

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

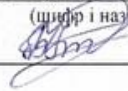
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ
НАСОСА ЗМІННОГО РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ»**
Частина 2
**«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСИСТЕМИ З
НАСОСОМ ЗМІННОГО РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ ТА
ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ»**
МКР.08-64.001.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


Іван БУТКАЛЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор каф. ТАМ


Леонід КОЗЛОВ

(прізвище та ініціали)

«15» грудня 2023 р.

Опоиент: д.т.н., професор каф. АТМ


Андрій КАШКАНОВ


(прізвище та ініціали)

«15» грудня 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

(прізвище та ініціали)


«15» грудня 2023 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

16 жовтня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Буткалюку Івану Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором»

керівник роботи д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

затверджені наказом ВНТУ від 18.09.2023 року № 274

2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року



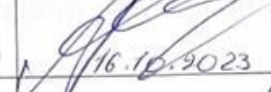
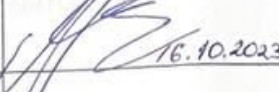


3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі: Корпус електрогідравлічного регулятора, Матеріал: Сталь 45 ГОСТ 4543-71, Програма випуску: 1500 шт

4. Зміст текстової частини: експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором, визначення типу виробництва і форми організації роботи, аналіз конструкції і технологічності деталі, вибір способу виготовлення заготовки, розробка маршруту механічної обробки, розрахунок елементів ділянки механічної обробки, визначення ефективності застосування результатів науково-технічних робіт по розробленню гідропривода з пропорційним керуванням, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу

креслення деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора», креслення заготовки деталі, схему експериментального стенда, результати експериментальних досліджень роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором у графіках, маршрут механічної обробки деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора», розмірний аналіз технологічного процесу, розрахунок елементів ділянки механічної обробки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ	 16.10.2023	 16.10.2023
Економічна частина	к.т.н., проф. Олександр ЛЕСЬКО	 16.10.2023	 16.10.2023
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Софія ДЕМБИЦЬКА	 16.10.2023	 16.10.2023

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Промітка
1.	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	24.10.2023	Вик.
2.	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	20.11.2023	Вик.
3.	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	24.11.2023	Вик.
4.	Виконання розділу «Економіка»	30.11.2023	Вик.
5.	Виконання розділу «Охорона праці»	30.11.2023	Вик.
6.	Перевірка на антиплагіат	04.12.2023	Вик.
7.	Попередній захист МКР	05.12.2023	Вик.
8.	Нормоконтроль МКР	13.12.2023	Вик.
9.	Рецензування МКР	15.12.2023	Вик.
10.	Захист БДР	18.12.2023	Вик.

Студент


(підпис)

Іван Буткалюк

Керівник роботи


(підпис)

Леонід КОЗЛОВ

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Буткалюк І.В. Експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2023. 113 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 25; табл. 24.

У магістерській кваліфікаційній роботі проведені експериментальні дослідження гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором, який спроектований та виготовлений із застосуванням технологічних методів обробки та високоефективного обладнання. Робота пов'язана з науково-дослідними роботами, що виконуються на кафедрі технологій та автоматизації машинобудування.

В конструкторській частині роботи наведений технологічний процес виготовлення деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора», який включає: аналіз конструкції і технологічності деталі, вибір способу отримання заготовки, маршрут механічної обробки деталі, визначені режими різання, надані рекомендації щодо необхідного інструменту та обладнання, наведені виробничі параметри дільниці механічної обробки. Розрахована економічна ефективність та доцільність науково-технічних робіт. Надані рекомендації щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях та проведено дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників НС.

Графічна частина складається з 11 плакатів.

Ключові слова: електрогідравлічний регулятор, гідросистема, насос, заготовка, верстат з ЧПК.

ABSTRACT

Butkalyuk I.V. Experimental studies of the operation of the hydraulic system with a pump of variable working volume and an electro-hydraulic regulator. Master's qualification thesis on specialty 131 - Applied mechanics, educational program - Mechanical engineering technologies. Vinnytsia: VNTU, 2023. 113 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 25 titles; Fig.: 25; table 24.

In the master's qualification work, experimental studies of a hydraulic system with a pump of variable working volume and an electro-hydraulic regulator, which is designed and manufactured using technological processing methods and high-efficiency equipment, were carried out. The work is related to the research works carried out at the Department of Technologies and Automation of Mechanical Engineering.

In the design part of the work, the technological process of manufacturing the part "Electrohydraulic regulator housing" is given, which includes: analysis of the design and manufacturability of the part, selection of the method of obtaining the workpiece, the route of mechanical processing of the part, defined cutting modes, recommendations for the necessary tools and equipment, given production parameters of the site mechanical processing. Calculated economic efficiency and expediency of scientific and technical works. Recommendations on safety in emergency situations were provided and a study of work safety under the influence of emergency factors was carried out.

The graphic part consists of 11 posters.

Keywords: electro-hydraulic regulator, hydraulic system, pump, workpiece, CNC machine tool.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСИСТЕМИ З НАСОСОМ ЗМІННОГО РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ ТА ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ	11
2. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ.....	23
2.1 Визначення маси деталі.....	23
2.2 Визначення типу виробництва.....	26
2.3 Визначення організації форми виробництва.....	32
3. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ.....	34
3.1 Аналіз конструкції деталі.....	34
3.2 Аналіз технологічності деталі.....	35
4. ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	41
4.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки та визначення їх розмірів.....	41
4.2 Оформлення ескізів обох варіантів виготовлення заготовки.....	43
4.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки	44
4.4 Техніко-економічне порівняння обох варіантів отримання заготовок та вибір найраціональнішого	45
5. РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	49
5.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва.....	49
5.2 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки	50
5.3 Вибір чистових технологічних баз.....	54
5.4 Вибір чорнових технологічних баз.....	57
5.5 Орієнтовний вибір інструменту та вибір обладнання	58

5.6	Проектування маршруту механічної обробки.....	60
5.7	Розмірний аналіз технологічного процесу.....	63
5.7.1	Вибір розташування технологічних розмірів.....	63
5.7.2	Попереднє призначення допусків технологічних розмірів. Розмірна схема технологічного процесу.....	64
5.7.3	Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф.....	65
5.7.4	Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів.....	66
5.7.5	Визначення проміжних мінімальних пропусків на механічну обробку плоских поверхонь.....	66
5.7.6	Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів.....	67
5.8	Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь.....	69
5.9	Визначення режимів різання при різних методах обробки	75
5.10	Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	80
	6 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	82
6.1.	Розрахунок приведеної програми	82
6.2.	Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження обладнання	85
6.3.	Розрахунок кількості працюючих.....	86
	7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОБІТ ПО РОЗРОБЛЕННЮ ГІДРОПРИВОДА З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ.....	89
7.1.	Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	89
7.2.	Проведення комерційного аудита науково-технічної розробки.....	90
7.3.	Визначення витрат на науково-дослідну роботу.....	93
7.4	Важливість та наукова значущість науково-дослідної роботи.....	99
7.5.	Розрахунок економічної ефективності науково-дослідної роботи.....	101
	8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...105	
8.1.	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	106
8.2.	Технічні рішення з виробничої санітарії	109

8.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників НС.....	114
ВИСНОВКИ.....	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	120
Додатки.....	123

ВСТУП

Актуальність теми: Стан економіки та промисловості залежить від стану розвитку машинобудування, оскільки саме ця галузь оснащує капітальними ресурсами, машинами, устаткуванням підприємства і виробництва та є провідником досягнення науково-технічного прогресу. Також машинобудування має великий вплив на ВВП. Матеріаломісткості та енергоємність безпосередньо пов'язані з обороноздатністю держави.

На сьогоднішній день рівень розвитку машинобудування в Україні поступається багатьом розвиненим країнам. Ситуацію можна виправити запровадженням нових технологій.

Сучасні машинобудування ґрунтується на наукомістких технологіях. Функціональне навантаження переноситься з механізації на інтелектуальні компоненти - комп'ютери, роботи тощо.

Мета та завдання дослідження: Метою комплексної роботи є розроблення електрогідравлічного регулятора для насоса змінного робочого об'єму, а метою даної роботи є експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором.

Для досягнення поставленої задачі маємо виконати наступні завдання: провести розрахунки відносно проектування та виготовлення експериментального зразка електрогідравлічного регулятора насоса, виготовити його та провести експериментальні дослідження роботи гідросистеми з цим регулятором на спеціальному стенді.

Об'єкт дослідження: регульований насос з електрогідравлічним регулятором.

Предмет дослідження: робочі процеси в гідросистемі з нерегульованим насосом та електрогідравлічним регулятором.

Наукова новизна та практичне значення одержаних результатів: визначені нелінійні залежності між конструктивними параметрами електрогідравлічного регулятора насоса та характеристиками роботи гідросистеми.

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

Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи.

Товкач А.О., Буткалюк І.В., Козлов Л.Г., «Експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором» в Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024), Вінниця, ВНТУ, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/19708>

Дата звернення: грудень 2023.

1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСИСТЕМИ З НАСОСОМ ЗМІННОГО РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ ТА ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Машинобудівна та сільськогосподарська галузі у світі активно використовують різні технології підвищення ефективності процесів. Одним із важливих завдань є перевезення зерна та культур з полів на базу без втрати якості та часу.

Автомобілерозвантажувач для зерна є спеціалізованим обладнанням, яке використовується для розвантаження зерна з вантажних автомобілів. Воно дозволяє значно скоротити час та зусилля при розвантаженні, а також забезпечує мінімальні втрати та збереження якості зерна. Автомобілерозвантажувачі широко застосовуються на сільськогосподарських підприємствах, складах та інших об'єктах, де є необхідність швидкої та ефективної переробки великих обсягів зерна.

Автомобілерозвантажувачі бувають стаціонарні та пересувні (у тому числі самохідні), тупикові та проїзні. Авторозвантажувач складається з довгої платформи, на яку транспорт заїжджає цілком і фіксується системами безпеки. Вивантаження здійснюється через відкритий задній або бічний борт кузова: силовий блок нагнітає тиск у гідроциліндрі, який піднімає один із країв платформи - платформа піднімається до 38 градусів, спустошуючи кузов транспорту [1].

Зазвичай автомобілерозвантажувачі комплектуються гідросистемами, які оснащені нерегульованими насосами та релейними розподільниками [2]. Принципова схема такої гідросистеми наведена на рисунку 1.1.

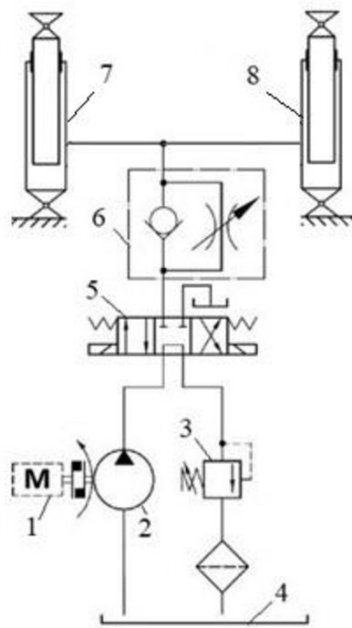


Рисунок 1.1 – Принципова схема типової гідросистеми автомобілерозвантажувачів

У своєму складі має електродвигун 1, нерегульований насос 2 з запобіжним клапаном 3, бак 4, блок керуючих клапанів 5, зворотний клапан 6 та гідроциліндри 7 та 8. Під час піднімання та опускання платформи на гідроциліндри діє змінне навантаження в залежності від висоти платформи. Це призводить до нелінійності у швидкості процесів підйому та опускання платформи. Це є значним недоліком такої гідросистеми і, відповідно, негативно відображається на якості процесу роботи системи в цілому.

Розробка нових типів приводів та застосування сучасних технологій з пропорційним керуванням процесами дозволить суттєво покращити характеристики роботи, підвищити якість процесу та значно поліпшити технічний рівень гідросистем, які виготовляються на підприємствах України. Така робота тісно пов'язана з експериментальним дослідженням, а також випробуваннями нових рішень та схем гідросистем [3].

Метою даної роботи є проведення експериментальних досліджень гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором.

Електрогідравлічний регулятор насоса було спроектовано та виготовлено. На його основі буде вдосконалюватися гідросистема автомобілерозвантажувача. В процесі роботи перевірялась роботоздатність, прогнозованість та ефективність електрогідравлічного регулятора.

Для дослідження характеристик гідросистем створено експериментальний стенд, фото якого показано на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 - Фото експериментального стенда

Гідравлічна схема експериментального стенда представлена на рисунку 1.3.

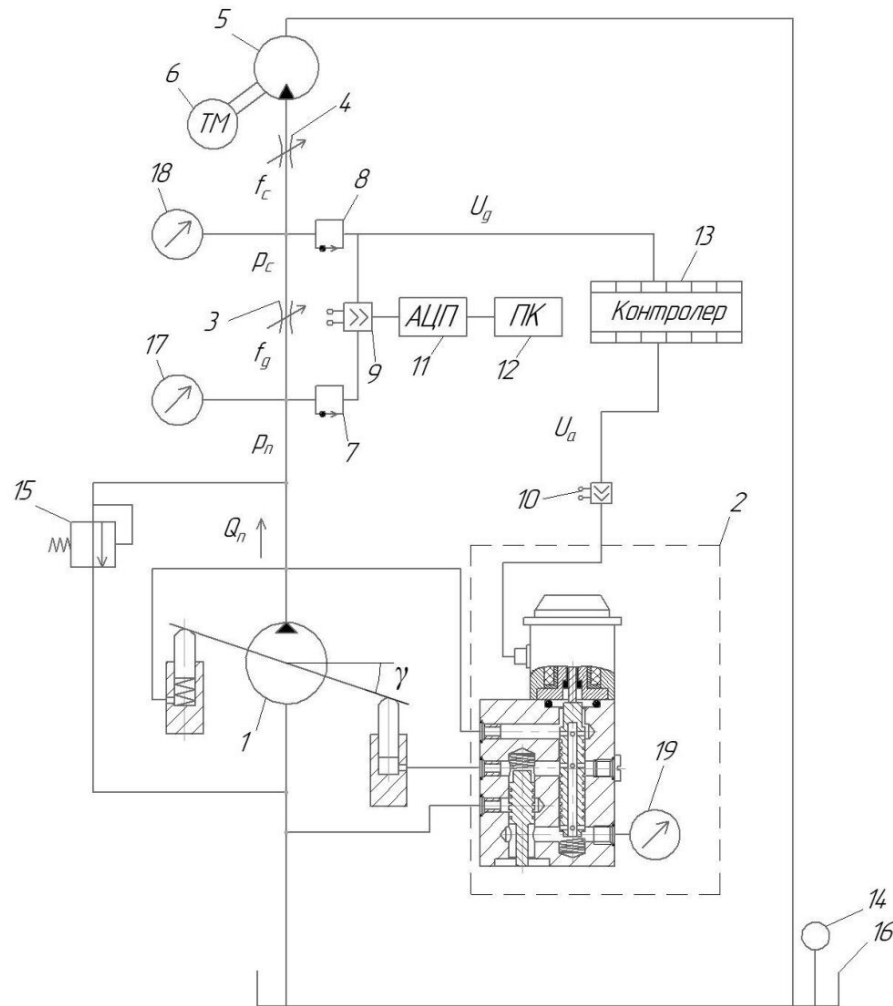


Рисунок 1.3 - Схема експериментального стенда

Експериментальний стенд складається з регульованого насоса 1, електрогідравлічного регулятора 2, дроселів 3 та 4, гідромотора 5 з тахометром 6, датчиків тиску 7 та 8, підсилювачів 9 та 10, аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 11, персонального комп'ютера (ПК) 12, контролера 13, термометра 14, запобіжного клапана 15, бака 16, манометрів 17, 18, 19.

Насос 1 подає робочу рідину через дроселі 3 та 4 до гідромотора 5. Площа f_g дроселя 3 визначає величину подачі Q_n насоса 1. Площа f_c дроселя 4 визначає величину тисків p_c та p_n на виході насоса 1.

Стенд обладнано датчиками тиску Nagano SML-20.0, які підключені у гідролінію. Датчики тиску передають сигнали через підсилювач 9 на АЦП L-Card

E14-140-M, оброблюються та зберігаються в ПК. Програмне забезпечення LGraph відповідає за візуалізацію процесів.

Експериментальний стенд дає можливість проведення досліджень гідросистеми з одночасною фіксацією багатьох параметрів в статичних і динамічних режимах роботи:

1. величина подачі Q_n насоса 1 визначається площею f_g дроселя 3;
2. величина тисків p_c та p_n на виході насоса 1 визначається площею f_c дроселя 4 ;
3. залежність значень тиску p_c та p_n при ступінчастій зміні значень налаштування дроселя 4;
4. залежність подачі Q_n насоса 1 від значень тиску p_c при різноманітних програмах керування регулятором 2;
5. величина подачі Q_n насоса 1 в гідросистему за допомогою гідромотора 5 з тахометром 6;
6. запис осцилограм робочого процесу за допомогою АЦП/ЦАП;
7. величина тиску в гідролініях за допомогою датчиків тиску Nagano ADZ-SML 20.0;

Технічна характеристика стенда:

- номінальна подача насоса - $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- номінальний тиск насоса – 16 МПа;
- діапазон регулювання подачі насоса – $(0,05 \dots 1,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- АЦП 14біт/200КГц;
- тонкість фільтрації – 15 мкм;
- точність вимірювання тиску - $\pm 1,5\%$;
- точність вимірювання частоти гідромотора - $\pm 1,0\%$;
- точність вимірювання напруги - $\pm 0,5\%$;
- точність вимірювання струму - $\pm 0,5\%$;
- точність вимірювання температури - $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Робота пропорційного електромагніта забезпечується за допомогою блока живлення 13 та підсилювача 14. Електромагніт забезпечує зміну величини напруги керування в діапазоні регулювання від 0 до 12 В.

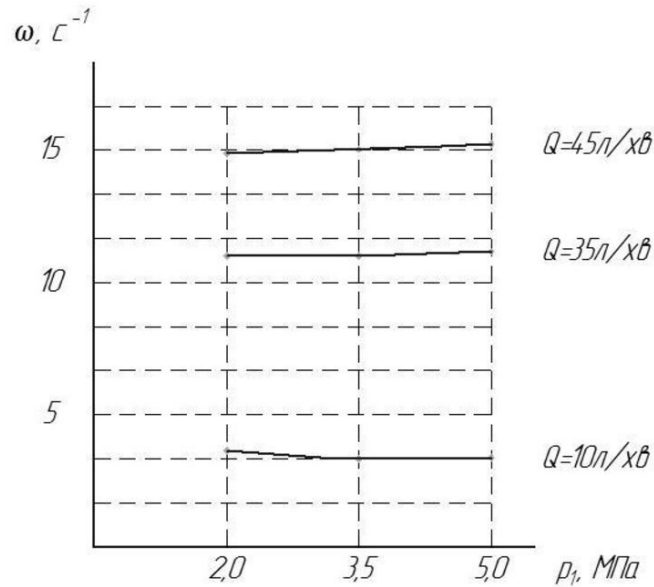


Рисунок 1.4 – Графік залежності частоти обертання n гідромотора від величини тиску в гідролінії p_1

На рисунку 1.4 показано графік залежності частоти обертання n гідромотора від величини тиску в гідролінії p_1 при забезпеченні різних значень подачі Q насоса 1. Фіксувалась температура робочої рідини, яка становила $t=40\pm 5^{\circ}C$. Величина похибки роботи регулятора насоса становить $A=9\%$ при $\omega=3,5c^{-1}$, $A=1\%$ при $\omega=11c^{-1}$, $A=2\%$ при $\omega=15c^{-1}$.

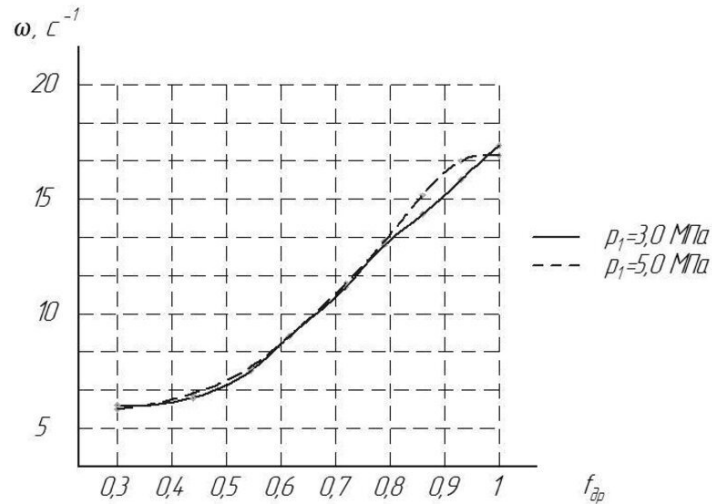


Рисунок 1.5 – Графік залежності частоти обертання n гідромотора від величини площі дроселя f_{dp} .

На рисунку 1.5 показано графік залежності частоти обертання n гідромотора від величини площі дроселя f_{dp} при фіксованих значеннях тиску $p_1=3\text{МПа}$ та $p_1=5\text{МПа}$. Дослід проведено при значенні температури робочої рідини $t=40\pm 5^\circ\text{C}$. Максимальне відхилення частоти обертання n гідромотора від лінійної залежності не перевищує $\delta=18\%$.

Змінюючи величину напруги керування $U_{кер.}$ пропорційного електромагніта фіксувалась частота обертання n гідромотора. Графік залежності показано на рисунку 1.6.

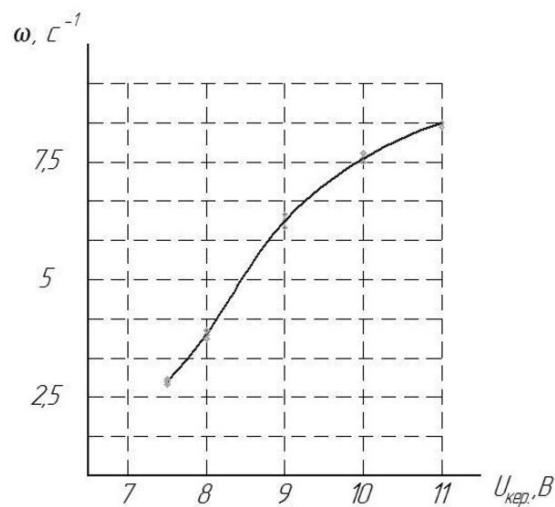


Рисунок 1.6 – Графік залежності частоти обертання n гідромотора від напруги керування $U_{кер.}$ електромагніта

Як видно з рисунку 1.5, що величина напруги $U_{кер.}$ електромагніта пропорційно впливає на частоту обертання гідромотора в гідросистемі. Максимальне значення відхилення від лінійної залежності не перевищує $\delta=15\%$.

Контролер 12 керує електромагнітом регулятора 2. Сигнал U_g від датчика тиску 7 передається на контролер, який використовує його у спеціальній програмі керування для формування потрібної величини вихідного сигналу U_a , який поступає на підсилювач 10 і далі передається на електрогідравлічний регулятор. Програма керування написана таким чином, що можна змінювати коефіцієнт підсилення вихідного сигналу U_a відповідно до вхідного сигналу U_g . Програма керування показана на рисунку 1.7.

```

1  const int analogInPin = A0;
2  const int analogOutPin = 9;
3  int sensorValue = 0;
4  int outputValue = 0;
5
6  void setup() {
7    Serial.begin(9600);}
8
9  void loop() {
10   sensorValue = analogRead(analogInPin);
11   outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);
12   analogWrite(analogOutPin, outputValue*1.3);
13
14   Serial.print("sensor = ");
15   Serial.print(sensorValue);
16   Serial.print("\t output = ");
17   Serial.println(outputValue);
18
19   delay(20);}

```

Рисунок 1.7 - Програма керування контролера

Частота обертання n гідромотора 5 фіксувалась за допомогою тахометра 14. Графік залежності на рисунку 1.8.

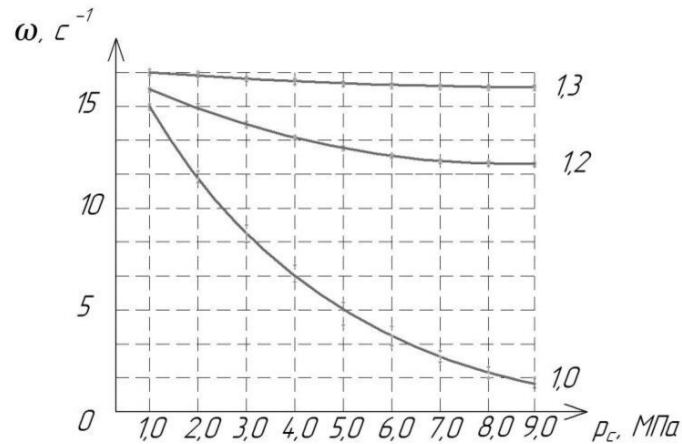


Рисунок 1.8 – Залежність частоти обертання n гідромотора від тиску в гідролінії p_c при різних значеннях коефіцієнту підсилення сигналу U_a

В ході дослідження також фіксувалась величина подачі Q_n , яку подає насос 1. Отримана залежність впливу величини тиску p_c на подачу Q_n . Графік представлено на рисунку 1.9.

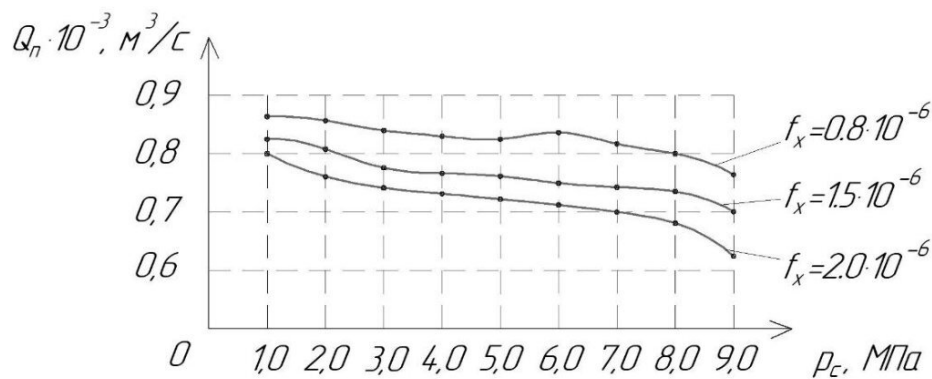


Рисунок 1.9 – Графік залежності впливу площі дроселя f_x на величину подачі насоса Q_n

Проаналізувавши отримані результати прийнято рішення розширювати функціональні можливості програми керування шляхом впровадження гнучкого налаштування для певних діапазонів та режимів роботи системи. Корегована програма керування показана на рисунку 1.10.

```

1  const int analogInPin = A0;
2  const int analogOutPin = 3;
3  const int analogOutPin = 4;
4  int x = 0;
5  int outputValue = 0;
6  void setup() {
7  |   Serial.begin(9600);}
8  void loop() {
9  |   x = analogRead(analogInPin);
10 if (100 >= x) { outputValue = 100; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
11 if ((200 >= x) && (x > 100)) {outputValue = 134; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
12 if ((300 >= x) && (x > 200)) {outputValue = 168; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
13 if ((400 >= x) && (x > 300)) {outputValue = 191; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
14 if ((500 >= x) && (x > 400)) {outputValue = 225; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
15 if ((600 >= x) && (x > 500)) {outputValue = 232; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
16 if ((700 >= x) && (x > 600)) {outputValue = 239; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
17 if ((800 >= x) && (x > 700)) {outputValue = 239; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
18 if ((900 >= x) && (x > 800)) {outputValue = 239; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
19 if ((1000 >= x) && (x > 900)) {outputValue = 250; analogWrite(analogOutPin, outputValue);}
20   Serial.print("sensor = ");
21   Serial.print(x);
22   Serial.print("\t output = ");
23   Serial.println(outputValue);
24   delay(20);}

```

Рисунок 1.10 – Корегована програма керування контролера

Спостерігається незначне зниження величини подачі Q_n насоса при наростанні величини тиску p_n . Зміна величини тиску p_c в діапазоні значень від 1,0МПа до 9,0МПа скорегувало налаштоване значення подачі $Q_n = 0,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ насоса 1 на величину відхилення $\Delta = 8\%$, при сталому значенні частоти обертання n гідромотора - $16,6 \text{ с}^{-1}$. Залежності представлені на рисунках 1.11 та 1.12.

