

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

Пояснювальна записка

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

на тему:

Модернізація виробництва деталей автомата дозувально-наповнювального
Б4-КДН-16

Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу
«Корпус 16.25»

08-26.МКР.006.00.000 ПЗ

МКР 131 ТАМ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19мз
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Кулик Я.В. _____

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. _____

« ___ » _____ 20__ р.

Рецензент: к.е.н., доцент каф. АТМ

Макарова Т.В. _____

« ___ » _____ 20__ р.

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

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

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

«10» березня 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кулик Ярослав Васильович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Модернізація виробництва деталей автомата дозувально-наповнювального Б4-КДН-16 Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25»

керівник МКР Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом МКР: 15 червня 2021

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі корпус 16.25 (додаток А)
Матеріал СЧ 18 ГОСТ 1412-85
Програма випуску 4200 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Корпус 16.24, корпус 16.25 (заготовка), розмірний аналіз технологічного процесу, маршрут механічної обробки, карта налагодження, розрахунок елементів ділянки механічної обробки

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Доц. Сердюк О.В.		
Економічна частина	Ст. викл. Мацкевічус С.С		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Дембіцька С.М.		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	15.03	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	2.04	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	10.04	
4	Розв'язання поставлених задач	20.05	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	20.05	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	18.05	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	20.05	
8	Попередній захист МКР	25.05	
9	Перевірка роботи на плагіат	21.05	
10	Нормоконтроль МКР	4.06	
11	Рецензування МКР	5.06	
12	Захист МКР	22.06	

Студент _____

Кулик Я.

Керівник МКР _____

Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

Кулик Я. Модернізація виробництва деталей автомата дозувально-наповнювального Б4-КДН-16 Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25». – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2021 - 180с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки та розраховано оптимальні режими обробки для деталі корпус 16.25, а саме: проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована дільниця механічної обробки; розроблена програма для верстата з ЧПУ; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки, досліджено рукави високого тиску. Розроблена графічна частина.

ABSTRACT

Kulyk J. Modernization of production of details of the automatic machine of dosing and filling B4-KDN-16 Improvement of technology of mechanical processing of preparation of details like "Building 16.25". - Vinnytsia: VNTU, department THERE, 2021 - 180p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work the modernization of the technological process of machining was performed and the optimal machining modes for the part housing 16.25 were calculated, namely: the analysis of the design and manufacturability of the part was chosen, the method of manufacturing the workpiece was chosen the dimensional analysis of technological process is carried out and the technological sizes, the sizes of allowances and preparations are established, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the section of machining is designed; developed a program for a CNC machine; developed measures for labor protection and safety in emergency situations at the machining site, high pressure hoses were investigated. Developed graphic part.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КОРПУС	12
1.1 Дозувально- наповнювальний автомат Б4-КДН-16	12
2.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	13
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	16
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	
2.2 Аналіз технологічності деталі	18
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	23
2.4 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні.	36
2.5 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	42
2.6 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки з розробкою змісту операції, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	46
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	48
2.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$	54
2.9 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки на 2 поверхні	62
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	73
2.11 Розрахунок елементів дільниці механічної обробки	76
3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБПЛЕТЕНЬ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ	84
3.1 Класифікація рукавних технічних виробів, їх конструкція	84
3.2 Огляд робіт по математичному моделюванню системи рукавів високого тиску	89

3.4 Математичне моделювання приружних переміщень обплетень рукавів високого тиску	104
3.5 Математичне моделювання пружних переміщень обплетень РВТ в осьовому напрямкові	115
4.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	118
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	118
4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення	120
4.3Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування	120
4.4 Виявлення основних конкурентів	122
4.5 Обрання методу ціноутворення	125
4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення	128
4.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення	134
4.8 Прогнозування витрат на виконання роботи	136
4.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	138
4.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	139
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	140
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	140
5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	145
5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань	150
ВИСНОВКИ	156
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	157
ДОДАТКИ	165

ВСТУП

Актуальність. Машинобудування – є важливою галуззю промисловості України. З його розвитком підвищується якість машин, приладів, механізмів, скорочуються строки виготовлення. Це все залежить від досконалості технологій. Ефективність машинобудування розвивається з вдосконаленням сучасних технологій, і спрямоване на підвищення швидкості обробки та скорочення основного та допоміжного часу на обробку.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети повинні бути виконані такі **завдання**:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус 16.25»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;

- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток математична модель РВТ, що враховує металеве обплетення в вигляді навитого під певним кутом дроту; встановлено залежність статичного коефіцієнту податливості від конструктивних параметрів РВТ.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

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

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-14 травня 2021 р.)

Публікації. Опубліковано тезу доповіді:

- Вплив режимів обробки на собівартість механічної обробки чавунних деталей [Електронний ресурс] / Кулик Я.В., Перетяжко Р.О. // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», м. Вінниця, 01-14 травня 2021 р.

МКР 131 ТАМ

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КОРПУС

1.1 Дозувально-наповнювальний автомат Б4-КДН-16

Для об'ємного дозування зеленого горошку в металеві і скляні банки та наповнення їх сиропом, використовується дозувально-наповнювальний автомат Б4-КДН-16, з потужністю 60-125 бан./хв для діапазону доз від 0,32 до 0,1 л.

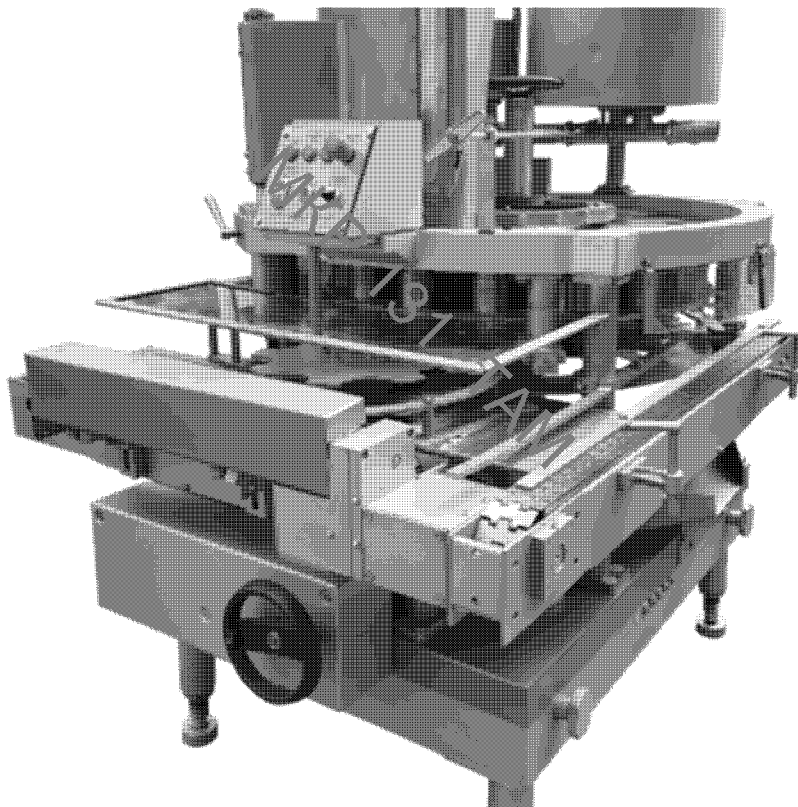


Рисунок 1.1 - Дозувально-наповнювальний автомат Б4-КДН-16

До його складу входить великий перелік досить складних деталей, серед яких корпус 16.25 та корпус В.24.

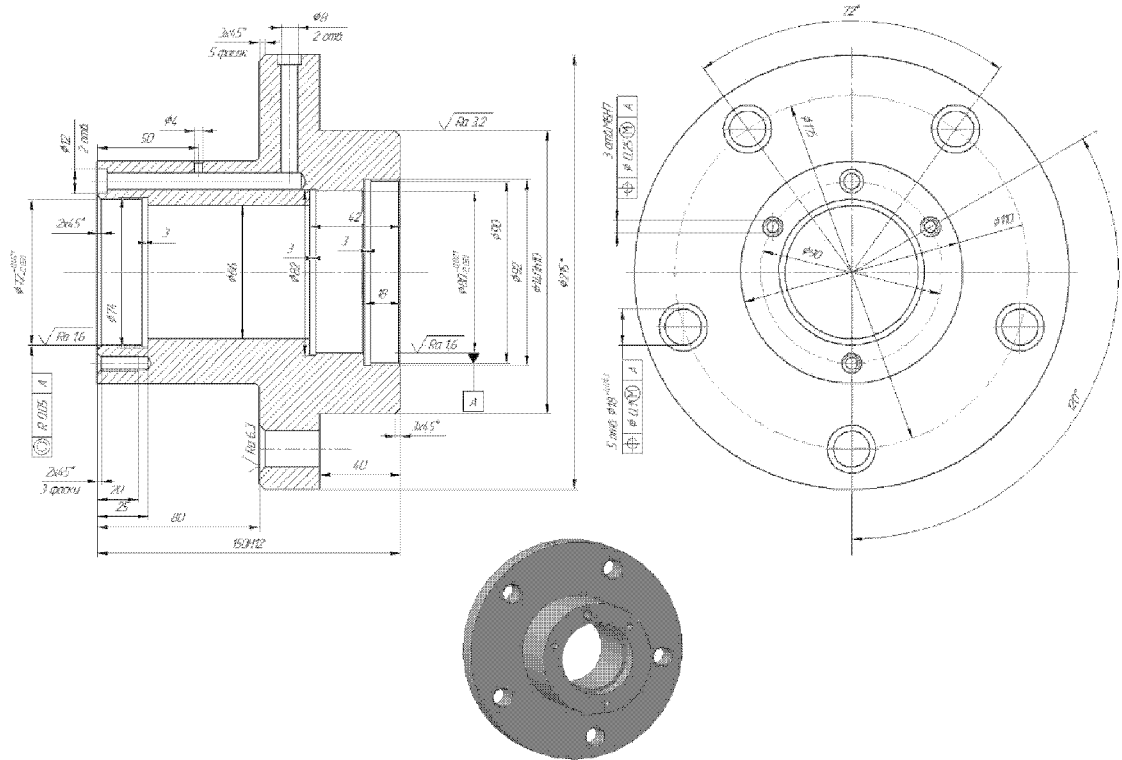


Рисунок 1.2- Корпус 16.25

1.2 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів “Єдиної системи підготовки виробництва” ЄСТПП ГОСТ 14.001–73.

Технологічний процес механічної обробки деталі “Корпус” розробляємо на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей.

Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки, доцільно використовувати універсальне обладнання, верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

При розробці методів обробки поверхонь, розробляємо маршрут механічної обробки користуючись типовими технологічними процесами

обробки подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки вносить подібність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого технологічного процесу.

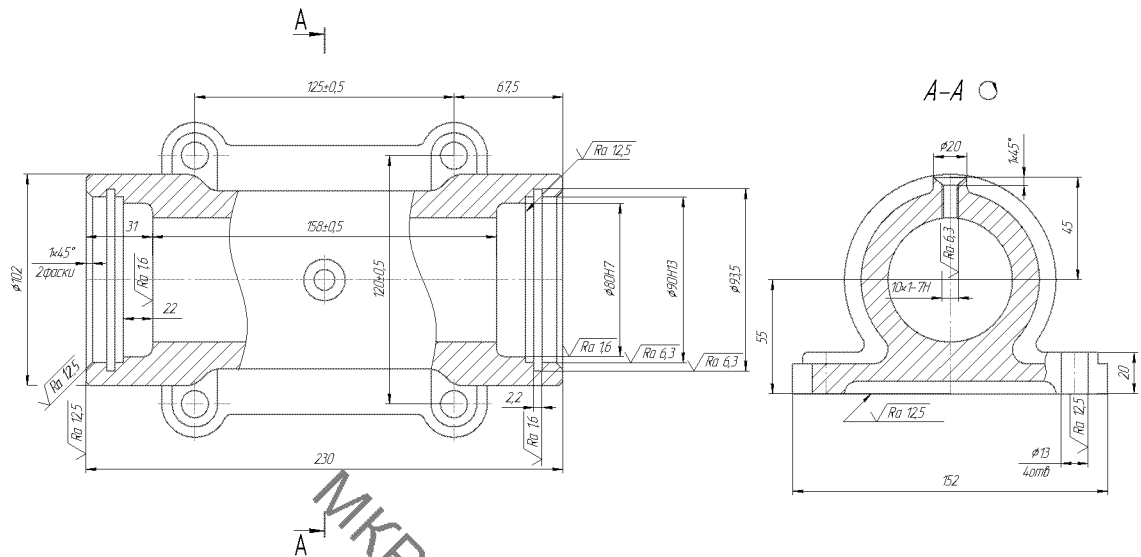


Рисунок 13 – Корпус підшипників

В розглядуваній деталі так, як і в типовій в якості конструкторських баз є площина і кріпильні отвори, на яку базується деталь. В якості допоміжних конструкторських баз в обох деталях виступають внутрішні циліндричні поверхні з високим квалітетом точності.

В розглядуваній і типовій деталях використовуються подібні методи обробки. В запропонованій деталі використовується обладнання з ЧПУ так, як і в розглядуваній деталі, але так, як деталь має досить складну конфігурації (деякі отвори обробляються через інші), то можна використовувати таке ж обладнання з ЧПУ.

Проаналізувавши вище написане, можна сказати, що даний типовий технологічний процес підходить для подальшого використання.

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес

№ операції	Зміст і назва операції	Тип обладнання
005	<p style="text-align: center;">Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно 3. Свердли 4 отв. $\varnothing 13$ 4. Фрезерувати площину бобишки $\varnothing 20$ остаточно 5. Свердли і нарізати різьбу M10•1-7H 6. Фрезерувати торець $\varnothing 120$, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно 7. Розточити витоки $\varnothing 80H7$ попередньо, остаточно; $\varnothing 90H13$ і фаску 1x45 остаточно 8. Фрезерувати канавку $2,2 \pm 0,5$ остаточно 	<p style="text-align: center;">Багатоцільовий з ЧПУ ИР500МФ4</p>

2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Вибираємо 5-7 найбільш характерних переходи механічної обробки:

- Чорнове обточування за 1 прохід – 0,17dl
- Чистове обточування з 11 квалітетом – 0,1dl
- Розточування отворів на токарному верстаті – 0,18dl (2 переходи)
- Свердління отворів – 0,52dl

Розраховуємо основний та штучно-калькуляційний час на призначені переходи за формулами наближеного нормування (на прикладі переходу чорнового обточування за 1 прохід, результати заносимо до таблиці 2.1):

$$T_{осн} = 0,17dl \cdot 10^{-3} \text{ [хв]} \quad (2.1)$$

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

Розрахуємо кількість верстатів для виконання вказаних переходів механічної обробки:

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

де $N = 4200$ шт. – річна програма випуску деталей, $F_d = 4060$ год. – ефективний річний фонд часу роботи верстата.

Орієнтовано тип виробництва: середньосерійне виробництво.

Отримані значення необхідно заокруглити до найближчого більшого числа.

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_{з.ф} = \frac{C_p}{P} \quad (2.4)$$

Визначаємо кількість операцій, що виконуються на одному робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}} \quad (2.5)$$

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

Всі розрахунки занесено до таблиці 2.1. Оскільки $K_{з.о} = 24,2$, то виробництво – дрібносерійне.

Таблиця 2.1 – Розрахунок переходів механічної обробки

Переходи механічної обробки	Формула та розрахунок $T_{осн} \cdot 10^{-3}$, хв	φ_k	Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k$, хв	Розрахункова кількість верстатів C_p	Прийнята кількість верстатів Р	$\eta_{з.ф}$	$\eta_{з.н}$	О	$K_{з.о}$
Чорнове обточування за 1 прохід	$0,17 \cdot 95 \cdot 130 = 2,09$	1,98	$2,09 \cdot 1,98 = 4,138$	0,089	1	0,089	0,8	9	24,2
Чистове обточування з 11 квалітетом	$0,1(110 \cdot 25 + 130 \cdot 60 + 10 \cdot 130) = 2,01$	1,98	$2,01 \cdot 1,98 = 3,97$	0,08	1	0,08	0,8	10	
Розточування отворів на токарному верстаті	$0,18 \cdot 80 \cdot 45 = 0,648$	1,98	$0,648 \cdot 1,98 = 1,283$	0,027	1	0,027	0,8	30	
Свердління отворів	$0,52 \cdot 5 \cdot 18 \cdot 15 = 0,702$	1,72	$0,702 \cdot 1,72 = 1,2$	0,025	1	0,025	0,8	32	
Розточування отворів на токарному верстаті	$0,18(72 \cdot 25 + 60 \cdot 5 + 60 \cdot 10) = 0,486$	1,98	$0,486 \cdot 1,98 = 0,962$	0,02	1	0,01	0,8	40	

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і

розрахункової добової продуктивності лінії Q_δ . Якщо $N_\delta < Q_\delta$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

$$N_\delta = \frac{N}{254}, \quad (2.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

Добова продуктивність лінії:

$$Q_\delta = \frac{F_\delta}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_\delta}, \quad (2.7)$$

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

– добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad [\text{ХВ}] \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Розраховуємо потрібний добовий випуск виробів:

$$N_\delta = \frac{N}{254} = \frac{4200}{254} = 16,5354 \text{ (шт.)}$$

Визначаємо розрахункову добову продуктивність лінії:

$$Q_\delta = \frac{F_\delta}{T_{шт-к.сер} \cdot \eta_{сер}} = \frac{4060}{0,584} \cdot 0,6 = 4171,2328 \text{ (шт.)}$$

При $N_o > Q_o$ потокову лінію використовувати недоцільно, отже доцільно використовувати групову форму організації роботи.

Визначаємо кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{4200 \cdot 12}{254} = 198,42 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо групову форму організації роботи з одночасним запуском деталей в партії у кількості 198 шт.

2.2 Аналіз технологічності деталі

Деталь «корпус 16.25» виготовляється із сірого чавуну СЧ 18 ГОСТ 1412-85, хімічний склад якого наведений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Хімічний склад СЧ 18 ГОСТ 1412-85

С (вуглець), %	Si (кремній), %	Mn (марганець), %	S (сірка), %	P (фосфор), %
3,5	2,1	0,6	не більше 0,15	не більше 0,2

Деталь слугує для встановлення колеса в складальній одиниці. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням поверхонь обертання. Внутрішня поверхня – отвір, що має складну поверхню, яка має високі вимоги точності обробки. Для закріплення колеса на корпуса передбачені кріпильні отвори.

Заготовка, з якої виготовляється деталь отримана методом лиття в піщано-глинисті форми, це зумовлено виходячи із конструктивних особливостей та програми випуску деталі. Такий спосіб отримання заготовки є найбільш оптимальним, так як

дозволяє отримати необхідну шорсткість, а також забезпечує значний економічний ефект.

Конструкція деталі для виконання більшості операцій технологічного процесу механічної обробки має хороші базові поверхні, які можуть бути використані для базування (внутрішня циліндрична поверхня і торець, зовнішня поверхня і торець). Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості.

