1}{649 \cdot 0,20} = 0,1(\text{хв});$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{13 \cdot 1}{213 \cdot 0,71} = 0,079(\text{хв});$$

$$\sum T_{\text{осн}} = 4,139 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час [2]:

$T_1 = 0,02$ хв. – включення, виключення верстата;

$T_2 = 0,12$ хв. – установлення, зняття деталі в пристосуванні з ексцентриковим затиском;

$T_3 = 0,2$ хв. – підведення, відведення інструменту;

$T_4 = 0,07$ хв. – зняття, встановлення інструменту;

$K_d = 0,8$.

Тоді норма допоміжного часу:

$$T_d = (0,01+0,03+0,12+0,04+0,22) \cdot 0,8 = 0,336 \text{ (хв.)}$$

Визначимо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 4,139 + 0,336 = 4,475 \text{ (хв.)}$$

Час на технічне обслуговування робочого місця та час на особисті потреби й відпочинок робітника визначаються в процентному співвідношенні (а саме 14%) від оперативного часу:

$$T_{обс} + T_{відп} = 0,14 \cdot T_{оп} = 0,14 \cdot 4,475 = 0,6265 \text{ (хв.)}$$

Тоді штучний час складе:

$$T_{ш} = 4,139 + 0,336 + 0,6265 = 5,1015 \text{ (хв.)}$$

Норма підготовчо-заключного часу:

$$T_{п-з} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{Побр} \text{ [хв.]}, \quad (2.42)$$

де $T_{п-31} = 18$ хв. – час на організаційну підготовку;

$T_{п-32}$ – час на налагодження верстата, пристосування, інструмента, програми керування;

$T_{Побр} = 3,32$ хв. – час на пробну обробку.

$$T_{п-32} = 8 + 1,5 + 0,15 + 0,15 + 1 + 2,5 + 0,9 + 0,2 = 14,4 \text{ (хв.)};$$

$$T_{п-з} = 18 + 14,4 + 3,32 = 35,7 \text{ (хв.)}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{ш-к} = 5,1015 + \frac{35,7}{141} = 5,35 \text{ (хв.)}$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Технічні норми часу по операціях, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно- калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв.
005 Вертикально- фрезерна з ЧПК	4,139	1,29 (фактичний) 1,41 (табличний)	5,35
005 Багатоцільова з ЧПК	8,24	1,41	11,62
015 Шліфувальна	1,02	2,1	2,1
020 Шліфувальна	0,84	2,1	1,7

2.13 Висновки

В технологічній частині МКР виконано удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003». При цьому за допомогою графічної САД-системи КОМРАС розроблено 3D-модель деталі «Кронштейн КП.10.12.003». Проведено якісний та кількісний аналіз технологічності деталі. Визначено тип виробництва. Визначено спосіб виготовлення заготовки. Проведено вибір чорнових та чистових технологічних баз. Спроектовано удосконалений маршрут механічної обробки, виконано розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу, визначено припуски і проміжні технологічні розміри, призначено режими різання та норми часу.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за формулою [4, 15]:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np}. \quad (3.1)$$

Таблиця 3.1 – Характеристики деталей

Деталь	Маса, кг	Програма, шт.	Точність IT/ Шорсткість Ra									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Кронштейн КП.10.12.003 (розрахунковий представник)	7	5000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	3	-	-	2	-	3	-	10	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	3	-	1	2	-	12	-	-	
Нижня плита	12	4000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	4	1	2	-	-	-	-	14	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	4	-	1	2	-	14	-	-	
Верхня плита	14	1500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	-	3	2	-	4	-	10	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	-	-	3	2	14	-	-	
Корпус	4	50000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			1	-	2	2	3	-	2	-	14	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			1	-	-	2	5	-	16	-	-	
Важіль	6	40000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	-	3	2	-	3	-	8	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	-	-	5	1	11	-	-	

Коефіцієнт K_1 :

$$K_{1K} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_K}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{7}{7}\right)^2} = 1,0;$$

$$K_{1III} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{III}}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{12}{7}\right)^2} = 1,432;$$

$$K_{1BII} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BII}}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{14}{17}\right)^2} = 0,878;$$

$$K_{1K} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_K}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{4}{17}\right)^2} = 0,381;$$

$$K_{1B} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_B}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{6}{17}\right)^2} = 0,499.$$

Коефіцієнт K_2 :

$$K_{2K} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_K}\right)^\alpha = \left(\frac{5000}{5000}\right)^{0,15} = 1,0;$$

$$K_{2III} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_{III}}\right)^\alpha = \left(\frac{5000}{4000}\right)^{0,15} = 1,03;$$

$$K_{2BII} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_{BII}}\right)^\alpha = \left(\frac{5000}{1500}\right)^{0,15} = 1,19;$$

$$K_{2K} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_K}\right)^\alpha = \left(\frac{5000}{50000}\right)^{0,15} = 0,70;$$

$$K_{2B} = \left(\frac{N_{p,np}}{N_B}\right)^\alpha = \left(\frac{5000}{40000}\right)^{0,15} = 0,73.$$

Коефіцієнта K_{3I} :

$$\overline{K}_{Tp,np}^K = \frac{\sum K_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{7 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 10}{3 + 1 + 2 + 12} = 12,05;$$

$$\left(\overline{K}_{Tp,np}^K\right)^{\alpha_1} = (12,05)^{\alpha_1} = 0,895;$$

$$\overline{K}_{Tp,np}^{III} = \frac{\sum K_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{7 \cdot 4 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 14 \cdot 14}{4 + 1 + 2 + 1 + 14} = 11,36;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K}_{Tp,np}^{III}}{\overline{K}_{Tp,np}^K}\right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11,36}{12,05}\right)^{\alpha_1} = \frac{0,924}{0,895} = 1,032;$$

$$\overline{K}_{Tp,np}^{BII} = \frac{\sum K_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{7 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 10}{2 + 3 + 2 + 14} = 11,85;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K}_{Tp,np}^{BII}}{\overline{K}_{Tp,np}^K}\right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11,85}{12,05}\right)^{\alpha_1} = \frac{0,91}{0,895} = 1,016;$$

$$\overline{K}_{Tp,np}^K = \frac{\sum K_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{6 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 3 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 14}{1 + 2 + 5 + 16} = 12,08;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K}_{Tp,np}^K}{\overline{K}_{Tp,np}^K}\right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12,08}{12,05}\right)^{\alpha_1} = \frac{0,899}{0,895} = 1,004;$$

$$\overline{K}_{Tp,np}^B = \frac{\sum K_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{7 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 8}{2 + 5 + 1 + 11} = 11;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K}_{Tp,np}^B}{\overline{K}_{Tp,np}^K}\right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{12,05}\right)^{\alpha_1} = \frac{0,94}{0,895} = 1,05.$$

Коефіцієнта K_{32} :

$$\overline{R}_a^K = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 3 + 2,5 + 3,2 \cdot 2 + 12,5 \cdot 12}{3 + 2 + 3 + 10} = 9,03$$

$$\left(\overline{R}_a^K\right)^{\alpha_2} = (9,03)^{\alpha_2} = 0,9597;$$

$$\overline{R}_a^{III} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 4 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 2 + 12,5 \cdot 4}{4 + 1 + 2 + 14} = 3,04;$$

$$K_{32}^{III} = \left(\frac{\overline{R_a^{III}}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{3,04}{9,03} \right)^{\alpha_2} = \frac{1,078}{0,9597} = 1,123;$$

$$\overline{R_a^{III}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 14}{2 + 3 + 2 + 4 + 10} = 9,5;$$

$$K_{32}^{BII} = \left(\frac{\overline{R_a^{BII}}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{9,5}{9,03} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,955}{0,9597} = 0,995;$$

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0,8 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 5 + 12,5 \cdot 16}{1 + 2 + 2 + 3 + 2 + 14} = 9,24;$$

$$K_{32}^K = \left(\frac{\overline{R_a^K}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{9,24}{9,03} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,924}{0,9597} = 0,962;$$

$$\overline{R_a^B} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 3,2 \cdot 5 + 6,3 \cdot 1 + 12,5 \cdot 11}{2 + 3 + 2 + 3 + 8} = 9,01;$$

$$K_{32}^B = \left(\frac{\overline{R_a^B}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{9,01}{9,03} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,956}{0,9597} = 0,996;$$

Коефіцієнт K_3 :

$$K_{3K} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,895 \cdot 0,9597 = 0,858;$$

$$K_{3III} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,032 \cdot 1,123 = 1,158;$$

$$K_{3BII} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,016 \cdot 0,995 = 1,011;$$

$$K_{3K} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,004 \cdot 0,962 = 0,965;$$

$$K_{3B} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,05 \cdot 0,996 = 1,045$$

Коефіцієнт K_{np} :

$$K_{npP.IIP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,858 = 0,858;$$

$$K_{npIII} = 1,432 \cdot 1,03 \cdot 1,158 = 1,708;$$

$$K_{npBII} = 0,878 \cdot 1,19 \cdot 1,011 = 1,056;$$

$$K_{npK} = 0,381 \cdot 0,70 \cdot 0,965 = 0,257;$$

$$K_{npB} = 0,499 \cdot 0,73 \cdot 1,045 = 0,381.$$

Приведена програма:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 5000 \cdot 0,858 + 4000 \cdot 1,708 + 1500 \cdot 1,056 + 50000 \cdot 0,257 + \\ + 40000 \cdot 0,381 = 40796 \text{ (шт.)}$$

Результати розрахунків зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Деталь	Випуск, шт.	Маса, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по сері- йності	по складності	загаль- ний	
Кронштейн КП.10.12.003	5000	7	1,0	1,0	0,858	0,858	4290
Нижня плита	1000	12	1,432	1,03	1,158	1,708	6832
Верхня плита	500	14	0,878	1,19	1,011	1,056	1584
Корпус	45000	4	0,381	0,70	0,965	0,257	12850
Важіль	40000	6	0,499	0,73	1,045	0,381	15240
Всього							40796

3.2 Визначення кількості верстатів і завантаження обладнання [4, 15]

Кількість верстатів з урахуванням приведеної програми:

$$C_p = \frac{T_{шт-к.р.пр} \cdot N_{np}}{F_{\delta} \cdot 60} \text{ [верст.]}, \quad (3.2)$$

де F_{δ} – ефективний річний фонд часу роботи верстата, год.;

$T_{шт.-к.р.пр.}$ – штучно-калькуляційний час виконання розрахункового представника, верстато-хвилин;

N_i – програма випуску.

Необхідна кількість верстатів з урахуванням річної програми випуску деталі «Кронштейн КП.10.12.003»:

$$C_{p005} = \frac{T_{шт-к.р.пр005} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{5,35 \cdot 5000}{3890 \cdot 60} = 1,11;$$

$$C_{p010} = \frac{T_{шт-к.р.пр010} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{11,62 \cdot 5000}{3890 \cdot 60} = 0,24;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{шт-к.р.пр015} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{2,1 \cdot 5000}{4060 \cdot 60} = 0,04;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{шт-к.р.пр020} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{1,7 \cdot 5000}{4060 \cdot 60} = 0,04.$$

Необхідна кількість верстатів з урахуванням приведеної програми:

$$C_{p005} = \frac{T_{шт-к.р.пр005} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{5,35 \cdot 40796}{3890 \cdot 60} = 0,94; C_{пр005} = 1 \text{ верстат};$$

$$C_{p010} = \frac{T_{шт-к.р.пр010} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{11,62 \cdot 40796}{3890 \cdot 60} = 2,03; C_{пр010} = 3 \text{ верстати};$$

$$C_{p015} = \frac{T_{шт-к.р.пр015} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{2,1 \cdot 40796}{4060 \cdot 60} = 0,35; C_{пр015} = 1 \text{ верстат};$$

$$C_{p020} = \frac{T_{шт-к.р.пр020} \cdot N_{пр}}{F_{\delta} \cdot 60} = \frac{1,7 \cdot 40796}{4060 \cdot 60} = 0,28; C_{пр020} = 1 \text{ верстат}.$$

Оскільки операції 015 і 020 виконуються на однакових верстатах (ЗБ722), то роботу з операції 015 доцільно перевести на верстат операції 020, так як він має достатній резерв невикористаного часу.

Тоді прийнята кількість верстатів на операціях 015-020 складає 1 верстат.

Коефіцієнти завантаження відповідно складатимуть:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.3)$$

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

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{z005} = \frac{0,94}{1} = 0,94.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{z010} = \frac{2,03}{3} = 0,68.$$

$$\text{Операція 015-020:} \quad \eta_{z015-020} = \frac{0,35 + 0,28}{1} = 0,63.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{z_{\text{сер}}} = \frac{0,94 + 0,68 + 0,63}{3} = 0,75.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}}. \quad (3.4)$$

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{o005} = \frac{4,139}{5,35} = 0,77.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{o010} = \frac{8,24}{11,62} = 0,71.$$

$$\text{Операція 015-020:} \quad \eta_{o015-020} = \frac{1,02 + 0,84}{2,1 + 1,7} = 0,49.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{Осер}} = \frac{0,77 + 0,71 + 0,49}{3} = 0,66.$$

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти завантаження

№ операції	Операція	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр}$, шт.	η_z	$\eta_{зсер}$	η_o	$\eta_{\text{Осер}}$
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,94	1	0,94	0,75	0,77	0,66
010	Багатоцільова з ЧПК	2,03	3	0,68		0,71	
015	Шліфувальна	0,35	1	0,63		0,49	
020	Шліфувальна	0,28					