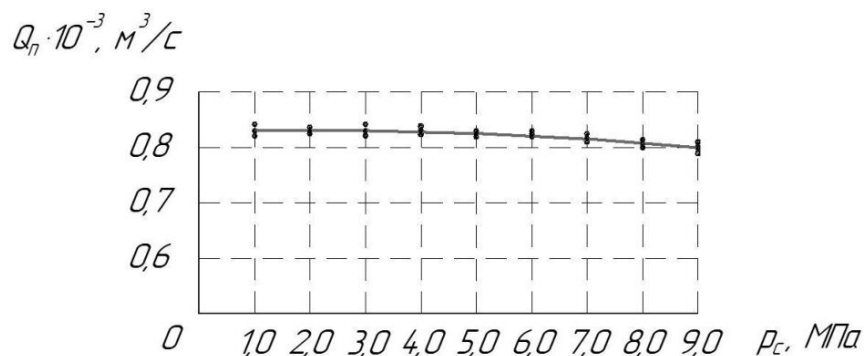


Рисунок 1.11 – Графік залежності величини подачі насоса Q_n від тиску в гідролінії p_c

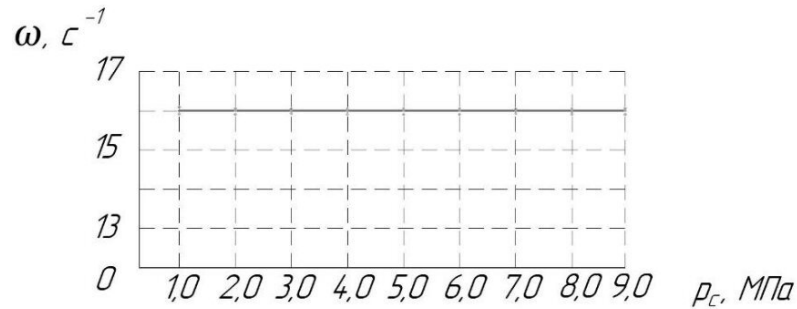


Рисунок 1.12 – Графік залежності частоти обертання n гідромотора від тиску в гідролінії p_c

Генерація навантаження на насос 1 відбувалась шляхом зменшення пропускної площі робочого вікна дроселя 4. Результатом цього стало збільшення тиску p_n на виході насоса і тиску p_c після дроселя 3. Через деякий час площа дроселя 4 збільшувалась, це вело до зниження тисків p_n та p_c . Різниця між тисками p_n та p_c під час зміни режимів складає $\Delta p_1 = p_n - p_c = 1,2$ МПа для ділянки T_1 , $\Delta p_2 = 1,1$ МПа для ділянки T_2 , $\Delta p_3 = 1,2$ МПа для ділянки T_3 . Забезпечується стабільна величина подачі насоса 1 при незмінній величині площі відкриття робочого вікна дроселя 3 за рахунок незначної зміни величини різниці тисків $\Delta p = p_n - p_c$ при зміні величин тисків p_n та p_c . Осцилограма на рисунку 1.13.

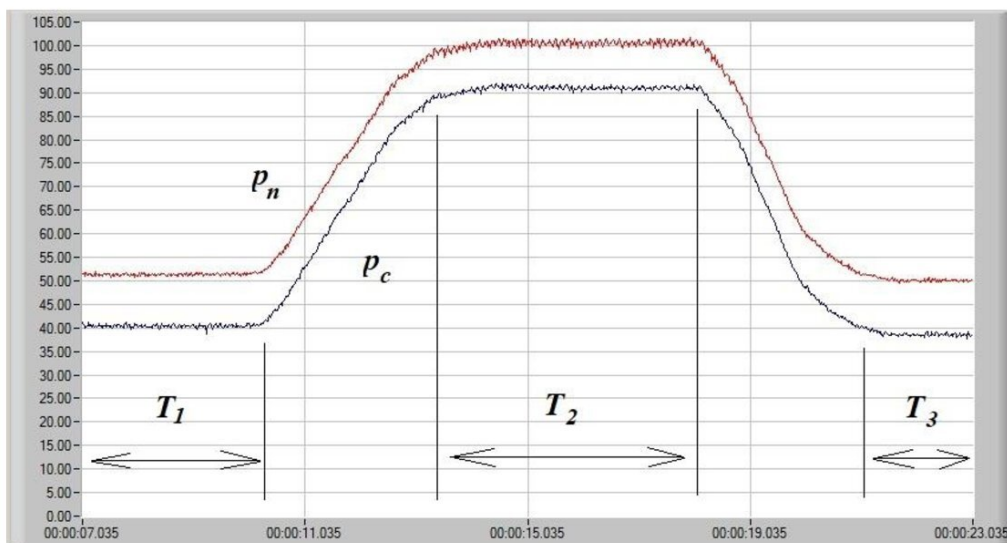


Рисунок 1.13 - Осцилограма робочого процесу

Температура робочої рідини в ході дослідження становила $t = 40 \pm 5^\circ\text{C}$. В гідросистемі стенда час перехідного процесу при зміні навантаження в бік збільшення навантаження не перевищував 0,8с. При зміні навантаження в бік зменшення не перевищував 0,6с.

Висновки: проаналізувавши всі отримані результати можна зробити наступні висновки:

- гідросистема, оснащена розробленим регулятором є роботоздатною та енергоефективною;

- змінюючи величину тиску p_c на виході насоса 1 в діапазонах від $p_c = 1,0$ МПа до $p_c = 9,0$ МПа величина похибки стабілізації подачі Q_n насоса не перевищує $\Delta = 8\%$;

- час перехідного процесу тисків p_n та p_c при збільшенні величини навантаження не перевищував $t_p = 0,8$ с, а при зменшенні величини навантаження час не перевищував $t_p = 0,6$ с;

- розроблений електрогідравлічний регулятор насоса дає змогу пропорційного керування насосом в необхідному діапазоні зміни навантажень $p_c = (1,0 \dots 8,0)$ МПа та подач $Q_n = (0,7 \dots 0,85) \cdot 10^{-3}$ м³/с.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

2.1 Визначення маси деталі

Розрахунок проводиться методом поділу на окремі геометричні фігури всіх складових, з яких складається деталь. Насамперед визначають об'єми фігур, а потім розраховується маса цих самих фігур не враховуючи внутрішні порожнини з врахуванням матеріалу заданої деталі. Віднімаючи від отриманої загальної маси металу матеріал, який видаляється при обробці, маємо остаточну масу деталі [4].

Визначаємо масу паралелепіпеда розмірами 90x54x73 мм:

- об'єм:

$$V_1 = 90 \cdot 54 \cdot 73 = 354780 \text{ мм}^3 = 0,00035478 \text{ (м}^3\text{)}$$

- маса (матеріал - «Сталь 45» ГОСТ4543-71):

$$m_1 = \gamma \cdot V_1 = 7850 \cdot 0,00035478 \cong 2,785 \text{ (кг)}$$

- де, γ - щільність матеріалу, $\gamma = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Внутрішні порожнини деталі описують всі інші геометричні фігури.

Визначаємо масу 2-х циліндрів $\text{Ø}14 \times 83$ мм та $\text{Ø}14 \times 61$:

- об'єм:

$$\begin{aligned} \Sigma V_2 &= \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} \cdot 83 + \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} \cdot 61 = \\ &= 12770,38 + 9385,46 \approx 2,216 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{)} \end{aligned}$$

- маса:

$$\Sigma m_2 = \gamma \cdot \Sigma V_2 = 7850 \cdot 2,216 \cdot 10^{-5} \cong 0,174 \text{ (кг)}$$

Визначаємо масу 2-х циліндрів Ø30Н12х4 мм:

- об'єм:

$$\sum V_3 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot 2 = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} \cdot 4 \cdot 2 = 5,652 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}$$

- маса:

$$\sum m_3 = \gamma \cdot \sum V_3 = 7850 \cdot 5,652 \cdot 10^{-6} \cong 0,044 \text{ (кг)}$$

Визначаємо масу 4-х циліндрів Ø6х73 мм:

- об'єм:

$$\sum V_4 = \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} \cdot 73 \cdot 4 = 8,251 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{)}$$

- маса:

$$\sum m_4 = 7850 \cdot 8,251 \cdot 10^{-5} \cong 0,065 \text{ (кг)}$$

Визначаємо масу 8-ми отв. Ø3,3х5 мм (для М4х0,7):

- об'єм:

$$\sum V_5 = \frac{3,14 \cdot 3,3^2}{4} \cdot 5 \cdot 8 = 3,4194 \cdot 10^{-7} \text{ (м}^3\text{)}$$

- маса:

$$\sum m_5 = 7850 \cdot 3,4194 \cdot 10^{-7} \cong 0,00268 \text{ (кг)}$$

Визначаємо масу 4 отв. Ø8,5:

- об'єми:

$$V_6 = 1815 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (\text{Ø}8,5 \times 32)$$

$$V_7 = 6692 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (2 \times \text{Ø}8,5 \times 59)$$

$$V_8 = 4140 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (\text{Ø}8,5 \times 73)$$

- маси:

$$m_6 \cong 0,01425 \text{ кг} \quad (\text{Ø}8,5 \times 32)$$

$$m_7 \cong 0,05253 \text{ кг} \quad (2 \times \text{Ø}8,5 \times 59)$$

$$m_8 \cong 0,0325 \text{ кг} \quad (\text{Ø}8,5 \times 73)$$

$$\sum m_6 = m_6 + m_7 + m_8 = 0,0993$$

Ці отвори перетинаються з вже обробленими Ø14Н7, то масу $\sum m_6$ потрібно скорегувати. Тобто від неї потрібно відняти такі маси:

$$m_1' = 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} \cdot 8,5 \cdot 5 = 0,05133 \text{ (кг)}$$

Остаточне значення $\sum m_6$ буде таким:

$$\sum m_6 = 0,0993 - 0,05133 = 0,04797 \text{ (кг)}$$

Примітка: знехтуємо масою металу при нарізанні всіх різей, при обробці фасок та 5 розточок в отворах Ø8,5, слідами заборних конусів свердл. Остаточна маса деталі:

$$m_o = 2,785 - 0,7297 = 2,055 \text{ (кг)}$$

2.2 Визначення типу виробництва [5]

Вихідні дані:

- річна програма виготовлення виробу, $N=1500$ шт;
- режим роботи дільниці, $m=2$ зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_{\delta}=3935$ год. (верстат з ЧПК),
 $F_{\delta}=4055$ год. (універсальні верстати);
- маса деталі, $m_{\delta}=2,055$ кг.

Враховуємо тип виробництва та деталь масою до 10 кг. Також враховуючи програму випуску деталі маємо рекомендований тип виробництва – дрібно-серійне.

Визначаємо основний час обробки:

- фрезерування торцевою фрезою 4-х поверхонь 90x54 мм за прохід – Ra=3,2 мкм, T=14 квалітет:

$$T_{o_{01}} = 6 \cdot l \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 90 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 2,16 \text{ (хв)}$$

- фрезерування торцевою фрезою 2-х поверхонь 54x73 мм за прохід – Ra=3,2 мкм, T=14 квалітет:

$$T_{o_{02}} = 6 \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 73 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,876 \text{ (хв)}$$

- свердління 2-х отв. Ø10 на глибину 90 та 61 мм – Ra=12,5 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{03}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 10 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 0,468 \text{ (хв)}$$

$$T_{o_{04}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 10 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,317 \text{ (хв)}$$

- зенкерування 2-х отв. Ø15 на глибину 90 та 61 мм – Ra=6,3 мкм, T=11 квалітет:

$$T_{o_{05}} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 15 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 0,284 \text{ (XB)}$$

$$T_{o_{06}} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 15 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,192 \text{ (XB)}$$

- розгорткування чорнове 2-х отв. Ø15,8 на глибину 90 та 61 мм – Ra=0,8 мкм, T=8 квалітет:

$$T_{o_{07}} = 0,43 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,43 \cdot 15,8 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 0,611 \text{ (XB)}$$

$$T_{o_{08}} = 0,43 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,43 \cdot 15,8 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,414 \text{ (XB)}$$

- розгорткування чистове 2-х отв. Ø14H7 на глибину 90 та 61 мм – Ra=0,63 мкм, T=7 квалітет:

$$T_{o_{09}} = 0,86 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,86 \cdot 14 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 1,238 \text{ (XB)}$$

$$T_{o_{10}} = 0,86 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,86 \cdot 14 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,839 \text{ (XB)}$$

- свердління 4-х отв. Ø8,5 відповідно на глибину 73 мм, 59 мм (2 отв.), 32 мм – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{11}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 73 \cdot 10^{-3} = 0,323 \text{ (XB)}$$

$$T_{o_{12}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 59 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,261 \text{ (XB)}$$

$$T_{o_{13}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,141 \text{ (XB)}$$

- зенкерування 5-х отв. Ø12 на глибину 1,4 мм – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{10}} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,0071 \text{ (хв)}$$

- зенкерування 2-х отв. Ø30 на глибину 4 мм – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{11}} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ (хв)}$$

- нарізання різі M10x1,5 в 5-х отв. Ø8,5 на глибину 10 мм:

$$T_{o_{12}} = 0,4 \cdot D \cdot l \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ (хв)}$$

- свердління 4-х отв. Ø6 наскрізно (глибина 73 мм) - Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{13}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 6 \cdot 73 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,911 \text{ (хв)}$$

- свердління 8-ми отв. Ø3,3 на глибину 5 мм - Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{14}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 3,3 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,069 \text{ (хв)}$$

- нарізання різі M4x0,7 в 8-ми отв. на глибину 5 мм:

$$T_{o_{15}} = 0,4 \cdot D \cdot l \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,064 \text{ (хв)}$$

Примітка: знехтувано часом на обробку усіх фасок в отворах.

Визначаємо штучно-калькуляційний час обробки:

$$T_{шт-к} = \varphi_k \cdot T_{O_i} \text{ [хв]}, \quad (2.1)$$

де, φ_k - табличний коефіцієнт, який враховує обладнання для конкретної обробки та тип виробництва;

T_{O_i} - основний час обробки на кожній операції.

1. Фрезерувальна:

$$T_{ум-к_{фр.}} = (2,16 + 0,876) \cdot 1,84 = 5,586 \text{ (хв)}$$

2. Свердлильна та різенарізна (обладнання з ЧПК):

$$T_{ум-к_{св.}} = 10,4221 \cdot 1,65 = 17,196 \text{ (хв)}$$

Кількість потрібного обладнання визначаємо за формулою:

$$c_{P_i} = \frac{N \cdot T_{ум-к_i}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н}}, \quad (2.2)$$

де, $\eta_{з.н}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, для умов дрібносерійного типу виробництва $\eta_{з.н} = 0,8$.

1. Фрезерувальна обробка:

$$c_{P_{фр.}} = \frac{1500 \cdot 5,586}{60 \cdot 4055 \cdot 0,8} = 0,043$$

Приймаємо $P_{np_{фр.}} = 1$ верстат.

2. Свердлильна та різенарізна обробка:

$$c_{P_{св.}} = \frac{1500 \cdot 17,196}{60 \cdot 3935 \cdot 0,8} = 0,1365$$

Приймаємо $P_{np_{св.}} = 1$ верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання обраховуємо за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{c_p}{P_{np.}} \quad (2.3)$$

- Фрезерувальна обробка:

$$\eta_{з.ф.фр.} = \frac{0,043}{1} = 0,043$$

- Свердлильна та різенарізна обробка:

$$\eta_{з.ф.св.} = \frac{0,1365}{1} = 0,1365$$

Загальна кількість операцій, які здійснюються на робочому місці визначається за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (2.4)$$

- Фрезерувальна обробка:

$$O_{фр.} = \frac{0,8}{0,043} = 18,6 \cong 19$$

- Свердлильна та різенарізна обробка:

$$O_{св.} = \frac{0,8}{0,1365} = 5,86 \cong 6$$

Коефіцієнту закріплення операцій обраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n P_{np.}} \quad (2.5)$$

- Фрезерувальна обробка:

$$K_{з.о.фр.} = \frac{19}{1} = 19$$

- Свердлильна та різенарізна обробка:

$$K_{з.о.св.} = \frac{6}{1} = 6$$

Середній коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.ср.} = \frac{19+6}{1+1} = 12,5$$

За ГОСТ 14.004-74 отриманий середній коефіцієнт закріплення операцій знаходиться в діапазоні ($10 \leq K_{з.о.} \leq 20$). Припустимо, що номенклатура виробів для цього виробництва буде розширюватись і в подальшій роботі приймаємо середньосерійний тип виробництва.

2.3 Визначення організації форми виробництва [6]

- Денний випуск деталей:

$$N_{\partial} = \frac{N}{254} = \frac{1500}{254} = 5,9 \approx 6 \text{ (дет)}$$

- Денна продуктивність поточної лінії:

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{сер.}} \cdot \eta_{з.н.}, \quad (2.6)$$

де, F_{∂} - денний фонд часу роботи обладнання в 2 зміни, $F_{\partial} = 952$ хв.;

$T_{сер.}$ - середня трудомісткість операцій.

$$T_{сер.} = \frac{(T_{ум-к.фр.} + T_{ум-к.св.})}{2} = \frac{(5,586 + 17,196)}{2} = 11,391 \text{ (хв)}$$

$$Q_{\partial} = \frac{952}{11,391} \cdot 0,8 = 66,859 \approx 67 \text{ (дет)}$$

Однономенклатурну лінію використовувати недоцільно, оскільки $Q_{\partial} > N_{\partial}$.

Віддамо перевагу груповій формі організації виробництва.

Для одночасного запуску у виробництво запускаємо наступну кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.7)$$

де, a - період запуску деталей, приймаємо $a = 12$ днів.

$$n = \frac{1500 \cdot 12}{254} = 70,866 \cong 71 \text{ (дет)}$$

Кількості змін для роботи на обробку загальної партії деталей розрахуємо за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.сер.}}}{476 \cdot \eta_3} \cdot \eta_{np}, \quad (2.8)$$

$$c = \frac{11,391}{476 \cdot 0,8} \cdot 71 = 2,12$$

Приймаємо $c = 2$ зміни.

Уточнюємо кількість деталей в одній партії:

$$\eta_{ym} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{11,391} = 66,8598 \cong 67$$

Висновок: отримані результати розрахунку показують, що доцільно прийняти групову форму організації виробництва деталей. У виробництво віддаємо партії деталей загальною кількістю 67 штук кожні 12 днів.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

3.1 Аналіз конструкції деталі [7]

Задану деталь відносимо до класу деталей «Корпус» враховуючи конструкцію, форму і технологічні ознаки. Матеріал деталі - Сталь 45 ГОСТ 4543-71.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад (%) матеріалу

Хім. елемент	Вуглець (C)	Хром (Cr)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Мідь (Cu)	Нікель (Ni)	Сірка (S)	Фосфор (P)
Вміст, %	0.42-0.5	0.25	0.17-0.37	0.5-0.8	Не більше			
					0.3	0.3	0.04	0.04

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні властивості матеріалу

Межа міцності при розтягуванні σ_b , МПа	Межа текучості σ_t , МПа	Ударна в'язкість a_n , Дж/см ²	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Твердість НВ після відпалу, одиниць	Густина $\rho \cdot 10^3$, кг/см ³
Не менше						
1000	800	60	10	45	217	7,85

Габаритні розміри: зовнішньо деталь є паралелепіпедом зі сторонами 90x54x73 мм; внутрішньо має декілька порожнин – отворами - гладкими та різевими, які за виконанням є глухими та наскрізними. В деталі є отвори, які перетинаються.

Службове призначення деталі - бути корпусом для електрогідравлічного регулятора насоса.

Деякі характерні особливості конструкції деталі: ззовні деталі є 4 наскрізні отвори $\varnothing 6H12$ та 8 глухих різевих отворів M4x0,7. Перші необхідні для закріплення деталі до монтажної площини насоса за допомогою довгих шпильок, а інші для закріплення електромагнітів (за потреби), які переміщують золотники у внутрішніх

отворах Ø14H7. До поверхонь з підвищеними вимогами (основних), відносять 2 отвори Ø14H7, які мають високу точність - 7 квалітет, та шорсткість поверхні Ra=0,63 мкм. Всі інші поверхні - другорядні, тобто вони є кріпильними або являються отворами меншого діаметра для сполучення отворів між собою: 4 отв. Ø6H12, 8 отв. Ø4x0,7, 5 отв. M10x1,5 та 5 отв. Ø8,5, 2 отв. Ø30H12 для встановлення ущільнюючих кілець для спряження вузлів.

На кресленні даної деталі є всі необхідні дані щодо вимог стосовно точності розмірів, шорсткості необхідних поверхонь та відносного розташування. На кресленні присутні всі необхідні проєкції, перерізи та види, які дають повне уявлення про задану деталі, розташування окремих її поверхонь тощо.

3.2 Аналіз технологічності деталі

3.2.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «Корпус електрогідравлічного регулятора» належить до класу деталей «Корпус». Маса деталі складає 2,055 кг. Деталь має просту форму, матеріал деталі – Сталь 45 ГОСТ 4543-71.

Раціональним способом одержання заготовки є використання сталюого листового прокату — сталь прокатна полоса по ГОСТ 103-57, яка стандартизована і має ширину від 12 до 200 мм при товщині від 4 до 60 мм. З цього матеріалу за допомогою пили потрібно нарізати заготовки для деталі. Альтернативним способом отримання заготовки розглядаємо поковки, які виготовляються з гарячекатаного квадратного прутка.

Досить значну частину поверхонь, які потрібно обробити шляхом механічного різку, складають отвори у кількості 19 шт. Всі вони обробляються з 4 площин заданої деталі через 90°. Це змушує до переустановлення деталі в ході обробки або використання в процесі обробки багатоцільового верстата з поворотним столом або верстата з ЧПК обладнаного поворотним пристосуванням, в якого наявний магазин інструментів. Враховуючи все вищевказане – характеризуємо деталь як технологічну.

До особливостей конструкції деталі нетехнологічного характеру можна віднести присутність обмежених різей за довжиною (M10x1,5) та присутність декількох кріпильних отворів малого діаметру – 4 отв. Ø6 та 8 отв. M4x0,7. Останні отвори – глухі, що потребує додаткової жорсткості в процесі обробки, що в полягає в обмеженні режимів обробки. 4 отв. Ø6 достатньо довгі – 73 мм і до всього наскрізні. Тоді потрібно застосовувати спеціальну технологію обробки довгих отворів при умові ($L=3\div 5D$), а це збільшує основний час на обробку і, відповідно, суттєво знижується продуктивність загальної обробки.

До нетехнологічності також відносим обробку основних отворів Ø14H7 з дотриманням шорсткості поверхні $Ra=0,63$ мкм. Для цього потрібно декілька переходів обробки - мінімум 3 переходи.

Підсумовуючи, задана деталь має добре розвинені базові поверхні, доступ інструментів до поверхонь, що необхідно обробити - вільний. Вимоги щодо точності розмірів та шорсткості поверхонь досить легко забезпечити шляхом підбору застосування технологічних методів обробки, а також необхідних режимів різання. Майже вся обробка може бути здійснена на багатоцільовому верстаті з ЧПК, окрім обробки всіх зовнішніх поверхонь. Альтернативно можливе використання небагатоцільового верстат, в такому випадку неодмінно буде зниження продуктивності обробки, оскільки потрібне переустановлення деталі. Використовувати таке обладнання нераціонально, до того ж збільшаться верстатні норми на обробку деталі. Як варіант, можливе використання багатоцільового верстата з ЧПК в процесі обробки абсолютно усіх поверхонь. У цьому випадку переустановлення деталі є негативом фактором. Провівши аналіз всіх можливих варіантів запинимо вибір на застосуванні універсального верстата, за допомогою якого будемо обробляти всі зовнішні поверхні. Доступні для контролю всі поверхні, які підлягають обробці.

За результатами якісного аналізу робимо висновок, що за конструкцією деталь є технологічною.

3.2.2 Кількісний аналіз технологічності

За ГОСТ 18831-74 оцінку технологічності деталі можна отримати за наступними показниками:

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_y = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e}, \quad (3.1)$$

де, $Q_{y.e.}$, Q_e - відповідно, кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т.і.).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку коефіцієнта K_y

Діаметральні розміри		Лінійні розміри		Фаски, радіуси, різьби		Шорсткість Ra, мкм	
P_d	$P_{d,y}$	P_l	$P_{l,y}$	P_ϕ	$P_{\phi,y}$	$Ш$	$Ш_y$
Ø14H7 (2)	2	54±IT14/2 (2)	2	Різьби:		0,63 (2)	2
Ø30H12 (2)	2	90±IT14/2 (4)	4	M10x1,5 (5)	5	3,2 (13)	13
Ø8,5H12 (5)	5	73±IT14/2 (1)	-	M4x0,7 (8)	-	20 (24)	24
Ø12H12 (5)	5	83 ^{+0,5} (1)	-	Фаски:			
Ø6H12 (4)	4	61 ^{+0,5} (1)	-	0,5x45° (10)	10		
Ø3,3H12 (8)	-	59 ^{+0,5} (2)	-	0,3x45° (8)	8		
		32 ^{+0,5} (1)	1	1x45° (5)	5		
		4 _{-0,2} (2)	2				
		74±0,1 (1)	1				
		8±IT14/2 (3)	3				
		34±0,1 (4)	4				
		33±0,1 (1)	-				
		53±0,1 (1)	-				
		73±0,1 (1)	-				
		23±IT14/2 (2)	-				
		10±IT14/2 (5)	5				
		1,4±IT14/2 (2)	2				
		37±IT14/2 (1)	-				
		38±0,1 (1)	1				
		10±IT14/2 (2)	2				
		83 ^{+0,5} (1)	1				
$\sum P_d=26$	$\sum P_{d,y}=18$	$\sum P_l=38$	$\sum P_{l,y}=27$	$\sum P_\phi=24$	$\sum P_{\phi,y}=28$	$\sum Ш=39$	$\sum Ш_y=39$

$$K_y = \frac{18 + 27 + 28 + 39}{26 + 38 + 24 + 39} = \frac{112}{127} = 0,88$$

У випадку, якщо коефіцієнт уніфікації становить більше 0,6 - деталь вважається технологічною.

Для можливості розрахунку коефіцієнта точності нам потрібно знати середню точність обробки. Для цього потрібно скласти таблицю:

Таблиця 3.2 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Поверхні і розміри відповідного коефіцієнта	Кількість розмірів	Розрахунок
7	Отв. Ø14H7 (2 шт.)	2	7x2=14
12	Отв. Ø30H12 (2 шт.); Отв. Ø8,5H12 (5 шт.); Отв. Ø12H12 (5 шт.); Отв. Ø6H12 (4 шт.); Отв. Ø3,3H12 (8 шт.)	24	24x12=288
14	4 _{-0,2} (2); 83 ^{+0,5} (1);	4	4x14=56
±IT14/2	73±0,1 (1); 34±0,1 (4); 73±IT14/2 (1); 90±IT14/2 (4); 54±IT14/2 (1); 8±IT14/2 (3); 23±IT14/2 (2); 10±IT14/2 (5); 1,4±IT14/2 (2); 37±IT14/2 (1); 10±IT14/2 (2)	26	26x14=364
±IT12/2	38±0,1 (1); 34±0,1 (4); 53±0,1 (1); 33±0,1 (1); 74±0,1 (1)	8	8x14=266
	Сума:	64	834

$$T_{сер.} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{834}{63} = 13,03$$

$$K_{Т.о.} = 1 - \frac{1}{T_{сер.}} = 1 - \frac{1}{13,03} = 0,9233$$

У випадку, коли коефіцієнт точності обробки становить більше 0,8 - деталь вважається технологічною.

Для можливості розрахунку коефіцієнта шорсткості нам потрібно знати середню шорсткість оброблюваних поверхонь. Для цього потрібно скласти таблицю:

Таблиця 3.3 – Визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, Ra	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,63	2	0,63x2=1,26
3,2	13	3,2x13=41,6
20	23	20x23=460
Сума:	38	502,86

$$Ш_{сер.} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i} = \frac{502,86}{38} = 13,233$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{сер.}} = \frac{1}{13,233} = 0,0756$$

У випадку, коли коефіцієнт шорсткості становить менше ніж 0,32 - деталь вважається технологічною.

Висновок: провівши розрахунки та проаналізувавши їх результати остаточно робимо висновок , що ця деталь являється цілком технологічною. Отже, можна переходити до розробки технологічного процесу.

4 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

4.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки та визначення її розмірів [9]

Маючи робоче креслення деталі, враховуючи матеріал, масу та серійність виготовлення обираємо декілька найбільш сприятливих способів отримання заготовки заданої деталі: перший - використання сталюого полосового прокату, другий - використання квадратного гарячекатаного прутка. Це варіанти є досить економічно вигідним для перерахованих вище умов. За розмірами на виході отримана заготовка буде максимально наближеною до розмірів деталі і її форми [10].