Основні конструкторські бази деталі – це внутрішні циліндрична поверхня $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$, що слугує для правильної орієнтації у вузлі та торець правий $\varnothing 215$. Допоміжні бази деталі – це $\varnothing 100h10$, торець лівий $\varnothing 215$, торець правий $\varnothing 100h10$, кріпильні отвори $\varnothing 18_{+0,043}$, різьбові отвори М6-7Н, $\varnothing 72_{(-0,051)}^{(-0,021)}$, торець лівий $\varnothing 110$.

У відповідності з призначенням деталі до внутрішніх циліндричних поверхонь $\varnothing 72_{(-0,051)}^{(-0,021)}$ та $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$ ставляться найбільш точні вимоги: на циліндричність, співвісність і радіальне биття.

Кріпильні отвори ($\varnothing 18_{+0,043}$) мають вимоги позиціонування відносно основної конструкторської бази, поверхні $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$.

Вільні поверхні мають точність 14 квалітету та шорсткість $R_a = 12,5$ мкм.

Конструкція деталі в загальному технологічна, але разом з тим, має декілька нетехнологічних елементів:

- глухі отвори
- зовнішня конічна поверхня

Усі квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} \quad (2.9)$$

$Q_{y.e}$ – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі

Q_e – загальна кількість елементів

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Розміри									
Лінійні		Діаметральні		Різьбові		Кутові		Шорсткість	
R_L	$R_{L,y}$	R_d	$R_{d,y}$	R	R_y	R_K	$R_{K,y}$	$Ш$	$Ш_y$
	150	72	130		6x3	72	120		1,6x3
	40	215	60x2				45x11		3,2x8
	55x2	175	80						6,3
	42	82	100						
	85	74	110						
	20x3	66	90						
	25x4		18x5						
	3x9		140						
	2x4								
	30								

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта точності

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунки
14	27 ($\varnothing 215$, $\varnothing 110$, 3 – 9 пов., 55 – 2 пов., 25 – 4 пов., $\varnothing 66$, 2 – 4 пов., 42, 30, 85, 40, $\varnothing 130$)	$14 \cdot 27 = 324$
12	4 ($\varnothing 150H12$, $\varnothing 60H12 - 2$ отв., $\varnothing 140 \pm 0,2$)	$12 \cdot 4 = 48$
10	6 ($\varnothing 100h10 - 2$ пов., $\varnothing 74H10 - 2$ пов., $\varnothing 82H10 - 2$ пов.)	$10 \cdot 6 = 60$
9	5 ($\varnothing 18^{+0,043} - 5$ отв.)	$9 \cdot 5 = 45$
7	5 ($\varnothing 72_{-0,051}^{-0,021}$, $\varnothing 80_{-0,051}^{-0,021}$, M6H7 – 3 отв.)	$7 \cdot 5 = 35$
	$T_{cp} = \frac{512}{47} = 10,89$ $K = 1 - \frac{1}{10,89} = 1 - 0,091 = 0,909$	$\Sigma 512$

$$K_{y.e} = \frac{77}{84} = 0,918$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.10)$$

T_{cp} – середній квалітет точності:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.11)$$

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	2 ($\varnothing 72_{-0,051}^{-0,021}$, $\varnothing 80_{-0,051}^{-0,021}$)	$1,6 \cdot 2 = 3,2$
3,2	9 ($\varnothing 18 - 5$ отв., М6Н7 – 3 отв., $\varnothing 140 \pm 0,2$)	$3,2 \cdot 9 = 28,8$
6,3	1(85)	$6,3 \cdot 1 = 6,3$
12,5	36 ($\varnothing 215$, $\varnothing 110 - 2$ пов., $\varnothing 66$, $\varnothing 60$ Н12 – 2 пов., 3 – 9 пов., 25 – 4 пов., 55 – 2 пов., 42, 2 – 4 пов., 150Н12, 40, 30, $\varnothing 130$, $\varnothing 100$ Н10 – 2 пов., 20 - 3)	$12,5 \cdot 36 = 450$
	$Ш_{cp} = \frac{488,3}{47} = 10,38$ $K = \frac{1}{10,38} = 0,096$	$\Sigma 488,3$

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (2.12)$$

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

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_k \cdot n_k}{\sum n_k} \quad (2.13)$$

Оскільки результати кількісних показників $K_y=0,918>0,6$; $K_T=0,909>0,8$; $K_{ш}=0,096<0,32$ деталь являється технологічною.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки згідно [3] – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу СЧ 18 ГОСТ 1412-85.

Найбільш оптимальними способами лиття для даної заготовки є: лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Відцентрове лиття не може забезпечити необхідну конфігурацію виливка, а саме внутрішній отвір. Лиття в кокіль потребує обладнання і інструментів, які мають високу вартість, технологія лиття тривала і складна. Литтям в піщано-глинисті форми можливе виготовлення виливку будь-якої конфігурації, з великою кількістю стержнів для внутрішніх отворів. Литтям в оболонкові форми забезпечується досягнення високої точності розмірів і низької шорсткості поверхні.

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо наближені до нижньої границі значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка:

Призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (215 мм), тип матеріалу – сірий чавун СЧ 18:

- при литті в піщано-глинисті форми: (8 – 13т) 11т.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів заготовок отриманих литтям в піщано-глинисті форми (оболонкові форми)

Призначення вихідних даних (норм точності)	Діапазон даних		Прийнято								
Клас розмірної точності	8-13т(8-13т)		11т(10)								
Ступінь жолоблення	5-8(5-8)		7(7)								
Ступінь точності поверхонь вилівка	10-17(8-14)		15(12)								
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra=50(25) мкм										
Клас точності маси вилівка	7-14(6-13)		11(10)								
Ряд припусків	6-9(4-7)		8(6)								
Розрахункові розміри	Ø60h12 (Ø60H12)	Ø140±0.2 (Ø140±0.2)	Ø215 (Ø215)	Ø100h10 (Ø100H10)	Ø72 ^{-0.021} _{-0.051}	Ø80 ^{-0.021} _{-0.051}	150h12 (150H12)	40 (40)	55 (55)	(25)	(45)
Допуски:											
розмірів	3.2 (2.4)	4 (3.2)	4.4 (3.6)	3.6 (2.8)	(2.8)	(2.8)	4 (3.2)	2.8 (2.2)	3.2 (2.4)	(2)	(2.4)
форми чи розміщення	0.5 (0.5)	0.64 (0.64)	1 (1)	0.5 (0.5)	(0.5)	(0.5)	0.64 (0.64)	0.5 (0.5)	0.5 (0.5)	(0.5)	(0.5)
зміщення по площині роз'єму	-	-	2.2 (1.8)	-	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	2.8 (2.2)	-	-	(2.2)	(2.2)	-	-	-	-	-	-
нерівностей маси	1.2 (0.64) 24 (16)%										
Загальний допуск	3.2 (2.4)	4 (3.2)	5 (4)	4 (3.2)	(3.2)	(3.2)	4 (3.2)	3.2 (2.4)	3.2 (2.4)	(2.2)	(2.4)
Припуски:											
мінімальний	1 (0.6)										
Кількість переходів механічної обробки											
за точністю розмірів	2 (2)	2 (2)	2 (2)	3 (3)	(4)	(4)	2 (2)	1 (1)	1 (1)	(1)	(1)
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	-	-	(2)	(2)	-	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	2 (2)	2 (2)	2 (2)	3 (3)	(4)	(4)	2 (2)	1 (1)	1 (1)	(1)	(1)
Загальний припуск	4 (2.9)	4.8 (3.4)	5.3 (4.3)	5.3 (4)	(4.3)	(4.3)	4.8 (3.4)	2.9 (2.1)	2.9 (2.1)	(2)	(2.1)
Розміри заготовки	Ø52 (Ø54.2)	Ø149.6 (Ø146.8)	Ø225.6 (Ø223.6)	Ø110.6 (Ø108)	Ø63.4	Ø71.4	159.6 (156.8)	41.9 (41.3)	62.7 (60.5)	(26.4)	(46.3)

- при литті в оболонкові форми: (8 – 13т) 10.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка).

Найбільший розмір – 215 мм і найтонша стінка – 15 мм для обох способів лиття: відношення становить 0,069. Також враховуємо, що форми багаторазові і термообробку:

- при литті в піщано-глинисті форми: (5 – 8) 7.
- при литті в оболонкові форми: (5 – 8) 7.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (215мм) і матеріалу - сірий чавун СЧ 18.

- при литті в піщано-глинисті форми: (10 – 17) 15.
- при литті в оболонкові форми: (8 – 14) 12.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь точності поверхонь виливка:

- при литті в піщано-глинисті форми: Ra=50 мкм.
- при литті в оболонкові форми: Ra=25 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка - діапазон від 1 до 10, тип матеріалу - сірий чавун СЧ 18.

- при литті в піщано-глинисті форми: (7 – 14) 11.
- при литті в оболонкові форми: (6 – 13) 10.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в піщано-глинисті форми: (6 – 9) 8.
- при литті в оболонкові форми: (4 – 7) 6.

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі, потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках виливка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо, тому призначають напуски.

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів – враховуючи клас розмірної точності (лиття в піщано-глинисті форми – 11т, лиття в оболонкові форми – 10) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення - враховуючи ступінь жолоблення і номінальний розмір нормованої ділянки.

- лиття в піщано-глинисті форми – 7.
- лиття в оболонкові форми – 7

Допуск нерівностей - враховуємо ступінь точності поверхні виливка.

- лиття в піщано-глинисті форми – 15.
- лиття в оболонкові форми – 12.

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка і номінальної маси виливка діапазон від 1 до 4 кг.

- лиття в піщано-глинисті форми – 11.
- лиття в оболонкові форми – 10.

Допуск зміщення по площині роз'єму - присутній на діаметральний розмір 215 мм.

- при литті в піщано-глинисті форми: 2,2.
- при литті в оболонкові форми: 1,8.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої із стінок виливка.

При литті в піщано-глинисті форми допуски на перекіс стержня для розмірів будуть такі:

Ø 60 (найтонша стінка – 15 мм) буде 2,8;

При литті в оболонкові форми допуски на перекіс стержня для розмірів будуть такі:

Ø 60 (найтонша стінка – 15 мм) буде 2,2;

Ø 72 (найтонша стінка – 15 мм) буде 2,2;

Ø 80 (найтонша стінка – 15 мм) буде 2,2.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

- при литті в піщано-глинисті форми: 1.
- при литті в оболонкові форми: 0,6.

Загальний припуск на механічну обробку назначають при ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки визначаємо в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі.

По точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

$$\frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}}$$

Лиття в піщано-глинисті форми: для розміру $\text{Ø}60\text{H}12$ допуск розмірів виливка 3,2 мм, допуск розмірів деталі 0,35 мм, співвідношення $0,35/3,2=0,109$, отже, 2 переходи (напівчистова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$$\text{Ø}140\pm 0,2 - 0,4/4 = 0,1 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\text{Ø}215 \text{ H}14 - 1,15/4,4 = 0,26 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\text{Ø}100 \text{ h}10 - 0,16/3,2 = 0,05 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$150 \text{ h}12 - 0,4/4 = 0,1 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$40 \text{ H}14 - 0,62/2,8 = 0,22 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$55 \text{ H}14 - 0,87/3,2 = 0,27 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

Лиття в оболонкові форми: для розміру $\varnothing 72_{(-0,021)}^{(-0,051)}$ допуск розмірів виливка 2,8 мм, допуск розмірів деталі 0,03 мм, співвідношення $0,03/2,8=0,01$ отже, 4 переходи (тонка обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 60 H12 - 0,35/2,4=0,14 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$\varnothing 140 \pm 0,2 - 0,4/3,2 = 0,125 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$\varnothing 215 H14 - 1,15/3,6 = 0,31 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$\varnothing 100 h10 - 0,16/2,8 = 0,05 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

$\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)} - 0,03/2,8 = 0,01 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$40 H14 - 0,62/2,2 = 0,28 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$25 H14 - 0,52/2 = 0,26 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$45 H14 - 0,62/2,4 = 0,25 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

По відхилення форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі виливка:

Лиття в оболонкові форми:

Для розміру $\varnothing 72_{(-0,051)}^{(-0,021)}$ приймаємо 2 переходи (напівчистова обробка).

Для розміру $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$ приймаємо 2 переходи (напівчистова обробка).

Загальний припуск

Призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску.

При литті в піщано-глинисті форми для розміру $\varnothing 60 H12$ загальний допуск 3,2 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 8 \rightarrow загальний припуск становить 4 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

$\varnothing 140 \pm 0,2$ загальний допуск 4 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 8 \rightarrow загальний припуск становить 4,8 мм;

Ø215 H14 загальний допуск 5 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 8 → загальний припуск становить 5,3 мм;

Ø100 h10 загальний допуск 4 мм, чистова обробка, ряд припусків 8 → загальний припуск становить 5,3 мм;

150 h12 загальний допуск 4 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 8 → загальний припуск становить 4,8 мм;

40 H14 загальний допуск 3,2 мм, чорнова обробка, ряд припусків 8 → загальний припуск становить 2,9 мм;

55 H14 загальний допуск 3,2 мм, чорнова обробка, ряд припусків 8 → загальний припуск становить 2,9 мм;

При литті в оболонкові форми для розміру Ø60 H12 загальний допуск 2,4 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 2,9 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

Ø140±0,2 загальний допуск 3,2 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 3,4 мм;

Ø215 H14 загальний допуск 4 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 4,3 мм;

Ø100 h10 загальний допуск 3,2 мм, чистова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 4 мм;

Ø72 $_{-0,051}^{-0,021}$ загальний допуск 3,2 мм, тонка обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 4,3 мм;

Ø80 $_{-0,051}^{-0,021}$ загальний допуск 3,2 мм, тонка обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 4,3 мм;

150 h12 загальний допуск 3,2 мм, напівчистова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 3,4 мм;

40 H14 загальний допуск 2,4 мм, чорнова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 2,1 мм;

55 H14 загальний допуск 2,4 мм, чорнова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 2,1 мм;

25 Н14 загальний допуск 2,2 мм, чорнова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 2 мм;

45 Н14 загальний допуск 2,4 мм, чорнова обробка, ряд припусків 6 → загальний припуск становить 2,1 мм;

Визначення граничних розмірів заготовки:

- при литті в піщано-глинисті форми

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі – для розміру Ø60 загальний припуск становить 4 мм;

$$\text{Ø}60 - (4 \cdot 2) = 52 \text{ (мм)};$$

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі:

Ø215 загальний припуск становить 5,3 мм;

$$215 + (5,3 \cdot 2) = 25,6 \text{ (мм)} ;$$

При визначенні лінійних розмірів потрібно з'ясувати як формується розмір заготовки:

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними, то припуски додаються до розміру деталі.

- при литті в оболонкові форми

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі – для розміру Ø60 загальний припуск становить 2,9 мм;

$$\text{Ø}60 - (2,9 \cdot 2) = 54,2 \text{ (мм)};$$

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі:

Ø215 загальний припуск становить 4,3 мм;

$$\text{Ø}215 + (4,3 \cdot 2) = 223,6 \text{ (мм);}$$

При визначенні лінійних розмірів потрібно з'ясувати як формується розмір заготовки:

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними, то припуски додаються до розміру деталі.

Мінімальна товщина стінок згідно [2]значається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

- при литті в піщано-глинисті форми – 6-8 мм,
- при литті в оболонкові форми – 1,5-2 мм,

Оскільки, значення товщини стінок деталі значно більші за мінімальну товщину стінок, що одержуються при литті. Тому забезпечується необхідна розрахункова міцність і жорсткість.

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Радіуси заокруглень при литті в піщано-глинисті форми наведені в таблиці 3.4

Таблиця 2.7 – Радіуси заокруглень для зовнішніх поверхонь

$\frac{S+S_1}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(29,3+52)/2=40,65$	90°	4
$(48,8+15)/2=31,9$	90°	4

Радіуси заокруглень при литті в оболонкові форми наведені в таблиці 3.5

Таблиця 2.8 – Радіуси заокруглень для зовнішніх поверхонь

$\frac{S+S_1}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(30,9+14)/2=22,45$	90°	4
$(30,6+19)/2=24,8$	90°	4

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів Заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплекту. При литті в оболонкові форми приймаємо:

$$0^{\circ}54' \dots 1^{\circ}54'$$

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, [\text{мм}] \quad (3.1)$$

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

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливка (СЧ 18):
 $d_0 = 7$ мм. При товщині стінки для розміру 15 мм

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 15 = 8,5 \text{ (мм)}$$

Отже $d_{\min} = 8,5$ і розміри на кресленні, які становляться $< d_{\min}$ не виготовлюють литтям, тобто $\emptyset 6$.

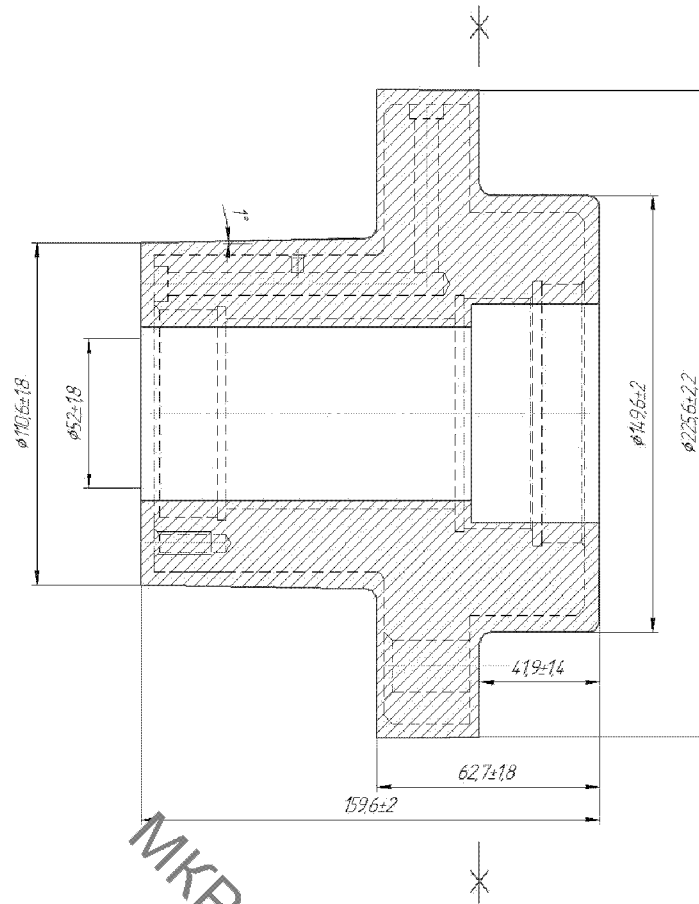


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки в піщано-глинисті форми

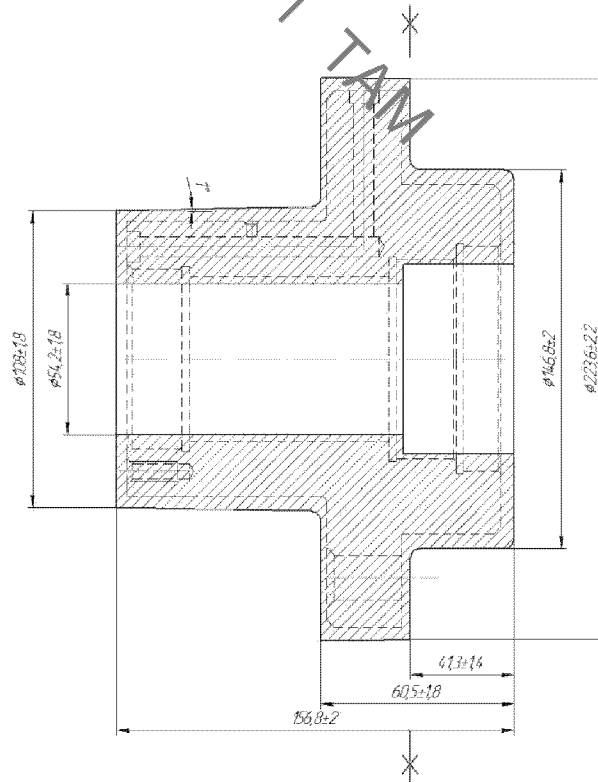


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки в оболонковій формі

Масу заготовок визначаємо за допомогою твердотільного моделювання в КОМПАС 3D-V12.