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

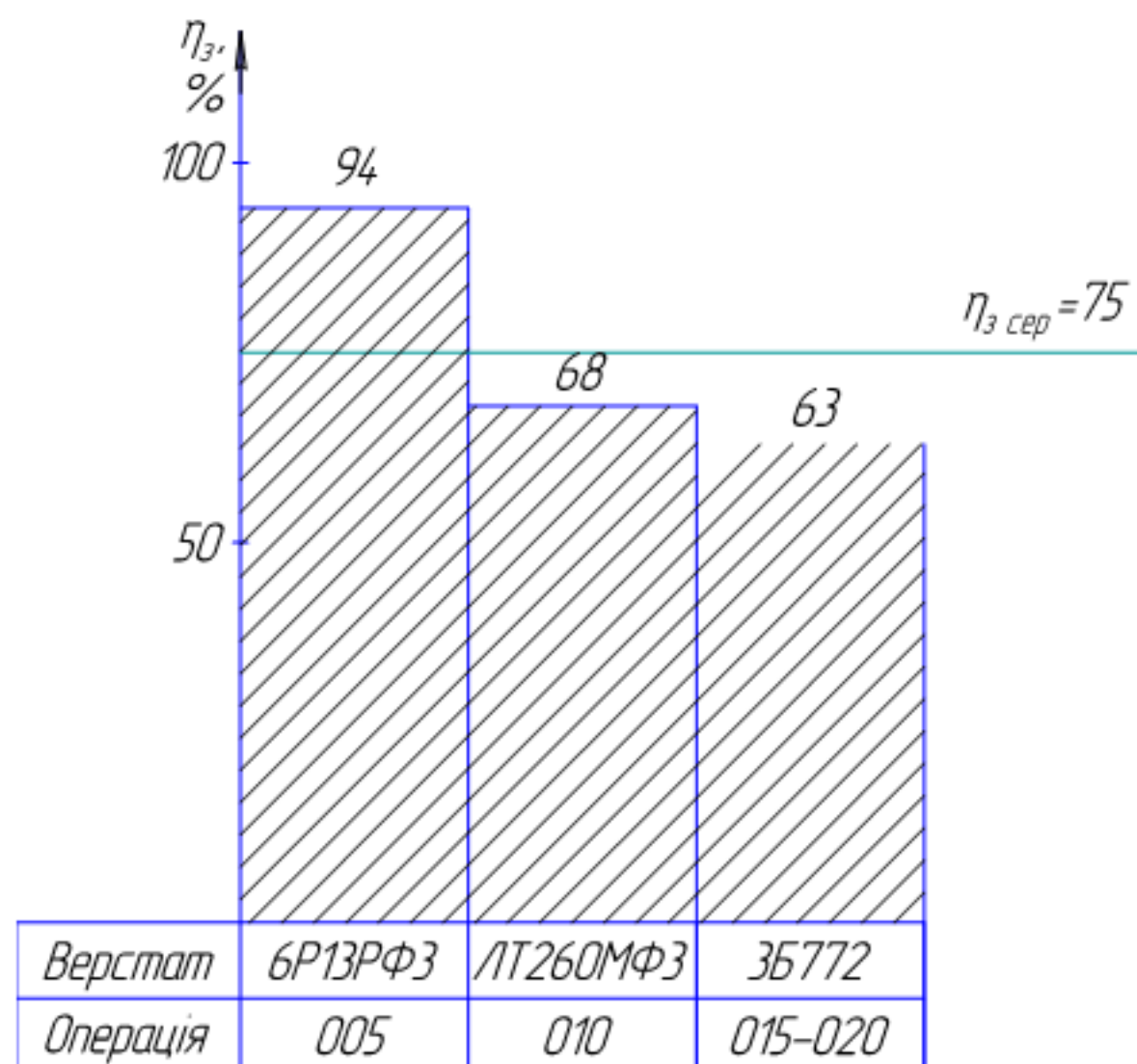


Рисунок 3.1 – Графік завантаження верстатів

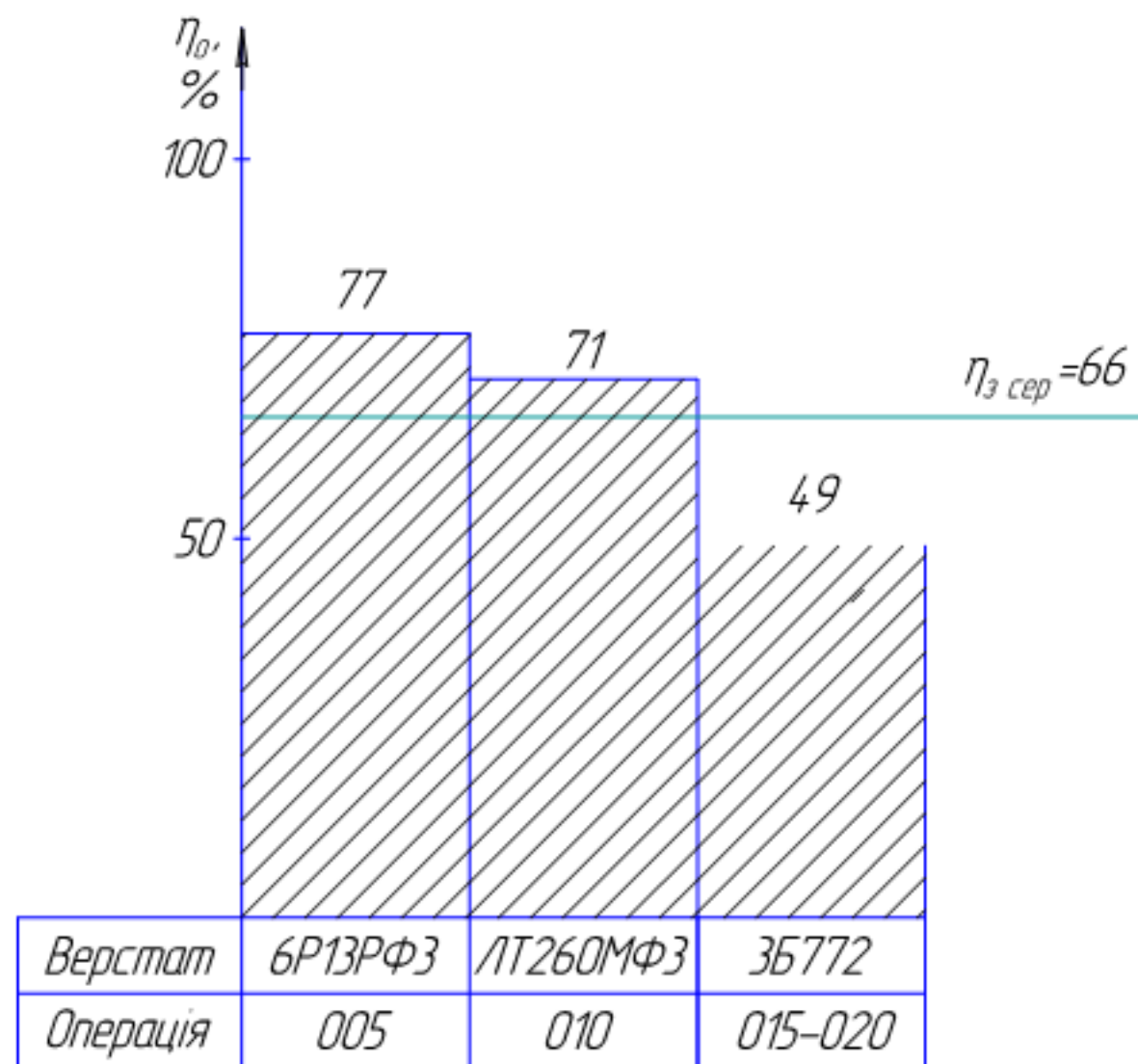


Рисунок 3.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Висновок. Середній коефіцієнт завантаження верстатів відповідає нормативному значенню (для середньосерійного виробництва 75-85%).

Середній коефіцієнт використання за основним часом складає 66% що свідчить про правильність розробки технологічного процесу.

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників [4, 15]:

$$P_i = \frac{\Phi_o \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_o}{\Phi_n \cdot K_m} \quad (3.5)$$

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,94 \cdot 0,77}{1840 \cdot 1} = 1,53; \quad P_{np005} = 2;$$

$$P_{010} = \frac{3 \cdot 3890 \cdot 0,68 \cdot 0,71}{1840 \cdot 1} = 3,06; \quad P_{np010} = 4;$$

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,63 \cdot 0,49}{1840 \cdot 4} = 0,65; \quad P_{np010} = 1.$$

Кількість основних робітників складає 7 чоловік.

Кількість допоміжних робітників:

$$P_{\text{доп}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 7 = 1,4 \dots 1,75.$$

Приймаємо 2 допоміжних робітників.

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,15 \dots 0,21) \cdot 5 = 0,75 \dots 1,05.$$

Приймаємо 1 чоловіка ІТР.

Кількість службовців:

$$P_{\text{СКП}} = (0,006 \dots 0,016) \cdot 7 = 0,042 \dots 0,112.$$

Приймаємо 1 службовця.

МОП:

$$P_{\text{МОП}} = (0,01 \dots 0,02) \cdot 11 = 0,11 \dots 0,22.$$

Приймаємо 1 людину МОП.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Норматив	Розрахунок	Прийно
Робітники-верстатники	розрахунок	7	7
Допоміжні робітники	20...25%	1,4...1,75	2
ІТР	15...21%	0,75...1,05	1
СКП	0,6...1,6%	0,042...0,112	1
МОП	1-2%	0,11...0,22	1

3.5 Висновки

В даному розділі виконано проектування дільниці удосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»:

- складено приведену програму для дільниці;
- розраховано кількість обладнання і коефіцієнти завантаження;
- визначено кількість працюючих на дільниці.

4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО КЕРУВАННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА

Аксіально-поршневі насоси (АПН) широко застосовуються в сучасних гідроприводах, головним чином, середнього і високого тисків, завдяки своїй компактності, порівняно простій і відпрацьованій конструкції, різноманітним можливостям регулювання і відмінним експлуатаційним характеристикам.

На сьогодні інтенсивно впроваджуються регульовані АПН з електричним пропорційним керуванням, що дозволяє здійснювати дистанційне безступінчасте регулювання основних параметрів потоку робочої рідини.

При проектуванні та розробці електрогідравлічних систем керування регульованих насосів на передній план висувається необхідність визначення впливу різних параметрів системи керування і регульованого насоса на характеристики насоса. Дану задачу можна вирішити шляхом математичного моделювання.

Метою роботи є розробка математичної моделі системи пропорційного електрогідравлічного керування (ЕГК) регульованого аксіально-поршневого насоса (АПН), яка описує основні закономірності та зв'язки властиві складовим частинам системи і дозволить представляти входи, виходи і внутрішні стани системи.

4.1 Розрахункова схема системи пропорційного ЕГК регульованого АПН

На рисунку 4.1 показаний регульований АПН з розробленою системою пропорційного ЕГК робочого об'єму, що забезпечує роботу насоса в режимі постійної подачі [16–21].

Схема включає регульований АПН 1, пропорційний направляючий гідророзподільник 7, підключений до гідролінії нагнітання 3 та керує потоком, що надходить з гідролінії нагнітання 3 через дросель 8 в циліндр керування 4.

Планшайба 2 насоса знаходиться під впливом дії циліндрів 4, 5 і пружини 6. На зливі з циліндра керування 4 встановлений дросель 9.

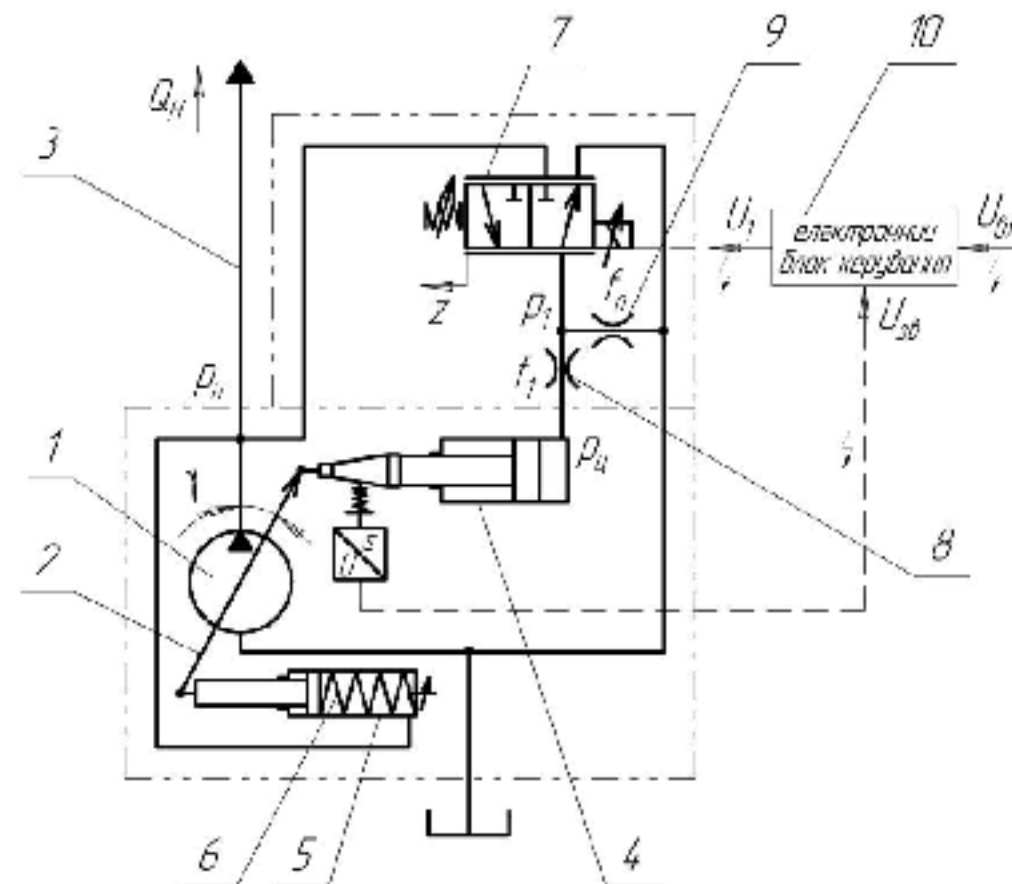


Рисунок 4.1 – Схема гідравлічного контуру системи пропорційного ЕГК регульованого АПН

Регулювання робочого об'єму регульованого АПН здійснюється пропорційним регулятором 7. Індуктивний датчик положення контролює поточну величину робочого об'єму (кут нахилу планшайби насоса) і подає вимірний сигнал в електронний блок керування 10. Електронна схема цього блока порівнює сигнал зворотного зв'язку з сигналом керування і приводить в дію пропорційний електромагнітний клапан для узгодження обох сигналів.

4.2 Математична модель системи пропорційного ЕГК регульованого АПН

Математична модель системи пропорційного ЕГК регульованого АПН розроблена за таких припущень:

- параметри елементів системи керування зосереджені;

- об'єм гідроліній системи керування за час перехідного процесу не змінюється;
- довжини гідроліній системи керування відносно малі, тому хвильові процеси не враховуються;
- коефіцієнти витрати через дросельні і золотникові елементи постійні;
- режим течії робочої рідини в системі керування безкавітаційний;
- втрати тиску в гідролініях системи керування не враховуються, оскільки вони незначні у порівнянні з втратами в місцевих опорах;
- гідродинамічні сили на золотнику регулятора подачі не враховуються, оскільки потоки через робочі вікна золотників незначні;
- коефіцієнт податливості робочої рідини та гідроліній враховувався як величина, залежна від тиску.