4.1.1 Квадратний гарячекатаний пруток ГОСТ 2591-2006 [11]

Виготовляється прокат в прутках: якісна вуглецева сталь «Сталь 45» із довжиною прутка $2\div 6$ м. Номенклатура по стороні квадрата «а» (мм): 3,2; 6,0; 7,0... 90,0; 93,0; 95,0; 100,0; 105,0; ... 200,0.

При виборі ми будемо орієнтуватись на максимальні розміри кінцевої деталі і необхідність в обробці заготовки. Це потрібно для забезпечення чистових розмірів зовнішнього контуру. Оскільки подальші роботи із заготовкою будуть нерозривно пов'язані з обробкою системи отворів та внутрішніх порожнин деталі. Обраний матеріал - квадратний пруток - повинен відповідати розмірам максимального чистового розміру деталі - не менше 90x90 мм.

Користуючись рекомендація щодо вибору квадратного перерізу заготовки з розмірами 80-150 мм при необхідності розрізання необхідно на обробку торців залишити припуск $6,5\div 7,0$ мм для підрізання дисковою пилою Ø510, а також залишити припуск на обробку торців, для забезпечення чистових розмірів деталі 90x73x54 мм - 8,0 мм для довжини стрічки до 1 м. Першою заготовкою має бути відріз квадратного прутка з розмірами 100x100 мм. Для забезпечення подальшої механічної обробки заготовки в основному відділенні необхідно забезпечити отримання штучної заготовки шляхом механічної обробки основної заготовки для забезпечення розмірів $54+5\cdot 2+7=71$ мм: 5 мм закладений на припуск, який буде зніматись з поверхонь під

час механічної обробки для можливості досягнення заданого розміру 54 мм та отримання параметра $Ra=3,2$ мм; 7 мм – це ширина різку відрізною пилою при формуванні штучних заготовок.

Переходимо до вибору довжини прутка, з якого відрізною пилою у заготівельному відділенні будуть нарізатися штучні заготовки. Для цього розглянемо три варіанти довжини прутка: 1500 мм, 3500 мм, 6000 мм.

Обрахуємо кількість заготовок з одного прутка:

$$\frac{1500}{71} \approx 21,127 \text{ шт.}; \quad \frac{3500}{71} \approx 49,296 \text{ шт.}; \quad \frac{6000}{71} \approx 84,507 \text{ шт.}$$

Враховуючи мінімальний залишок від прутка обираємо довжину 1500 мм.

Остаточним вибором є пруток з розмірами: $a = 100$ мм, $L = 1500$ мм.

Характеристики та допуски заготовки:

- лімітоване відхилення на довжину прокату: до 4 м – «+3 мм»;
- притуплення кутів прокату із стороною квадрату $a = 100$ мм не повинно перевищувати: не більше 0,15 сторони квадрата;
- кривизна прокату не повинна перевищувати для a від 80 мм до 200 мм – від 0,2% до 0,5% довжини прутка;
- припустиме відхилення від прямого кута для розмірів a від 75 мм до 100 мм – 3 мм;
- припуск на різку та обробку торців – 7 мм для довжини до 1 м.

Позначення прутка:

$$\text{Квадрат} \frac{a100\text{ГОСТ}2591-2006}{\text{Сталь}45\text{ГОСТ}4543-71}$$

Заготовка (розміру) – 100x100x71мм.

Шорсткість поверхонь – $Ra=12,5$ мкм.

4.1.2 Гарячекатаний сталевий стрічковий прокат ГОСТ 103-2006 [12]

Із широкої номенклатури вибираємо поперечний переріз прокату із розмірами - ширина 80 мм, товщина 60 мм. Прокат із звичайною точністю виготовляється довжиною $L = 2 \div 6$ м. Відхилення по товщині в межах $^{+0,3}_{-2,4}$ мм; відхилення від площинності при довжині 1 метр та товщині 38÷80 мм не перевищує 10мм за умови

нормальної площинності; величина відхилення від прямого кута – 1,5 мм при умові товщини 40÷80 мм; відхилення по ширині лежить в межах $\begin{matrix} +0,7 \\ -1,6 \end{matrix}$ мм при ширині до 80 мм та при умові звичайної точності.

Визначення кількості заготовок аналогічно попередньому розрахунку:

$$\frac{2000}{117} \approx 17,094 \text{ шт.}; \quad \frac{3500}{117} \approx 29,915 \text{ шт.}; \quad \frac{6000}{117} \approx 51,282 \text{ шт.}$$

Віддаємо перевагу стрічці довжиною $L = 2000$ мм. При таких умовах ми отримаємо практично безвідходне виробництво, лише тільки потрібно провести корегування припусків для останньої заготовки, які будуть зніматися при механічній обробці.

Для цього варіанту отримання заготовки зупиняємось на остаточних розмірах заготовки – 117x80x60 мм при показниках шорсткості поверхонь – $Ra=12,5$ мкм.

4.2 Оформлення ескізів обох варіантів виготовлення заготовки

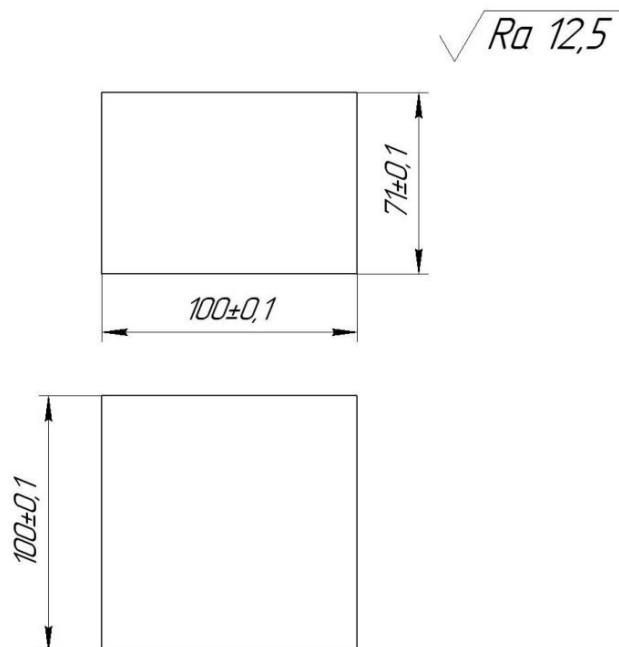


Рисунок 4.1 - Ескіз заготовки, отриманої з квадратного гарячекатаного прутка

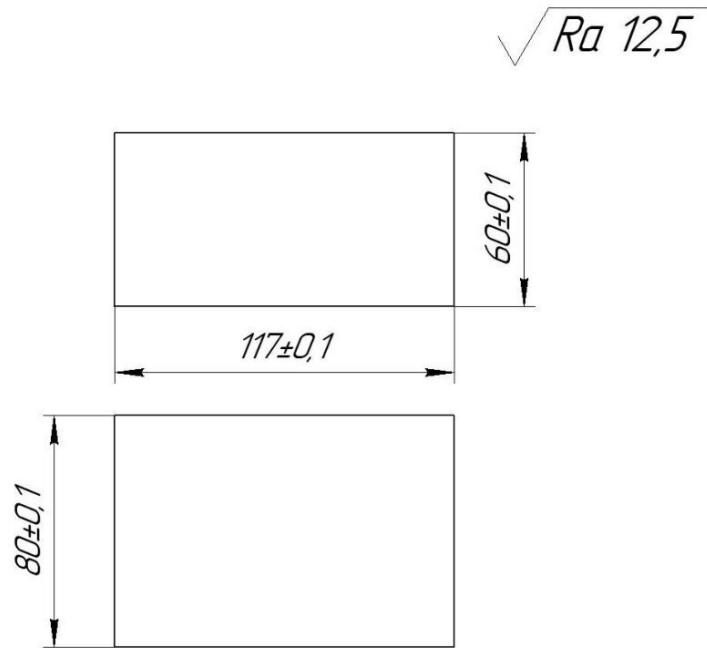


Рисунок 4.2 - Ескіз заготовки,
отриманої з гарячекатаного сталюого полосового прокату

4.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки

Розрахунок маси заготовки:

- Квадратний гарячекатаний пруток:

$$V_{\text{заг.стп.}} = 100 \cdot 100 \cdot 71 = 710000 \text{ мм}^3 = 710 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$m_{\text{заг.стп.}} = 710 \cdot 7,85 \cong 5,57 \text{ (кг)}$$

- Гарячекатаний сталюий полосовий прокат:

$$V_{\text{заг.пол.}} = 117 \cdot 80 \cdot 60 = 561600 \text{ мм}^3 = 561,6 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$m_{\text{заг.пол.}} = 561,6 \cdot 7,85 \cong 4,41 \text{ (кг)}$$

Розрахуємо коефіцієнти використання матеріалу:

Маса деталі - $m_{\partial} = 2,055$ (кг)

- для квадратного гарячекатаного прутка:

$$K_{\text{в.м.кв.}} = \frac{m_{\partial}}{m_{\text{заг.кв.}}} = \frac{2,055}{5,57} = 0,37$$

- для гарячекатаного сталюого полосового прокату:

$$K_{\text{в.м.спр.}} = \frac{m_{\partial}}{m_{\text{заг.спр.}}} = \frac{2,055}{4,41} = 0,47$$

4.4 Техніко-економічне порівняння обох варіантів отримання заготовок та вибір найраціональнішого

Вартість заготовки неодмінно впливає на собівартість виготовленої деталі. У випадку виготовлення деталі з прокату витрати по заготовці будуть визначатися по вазі прокату, який потрібний для виготовлення готової деталі та по вазі стружки, яка здається на переробку. При цьому враховується стандартна довжина заготовки:

$$M = m_3 \cdot S - (m_3 - m_{\text{дет.}}) \cdot \frac{S_{\text{відх.}}}{1000}, \text{ [Грн]} \quad (4.1)$$

де, m_3 - маса заготовки, кг.;

S - ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.;

$m_{\text{дет.}}$ - маса готової деталі, кг.;

$S_{\text{відх.}}$ - ціна 1 тони відходів, грн.

Перед початком роботи над заготовкою для механічної обробки в основному циклі виробництва її мають відрізати від цільного прутка або від цільної полоси відрізною пилою в заготівельному відділенні. Враховуючи це нам потрібно додатково обрахувати вартість операції відрізання.

Основний машинний час для заготівельного виробництва на розрізання сортового прокату обраховуємо за формулою:

$$T_o = \frac{l}{S_{xв.}} + \frac{l}{S_{з.х.}}, \quad (4.2)$$

де, l - довжина розрізання;

$S_{xв.}, S_{з.х.}$ - найімовірніші значення режимів різання;

$S_{xв.} = 90$ мм/хв. ; $S_{з.х.} = 5000$ мм/хв.

З наведеної формули та обрахованих режимів обробки ми маємо наближену формулу основного машинного часу:

$$T_o = 0,011 \cdot l, \quad (4.3)$$

Для здійснення одного розрізу квадратного гарячекатаного прутка:

$$T_{o.кв.} = 0,011 \cdot 71 = 0,78 \text{ (хв)}$$

Для здійснення одного розрізу гарячекатаного полосового прокату:

$$T_{o.пол.} = 0,011 \cdot 117 = 1,287 \text{ (хв)}$$

Обов'язково маємо врахувати вартість операції розрізання, яка складає 33,058 грн/год у 2023 році.

Вартість операції розрізання:

$$S_{розр.кв.} = \frac{1,21}{60} \cdot 0,781 \cdot 33,058 = 0,52 \text{ (грн)}$$

$$S_{розр.пол.} = \frac{1,21}{60} \cdot 1,287 \cdot 33,058 = 0,858 \text{ (грн)}$$

Для того, щоб розрізати пруток або полосу на штучні заготовки маємо зробити розмітку за довжиною. Розмітка однієї риски за допомогою лінійки і керна при довжині до 1500 мм нормується за величиною часу - 0,09 хв.

Тривалість розмітки для квадратного гарячекатаного прутка з довжиною 100 мм складає:

$$T_{розм.кв.1} = \frac{100 \cdot 0,09}{1500} = 0,0045 \text{ (хв)}$$

Для розмітки всього прутка довжиною $L=1500$ мм потрібно зробити 21 риску і загальний час розмітки всього прутка складає:

$$T_{розм.кв.L} = 0,0045 \cdot 21 = 0,0945 \text{ (хв)}$$

Для загальної програми випуску деталі $N=1500$ шт./рік необхідно $1500:21 \approx 72$ шт. прутків із довжиною 1500 мм кожний.

Для сталльної полоси тривалість розмітки аналогічна квадратному прутку довжина, оскільки складає 100 мм:

$$T_{розм.пол.1} = 0,0045 \text{ (хв)}$$

Для розмітки полоси довжиною $L=2000$ мм потрібно нанести 20 рисок і загальний час розмітки однієї полоси складає:

$$T_{\text{розм.пол.}_L} = 0,0045 \cdot 20 = 0,09 \text{ (хв)}$$

Для програми виготовлення $N = 1500$ шт./рік необхідно $1500 : 20 = 75$ шт. полос довжиною 2000 мм кожна.

Вартість розмітної операції однієї заготовки слюсарем-розмітником за допомогою лінійки складає 0,48 грн/хв.

$$S_{\text{розр.пол.}} = 0,48 \cdot 0,0045 = 0,00216 \text{ (грн)}$$

Остаточна повна вартість заготовок:

$$M_{\text{кв.}} = 5,57 \cdot \frac{33000 \cdot 3,47}{1000} - (5,57 - 2,045) \cdot 4 + 0,52 + 0,00216 = 652,44 \text{ (грн)}$$

$$M_{\text{пол.}} = 4,41 \cdot \frac{45000 \cdot 3,47}{1000} - (4,41 - 2,045) \cdot 4 + 0,858 + 0,00216 = 698,94 \text{ (грн)}$$

Висновок: зробивши порівняння результатів обрахунку вартості отримання заготовок робимо висновок, що з точки зору економічної доцільності більш вигідним та правильним рішенням буде прийняти варіант отримання заготовки, виготовлену із квадратного гарячекатаного прутка. За результатами розрахунків її вартість складає 652,44 грн. проти 698,94 грн. за альтернативний варіант отримання заготовки.

5 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва [13]

Корпусні деталі являються базовими елементами для різних виробів. В них встановлюються різноманітні механізми та деталі або складальні одиниці.

В основному, матеріалом для виготовлення різних деталей даного типу являється сірий чавун, рідше використовують вуглецеву або леговану сталь, ковкий чавун та сплави кольорових металів.

Вибір технологічних баз та послідовність обробки є відповідним етапом на етапі обробки корпусних деталей. Вибір технологічних баз повинен ґрунтуватися на результатах аналізу функціонального призначення поверхонь деталі, враховувати вимоги точності та точності їх взаємного розташування між собою. Для початку виділяють бази для обробки більшої частини поверхонь, а потім для виконання інших операцій.

Маршрут обробки корпусної деталі формується із основних етапів:

- обробка поверхонь, які застосовуються в якості технологічних баз;
- обробка взаємозв'язаних плоских поверхонь;
- обробка основних отворів;
- обробка кріпильних отворів;
- фінішна обробка плоских поверхонь та основних отворів (за необхідності).

Одна операція може включати різні етапи обробки, а також кожний етап може складатися з деякої кількості операцій.

Обробка зовнішніх поверхонь корпусних деталей забезпечується точінням, шліфуванням, фрезеруванням, протягуванням, струганням. Фрезерування являється більш розповсюдженим методом, тому що при умові дрібносерійного типу виробництва можна здійснити з використанням універсально-фрезерних верстатів обладнаних шпинделем вертикального або горизонтального розташування, а також на багатоцільових верстатах з ЧПК.

Обробку отворів реалізують в широкономенклатурному виробництві на розточувальних або свердлильних верстатах з ЧПК.

На горизонтально-розточувальних, вертикально-свердлильних та радіально-свердлильних верстатах обробляють кріпильні та подібні другорядні отвори, типу отворів під пробки, манометри і т.п.

Основними методами для фінішної обробки головних отворів є хонінгування, розвертання, тонке розточування тощо. Розвертання та розточування є найбільш розповсюдженими в умовах одиничного та серійного виробництва.

Висновок: скористаємося даними типовими рекомендаціями при розробці технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

5.2 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки

Щоб отримати необхідні характеристики точності можемо отримати необхідну кількість переходів для механічної обробки декількома способами:

- з таблиці економічної доцільності;
- за формулами загального уточнення.

Дана деталь має дві групи поверхонь, для яких потрібні декілька переходів обробки: 6 зовнішніх граней заготовки при $Ra=3,2$ мкм; 2 отвори $\varnothing 14H7$ при $Ra=0,63$ мкм.

За таблицями економічної доцільності в першому розділі ми визначили кількість переходів і способів механічної обробки для зазначених переходів: для шести зовнішніх граней обрали фрезерування; для отв. $\varnothing 14H7$ обрали 4 переходи обробки: свердління, зенкерування, двократне розгортання (обробка в суцільному металі).

Проведемо перевірку попереднього призначення та необхідної кількості переходів обробки отворів $\varnothing 14H7$ за формулами загального уточнення.

$$\xi_{\Sigma}^{\xi} = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}}, \quad (5.1)$$

де, $T_{заг.}$, $T_{дет.}$ - відповідно, допуски на розмір заготовки та остаточно обробленої поверхні деталі; $T_{заг.} = 150$ мкм, $T_{дет.} = 18$ мкм.

$$\xi_{\Sigma}^{\xi} = \frac{150}{18} = 8,33$$

Допускаємо, що це уточнення може бути досягнуто за три переходи обробки. Тому приймаємо:

$$\xi_1 = 3; \xi_2 = 2; \xi_3 = 1,5$$

Визначимо уточнення, яке буде досягатись на останньому переході обробки:

$$\xi_3' = \frac{\xi_{\Sigma}^{\xi}}{\xi_1 \cdot \xi_2} = 1,39$$

Визначимо розрахункові величини допусків на технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{T_{заг.}}{\xi_1} = \frac{150}{3} = 50 \text{ (мкм)},$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\xi_2} = 25 \text{ (мкм)},$$

$$T_3 = T_{дет.} = \frac{T_2}{\xi_3'} = \frac{25}{1,39} = 17,98 \text{ (мкм) (IT7)}$$

Отримані значення допусків на технологічні розміри, що будуть забезпечуватись на перших двох переходах, знімаємо до найближчих значень за нормативними показниками. Таким чином, остаточно:

$$T_1 = 70 \text{ (мкм) (H10)}, T_2 = 27 \text{ (мкм) (H8)}$$

Способи механічної обробки отворів залишаються такими, які були обрані в першому розділі:

- зенкерування;
- розгортання попереднє;
- розгортання чистове.

Після попереднього засвердлювання в суцільному металі перераховані способи забезпечать задані параметри точності та величину шорсткості поверхні двох отворів $\text{Ø}14\text{H}7$, $Ra=0,63$ мкм.

Також в цій деталі потрібно обробити ще шість зовнішніх площин з забезпеченням параметру якості та точності $Ra=3,2$ мкм і $T=12$. Від цих площин не залежить службове призначення деталі. Тільки одна площина буде використана в якості установної бази під час обробки внутрішніх порожнин. Приймаємо:

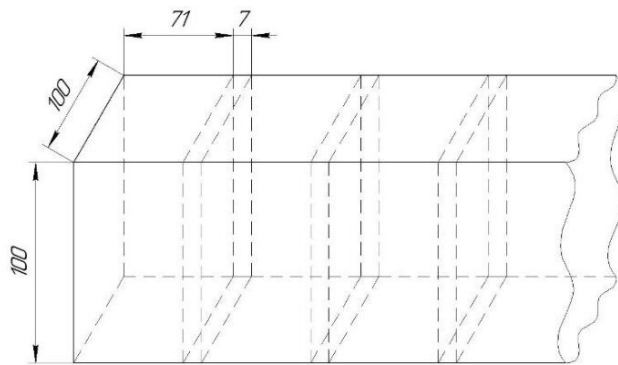


Рисунок 5.1 – Спосіб отримання штучних заготовок з квадратного гарячекатаного прутка

З довжини квадратного гарячекатаного прутка стандартного квадратного перетину 100x100 мм дисковою пилою нарізаються заготовки товщиною 71 мм (7 мм

складає ширина розрізу). В результаті цього обробці підлягатимуть 2 площини 100x100 мм - вони відносяться до площини розрізу та 4 площини з розмірами 100x71 мм.

Припущення, які знімаються під час обробки:

$$\frac{(100-71)}{2} = 13,5 \text{ (мм)}; \frac{(100-90)}{2} = 5 \text{ (мм)}; \frac{(71-54)}{2} = 8,5 \text{ (мм)}$$

На сторону квадрата 100x100 мм дається допуск «-1,7» мм. Після відрізання може досягнути «-1,0» мм. Визначаємо загальні уточнення:

$$\xi_{\Sigma_1} = \frac{T_{заг.1}}{T_{дет.1}} = \frac{1700}{300} = 5,67; \xi_{\Sigma_2} = \frac{T_{заг.2}}{T_{дет.2}} = \frac{1700}{350} = 4,86; \xi_{\Sigma_3} = \frac{T_{заг.3}}{T_{дет.3}} = \frac{1000}{300} = 3,33$$

де, $T_{дет.}$ - допуски на виготовлення деталі по 12-му квалітету точності.

Такі уточнення можуть бути при двоперехідній та трьохперехідній обробці. Приймаємо: $\xi_1 = 5$; $\xi_2 = \xi_3 = 3$. Розрахуємо уточнення, яке забезпечиться на останньому переході:

$$\xi' = \frac{\xi_{\Sigma_1}}{\xi_1} = \frac{5,67}{5} = 1,134; \xi'' = \frac{\xi_{\Sigma_2}}{\xi_1} = \frac{4,86}{3} = 1,62; \xi''' = \frac{\xi_{\Sigma_3}}{\xi_3} = \frac{3,33}{3} = 1,11$$

Розрахуємо значення допусків технологічних розмірів:

$$T_1' = \frac{T_{заг.1}}{\xi_1} = \frac{1700}{5} = 340 \text{ (мкм)}; T_1'' = \frac{T_{заг.2}}{\xi_1} = \frac{1700}{3} = 566,66 \text{ (мкм)};$$

$$T_2' = \frac{T_1'}{\xi'} = \frac{340}{1,134} = 299,32 \text{ (мкм)}; T_3' = \frac{T_1''}{\xi''} = \frac{566,66}{1,62} = 349,79 \text{ (мкм)};$$

$$T_1''' = \frac{T_{заг.3}}{\xi_2} = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ (мкм)}; T_4' = \frac{T_1'''}{\xi'''} = \frac{333,3}{1,11} = 300,27 \text{ (мкм)}$$

Розрахунки показують, що два переходи обробки фрезеруванням, які ми прийняли, ми досягаємо бажану точність двох груп площин. Розрахунки показали високу відповідність нормативним значенням:

$$T_{ост.73} = 300 \text{ (мкм) (h12)}; T_{ост.90} = 350 \text{ (мкм) (h12)} \text{ або } T_{ост.54} = 300 \text{ (мкм) (h12)}$$

Враховуючи всі розрахунки, технологічний маршрут обробки на операції 005 буде таким:

Площини 2, 4:

- фрезерування попереднє;
- фрезерування напівчистове;
- фрезерування остаточне (чистове).

Площини 1, 3, 5, 6:

- фрезерування попереднє;
- фрезерування остаточне (чистове).

5.3 Вибір чистових технологічних баз

Мінімізувати похибку базування - основна задача, яка постає при виборі чистових технологічних баз.

В розділі 2 було сказано, що деталь має форму паралелепіпеда. Грані плануємо обробляти начисто на першій операції. Всі вони можуть виконувати роль базових поверхонь. Другій операція пов'язана з обробкою всіх внутрішніх отворів та порожнин, а також кріпильних отворів. На цій операції використовується багатоінструментальний верстат з ЧПК з поворотним столом. Всі отвори будуть оброблятися на чотирьох гранях деталі, які розташовані одна до одної під кутом 90°.

Чистою технологічною базою будуть використовуватися вільні від обробки грані деталі з розмірами 73x90 мм.

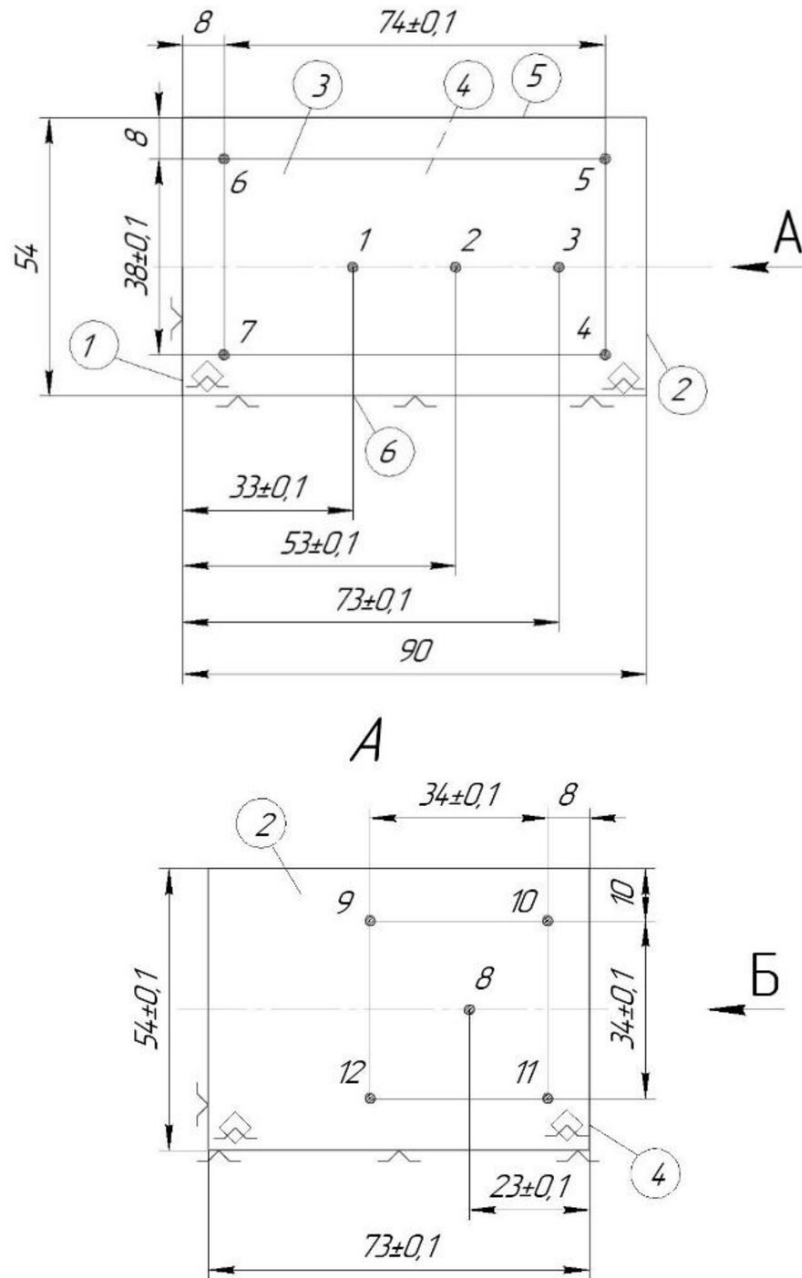


Рисунок 5.2 - Схема базування деталі на операції 010

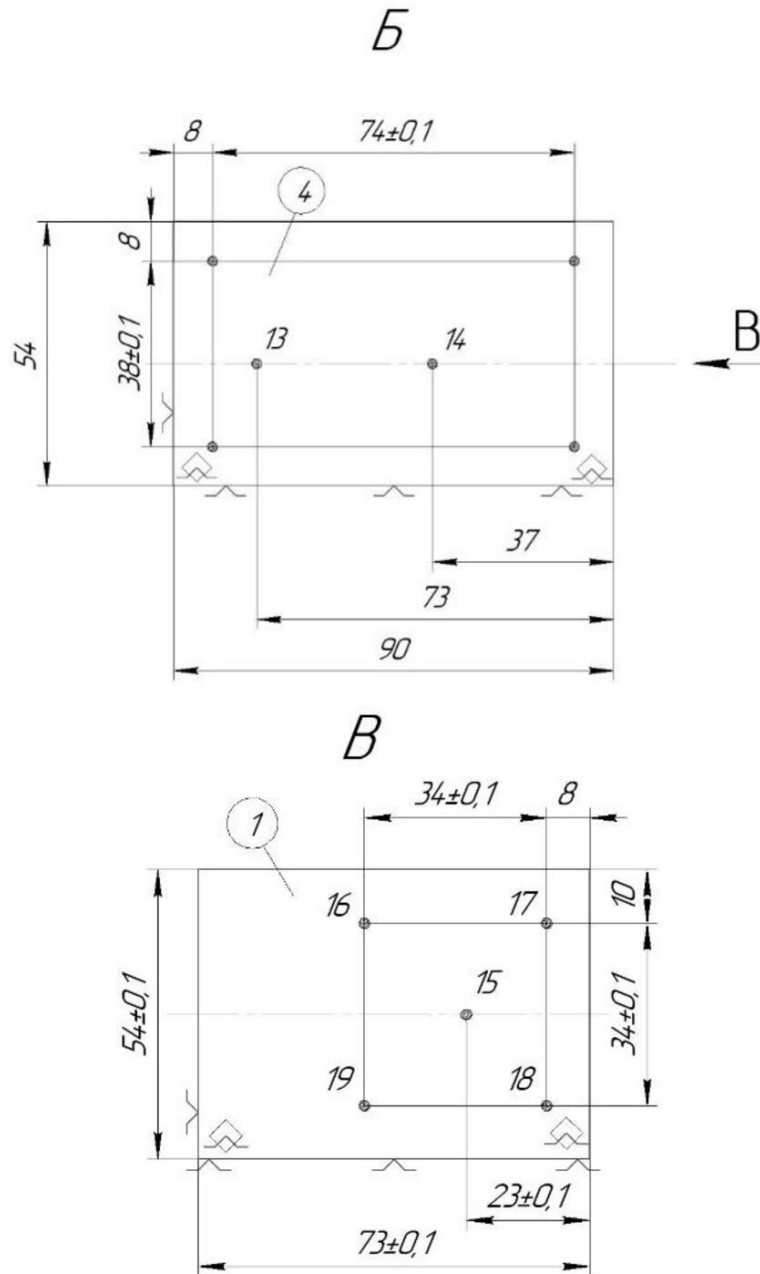


Рисунок 5.3 - Схема базування деталі на операції 010 (продовження)

Аналізуючи схеми базування на операції 010 щодо виконання поставлених умов заданих на робочому кресленні деталі: (·)1÷19 – центри, з яких здійснюється обробка поверхонь.