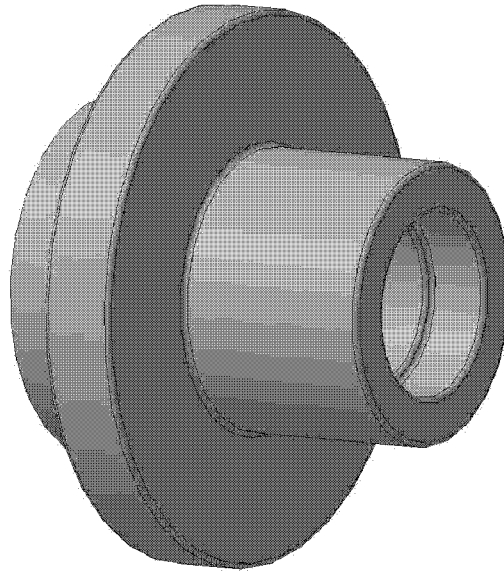


Рисунок 2.3 – 3D модель

МЦХ	
Деталь	
Заданные параметры	
Материал	СЧ 18 ГОСТ 1412-85
Плотность материала	Ro = 0.007100 г/мм ³
Расчетные параметры	
Масса	M = 4586.722666 г
Площадь	S = 461903.801841 мм ²
Объем	V = 6939579.828990 мм ³
Центр масс	Xc = 20.891912 мм
	Yc = 18.471967 мм
	Zc = 0.006275 мм

Рисунок 2.4 – Розрахунок маси при литті в піщано-глинисті форми

МЦХ	
Заданные параметры	
Материал	СЧ 18 ГОСТ 1412-85
Плотность материала	Ro = 0.007100 г/мм ³
Расчетные параметры	
Масса	M = 4364.324556 г
Площадь	S = 456785.678795 мм ²
Объем	V = 6734453.345687 мм ³
Центр масс	Xc = 20.456862 мм
	Yc = 18.987367 мм
	Zc = 0.003123 мм

Рисунок 2.5 – Розрахунок маси при литті в оболонковій форми

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} \quad (2.14)$$

$$\gamma = 3,94/4,58 = 0,86$$

$$\gamma = 3,94/4,36 = 0,9$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті в піщано-глинисті форми більший ніж при литті в оболонкові форми, тобто менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці.

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу литтю необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{Л}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{вісь}}}{1000} \quad (2.15)$$

де $C_{\text{Л}}$ - базова вартість 1т заготовок, грн., враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_{\text{Т}}$ - коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_{\text{М}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_{\text{С}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 2 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

$K_{\text{В}}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки. Вибираємо згідно способу лиття, маси вилівка, матеріалу вилівка;

$K_{\text{П}}$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру ручної програми випуску заготовок. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси вилівок і об'єму. При литті в піщано-глинисті форми і лиття оболонкові форми – 2 група серійності;

Для лиття в піщано-глинисті форми: $C_{\text{л}} = 15600$ грн; $K_{\text{T}} = 1,05$; $K_{\text{М}} = 1$; $K_{\text{С}} = 0,83$; $K_{\text{В}} = 0,91$; $K_{\text{П}} = 1$;

$$C_{\text{заг}} = \frac{(4,58 \cdot 15600 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1)}{1000} - \frac{(4,58 \cdot 3,94) \cdot 24,8}{1000} = 56,645 \text{ (грн.)} \quad (2.16)$$

Для лиття в оболонкові форми: $C_{\text{л}} = 24400$ грн; $K_{\text{T}} = 1$; $K_{\text{М}} = 1$; $K_{\text{С}} = 0,9$; $K_{\text{В}} = 0,86$; $K_{\text{П}} = 1,1$;

$$C_{\text{заг}} = \frac{(4,36 \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,86 \cdot 1,1)}{1000} - \frac{(4,36 \cdot 3,94) \cdot 24,8}{1000} = 90,56 \text{ (грн.)} \quad (2.17)$$

Хоча коефіцієнт використання при литті в оболонкові форми вищий ніж при литті в піщано-глинисті форми але собівартість при литті в піщано-глинисті форми нижча ніж при литті в оболонкові форми. Таким чином економічно доцільнішим є варіант лиття в піщано-глинисті форми. Річний економічний ефект при цьому:

2.4 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні.

Заготовка деталі отримується методом лиття в піщано-глинисті форми, що забезпечує 14 квалітет точності. Поверхні, що не підлягають обробці на кресленні мають 14 квалітет точності, що забезпечується на стадії виготовлення заготовки. Різбові отвори М6Н7 обробляються за стандартною схемою: свердління, зенкування фасок та нарізання різби. Поверхні 150Н12, Ø60Н12 повинні бути оброблені однократно, щоб одержати 12 квалітет. Отвори Ø18^{+0.043} обробляються за схемою: свердління, зенкування фасок, зенкерування, розвертування.

Тому вибір та аналіз кількості переходів механічної обробки необхідно провести для більш точних поверхонь.

Поверхні для розрахунку: $\varnothing 100H10$, $\varnothing 80\begin{smallmatrix} -0,021 \\ -0,051 \end{smallmatrix}$, $\varnothing 72\begin{smallmatrix} -0,021 \\ -0,051 \end{smallmatrix}$, $\varnothing 140\pm 0,2$, $\varnothing 82H10$, $\varnothing 74H10$.

Поверхні $\varnothing 82H10$, $\varnothing 74H10$ – обробляються однократно.

Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні $\varnothing 100H10$:

Допуск заготовки – $T_3 = 3600$ мкм;

Допуск деталі – $T_d = 140$ мкм;

Загальне уточнення

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} \quad (2.18)$$

$$\varepsilon = \frac{3600}{0,14} = 28,57$$

$$n = \frac{\lg 28,57}{0,46} = 3,16$$

Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо три переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} \quad (2.19)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{28,57}{5 \cdot 3} = 1,9$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \quad (2.20)$$

$$\varepsilon = 5 \cdot 3 \cdot 1,9 = 28,57$$

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу: $T_1 = \frac{3,6}{5} = 0,72$

– після другого переходу: $T_2 = \frac{0,72}{3} = 0,24$

– після третього переходу: $T_3 = \frac{0,24}{1,9} = 0,14$

Так як на поверхню $\varnothing 100H10$ не накладаються додаткові вимоги точності, то вибираємо обточування: чорнове, напівчистова, чистове.

Визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні $\varnothing 140 \pm 0,2$.

Допуск заготовки – $T_3 = 4000$ мкм;

Допуск деталі – $T_d = 400$ мкм;

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{4}{0,4} = 10$$

$$n = \frac{\lg 10}{0,46} = 2,17$$

Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо два переходи.

Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

$$\varepsilon_2 = \frac{10}{5} = 2$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 5 \cdot 2 = 10$$

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу: $T_1 = \frac{4}{5} = 0,8$

– після другого переходу: $T_2 = \frac{0,8}{2} = 0,4$

Для забезпечення необхідної шорсткості $Ra=3,2$ приймаємо обточування чорнове і чистове.

Визначення кількості ступенів механічної обробки отвору $\varnothing 72_{(-0.021)}^{(-0.051)}$.

Допуск заготовки – $T_3 = 3200$ мкм;

Допуск деталі – $T_d = 30$ мкм;

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{3,2}{0,03} = 106,6$$

$$n = \frac{\lg 106,6}{0,46} = 4,4$$

Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо чотири переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

$$\varepsilon_s = \frac{106,6}{5,6 \cdot 4,2 \cdot 2,8} = 1,61$$

$$\varepsilon = 5,6 \cdot 4,2 \cdot 2,8 \cdot 1,61 = 106,6$$

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу: $T_1 = \frac{3,2}{5,6} = 0,57$

– після другого переходу: $T_2 = \frac{0,57}{4,2} = 0,13$

– після третього переходу: $T_3 = \frac{0,13}{2,8} = 0,046$

– після четвертого переходу: $T_4 = \frac{0,046}{1,61} = 0,03$

Враховуючи необхідність забезпечити співвісності відносно іншої поверхні (R=0,05) виконаємо розрахунок необхідної кількості переходів.

Допуск заготовки – $T_3 = 500$ мкм;

Допуск деталі – $T_d = 50$ мкм;

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{0,5}{0,05} = 10$$

$$n = \frac{\lg 10}{0,46} = 2,1$$

Для забезпечення вимоги співвісності необхідно два переходи.

Остаточо вибираємо наступні способи механічної обробки: розточування чорнове, напівчистове, чистове і шліфування. Це забезпечить необхідний квалітет точності IT7, вимогу співвісності і вимогу шорсткості Ra=1,6.

Визначення кількості ступенів механічної обробки отвору $\varnothing 80_{(-0.051)}^{(-0.021)}$.

Допуск заготовки – $T_3 = 3200$ мкм;

Допуск деталі – $T_d = 30$ мкм;

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{3,2}{0,03} = 106,6$$

$$n = \frac{\lg 106,6}{0,46} = 4,4$$

Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо чотири переходи.

Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

$$\varepsilon_5 = \frac{106,6}{5,6 \cdot 4,2 \cdot 2,8} = 1,61$$

$$\varepsilon = 5,6 \cdot 4,2 \cdot 2,8 \cdot 1,61 = 106,6$$

Таблиця 2.9 - Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Допуск заготовки	Допуск деталі	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
Ø100H10	3600	140	$\varepsilon = 28,57$	$\varepsilon_1 = 5$ $\varepsilon_2 = 3$ $\varepsilon_3 = 1,9$	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння
Ø140±0,2	4000	400	$\varepsilon = 10$	$\varepsilon_1 = 5$ $\varepsilon_2 = 2$	Чорнове точіння Чистове точіння
Ø72 _{-0,051} ^{-0,021}	3200	30	$\varepsilon = 106,6$	$\varepsilon_1 = 5,6$ $\varepsilon_2 = 4,2$ $\varepsilon_3 = 2,8$ $\varepsilon_4 = 1,61$	Чорнове розточування Напівчистове розточ. Чистове розточування Шліфування
Ø80 _{-0,051} ^{-0,021}	3200	30	$\varepsilon = 106,6$	$\varepsilon_1 = 5,6$ $\varepsilon_2 = 4,2$ $\varepsilon_3 = 2,8$ $\varepsilon_4 = 1,61$	Чорнове розточування Напівчистове розточ. Чистове розточування Шліфування

Допуск розміру деталі:

– після першого переходу: $T_1 = \frac{3,2}{5,6} = 0,57$

– після другого переходу: $T_2 = \frac{0,57}{4,2} = 0,13$

– після третього переходу: $T_3 = \frac{0,13}{2,8} = 0,046$

– після четвертого переходу: $T_4 = \frac{0,046}{1,61} = 0,03$

Враховуючи необхідність забезпечити вимогу циліндричності поверхні виконаємо розрахунок необхідної кількості переходів.

Для забезпечення вимоги співвісності необхідно три переходи.

Остаточно приймаємо по більшому значенню кількості переходів наступні способи механічної обробки: розточування чорнове, напівчистове, чистове і шліфування. Це забезпечить необхідний квалітет точності IT7, вимогу циліндричності і вимогу шорсткості $Ra=1,6$.

2.5 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз

Вибір чистових баз [10] полягає у забезпеченні мінімальної похибки базування на розміри, що утворюються, або зведення їх до нуля. Ці вимоги можна забезпечити за умов співпадання технологічної та вимірювальної баз, а також обробкою поверхонь з одного установа.

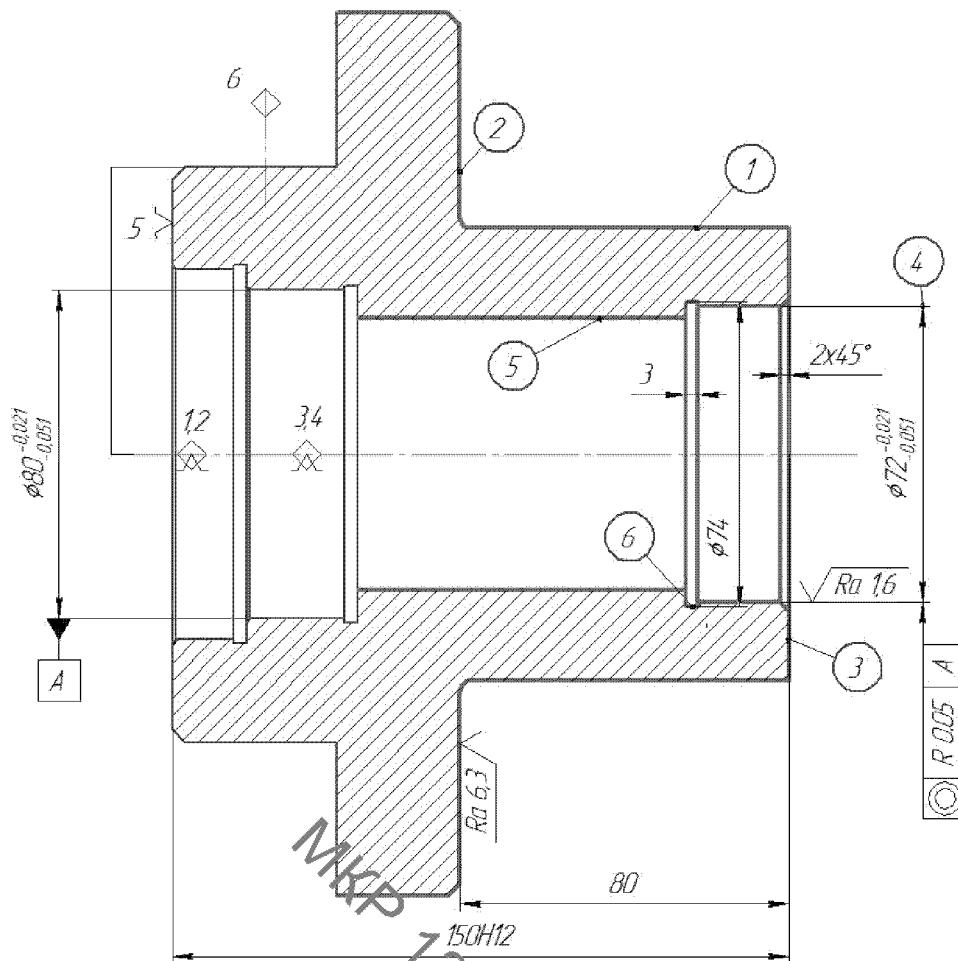


Рисунок 2.4– Схема базування для операції 010

Таблиця 2.10 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
1	2	3	4
Токарна з ЧПК	150	відсутня	Принцип суміщення баз
	45	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	25	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	Ø60	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	Ø140	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	Ø80	присутня	Обробка поверхонь за декілька установ

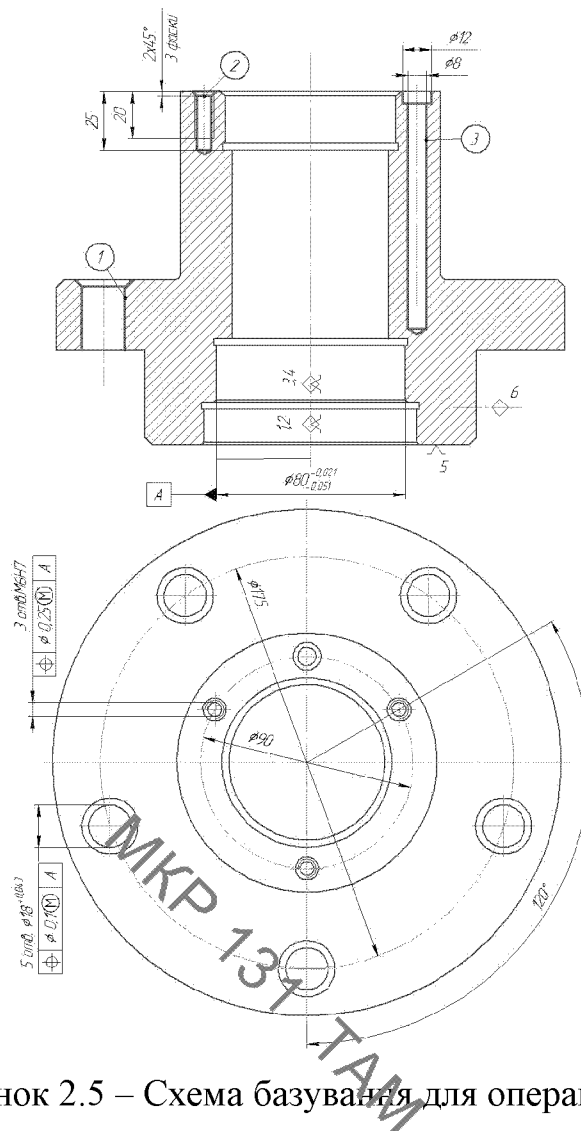


Рисунок 2.5 – Схема базування для операції 015

Таблиця 2.11 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
1	2	3	4
Свердлильна з ЧПК	Ø175	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	Ø18	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	M6	відсутня	Обробка діаметрального розміру
	Ø90	відсутня	Обробка поверхонь за одну установку
	20,25	наявна	Рівна допускові на розмір 150

Визначення похибки базування на розмір 20.

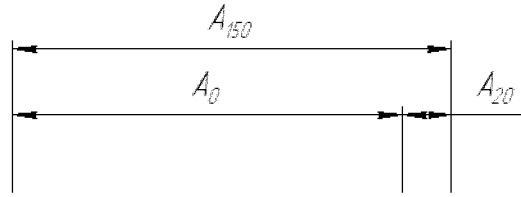


Рисунок 2.6 – Розмірний ланцюг на розмір 20

$$A_{150H12} = A_{20} + C$$

$$A_{20} = A_{150H12} - C$$

$$A_{20} = 1000 < 1200$$

Похибка базування менша за допуск на розмір, тому дана схема базування доцільна.

Похибка базування на розмір 25 визначається аналогічно. Вона теж менша за допуск розміру.

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску або зв'язок оброблених і необроблених поверхонь.