Згідно з розрахунковою схемою (рис. 3.1) і прийнятих припущень математична модель включає рівняння нерозривності потоків (4.1), (4.4); рівняння моментів, що діють на планшайбу регульованого АПН (4.2); рівняння сил, що діють на золотник пропорційного розподільника (4.3); рівняння сил, що діють на циліндр керування положенням планшайби регульованого АПН (4.5) і рівняння струму в електричному колі електромагніта пропорційного розподільника (4.6).

$$\frac{\pi d_7^2}{4} \cdot d_s \cdot k_1 \cdot n \cdot \operatorname{tg} \gamma = Q_H + \mu \cdot f(z) \cdot \sqrt{\frac{2|p_H - p_1|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_H - p_1) + \beta(p) \cdot W_H \cdot \frac{dp_H}{dt}; \quad (4.1)$$

$$I \frac{d^2 \gamma}{dt^2} = p_H \cdot F_5 \cdot \ell - p_U \cdot F_4 \cdot \ell + M_C(p_H, Q_H, t^0) - b_\gamma \frac{d\gamma}{dt}; \quad (4.2)$$

$$m_p \frac{d^2 z}{dt^2} = P_s - c_p(z_p + z) - b_p \frac{dz}{dt} - T_p \cdot \operatorname{sign} \frac{dz}{dt}; \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \mu \cdot f(z) \cdot \sqrt{\frac{2|p_H - p_1|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_H - p_1) = \mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{\frac{2|p_1 - p_U|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_1 - p_U) + \\ + \mu \cdot f_0 \cdot \sqrt{\frac{2p_1}{\rho}} + \beta(p) \cdot W_1 \cdot \frac{dp_1}{dt}; \end{aligned} \quad (4.4)$$

$$m_{ц} \cdot \frac{d^2 s}{dt^2} = p_{ц} \cdot F_4 - P_{np} - b_{ц} \cdot \frac{ds}{dt} - T_{PH} \cdot \text{sign} \frac{ds}{dt}; \quad (4.5)$$

$$U_1 = L_m \cdot \frac{di}{dt} + R_m \cdot i + C_{IE} \cdot \frac{dz}{dt}, \quad (4.6)$$

де p_H – тиск на виході насоса; $p_{ц}$ – тиск в циліндрі керування положенням планшайби насоса; p_1 – тиск в регуляторі подачі; Q_H – подача до виконавчого гідродвигуна; γ – кут повороту планшайби насоса; z – поточна координата переміщення золотника пропорційного розподільника; s – поточна координата переміщення циліндра керування положенням планшайби насоса; $f(z)$ – площа робочого вікна золотника пропорційного розподільника, що апроксимується виразом

$$f(z) = \begin{cases} 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2, & \text{якщо } 0 \leq z \leq (1,0 \cdot 10^{-3}) \text{ м}, \\ k_z \cdot z, & \text{якщо } (1,0 \cdot 10^{-3}) < z \leq (10 \cdot 10^{-3}) \text{ м}; \end{cases} \quad (4.7)$$

f_1 – площа робочого вікна дроселя на вході до циліндра керування положенням планшайби насоса; f_0 – площа робочого вікна дроселя в зливній гідролінії; k_z – коефіцієнт підсилення вікна золотника пропорційного розподільника; F_4, F_5 – площі циліндрів керування; I – момент інерції планшайби насоса; d_7 – діаметр поршнів насоса; d_8 – діаметр розміщення поршнів в роторі насоса; k_1 – кількість поршнів насоса; n – частота обертання вала насоса; ℓ – плече дії циліндрів керування на планшайбу насоса; $M_c(p_H, Q_H, t^0)$ – момент опору планшайби насоса, що визначається за залежністю [22]

$$M_c = 28,39 - 7,42 \frac{p_H - 7 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6} - 7,64 \frac{Q_H - 0,417 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} - 2,99 \frac{t^0 - 40}{20} - 6,64 \left(\frac{p_H - 7 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6} \right) \left(\frac{Q_H - 0,417 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} \right); \quad (4.8)$$

m_p – маса золотника пропорційного розподільника; $m_{ц}$ – сумарна маса циліндрів керування положенням планшайби насоса та приєднаних частин; c_p – жорсткість пружини золотника пропорційного розподільника; z_p – початкове стиснення пружини золотника пропорційного розподільника; $T_p, T_{пц}$ – сили сухого тертя золотника пропорційного розподільника та циліндра керування; $b_p, b_{ц}, b_{\gamma}$ – коефіцієнти демпфування золотника пропорційного розподільника, циліндра керування і планшайби насоса; $\beta(p)$ – коефіцієнт, що враховує сумарну деформацію робочої рідини та гідроліній, є величиною змінною і залежить від тиску

$$\beta = \begin{cases} (1 - 0,03 \cdot p) \cdot 2 \cdot 10^{-9}, & \text{якщо } 0,3 \leq p \leq 3 \text{ МПа,} \\ 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{Н,} & \text{якщо } p > 3 \text{ МПа;} \end{cases} \quad (4.9)$$

W_H – об'єм робочої рідини у нагнітальній частині системи керування; W_1 – об'єм робочої рідини в циліндрі керування 4 і на ділянці гідролінії, що прилягає до нього; ρ – густина робочої рідини; μ – коефіцієнт витрати; t^0 – температура робочої рідини; $P_s = k_{Fi} \cdot i$ – штовхаюче зусилля електромагніта; $k_{Fi} = \frac{P_{s \max}}{i_{\max}}$ – коефіцієнт, що враховує залежність штовхаючого зусилля електромагніта від сили струму в обмотці керування; i – сила струму в обмотці керування електромагніта; P_{np} – приведенне зусилля на циліндрі керування положенням планшайби насоса; U_{ax} – напруга вхідного сигналу керування; $U_{ze} = k_s \cdot s$ – напруга датчика зворотного зв'язку; $k_s = \frac{U_{ze \max}}{s_{\max}}$ – коефіцієнт, що враховує залежність напруги датчика зворотного зв'язку від переміщення циліндра керування положенням планшайби насоса; $U_1 = U_{ze} + \Delta U$ – напруга керування електромагнітом, яка визначається роботою електронного блоку керування; $\Delta U = U_{ax} - U_{ze}$ – різниця напруги вхідного сигналу та напруги зворотного зв'язку; L_m – індуктивність обмотки керування електромагніта; R_m – активний опір

обмотки керування електромагніта; $C_{HE} = L_m \cdot \frac{l_{\text{я}}^2}{\delta^2} \cdot i$ – коефіцієнт проти-ЕРС; $l_{\text{я}}$ – довжина середньої лінії якоря; $\delta = 3 \cdot \delta_0$; δ_0 – повітряний зазор між якорем і осердям.

Система рівнянь (4.1-4.6) з врахуванням залежностей (4.7-4.9) є нелінійною математичною моделлю, що описує процеси в системі пропорційного ЕГК регульованого АПН.

4.3 Математичне моделювання та розв'язання рівнянь математичної моделі

Розв'язання системи рівнянь математичної моделі виконується за допомогою програмного пакета MATLAB Simulink.

Основна блок-схема розв'язання, що показана на рис. 4.2, містить шість підсистем, які є відображенням диференціальних рівнянь математичної моделі у програмі MATLAB Simulink.

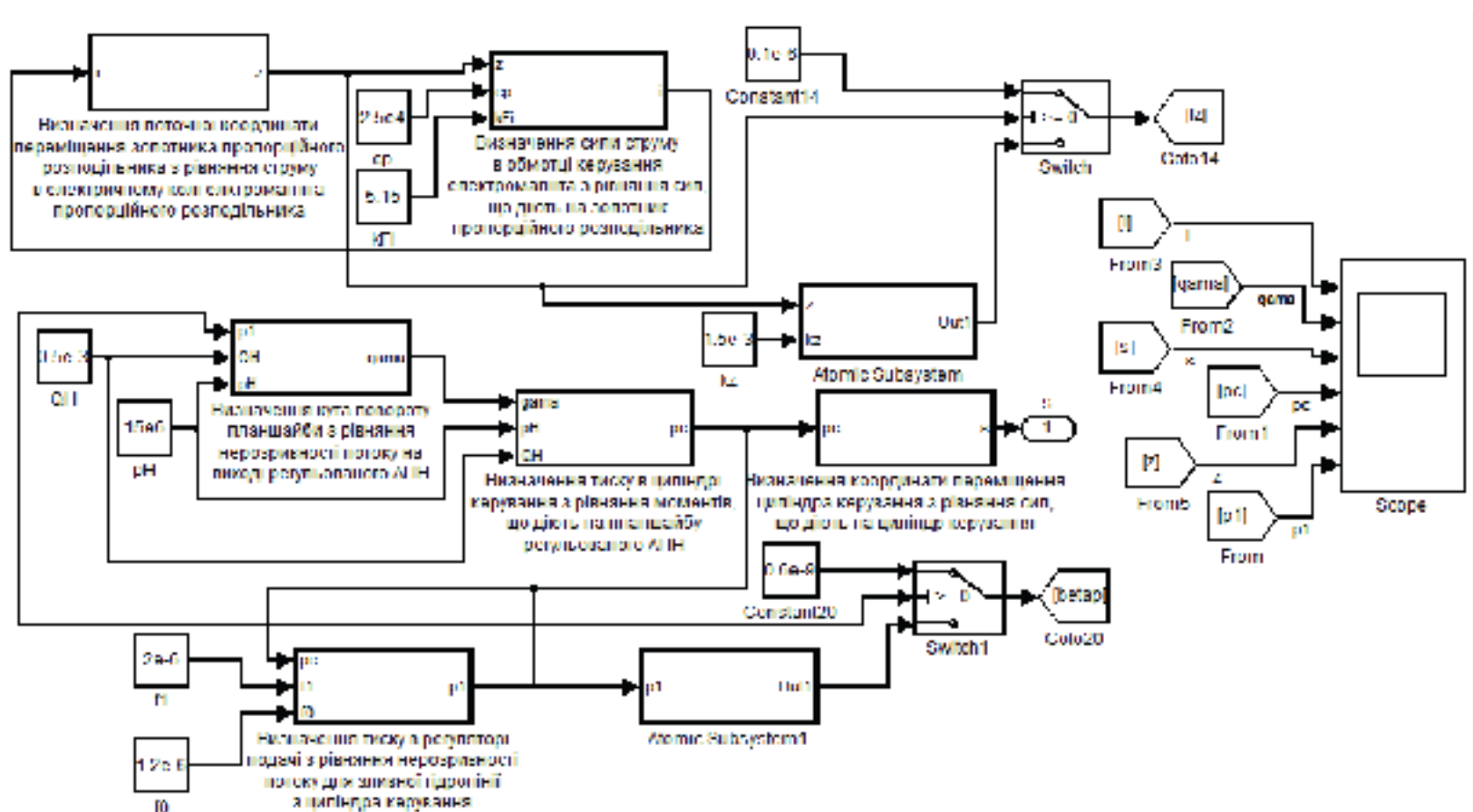


Рисунок 4.2 – Основна блок-схема розв'язання системи рівнянь в середовищі MatLab Simulink

Змінні, що описують стан системи керування, та їх початкові значення такі:

- тиск в регуляторі подачі $p_1(0) = 0,01$ МПа;
- тиск в циліндрі керування положенням планшайби насоса $p_{ц}(0) = 0,01$ МПа;
- кут повороту планшайби насоса $\gamma(0) = 0,05$ рад;
- координата переміщення золотника пропорційного розподільника $z(0) = 0$ м;
- координата переміщення циліндра керування положенням планшайби насоса $s(0) = 0$ м;
- сила струму в обмотці керування електромагніта $i(0) = 0$ А.

Постійні параметри системи пропорційного ЕГК регульованим АПН та їх значення наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Постійні параметри системи керування

Параметр	Значення	Одиниця вимірювання	Параметр	Значення	Одиниця вимірювання
F_4	$4,15 \cdot 10^{-4}$	м ²	W_H	$2,0 \cdot 10^{-3}$	м ³
F_5	$1,13 \cdot 10^{-4}$	м ²	W_1	$0,06 \cdot 10^{-3}$	м ³
I	0,2	кг·м ²	m_p	0,02	кг
d_7	$12 \cdot 10^{-3}$	м	$m_{ц}$	3	кг
d_8	$68 \cdot 10^{-3}$	м	P_{np}	200	Н
k_1	7	шт.	L_m	0,2	Гн
n	25	с ⁻¹	R_m	2,2	Ом
ℓ	$64 \cdot 10^{-3}$	м	$C_{пв}$	0,5	–
μ	0,6	–	l_y	$2,0 \cdot 10^{-3}$	м
z_p	$2,0 \cdot 10^{-3}$	м	δ_0	$0,5 \cdot 10^{-3}$	м
T_p	0,4	Н	k_s	600	В/м
$T_{рц}$	0,4	Н	k_{Fi}	5,15	Н/А
ρ	900	кг/м ³			

Параметри системи керування, які змінювалися в процесі дослідження, та їх діапазон зміни наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Діапазон зміни параметрів при дослідженні

Параметр	Діапазон зміни	Початкове значення	Одиниця вимірювання
P_H	$(0...25) \cdot 10^6$	–	Па
Q_H	$(0...1,0) \cdot 10^{-3}$	–	м ³ /с
U_{ax}	0...12	–	В
$\beta(p)$	$(0,6...2,0) \cdot 10^{-9}$	–	м ² /Н
$M_c(p_H, Q_n, t^0)$	0...45	–	Н·м
f_1	$(1,0...4,0) \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	м ²
f_0	$(0,5...1,5) \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	м ²
c_p	$(0,8...10,0) \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	Н/м
k_z	$(0,5...4,0) \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	м
b_p	5...1000	50	Н·с/м
$b_{ц}$	5...1000	50	Н·с/м
b_γ	10...50	30	Н·м·с
t^0	20...80	50	°С

Для обробки моделі на ПК введені обмеження на переміщення рухомих елементів у системі пропорційного ЕГК регульованим АПН:

- кут повороту планшайби регульованого АПН $0 \leq \gamma \leq 0,4$ рад;
- координата переміщення золотника пропорційного розподільника $0 \leq z \leq 4 \cdot 10^{-3}$ м;
- координата переміщення циліндра керування положенням планшайби насоса $0 \leq s \leq 20 \cdot 10^{-3}$ м.

Розроблена нелінійна математична модель дозволяє досліджувати систему пропорційного ЕГК регульованим АПН як в статичних, так і в динамічних режимах, а також може бути використана для дослідження її стійкості.