- положення поворотного столу верстата в положенні 0° . Обробка отворів з центрів (·) 1-7. На розміри $33\pm 0,1$, $53\pm 0,1$, $73\pm 0,1$, 8 похибка базування відсутня – принцип суміщення баз (упорна та вимірювальна);

- міжцентрові відстані на кріпильні отвори (центри (·)) 4-7 забезпечуються за рахунок програми управління верстатом з ЧПК (розміри $78\pm 0,1$, $38\pm 0,1$);
- положення поворотного столу 90° . Обробка отворів з центрів (·) 8-12. Розміри 23, $34\pm 0,1$, $34\pm 0,1$ похибка відсутня – суміщення баз (установочної та вимірювальної);
- положення поворотного столу 180° . Обробка отворів 13, 14. Розміри 37, 73 забезпечується суміщення упорної та вимірювальної баз;
- вимогу до паралельності і перпендикулярності поверхонь забезпечують – обробка здійснюється за один установ.
- положення поворотного столу 270° . Обробка отворів 15-19. Розміри 10, $34\pm 0,1$, $34\pm 0,1$, 8 – розмір 8 за рахунок суміщення, всі інші за рахунок програми управління верстатом з ЧПК.

Запропонована схема базування на чистові бази повністю прийнятлива для забезпечення необхідних параметрів точності обробки деталі.

5.4 Вибір чорнових технологічних баз

На операції 005 чистовій обробці підлягають шість зовнішніх граней деталі. Обробку будемо проводити на універсальному фрезерному верстаті, який обладнано горизонтальним розташуванням шпинделя за декілька установ при використанні поворотного пристосування. За рахунок цього за кожний установ буде оброблятися дві протилежні площини. Підвід інструмента до чотирьох площин буде неможливим, оскільки будуть заважати затискні елементи. Чорнові бази будемо змінювати тричі в процесі переустановлення заготовок. При такій обробці зможемо досягти лінійних розмірів та забезпечити необхідні вимоги паралельності відносно кожної з пар протилежних поверхонь.

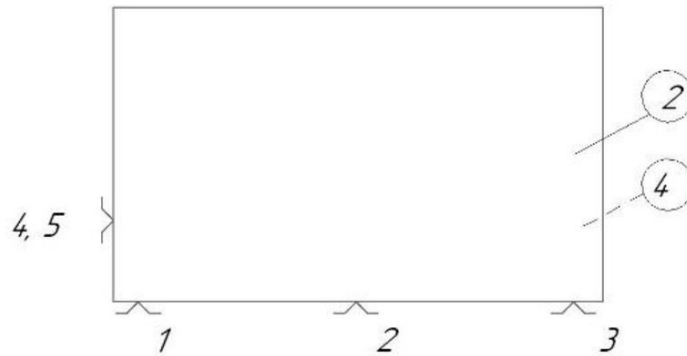


Рисунок 5.4 - Схема встановлення деталі на чорнові бази

5.5 Орієнтовний вибір інструменту та вибір обладнання

Для розроблення технологічного процесу обробки маємо зорієнтуватися щодо типу та моделі необхідного обладнання. Основним при виборі є технологічні можливості обладнання. В попередніх розділах є послідовність обробки поверхонь і необхідний тип обладнання.

Для операції 005 задіємо горизонтально-фрезерний універсальний верстат. Попередню зупинимо вибір на верстаті моделі 6Н80Г у якого довжина столу 630 мм, ширина 160 мм, найбільше повздовжнє переміщення столу 400 мм і обладнаний приводом головного руху потужністю 1,5 кВт. Обробку здійснимо пакетом заготовок у кількості чотири штуки. На столі верстата будемо закріплювати поворотне пристосування, а затиск пакету заготовок будемо забезпечувати за допомогою прижимної планки. За рахунок поворотного пристосування в одному установі будемо обробляти дві протилежні грані заготовки, а потім будемо змінювати установи ще два рази. Обробку буде проводити торцевою фразу.

Для операції 010 потрібно використовувати інструменти для обробки отворів. Обираємо наступні:

- для обробки комплекту поверхонь з центрами (·) 1, 2, 3: свердло для центрування (1 шт.); свердло для засвердлювання 3-х отворів Ø8,5 для роботи в умовах глибокого свердління (1 шт.); зенківка циліндрична для отворів під ущільнення Ø12 (1 шт.); зенківка конічна для обробки фаски в отв. Ø8,5 (1 шт.); мітчик машинний для нарізання метричної різі М10х1,5 (1 шт.);

- для обробки комплексу поверхонь з центрами в (·) 8, 15: свердло для попереднього засвердлювання під остаточний розмір $\varnothing 14H7$ (1 шт.); свердло для засвердлювання під остаточний розмір $\varnothing 14H7$ або для цієї роботи зенкер (1 шт.); зенківка циліндрична для обробки отворів під ущільнення $\varnothing 30H12$ (1 шт.); розгортки чорнова та чистова для досягнення остаточного розміру $\varnothing 14H7$ (2 шт.); зенківка конічна для обробки фасок у отв. $\varnothing 14H7$ (1 шт.);

- для обробки 4 отв. $\varnothing 6H12$: свердло глибокого свердління (1 шт.);

- для обробки 8 різевих отв. $M4 \times 0,7$: свердло для центрування (1 шт.); свердло для обробки вказаних отворів (1 шт.).

Всього потрібно використати 14 найменувань різального інструмента.

До складу технологічного процесу необхідно ввести ще одну операцію – 015 – слюсарну. В 8-ми отв. $M4 \times 0,7$ потрібно застосувати мітчик, який не входить до складу машинних. Крім того, в технічних вимогах закладена необхідність притупити всі гострі кромки – це буде стосуватися зовнішніх граней деталі.

Для виконання операції 010 плануємо використати багатоінструментальний верстат з ЧПК відповідно оснащеним магазином інструментів, пристроїв їх автоматичної заміни та поворотним столом. Попередньо обираємо багатоцільовий верстат з горизонтальним столом та поворотним столом моделі 2204ВМФ2, який має такі характеристики: робоча поверхня столу – 400×500 мм.; поворотна частина столу – 630 мм.; переміщення столу повздовжнє – 500 мм.; відстань від творця шпинделя до середини столу – $\min 200$ мм, $\max 700$ мм; відстань від осі шпинделя до площини столу – $\min 80$ мм, $\max 580$ мм; потужність приводу - 6,3 кВт; ємність магазину інструментів - 30 шт.; позиційний тип системи ЧПК (Ф2); технологічні можливості верстата: фрезерна, свердлильна та розточувальна обробка.

Обробку на верстаті плануємо вести на чотирьох заготовках розташованих діаметрально на поворотному столі. Для організації процесу обробки отворів на чотирьох гранях знадобиться два установи деталей.

5.6 Проектування маршруту механічної обробки

Таблиця 5.1 – Маршрут механічної обробки

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
<p>005 Горизонтально-фрезерна Установ А, позиція 0° 1.Фрезерувати попередньо пов. 1 в пакеті заготовок 2.Фрезерувати попередньо пов. 1 в пакеті заготовок 3.Фрезерувати остаточно пов. 1 в пакеті заготовок 4.Повернути пристосування на 180° Установ А, позиція 180° 5.Фрезерувати попередньо пов. 2 в пакеті заготовок 6.Фрезерувати попередньо пов. 2 в пакеті заготовок 7.Фрезерувати остаточно пов. 2 в пакеті заготовок 8. Перевстановити пакет заготовок Установ Б, позиція 0° 1.Фрезерувати попередньо пов. 3 в пакеті заготовок 2.Фрезерувати попередньо пов. 3 в пакеті заготовок 3.Фрезерувати остаточно пов. 3 в пакеті заготовок 4.Повернути пристосування на 180° Установ Б, позиція 180° 5.Фрезерувати попередньо пов. 4 в пакеті заготовок 6.Фрезерувати попередньо пов. 4 в пакеті заготовок 7.Фрезерувати остаточно пов. 4 в пакеті заготовок 8. Перевстановити пакет заготовок Установ В, позиція 0° 1.Фрезерувати попередньо пов. 5 в пакеті заготовок 2.Фрезерувати попередньо пов. 5 в пакеті заготовок 3.Фрезерувати остаточно пов. 5 в пакеті заготовок Установ В, позиція 180° 4.Фрезерувати попередньо пов. 6 в пакеті заготовок 5.Фрезерувати попередньо пов. 6 в пакеті заготовок 6.Фрезерувати остаточно пов. 6 в пакеті заготовок</p>	<p>The technical drawings illustrate the layout of workpieces on a table for six different operations. Each drawing includes dimensions and labels for the workpiece position and the machine setup.</p> <ul style="list-style-type: none"> Operation 1: Position 0°, Setup A (from top view), Ra 3.2. Dimensions: 87.5 (width), 71 (offset), 284 (total length). Operation 2: Position 180°. Dimensions: 73 (width), 71 (offset), 284 (total length). Operation 3: Position 0°, Setup B, Ra 3.2. Dimensions: 62.5 (width), 73 (offset), 292 (total length). Operation 4: Position 180°. Dimensions: 54 (width), 73 (offset), 292 (total length). Operation 5: Position 0°, Setup B, Ra 3.2. Dimensions: 95 (width), 71 (offset), 284 (total length). Operation 6: Position 180°. Dimensions: 90 (width), 71 (offset), 284 (total length). 	<p>Горизонтально-фрезерний мод. 6Н80Г</p>

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
<p>010 Багатоцільова з ЧПК</p> <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 13, 14 з дотриманням розмірів 73 мм, 37 мм 2. Свердлити отв. 14 наскрізно, отв. 13 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$ та $59^{+0,5}$ мм 3. Зенкувати в отв. 13, 14 отв. $\varnothing 12$ 4. Зенкувати фаски в отв. 13, 14 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$ 5. Нарізати різь в отв. 13, 14 з дотриманням розмірів M10x1,5, 10 мм 6. Центрувати 4 отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розмірів 8, $74 \pm 0,1$ та $38 \pm 0,1$ мм 7. Свердлити 4 отв. 4, 5, 6, 7 наскрізно 8. Зенкувати фаски 4 отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$ 9. Перевстановити деталі на поворотному столі <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 15 з дотриманням розміру 23 2. Свердлити отв. 15 з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ мм та $\varnothing 11,8$ 3. Зенкувати отв. $\varnothing 30H12$ з дотриманням довжини $4_{-0,2}$ 4. Зенкувати отв. $\varnothing 13,8$ з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ 5. Розвернути попередньо отв. $\varnothing 13,8$ до розміру $\varnothing 13,96$ з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ 6. Розвернути остаточно отв. $\varnothing 14H7$ з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ 		<p>Багатоцільовий верстат з ЧПК мод. 2204ВМФ2</p>

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
<p>7. Зенкувати фаску в отв. $\text{Ø}14\text{H}7$ дотримуючись розміру $0,5 \times 45^\circ$</p> <p>8. Центрувати 4 отв. 16, 17, 18, 19 з дотриманням розмірів 8, $34 \pm 0,1$ та $34 \pm 0,1$ мм</p> <p>9. Свердлити 16, 17, 18, 19 з дотриманням розмірів $\text{Ø}3,3$, 5 мм</p> <p>10. Перевстановити деталі на поворотному столі</p> <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 3</p> <p>1. Центрувати отв. 1 та 3 з дотриманням розмірів $33 \pm 0,1$ та $73 \pm 0,1$ мм</p> <p>2. Свердлити отв. 1 та 3 з дотриманням розмірів $\text{Ø}8,5$, $32^{+0,5}$ та $59^{+0,5}$</p> <p>3. Зенкувати в отв. 1 та 3 отв. $\text{Ø}12$ дотримуючись розміру $1,4$ мм</p> <p>4. Зенкувати фаску в отв. 1 та 3 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$</p> <p>5. Нарізати різь в отв. 1 та 3 з дотриманням розмірів $\text{M}10 \times 1,5$ та 10 мм</p> <p>6. Зенкувати фаску в 4-х отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$</p> <p>7. Зняти заготовки з поворотного столу</p> <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 2</p> <p>1. Центрувати отв. 8 з дотриманням розміру 23</p> <p>2. Свердлити отв. 8 з дотриманням довжини $83^{+0,5}$ мм та $\text{Ø}11,8$</p> <p>3. Зенкувати отв. $\text{Ø}30\text{H}12$ з дотриманням довжини $4_{-0,2}$</p> <p>4. Зенкувати отв. $\text{Ø}13,8$ з дотриманням довжини $83^{+0,5}$</p>	<p>The technical drawing shows a mechanical part with the following features and dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Section B-B: A cross-sectional view showing three vertical holes. The top hole has a chamfered edge with a 3 mm radius. The distance between the centerlines of the top two holes is $32^{+0,15}$ mm, and the distance between the centerline of the top hole and the centerline of the bottom hole is $59^{+0,5}$ mm. Top View: Shows a rectangular plate with overall dimensions 90×54 mm. The distance between the centerlines of the top two holes is $73 \pm 0,1$ mm, and the distance between the centerline of the top hole and the centerline of the bottom hole is $53 \pm 0,1$ mm. The distance between the centerlines of the bottom two holes is $33 \pm 0,1$ mm. The distance from the left edge to the centerline of the leftmost hole is $74 \pm 0,1$ mm. The distance from the right edge to the centerline of the rightmost hole is 8 mm. The distance from the top edge to the centerline of the top hole is $38 \pm 0,1$ mm. The distance from the bottom edge to the centerline of the bottom hole is 8 mm. The holes are numbered 1 through 7. Section A (2:1): A detailed view of a hole with a chamfered edge. The chamfer angle is 45° and the chamfer width is $1,4$ mm. The hole has a diameter of $\text{Ø}12$ and a thread of $\text{M}10 \times 1,5$. The distance from the chamfered edge to the start of the thread is 10 mm. The diameter of the hole at the start of the thread is $\text{Ø}8,5$. 	

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
<p>5. Розвернути попередньо отв. $\varnothing 13,8$ до розміру $\varnothing 13,96$ з дотриманням довжини $83^{+0,5}$</p> <p>6. Розвернути остаточно отв. $\varnothing 14H7$ з дотриманням довжини $83^{+0,5}$</p> <p>7. Зенкувати фаску в отв. $\varnothing 14H7$ дотримуючись розміру $0,5 \times 45^\circ$</p> <p>8. Центрувати 4 отв. 9, 10, 11, 12 з дотриманням розмірів 8, $34 \pm 0,1$ та $34 \pm 0,1$ мм</p> <p>9. Свердлити 9, 10, 11, 29 з дотриманням розмірів $\varnothing 3,3$, 5 мм</p> <p>10. Зняти деталі з поворотного столу</p>		Слюсарний стіл
<p>015 Слюсарна</p> <p>1. Розсвердлити фаски $0,3 \times 60^\circ$ у 8 отв. $\varnothing 3,3$</p> <p>2. Нарізати різі $M4 \times 0,7$ у 8 отв. $\varnothing 3,3$</p> <p>3. Притупити гострі кромки зовнішніх поверхонь фаскою $1 \times 45^\circ$</p>		Слюсарний стіл оснащений настільно-свердлильним верстатом, набором малих сверدل, мітчикотримачем і мітчиком $M4 \times 0,7$

5.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

5.7.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Вибір розташування технологічних розмірів робимо так, щоб забезпечувалась розмірна прив'язка поверхонь що обробляються з поверхнями, що не обробляються, а також визначають взаємне розміщення поверхонь, які обробляються, між собою.

При співпадинні конструкторських і технологічних баз похибка базування відсутня. Немає необхідності робити додаткові розрахунки, щоб визначити технологічні розміри.

Розроблений технологічний процес включає три операції – 005, 010 та 015.

На операції 005 формуємо зовнішні розміри деталі. Всі протилежні площини (грані) пов'язані розмірами із квалітетом точності $\pm IT12/2$. Для досягнення можна обійтися обробкою в один прохід. Вимога чистоти складає $Ra=3,2$ мкм, тому необхідна попередня та остаточна обробка. Також на заготовці необхідно забезпечити припуски. Обробку забезпечимо на універсальному фрезерному верстаті. Точність розмірів забезпечимо ручним вимірюванням з ручним підналагоджуванням інструмента. Розмірний аналіз дає можливість вийти на розміри заготовки.

На операції 010 проводимо обробку всіх внутрішніх порожнин - отвори, більшість з яких - глухі. Відстані розташування вісей отворів пов'язані або мають прив'язки до певних зовнішніх площин розмірами 0,1 або 0,5 мм. Операцію виконуємо на багатоцільовому верстаті з ЧПК, в якого точність позиціонування робочих органів складає 0,01 мм. Будь-який лінійний розмір досягається точніше, ніж це задано кресленням. Рух столу із заготовками буде здійснюватися з точністю позиціонування – 0,01 мм. Розмірного аналізу не потрібно.

Операцію 015 з розгляду знімаємо, бо це слюсарна операція і виконується слюсарем в ручному режимі. На першому переході обробляються різеві отвори, А на другому переході напильником знімаються фаски з периферії зовнішнього контури деталі.

5.7.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів. Розмірна схема технологічного процесу

Розглянемо операцію 005, а саме переходи, на яких досягається розмір $90h12$. Для цього необхідно побудувати розмірну схему технологічного процесу на вказаних переходах.

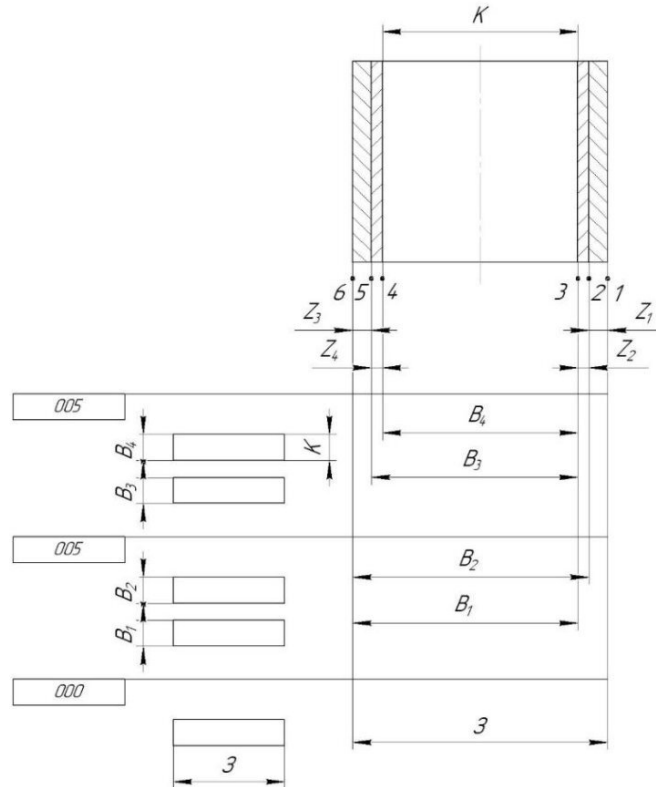


Рисунок 5.5 – Розмірна схема ТП на операції 005

Попередньо визначаємо допуски:

$T(B_4)=T(K)=0,35$ мм; h14 (на чистовий розмір після зняття чистового припуску Z_4);

$T(B_1)=1,2$ мм; h15 (розмір після зняття першого чорнового припуску Z_1);

$T(B_2)=0,74$ мм; h14 (розмір після зняття першого чистового припуску Z_2);

$T(B_3)=0,46$ мм; h15 (розмір після зняття другого чорнового припуску Z_3);

$T(З)=1,75$ мм за ГОСТ 103-2006 для прийнятого квадратного прокату зі стороною 10 мм: $\pm 1,75$ мм.

5.7.3 Похідний, вихідний граfi-дерева, суміщений граф

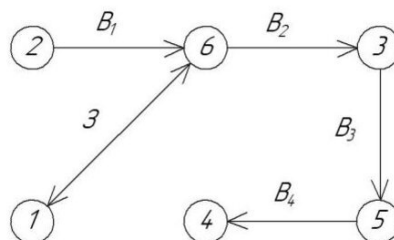


Рисунок 5.6 – Похідний граfi-дерево

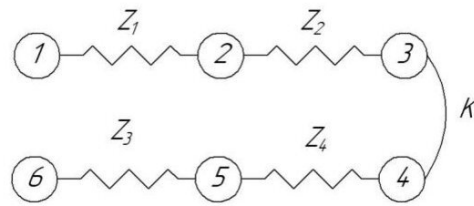


Рисунок 5.7 – Вихідний граф-дерево

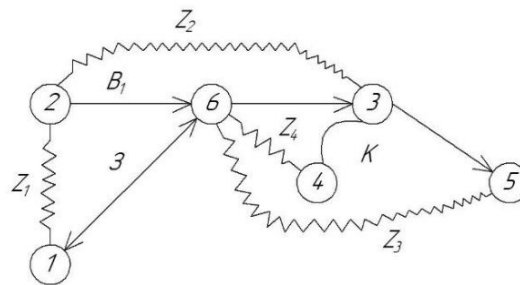


Рисунок 5.8 – Суміщений граф

5.7.4 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 5.2 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідні рівняння	Розмір, що визначається
1. $B_4 - K = 0$	$K = B_4$	B_4
2. $B_3 - B_4 - Z_4 = 0$	$Z_4 = B_3 - B_4$	B_3
3. $B_2 - B_3 - Z_3 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_3$	B_2
4. $B_1 - B_2 - Z_2 = 0$	$Z_2 = B_2 - B_1$	B_1
5. $3 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = 3 - B_1$	3

5.7.5 Визначення проміжних мінімальних пропусків на механічну обробку

плоских поверхонь

Визначаємо за формулою:

$$Z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_i \quad (5.2)$$

Для гарячекатаного сталюого квадратного прокату, з якого відрізаються штучні заготовки:

- попередня обробка: $R_z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм.

- чистове торцеве фрезерування: $R_z = 10$ мкм, $T = 15$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень під час обробки торцевих поверхонь:

$$\rho = 0,08 \text{ (мкм/1м довжини)}$$

Похибка встановлення:

$$\xi_{\text{вст}} = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{np}}^2} \quad (5.3)$$

- похибка базування $\xi_{\delta} = 0$ - при суміщенні установної та вимірювальної баз;
- похибка закріплення $\xi_3 = 0$ - застосовуємо пневматичний затискний пристрій;
- похибка положення заготовки в пристосуванні - $\xi_{\text{np}} = 0,05$ мм.

$$Z_{\text{min}_1} = 50 + 50 + 0,08 + 50 = 150,08 \text{ мкм}$$

$$Z_{\text{min}_2} = 10 + 15 + 0,08 + 50 = 75,08 \text{ мкм}$$

Приймаємо на попередню обробку $Z_{\text{min}} = 0,15$ мм та на остаточну обробку $Z_{\text{min}} = 0,07$ мм.

Таким чином, $Z_{1\text{min}} = Z_{3\text{min}} = 0,16$ мм, $Z_{2\text{min}} = Z_{4\text{min}} = 0,08$ мм.

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

$$1. K = B_4 = 90_{-0,35} = B_{4\text{ном}}$$

$$B_{4\text{min}} = 90_{-0,35} = 89,65 \text{ мм}$$

$$B_{4\text{max}} = 90,00 \text{ мм}$$

$$2. Z_4 = B_3 - B_4$$

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

$$B_{3\text{min}} = B_{4\text{max}} + Z_{4\text{min}} = 90,00 + 0,08 = 90,08 \text{ мм}$$

$$B_{3\text{max}} = B_{3\text{min}} + \delta = 90,08 + 1,4 = 91,48 \text{ мм}$$

$$Z_{4\text{max}} = B_{3\text{max}} - B_{4\text{min}} = 91,48 - 89,65 = 1,83 \text{ мм}$$

$$B_{3\text{ном}} = 91,48_{-1,4} \text{ мм}$$

$$3. B_2 - B_3 - Z_3 = 0$$

$$Z_3 = B_2 - B_3$$

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

$$B_{2\min} = B_{3\max} + Z_{3\min} = 91,48 + 0,16 = 91,64 \text{ мм}$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + \delta = 91,64 + 1,4 = 93,04 \text{ мм}$$

$$Z_{3\max} = B_{2\min} - B_{3\min} = 93,04 - 90,08 = 2,96 \text{ мм}$$

$$B_{2\text{nom}} = 93,04_{-1,4}$$

$$4. B_1 - B_2 - Z_2 = 0$$

$$Z_2 = B_1 - B_2$$

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

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{2\min} = 91,64 + 0,08 = 91,72 \text{ мм}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + \delta = 91,72 + 1,4 = 93,12 \text{ мм}$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 93,12 - 91,64 = 1,48 \text{ мм}$$

$$B_{2\text{nom}} = 93,12_{-1,4}$$

$$5. 3 - B_1 - Z_1 = 0$$

$$Z_1 = 3 - B_1$$

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

$$3_{\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 93,12 + 0,16 = 93,28 \text{ мм}$$

$$3_{\max} = 3_{\min} + \delta = 93,28 + 3,5 = 96,78 \text{ мм}$$

$$Z_{1\max} = 3_{\max} - B_{1\min} = 96,78 - 91,72 = 5,06 \text{ мм}$$

$$3_{\text{nom}} = 96,78 \pm 1,75$$

Отримані результати розрахунків заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку розмірних ланцюгів

Технологічні розміри	3	B1	B2	B3	B4
Попередні значення допусків розмірів, мм	3,5	1,4	1,4	1,4	0,35
Квалітет точності допусків розмірів, мм	-	h15	h15	h15	h14
Прийняті значення допусків розмірів, мм	3,5	1,4	1,4	1,4	0,74
Номінальні розміри, мм	96,78±1,75	93,12 _{-1,4}	93,04 _{-1,4}	91,48 _{-1,4}	90 _{-0,35}

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку граничних значень припусків

Припуски, мм		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
Граничні розміри	Z_{\min}	0,16	0,08	0,16	0,08
	Z_{\max}	5,06	1,48	2,96	1,83

Висновок: розрахункові рівняння відповідають 2-х або 3-х ланковим ланцюгам і дозволяють точно визначити максимальні припуски та технологічні розміри вихідної заготовки. Однак, неспівпадіння припусків прийнятих у процесі проектування заготовки та результати отриманих в цьому розділі показують, що маршрут механічної обробки не потрібно корегувати, а відносно припусків – потрібне корегування допусків розмірів.

5.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Виконаємо розрахунок для найбільш точної поверхні – отвір $\varnothing 14H7$.

За вихідними даними заготовка відрізається від гарячекатаного квадратного прутка і всі площини фрезеруються начисто.

Технологічний маршрут обробки включає свердління; зенкування; розгортання попереднє; розгортання остаточне. Обробка абсолютно усіх поверхонь виконується за один установ деталі. Базування здійснюється по установчій площині 90x54 мм, з упором – 73x54 мм.