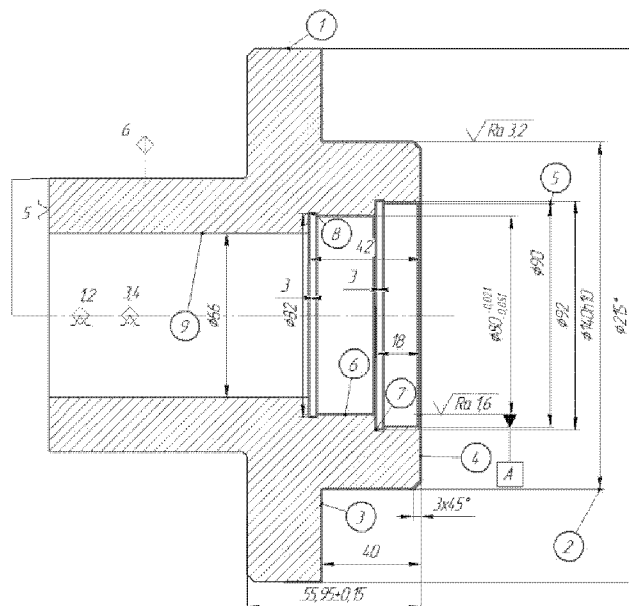


Рисунок 2.7 – Схема базування для операції 005

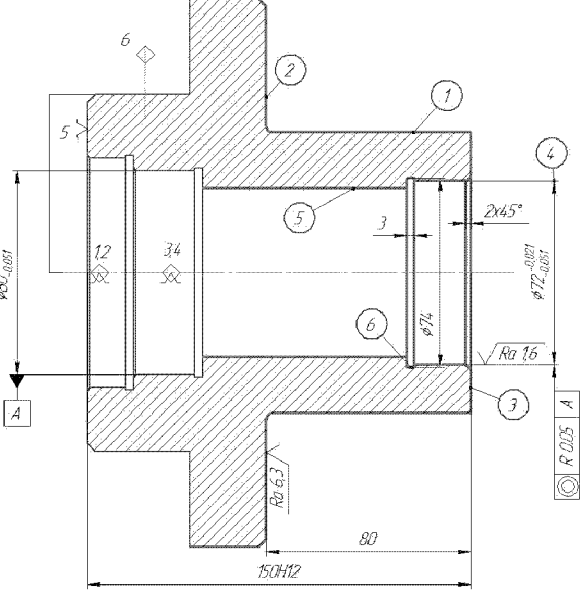
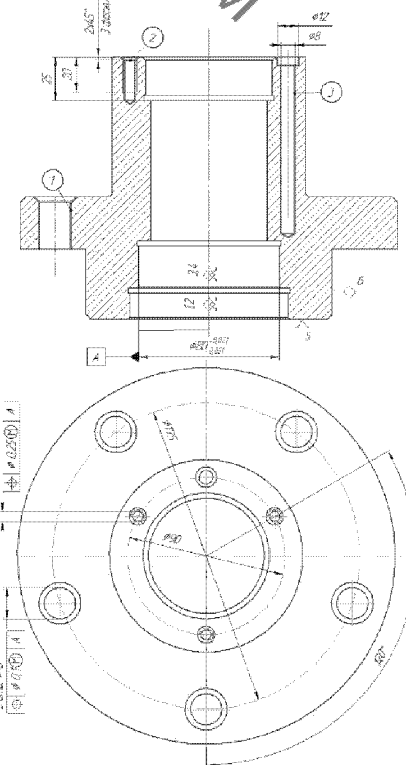
Дана схема базування забезпечить виконання другої задачі, а саме зняття мінімального рівномірного припуску з зовнішньої конічної поверхні і торця на першому переході її механічної обробки обробки.

2.6 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки з розробкою змісту операції, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

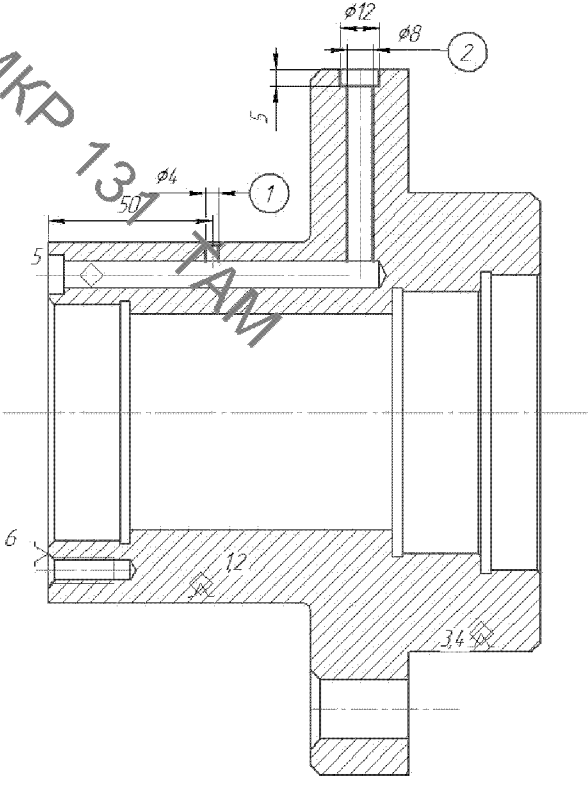
Таблиця 2.12 – Маршрут механічної обробки

№	Назва і зміст операції	Схема базування і технологічні розміри	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><u>Токарна</u></p> <p>1. Встановити та закріпити заготовку</p> <p>2. Точити торець 4, фаску 5, поверхню 2 попередньо, торець 3, та поверхню 1</p> <p>3 Точити остаточно поверхню 2</p> <p>4 Розточити фаску, поверхню 5 одноразово та 6 попередньо, поверхню 9 однократно</p> <p>5 Розточити канавки 7 та 8</p> <p>6 Розточити поверхню 6 остаточно</p> <p>7 Зняти заготовку</p>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК</p> <p>1П420ПФ30</p>

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
010	<p><u>Токарна:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Точити торець 3, фаску, поверхні 1 та 2 однократно по контуру 3. Розточити фаску, отвір 4 попередньо, отвір 5 однократно 4. Розточити канавку 6 5. Розточити отвір 4 попередньо 6. Розточити отвір 4 остаточно 7. Зняти деталь 		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30</p>
015	<p><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Центрувати 5 отворів 1, 3 отвори 2 і отвір 3 3. Свердлити 5 отворів 1 4. Зенкувати 5 фасок в отворах 1 5. Зенкерувати 5 отворів 1 		<p>Вертикаль-но-свердли-льний з ЧПК 2Р132Ф2</p>

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
	6. Розвернути 5 отворів 1 7Свердлити 3 отвори 2 8Зенкувати 3 фаски в отворах 2 9 Нарізати різь в 3 отворах 2 10Свердлити отвір 3 11 Цекувати отвір 3 12 Зняти деталь		
020	<u>Свердлильна з ЧПК</u> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Центрувати отвори 1 та 2 3. Свердлити отвір 1 4 Свердлити отвір 2 5 Цекувати отвір 2 6 Зняти деталь		Вертикаль-но-свердлильний з ЧПК 2P132Ф2

2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

Розташування технологічних розмірів призначається таким чином, щоб забезпечувалась відсутність або мінімальність похибки базування, тобто щоб

виконувався принцип суміщення баз або здійснювалась обробка з одного установа тих поверхонь, які координуються відповідними технологічним розміром.

Технологічні розміри необхідно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отриманий в ході виконання операції буде замикаючою ланкою. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Допуски на розміри запишемо у вигляді таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску	Остаточне значення допуску
B1	12	0,3	0,3
B2	12	0,25	0,25
B3	12	0,25	0,25
B5	12	0,4	0,4
B7	12	0,35	0,35
B8	12	0,21	0,21
B9	12	0,14	0,14
B10	12	0,35	0,35
З ₁	12	4	4
З ₂	12	3,2	3,2
З ₃	12	3,2	3,2

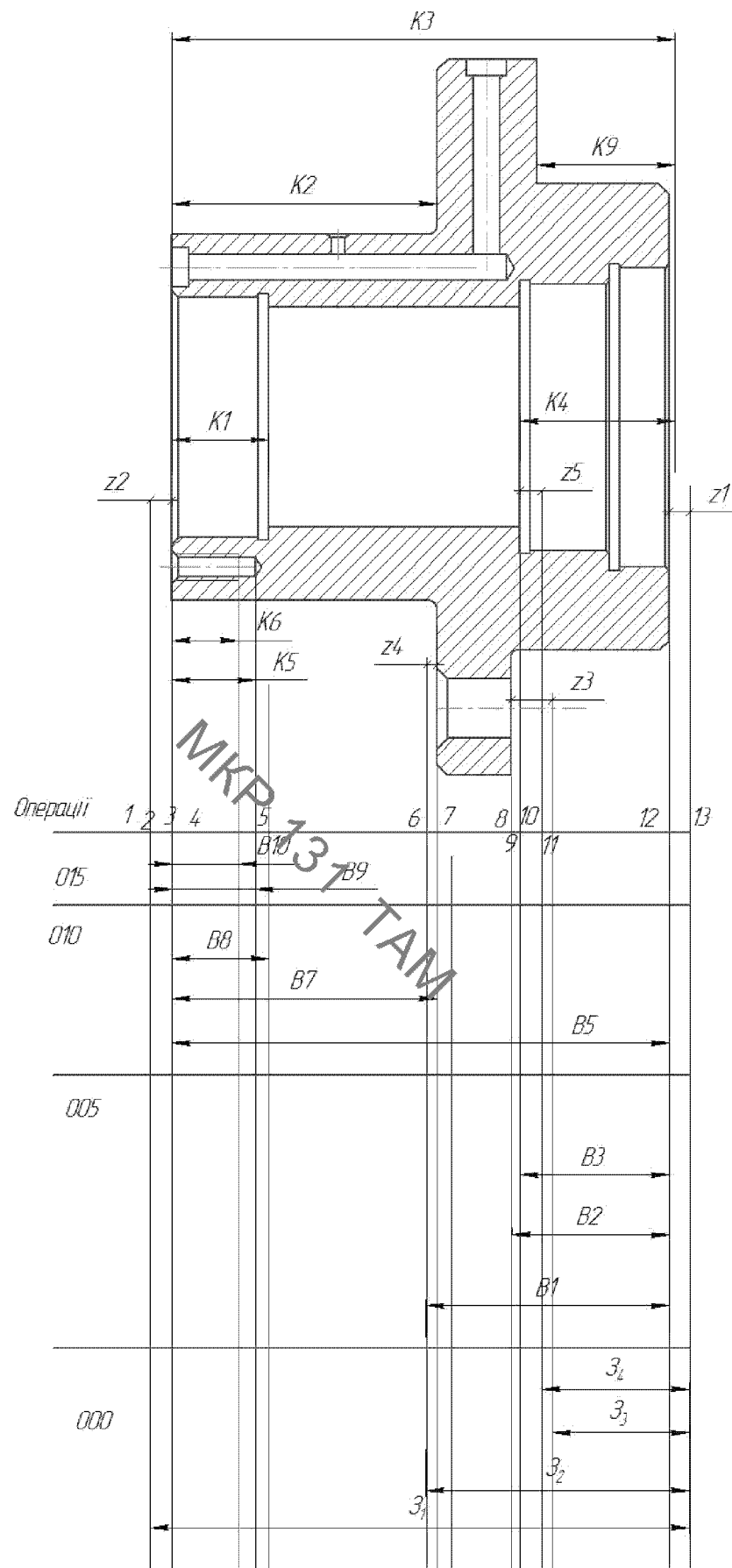


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

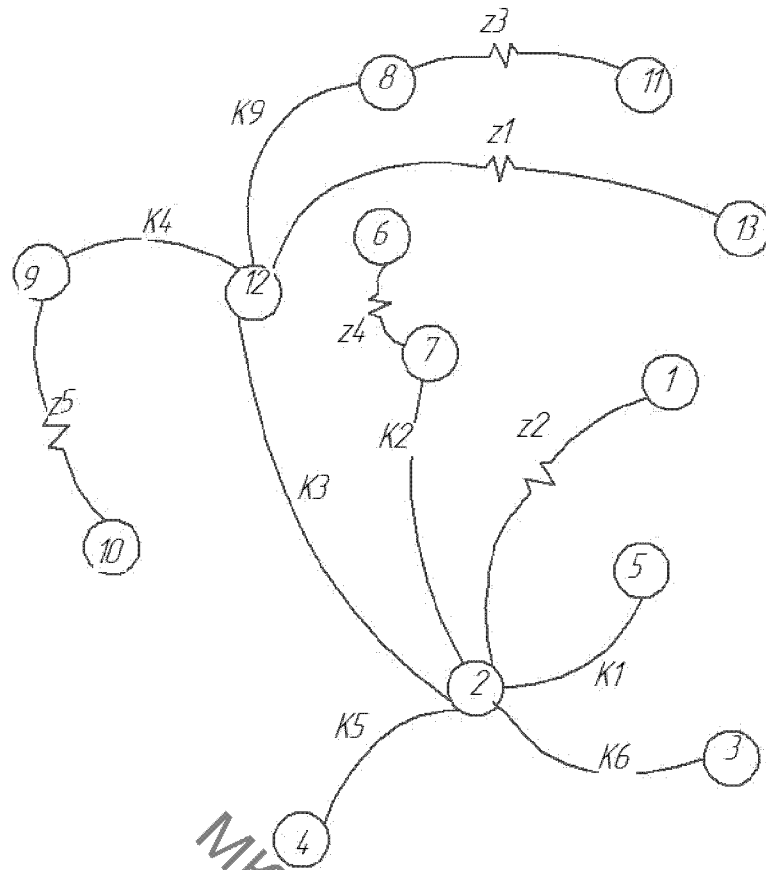


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

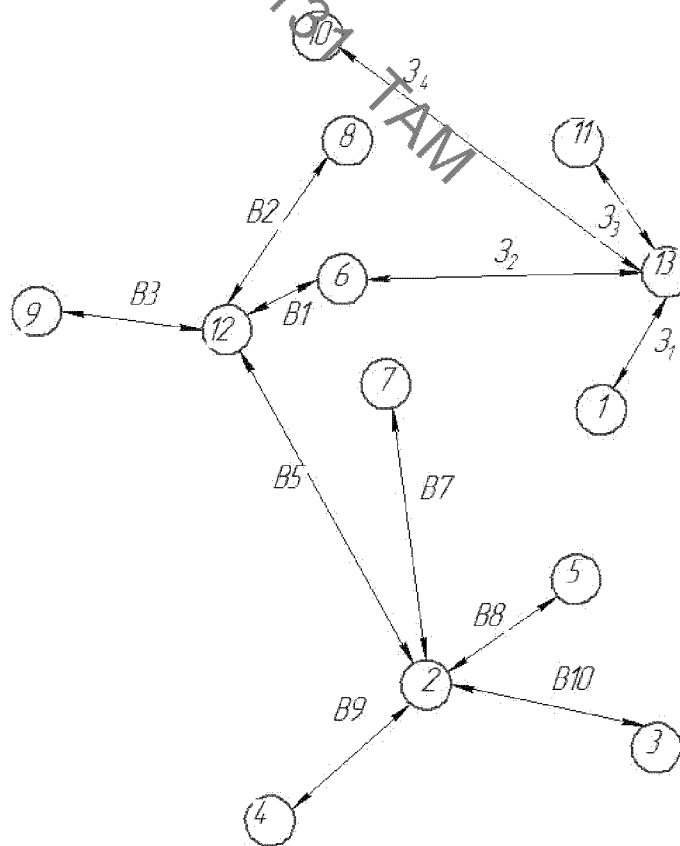


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

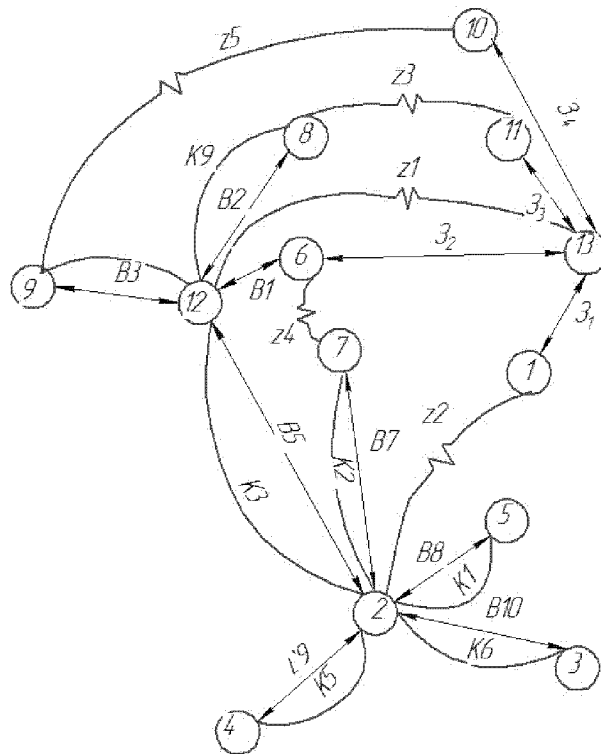


Рисунок 2.11 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 4.7.

Таблиця 2.14 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Отримуваний технологічний розмір	Спосіб обробки	Позначення припуску	Кількісне значення мінімального припуску, мм
V1	Однократне точіння	$z_{1\min}$	0,8
V2	Однократне точіння	$z_{3\min}$	0,8
V5	Однократне точіння	$z_{2\min}$	0,8
V7	Однократне точіння	$z_{4\min}$	0,8

Використовуючи граф-дерева, записано розрахункові рівняння для розрахунку значень всіх розмірів, які занесені до таблиці 4.8.