4.4 Статичні характеристики системи керування регульованого АПН

В результаті математичного моделювання отримана статична характеристика ЕГК регульованим АПН, яка показана на рис. 4.3. При визначенні

статичної характеристики фіксувалося розрахункове значення подачі Q_n , що надходить до виконавчого гідродвигуна при зміні тиску навантаження p_n на виконавчому гідродвигуні від 2 до 10 МПа з кроком 1 МПа.

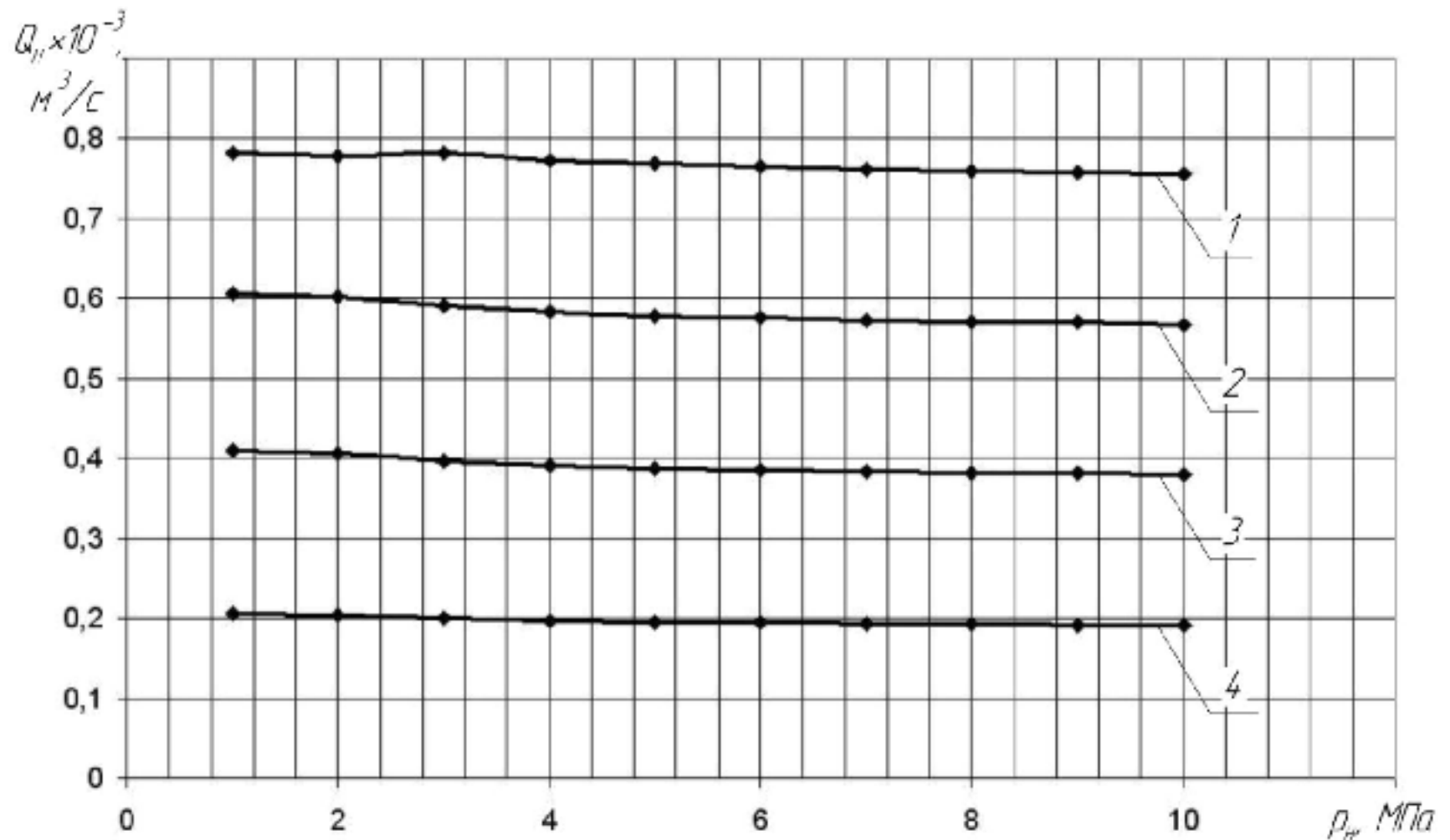


Рисунок 4.3 – Статична характеристика в режимі стабілізації подачі:

1 – відповідає настроюванню системи на максимальну подачу; 2 і 3 – можливі проміжні значення подачі; 4 – мінімальна подача

Параметри системи керування при проведенні дослідження мали такі значення: жорсткість пружини золотника пропорційного розподільника $c_p = 1,5 \cdot 10^4$ Н/м; попереднє стиснення пружини золотника пропорційного розподільника $z_p = 2,7 \cdot 10^{-3}$ м. Встановлений перепад тиску на робочому вікні пропорційного розподільника $\Delta p_{LS} = 1,6$ МПа.

Деякі технологічні процеси вимагають виконання умови стабільності швидкості робочої подачі до виконавчого гідродвигуна незалежно від зміни навантаження на гідродвигуні. Критерієм стабільності подачі є похибка стабілізації δ , яка визначається зі співвідношення

$$\delta = \frac{Q_{n \max} - Q_{n \min}}{Q_{n \min}} \cdot 100\%, \quad (4.10)$$

де $Q_{n \max}$, $Q_{n \min}$ – відповідно, максимальна і мінімальна величина подачі до виконавчого гідродвигуна в заданому режимі настроювання режиму стабілізації подачі.

Важливо, щоб δ не перевищувала встановлених значень, інакше виникають помилки при відпрацюванні керівних сигналів, знижується точність машини. Для сучасних систем керування регульованих насосів прийнятним може вважатися в режимі стабілізації подачі значення похибки стабілізації δ , що знаходиться в межах до 6%.

Графік статичної характеристики (див. рис. 4.3) показує, що ЕГК забезпечує стабільність встановленої пропорційним розподільником швидкості робочої подачі регульованого АПН незалежно від зміни навантаження. Похибка стабілізації подачі δ до гідродвигуна не перевищує 3%.

4.5 Динамічні характеристики системи керування регульованого АПН

При роботі математичної моделі отримано перехідні процеси в системі, які дозволяють визначити динамічні характеристики змінних, що описують стан системи керування.

Наявність ЕГК в системі керування регульованого АПН суттєво ускладнює динаміку перехідних процесів змінних стану системи. При роботі системи керування з несприятливими конструктивними параметрами ЕГК може виявитися недостатня швидкодія системи керування і схильність системи до автоколиваний.

Покращити динамічні характеристики системи керування регульованого АПН з ЕГК, що працює в автоматичному режимі, можна за рахунок раціонального вибору конструктивних параметрів ЕГК на стадії його проектування.

При дослідженні перехідних процесів змінних стану системи розглядалися такі показники якості перехідного процесу, як час регулювання, коливальність і перерегулювання.

У процесі дослідження визначено вплив жорсткості пружини золотника пропорційного розподільника c_p на динамічні характеристики змінних, що описують стан системи керування.

В процесі дослідження жорсткість пружини золотника пропорційного розподільника c_p змінювалися в діапазонах, вказаних в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Діапазон зміни параметрів

Параметр	Діапазон зміни	Початкове значення	Одиниця вимірювання
c_p	$(0,8...4,0) \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	Н/м

На рис. 4.4 показана побудована залежність часу регулювання t_p змінної стану системи, а саме тиску на виході насоса p_H від жорсткості c_p пружини золотника пропорційного регулятора в режимі стабілізації подачі регульованого АПН.

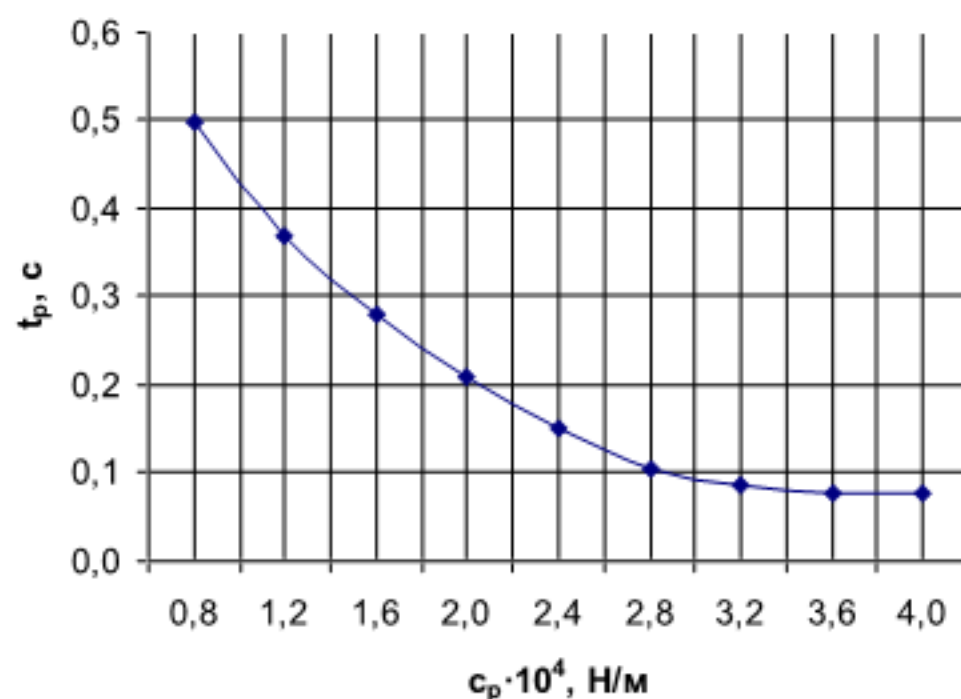


Рисунок 4.4 – Вплив c_p на час регулювання t_p

Вплив параметру c_p на час регулювання t_p достатньо значний. За рахунок збільшення жорсткості пружини c_p золотника пропорційного регулятора можна забезпечити час регулювання t_p в межах менше 0,3 с.

На рис. 4.5 – 4.6 показано залежності показників якості перехідного процесу, а саме: коливальності k і перерегулювання σ за тиском p_H від жорсткості c_p пружини золотника пропорційного регулятора.

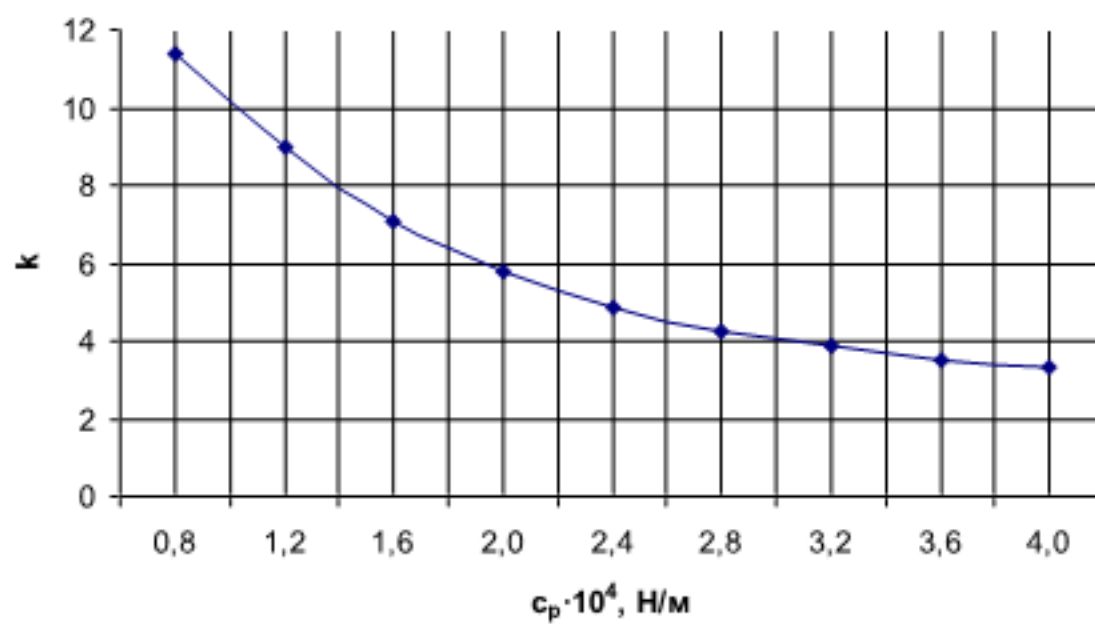


Рисунок 4.5 – Вплив c_p на коливальність k

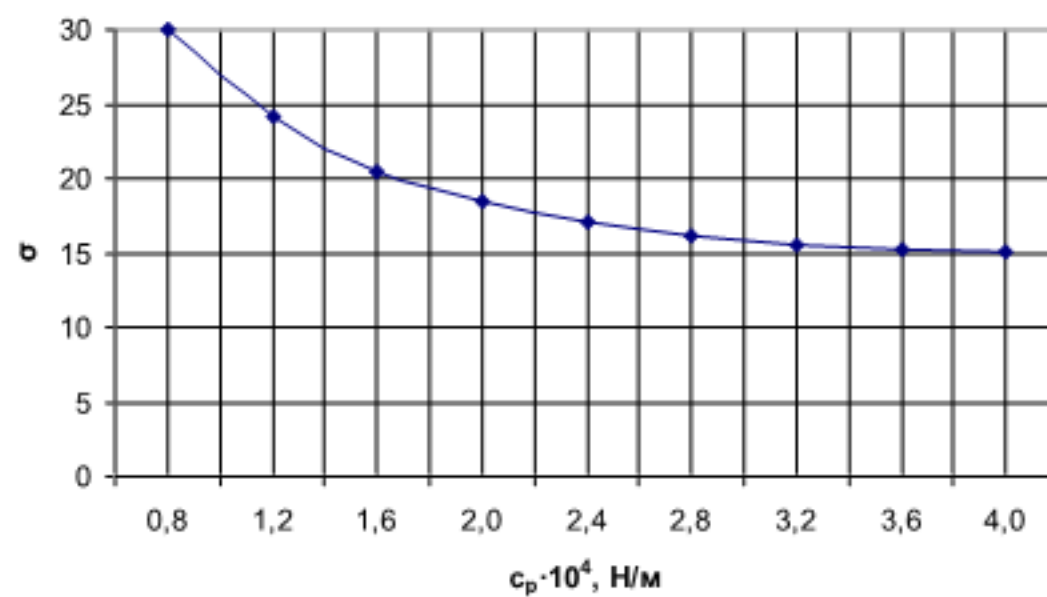


Рисунок 4.6 – Вплив c_p на перерегулювання σ

Характер впливу c_p на коливальність k і перерегулювання σ за тиском p_H однаковий. При збільшенні c_p коливальність k і перерегулювання σ за тиском p_H зменшуються. При відповідному виборі вказаних конструктивних параметрів системи ЕГК можна забезпечити перерегулювання за тиском $\sigma < 30\%$.