Результати розрахунків припусків на обробку отвору $\varnothing 14H7$ показані у таблиці 5.5. У ній послідовно зазначено технологічний маршрут обробки та всі елементи припуску:

Таблиця 5.5 – Розрахунок припусків та граничних розмірів на обробку отв. Ø14H7

Технологічні переходи обробки отв. Ø14H7	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ξ				D_{\min}	D_{\max}	min	max
Заготовка	20	30	79,4	-	-	13,618	150 (H12)	13,468	13,618	-	-
Зенкерування	15	25	0,4	-	2·129,4	13,877	70 (H10)	13,747	13,817	199	279
Розгортання попереднє	10	20	0,16	-	2·40,4	13,958	27 (H8)	13,931	13,958	141	184
Розгортання остаточне	3	-	-	-	2·30,16	14,018	18(H7)	14,0	14,018	60	69
Всього:										400	532

Значення Rz та T показують якість поверхонь:

- попередньо свердлимо отвір Ø11,8H12. Поверхні отвору матимуть наступні параметри: Rz = 20 мкм, T = 30 мкм (глибоке свердління Ø11,8 на глибину 61 мм, тобто 61/11,8=5,17);
- зенкерування чистове - Rz = 15 мкм, T = 25 мкм;
- розгортання попереднє - Rz = 10 мкм, T = 20 мкм;
- розгортання остаточне - Rz = 3 мкм.

Визначимо сумарне значення просторових відхилень під час обробки отвору нерухомої деталі:

$$\rho = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad (5.4)$$

де,

C_o - зміщення осі отвору при виконанні глибокого свердління, $C_o = 15$ мкм;

Δ_k - питоме уведення осі отвору, $\Delta_k = 1,3$ мкм/мм.

$$\rho_{св.} = \sqrt{15^2 + (1,3 \cdot 60)^2} = \sqrt{225 + 6084} \approx 79,4 \text{ (мкм)}$$

Залишкові відхилення інших видів обробки отвору визначаємо за емпіричною формулою:

$$\rho_{залиш.} = k_y \cdot \rho_{заг.}, \quad (5.5)$$

де, k_y - коефіцієнт уточнення форми;

$$\rho_{заг.} = \rho_{св.}$$

Зенкерування отвору:

$$\rho_{\text{залиш.зєнк.}} = 0,005 \cdot 79,4 = 0,397 = 0,4 \text{ (мкм)}$$

Розгортання попереднє:

$$\rho_{\text{залиш.розв.}} = 0,002 \cdot 79,4 = 0,1588 \approx 0,16 \text{ (мкм)}$$

Розгортання остаточне не враховуємо, оскільки $\rho_{\text{залиш.}}$ практично дорівнює нулю. Похибка встановлення $\xi_{\text{вст.}}$ на переході характерна величиною зміщення поверхні, що оброблюється і повинна компенсуватися додатковою складовою проміжного припуску:

$$\xi_{\text{вст.}} = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{пр.}}^2}, \quad (5.6)$$

де, ξ_{δ} - похибка базування;

ξ_3 - похибка закріплення;

$\xi_{\text{пр.}}$ - похибка положення заготовки.

Планується обробка всіх поверхонь, що є на всіх площинах заготовки. Здійснити це при закріпленні затискними пневматичним (або гідравлічним) лецатами. Всі торці деталі начисто оброблені. Встановлюємо кожну деталь на поворотний стіл багатоінструментального верстата з ЧПК. Перед початком обробки необхідно налаштувати "нуль" деталі - площину, з якої почнеться обробка. Похибку базування і похибку закріплення виключаємо, оскільки використовуємо затискний привод, який забезпечує постійне зусилля.

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{\text{min}} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \xi_i^2}), \quad (5.7)$$

Мінімальний припуск на зекерування:

$$2Z_{\min_{\text{зен.}}} = 2(20 + 30 + \sqrt{79,4^2 + 0}) = 2 \cdot 129,4 \text{ (МКМ)}$$

Мінімальний припуск на попереднє розгортання:

$$2Z_{\min_{\text{розв.п.}}} = 2(15 + 25 + 0,4) = 2 \cdot 40,4 \text{ (МКМ)}$$

Мінімальний припуск на остаточне розгортання:

$$2Z_{\min_{\text{розв.о.}}} = 2(10 + 20 + 0,16) = 2 \cdot 30,16 \text{ (МКМ)}$$

Розгортання остаточне:

$$d_{p_2} = 14,018 - 0,0603 = 13,958 \text{ (ММ)}$$

Розгортання попереднє:

$$d_{p_1} = 13,958 - 0,0808 = 13,877 \text{ (ММ)}$$

Зенкерування:

$$d_{p_0} = 13,877 - 0,2588 = 13,618 \text{ (ММ)}$$

Значення допусків δ_i приймаємо згідно таблиць відповідно до якості точності виду обробки. Значення записуємо у таблицю.

Остаточного розгортання:

$$2Z_{\text{сп.}\min_1} = 14,018 - 13,958 = 0,06 \text{ (ММ)}$$

$$2Z_{\text{сп.}\max_1} = 14,0 - 14,931 = 0,069 \text{ (ММ)}$$

Попереднє розгортання:

$$2Z_{zp.min_2} = 13,958 - 13,817 = 0,141 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{zp.max_2} = 13,931 - 13,747 = 0,184 \text{ (мм)}$$

Зенкерування:

$$2Z_{zp.min_3} = 13,817 - 13,618 = 0,199 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{zp.max_3} = 13,747 - 13,468 = 0,279 \text{ (мм)}$$

Маючи за основу отримані дані побудуємо схему графічного розташування припусків та допусків для обробки отвору $\text{Ø}14\text{H}7$ (рисунк 5.8).

Загальні припуски $Z_{O_{min}}$ та $Z_{O_{max}}$ отримуються методом складання проміжних припусків. Отримані результати записуємо у відповідні графи:

$$2Z_{O_{min}} = 60 + 141 + 199 = 400 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{O_{max}} = 69 + 184 + 279 = 532 \text{ (мкм)}$$

Загальний мінімальний припуск:

$$Z_{O_{ном}} = Z_{O_{min}} + B_2 - B_1 = 400 + 150 - 18 = 432 \text{ (мкм)}$$

$$D_{O_{ном}} = d_{3_{min}} - Z_{O_{ном}} = 14 - 0,432 = 13,568 \text{ (мм)}$$

Перевірка розрахунків:

$$2Z_{O_{max}} - 2Z_{O_{min}} = T_z - T_\delta$$

$$532 - 400 = 132 \text{ (мкм)}$$

$$150 - 18 = 132 \text{ (мкм)}$$

На рисунку 5.8 наведена схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\text{Ø}14\text{H}7$:

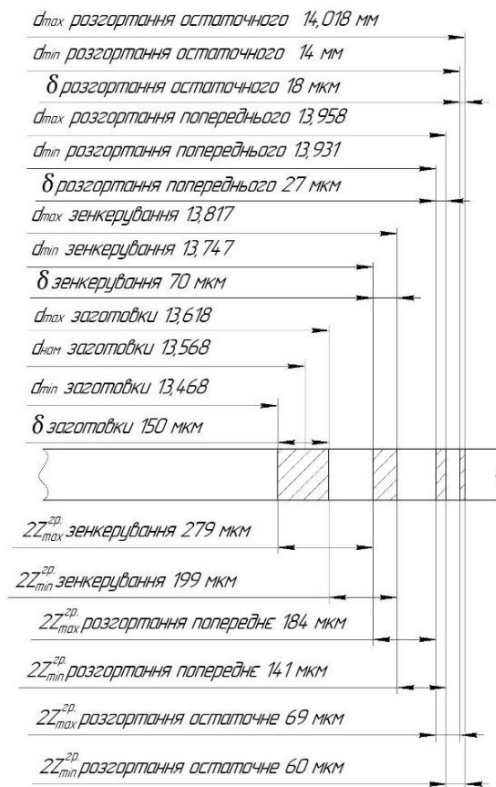


Рисунок 5.8 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\text{Ø}14\text{H}7$

Висновок: розрахунок припусків та міжопераційних розмірів виконано вірно.

5.9 Визначення режимів різання при різних методах обробки

Режими обробки деталі є важливим фактором в ході технологічного процесу. Режими різання при обробці металу складаються з таких основних елементів: глибина різання t , мм; подача S , мм/об; швидкість різання V , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв або кількість подвійних ходів n , подв.х./хв).

Елементи режимів різання обов'язково мають підбиратися для досягнення необхідної продуктивності при наявній найменшій собівартості за операцію. Це досягається за рахунок використання необхідного інструмента раціональної конструкції, а також, можливостей певного верстата, який не буде обмежувати

різальних властивостей інструмента. Режими встановлюються залежно від властивостей деталі, різального інструмента і верстата. На початку встановлюємо глибину різання, потім подачу, а останньою швидкість різання.

Визначимо режими різання на свердління отвору $\text{Ø}8,5\text{H}12$ на глибину 73 мм (під нарізання різі $\text{M}10 \times 1,5$).

Перехід обробка виконується у суцільному металі (Сталь 45). Різальний інструмент: свердло спіральне з конічним хвостовиком 035-2301-1040 $d=8,5$ мм,, $L=155$ мм, $l_0=75$ мм, $l=93$ мм, к.м.№1, ОСТ 2И20-2-80.

Подача ($\text{HB}217$, $\text{P}6\text{M}5$):

$$S_{\text{рек.}} = 0,20 - 0,25 \text{ (мм/об)}$$

Для отворів глибиною $<10D$ (в нашому випадку $75/8,5=8,8$) застосуємо поправний коефіцієнт $K_{l_s} = 0,75$.

$$S_{\text{пр.}} = 0,25 \cdot 0,75 = 0,19 \text{ (мм/об)}$$

Швидкість різання: стійкість інструмента $T = 35$ хв., коефіцієнт $C_v = 7,0$, показники степені: $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$. Обробка здійснюється охолодженням.

Загальний поправний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{lv}, \quad (5.8)$$

де, K_{Mv} - коеф. на оброблений матеріал,

$$K_{M_v} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{1000}\right)^{0,9} = 0,75^{0,9} = 0,772$$

K_{U_v} - коеф. на інструментальний матеріал, $K_{U_v} = 1,0$

K_{l_v} - коеф., глибини свердління, $K_{l_v} = 0,6$

$$K_v = 0,772 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,56$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{7 \cdot 8,5^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} 0,46 = 11,9 \text{ (м/хв)}$$

Крутний момент:

$$M_{кр.} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8,5^2 \cdot 0,19^{0,8} \cdot 1,24 = 8,19 \text{ (Н·м)}$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8,5^{1,0} \cdot 0,19^{0,7} \cdot 1,24 = 2243 \text{ (Н)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 11,9}{3,14 \cdot 8,5} = 450 \text{ (об/хв)}$$

Приводимо n до більшого значення верстата і приймаємо $n_{np} = 500$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання:

$$V_{ym} = \frac{\pi D \cdot n_{sp}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 500}{1000} = 13,35 \text{ (м/хв)}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр.} \cdot n}{9750} = \frac{8,19 \cdot 500}{9750} = 0,42 \text{ (кВт)}$$

Потужність приводу шпинделя верстата моделі 2204ВМ1Ф4 за паспортом складає $N_e = 6,3$ кВт. Обробка поверхні можлива.

Фрезерування попереднє площини заготовки розміром 100x71 мм:

Різальний інструмент: торцева насадна фреза праворіжуча із швидкоріжучої сталі за ГОСТ 9304-69: $D=80$ мм; $B=45$ мм; $d=32$ мм; $Z=16$.

Подача для потужності верстата $N_e=3,0$ кВт, для середньої жорсткості системи:

$$S_{Z_{рек.}} = 0,06 - 0,1 \text{ (мм/зуб)}$$

Приймаємо: $S_{Z_{пр.}} = 0,08$ мм/зуб

Швидкість різання:

$$V = \frac{c_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^U \cdot Z^P} K_v, \quad (5.9)$$

де, $c_v = 64,7$; $D = 80$; $q=0,25$; $y=0,2$; $t=2$ мм; $m=0,2$; $T=180$ хв; $x=0,1$; $S_z = 0,08$ мм/зуб; $B = 45$ мм; $u=0,15$; $Z=16$; $p=0$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,772$$

$$V = \frac{64,7 \cdot 80^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 45^{0,15} \cdot 16^0} 0,772 = 46,2 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 46,2}{3,14 \cdot 80} = 184 \text{ (об/хв)}$$

Приймаємо $n_s = 200$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання:

$$V_{ym} = \frac{\pi D \cdot n_{sp}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 200}{1000} = 50,24 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (5.10)$$

де, $C_p = 82,5$; $q=1,1$; $y=0,8$; $t=2$ мм; $x=0,95$; $S_z = 0,08$ мм/зуб; $B = 45$ мм; $u=1,1$;

$Z=16$; $w=0$.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = 1,09$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 45^{1,1} \cdot 16}{80^{1,1} \cdot 1} 1,09 = 1954 \text{ (Н)}$$

Крутний момент:

$$M_{кр.} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1954 \cdot 80}{200} = 782 \text{ (Н·м)}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{кор}}{1020 \cdot 60} = \frac{1954 \cdot 50,24}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ (кВт)}$$

Потужність приводу шпинделя верстата моделі 6Н80Г за паспортом складає $N_e = 3,0$ кВт. Обробка поверхні можлива.

5.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Для операцій 005, 010 та 015 норми часу визначаємо за укрупненою методикою. Дана методика використовувалася в розділі 2, але по завершенню розробки технологічного процесу потребує деяких уточнень.

Визначаються норми основного часу за чисельним коефіцієнтом та відповідними параметрами обробки, такими як довжина, діаметр тощо. Дані зводимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок норм витрат основного часу T_o

Операція і найменування переходу обробки	Формула для розрахунку $T_o \cdot 10^{-3}$	Результат розрахунку, хв
1	2	3
Операція 005 – Горизонтально-фрезерна		
1. Фрезерування попереднє (чорнове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,2$
2. Фрезерування попереднє (напівчистове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,2$
3. Фрезерування остаточне (чистове)	$4 \cdot l$	$4 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,8$
4. Фрезерування попереднє (чорнове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,2$
5. Фрезерування попереднє (напівчистове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,2$
6. Фрезерування остаточне (чистове)	$4 \cdot l$	$4 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,8$
7. Фрезерування попереднє (чорнове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 71 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,875$
8. Фрезерування остаточне (чистове)	$4 \cdot l$	$4 \cdot 71 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,542$
*обробляються по дві протилежні площини		
Сумарні витрати T_o на операції 005		$\Sigma T_o = 7,794$ хв.

Продовження таблиці 5.7

1	2	3
Операція 010 – Багатоцільова з ЧПК Площина 1		$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0084$ $0,52 \cdot 8,5 \cdot 73 \cdot 10^{-3} = 0,323$
1. Центрування 2-х отв. Ø8,5	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 8,5 \cdot 59 \cdot 10^{-3} = 0,261$
2. Свердління отв. Ø8,5 на довжину 73 мм	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 0,0076$
3. Свердління отв. Ø8,5 на довжину 59 мм	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 9,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,004$
4. Зенкування 2-х отв. Ø12 на довжину 1,4 мм	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,008$
5. Зенкування 2-х фасок $1 \times 45^\circ$ в 2-х отв. Ø8,5	$0,21 \cdot D \cdot l$	
6. Нарізання різі M10x1,5 в 2-х отв. Ø8,5 на довжину 10 мм	$0,4 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,0166$ $0,52 \cdot 6 \cdot 73 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,911$
7. Центрування 4 отв. Ø6		$0,21 \cdot 7 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,0125$
8. Свердління 4 отв. Ø6 наскрізно (l=73 мм)	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0083$
9. Зенкування фасок $0,5 \times 45^\circ$ у 8-ми отв. Ø6	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 11,8 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,0084$
10. Центрування 2-х отв. Ø14H7	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,0504$
11. Свердління отв. Ø11,8 на довжину $61^{+0,5}$	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 13,8 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,177$
12. Зенкування 2-х отв. Ø30H12 на глибину $4_{-0,2}$	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,43 \cdot 13,96 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,366$
13. Зенкування отв. Ø13,8 на довжину $61^{+0,5}$	$0,21 \cdot D \cdot l$	
14. Розгортання отв. Ø13,96 попередньо на глибину $61^{+0,5}$	$0,21 \cdot D \cdot l$	
15. Розгортання отв. Ø14H7 остаточне на глибину $61^{+0,5}$	$0,43 \cdot D \cdot l$	$0,86 \cdot 14 \cdot 61 \cdot 10^{-3} = 0,734$
16. Зенкування 2-х фасок $0,5 \times 45^\circ$ у отв. Ø14H7		
17. Центрування 8-ми отв. M4x0,7	$0,86 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 14 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0032$ $0,52 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,009$
18. Свердління 8-ми отв. Ø3,3 під різь M4x0,7 на глибину 5 мм.		$0,52 \cdot 3,3 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,00686$
19. Свердління отв. Ø11,8 на довжину $83^{+0,5}$	$0,21 \cdot D \cdot l$	
20. Зенкування отв. Ø13,8 на довжину $83^{+0,5}$	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 11,8 \cdot 83 \cdot 10^{-3} = 0,509$
21. Розгортання отв. Ø13,96 попередньо на глибину $83^{+0,5}$	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 13,8 \cdot 83 \cdot 10^{-3} = 0,241$
22. Розгортання отв. Ø14H7 остаточне на глибину $83^{+0,5}$		$0,43 \cdot 13,96 \cdot 83 \cdot 10^{-3} = 0,498$
23. Центрування 2-х отв. Ø8,5	$0,52 \cdot D \cdot l$	
24. Свердління 2-х отв. Ø8,5 відповідно на довжину $32^{+0,5}$ та $59^{+0,5}$	$0,21 \cdot D \cdot l$ $0,43 \cdot D \cdot l$	$0,86 \cdot 14 \cdot 83 \cdot 10^{-3} = 0,999$
25. Зенкування 2-х отв. Ø12 на глибину 1,4		
26. Зенкування 2-х фасок $1 \times 45^\circ$ в отворах Ø8,5	$0,86 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0083$ $0,52 \cdot 8,5 \cdot 32 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,141$
27. Нарізання різі M10x1,5 в 2-х отв. Ø8,5 на довжину 10	$0,52 \cdot D \cdot l$ $0,52 \cdot D \cdot l$ $0,21 \cdot D \cdot l$ $0,21 \cdot D \cdot l$ $0,4 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0071$ $0,21 \cdot 8,5 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0018$ $0,4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,08$
Сумарні витрати T_O на операції 010		$\Sigma T_O = 6,087$ хв.

Визначимо сумарний основний час ΣT_O на обробку однієї деталі:

$$\Sigma T_O = \Sigma T_{O005} + \Sigma T_{O010} = 7,794 + 6,087 = 13,881 \text{ (хв)}$$

На операції 005 повна обробка однієї деталі здійснюється на трьох установах, обробка здійснюється на чотирьох деталях в кожному установі. На операції 010 обробка здійснюється аналогічно до операції 005 – 4 деталі та 3 установи. Тобто:

$$\Sigma T_{O_{\text{вс.}}} = \Sigma T_O \cdot 4 = 13,881 \cdot 4 = 55,524 \text{ (хв)}$$

6 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

6.1 Розрахунок приведеної програми

Коефіцієнт завантаження верстатів визначається як відношення кількості верстатів c_p , зайнятих на даній операції процесу, до прийнятої (фактичної) c_{np} :

$$\eta_3 = \frac{c_p}{c_{np}} \quad (6.1)$$

$$c_p = \frac{T_{ум.}}{t_6} \quad (6.2)$$

де, t_6 - ТАКТ ВИГОТОВЛЕННЯ.

$$t_6 = \frac{60 \cdot \Phi_0}{1500} = \frac{60 \cdot 4055}{1500} = 162,6 \text{ (ХВ)}$$

Штучно-калькуляційний час, що витрачається на операціях:

$$T_{ум-к005} = T_{O005} \cdot 4 \cdot \varphi = 7,794 \cdot 4 \cdot 1,65 = 51,44 \text{ (ХВ)}$$

$$T_{ум-к010} = T_{O010} \cdot 4 \cdot \varphi = 6,087 \cdot 4 \cdot 1,65 = 40,174 \text{ (ХВ)}$$

де, 4 - кількість деталей, яка одночасно обробляється в робочій зоні верстата;

φ - коефіцієнт, характерний для кожного типу виробництва.

$$c_{p005} = \frac{51,44}{162,6} = 0,3163, \quad c_{np005} = 1 \text{ верстат}$$

$$c_{p010} = \frac{40,174}{162,6} = 0,247, \quad c_{np010} = 1 \text{ верстат}$$

Коефіцієнти завантаження обладнання:

$$\eta_{з005} = \frac{0,3163}{1} = 0,3163 (31,63\%)$$

$$\eta_{з010} = \frac{0,247}{1} = 0,247 (24,7\%)$$

$$\eta_{з.сеп} = \frac{0,3163 + 0,247}{1 + 1} = 0,2816 (28,16\%)$$

В подальшому, верстати на операціях в умовах середньосерійного типу виробництва потрібно довантажувати деталями з номенклатури виробництва.

Що усунути недолік недовантаження обладнання необхідно визначити приведену програму $N_{прив}$, тобто вона формується з групи підібраних інших деталей виробництва, які мають подібність до заданої у матеріалі, за геометричними формами та габаритними розмірами, схожі технологічні методи обробки тощо.

Для початку визначаємо коефіцієнти закріплення операцій, які виконуються на кожному робочому місці:

$$O_{005} = \frac{\eta_{з.н.}}{c_{p005}} = \frac{0,8}{0,3163} = 2,529 \approx 3$$

$$O_{010} = \frac{\eta_{з.н.}}{c_{p010}} = \frac{0,8}{0,247} = 3,238 \approx 4$$

Середній коефіцієнт закріплення операцій:

$$\eta_{з.о.сеп} = \frac{O_{005} + O_{010}}{2} = \frac{3 + 4}{2} = 3,5$$

Ця величина відповідає умовам великосерійного виробництва, але в перспективі можна очікувати розширення номенклатури оброблюваних деталей і тому остаточно приймаємо умови середньосерійного виробництва.

При визначенні приведеної програми, для скорочення розрахунків з навчальною метою, обмежимося розглядом операції 005. Отже:

$$N_{\text{прив}005} = \frac{c_{p005} \cdot 60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{\text{ум-к}005}} = \frac{0,8 \cdot 60 \cdot 4055 \cdot 0,8}{51,44} = 300 \text{ (дет)}$$

Орієнтуючись на цю величину підберемо групу деталей та дані занесемо в таблицю 6.1

Таблиця 6.1 – Характеристика деталей групи приведення

Найменування деталі	m, кг	N, шт
1. Корпус 1 (задана деталь, вона ж буде деталлю-представником групи)	2,055	1500
2. Корпус 2	2,0	700
3. Корпус 3	1,95	700

Приведення кожної деталі групи до деталі-представника здійснюється за допомогою коефіцієнтів приведення по масі, серійності та складності. З певною часткою наближення приведення можна здійснювати нехтуючи коефіцієнтом приведення по складності. Отже:

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2}, \quad (6.3)$$

$$K_N = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^{0,2}, \quad (6.4)$$

де, m_i , N_i – маса і серійність отриманої деталі;

m_{np} , N_{np} – маса і серійність деталі-представника.

$$K_{прив.} = K_{m_i} \cdot K_{N_i}, \quad (6.5)$$

Розраховані коефіцієнти зведено до таблиці:

Таблиця 6.2 – Характеристика деталей групи приведення

Найменування деталі	K_m	K_N	$K_{прив.}$
1. Корпус 1 (деталь-представник)	1	1	1
2. Корпус 2	0,99	1,16	1,148
3. Корпус 3	0,979	1,16	1,136

6.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження обладнання

Приведена програма:

$$N_{прив.005} = N_{пр.} + K_{прив.1} \cdot N_{пр.1} + K_{прив.2} \cdot N_{пр.2} = 1500 + 804 + 795 = 3100 \text{ (дет)}$$

Визначаємо кількість верстатів, що працює з приведеною програмою:

$$c_{P005_{прив}} = \frac{51,44 \cdot 3100}{60 \cdot 4055 \cdot 0,8} = 0,817$$

Приймаємо $c_{P005_{прив}} = 1$ верстат. По завантаженню ще лишається запас на випадок розширення номенклатури.

Коефіцієнт завантаження цього верстата:

$$\eta_{з.005} = \frac{c_{P005}}{c_{пр005}} = \frac{0,817}{1} = 0,817 \text{ (81,7\%)}$$

Ті ж самі розрахунки проведемо для операції 010. Приведена програма:

$$N_{\text{прис}_{010}} = \frac{c_{P010} \cdot 60 \cdot F_{\phi} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{\text{ум-к}010}} = \frac{0,8 \cdot 60 \cdot 4055 \cdot 0,8}{40,174} = 3885 \text{ (дет)}$$

Дані таблиць 6.1 та 6.2 залишаються тими ж самими, як і на операції 005. Теж саме стосується і величини приведеної програми.

Визначаємо кількість верстатів, що працює з приведеною програмою:

$$c_{P010_{\text{прис}}} = \frac{40,174 \cdot 3100}{60 \cdot 3935 \cdot 0,8} = 0,66$$

Приймаємо $c_{P010_{\text{прис}}} = 1$ верстат. По завантаженню ще лишається запас на випадок розширення номенклатури.

Коефіцієнт завантаження цього верстата:

$$\eta_{з.010} = \frac{c_{P010}}{c_{\text{пр}010}} = \frac{0,66}{1} = 0,66 \text{ (66\%)}$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_{з.сеп} = \frac{0,817 + 0,66}{1 + 1} = 0,739 \text{ (73,9\%)}$$

6.3 Розрахунок кількості працюючих

Склад працюючих на дільниці наступний:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);

- службовці (СКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Розрахуємо кількість основних робітників:

$$P_{верст-005} = \frac{T_{ум-к005} \cdot N}{\Phi_p \cdot K_M} = \frac{51,44 \cdot 3100}{1860 \cdot 60} = 1,43$$

Для операції 005 приймаємо необхідну кількість - 2 робітники при 2-х робочих змінах.

$$P_{верст-010} = \frac{T_{ум-к010} \cdot N}{\Phi_p \cdot K_M} = \frac{40,174 \cdot 3100}{1860 \cdot 60} = 1,1$$

Для операції 010 приймаємо необхідну кількість - 2 робітники при 2-х робочих змінах.

Кількість допоміжних робітників розраховується, як 20-25% від загальної кількості основних робітників для умов середньосерійного виробництва:

$$P_{доп.} = 0,2 \sum P_{верст.} = 0,2 \cdot 4 = 0,8$$

Потрібен один робітник в одну зміну.

Кількість ІТР розраховується, як 18-24% від кількості основних робітників для умов середньосерійного виробництва:

$$P_{ИТР} = 0,2 \sum P_{верст.} = 0,2 \cdot 4 = 0,8$$

Потрібен один робітник в одну зміну.

Кількість СКП розраховується, як 1,2-2,2% від кількості основних робітників для умов середньосерійного виробництва:

$$P_{СКП} = 0,02 \cdot 4 = 0,08$$

Потрібен один робітник в одну зміну.

Кількість МОП розраховується, як 1-2% загальної кількості працюючих для умов середньосерійного виробництва:

$$P_{МОП} = 0,02 \cdot (4 + 1 + 1 + 1) = 0,14$$

Потрібен один робітник в одну зміну.

Всі отримані дані по розрахунку штатного складу працюючих зводимо до таблиці 6.3:

Таблиця 6.3 – Відомість штатного складу працюючих

Найменування категорії працюючих	Всього	Робочі зміни	
		1 зміна	2 зміна
1. Основні робітники-верстатники	4	2	2
2. Допоміжні робітники (транспортник)	1	1	-
3. ІТР (майстер)	1	1	-
4. СКП (нормувальник)	1	1	-
5. МОП (прибиральник)	1	-	1
Загальна кількість		8 робітників	

7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОБІТ ПО РОЗРОБЛЕННЮ ГІДРОПРИВОДА З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

7.1. Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Проведемо оцінювання ступеня новизни науково-дослідної роботи згідно даних, розміщених в таблиці 7.1 [15].

На сьогоднішній день в Україні гідроагрегати для створення електрогідравлічної системи з пропорційним керування для мобільних робочих машин, які б задовольняли сучасним вимогам, не випускаються. Тому створення мобільної робочої техніки українського виробництва, без залучення комплектуючих іноземного виробництва, неможливе. Також, іноземні комплектуючі мають досить високу ціну. На основі проведеної роботи можна налагодити випуск мобільних робочих машин різного призначення та широкої номенклатури: екскаватори, навантажувачі, бурильні машини, с/г трактори комбайни різного призначення і т.п. Отже, ступінь новизни даної роботи відносно висока і значення показника ступеня новизни дорівнює $K_{\text{нов}} = 30$.