Таблиця 2.15 – Рівняння розмірних технологічних ланцюгів

№ рівняння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B3 - K4 = 0$	$B3 = K4$	B3
2	$B2 - K9 = 0$	$B2 = K9$	B2
3	$B9 - K5 = 0$	$B9 = K5$	B9
4	$B8 - K1 = 0$	$B8 = K1$	B8
5	$B7 - K2 = 0$	$B7 = K2$	B7
6	$B5 - K3 = 0$	$B5 = K3$	B5
7	$B10 - K6 = 0$	$B10 = K6$	B10
8	$B1 - B5 + B7 - z_4 = 0$	$B1 = B5 - B7 + z_4$	B1
9	$B1 - z_2 + z_1 = 0$	$z_2 = B1 + z_1$	z_2
10	$z_4 - z_1 - B3 + z_5 = 0$	$z_4 = z_1 + B3 - z_5$	z_4
11	$z_3 - z_1 - B2 + z_3 = 0$	$z_3 = z_1 + B2 - z_3$	z_3
12	$z_1 - z_2 + z_4 - B7 - z_2 = 0$	$z_1 = z_2 - z_4 + B7 + z_2$	z_1

$$B3_{\min} = K4_{\min} = 42 \text{ (мм)}$$

$$B3_{\max} = B3_{\min} + T(B3) = 42 + 0,25 = 42,25 \text{ (мм)}$$

$$B1 = 42,125 \pm 0,125 \text{ (мм)}$$

$$B2_{\min} = K9_{\min} = 40 \text{ (мм)}$$

$$B2_{\max} = B2_{\min} + T(B2) = 40 + 0,25 = 40,25 \text{ (мм)}$$

$$B1 = 40,125 \pm 0,125 \text{ (мм)}$$

$$B9_{\min} = K7_{\min} = 25 \text{ (мм)}$$

$$B9_{\max} = B9_{\min} + T(B9) = 25 + 0,14 = 25,14 \text{ (мм)}$$

$$B9 = 25,07 \pm 0,07 \text{ (мм)}$$

$$B8_{\min} = K1_{\min} = 25 \text{ (мм)}$$

$$B8_{\max} = B8_{\min} + T(B8) = 25 + 0,21 = 25,21 \text{ (мм)}$$

$$B8 = 25,105 \pm 0,105 \text{ (мм)}$$

$$B7_{\min} = K2_{\min} = 95 \text{ (MM)}$$

$$B7_{\max} = B7_{\min} + T(B7) = 95 + 0,35 = 95,35 \text{ (MM)}$$

$$B7 = 95,175 \pm 0,175 \text{ (MM)}$$

$$B5_{\min} = K3_{\min} = 150 \text{ (MM)}$$

$$B5_{\max} = B5_{\min} + T(B5) = 150 + 0,4 = 150,4 \text{ (MM)}$$

$$B5 = 150,2 \pm 0,2 \text{ (MM)}$$

$$B1_{\min} = B5_{\min} - B7_{\min} + z_{4\min} = 150 - 95 + 0,8 = 55,8 \text{ (MM)}$$

$$B1_{\max} = B1_{\min} + T(B1) = 55,8 + 0,3 = 56,1 \text{ (MM)}$$

$$B1 = 55,95 \pm 0,15 \text{ (MM)}$$

$$Z_{4\max} = B1_{\max} - B5_{\min} + B7_{\min} = 56,1 - 150 + 95 = 1,1 \text{ (MM)}$$

$$3_{2\min} = B1_{\min} + z_{1\min} = 55,8 + 0,8 = 56,6 \text{ (MM)}$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 56,6 + 3,2 = 59,8 \text{ (MM)}$$

$$3_2 = 58,2 \pm 1,6 \text{ (MM)}$$

$$z_{1\max} = 3_{2\max} - B1_{\min} = 59,8 - 55,8 = 4 \text{ (MM)}$$

$$3_{3\min} = z_{1\min} + B2_{\min} - z_{3\min} = 0,8 + 40 + 0,8 = 41,6 \text{ (MM)}$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 41,6 + 3,2 = 44,8 \text{ (MM)}$$

$$3_3 = 43,2 \pm 1,6 \text{ (MM)}$$

$$z_{3\max} = z_{1\max} + B2_{\min} - 3_{3\min} = 4 + 40 - 41,6 = 2,4 \text{ (MM)}$$

$$3_{1\min} = 3_{2\min} - z_{4\min} + B7_{\min} + z_{2\min} = 56,6 - 0,8 + 95 + 0,8 = 151,6 \text{ (MM)}$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 151,6 + 4 = 155,6 \text{ (MM)}$$

$$3_1 = 153,1 \pm 2 \text{ (MM)}$$

$$z_{2\max} = 3_{1\max} - 3_{2\min} + z_{4\min} - B7_{\min} = 155,6 - 56,6 + 0,8 - 95 = 4,8 \text{ (MM)}$$

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

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
З ₁	151,6	155,6	4	153,1		153,1 _{±2}
З ₂	56,6	59,8	3,2	58,2		58,2 _{±1,6}
З ₃	41,6	44,8	3,2	43,2		43,2 _{±1,6}
З ₄	42,4	45,6	3,2	44		44 _{±1,6}
В ₁	55,8	56,1	0,3	55,95	55,95 _{±0,15}	
В ₂	40	40,25	0,25	40	40 _{+0,25}	
В ₃	42	42,25	0,25	42	42 _{+0,25}	
В ₅	149,5	150,5	1,0	150	150 _{±0,5}	
В ₇	95	95,35	0,35	95	95 _{+0,35}	
В ₈	25	24,21	0,21	25	25 _{+0,14}	
В ₉	25	25,14	0,14	25	25 _{+0,14}	
В ₁₀	20	20,14	0,14	20	20 _{+0,14}	

2.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$

Визначення значень Rz і T проводимо відповідно до рекомендацій [15]. При цьому враховуємо, що заготовка виливок, а механічною обробкою передбачено чотири переходи: три точіння та шліфування або тонке точіння.

Таблиця 2.17 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості R_z	Параметр точності T
Заготовка	600	
Попереднє розточування	50	50
Попереднє розточування	30	30
Остаточне розточування	30	30
Шліфування однократне	10	20

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho_D = \rho_{\text{жол}}, [\text{мм}] \quad (2.21)$$

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

$$\rho_{\text{жол}} = \Delta_k \cdot l = 0,002 \cdot 75 = 0,15 \text{ (мм)},$$

де $\Delta_k = 2$ мкм – питоме жолоблення заготовки,

$$l = 75 \text{ мм} \leq \frac{L}{2} \text{ – довжина деталі на яку нормується питоме жолоблення;}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{мм}] \quad (2.2)$$

Таблиця 2.18 – Значення просторових відхилень

Назва переходу	Формула	Значення, мкм
Заготовка	–	$\rho_3 = 150$
Попереднє точіння	$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3$	9
Попереднє точіння	$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3$	6
Остаточне точіння	$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_3$	3

Похибка установки при чорновому розточуванні ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мм]} \quad (2.23)$$

$\varepsilon_6 = 0$ – співпадання технологічної та вимірної баз,

$\varepsilon_3 = 600$ мкм – похибка закріплення при чорновому розточуванні,

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0^2 + 600^2} = 600 \text{ (мкм)},$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 600 \cdot 0,05 = 30 \text{ (мкм)},$$

ε_2 – залишкова похибка установки при другому переході.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,05 = 30 \cdot 0,05 = 1,5 \approx 0 \text{ (мкм)}$$

$\varepsilon_4 = 15$ мкм – похибка установки при шліфуванні.

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \cdot [\text{мм}] \quad (2.24)$$

Мінімальний припуск під розточування:

попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (600 + \sqrt{150^2 + 600^2}) = 2 \cdot 1218 \text{ (мкм)},$$

попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{9^2 + 30^2}) = 2 \cdot 131 \text{ (мкм)},$$

остаточне розточування:

$$2Z_{1\min}=2 \cdot (30 + 30 + \sqrt{6^2}) = 2 \cdot 66 \text{ (мкм)},$$

шліфування:

$$2Z_{2\min}=2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{3^2 + 15^2}) = 2 \cdot 45 \text{ (мкм)}.$$

При шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені: $d = 79,964$ мм.

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

Таблиця 2.19 – Визначення максимальних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий, мм	Прийнятий, мм
Шліфування		$d_{\max} = 79,979$
Остаточне розточування	$d_1 = 79,949 - 2 \cdot 45 = 79,859$	$d_{\max1} = 79,859$
Попереднє розточування	$d_2 = 79,859 - 2 \cdot 66 = 79,727$	$d_{\max2} = 79,727$
Попереднє розточування	$d_4 = 79,727 - 2 \cdot 131 = 79,465$	$d_{\max4} = 79,465$
Заготовка	$d_{\text{зар}} = 79,465 - 2 \cdot 1218 = 77,03$	$d_{\max\text{зар}} = 77,03$

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

- для шліфування допуск складає 30 мкм, відповідно для 7 квалітету;
- для чистового розточування, відповідно для 8 квалітету, допуск складає 54 мкм;
- для попереднього розточування згідно 10 квалітету, допуск складає 140 мкм;
- для попереднього розточування згідно 12 квалітету, допуск складає 350 мкм;

– для попереднього розточування допуск заготовки складає 3200 мкм.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Таблиця 2.20 – Визначення мінімальних розмірів

Вид переходу	Розміри, мм
Шліфування	$d_{\min} = 79,979 - 0,03 = 79,949$
Остаточне точіння	$d_{\min1} = 79,859 - 0,054 = 79,805$
Попереднє точіння	$d_{\min2} = 79,727 - 0,14 = 79,587$
Попереднє точіння	$d_{\min4} = 79,465 - 0,35 = 79,115$
Заготовка	$d_{\text{заг}} = 77,03 - 3,2 = 73,83$

Мінімальні граничні значення припусків Z_{\min} рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного попереднього переходів, а максимальне значення Z_{\max} – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Отже, для шліфування:

$$2Z_{\max1} = 79,979 - 79,805 = 0,174 \text{ мм} = 174 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\min1} = 79,949 - 79,859 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ (мкм)}.$$

Для остаточного точіння:

$$2Z_{\max2} = 79,805 - 79,587 = 0,218 \text{ мм} = 218 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\min2} = 79,859 - 79,727 = 0,132 \text{ мм} = 132 \text{ (мкм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max3} = 79,587 - 79,115 = 0,472 \text{ мм} = 472 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\min3} = 79,727 - 79,465 = 0,260 \text{ мм} = 260 \text{ (мкм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 4} = 79,115 - 73,83 = 5,287 \text{ мм} = 5287 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\min 4} = 79,465 - 77,03 = 2,437 \text{ мм} = 2437 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{0\min} = 90 + 132 + 262 + 2437 = 2921 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{0\max} = 114 + 218 + 470 + 5287 = 6089 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.21 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку діаметральної поверхні $\varnothing 80_{-0,051}^{-0,021}$

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий розмір	Розрахунковий допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків		
	R_z	T	\mathcal{E}	\square			d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	600	-	-	-	77,03	3,2	77,03	73,83	-	-	
Розточування попереднє	50	50	600	150	1,218	79,465	0,35	79,465	79,115	2,437	5,287
Розточування попереднє	30	30	30	9	0,131	79,727	0,14	79,727	79,587	0,260	0,47
Розточування остаточне	30	30	0	6	0,066	79,859	0,054	79,859	79,805	0,132	0,218
Шліфування однократне	10	20	15	3	0,045	79,949	0,03	79,979	79,949	0,09	0,114
Σ									2,921	6,089	

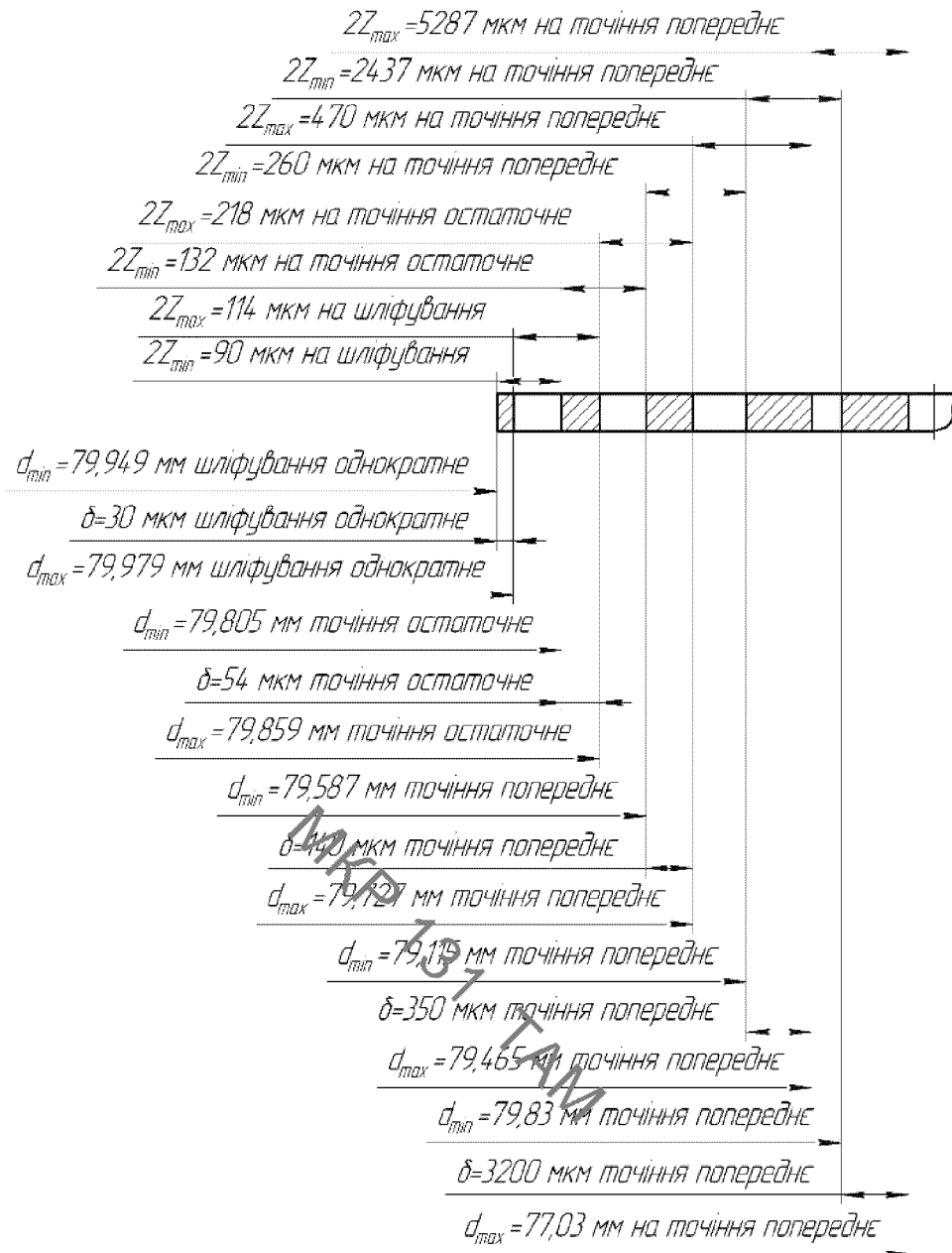


Рисунок 2.12 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 80_{(-0,051)}^{(-0,021)}$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 5287 - 2437 = 2850 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 3200 - 350 = 2850 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 470 - 260 = 210 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 350 - 140 = 210 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 218 - 132 = 86 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 140 - 54 = 86 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 114 - 90 = 24 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 54 - 30 = 24 \text{ (мкм)}.$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

2.9 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки на 2 поверхні

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підбиратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином. Режими різання встановлюються, виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння зовнішньої поверхні та свердління отворів.

При чорновому точінні зовнішньої циліндричної поверхні глибина різання приймається рівна всьому припускові і складає в даному випадку 1 мм, державка різця при цьому приймається розміром 25x40 мм. Подачу згідно[13] приймаємо рівною 1,1 мм. Але при чорновій обробці потрібно перевірити на міцність державку

різця і твердосплавні пластинки.

Міцність державки різця перевіряють розрахунком на згин від дії вертикальної складової сили різання, тобто має виконуватися така умова:

$$P_z \leq \frac{BH^2[\sigma]_u}{6l} \quad (2.25)$$

де $[\sigma]_u = 20 \text{ кг/мм}^2$, оскільки прийнято, що державка виготовлена із конструкційної сталі; В, Н, l – ширина, висота і довжина державки різця. Відповідно отримаємо:

$$P_z \leq \frac{25 \cdot 40^2 \cdot 20}{6 \cdot 120} = 1111,11 \text{ (кг)}$$

Подача, яка допускається міцністю пластинки із твердого сплаву, товщиною 4 мм, рівна 1,3 мм.

Швидкість різання розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв.]} \quad (2.26)$$

де T – стійкість інструменту, середнє значення для одноінструментальної обробки складає 60 хв; C_v , x_v , y_v , m – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Враховуючи, що в якості інструментального матеріалу обрано ВК6, згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=243; x_v=0,15; y_v=0,44; m=0,2.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \quad (2.27)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} -якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{nv} - стан поверхні заготовки, 0,85;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 1 (ВК6);

$K_{\phi v}$ – передній кут різця, 1 ($\phi=45$);

K_{rv} - радіус вершини різця, 1 (2 мм);

K_{qv} – розміри державки різця, 1,04 (25x40);

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K = 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 = 0,884$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{243}{60^{0,21} 1^{0,15} 1,1^{0,4}} \cdot 0,884 = 91,4 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання має три складових: тангенційну P_z , радіальну P_y і осьову P_x , їх розраховують за формулою:

$$P_z(P_y; P_x) = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} K_p \quad (2.28)$$

де C_p, x_p, y_p, n_p – коефіцієнти і показники степені в формулах для розрахунку складових сили різання.

Для тангенційної складової:

$$C_p = 92; x_p = 1; y_p = 0,75; n_p = 0.$$

Для радіальної складової:

$$C_p = 54; x_p = 0,9; y_p = 0,75; n_p = 0.$$

Для осьової складової сили різання:

$$C_p = 46; x_p = 1; y_p = 0,4; n_p = 0$$

Поправочний коефіцієнт є добутком цілого ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{rp} \cdot K_{\lambda p} \quad (2.29)$$

Ці коефіцієнти враховують реальні умови протікання процесу різання.

K_{Mp} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив механічних властивостей сірого чавуну на сили різання, 1;

$K_{\varphi p}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на складові сили різання, 1;

K_{rp} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіусу при вершині різця на складові сили різання, 1;

$K_{\lambda p}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза, 1.

Отже поправочний коефіцієнт:

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді складові сили різання:

$$P_z = 92 \cdot 3.6^1 \cdot 1.1^{0,75} \cdot 109^0 \cdot 1 = 355,74 \text{ (кг)}$$

$$P_y = 54 \cdot 3.6^{0,9} \cdot 1.1^{0,75} \cdot 109^0 \cdot 1 = 183,7 \text{ (кг)}$$

$$P_x = 46 \cdot 3.6^1 \cdot 1.1^{0,4} \cdot 109^0 \cdot 1 = 172,04 \text{ (кг)}$$

Отже виконується рівність 4.8, тобто державка різця придатна для використання її при точінні з обраними режимами різання.

Потужність різання розраховують за формулою:

$$N = \frac{P_z V}{102 \cdot 60} \text{ [кВт]} \quad (2.30)$$

Враховуючи отримані раніше параметри отримаємо:

$$N = \frac{355.74 \cdot 91,4}{102 \cdot 60} = 5,31 \text{ (кВт)}$$

Оскільки обраний верстат має потужність 10 кВт, то він може бути використаний для даного переходу механічної обробки.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 9 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,36 до 0,57 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,5 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]} \quad (2.31)$$

де T - стійкість інструменту, 60 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=34,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,2, q_v=0.45.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.32)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,83 (P18);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиється, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K = 1 \cdot 0,83 \cdot 0,85 = 0,7055$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 18^{0,45}}{60^{0,2} 9^{0,5} 0,5^{0,3}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p \quad [\text{Н}] \quad (2.33)$$

де C_M , q_M , x_M , y_M – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_M = 0,012; q_M = 2,2; x_M = 0; y_M = 0,8.$$

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{Mp} і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,012 \cdot 18^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ (Н)} \quad (2.34)$$

де C_p , q_p , x_p , y_p – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p = 42; q_p = 1,2; x_p = 0; y_p = 0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 18^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 \text{ (Н)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.35)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 48,15 / 3,14 \cdot 18 = 852 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 852 \cdot 3,951 / 975 = 3,45 \text{ (кВт)}$$

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі виконання операції 005.