Наведені результати можуть бути використані при проектуванні системи керування регульованого АПН в режимі стабілізації подачі з заданими динамічними характеристиками (час регулювання $t_p < 0,3$ с і перерегулювання за тиском $\sigma < 30\%$). Так, за підвищених вимог до швидкодії можна рекомендувати збільшення жорсткості пружини c_p .

Отримані залежності дали можливість визначити значення c_p , що змінюється в межах $c_p = (1,5 \dots 2,0) \cdot 10^4$ Н/м і забезпечує задані динамічні характеристики у всьому діапазоні функціонування.

4.6 Висновки

Розроблено розрахункову схему системи пропорційного ЕГК регульованого АПН, яка забезпечує стабілізацію подачі насоса, характеризується високою точністю і роздільною здатністю регулювання продуктивності АПН та швидкою реакцією на керуючий вплив.

Складено нелінійну математичну модель системи пропорційного ЕГК регульованого АПН, яка розв'язується за допомогою програмного пакета MATLAB Simulink.

Математична модель може бути використана для визначення статичних та динамічних характеристик і дослідження стійкості розробленої системи пропорційного ЕГК регульованого АПН.

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»

5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» [23]

5.1.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу [23]

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

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

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.; $Z_{доd}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.; Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.; $B_{бyд}$ – 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.

5.1.2 Основна заробітна плата розробників

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

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

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 5.1 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,8	10	4318	
Інженер-технолог	9000	409,1	8	3272,73	
Інженер-конструктор	9000	409,1	8	3272,73	
Економіст	9000	409,1	2	818,18	
Всього				Z_o	11681,64

5.1.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11681,64 = 1168,164 \text{ (грн.)}$$

5.1.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

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

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

$$Z_n = (11681,64 + 1168,164) \cdot 0,22 = 2826,96 \text{ (грн.)}$$

5.1.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

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

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

де $C_{\text{пл}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м² власних приміщень ($C_{\text{пл}} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$);

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

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 140 = 84000 \text{ (грн.)}$$

5.1.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на дільниці.

Таблиця 5.2 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3	150000	1	1,1	165000
2	Вертикальний багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3 з поворотним столом	500000	3	1,1	1650000
Всього					1815000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 1 верстат 6610 – 80000 грн.;
- 1 верстат 6M82 – 70000 грн.;
- 1 верстат 6Л17П – 80000 грн.;
- 10 верстатів 2A55 – $10 \cdot 75000 = 750000$ (грн.);
- 1 верстат 2Н135 – 50000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 1030000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{обл} = 1815000 - 1030000 = 785000 \text{ (грн.)}$$

5.1.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного

обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

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

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

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 785000 \cdot 0,10 = 78500 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{овв} = 78500 \cdot 0,25 = 19625 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{квп} = 0,1 \cdot 78500 = 7850 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{оск} = B_{то} + B_{овв} + B_{лтт} \text{ [грн.]}; \quad (5.10)$$

$$B_{оск} = 78500 + 19625 + 7850 = 105975 \text{ (грн.)}$$

5.1.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

5.1.10 Вартість програм керування

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

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

$$B_{пу} = 0,1 \cdot 785000 = 78500 \text{ (грн.)}$$

5.1.11 Величина передвиробничих витрат

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

5.1.12 Величина оборотних засобів

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

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$\begin{aligned} K &= 11681,64 + 1168,164 + 2826,96 + 84000 + 785000 + 105975 + 78500 = \\ &= 1069151,76 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.2.1 Сировина та матеріали

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

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» складає 112,64 грн. (див. розділ 2).

5.2.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

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

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

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

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

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

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

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6P13PФ3	7,5	0,069	1,61
010 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	5,5	0,137	2,35
015 Шліфувальна, 3Б722	10	0,017	0,53
020 Шліфувальна, 3Б722	10	0,014	0,44
Всього			Σ 4,93

5.2.3 Основна заробітна плата робітників

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

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

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

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

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

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

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_M = 6000$ грн. (з 01.01.2021 р.);

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати

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

t_{zm} – тривалість зміни, год.

$$C = (6000 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 69,03 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6P13PФ3	0,069	3	1,35	69,03	4,76
010 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	0,137	3	1,35	69,03	9,46
015 Шліфувальна, 3Б722	0,017	3	1,35	69,03	1,17
020 Шліфувальна, 3Б722	0,014	3	1,35	69,03	0,97
Всього					Σ 16,36

5.2.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 16,36 = 1,64 \text{ (грн.)}$$

5.2.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

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

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

$$Z_n = (16,36 + 1,64) \cdot 0,22 = 3,96 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Розрахунок загальноновиробничих статей витрат

Величину загальноновиробничих витрат розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 16,36 = 40,9 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.5 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	112,64	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	4,93	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	16,36	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	1,64	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	Z_n	3,96	
Загальноновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	40,9	
Всього	S_e	180,43	

5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.3.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

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

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

S_e – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.01.2021 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.

$$C_{\text{нп}} = 180,43 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 259,82 \text{ (грн.)}$$

5.3.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{сп}}$) 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 $C_{\text{сп}} = 259,82$ грн.

5.4 Розрахунок величини чистого прибутку

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

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

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

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

S_B – 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, $q = 5 \dots 10\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[259,82 - \frac{(259,82 - 112,64) \cdot 16,67}{100} - 180,43 - \frac{10 \cdot 180,43}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 40796 = \\ &= 270321,51 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

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

5.5.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

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

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

де 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.

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{270321,51}{(1+0,2)^1} + \frac{270321,51}{(1+0,2)^2} + \frac{270321,51}{(1+0,2)^3} + \frac{270321,51}{(1+0,2)^4} - 1069151,76 = \\ &= 369361,12 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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

5.5.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

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

де 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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{270321,51 + 270321,51 + 270321,51 + 270321,51}{1069151,76}} - 1 = 0,1.$$

5.5.3 Розрахунок терміну окупності

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

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

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

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

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

$$T_o = \frac{1069151,76}{270321,51} = 3,96 \text{ (року)}.$$

5.6 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003», 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 1069151,76 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 270321,51 грн., термін окупності 3,96 року.

Отже, удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Будь-який вид господарської діяльності повинен бути корисний для суспільства, а у сфері бізнесу – ще і рентабельним, але водночас така діяльність може бути джерелом негативних впливів на життя та здоров'я її учасників або інших видів шкоди, наприклад, моральної, що призводять до травматизму, захворювань, повної втрати працездатності чи смерті. Шкоду працівникам може чинити і робота на виробництві (трудова діяльність), і різні види відпочинку, розваги та навіть діяльність, пов'язана з отриманням знань.

Історія та практика, таким чином, дають підставу стверджувати, що будь-яка діяльність у сучасних умовах є потенційно небезпечною. Абсолютної безпеки трудової діяльності, тобто стану, в якому виключені всі небезпеки для працівників, просто не існує. Саме тому роботодавцям важливо усвідомити необхідність забезпечення безпеки праці, а без належного методичного інструментарію, розробка якого повинна починатись власне із ідентифікації поняття «безпека праці», реалізація практичних засобів захисту учасників трудового колективу від різного роду небезпек та загроз, не видається можливою.

На проектувальника в процесі удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» відповідно до ГОСТ 12.0.003-74, мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; пряма і відбита блискість; підвищена яскравість; понижена контрастність; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до зазначеного формуємо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

На дільниці механічної обробки деталей небезпечні ситуації періодично виникають за умови у небезпечній зоні чи миттєво утвореній збігу небезпечних умов, які виникли за наявних небезпечних чинників у обставинах, в які може потрапити працівник під час виконання робочих рухів, допущених або чужих небезпечних дій. Як результат, виникають реальні загрози здоров'ю від небезпечних чинників аварійної ситуації. Виробничі процеси у цехах машинобудівного підприємства містять низку небезпечних обставин за наявності небезпечних чинників. Небезпечні ситуації, які постійно існують чи виникають під час робіт у цехах можна згрупувати на ті, які:

- показують стан або безпеку виробничого обладнання, верстата або робочого місця (наявність гострих ріжучих елементів, відсутність абор несправність огороження робочих органів, передач крутного моменту, відсутність спеціальних блокувальних пристроїв, звукової чи світлової сигналізації тощо), несправність агрегату чи машини та ін.;

- спонукають працівника діяти неправильно чи помилятися під час операцій (недосконалий технологічний процес, недоліки будови і роботи агрегатів, що проявляються у роботі верстатів чи іншого обладнання), недостатня кваліфікація працівника, відсутність контролю з безпеки праці;

- призводять до започаткування чи виникнення інших небезпечних передумов (конструктивні недоліки пристроїв, агрегатів чи спорядження, неправильне кріплення заготовок, раптовий вихід з ладу обертової частини верстату, несправність контрольного стенда та ін.);

- безпосередньо утворюють травмонебезпечні ситуації (відсутність або несправність засобів індивідуального та колективного захисту, блокувальних і запобіжних агрегатів, неправильна організація робочого простору, значні недоліки допоміжних пристроїв чи спорядження, неправильні і аварійні режими роботи обладнання, невідповідний інструмент та інші);

– призводять до небезпечних дій (недостатній досвід роботи чи слабкі знання працюючого щодо експлуатації обладнання чи вимог безпеки праці, низька ефективність контролю безпечності техніки під час різання чи розточування рукавів, перевірки роботоздатності гідросистем тощо).

Під час механічних робіт цеху (точіння, свердління, обрізання, фрезерування, пресування та ін.), працівник у небезпечній зоні зі значною кількістю небезпечних чинників може допустити небезпечну дію, і як наслідок, за різних небезпечних умов, виникають небезпечні обставини. За розвитку подій і їх обставин може виникнути небезпечна одна або кілька небезпечних ситуацій, наслідками яких є: аварія, травма або ситуація без наслідків.

Небезпечні зони у підрозділах машинобудівних підприємств бувають змінні (переміщуються у просторі) і постійні (зафіксовані стаціонарно).

Для запобігання формування небезпечних ситуацій у цехах машинобудівного підприємства доцільно впроваджувати такі профілактичні заходи: періодичні інструктажі з безпеки праці, пропаганда безпеки праці, контроль безпечності техніки, проектів заходів з удосконалення технічних засобів безпеки та ін.

Для безаварійної роботи у галузі машинобудування необхідно, щоб:

– керівництво підрозділів підприємств забезпечили контроль безпечності вантажопіднімальних машин, а також створили умови безпечної роботи за рахунок організації технічних обслуговувань, вчасного ремонту, нагляду відповідно до вимог нормативів;

– на час робіт підвищеної небезпеки (ремонт машин і обладнання, піднімання вантажів, розбирання техніки, випробувальні роботи з високим тиском та ін.) повинен бути контроль посадових осіб за дотриманням працівниками вимог безпеки;

– проводили якісні інструктажі і підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу, стажування, перевірку знань вимог безпеки праці у машинобудівному підприємстві.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

У підрозділі розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії [24-32] під час математичного моделювання технологічного процесу та оптимізації режимів різання, а також моделювання системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса.

6.2.1 Мікроклімат

Розглядаючи механізми впливу метеорологічних факторів виробничого середовища (температури, вологи, швидкості руху повітря, чинності променевої енергії нагрітих деталей і агрегатів) на людину, мають на увазі, що людський організм прагне підтримати відносну динамічну сталість своїх функцій за різноманітних метеорологічних умов. Ця сталість забезпечує насамперед один з найважливіших фізіологічних механізмів – механізм терморегуляції. Вона спостерігається при певному співвідношенні теплоутворення (хімічної терморегуляції) і тепловіддачі (фізичної терморегуляції).

Розрізняють оптимальні, допустимі та шкідливі мікрокліматичні умови. Оптимальні, допустимі й шкідливі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря для виробничих приміщень та відкритих територій у спекотну і холодну пору року наведені в ДСН 3.3.6 042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

За енерговитратами робота дослідника згідно Гігієнічної класифікація праці відноситься до категорії I б. Нормовані значення параметрів мікроклімату для цієї категорії у теплий період року наведені в таблиці 6.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99).

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено.

1. Для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.

2. Для забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні використовується система припливно-витяжної вентиляції.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднене повітря викликає інфекції дихальних шляхів, його також вважають однією з причин раку легень та хронічного обструктивного захворювання легень. Воно також знижує продуктивність праці.

Хімічний склад повітря в приміщенні такий же, як і ззовні: приблизно 21% кисню, 78% азоту, 0,04% діоксиду вуглецю, менше 1% складають озон, водень, гелій, неон, криптон, радон і аргон, непостійна кількість водяних парів. При диханні склад повітря змінюється. Видихуване людьми повітря містить менше кисню і більше діоксиду вуглецю тощо.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 . Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони представлені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ (CO_2)	3	1	4
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для гігієнічної оцінки повітря, крім хімічного складу, має значення й іонний склад повітря. Чим чистіше повітря, тим більше воно містить легких електровід'ємних іонів.

Нормативні рівні іонізації повітря у виробничих та громадських приміщеннях наведені в санітарних правилах і нормативах СанПіН 2.2.4.1294-03. Згідно з цим документом регламентують: мінімально допустимий рівень, максимально допустимий рівень, коефіцієнт уніполярності (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок механічної вентиляції. Кількість пилу, що наявна в приміщенні, зменшується за допомогою систематичного вологого прибирання.

6.2.3 Виробниче освітлення

Неправильне освітлення призводить до швидкої стомлюваності і низької концентрації, що може привести до частих помилок і збоїв в роботі. Від вибору яскравості і рівня освітлення залежить і загальне самопочуття людини, здоровий сон, рівень імунітету, а також нервової системи.

Основне навантаження від неправильно організованого освітлення приходить на органи зору. Прямі промені світла формують надлишок синього світла, який негативно впливає на сітківку очей і призводить до фотохімічних змін. Для будь-яких ламп характерні миготіння, які завдають шкоди нервовій системі. Цей процес ледь вловимий органами зору, а ось мозок весь час страждає. В результаті у людини накопичується головний біль, втома та

роздратування. Особливо великий рівень мерехтіння у звичайних ламп розжарювання, а найнижчий у світлодіодних ламп.