Визначимо показник рівня теоретичного опрацювання даної науково-дослідної роботи. В роботі проводиться аналіз впливу конструктивних параметрів розробленого регулятора для насоса змінного робочого об'єму на роботу гідросистеми в цілому. Формуються практичні рекомендації. Згідно даних [15] показник рівня теоретичного опрацювання можна визначити рівним $K_{\text{теор}} = 20$.

Показник, який характеризує науковий ефект

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot K_{\text{нов}} + 0,4 \cdot K_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 30 + 0,4 \cdot 20 = 18 + 8 = 26$$

Згідно [15] ступінь новизни науково-дослідної роботи при $E_{\text{нау}} = 26$ вважається достатнім.

7.2. Проведення комерційного аудита науково-технічної розробки

Оцінимо науково-технічний рівень розроблення регулятора насоса та його комерційний потенціал на основі опитування експертів, що представляють різні напрямки роботи підприємства по виготовленню та збуту продукції. За основу оцінки візьмемо перелік критеріїв, представлений в таблиці 5.1. Всі подальші розрахунки по визначенню ефективності застосування результатів науково-дослідної роботи виконані за методикою, представленою в [15].

Таблиця 7.1 – Критерії оцінювання експертами комерційного потенціалу розроблення гідроприводу

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри- те- рій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі ніж в аналогів
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

Продовження таблиці 7.1

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-тер.	0	1	2	3	4
Практична здійсненність					
Ринкові перспективи:					
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військовопромисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більше за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менший 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років.	Термін реалізації ідеї менший 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років.
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію	Необхідна отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

В якості експертів запрошувались конструктор, технолог та маркетолог підприємства «Гідросила» м. Кропивницький. Результати роботи експертів по оцінюванню комерційного потенціалу розробки представлені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Результати оцінки комерційного потенціалу розробки гідроприводу

Критерії	Посада експерта		
	1.Конструктор	2.Технолог	3.Економіст
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	3
3	2	3	1
4	3	4	3
5	4	3	3
6	4	2	3
7	2	4	3
8	4	3	4
9	2	2	3
10	2	3	3
11	4	3	4
12	3	2	2
Сума балів	32	33	34
Середньоарифметична сума балів СБ	$СБ = \frac{32 + 33 + 34}{3} = 33$		

Рівень комерційного потенціалу оцінюємо за таблицею 7.3.

Таблиця 7.3 – Комерційний потенціал розробки

Середньо арифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Рівень комерційного потенціалу розробки електрогідравлічного регулятор для насоса при СБ = 33 вважається вищим середнього.

Визначений рівень розробки та її комерційний потенціал обумовлений перевагами, які будуть мати екскаватори, що оснащені такими гідроприводами.

До таких переваг відносяться:

- суттєве зменшення витрат пального на виконання аналогічних видів та об'ємів робіт;
- зменшення навантажень на робочі органи машини та збільшення ресурсу експлуатації машини;
- підвищення якості виконуваних робіт за рахунок регулювання швидкості руху робочих органів машини в широких діапазонах;
- покращення умов роботи оператора мобільної робочої машини за рахунок застосування пропорційного керування насосом з електрогідравлічним регулятором.

7.3. Визначення витрат на науково-дослідну роботу

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи визначаються як сума витрат за рядом статей. Розглянемо більш детально величину витрат за кожною статтею окремо.

7.3.1 Заробітна плата персоналу.

Заробітна плата виконавців проекту складається з основної та додаткової.

Основна заробітна плата виконавців проекту розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ (грн)}, \quad (7.1)$$

де M – місячний посадовий оклад виконавця, грн;

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

t – число робочих днів роботи виконавця;

Розрахунок основної заробітної плати представлено в таблиці 7.4

Таблиця 7.4 – визначення основної заробітної оплати виконавців проекту

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.	Примітка
1. Молодший науковий співробітник	14000	636,4	40	25456,0	Роботи з програмними продуктами
2. Старший науковий співробітник	18000	818,2	20	16364,0	Керівник проекту
3. Інженер	12000	545,5	20	10910,0	Роботи на випробувальному стенді
Всього				52730,0	

Додаткова заробітна плата визначалась за формулою:

$$З_{д} = (0,1 \dots 0,12) \cdot З_{о} = 0,11 \cdot 52730,0 = 5800,3 \text{ (грн)}$$

Нарахування на заробітну плату виконавців проекту визначають за формулою:

$$Н_{зп} = (З_{о} + З_{д}) \cdot \frac{\beta}{100} = (52730,0 + 5800,3) \cdot \frac{22}{100} = 12876,6 \text{ (грн)},$$

де $З_{о}$ – основна заробітна плата робітників, грн.;

$З_{д}$ – додаткова заробітна плата всіх робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

7.3.2 Витрати на матеріали для проведення науково-дослідної роботи.

Ці витрати визначаються за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (7.2)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн/кг;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i=1,1$.

В процесі роботи використано канцелярський папір та канцтовари. Потреба канцелярського паперу склала 1 пачку по 500 листів формату А4. Канцелярські товари оцінюємо в 50 % від вартості канцелярського паперу. Тоді:

$$M = 1 \cdot 200 \cdot 1,1 + 0,5 \cdot 1 \cdot 200 \cdot 1,1 = 330,0 \text{ (грн)}$$

7.3.3 Спецустаткування та програмне забезпечення для виконання науково-дослідної роботи

В процесі виконання роботи були використані:

- Стенд для дослідження та випробування гідроапаратури.
- Пропорційний електромагніт вартістю 8600 грн.
- Персональний комп'ютер вартістю 16000 грн.
- Аналого-цифрового перетворювача (АЦП) L-Card вартістю 9880 грн.
- Контролер Arduino вартістю 1345 грн.
- Багатофункціональний пристрій типу Canon вартістю 12500 грн.

Витрати на обладнання визначаються за такою формулою:

$$K = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ (грн)}, \quad (7.3)$$

де H_i – кількість обладнання i -го виду, шт.;

C_i – вартість обладнання i -го виду, грн./кг;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i=1,1$;

n – кількість видів обладнання.

$$K = (8600 + 16000 + 9880 + 1345 + 12500) \cdot 1 \cdot 1,1 = 48325 \cdot 1 \cdot 1,1 = 53157,5 \text{ (грн)}$$

В процесі виконання роботи використано таке програмне забезпечення:

- Операційна система Windows Pro вартістю 1500 грн = C_1 ;

- Програмний пакет Office 2021 Professional Plus вартістю 1800 грн = C_2 ;
- Програмне забезпечення LGraph входить в комплект АЦП, тому його вартість не враховуємо.
- Програмне забезпечення Arduino IDE входить в комплект контролера, тому його вартість не враховуємо.

Балансову вартість програмного забезпечення розрахуємо за формулою:

$$V_{\text{прг}} = \sum_{i=1}^K C_i + C_i + K_i = 1500 \cdot 1 \cdot 1,1 + 1800 \cdot 1 \cdot 1,1 = 3630 \text{ (грн)},$$

де C_i – ціна придбання одиниці програмного забезпечення;

C_i – кількість одиниць програмного забезпечення;

$K_i = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує інсталяцію та налагодження програмного забезпечення.

Загальна балансова вартість устаткування та програмного забезпечення дорівнює $C = 53157,5 + 3630 = 56787,5$ грн.

У спрощеному вигляді амортизація цілому може бути розрахована за формулою:

$$A = \frac{C \cdot N_a}{100} \cdot \frac{T}{12} = \frac{56787,5 \cdot 25}{100} \cdot \frac{6}{12} = 284 \text{ (грн)},$$

де C – загальна балансова вартість комп'ютерів та програмного забезпечення, що використовувались для виконання науково-дослідної роботи, грн.;

N_a – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що $N_a=25\%$;

$T = 6$ – термін використання обладнання, місяці.

7.3.4 Електроенергія для науково-дослідної роботи.

Визначимо поточне значення тарифу на електроенергію для не побутових споживачів (промислових підприємств) за формулою:

$$C_e = (C_{\text{опт}} + C_{\text{розп}} + C_{\text{пост}}) \cdot \left(1 + \frac{\text{ПДВ}}{100\%}\right) = (3,63 + 0,345 + 0,199) \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 5,00 \text{ (грн/кВт}\cdot\text{год)},$$

де $C_{\text{опт}} = 3,63$ грн/кВт·год – середня оптова ціна на електроенергію станом на 01.12.2023 р. [21];

$C_{\text{розп}} = 0,345$ грн/кВт·год – вартість передачі електроенергії від Вінницяобленерго на 2023 рік;

$C_{\text{пост}} = 0,199$ грн/кВт·год – вартість розподілу електроенергії;

ПДВ = 20 % - податок на додану вартість.

Значення $C_{\text{опт}}$, $C_{\text{розп}}$, $C_{\text{пост}}$ визначені за даними Національної комісії з регулювання енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП) [14].

Витрати на електроенергію визначимо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_b}{\eta_i} = \frac{0,4 \cdot 400 \cdot 5,00 \cdot 0,9}{0,9} + \frac{0,1 \cdot 25 \cdot 5,00 \cdot 0,9}{0,9} + \frac{0,1 \cdot 200 \cdot 5,00 \cdot 0,9}{0,9} + \frac{0,2 \cdot 200 \cdot 5,00 \cdot 0,9}{0,9} + \frac{0,1 \cdot 200 \cdot 5,00 \cdot 0,9}{0,9} + \frac{3,5 \cdot 200 \cdot 5,00 \cdot 0,9}{0,9} = 4712,5 \text{ (грн)},$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки;

t_i – тривалість роботи обладнання на певному етапі розробки;

C_e - вартість 1 кВт·години електроенергії в грн за даними енергопостачальної компанії;

$K_b = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності;

$\eta_i = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії для обладнання.

Витрати на електроенергію представлені в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність	Тривалість роботи, годин	Сума, грн
Персональний комп'ютер	0,4 кВт	400	800,0
Багатофункціональний пристрій	0,1 кВт	25	12,5
Контролер	0,1 кВт	200	100,0
Електромагніт	0,2 кВт	200	200,0
АЦП	0,1 кВт	200	100,0
Стенд для проведення досліджень	3,5 кВт	200	3500,0
Всього			4712,5

7.3.5 Витрати на відрядження та на роботу сторонніх організацій.

Витрати на відрядження керівника проекту, молодшого наукового співробітника та інженера, що беруть участь у виконанні проекту визначаються за формулою:

$$V_{\text{св}} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{H_{\text{св}}}{100\%} = (52730,0 + 5800,3) \cdot \frac{5}{100} = 2926,5 \text{ (грн)}$$

Витрати на оплату послуг сторонніх організацій визначаються за формулою:

$$V_{\text{сп}} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{H_{\text{сп}}}{100\%} = (52730,0 + 5800,3) \cdot \frac{10}{100} = 5853,0 \text{ (грн)}$$

Врахуємо також інші витрати, що не враховані в попередніх статтях витрат за формулою:

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{H_{\text{ів}}}{100\%} = (52730,0 + 5800,3) \cdot \frac{15}{100} = 8779,5 \text{ (грн)}$$

Накладні загальнопромислові витрати визначаються за формулою:

$$V_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%} = (52730,0 + 5800,3) \cdot \frac{100}{100} = 58530,8 \text{ (грн)}$$

7.3.6 Витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Витрати на проведення науково-дослідної роботи визначаються як сума всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$V_{\text{заг}} = Z_o + Z_d + H_{\text{зп}} + M + K + V_{\text{прг}} + A + V_e + V_{\text{св}} + V_{\text{сп}} + I_B + V_{\text{нзв}} = 52730,0 + 5800,3 + 12876,6 + 330 + 53157,5 + 3630 + 284 + 4712,5 + 2926,5 + 5853,0 + 8779,5 + 58530,8 = 209610,7 \text{ (грн)}$$

Загальні роботи на завершення науково-дослідної роботи розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{V_{\text{заг}}}{\eta} = \frac{209610,7}{0,2} = 1048053,5 \text{ (грн)},$$

$\eta = 0,2$, оскільки розробка знаходиться на стадії технічного проектування.

Представлена МКР виконується і рамках комплексного проекту «Розроблення електрогідравлічного регулятора для насоса змінного робочого об'єму». Загальні витрати за розділом, що визначає роботи з математичного моделювання складають $ЗВ_1 = 1077850,60$ грн, а загальні витрати за розділом, що включає експериментальні дослідження та розроблення електрогідравлічного регулятора насоса становить $ЗВ_2 = 1048053,50$ грн. Загальна вартість робіт по двом розділам $ЗВ = ЗВ_1 + ЗВ_2 = 1077850,60 + 1048053,50 = 2125904,10$ грн.

7.4 Важливість та наукова значущість науково-дослідної роботи

В результаті виконання роботи створені рекомендації, щодо розроблення насоса з електрогідравлічним регулятором нового покоління для мобільних робочих машин. Цей насос має кращі технічні характеристики у порівнянні з тими, що сьогодні використовуються. Регульований насос з електрогідравлічним регулятором дозволяє створити гідроприводи для мобільних робочих машин, в яких можливо регулювання швидкості руху робочих органів машин в широких діапазонах. Ця обставина дозволяє

суттєво підвищити якість виконання робіт із застосуванням мобільних робочих машин. Окрім того, застосування регульованих насосів забезпечує зменшення непродуктивних втрат енергії при виконанні робіт. Це в кінцевому результаті забезпечує суттєву економію пального у порівнянні з мобільними робочими машинами, що мають гідроприводи традиційної конструкції. Ще одним позитивним ефектом є застосування контролерів для керування гідроприводом. При раціональному виборі алгоритму, за яким працює контролер, забезпечується суттєве зниження перерегулювання по тиску в насосі, що буде збільшувати ресурс його роботи.

Обґрунтуємо доцільність виконання науково-дослідної роботи із застосуванням спеціального комплексного показника. Цей показник враховує важливість роботи для промисловості, будівництва та сільського господарства України, можливість впровадження результатів цієї роботи та величину витрат на проведення роботи. Для оцінки важливості та наукової значущості роботи використаємо експертні оцінки надані фахівцями, що також займаються дослідженнями у даному напрямку. Результати експертного оцінювання представлені в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Експертні оцінки коефіцієнтів для розрахунку важливості та наукової значущості роботи

Коефіцієнти	к.т.н. Петров О. В.	д.т.н. Березюк О.В.
Важливості роботи I	5	5
Використання результатів роботи n	3	3
Складності роботи T_c	3	3
Результативності роботи R	3	3

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи розрахуємо за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t} = \frac{5^3 \cdot 3 \cdot 3}{2155 \cdot 0,5} = 1,04,$$

де $B = 2155$ тис грн – вартість роботи;

$t = 0,5$ року – тривалість виконання роботи.

При значенні $K_p = 1,04 > 1,0$ наукову роботу вважають ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнями [22].

7.5. Розрахунок економічної ефективності науково-дослідної роботи

Визначимо можливе збільшення чистого прибутку у інвестора для трьох років від можливого впровадження мобільних робочих машин, оснащених розробленими гідроприводами. Розрахунок для 2024 року ведеться за формулою:

$$\Delta\Pi_1 = (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N) \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\theta}{100}\right) = (7,1 \cdot 3000 + 28,3 \cdot 300) \cdot 0,8333 \cdot 0,4 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 8132,7 \text{ (тис грн)},$$

де $\Delta C_0 = 7,1$ тис грн – зміна ціни реалізації насоса;

$N = 3000$ шт – величина попиту на насоса;

$\Delta N = 300$ шт – зростання попиту на нові насоса;

$\lambda = 0,8333$ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість;

$\rho = 0,4$ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту.

$\theta = 18\%$ – ставка податку на прибуток. З 2020 року.

Результати розрахунку чистого прибутку інвестора в 2024 – 2026 роках представлено в таблиці 7.7. при визначенні ціни реалізації регульованих насосів, а також випуску по роках на підприємстві «Гідросила», м. Кропивницький використано дані сайтів на яких представлена аналогічна продукція та ціни на неї станом на 1.12.23 р.

Таблиця 7.7 – Чистий прибуток інвестора на 2023 – 2025 роки

Показник	Назва, одиниці виміру	2024	2025	2026
ΔC_0	Зміна ціни реалізації машини, тис грн	7,1	8,1	9,3
N	Величина пориту на машини, шт	3900	4300	4600
C_0	Ціна реалізації нової машини, тис грн	28,3	32,5	37,4
ΔN	Зростання попиту на нові машини, шт	300	350	400
$\Delta\Pi$	Збільшення чистого прибутку у інвестора, тис грн	8132,7	9956,2	12157,5

Визначимо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків, що їх може отримати інвестор за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} = \frac{8132,7+9956,5+12157,5}{(1+0,1)^3} = 28740,0 \text{ (тис грн)},$$

де $T = 3$ роки – період часу, протягом якого очікується отримання результатів від впровадження розробки, роки;

$\tau = 0,1$ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції;

$t = 3$ роки – період часу від початку впровадження до моменту отримання чистих прибутків.

Розрахуємо величину початкових інвестицій для впровадження і комерціалізації розробки за формулою:

$$PV = K_{\text{інв}} \cdot 3B = 5 \cdot 2155 = 10775 \text{ (тис грн)},$$

де $K_{\text{інв}} = 5$ – коефіцієнт, що враховує затрати інвестора на впровадження розробки та її комерціалізацію.

Абсолютний економічний ефект для інвестора від впровадження і комерціалізації розробки складає:

$$E_{abc} = \text{ПП} - \text{PV} = 28740,0 - 10775,0 = 17965,0 \text{ (тис грн).}$$

Обчислимо внутрішню економічну дохідність інвестицій за формулою:

$$E_B = \sqrt[T]{1 + \frac{E_{abc}}{\text{PV}}} - 1 = \sqrt[3]{1 + \frac{17965,0}{10775,0}} - 1 = 1,38 - 1 = 0,38,$$

де $T=3$ – життєвий цикл наукової розробки до закінчення отримання позитивних результатів, роки.

Розрахована величина E_B порівнюється з мінімальною ставкою дисконтування $\tau_{\text{мін}}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна ставка дисконтування $\tau_{\text{мін}}$ визначається за формулою:

$$\tau_{\text{мін}} = d + f = 0,15 + 0,1 = 0,25,$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках, в Україні (0,14...0,2);

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень, зазвичай, величина $f=(0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

Оскільки:

$$E_B = 0,38 > \tau_{\text{мін}} = 0,25,$$

Будемо вважати, що інвестор має підстави для впровадження розробки та виведення її на ринок.

Розрахуємо період окупності інвестицій за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B} = \frac{1}{0,38} = 2,6 \text{ (роки)}$$

Оскільки:

$$T_{\text{ок}} = 2,6 \text{ років} < 3,0 \text{ років,}$$

Це свідчить про привабливість науково-технічної розробки.

Висновки:

1. В результаті виконання науково-дослідної роботи створено електрогідравлічний регулятор для регульованого насоса. Такий насос забезпечує зменшення непродуктивних втрат потужності, можливість регулювання швидкості руху робочих органів машини і підвищення якості виконуваних робіт, а також зменшення динамічних навантажень на робочі органи, що збільшує термін експлуатації машини.
2. Вартість науково-дослідної роботи пов'язана з розробленням електрогідравлічного регулятора насоса складає 2125904,1 грн.
3. Вартість робіт, що пов'язані з впровадженням на виробництво розробки складає 10778506,0 грн.
4. Інвестор отримає економічний ефект від впровадження у розмірі 17965000,0 тис грн на протязі 2024 – 2026 років при інвестуванні 10775000,0 тис грн.
5. Термін окупності затрат складає $T_{\text{ок}} = 2,6$ роки, що свідчить про привабливість розробки для інвестора.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Безпека праці, як галузь практичної діяльності, спрямована на створення безпечних і нешкідливих умов праці. На сучасному етапі розвитку виробництва вона набуває все більш важливого значення.

Вирішення завдань охорони праці базується на досягненнях ергономіки, наукової організації праці, технічної естетики, гігієни та фізіології праці, психофізіології, а також наукових дисциплін, визначаючих розвиток технічного прогресу. Крім того, успіх охорони праці визначається темпами впровадження передової техніки, підвищенням рівня механізації і автоматизації виробничих процесів, удосконаленням технології та організації виробництва [16].

Безпека праці на підприємстві може бути на належному рівні тільки тоді, коли всебічно виконуються вимоги трудового законодавства, державних стандартів України, норм і правил, розроблених для збереження здоров'я працюючих. Важливе місце при цьому належить виконанню організаційних вимог з охорони праці, а також трудовій та виробничій дисципліні працюючих.

Під час експериментальних досліджень роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором на розробника, мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла; понижена контрастність;
- пряма і відбита блискість.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження та розумове перевантаження.

Відповідно до визначених шкідливих та небезпечних факторів формуємо рекомендації щодо охорони праці під час виконання роботи.

8.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

8.1.1. Обладнання приміщення та робочого місця

Ефективність праці персоналу прямо пропорційно залежить від раціональності організації робочих місць. Під робочим місцем розуміють зону, оснащену необхідними технічними засобами, у якій відбувається трудова діяльність виконавця або групи виконавців, що спільно виконують ту чи іншу операцію чи роботу [17].

Схема приміщення у якому відбуваються експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором зображена на рисунку 8.1.

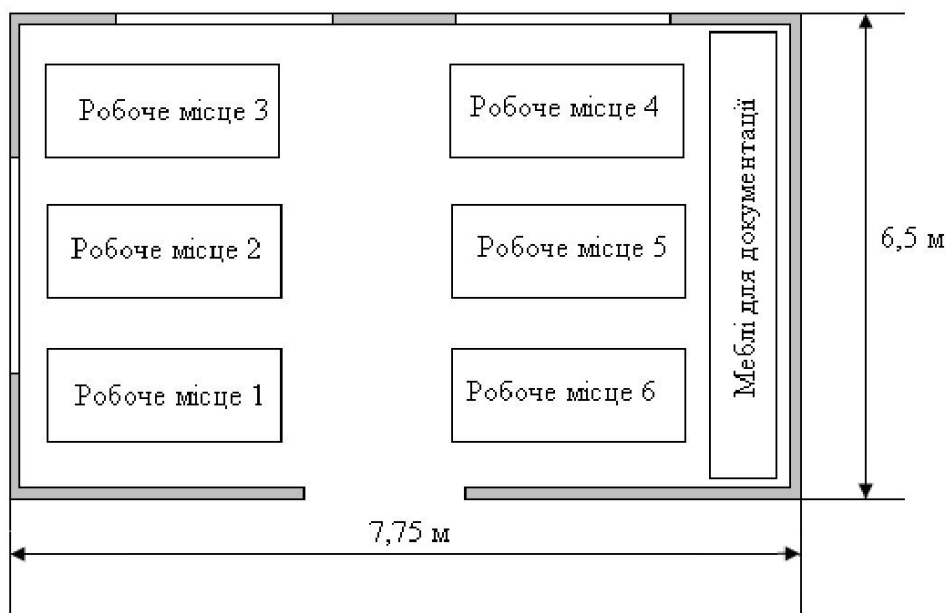


Рисунок 8.1 - Схема приміщення

Відповідно до схеми, приміщення має розміри 6,5м7,75м, висота приміщення – 3,2 м. в приміщення знаходяться 6 робочих місць обладнаних ПК, шафа. Приміщення кутове і має 3 вікна шириною 1,5 м кожне. Висота вікна становить 1,8 м.

Загальна площа приміщення становить 50,4 м² та об'єм 161,2 м³. Кількість працівників у приміщенні – 6 осіб. На одного працівника в даному приміщенні припадає в середньому 8,4 м² робочої площі. Об'єм повітря на одного працівника припадає 26,9 м³.

Згідно із НПАОП 0.00-1.28-18 площу приміщень, в яких розташовують відеотермінали, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом: площа - не менше 6,0 кв. м, обсяг – не менше 20,0 куб. м, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні. Порівнявши нормативні дані з отриманими, маємо, що реальні площі приміщення відповідають нормативним і є оптимальними при роботі на ПК.

Організацією робочого місця називається система заходів щодо оснащення робочого місця засобами і предметами праці та їх розміщення в певній послідовності в просторі. Конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати гігієнічним, антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам. Проектування робочих місць також передбачає врахування динаміки рухів людини в процесі трудової діяльності, оскільки раціональна їх організація є фактором зниження втоми працівників, а, отже, підвищення продуктивності роботи, збереження досить високого рівня працездатності

Робочий стілець працівника забезпечений підйомно-поворотним механізмом. Висота сидіння повинна регулюється в межах 400 - 500 мм. Глибина сидіння складає не менше 380 мм, а ширина - не менше 400 мм. Висота спинки стільця має не менше 300 мм, ширина - не менше 380 мм. Кут нахилу спинки стільця до площини сидіння змінюється в межах 90 - 110.

Щодня перед початком роботи необхідно очищати екран ВДТ від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи ПК повинні бути відключені від електричної мережі.

Не допускається:

- виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ безпосередньо на робочому місці;
- зберігати біля ПК папір, носії інформації, запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі ПК або їх технічне налагодження;

– працювати з ПК, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити ПК від електричної мережі.

Дане приміщення по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до категорії без підвищеної небезпеки [10].

Для забезпечення безпеки здійснюються такі технічні рішення:

– Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).

– забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.

– напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

8.1.2. Профілактика професійних захворювань користувача ПК [18]

На функціональний стан дослідника під час використання ПК та на його здоров'я впливає комплекс об'єктивних і суб'єктивних чинників, зокрема, зміст і обсяг інформації, інтенсивність і тривалість роботи за ПК, складність завдання, якість і досконалість використовуваних програмних продуктів, їхні ергономічні, педагогічні, психогігієнічні властивості та рівень «дружності» інтерфейсу. Окрім того, об'єктивними, гігієнічно значимими також вважають чинники внутрішнього середовища приміщення, які виникають під час роботи комп'ютерних комплексів – показники мікроклімату, освітленість, яскравість, контрастність і колір зображення на екрані дисплея, іонізуюче та неіонізуюче опромінення, шум тощо [19].

Наслідками регулярної роботи з комп'ютером без застосування захисних засобів можуть бути: захворювання органів зору (60% користувачів); хвороби серцево-судинної системи (20%); захворювання шлунково-кишкового тракту (10%); шкірні захворювання (5%); різноманітні пухлини.

Характерною рисою роботи за ПК є статичний режим: великий обсяг праці треба виконувати в сидячому положенні. При цьому більшість груп м'язів постійно напружені, що призводить до швидкої стомлюваності, сприяє розвитку фахових

патологічних вигинів хребта: грудному гіперкифозу, сплюсненню шийного лордозу і формуванню сколіозів. Неправильне розташування дисплеїв по висоті - занадто низьке або високе, під неправильним кутом - є головною причиною появи сутулості. Занадто високе розташування дисплея призводить до тривалої напруги шийного відділу хребта, що, зрештою, може призвести до розвитку остеохондрозу. Ненормальний стан хребта може стати причиною захворювання всього організму.

Важливою є форма спинки крісла, яка повинна повторювати форму спини. Висота крісла повинна бути такою, щоб користувач не почув тиску на куприк або стегна. Крісло бажано обладнати бильцями. Його потрібно встановити так, щоб не треба було тягтися до клавіатури. Періодично користувачу необхідно рухатися, вчасно змінювати положення тіла і робити перерви у роботі.

Якщо у приміщенні експлуатується більше одного комп'ютера, то треба врахувати, що на користувача одного комп'ютера можуть впливати випромінювання від інших, в першу чергу бокових, а також і задньої стінки сусіднього дисплея. Тому необхіден захист спеціальними фільтрами і щоб користувач розміщався від бічних і задніх стінок інших дисплеїв на відстані не ближче одного метра.

При тривалій та інтенсивній роботі за комп'ютером з'являється синдром комп'ютерного стресу (СКС), який проявляється головною біллю, запаленням очей, алергією, дратівливістю, млявістю і депресією, погіршенням зосередженості і працездатності.

Причинами різноманітних симптомів СКС є 5 основних чинників: неправильна робота очей і поза тіла, носіння невідповідних окулярів або контактних лінз, неправильна організація робочого місця, розподілення фізичних, розумових, візуальних навантажень, низький рівень візуальної підготовленості для роботи з комп'ютером [8].

8.2. Технічні рішення з виробничої санітарії [20]

8.2.1. Мікроклімат

Стан повітря робочої зони у виробничому приміщенні називають мікрокліматом або метеорологічними умовами. Мікроклімат або метеорологічні умови виробничих приміщень, визначаються за такими параметрами:

- температурою повітря у приміщенні, С;
- відносною вологістю повітря, %;
- рухливістю повітря, м/с;
- тепловим випромінюванням, Вт/м³.