На даній операції виконується точіння торцю 1 та циліндричної поверхні 3:

попередньо, попередньо та остаточно. При цьому знімаються припуски:

поверхня 1 – припуск 2,2 мм;

поверхня 3 – припуски: 2; 1; 0,4 (мм).

При цьому згідно [23] рекомендована подача для точіння торця складає:

$$S_{or1}=1,14 \text{ (мм/об);}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів:

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові ВК8) $K_{SU}=0,85$;

2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення – клин - прихватом) $K_{SP}=1,1$;

3 Коефіцієнт, що залежить від перерізу державки (40×50) $K_{SG}=1$;

4 Коефіцієнт, що залежить від міцності ріжучої частини інструменту, а саме від його товщини, що згідно рекомендацій прийнята рівною 6 мм $K_{sh}=0,75$;

5 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1$;

6 Коефіцієнт, що враховує схему установки (в трьохкулачковому самоцентруючому патроні) $K_{sy}=1,2$;

7 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{sp}=0,85$;

8 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{S\phi}=1$;

9 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{sj}=1$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,75 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1=0,715$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=1,14 \cdot 0,715=0,8154 \text{ (мм/об);}$$

При розточуванні рекомендовані подачі при чорновій, напівчистовій та чистовій обробці складають:

$$S_{от3}=0,74 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от4}= 0,55 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от4}= 0,25 \text{ (мм/об);}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів, для чорнового та напівчистового розточування::

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові ВК8) $K_{SU}=0,85$;

2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{SP}=1,1$;

3 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1$;

4 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{сп}=0,85$;

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{Sф}=1,15$;

6 Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{сг}=0,9$.

7 Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі $K_{SD}=0,8$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=0,85 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,15 \cdot 0,9 \cdot 0,8=0,658$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{о3}=0.74 \cdot 0,658=0,487 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от4}= 0,55 \cdot 0,658=0,362 \text{ (мм/об);}$$

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{тpі31}=168 \cdot 0,4=67,2 \text{ (м/хв.);}$$

$$V_{тpі32}=214 \cdot 0,4=85, \text{ (м/хв.);}$$

$$V_{\text{триз3}}=230 \cdot 0,4=92 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз4}}=470 \cdot 0,4=188 \text{ (м/хв.)};$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (2.36)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_1=1000 \cdot 67,2/3,14 \cdot 160=133,76 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_2=1000 \cdot 85,6/3,14 \cdot 160=170,38 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_3=1000 \cdot 92/3,14 \cdot 160=183,12 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_4=1000 \cdot 188/3,14 \cdot 160=347,2 \text{ (об/хв.)}$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання:

$$n_1=134 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_2=171 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_3=183 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_4=374 \text{ (об/хв.)};$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_O \text{ [мм/хв.]} \quad (2.37)$$

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{M1}=134 \cdot 0,815=109,21 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M2}=171 \cdot 0,487=83,27 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M3}=183 \cdot 0,362=66,24 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M4}=374 \cdot 0,18=67,32 \text{ (мм/хв.)};$$

Аналогічно проводяться розрахунки для другого переходу операції 005.

Таблиця 2.22 - Режими різання

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
1	2	3	4	5	6
005 – Токарна з ЧПК					
Точити торець 4, фаску 5, поверхню 2 попередньо, торець 3, та поверхню 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
Точити остаточно поверхню 2	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
Розточити фаску, поверхню 5 одноразово та 6 попередньо, поверхню 9 однократно	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Розточити канавки 7 та 8	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розточити поверхню 6 попередньо	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Розточити поверхню 6 остаточно	0,25	1,50	314,24	1316,78	1,44
010 – Токарна з ЧПК					
Точити торець 3, фаску, поверхні 1 та 2 однократно по контуру	1,00	0,80	289,43	1152,20	3,36
Розточити фаску, отвір 4 попередньо, отвір 5 однократно	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Розточити канавку 6	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
Розточити отвір 4 попередньо	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
Розточити отвір 4 остаточно	0,25	1,50	314,24	1316,78	1,44
015- Свердлильна з ЧПК					
7. Центрувати 5 отворів 1, 3 отвори 2 і отвір 3	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33

Продовження таблиці 2.22

1	2	3	4	5	6
8. Свердлити 5 отворів 1	1,00	1,50	255,24	738,97	4,84
9. Зенкувати 5 фасок в отворах 1	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
10. Зенкерувати 5 отворів 1	0,18	0,40	23,74	315,71	0,06
11. Розвернути 5 отворів 1	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
7Свердлити 3 отвори 2	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
8Зенкувати 3 фаски в отворах 2	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
9 Нарізати різь в 3 отворах 2	1,50	1,50	240,18	695,36	6,89
10Свердлити отвір 3	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
11 Цекувати отвір 3	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
015- Свердлильна з ЧПК					
4. Центрувати отвори1 та 2	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33
5. Свердлити отвір 1	1,00	0,80	289,43	485,14	3,36
4 Свердлити отвір 2	0,80	0,60	317,01	917,80	2,34
6 Цекувати отвір 2	0,15	0,25	485,47	1405,53	0,33

2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва. Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами; встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для

вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК децю відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) [хв] \quad (2.38)$$

де $T_{в}$ – допоміжний час, що складається із:

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{ввим} [хв] \quad (2.39)$$

$T_{вуст}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 хв в трьохкулачковому патроні;

$T_{воп}$ – допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{воп} = 0,15 + 0,32 + 0,03 = 0,5 \text{ (хв.)};$$

$T_{ввим}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із чотирьох замірів штангенциркулем, одного заміру пробкою. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.40)$$

$T_{\text{ц.а}}$ – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент, як показано на рисунку 2.14. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень інструменту (таблиця 2.23), в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилинні подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

Відповідно час на автоматичний цикл складає:

$$T_{\text{ца}} = 3,32 + 1,01 = 4,33 \text{ (хв.)}$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{шт}} = (4,33 + 1,69) \cdot (1 + 9/100) = 6,56 \text{ (хв.)}$$

На операції 015 виконується свердління отворів та нарізання різі. Для того, щоб визначити норми часу необхідно спочатку визначити довжину робочого ходу:

$$L_{\text{р.х.}} = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \text{ [мм]} \quad (2.41)$$

де l_0 – глибина отвору; l_1 – довжина підводу інструмента; l_2 – довжина врізання інструмента, l_3 – довжина перебігу інструмента.

Враховуючи довжину отворів отримаємо довжину робочого ходу інструмента: 41,5; 80,5; 32 мм відповідно. Тоді основний час складатиме:

$$T_{01} = 41,5 / 44,8 = 0,926 \text{ (хв.);}$$

$$T_{02} = 80,5 / 213 = 0,377 \text{ (хв.);}$$

$$T_{03} = 32 / 320 = 0,1 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час, який складається із: часу на установку і зняття деталі, часу на вмикання і вимикання верстату, контрольні вимірювання, складає 1,11 хв.

Відповідно штучний час:

$$T_{шт} = (0,926 + 0,377 + 0,1 + 1,11) \cdot 1,08 = 3,24 \text{ (хв.)}$$

Норми часу для всіх операцій наведено в таблиці 4.12

Таблиця 2.23 – Норми часу

Операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	4,33	6,56
010	4,4	6,67
015	1,1	2,1
020	0,79	1,14

2.11 Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

Приведена програма розраховується за формулою [9]:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} \quad (2.42)$$

Визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 проводиться за даними таблиці 2.24.

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

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p,np}}\right)^2} \quad (2.43)$$

де t – маса деталі розглядуваного виробу;

$T_{р.пр.}$ – маса розрахункового представника.

Таблиця 2.24 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Корпус 16.25 (розрахунковий представник)	3,2	4200	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	6	-	5	6	-	3	-	22	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	2	-	9	1	27	-	-	
Верхня кришка	3,1	3500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	4	1	2	-	4	-	5	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	4	1	2	4	5	-	-	
Стакан	3,5	5200	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			1	-	3	2	4	-	6	-	5	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			1	-	3	2	4	6	5	-	-	
Нижня кришка	2,8	4800	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	2	3	1	-	5	-	6	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	2	3	1	5	6	-	-	
Нижня кришка	2,4	4100	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	2	3	1	-	5	-	6	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	2	3	1	5	6	-	-	

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

– для розрахункового представника

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

– для верхньої кришки

$$K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BK}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3,1}{3,2}\right)^2} = 0,97$$

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

– для розрахункового представника

$$K_{2C} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_C}\right)^\alpha = \left(\frac{4200}{4200}\right)^{0,15} = 1,0;$$

– для верхньої кришки

$$K_{2BK} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_{BK}}\right)^\alpha = \left(\frac{4200}{3500}\right)^{0,15} = 1,027;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі

– для верхньої кришки

$$\overline{K}_{Tp.np}^{BK} = \frac{\sum K_\epsilon \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 5}{2 + 4 + 1 + 2 + 4 + 4 + 5} = 8,77;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K}_T^{BK}}{\overline{K}_{Tp.np}^{BK}}\right)^{\alpha_1} = \left(\frac{8,77}{11,82}\right)^{\alpha_1} = \frac{1,065}{0,908} = 1,17;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

- для розрахункового представника

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

- для верхньої кришки

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,13 \cdot 0,955 = 1,03;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 4200 \cdot 1,0 + 3500 \cdot 1,036 + 5200 \cdot 0,94 + 4800 \cdot 0,86 + 4100 \cdot 0,8 = 20146 (\text{шт.})$$

Таблиця 2.25 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Корпус	4200	3,2	1,0	1,0	1,0	1,0	4200
Верхня кришка	3500	3,1	0,97	1,027	1,03	1,036	3627
Стакан	5200	3	0,957	0,968	1,014	0,94	4892
Нижня кришка	4800	2,8	0,915	0,98	0,96	0,86	4132
Нижня кришка	4100	2,4	0,83	1,004	0,97	0,804	3295
							20146

В умовах серійного виробництва обробку деталей ведуть партіями. При детальному проектуванні цехів та дільниць, кількість верстатів визначається по кожному типорозміру обладнання на основі даних про верстатомісткість ($T_{шт-к}$).

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки

розрахункового представника (Ступиці):

$$C_p = \frac{T_{шт-к.р.пр} \cdot N_{пр}}{F_o \cdot m \cdot 60} \quad (2.44)$$

$$C_{005} = \frac{5,3 \cdot 20146}{3890 \cdot 60} = 0,872$$

$$C_{010} = \frac{3,22 \cdot 20146}{3890 \cdot 60} = 0,53$$

$$C_{015} = \frac{1,14 \cdot 20146}{3890 \cdot 60} = 0,1876$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{пр005} = 1;$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості:

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{пр} \quad (2.45)$$

Коефіцієнт завантаження для верстатів на операції 005 складатиме:

$$\eta_з = 0,872/1 = 0,872$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості $C_{пр}$

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{пр} \quad (2.46)$$

$$\eta_{з.сер.} = (0,872 + 0,53 + 0,1876) / 3 = 0,5299$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом η_o :

$$\eta_o = T_o / T_{шт}, \quad (2.47)$$

Таблиця 2.26 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{з.i}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{o.i}$	$\eta_{o.сер.}$
005	Багатоцільова з ЧПК	0,872	1	0,872	0,53	0,76	0,70
010	Токарно-револьверна	0,53		0,53		0,77	
015	Вертикально-протягувальна	0,1876	1	0,187		0,58	

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом для верстатів на операції 005 складатиме:

$$\eta_3 = 4,08 / 5,3 = 0,7698$$

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати завантажені в достатній мірі. Коефіцієнт завантаження за основним часом може бути підвищений за рахунок впровадження засобів механізації та автоматизації. Це дасть можливість в першу чергу скоротити допоміжний час, а також час технічного обслуговування. Відповідно доля основного часу в структурі штучно-

калькуляційного зросте і підвищиться коефіцієнт використання за основним часом.

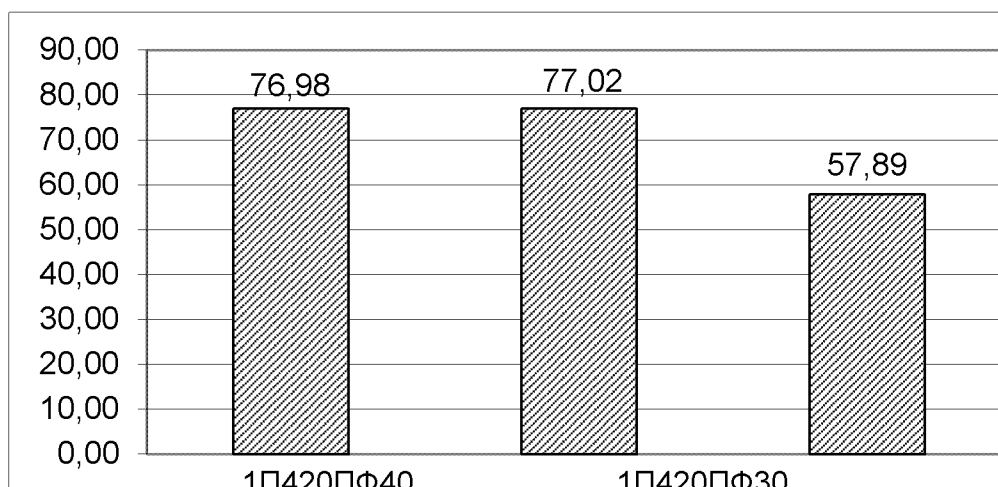


Рисунок 2.13 – Графік завантаження верстатів

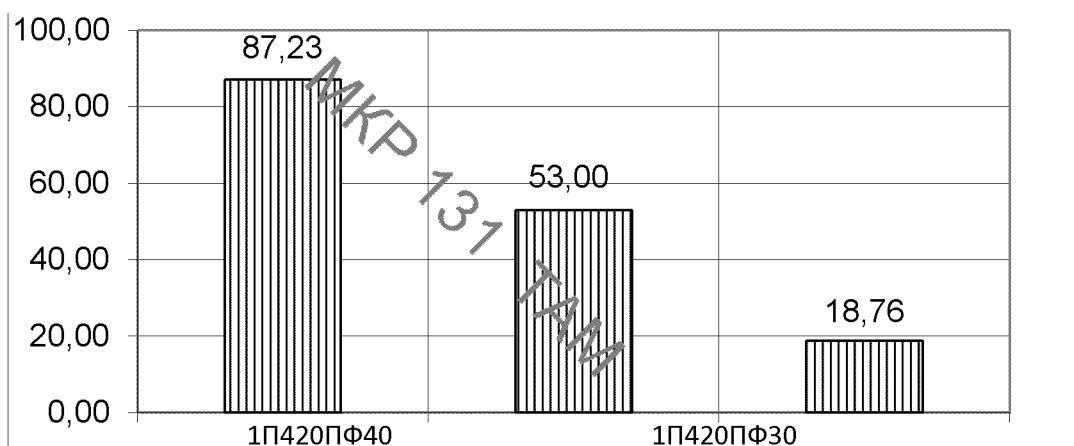


Рисунок 2.14 – Графік використання верстатів за основним часом

До складу працюючих цеху (дільниці) входять:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- службові;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До основних відносяться робітники, які безпосередньо виконують технологічні операції по виготовленню продукції. Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,872}{1840 \cdot 1} = 0,967$$

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,53}{1840 \cdot 1} = 0,587$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,187}{1840 \cdot 1} = 0,2$$

На основі зроблених розрахунків остаточно приймаємо кількість працюючих на кожній операції:

$$P_{005} = 1 \text{ чол.} \quad P_{010} = 1 \text{ чол.} \quad P_{015} = 1 \text{ чол.}$$

Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці. Молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м² площі.

Таблиця 2.27 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	3	Оператор – 3	1 (I зміна); 1 (II зміна)
			1 (I зміна); 1 (II зміна)
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
		Наладчик – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
		Майстри – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
Службовці	0,1	Бухгалтер – 0,1 ставки на дільниці	0,1 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	0,2	Прибиральник – 0,2	0,1 (I зміна); 0,1 (II зміна)
Загальна кількість	4,3		

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБПЛЕТЕНЬ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

3.1 Класифікація рукавних технічних виробів, їх конструкція

В Дозувально-наповнювальний автомат Б4-КДН-16 використовуються і рукава високого тиску.

Рукава, призначені для передачі рідких, сипучих речовин і газів розділяються в залежності від конструкції й умов роботи на ряд груп і видів .

Гума, текстиль і металовироби забезпечують міцність, стійкість і герметичність рукавів. Гумові прошарки в рукаві виконують ряд функцій. Внутрішній гумовий прошарок камера - забезпечує герметичність рукава і захищає каркас, що несе навантаження, від впливу переданих по рукаві матеріалів. У залежності від розмірів, особливостей конструкції, робочого тиску і робочого середовища товщина камери складає від 1,2 до 12,3 мм. У каркасі гума міцно з'єднує окремі деталі його в одне ціле, заповнює порожнечу в тканині і плетених прокладках, а також між металевими і текстильними прошарками. Зовнішній гумовий шар захищає рукав від впливу зовнішнього середовища.

Для виготовлення каркасів різноманітних видів у виробництві рукавів використовують: пряжу і корд, тканини із синтетичних, бавовняних, лляних і азбестових волокон, обплетення, трикотажні обв'язки. Текстильні прошарки (прокладки) каркаса, що несуть навантаження, можуть бути однотипними або комбінованими. В окремих випадках вони утворюють зовнішній, поверхневий шар або внутрішній. Введення в конструкцію каркасів текстильних матеріалів, що менше розтягуються, ніж гума, забезпечує міцність і стабільність розмірів рукавів, що знаходяться під гідравлічним навантаженням. Підвищення гідравлічної міцності рукавних конструкцій досягають збільшенням числа таких прокладок, що може призвести до зменшення гнучкості рукавів. Застосовуючи більш міцні матеріали, можна підвищити міцність і одночасно зберегти гнучкість рукава з текстильними прокладками малої товщини. Рукава, що працюють при високих тисках, додатково

посилюють або навивкою проволки (поверх рукава або в товщині стінки каркаса), або за допомогою дротового оплетення або ж обмотування кордом.

Конструкції несучої деталі рукава - каркасів дуже різноманітні; ними, по суті, і різняться рукава. У рукавах, що працюють під тиском робочого середовища (у так називаних напірних рукавах), застосовують каркаси таких конструкцій.

Прокладочні рукава виготовляють на закаточних машинах шляхом намотки на дорни смуг тканин, що насичені гумою, закроєних під кутом 45°.

Рукава з каркасом, що має обплетення, виготовляють на спеціальних машинах. Види оплетень у залежності від використовуваного текстильного матеріалу (пряжа, дріт) різноманітні.

Обмотувальні рукава випускають із каркасами, утвореними зі спіралью покладених під визначеними кутами потоків або тканинних або кордних смуг, або дротів.

Навивочні рукава одержують навивкою окремо йдучих дротів, або ниток.