Що стосується кольору світлових потоків, то їх відтінок теж безпосередньо пов'язаний із самопочуттям людини. Холодні синюваті тони притупляють вироблення мелатоніну, від якого залежить якість сну і швидкість засинання. А ось в умовах виробничих цехів і офісів таке світло виправдано.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 для умов виконання поставленого завдання зазначені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізювання з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення систематично здійснюється чищення віконного скла та очищення ламп від пилу, а також систематична заміна світильників, що перегоріли.

6.2.4 Виробничий шум

Якщо значення гучності звуку (інтенсивності) перевищує 60-80 дБ, то такий шум уже може шкідливо впливати на здоров'я людини: підвищувати кров'яний тиск, викликати порушення ритму серця, створювати значне навантаження на нервову систему, впливати на психічний стан особи. Дуже сильний шум (понад 140-180 дБ) може викликати розірвання барабанної перетинки.

Кожна людина сприймає шум по-різному. Багато чого залежить від віку, темпераменту, стану здоров'я, оточуючих умов. Деякі люди втрачають слух навіть після короткого впливу шуму порівняно збільшеної інтенсивності. Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A в приміщенні наведені у таблиці 6.5 (згідно ДСН 3.3.6.037-99).

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено використання звукопоглинаючих матеріалів, пасивного охолодження комп'ютерів, а також раціонального розташування виробничого обладнання.

6.2.5 Виробничі випромінювання

Оскільки робота проектувальника проводилася за допомогою ПК, то на робочому місці проектувальника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Вивчення механізмів дії ЕМП на біологічні об'єкти і організм людини в даний час знаходиться на стику різних напрямків – фізики, біології, медицини, біофізики, радіоелектроніки, екології і т.д. Зі зростанням інтенсивності високочастотних електромагнітних полів з'явилися смертельні випадки від їх впливу. Встановлено, що найбільш чутливою до дії ЕМП є нервова система,

особливо її вищі відділи. Під впливом ЕМП низької інтенсивності страждає пам'ять. Особливу чутливість до ЕМП проявляє імунна система. Є повідомлення, що під впливом мікрохвиль порушуються процеси імунітету, частіше в бік їх пригнічення. У людей, які страждають алергією, може настати стан підвищеної чутливості до електричних і магнітних полів. При знаходженні цих людей поблизу ліній електропередач (ЛЕП) у них розвиваються патологічні реакції аж до судом і втрати свідомості.

Гранично допустимі значення напруженості електричного і магнітного полів промислової частоти в залежності від часу їх впливу встановлюються ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Згідно з цим нормативним документом перебування в ЕП промислової частоти напруженістю до 5 кВ/м допускається протягом усього робочого дня. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля радіочастотного діапазону для працівника становлять $E_{гдр} = 25$ В/м та $B_{гдр} = 250$ нТл.

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на проектувальника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

6.2.6 Психофізіологічні фактори

Оцінка психофізіологічних факторів під час виконання завдання здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну): до 40 000.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: до 50 раз.

Класи умов праці за показниками напруженості праці.

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;

- сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями.

Заключна оцінка фактичних значень параметрів;

- розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (% за зміну) – до 5-75%;
- щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;
- навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80%;

- спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.;

- навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

- ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи;

- ступінь ризику для власного життя – вірогідний.

Режим праці:

- тривалість робочого дня – більше 8 год;

- змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» в умовах дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій.

6.3.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи.

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

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

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

Дія електромагнітного випромінювання характеризується генерацією дуже короткого (10^{-7} с), але інтенсивного електромагнітного імпульсу, який розповсюджується від джерела з інтенсивністю, що зменшується, у відповідності з теорією електромагнетизму. Цей імпульс енергії створює потужне електромагнітне поле, особливо поблизу джерел виникнення. Поле може бути достатньо сильним, щоб викликати короточасні перенапруження в тисячі вольт в електричних провідниках, таких як контактна проводка або провідні доріжки мікросхем.

Залежно від електромагнітної стійкості електроніки до дії ЕМІ і інтенсивності поля, обладнання може бути необоротно пошкоджене або, іншими словами, електрично знищено. Заподіяне пошкодження мало чим відрізняється від того, що можна чекати від близького удару блискавки і може потребувати повної заміни системи, або, принаймні, істотної її частини.

Тому комп'ютери, що використовуються в системах обробки даних, комунікаційних системах, системах відображення інформації, системах промислового контролю потенційно уразливі до дії ЕМІ.

6.3.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм, що визначає працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань є максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементної бази не порушуючи його працездатність в цілому.

Елементами без яких неможливе нормальне функціонування системи ЧПК є: резистори, індуктивні елементи, інтегральні схеми, діелектричні матеріали, конденсатори, магнітні матеріали, мікропроцесори, транзистори, діоди та напівпровідники, граничні значення інтенсивності іонізуючого випромінювання яких наведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Визначення допустимої потужності іонізуючих випромінювань для системи ЧПК

Елементи і матеріали системи ЧПК	Потужності дози, що викликає початок зворотних змін в елементах системи ЧПК, $p_{зв.i}$, Р/с	Мінімальна потужності дози, що викликає початок зворотних змін в системі ЧПК в цілому, $p_{зв}$, Р/с
Конденсатори	10^5	10^4
Інтегральні схеми	10^5	
Резистори	10^6	
Діелектричні матеріали	10^4	
Індуктивні елементи	10^9	
Транзистори, діоди	10^4	
Мікропроцесори	10^4	
Магнітні матеріали	10^{10}	
Напівпровідники	10^{10}	

Найбільш уразливими елементами системи ЧПК до дії іонізуючих випромінювань є діелектричні матеріали, тому значення потужності дози гамма-випромінювання, що викликає початок зворотних змін для системи складає $p_{гр}=10^4$ Р/с.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання для системи ЧПК визначаємо за формулою

$$p_{гр} = p_{зв} \cdot K_{нос} \cdot K_{над},$$

де $K_{нос} = 1$ – коефіцієнт послаблення радіації;

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

Так

$$p_{гр} = 10^4 \cdot 0,95 = 9,5 \cdot 10^3 \text{ Р/с.}$$

Здійснений розрахунок дає змогу зробити висновок про те, що миттєва втрата працездатності системи ЧПК верстатного обладнання можлива в разі його перебування в умовах дії іонізуючих випромінювань інтенсивністю більше $9,5 \cdot 10^3$ Р/с.

6.3.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» в умовах дії електромагнітних випромінювань

Для визначення області працездатності системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань можна використати коефіцієнт безпеки

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

де U_D – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ – напруга наведена електромагнітними випромінюваннями,

відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи, В.

Розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля, як складової частини електромагнітного поля, доцільно провести виходячи з умови, що $K_{\text{Бmin}} = 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення системи ЧПК дорівнює

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

де $U_{\text{ж}} = 24$ В – напруга живлення;

$N = 10\%$ – допустимі відхилення напруги, %.

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить $l_{\text{Г}} = 0,45$ м.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи визначається з рівняння

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}}.$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}}, \quad \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\text{Г}} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,36}{100} = 0,1836(\text{В}).$$

Таким чином максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля для відкритої системи ЧПК

$$E_{\text{В}} = \frac{U_{\text{Г}}}{l_{\text{Г}}} = \frac{0,1836}{0,5} = 0,3672 \text{ В/м}.$$

Система ЧПК верстатів, що використовуються в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому $t = 0,1$ см і вище.

Використання сталевого екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

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

де $f = 15000$ – власна частота екрана.

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

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

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

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

Отже, втрата працездатності системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань можлива за умови, що вертикальна складова напруженості електричного поля створеного електромагнітним імпульсом буде більше 918,6 В/м.

Висновки. Оцінка працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань показує, що область його працездатності в таких умовах визначена, відповідно, потужністю іонізуючих випромінювань в межах від 0 до $9,5 \cdot 10^3$ Р/с і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 918,6 В/м.

ВИСНОВКИ

В МКР удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003». В результаті виконання роботи можна зробити наступні висновки.

1. Розглянуто технології виготовлення деталі типу «Корпус», проведено аналіз типових ТП, базового ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технології механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Запропоновано два найбільш доцільні варіанти виготовлення заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Розрахунки собівартості заготовки показали, що дешевша заготовка при литті в піщано-глинисті форми (112,64 грн.), при литті в оболонкові форми вартість заготовки – 153,18 грн.

3. Спроектовано варіанти удосконаленого ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» з використанням верстатів з ЧПК. Їх порівняння за мінімумом приведених витрат дозволило вибрати дешевший варіант. Виконано розмірно-точнісне моделювання ТП, розрахунки припусків, режимів різання, норм часу по операціям.

4. Для удосконаленого ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» спроектовано дільницю; встановлено приведену програму ($N_{прив} = 40796$ шт.) для роботи в середньосерійному виробництві; розраховано необхідну кількість верстатів – 5 верстатів; кількість основних робітників – 7 чоловік.

5. В науковій частині роботи запропоновано схему системи пропорційного електрогідравлічного керування робочого об'єму регульованого аксіально-поршневого насоса. Розроблено розрахункову схему та нелінійну математичну модель системи керування, яка розв'язується за допомогою програмного пакета

MATLAB Simulink і може бути використана для визначення статичних та динамічних характеристик.

6. Проведено економічні розрахунки доцільності впровадження запропонованих рішень, визначено капітальні вкладення – 1069151,76 грн., одержаний прибуток – 270321,51 грн., термін окупності вкладень – 3,96 року.

7. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
2. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
3. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
4. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
5. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування / Рудь В.Д. – К. : ІСДО, 1996. – 300 с.
6. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. – К. : Вища школа, 1991. – 247 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. Буренніков Ю. А. Огляд електрогідравлічних систем керування насосами змінної продуктивності / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». – 2016. – № 2(235). – С. 202–206.

17. Репінський С. В. Керування регульованих насосів в гідроприводах, чутливих до навантаження : монографія / С. В. Репінський, Л. Г. Козлов, Ю. А. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 199 с. – ISBN 978-966-641-673-8.

18. Буренніков Ю. А. Аналіз переваг та недоліків існуючих регуляторів подачі та потужності в системі керування аксіально-поршневого регульованого

насоса / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський, О. В. Поліщук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 5. – С. 107–113.

19. Репінський С. В. Математична модель пропорційної електрогідравлічної системи керування регульованим насосом / С. В. Репінський, Д. О. Лозінський, М. П. Кучеренко, О. О. Ланова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 105–109.

20. Ревега С. С. Привод обертання барабана автобетонозмішувача на базі регульованого насоса з електрогідравлічною системою керування робочого об'єму [Електронний ресурс] / С. С. Ревега, С. В. Репінський // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 р. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Режим доступу : <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2016/paper/view/1327>.

21. Розробка математичної моделі системи керування гідроприводом змішувального барабана автобетонозмішувача [Електронний ресурс] / С. В. Репінський, О. В. Паславська, В. Ю. Губницький, Д. С. Зарудняк // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», м. Вінниця, 01-14 травня 2021 р. – 2021. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/11001>.

22. Репінський С. В. Визначення моменту опору планшайби аксіально-поршневого насоса засобами математичного планування експерименту / С. В. Репінський // Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». – 2009. – № 5. – С. 46–51.

23. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

24. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

25. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php

26. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

27. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14_nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

28. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

29. СанПіН 2.2.4.1294-03 «Фізичні фактори виробничого середовища. Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.ionization.ru/issue/iss5.htm>

30. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

31. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

32. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>.

ДОДАТКИ

Додаток А

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТАМ
назва кафедри (скорочено)

_____ д.т.н., проф. Л. Г. Козлов
підпис науковий ступінь, наукове звання, ПІБ

« 02 » _____ 04 _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН КП.10.12.003»

08-26.МКР.001.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Репінський С. В. _____

« 01 » _____ 04 _____ 2021 р.

Виконавець: ст. гр. 1ПМ-19м зфн
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Зарудняк Д. С. _____

« 01 » _____ 04 _____ 2021 р.

Вінниця ВНТУ 2021

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 технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003»;

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 «Кронштейн КП.10.12.003»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 5000 шт.;
- приведена програма – 40796 шт.;
- матеріал деталі – СЧ15 ГОСТ 1412-85;
- серійність виробництва – середньосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн КП.10.12.003» 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	10.04.21 р.	10.05.21 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»	10.04.21 р.	10.05.21 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Спеціальна частина Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003». Розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» Математичне моделювання системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса	15.04.21 р.	30.05.21 р.	розділ 2, 3, 4 публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	01.05.21 р.	18.05.21 р.	розділ 5, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	01.05.21 р.	20.05.21 р.	розділ 6
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	01.05.21 р.	30.05.21 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.
« 01 » _____ 04 _____ 2021 р.

Технічне завдання

на удосконалення технології та дільниці механічної обробки

Найменування та область застосування

Удосконалена технологія та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн КП.10.12.003» 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 «Кронштейн КП.10.12.003» 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 «Кронштейн КП.10.12.003».
- 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 «Кронштейн КП.10.12.003»:

- річний об'єм випуску деталей – $N_p = 5000$ шт.;
- маса деталі – $m_d = 4,23$ кг;
- матеріал заготовки – СЧ15 ГОСТ 1412-85.