Всі ці параметри поодиночі, а також у комплексі впливають на фізіологічну функцію організму його терморегуляцію і визначають самопочуття

Згідно з Гігієнічною класифікацією праці роботу з експериментальних досліджень роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором можна віднести до категорії Іа [1]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії робіт згідно ДСН 3.3.6.042-99 [7] наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для створення і підтримки в приміщенні допустимих значень мікроклімату в холодну пору року використовується загальне водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря. Кондиціонер являє собою вентиляційну установку, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища.

8.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюються експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором, можливими шкідливими речовинами у повітрі є формальдегід, оксиди азоту та вуглецю і озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил нетоксичний потрапляє в приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Формальдегід	0,035	0,03	2
Оксид азоту	0,085	0,085	2
Оксид вуглецю	3	1	4
Озон	0,16	0,01	1
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та систематичного вологого прибирання.

8.2.3. Виробниче освітлення

Виробниче освітлення залежно від джерела світла може бути: природнім, штучним та суміщеним.

Природне освітлення обумовлено прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу, змінюється залежно від географічної широти, ступеню хмарності, часу діб від сотен частин люкс вночі до десятків тисяч люкс вдень.

Штучне освітлення створюється штучними джерелами світла: лампами розжарювання або газорозрядними лампами.

Суміщене освітлення уявляє собою доповнення природнього освітлення штучним в світлий час діб при недостатньому за нормами природнім освітленням.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та суміщому освітленні для експериментальних досліджень роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором зазначені у таблиці 8.3:

Таблиця 8.3 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Джерелами штучного освітлення у приміщенні є 4 світильники, в яких знаходяться по 3 люмінесцентних лампи в кожному потужністю 40 Вт. Система освітлення – загальна.

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Систематична заміна перегорілих світильників.

8.2.4. Виробничий шум

Приміщення, де здійснювались експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором має низький рівень загального шуму, однак джерелами шумових перешкод можуть стати вентиляційні установки, кондиціонери або периферійне устаткування для ЕОМ (принтери та ін.) Тривала дія цих шумів негативно позначаються на емоційному стані персоналу.

Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на підприємстві становлять 60-65 дБа, що відповідає допустимому рівню звукового тиску та звуку згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами становить приблизно 50-60 Гц, що також відповідає нормі [22].

З метою зниження шуму можна запропонувати наступне:

- облицювання стелі та стін звукопоглинальним матеріалом (знижує шум на 6 - 8 дБ);
- установка в комп'ютерних приміщеннях обладнання, що виробляє мінімальний шум;
- раціональна планування приміщення.

8.2.5. Виробничі випромінювання [23]

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини взагалі залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, характеру опромінення, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.

ПК є джерелами таких випромінювань як: м'якого рентгенівського; ультрафіолетового 200 - 400 нм; видимого 400 - 700 нм, ближнього інфрачервоного 700 - 1050 нм; радіочастотного 3 кГц - 30 МГц; електростатичних полів [24].

Гранично допустимі значення характеристик ЕМП під час роботи на ПК наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 - Гранично допустимі значення характеристик ЕМП

Найменування параметрів	Допустиме Значення
Напруженість електромагнітного поля по електричній складовій на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	10 В / м
Напруженість електромагнітного поля по магнітної складовій на відстані 50 см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати для дорослих користувачів	20 кВ / м
Напруженість електромагнітного поля на відстані 50 см навколо ВДТ по електричній складовій повинна бути не більше:	
в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц;	25 В / м
в діапазоні частот 2 - 400 кГц	2,5 В / м
Щільність магнітного потоку повинна бути не більше:	
в діапазоні частот 5 Гц - 2 кГц;	250нТл
в діапазоні частот 2 - 400 кГц	25 нТл
Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати	500 В

Для забезпечення захисту оператора та досягнення нормованих рівнів випромінювань ПК рекомендовано застосування екранних фільтрів, локальних світлофільтрів (засоби індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, які

пройшли випробування в акредитованих лабораторіях та отримали позитивний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

8.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників НС [25]

8.3.1 Дія вибуху на будівлі виробничих приміщень

У наслідок дії вражаючих факторів вибуху виникають руйнування або пошкодження будівель, споруд, технологічного обладнання, транспортних засобів, елементів комунікацій та інших об'єктів. Ступінь руйнування будівель, споруд та обладнання залежить від величини надлишкового тиску, а також від характеру споруд, матеріалу їх конструктивних елементів, розміщення об'єктів по відношенню до напрямку розповсюдження ударної хвилі та інших об'єктів.

Опір будівель та споруд до дії ударної хвилі залежить від їх конструкції, розмірів та інших параметрів. Більш нестійкі це будівлі та споруди з легкими несучими конструкціями, які значно здіймаються над поверхнею землі, а більш стійкі це підземні та заглиблені у ґрунт споруди.

При повних та сильних руйнуваннях відновлення та експлуатація споруд неможлива. А при середніх та слабких – можливо після капітального, середнього чи поточного ремонту. Що в свою чергу потребує відповідних капіталовкладень [1].

8.3.2 Визначення часу випаровування вибухонебезпечної речовини при її розлитті в кількості, достатній для утворення вибухової суміші в приміщенні

Вихідні дані: розміри приміщення (м): $16 \times 7 \times 3,2$, нижня концентраційна межа (НКМ) суміші $C_{НКМ} = 0,76 \%$ об.

Об'єм вибухонебезпечної речовини, необхідний для створення вибухонебезпечної концентрації можна знайти за формулою

$$V = \frac{V_{ВЛІ}}{100} C_{НКМ} \text{ [м}^3\text{]}, \quad (8.1)$$

де V_{BIL} – вільний об'єм приміщення, м^3 ;

C_{HMK} – нижня концентраційна межа (НКМ) суміші, % об.

Вільний об'єм приміщення визначається за формулою

$$V_{BIL} = 0,8V_{IP} [\text{м}^3], \quad (8.2)$$

де V_{IP} – об'єм приміщення, м^3 .

За відомими розмірами приміщення знайдемо об'єм приміщення за формулою

$$V_{IP} = abh [\text{м}^3], \quad (8.3)$$

де a, b, h – довжина, ширина та висота приміщення, відповідно, м.

Тривалість надходження вибухонебезпечної рідини в об'єм приміщення можна визначити з формули

$$m = WF_B T [\text{кг}], \quad (8.4)$$

Звідки:

$$T = \frac{m}{WF_B} [\text{с}], \quad (8.5)$$

де W – інтенсивність випаровування, $\text{кг/с}\cdot\text{м}^2$ ($W = 0,385 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2$);

F_B – площа розлитої вибухонебезпечної рідини, м^2 ;

m – маса розлитої вибухонебезпечної рідини, кг ;

T – тривалість надходження вибухонебезпечної рідин в об'єм приміщення, с.

Масу розлитої вибухонебезпечної рідини можна визначити за формулою

$$m = V\rho [\text{кг}], \quad (8.6)$$

де ρ – густина вибухонебезпечної речовини, кг/м^3 ($\rho = 730 \text{ кг/м}^3$).

Площу розлитої вибухонебезпечної рідини можна визначити за формулою

$$F_B = ab \text{ [м}^2\text{]} \quad (8.7)$$

Після підстановки відомих значень у формули (5.3, 5.2, 5.1, 5.6, 5.7, 5.5) одержимо:

$$V_{III} = 16 \cdot 7 \cdot 3,2 = 358,4 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$V_{VII} = 0,8 \cdot 358,4 = 286,7 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$V = \frac{286,7}{100} \cdot 0,76 = 2,18 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$m = 2,18 \cdot 730 = 1591,4 \text{ (кг)};$$

$$F_B = 16 \cdot 7 = 112 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$T = \frac{1591,4}{0,385 \cdot 10^{-3} \cdot 112} = 36906 \text{ (с)} = 10,25 \text{ (год)}.$$

8.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій

На підприємствах, які виробляють або використовують вибухонебезпечні речовини, слід передбачати заходи на особливий період з максимально можливих скорочень запасів і термінів збереження таких речовин, що знаходяться на під'їзних шляхах підприємств, на проміжних складах і в технологічних ємностях, мінімально необхідних для функціонування виробництва.

З метою зменшення необхідної кількості вибухонебезпечних речовин у особливий період слід передбачати, як правило, перехід на безбуферну схему виробництва. Злив вибухонебезпечних речовин в аварійні ємності слід передбачати, як правило, за допомогою автоматичного ввімкнення зливних систем при обов'язковому його дублюванні пристроєм для ручного вмикання випорожнення небезпечних ділянок технологічних схем.

Висновки: визначено час випаровування вибухонебезпечної речовини при її розлитті в кількості, достатній для утворення вибухової суміші в приміщенні. Розроблено превентивні заходи по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі були проведені експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором, а також проведено розрахунки відносно проектування та виготовлення експериментального зразка електрогідравлічного регулятора насоса.

За результатами експериментальних досліджень можемо зробити наступні висновки:

- гідросистема, оснащена розробленим регулятором є роботоздатною та енергоефективною;
- змінюючи величину тиску p_c на виході насоса 1 в діапазонах від $p_c = 1,0$ МПа до $p_c = 9,0$ МПа величина похибки стабілізації подачі Q_n насоса не перевищує $A=8\%$;
- час перехідного процесу тисків p_n та p_c при збільшенні величини навантаження не перевищував $t_p = 0,8$ с, а при зменшенні величини навантаження час не перевищував $t_p = 0,6$ с;
- розроблений електрогідравлічний регулятор насоса дає змогу пропорційного керування насосом в необхідному діапазоні зміни навантажень $p_c = (1,0 \dots 8,0)$ МПа та подач $Q_n = (0,7 \dots 0,85) \cdot 10^{-3}$ м³/с.

У процесі проектування дослідного зразка електрогідравлічного регулятора був вибраний середньосерійний тип виробництва. Провівши якісний аналіз технологічності і отримавши кількісні показники прийшли до висновку – деталь технологічна.

Проведений аналіз декількох варіантів отримання заготовки. Порівнявши отримані техніко-економічні показники цих варіантів ми обрали найбільш доцільний - отримання заготовки із квадратного гарячекатаного прутка.

При проектуванні технологічного процесу механічної обробки було проведено аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей за умов даного типу виробництва, а також прийняті до відома типові рекомендації.

Було розроблено маршрут механічної обробки заготовки деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора» що включає розробку змісту операцій обробки з зображенням схем базування.

Виконано розмірний аналіз технологічного процесу, наведена розмірна схема технологічного процесу, також похідний, вихідний графі-дерева та суміщений граф. В записці показані розрахунки проміжних мінімальних припусків на обробку та рівняння технологічних розмірних ланцюгів.

Визначили режими різання при різних методах обробки та розрахували норми витрат основного часу. Надали рекомендації щодо необхідного інструменту та обладнання.

Наведені виробничі параметри дільниці механічної обробки, а саме: виконаний розрахунок приведеної програми, розрахована кількість потрібного обладнання і отримано коефіцієнт його завантаження. Визначена необхідна кількість працюючих на дільниці.

В економічному розділі визначили ефективність застосування результатів науково-технічних робіт по розробленню гідропривода з пропорційним керуванням, а саме: провели науковий аудит науково-дослідної роботи, оцінили науково-технічний рівень розроблення електрогідравлічного регулятора насоса та його комерційний потенціал, визначили витрати на науково-дослідну роботу та розрахована економічна ефективність науково-дослідної роботи.

В розділі охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях навели технічні рішення щодо безпечного виконання роботи, профілактику професійних захворювань користувача ПК, технічні рішення з виробничої санітарії. Надані рекомендації щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях та проведено дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників НС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Thanh Ha Nguyen. Working Performance Improvement of a Novel Independent Metering Valve System by Using a Neural Network-Fractional Order-Proportional-Integral-Derivative Controller / Thanh Ha Nguyen, Tri Cuong Do, Van Du Phan, Kyoung Kwan Ahn // *Mathematics* 2023, 11, 4819. <https://doi.org/10.3390/math11234819>.
2. Yang, J.; Liu, B.; Zhang, T.; Hong, J.; Zhang, H. Application of energy conversion and integration technologies based on electro-hydraulic hybrid power systems: A review. *Energy Convers. Manag.* 2022, 272, 116372.
3. Xu, B.; Cheng, M. Motion control of multi-actuator hydraulic systems for mobile machineries: Recent advancements and future trends. *Front. Mech. Eng.* 2018, 13, 151–166.
4. Дусанюк Ж. П., Дусанюк С.В. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни “Проектування механоскладальних дільниць та цехів” для студентів заочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та "Менеджмент організацій машинобудування": методичні вказівки. Вінниця : ВДГУ, 2002 – 58 с.
5. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Пурдик В.П. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013.-123с.
6. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2015.-112 с.
7. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Сухоруков С.І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015.-116 с.
8. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни «Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні»: посібник. Вінниця: ВНТУ, 2011.-143 с.
9. Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. Проектування та виготовлення заготовок в машинобудуванні: посібник. Київ: Вища школа, 1999 – 247 с.

10. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: навчальний посібник: посібник. Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.

11. ГОСТ 2951-2006. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний квадратний

12. ГОСТ 103-2006. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний полосовий

13. Іванов М. І. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.

14. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

15. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

16. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.

17. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – [Електронний ресурс] – Режим доступу :

http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage.html?id_doc=79885

18. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням – [Електронний ресурс] : 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. – URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

19. 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>

20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

21. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

22. 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

23. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

24. ДНАОПБ 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок та електрообладнання. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://aer.net.ua/public/files/OSBB/zakonodavctvo/INSCE/DNAOP%200.00-1.32-01.pdf>

25. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Експериментальні дослідження роботи гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 97,7% Схожість 2,3%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Ольга СЕРДЮК
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

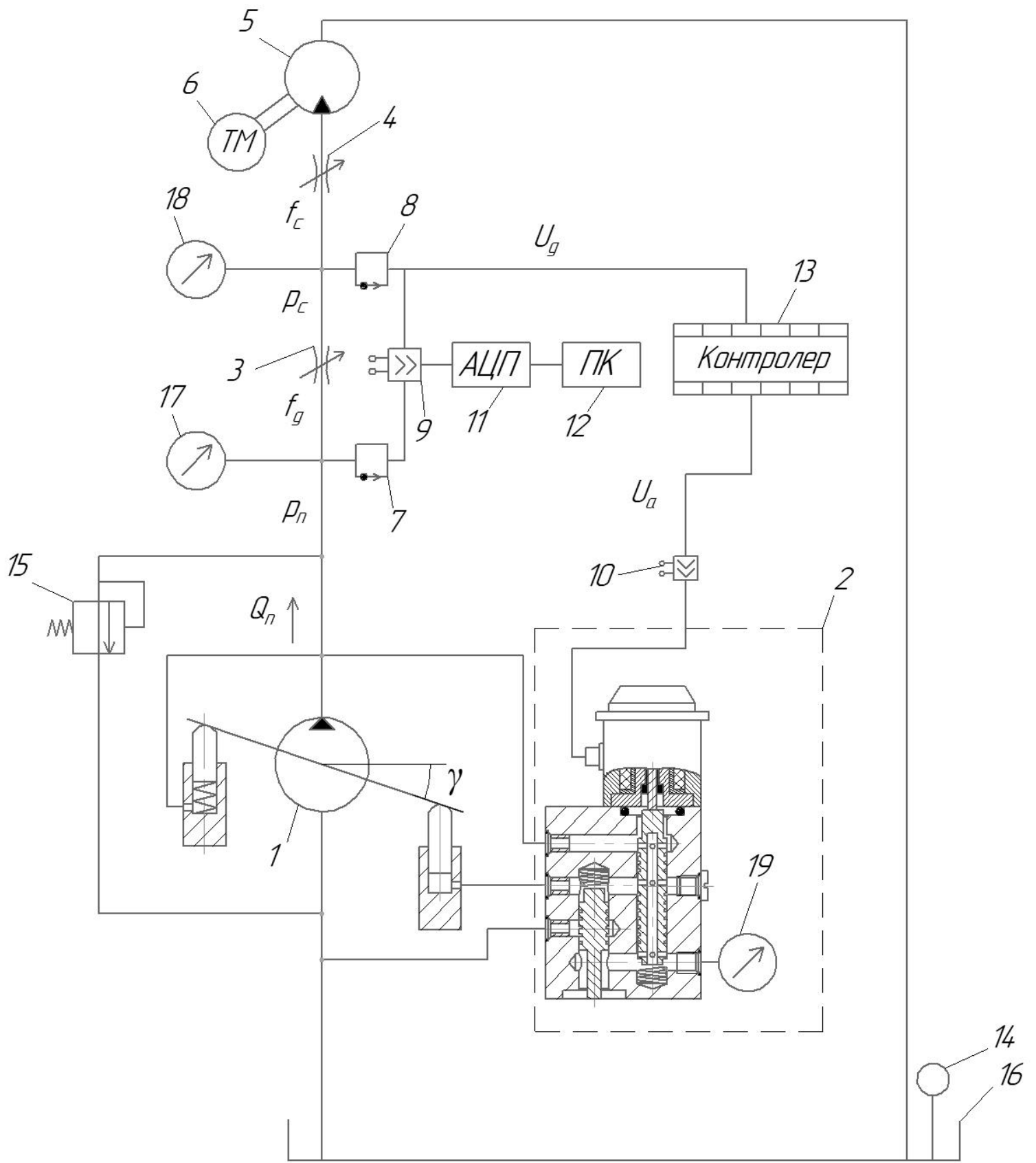
Автор роботи _____ Іван БУТКАЛЮК
(підпис) (прізвище, ініціали)

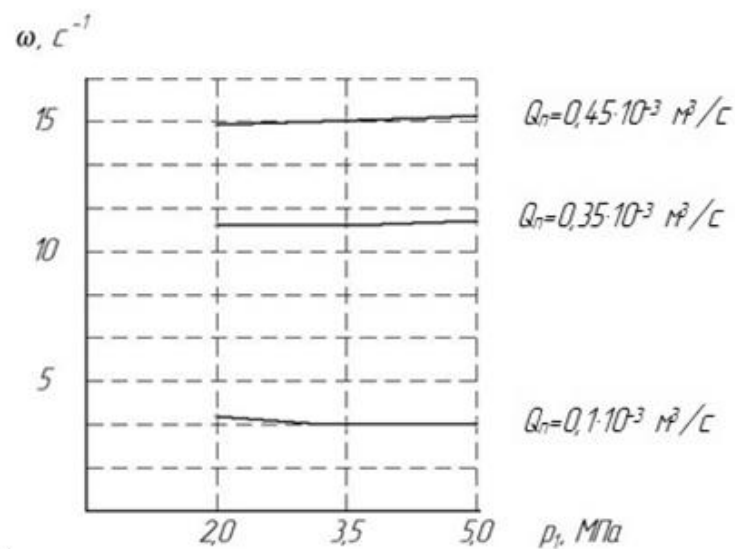
Керівник роботи _____ Леонід КОЗЛОВ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

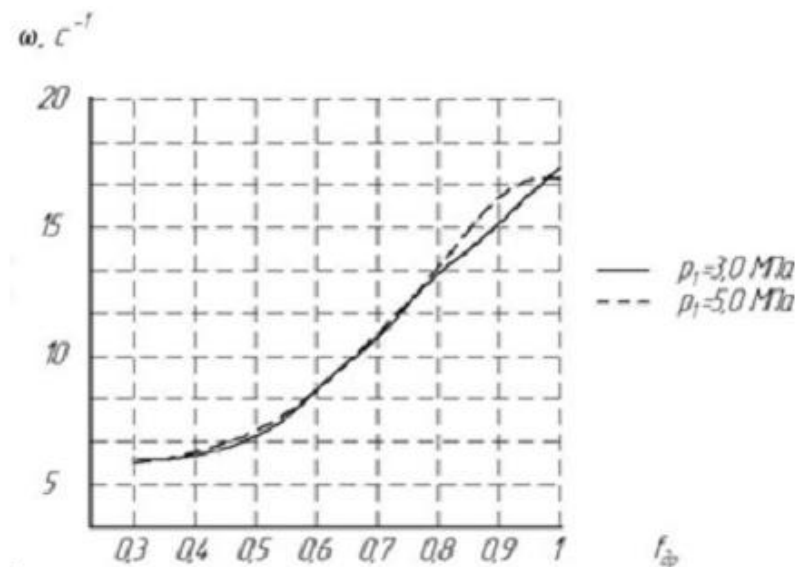
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСИСТЕМИ
З НАСОСОМ ЗМІННОГО РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ
ТА ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ**

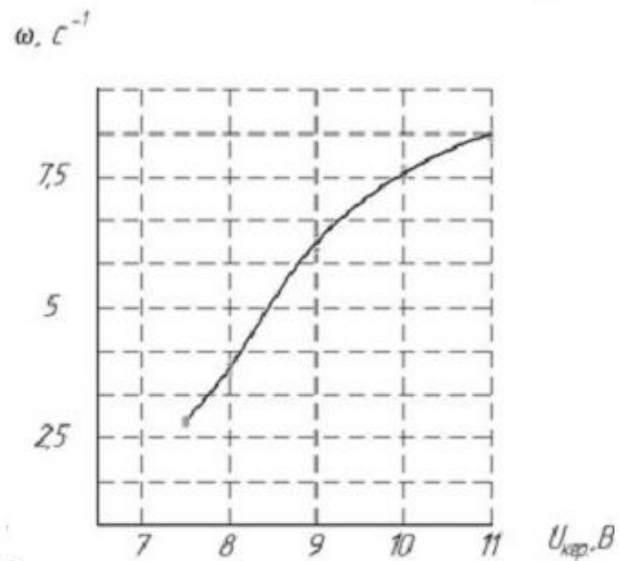




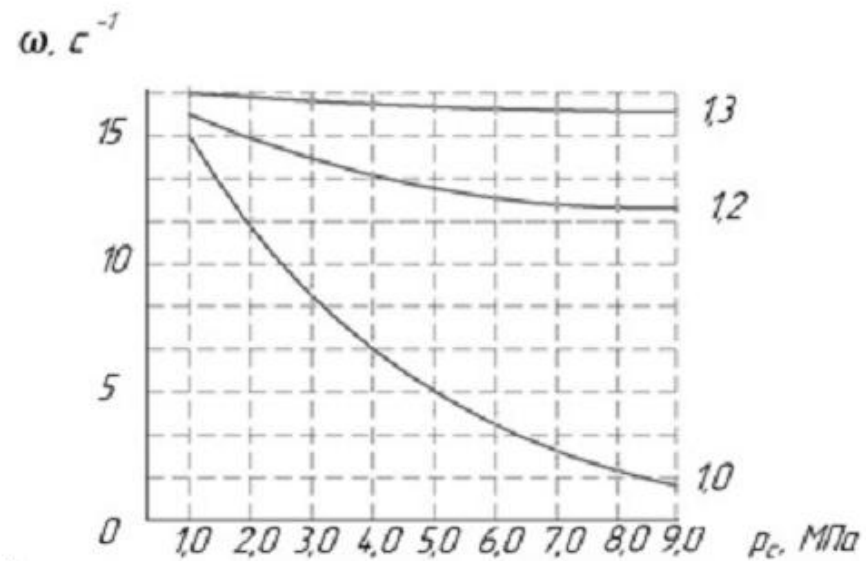
Графік залежності частоти обертання n гідромотора від величини тиску в гідролінії p_1



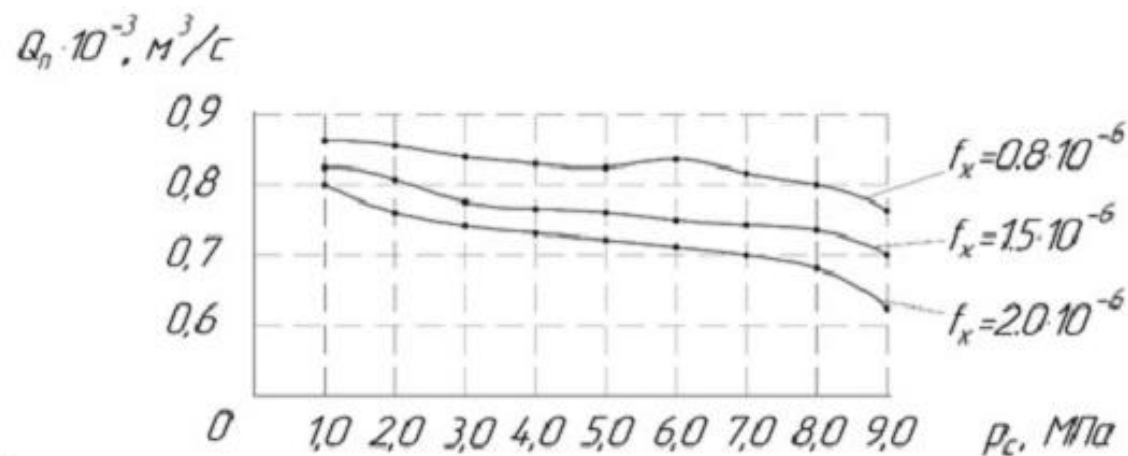
Графік залежності частоти обертання n гідромотора від величини площі дроселя $f\phi r$



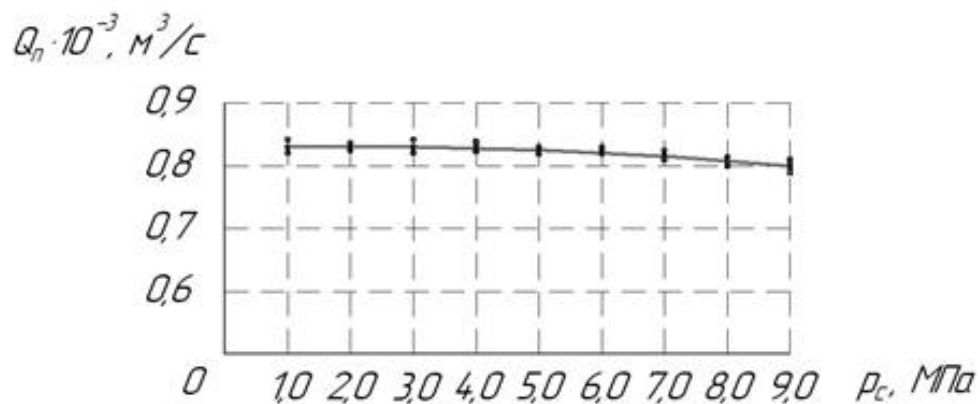
Графік залежності частоти обертання n гідромотора від напруги керування $U_{кр}$ електромагніта



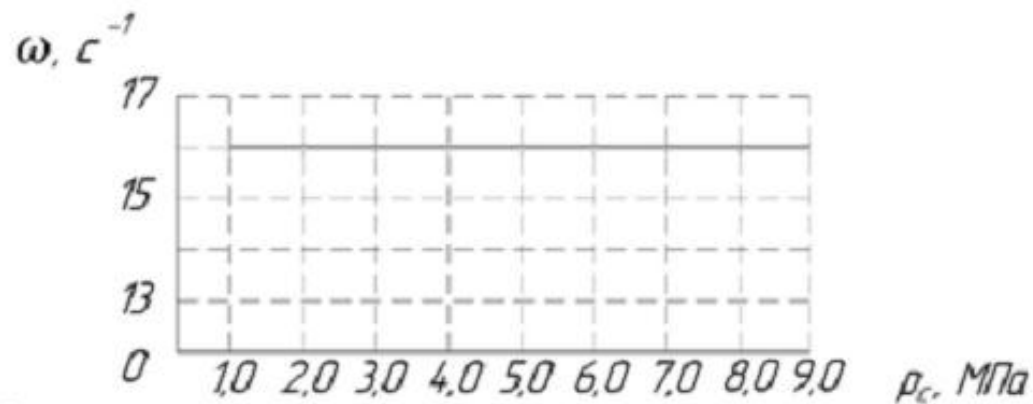
Залежність частоти обертання n гідромотора від тиску в гідролінії p_c при різних значеннях коефіцієнту підсилення сигналу U_a



Графік залежності впливу площі дроселя на величину подачі насоса Q_n



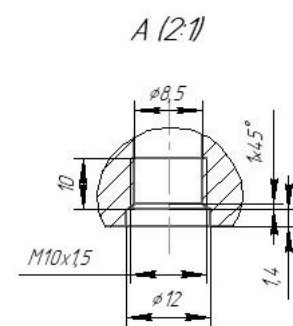
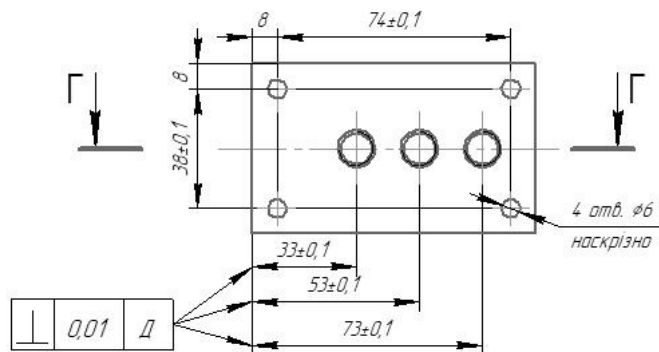
Графік залежності впливу площі дроселя на величину подачі насоса Q_n



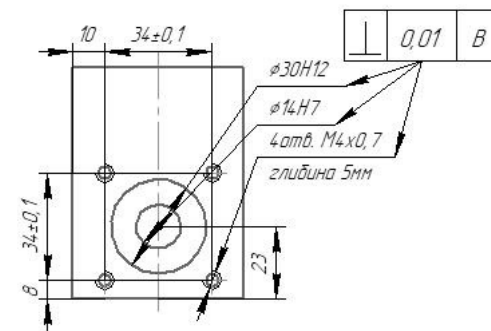
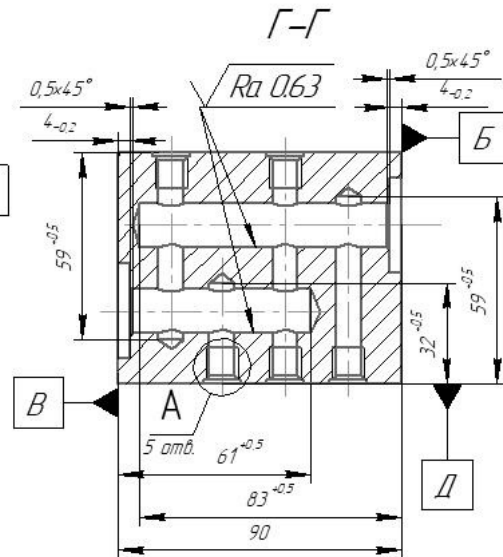
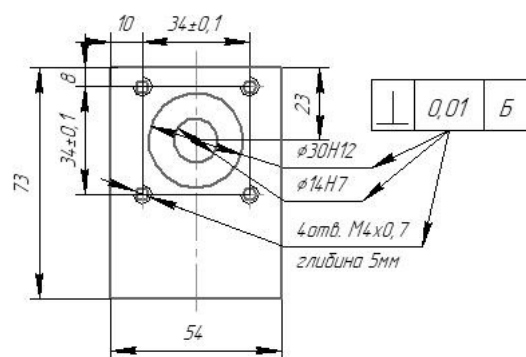
Графік залежності частоти обертання гідромотора від тиску в гідролінії p_c

МКР.08-64.001.00.001

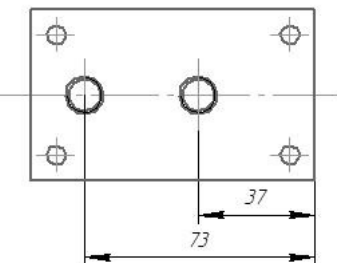
Строби. №



$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$



1. Неперпендикулярність осей отв. $\phi 30H12$, $\phi 14H7$, 4 отв. $M4 \times 0,7$ площині "Б" в межах 0,01 мм.
2. Неперпендикулярність осей отв. $\phi 30H12$, $\phi 14H7$, 4 отв. $M4 \times 0,7$ площині "В" в межах 0,01 мм.
2. Кромки 4-х отв. $\phi 6$ з двох боків притупити фаскою $0,5 \times 45^\circ$.
3. Неперпендикулярність осей 3 отв. $\phi 8,5$, 4 отв. $\phi 6$ площині "Д" в межах 0,01 мм.
4. Всі зовнішні грані деталі повинні мати шорсткість $Ra=3,2$ мкм.
5. Забезпечити паралельність протилежних граней між собою в межах 0,05 мм.
6. Невказані граничні відхилення розмірів валів $h14$, отворів $H14$ та інші $\pm \frac{IT_{14}}{2}$.
7. Гострі кромки притупити.