В роботах [1, 2] запропоновано конструкцію і технологічний процес безупинного виготовлення рукавів з однопарною нитковою навивкою у каркасі і створена установка з двох'ярусною машиною, що дозволяє випускати рукава з внутрішнім діаметром від 9 до 32 мм і довжиною до 100 м.

Розроблено також принципово новий засіб заготівлі каркасів рукавів із здійсненням стабільного-рівноважного положення несучих елементів - потоків дротів [5]. Такі рукава зберігають задані їм початкові параметри, спроможні нести великі навантаження і мають підвищений термін служби в порівнянні з металлорукавами, що виготовляються по ГОСТ 6286-73.



Рисунок 3.1 - Рукав з навивочним каркасом

У рукавах із каркасами обмотувальної і навивочної конструкції шари обмоток або навивок вкладають попарно так, що накладені елементи конструкції спрямовані в різні сторони, але розташовані під однаковим кутом до утворюючої циліндричної поверхні.

Трикотажні (або обвязочні) рукава виконують на трикотажних (в'язальних) машинах спеціальної конструкції.

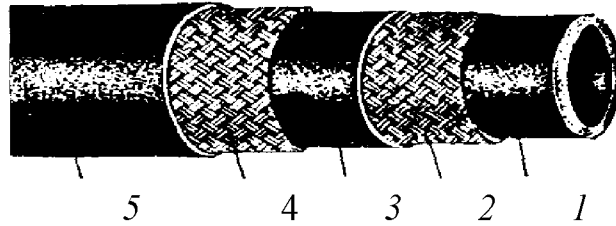


Рисунок 3.2 - Рукав напірний з плетеним нитковим каркасом:

- 1— гумова камера;
- 2,4 – плетені прокладки;
- 3 – проміжний гумовий шар;
- 5 – зовнішній гумовий шар.

Тканинні рукава одержують із спеціально виготовлених на кругло- або плоскоткацьких верстатах тканих чохлаів.

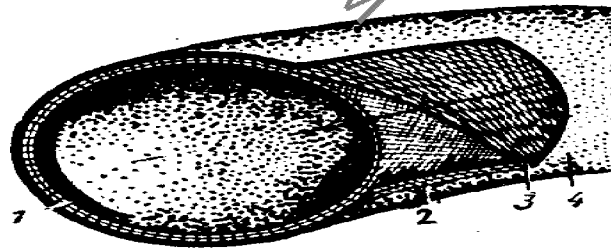


Рисунок 3.3 - Рукав з обмоточним каркасом

- 1 – гумова камера,
- 2,3 – обмотки із металлокорда;
- 4 – гумовий шар.

Крім того, можна виготовляти цільногумові напірні рукава зі спеціальних видів гум.

У рукавах, що працюють під вакуумом (усмоктувальні і напірно-усмоктувальні рукава) конструкції каркасів не настільки різноманітні.

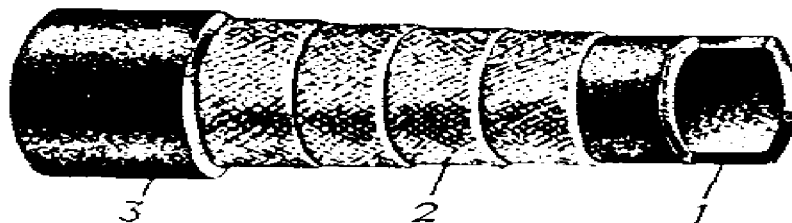


Рисунок 3.4 - Рукав гумотканний напірний:

- 1 – гумова камера;
- 2 – тканинні прошарки;
- 3 – гумовий шар.

Розроблено новий вид напірних рукавів із каркасом обмотувальної конструкції [4]. Виробництво таких рукавів почато замість рукавів, що виготовлялися раніше. У нових рукавах підвищеної якості застосовується поліамідна тканина кордного типу. Освоєно метод, що дозволяє без насичення кріпити гуму до такої тканини. Силві елементи в каркасі рукава покладені під кутами, розрахованими по нових залежностях [4].

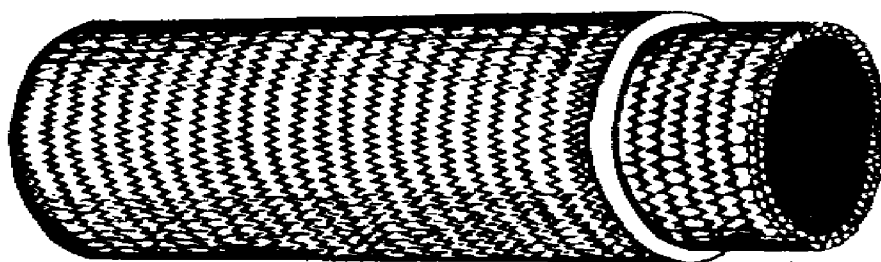


Рисунок 3.5 - Рукав з двошаровим тканинним каркасом

В окремих випадках застосовують гнучкі металеві камери, утворені згортанням у спіраль спеціально профілірованої стрічки (так названий металорукав), укриваючи їх тканими чохлами.

Рукавні технічні вироби

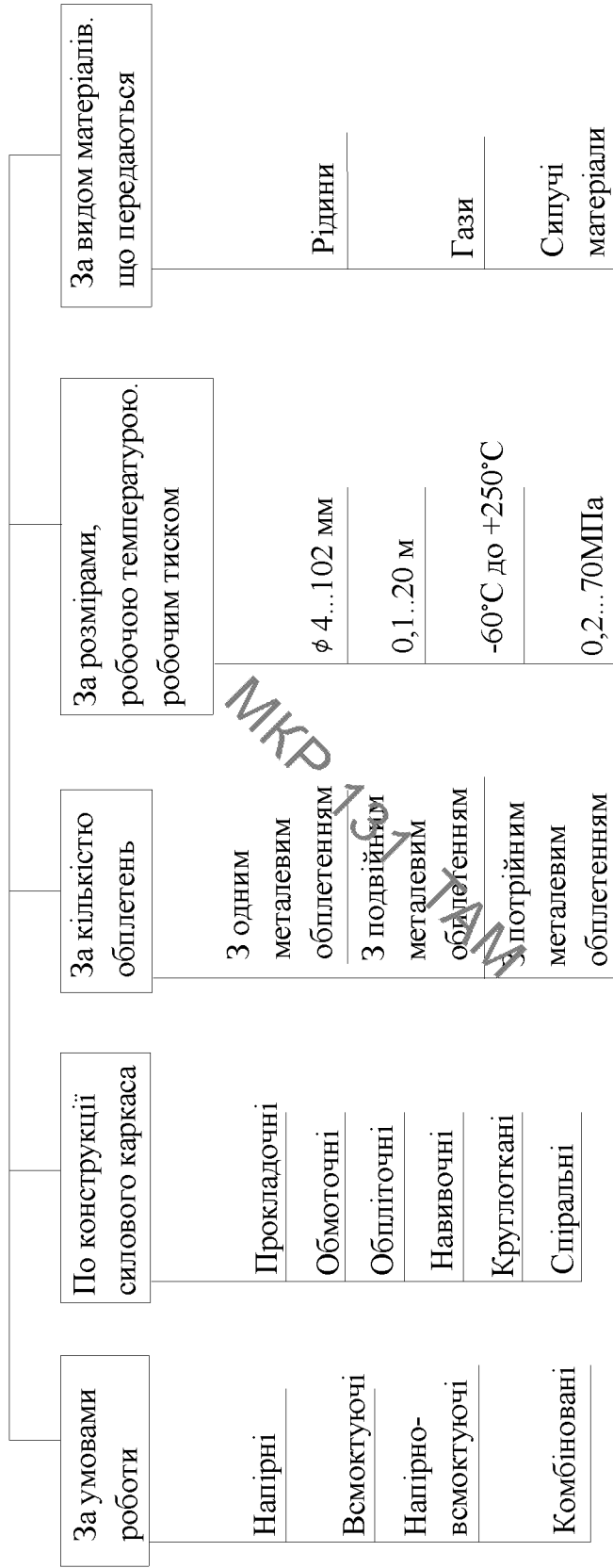


Рисунок 3.6- Класифікація РВТ

У різноманітних видах рукавів елементами конструкції каркасів є смужки тканинних прокладок, потоки ниток або дроти в оплетеннях, або нитки в каркасах навивочних рукавів, а також плетінки, стрічки і дріт. Міцність k_y , щільність m і кути накладення α таких елементів можуть бути дуже різноманітними. Коли у всіх несучих шарах каркаса аналізованого рукава k_y , m і α постійні, такі каркаси називають *однорідними*. Каркаси рукавів, виготовлених із застосуванням різноманітних матеріалів, що відрізняються по виду, стійкісним властивостям, по щільності і кутам положення, називають *неоднорідними*.

У роботі [3] наведено класифікацію РВТ (рис. 1.6) за умовами роботи, по конструкції силового каркаса, за кількістю обплетень, за розмірами, робочою температурою, робочим тиском, за видом матеріалів, що передаються.

3.2 Огляд робіт по математичному моделюванню системи рукавів високого тиску

Вивченням РВТ займалися ряд авторів. Роботи виконувалися в двох напрямках: експериментальні та імітаційні дослідження. Експериментальні дослідження вимагають затрати великих коштів, тому останнім часом здебільшого увага приділялася імітаційним дослідженням, що стало більш доступно завдяки бурхливому розвитку ПЕОМ.

Авторами роботи [5] подано матеріал про різновиди РВТ та їх короткий опис. Розглянута геометрія каркаса, зокрема показано метод розвертки на площину внутрішньої поверхні каркаса. Дані розрахунки по стійкості та витривалості всмоктуючих та напорних рукавів відповідно. Крім того розглянуто види кінцевої арматури та прогнозування тривалості її служби.

У роботі [6] авторами досліджувалися динамічні характеристики РВТ: запропоновано оригінальну модель РВТ та отримано формули для визначення жорсткості, передатних відношень та статичного коефіцієнта податливості. Результати даної роботи можна використовувати при інженерних розрахунках.

Запропонована методика розрахунку хвильових процесів в силовому контурі гідроприводу з врахуванням пружних властивостей РВТ, а також наведені отримані автором результати імітаційного моделювання на ЕОМ хвильового процесу, а саме впливу РВТ на частоту поширення хвилі тиску і декременту коливань у статті [7].

В роботі [8] розроблено математичну модель, що враховує реологічні властивості РВТ, політропний процес стиснення газорідинної суміші та нелінійну залежність щільності газоповітряної суміші від тиску, виконано імітаційні дослідження спрощеної математичної моделі. В математичну модель введено передатні відношення радіальних деформацій внутрішніх і зовнішніх поверхонь гумових шарів, що дозволяє відтворити реальну механіку РВТ. Запропонована формула для визначення статичного коефіцієнта податливості:

$$K(p) = \frac{d_{\text{вн}} \pi / 2}{\frac{6.28 E_i l_{\Gamma} \Delta p \cdot \delta_{1\Gamma}}{P} + \delta_2 + i_{2\Gamma} \delta_{3\Gamma} + C_M i_{1M} (1 + i_{2M})} \quad (3.1)$$

Але для її запису приймалося ряд припущень, зокрема шари гуми і металу розглядалися як тонкостінні оболонки, і жорсткість металевго обплетення визначалась за формулою:

$$C_M = \frac{12,56 \cdot \delta \cdot E_M \cdot \Delta p}{p} \quad (3.2)$$

Крім того для спрощення розрахунку середні і внутрішні діаметри шарів гуми та металевих обплетень приймалися рівними, об'єм РВД заповненого робочою рідиною постійним і розглядався на одиничній довжині. Зроблені припущення внесли похибку в отримані результати, які суттєво відрізнялися від даних отриманих експериментально.

В [9] наведено експериментальну статистичну характеристику податливості рукава високого тиску, наведена модель РВТ з подвійним металевим обплетенням та наведені формули для визначення жорсткості та статичного коефіцієнта

податливості. Але отримувана жорсткість металевих обплетень не відповідає експериментальним даним, є завищеною і потребує подальшого коректування за результатами експериментальних досліджень.

Дослідження статичних характеристик виконано в роботі [10], для цього визначено значення статичного коефіцієнта податливості через конструктивні параметри РВТ. Крім того проведено імітаційні дослідження впливу конструктивних параметрів РВТ на коефіцієнт податливості. При цьому жорсткість визначається за формулою:

$$C_M = \frac{4 \cdot \pi \cdot l_M \cdot E_M \cdot \delta_M}{d_M \cdot \left(1 - \frac{\mu_M}{2}\right)} \quad (3.3)$$

Тобто враховується довжина РВТ, але також використовується припущення, що металеве обплетення – це тонкостінна оболонка. Для того щоб встановити певну залежність між теоретичним і експериментальним коефіцієнтом жорсткості металу вводився кореляційний коефіцієнт. За результатами виконаних експериментів для всіх типорозмірів РВТ, що вимагає затрати великих коштів і часу. Крім того тоді для підбору оптимальних конструктивних параметрів необхідно спочатку виготовити зразок а потім його дослідити. В результаті роботи наведено рекомендації для використання в РВТ високоякісної легованої сталі для металевих обплетень, що дозволить підвищити жорсткість рукава і знизити ймовірність виникнення хвильових та перехідних процесів із значною амплітудою коливань тиску.

Розроблена програма інженерного розрахунку параметрів РВТ в залежності від необхідної жорсткості, коефіцієнта податливості та встановлена залежність частотних характеристик від параметрів та будови РВТ у роботі [11]. Крім того згідно запропонованої математичної моделі складена програма для ЕОМ, яка дозволяє визначити подовження внутрішнього гумового шару в осьовому напрямкові.

3.2 Стенди для проведення експериментальних досліджень характеристик рукавів високого тиску

Важливою є задача правильного проектування РВТ, а для того щоб правильно його спроектувати необхідно проводити випробування зразків РВТ. Згідно рекомендаціям ГОСТ 6286-73 та ГОСТ 25452-82 зразки РВТ підлягають статичним та динамічним випробовуванням, за результатами яких дається згода на масове виготовлення або застосування на певній техніці останніх. За допомогою таких випробовувань оцінюється загальна довговічність рукава. Для таких випробувань використовують спеціальні стенди, які дозволяють випробувати РВТ за допомогою динамічних та статичних навантажень. Проте більшість стендів мають суттєві недоліки, такі як неточність забезпечення імпульсу для випробування, невідповідність температурного режиму (які задається вищезгаданими ГОСТами), або надзвичайно великою трудоемістю роботи з стендом (тобто бажано було б щоб даний стенд автоматично вимикався при руйнуванні РВТ, або виходу з ладу якогось-небудь елемента стенда)

В наш час широко використовується гідростатичне випробування рукавів високого тиску. Випробування по цьому методу проводяться наступним чином. Один кінець рукава приєднують до гідравлічного насоса, другий закривають заглушкою з спусковим клапаном. При відкритому спусковому клапані рукав повільно заповнюють рідиною до повного видалення з нього повітря, після чого кран закривають і поступово підвищують тиск до випробуваного, перевищуючого робочий тиск на 25%. Тиск підтримують на протязі 5 хв., при цьому на рукаві не повинно спостерігатися розривів просочування рідини у вигляді роси і місцевих набряків. Для визначення розривної міцності тиск доводять до руйнації рукава.

При випробуванні значну увагу потрібно приділяти кінцевій арматурі, яка не повинна послаблювати міцність і герметичність РВТ. З цією метою розроблено ряд пристроїв, які механізують і полегшують установку рукавів на стенді для випробувань.

Гідростатичний метод випробувань має широке використання у виробництві

для контролю якості як самих рукавів, так і кінцевої арматури. За допомогою статистичних методів була показана доцільність використання вибіркового випробування рукавів гідросистеми [15].

Передові зарубіжні фірми по виготовленню РВТ довгий час використовують при визначенні довговічності і якості своєї продукції динамічні дослідження імпульсами тиску прямокутної форми. Для зменшення часу стендових випробувань рукавів широко використовують прискорені методи випробувань.

В опублікованих роботах вітчизняних дослідників надійність рукавів, як правило, визначалась на зразках, виготовлених різними підприємствами і з різною якістю виготовлення кінцевої арматури, що приводило до значного інтервалу значень ресурсу рукавів. Відомо, що вплив на ресурс рукавів здійснює амплітуда імпульсів тиску, радіус згину рукава в процесі випробування або експлуатації та інші фактори, що знижують довговічність.

В нормативно-технічній документації не допускається встановлення рукавів скручено відносно осі [16], але допустима величина скручування не обговорюється. Як правило, при монтажі рукав скручується відносно поздовжньої осі через це виникає потреба у визначенні впливу кута скручування рукава на його довговічність при динамічних навантаженнях. В цей же час відсутні опубліковані данні по впливу вказаних факторів на ресурс рукавних виробів конкретних підприємств-виробників рукавів.

Для випробування рукавів імпульсами тиску створюються спеціальні стенди. Формування імпульсів тиску за допомогою випробувальних стендів або спеціальних пристроїв можна умовно віднести до одного з наступних методів:

- підвищення тиску для зразку рукава, що випробується, шляхом нагнітання рідини, що подається насосом;
- підвищення тиску для зразку рукава, що випробується, за допомогою гідравлічного удару;
- підвищення тиску для зразку рукава, що випробується за допомогою мультиплікатора імпульсної дії [17].

Нижче розглядаються деякі схеми та конструкції установок для випробування рукавів імпульсами тиску [15, 16, 17, 18].

Нижче приведена схема стенда, що формує імпульси тиску по першому методу [15]. Стенд, схема якого приведена на рис. 1.7, складається з насоса, змінної продуктивності 5, і напірного золотника 7, розподільника з електричним керуванням 4, панелі для під'єднання випробовуваних рукавів, приладів для контролю тиску 1, 2. При положенні розподільника 4, як показано на схемі, насос підвищує тиск до настройки клапана 7 і під час видержування тиску P_{\max} витрати насоса 5 підуть на злив через цей же клапан 7. Коли розподільник 4 займає друге положення, досліджуємо рукави 3 і насос 5 через фільтр 6 з'єднуються з баком для зливання рідини. Перепад тиску на фільтрі 6 визначає мінімальний тиск P_{\min} , під дією якого знаходяться досліджуємі рукава в другій половині циклу. Перемикання розподільника 4 здійснюється від зовнішньої електричної системи формування імпульсів.

На рис. 1.8 показано схема [16], що формує імпульси також по першому методу. Стенд дозволяє випробовувати рукава 7 з постійним радіусом згинання і рукава 9 з змінним радіусом згинання під час випробувань. Механізм згинання приводиться в рух шатунно-кривошипним механізмом від окремого приводу. Для створення циркуляції потоку рідини через рукав на стенді змонтовано гідроциліндри з плаваючим поршнем 11, величина переміщення якого регулюється гвинтом. Передбачається теплообмінник 14 для забезпечення постійної температури масла гідросистеми стенда.

До цього ж методу можна віднести установки, в яких при випробуванні рукавів в якості робочого середовища використовується повітря.

З розглянутих схем установок слідує, що для формування імпульсів тиску необхідно мати насосну станцію високого тиску і значної продуктивності, що визначається кривизною підйому тиску в імпульсі. Насос в цих установках сприймає імпульсне навантаження, що призводить його до швидкого виходу з ладу.