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:

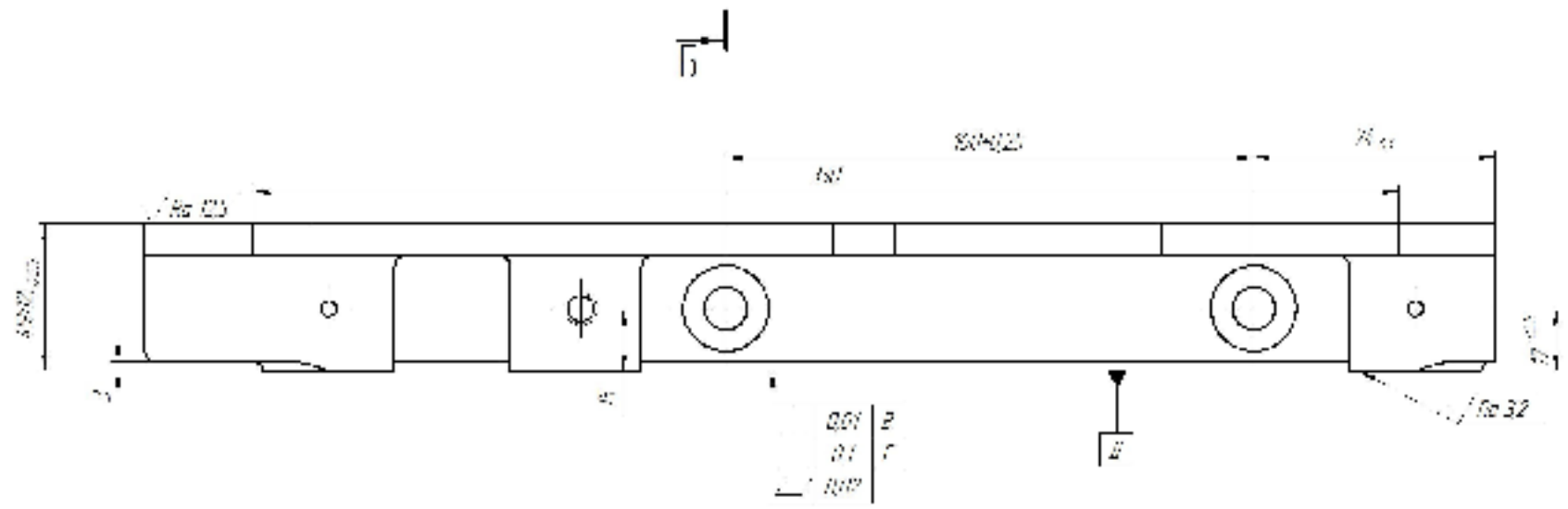
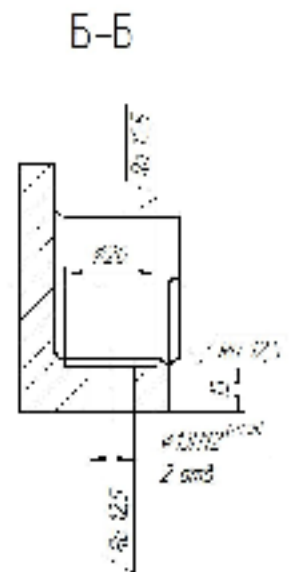
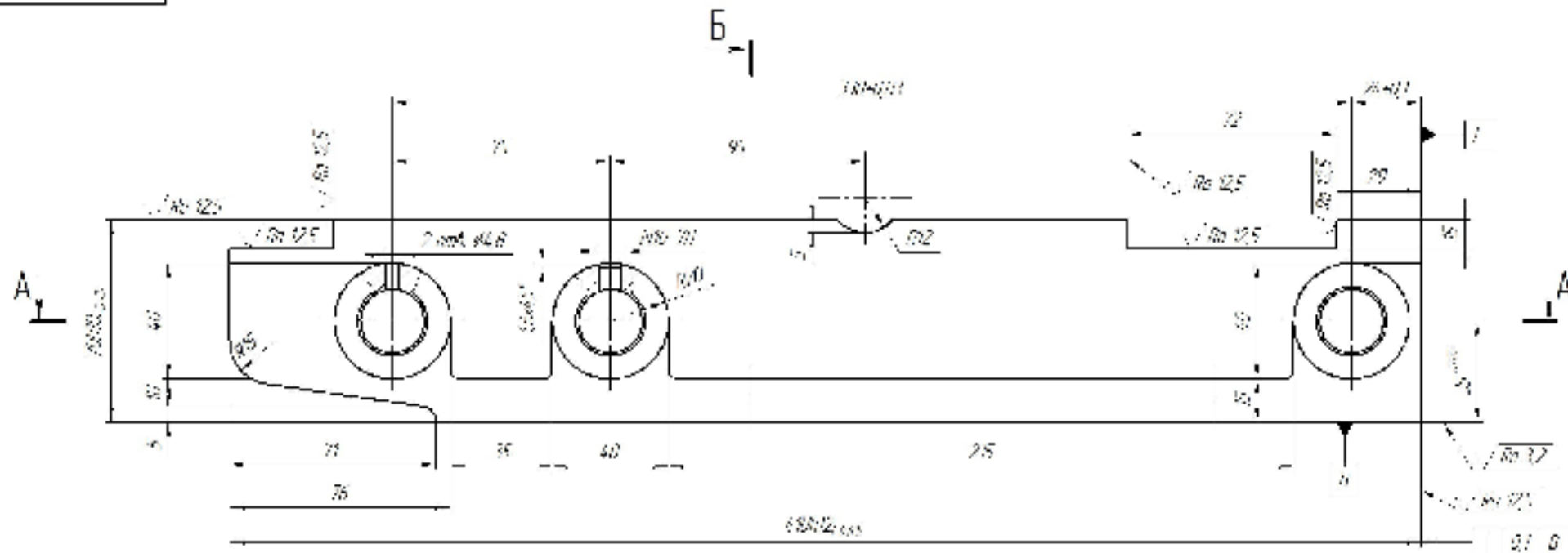
- термін окупності;
- собівартість одиниці продукції;
- величина капітальних вкладень;
- економічна перевага в порівнянні з іншими.

Стадії та етапи розробки.

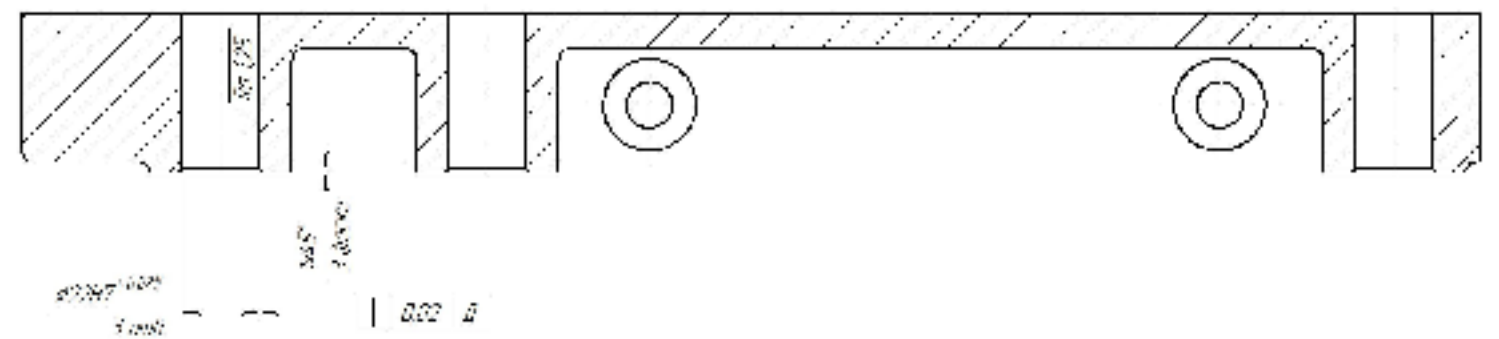
Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

Додаток Б

Графічна частина



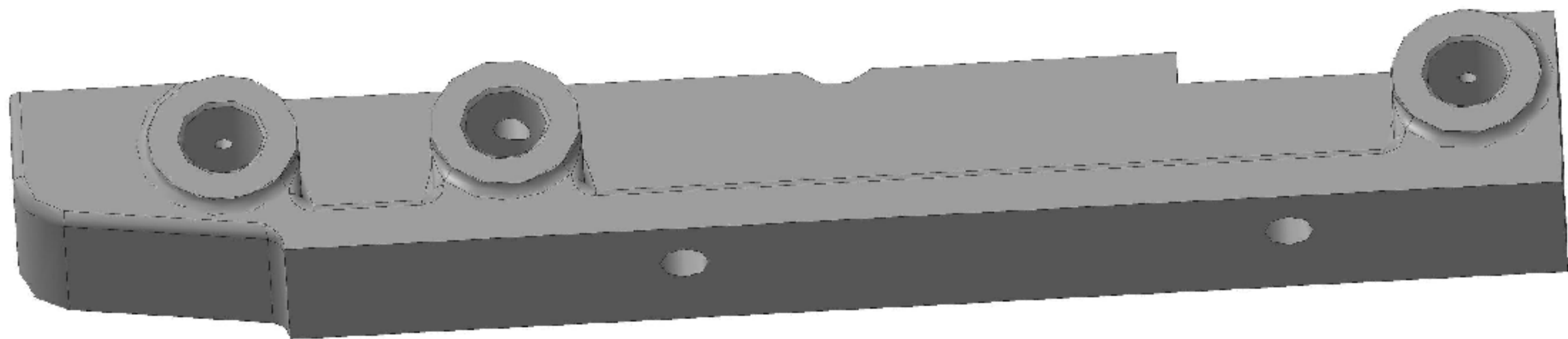
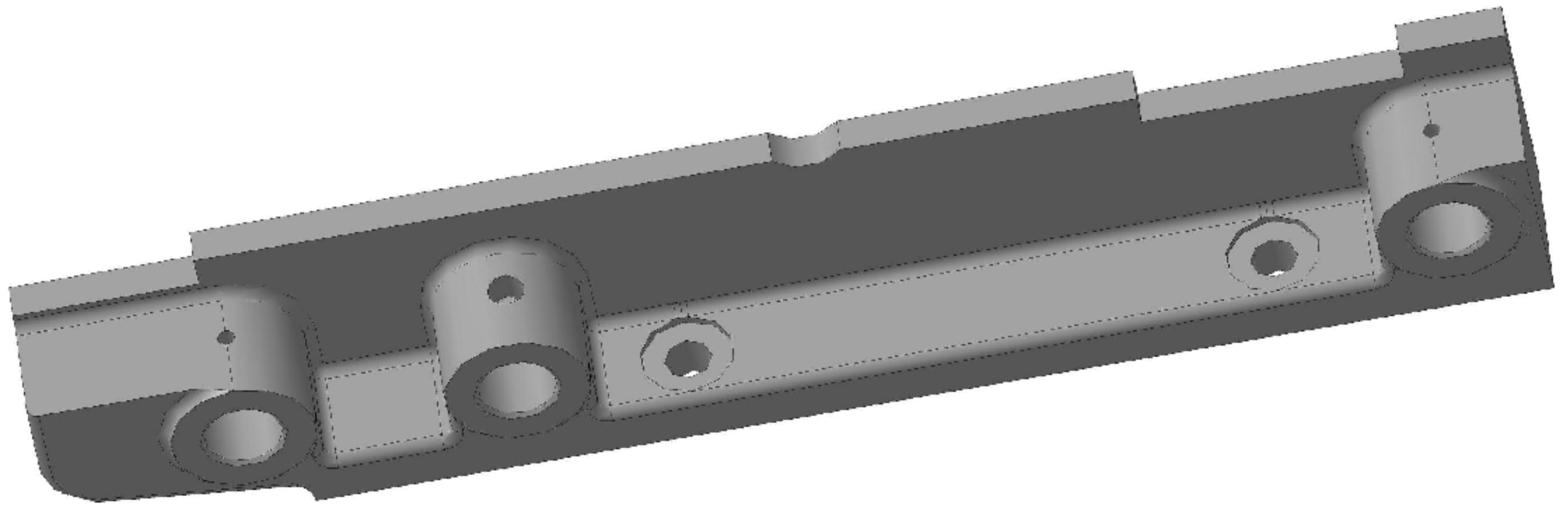
A-A

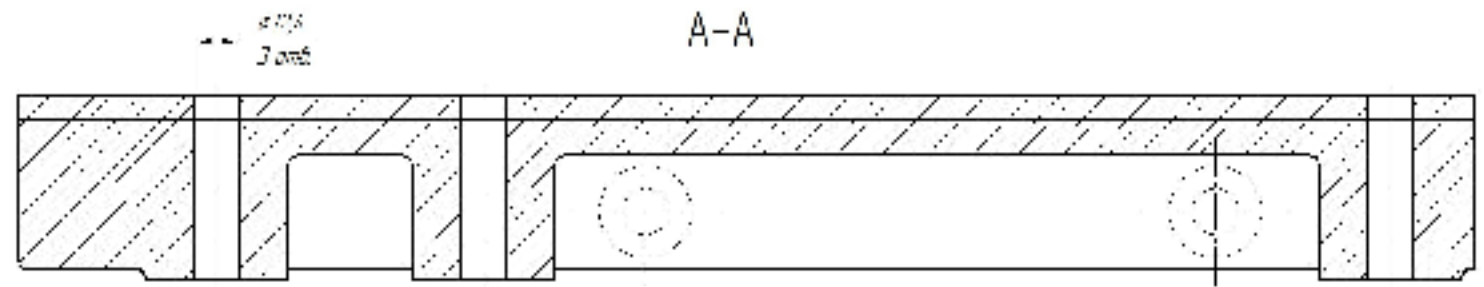
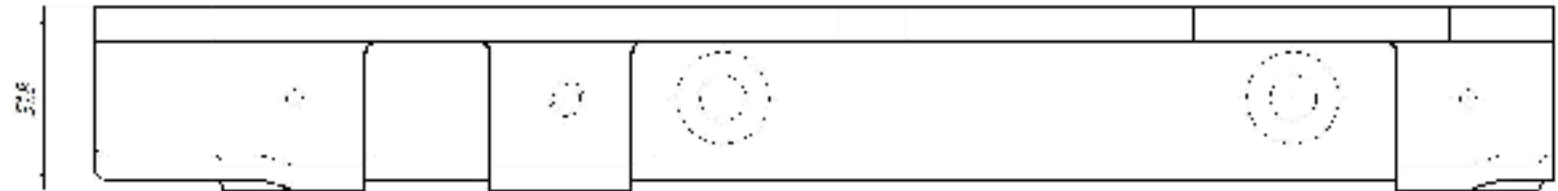
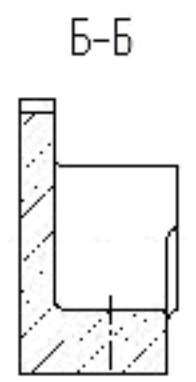
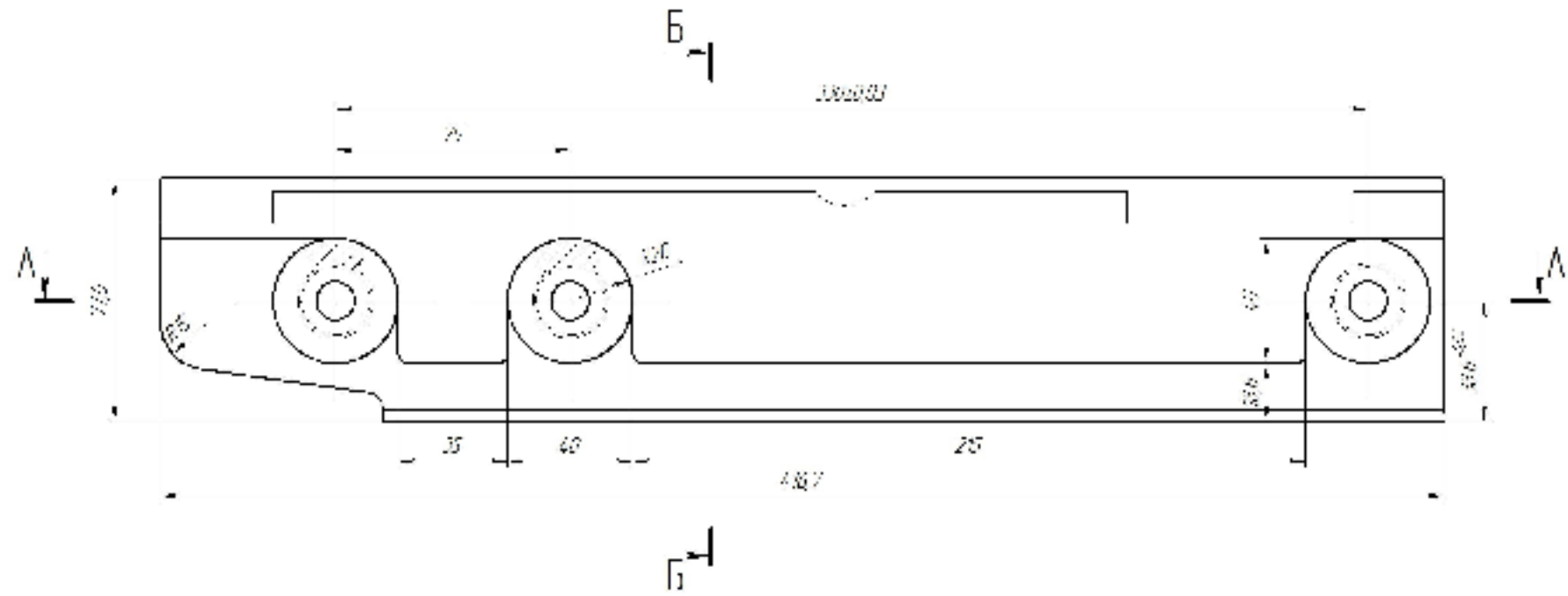