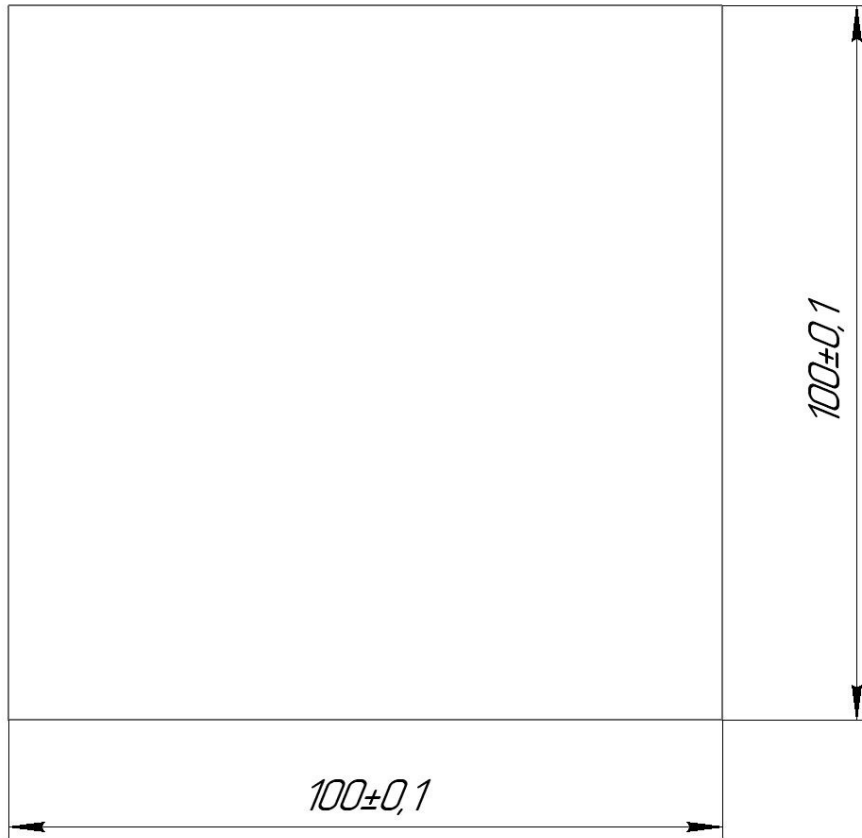
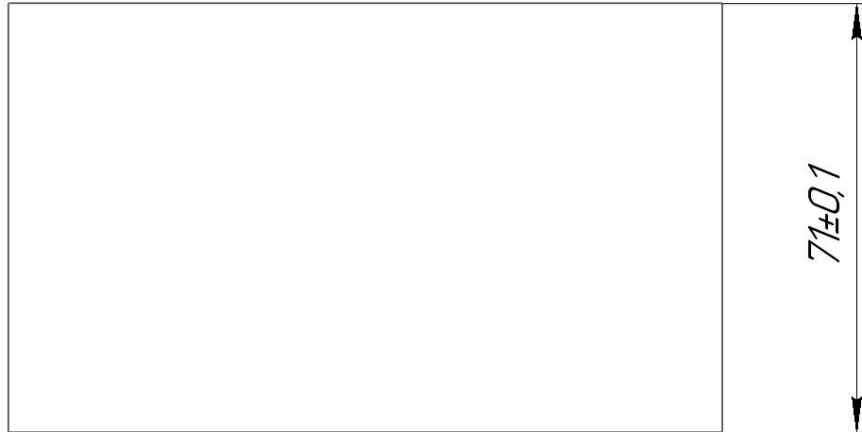


				МКР.08-64.001.00.001			
Изм./Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата	Корпус	Лист	Масш	Масштаб
Разраб.	Буткалюк І. В.				електрогідравлічного регулятора	2,055	11
Перед.	Козлов Л. Г.			Лист		Листів	1
Г.контр.				а100ГОСТ2591-2006		ВНТУ	
Н.контр.	Сердюк О. В.			Сталь 45ГОСТ4543-71		ст. гр. 1ПМ-22М	
Затв.	Козлов Л. Г.			Формат А3			

МКР.08-64.001.00.002

√ Ra 12,5

Справ. №



МКР.08-64.001.00.002

Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Разраб.	Буткалюк І. В.		
Перев.	Козлов Л. Г.		
Т.контр.			
Н.контр.	Сердюк О. В.		
Затв.	Козлов Л. Г.		

Корпус електрогідролічного регулятора
(заготовка)

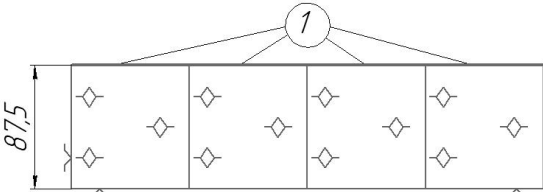
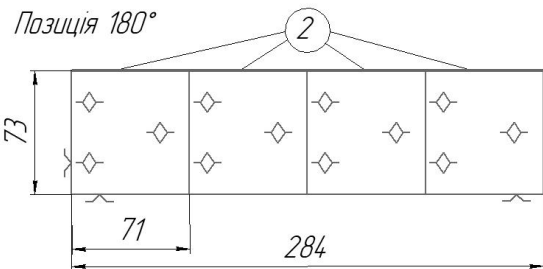
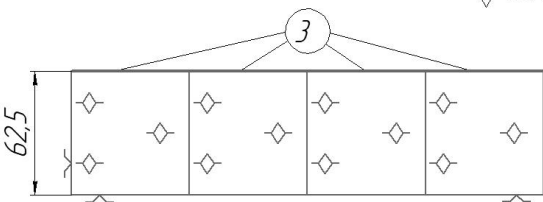
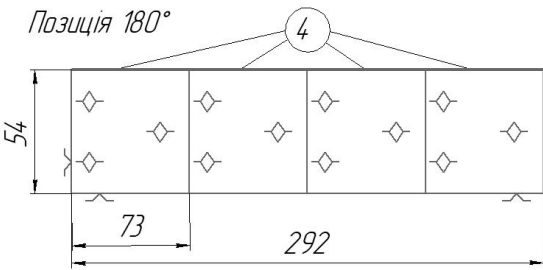
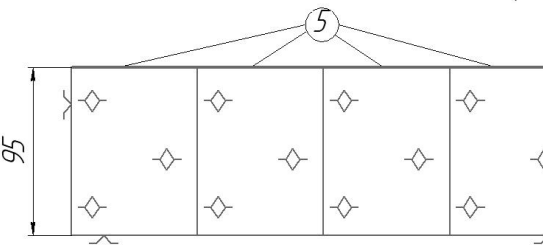
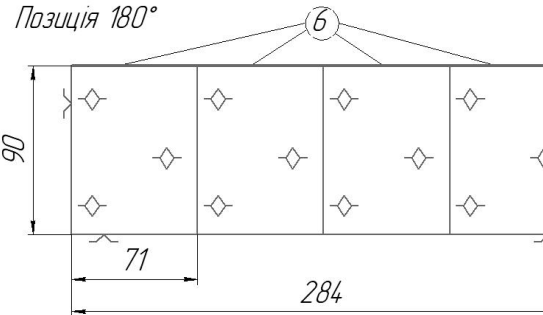
∅100 ГОСТ2591-2006
Сталь 45 ГОСТ4543-71

Лист	Маса	Масштаб
	2,785	1:1
Лист	Листів	1

ВНТУ,
ст. гр. ІПМ-22М

Формат А4

МАРШУТ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

№	Номер, назва і зміст операції	Схема установки і обробки	Обладнання
005	<p>Горизонтально-фрезерна</p> <p><u>Установ А, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати попередньо пов. 1 в пакеті заготовок 2. Фрезерувати попередньо пов. 1 в пакеті заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 1 в пакеті заготовок 4. Повернути пристосування на 180° <u>Установ А, позиція 180°</u> 5. Фрезерувати попередньо пов. 2 в пакеті заготовок 6. Фрезерувати попередньо пов. 2 в пакеті заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 2 в пакеті заготовок 8. Перебстановити пакет заготовок</p> <p><u>Установ Б, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати попередньо пов. 3 в пакеті заготовок 2. Фрезерувати попередньо пов. 3 в пакеті заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 3 в пакеті заготовок 4. Повернути пристосування на 180° <u>Установ Б, позиція 180°</u> 5. Фрезерувати попередньо пов. 4 в пакеті заготовок 6. Фрезерувати попередньо пов. 4 в пакеті заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 4 в пакеті заготовок 8. Перебстановити пакет заготовок</p> <p><u>Установ В, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати попередньо пов. 5 в пакеті заготовок 2. Фрезерувати попередньо пов. 5 в пакеті заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 5 в пакеті заготовок <u>Установ В, позиція 180°</u> 4. Фрезерувати попередньо пов. 6 в пакеті заготовок 5. Фрезерувати попередньо пов. 6 в пакеті заготовок 6. Фрезерувати остаточно пов. 6 в пакеті заготовок</p>	<p>Позиція 0° Установ А (вид зверху) $\sqrt{Ra\ 3.2}$</p>  <p>Позиція 180°</p>  <p>Позиція 0° Установ Б $\sqrt{Ra\ 3.2}$</p>  <p>Позиція 180°</p>  <p>Позиція 0° Установ В $\sqrt{Ra\ 3.2}$</p>  <p>Позиція 180°</p> 	Горизонтально-фрезерний мод. 6Н80Г

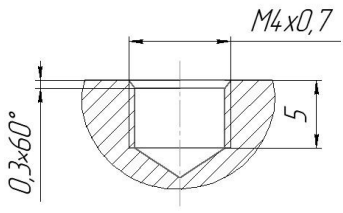
МАРШУТ МЕХАНЧНОЇ ОБРОБКИ (ПРОДОВЖЕННЯ)

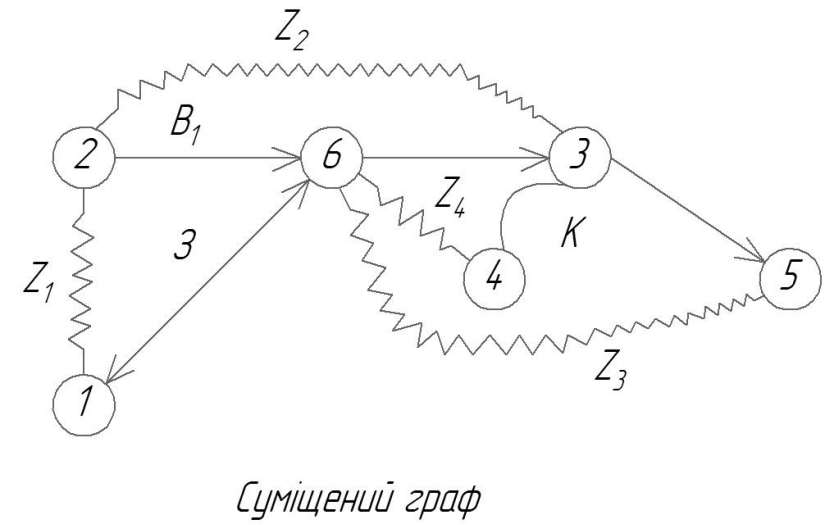
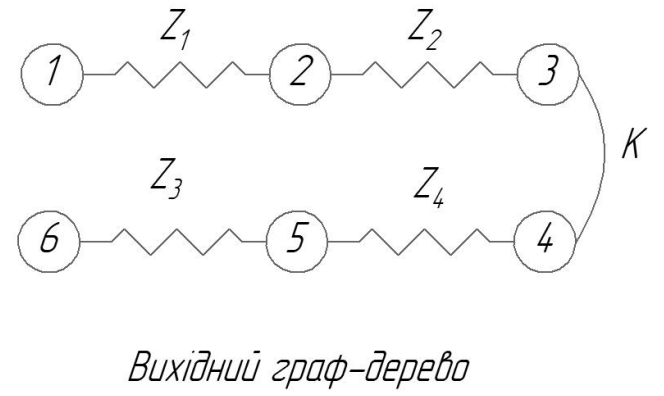
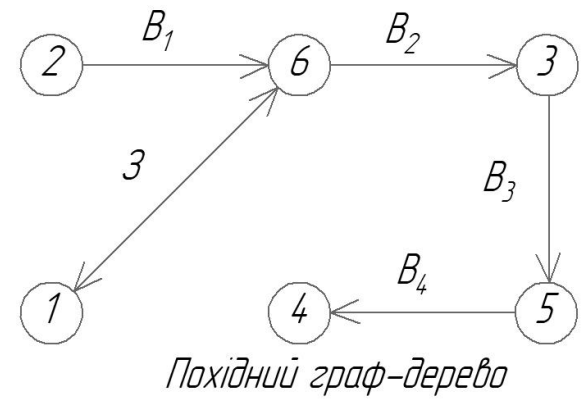
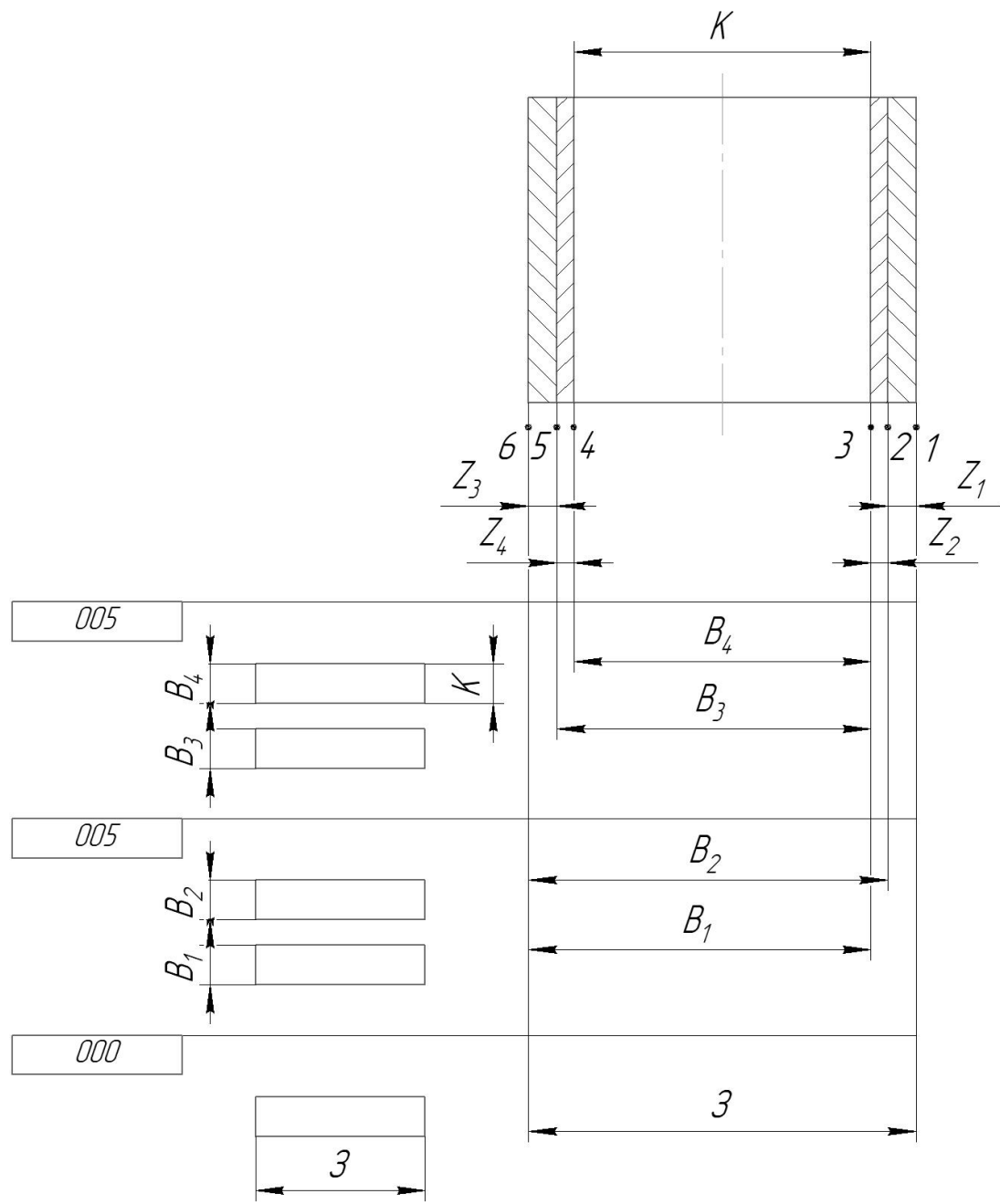
№	Номер, назва і зміст операції	Схема установки і обробки	Обладнання
010	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 13, 14 з дотриманням розмірів 73 мм, 37 мм 2. Свердлити отв. 14 наскрізно, отв. 13 з дотриманням розмірів $\phi 8,5$ та $59^{+0,5}$ мм 3. Зенкувати в отв. 13, 14 отв. $\phi 12$ 4. Зенкувати фаски в отв. 13, 14 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$ 5. Нарізати різь в отв. 13, 14 з дотриманням розмірів M10x15, 10 мм 6. Центрувати 4 отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розмірів 8, $74 \pm 0,1$ та $38 \pm 0,1$ мм 7. Свердлити 4 отв. 4, 5, 6, 7 наскрізно 8. Зенкувати фаски 4 отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$ 9. Передстановити деталі на поворотному столі <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 15 з дотриманням розміру 23 2. Свердлити отв. 15 з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ мм та $\phi 11,8$ 3. Зенкувати отв. $\phi 30H12$ з дотриманням довжини $4_{-0,2}$ 4. Зенкувати отв. $\phi 13,8$ з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ 5. Розвернути попередньо отв. $\phi 13,8$ до розміру $\phi 13,96$ з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ 6. Розвернути остаточно отв. $\phi 14H7$ з дотриманням довжини $61^{+0,5}$ 7. Зенкувати фаску в отв. $\phi 14H7$ дотримуючись розміру $0,5 \times 45^\circ$ 8. Центрувати 4 отв. 16, 17, 18, 19 з дотриманням розмірів 8, $34 \pm 0,1$, $34 \pm 0,1$ мм 9. Свердлити 16, 17, 18, 19 з дотриманням розмірів $\phi 3,3$, 5 мм 10. Передстановити деталі на поворотному столі 	<p>The drawing consists of several views: <ul style="list-style-type: none"> Section A-A: Shows a vertical hole with a diameter of $\phi 8,5$ and a length of $59^{+0,5}$ mm. A chamfer of $1 \times 45^\circ$ is shown at the top. A hole with diameter $\phi 12$ is also indicated. Top View: Shows a square part with a width of 73 mm and a height of 54 mm. It features four holes (6, 7, 13, 14) arranged in a 2x2 grid. The distance between the centers of the holes is $74 \pm 0,1$ mm horizontally and $38 \pm 0,1$ mm vertically. The distance from the center of hole 13 to the left edge is 8 mm, and from hole 14 to the right edge is 37 mm. The total width is 90 mm. Section B-B: Shows a vertical hole with a diameter of $\phi 14H7$ and a length of $61^{+0,5}$ mm. A chamfer of $0,5 \times 45^\circ$ is shown at the top. A hole with diameter $\phi 30H12$ is also indicated. The distance from the center of the hole to the right edge is $4_{-0,2}$ mm. Bottom View: Shows a square part with a width of 73 mm and a height of 54 mm. It features four holes (16, 17, 18, 19) arranged in a 2x2 grid. The distance between the centers of the holes is $34 \pm 0,1$ mm horizontally and $34 \pm 0,1$ mm vertically. The distance from the center of hole 15 to the left edge is 8 mm, and from hole 15 to the right edge is 37 mm. The total width is 90 mm. </p>	<p>Багатоцільовий верстат з ЧПК мод. 2204-ВМФ2</p>

МАРШУТ МЕХАНЧНОЇ ОБРОБКИ (ПРОДОВЖЕННЯ)

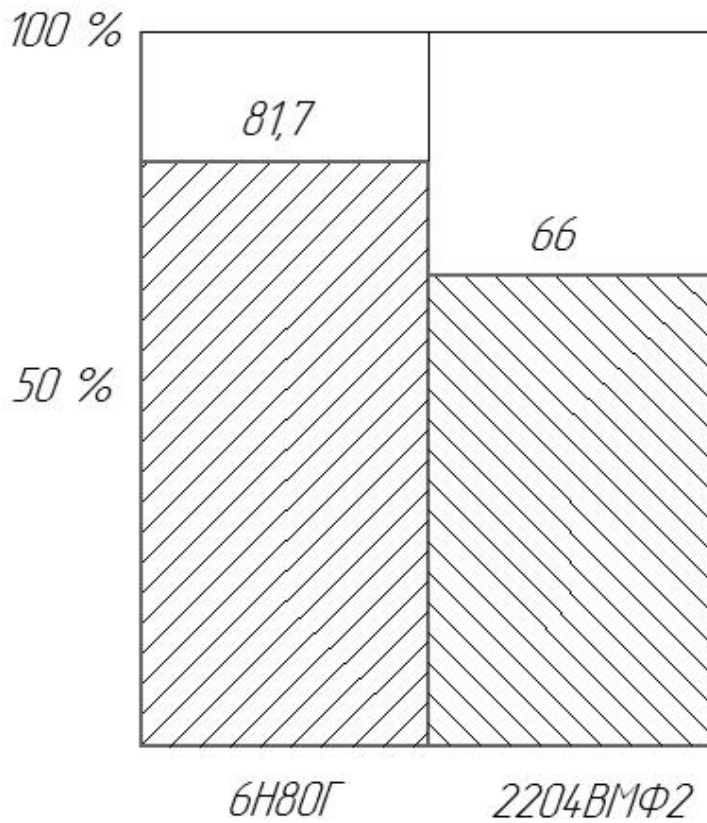
№	Номер, назва і зміст операції	Схема установки і обробки	Обладнання
	<p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 3</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 1 та 3 з дотриманням розмірів $33 \pm 0,1$ та $73 \pm 0,1$ мм 2. Свердлити отв. 1 та 3 з дотриманням розмірів $\phi 8,5$, $32^{+0,5}$ та $59^{+0,5}$ 3. Зенкувати в отв. 1 та 3 отв. $\phi 12$ дотримуючись розміру 1,4 мм 4. Зенкувати фаску в отв. 1 та 3 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$ 5. Нарізати різь в отв. 1 та 3 з дотриманням розмірів M10x1,5 та 10 мм 6. Зенкувати фаску в 4-х отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$ 7. Зняти заготовки з поворотного столу <p>Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отв. 8 з дотриманням розміру 23 2. Свердлити отв. 8 з дотриманням довжини $83^{+0,5}$ мм та $\phi 11,8$ 3. Зенкувати отв. $\phi 30H12$ з дотриманням довжини $4_{-0,2}$ 4. Зенкувати отв. $\phi 13,8$ з дотриманням довжини $83^{+0,5}$ 5. Розвернути попередньо отв. $\phi 13,8$ до розміру $\phi 13,96$ з дотриманням довжини $83^{+0,5}$ 6. Розвернути остаточно отв. $\phi 14H7$ з дотриманням довжини $83^{+0,5}$ 7. Зенкувати фаску в отв. $\phi 14H7$ дотримуючись розміру $0,5 \times 45^\circ$ 8. Центрувати 4 отв. 9, 10, 11, 12 з дотриманням розмірів 8, $34 \pm 0,1$, $34 \pm 0,1$ мм 9. Свердлити 9, 10, 11, 29 з дотриманням розмірів $\phi 3,3$, 5 мм 10. Зняти деталі з поворотного столу 		<p>Багатациліндровий верстат з ЧПК мод. 2204ВМФ2</p>

МАРШУТ МЕХАНЧНОЇ ОБРОБКИ (ПРОДОВЖЕННЯ)

№	Номер, назва і зміст операції	Схема установки і обробки	Обладнання
015	<p><i>Слюсарна</i></p> <p>1. Розсвердлити фаски $0,3 \times 60^\circ$ у 8 отв. $\phi 3,3$</p> <p>2. Нарізати різі $M4 \times 0,7$ у 8 отв. $\phi 3,3$</p> <p>3. Притупити гострі кромки зовнішніх поверхонь фаскою $1 \times 45^\circ$</p>		<p><i>Слюсарний стіл</i></p>



Графік завантаження обладнання



Кількість працюючих на дільниці:

- основних робітників-верстатників: 4 чол.
- допоміжних робітників (транспортник): 1 чол.
- інженерно-технічних робітників (майстер): 1 чол.
- службовців (нормувальник): 1 чол.
- молодший обслуговуючий персонал (прибиральник): 1 чол.