1. Радиусы указываются в мм
 2. Невказаные размеры берите по ГОСТ 13038-81
 шрифты - ГОСТ 1417-85

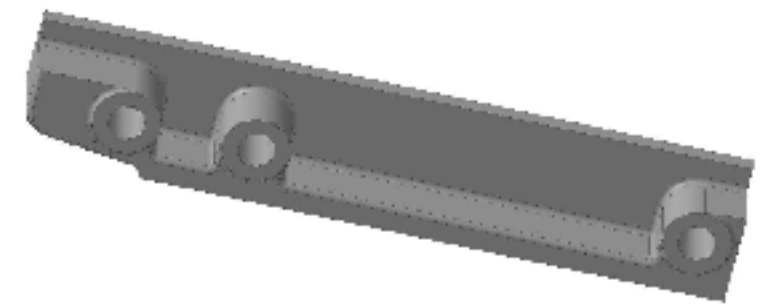
00-26.МКР.001.001.001			
Исполнитель	Кронштейн	Лист	1
Проверенный	КР.10.12.003	Дата	14.12.05
Утвержденный	Г.И.С. ГОТТ 14.12.05	Лист	из 1

3D-модель деталі "Кронштейн КП.10.12.003"





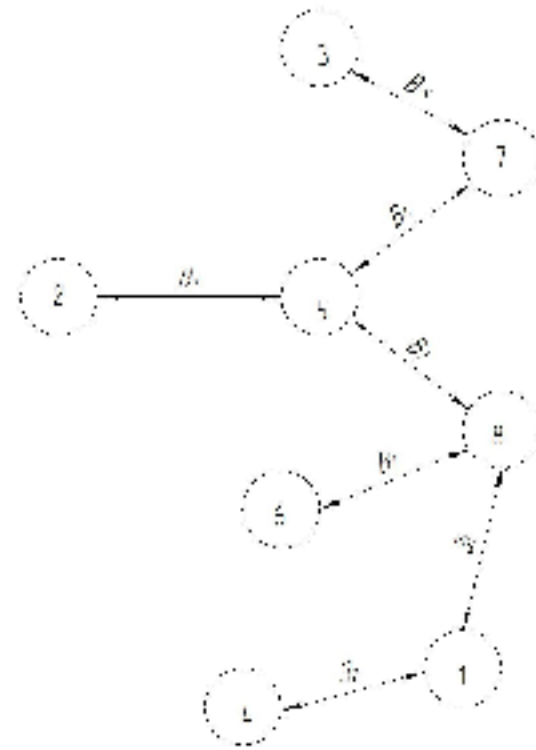
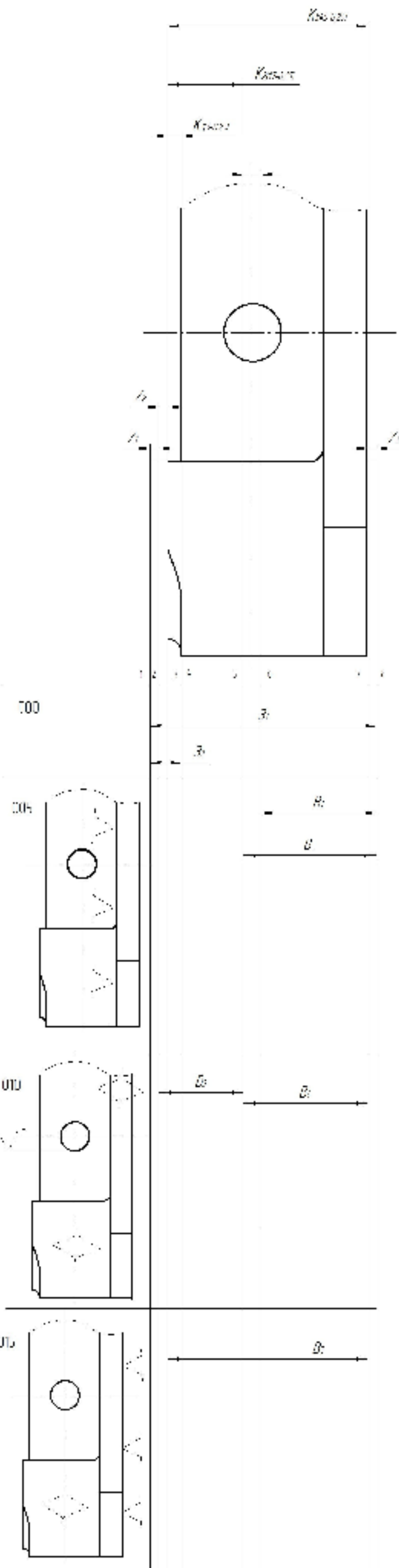
3D-модель изготовления детали "Кронштейн К11.10.12.003"



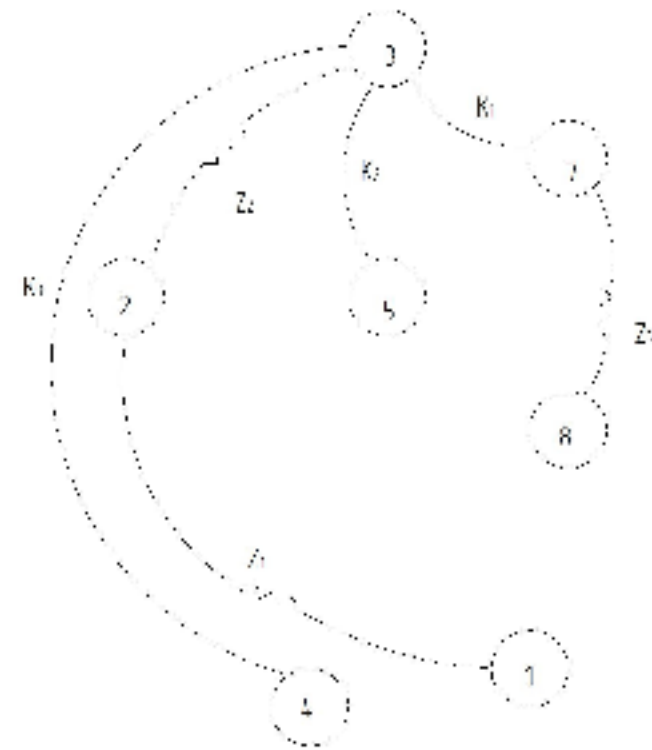
- 1. Чертеж доработан 11.09.15 по 2102.2004.05.
- 2. Исполн. 4.23.03-010-557 ГИТТ РНХС-НБ.
- 3. Изменения вносятся в чертёж по циркуляру 3-8 от числа 3-31.
- 4. ИЛ 101 / 79

05-26.МКР.00100.002			
Кронштейн (внутренний)		ИЛ	11
Г115 ГОСТ 14.02.05		ИЛ	1
ИЛ 101 / 79		ИЛ 101 / 79	

Розмірний аналіз технологічного процесу



Початковий граф-дерево



Вихідний граф-дерево



Цицковий граф

Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допусків, мм

Початковий розмір	Цицковий розмір	Вихідний розмір	Допуск	Мінімальний розмір	Значення розміру в попередній операції	Допуск розміру на попередній операції
A_1	29,15	30,027	0,087	29,976	29,976-0,026	-
B_1	29,926	30,028	0,102	29,976	29,976-0,052	-
B_2	27,43	27,67	0,24	27,58	27,58-0,08	-
B_3	27,58	27,75	0,21	27,615	27,615-0,21	-
B_4	44,75	45	0,25	45	45-0,08	-
Z_1	48,677	48,711	2,8	48,67	-	48,67-2,8
Z_2	49,89	50	4,0	50	-	50-2,8

Значення припусків, мм

Процес	Z_{max}	Z_{min}	Z_{avg}
Група 1	10	0,99	2,7
Група 2	12,7	0,61	2,6

НАГРЕВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПЕДАЛЬНОГО КИТА ИЛИ
 ПЕД. ИНЖЕНЕРНОГО КИТА, ИМИ ПОДПРИЯТИИ НА СЕВ. Д. (С. 104-110)

Целью работы является исследование влияния параметров конструкции электропедальной системы на ее нагревание при работе в условиях [1], [2], [3] и др. в частности, на работу в условиях, при которых температура окружающей среды может достигать 30°C . Для этого в работе рассмотрены моделирование и расчеты температуры нагрева элементов системы при работе в условиях [1], [2], [3] и др. в частности, на работу в условиях, при которых температура окружающей среды может достигать 30°C . Для этого в работе рассмотрены моделирование и расчеты температуры нагрева элементов системы при работе в условиях [1], [2], [3] и др. в частности, на работу в условиях, при которых температура окружающей среды может достигать 30°C .

$$\frac{d\theta_1}{dt} = \frac{1}{C_1} (P_1 - \theta_1 - \theta_1) \quad (1)$$

$$\frac{d\theta_2}{dt} = \frac{1}{C_2} (P_2 - \theta_2 - \theta_2) \quad (2)$$

$$P_1 = \frac{1}{R_1} (U_1 - \theta_1) \quad (3)$$

$$P_2 = \frac{1}{R_2} (U_2 - \theta_2) \quad (4)$$

$$P_3 = \frac{1}{R_3} (U_3 - \theta_3) \quad (5)$$

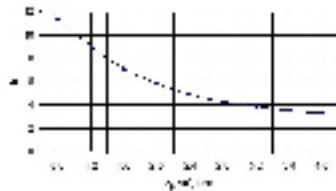
$$U_1 = U_2 = U_3 = U \quad (6)$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \quad (7)$$

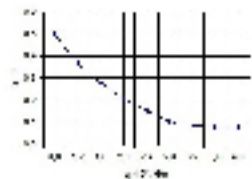
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО КЕРУВАННЯ
РЕГУЛЬОВАНОГО АКСЕЛІРНО ПОРШНЕВОГО ПІДСОСА (приведені)



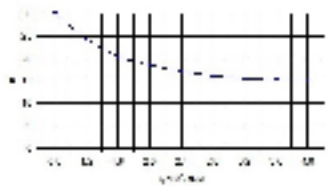
Рисунки 2 – Залежність керування від зміщення поршня (а) та від швидкості поршня (б) при використанні пропорційного регулятора з постійною швидкістю інтегрування. 2, 3 – швидкість поршня, 4 – керування поршнем



Рисунки 3 – Залежність керування від швидкості поршня



Рисунки 4 – Залежність керування від зміщення поршня



Рисунки 5 – Залежність керування від швидкості поршня

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОПІДВАНЦЮНОГО КЕРУВАННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО АКСЕЛЬНО ПОВІПНЕВОГО ПАСОЖА (судомеханіка)

Висновки

1. Розроблено математичну модель системи керування ПТК суднової машини АТН, яка забезпечує стабільність і швидкість роботи аксельно повіпневого пасожа при зміні швидкості судна, здійснює регулювання швидкості машини АТН за заданою швидкістю кожної з осей.

2. Успішно впроваджено математичну модель системи керування АТН, яка працює разом з системою керування судном MATLAB/Simulink.

3. Моделювання системи керування аксельно повіпневого пасожа здійснюється за допомогою спеціалізованої динамічної системи керування пропорційного ПІД регулювання АТН.

Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу

<i>Базовий технологічний процес</i>	<i>Удосконалений технологічний процес</i>
<i>Техніко-економічні показники</i>	
<i>Матеріал</i>	
<i>СЧ15 ГОСТ 1412-85</i>	<i>СЧ15 ГОСТ 1412-85</i>
<i>Спосіб одержання заготовки</i>	
<i>Лиття в оболонковій формі</i>	<i>Лиття в піщано-глинисті форми</i>
<i>Собівартість заготовки</i>	
<i>153,18 грн.</i>	<i>112,64 грн.</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	
<i>0,88</i>	<i>0,76</i>
<i>Кількість операцій</i>	
<i>18 операцій</i>	<i>4 операції</i>
<i>Кількість верстатів</i>	
<i>15 верстатів</i>	<i>5 верстатів</i>
<i>Кількість працюючих</i>	
<i>14 основних робітників</i>	<i>7 основних робітників</i>
<i>Виробнича площа дільниці, м²</i>	
<i>390</i>	<i>140</i>
<i>Виробнича собівартість одиниці продукції</i>	
<i>259,82 грн.</i>	<i>180,43 грн.</i>
<i>Капітальні вкладення</i>	
<i>-</i>	<i>1069151,76 грн.</i>
<i>Економічний ефект</i>	
<i>-</i>	<i>270321,51 грн.</i>
<i>Термін окупності</i>	
<i>-</i>	<i>3,96 року</i>