Використання мультиплікатора для формування імпульсів тиску дозволяє

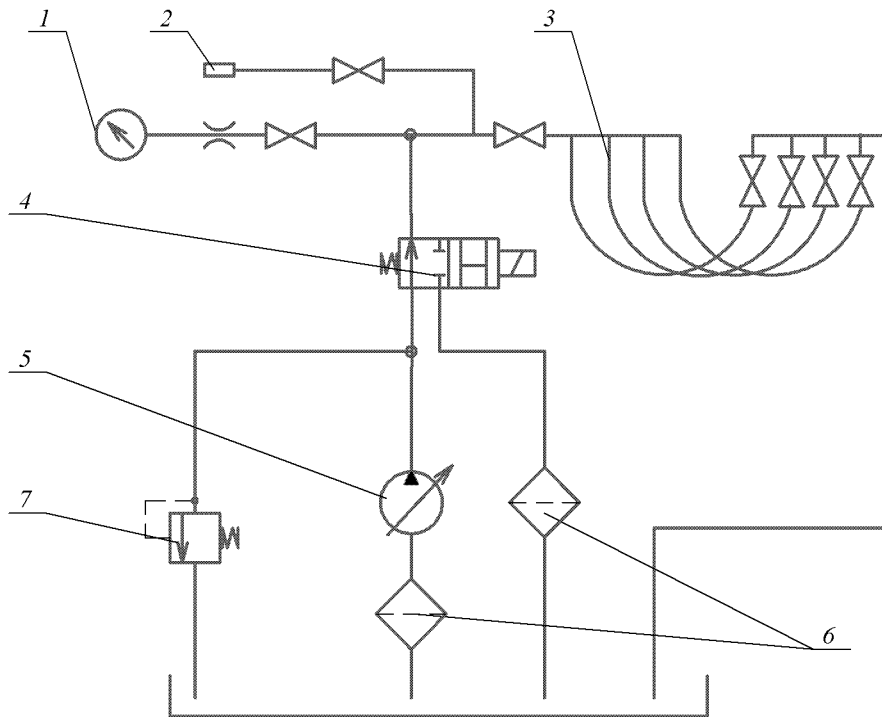


Рисунок 3.7 - Схема стенда для формування імпульсів тиску за допомогою розподільника з електричним керуванням

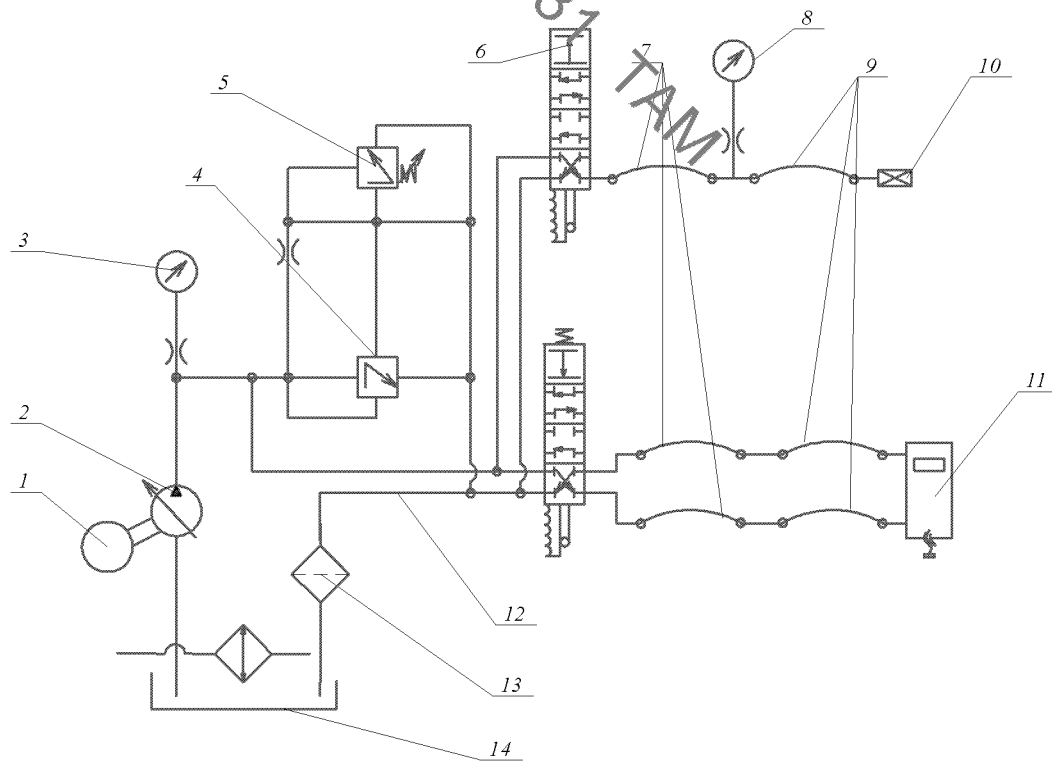


Рисунок 3.8 - Схема стенда для формування імпульсів тиску за допомогою розподільників з механічним керуванням

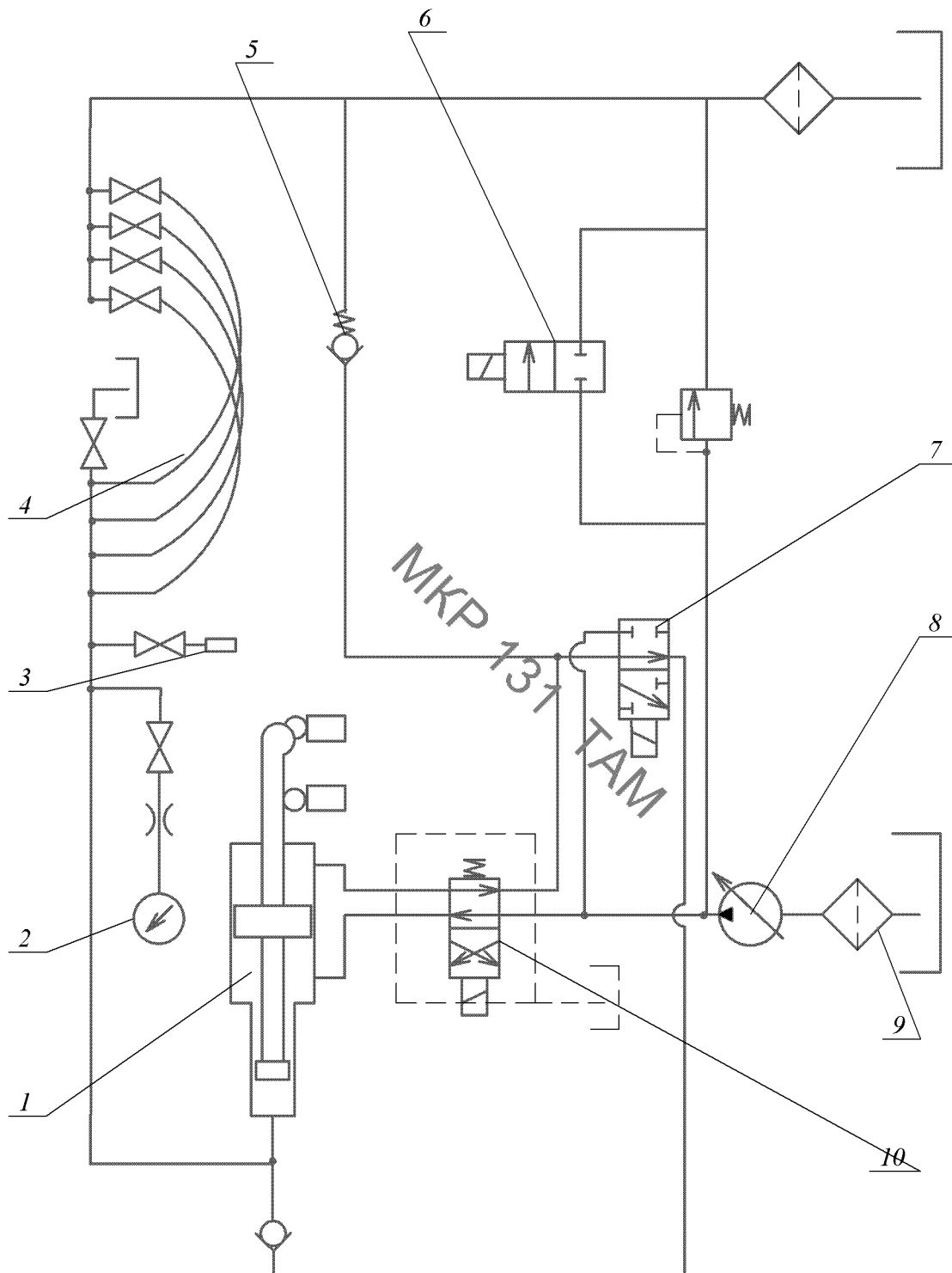


Рисунок 3.1 - Схема станда з мультиплікатором тиску для формування імпульсів тиску за допомогою електрогідравлічних розподільників

зменшити тиск насосної станції стенда. Відмінність такого стенда, схема якого приведена на рисунку 1.9, від розглянутих вище схем заключається в тому, що для створення імпульсів тиску використовуються два гідророзподільника з електричним керуванням 10 і 7. Гідророзподільник 10 служить для управління роботою мультиплікатора 1, а розподільник 7 – для створення тиску підживлення в рукавах що випробуються P_{\min} , величина якого встановлюється клапаном 5. Електрогідравлічний клапан 6 призначений для розвантаження насоса 8, коли поршень мультиплікатора 1 займе крайнє праве положення. Робота електрогідравлічних розподільників 6, 7, 10 здійснюється від зовнішньої електричної системи керування.

Інший стенд (рис.1.10) з використанням мультиплікатора [18] містить гідростанцію 1 і пристрій 2 створення пульсацій тиску у виді однотипних гідропневмонасосів, робочі гідропорожнини 3 і 4 мультиплікаторів 5, яких з'єднанні магістралями 6 високого тиску з випробовуваною лінією гідросистеми 7. Гідропорожнина 3 з'єднана через зворотні клапани 8 і 10 відповідно з баком 9 і магістраллю 6. Пневмо-порожнини 11 і 12 мультиплікаторів 5 через розподільники 13, регульовані дроселі 16 і 17 і регулятори 18 і 19 тиску з'єднані з пневмосіткою 14 і джерелом 15 стисненого повітря. Гідросистема 7 може бути забезпечена вентилем 21, набором ущільнень 22. Настроюванням регуляторів тиску 18 і 19 і дроселя 17 задаються діапазон пульсації тиску і частота пульсацій.

Стенд працює в такий спосіб.

Попереднє заповнення випробовуваної гідросистеми 7 і магістралей 6 робочою рідиною з підживлювального бака 9 здійснюється гідропневмонасосом гідростанції 1 за рахунок циклічної подачі повітря в пневмопорожнина 11 через регулятор 18 тиску, дросель 16 і розподільник 13, при цьому автоматично підтримується початковий робочий тиск у магістралях 6. При зниженні робочого тиску у випробовуваній лінії гідросистеми 7, за рахунок можливих витоків через ущільнення 22, у роботу автоматично вступає гідростанція 1, заповнюючи виток шляхом подачі робочої рідини з підживлюючого бака 9 і відновлюючи початковий робочий тиск.

Для створення пульсуючого тиску навантаження в лінії гідросистеми 7 включається в роботу гідропневмонасос 2 за рахунок подачі повітря через регулятор

19 тиску і дросель 17, настроюванням яких задається відповідно діапазон пульсації тиску, від початкового до заданого іспитами, і частоти пульсацій.

У випадку, якщо встановлений режим роботи не забезпечується і робочий тиск знижується, те необхідно збільшити початковий тиск регулятором 18 тиску. Якщо при заданому тиску гідропневмонасос 2 зупиняється, то необхідно зменшити початковий тиск регулятором 18 тиску.

Робота гідропневматичного насоса 1 як слідкуючий пристрій і однотипний гідропневмонасос 2 як пульсатор тиску в сукупності з роботою контрольно

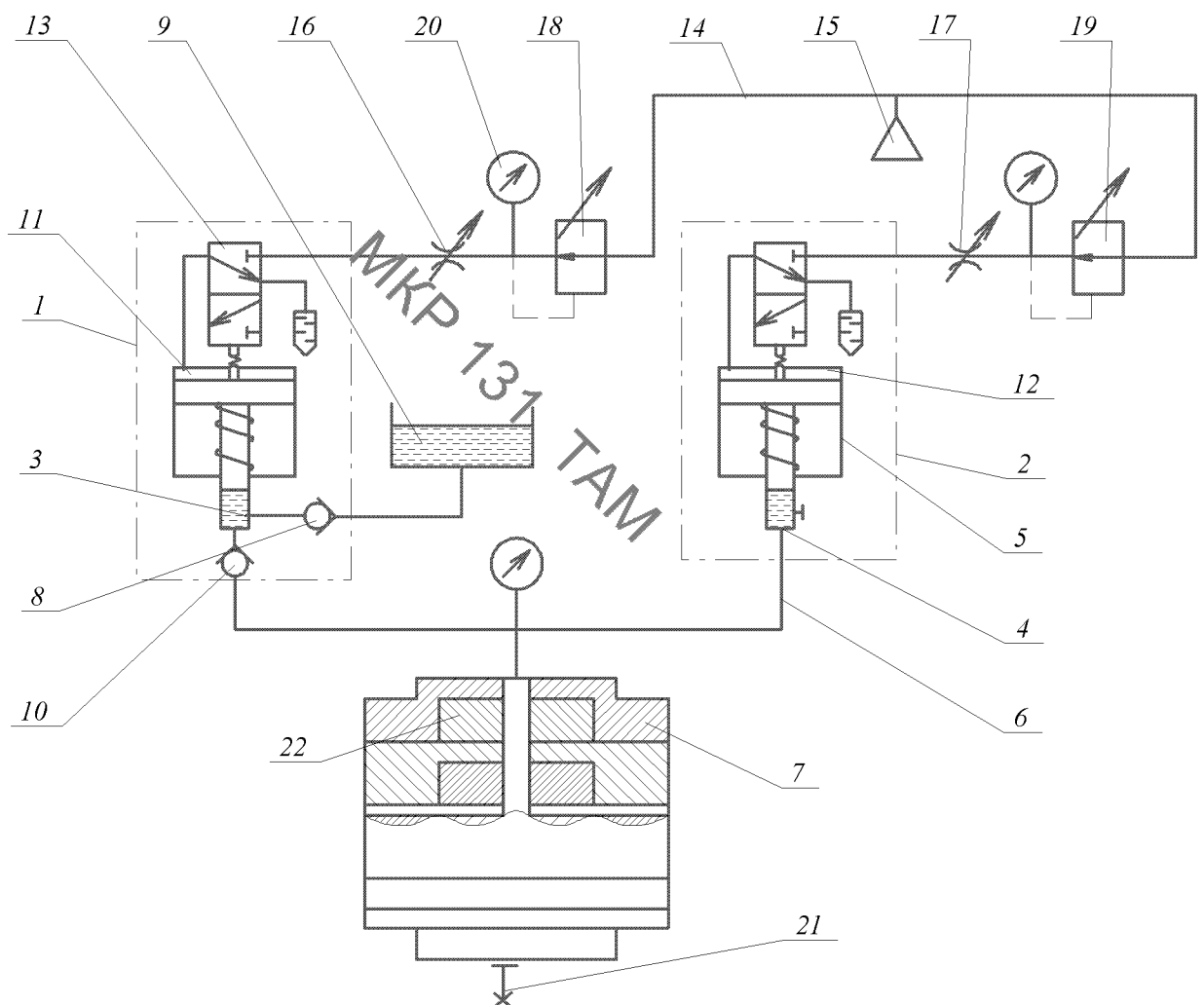


Рисунок 3.9 - Схема для динамічних випробувань гідросистеми

регулюємої апаратури імітує реальні умови роботи випробуваної лінії й ущільнювальних елементів гідросистеми при перемінних динамічних навантаженнях.

Проте усі наведені вище конструкції стендів не дозволяють забезпечити умови, щодо температурного режиму випробувань.

До цього ж методу можна віднести цілий ряд стендів і установок для випробування на герметичність і міцність трубопроводів, пустотілих тіл і трубопровідної арматури.

Метод формування імпульсів тиску в виробі, що випробується за допомогою гідравлічного удару, також знаходять широке використання.

Установки, що працюють по цьому методу, створенні з рухомих та нерухомих елементів в яких виконані канали, періодично з'єднанні між собою.

Прикладом таких пристроїв можуть служити гідроаккумулятори, які мають один диск, що обертається і один або два нерухомих диски. Диск, що обертається періодично з'єднує канали, з лінією нагнітання і таким чином створюються імпульси тиску.

Конструктивною різновидністю є пульсатори з золотником, що обертається. Змінюючи форму отвору в золотнику можна отримати різну форму імпульсу тиску. Деякі конструкції пульсаторів мають додатковий трьох кромочний золотники, за допомогою яких можна змінювати в певних границях час дії імпульсу тиску.

Об'ємний гідравлічний вібратор, в якому робочі гідравлічні порожнини утворюють рукава високого тиску, можна використовувати в якості випробувальної установки. В цьому випадку рукава РВТ буде піддаватися внутрішньому пульсуючому тиску, що створюється спеціальним гідропульсатором, а також зовнішні механічні дії.

Стенд схема якого представлена на рисунку 3.11 працює наступним чином. При вмиканні насоса 1, що захищений запобіжним клапаном 2, рідина через фільтр 3 передається до клапана – пульсатора 5, до дроселя 9, в штокову порожнину циліндра мультиплікатора 13 через зворотній клапан 10 і дросель 18, а також до керуючого золотника 21 гідравлічного реле часу 24 і до редуційного клапана 19.

Рідина поступає тільки до гідравлічного реле часу 24, так як клапан – пульсатор 5 спрацьовує при тиску, що перевищує максимальний тиск в гідросистемі; поршень 14 нерухомий, завдяки попередньому піджиму пружини 12; клапан 19 починає редукувати рідину при максимальному тиску в гідросистемі стенду.

Через керуючий золотник 21, зворотній клапан 26 рідина потрапляє в нижню порожнину поршня 22; клапан 20 налаштується на максимальний тиск гідросистеми, а при меншому тиску він закритий. Тиск рідини в гідравлічній системі стенду підвищується до значення P_{\min} , при якому поршень 22 переміщується вгору, а з верхньої порожнини рідина через золотник керування 21 іде на злив. В верхньому положенні поршень 22, переміщує шток 25, перемикає керуючий золотник 21. На цьому закінчується термін часу, при якому в гідравлічній системі стенду був тиск P_{\min} , а випробовує мий рукав знаходиться під тиском P_{\max} .

При перемиканні керуючого золотника 21 гідросистема стенду з'єднується з верхньою порожниною поршня 22, так як нижня порожнина поршня 22 закрита зворотнім клапаном 26 і клапаном 20, то тиск в цій порожнині і в гідросистемі стенду підвищується до тиску настройки клапана 20.

Поршень 14 при підвищенні тиску переміщується вгору до упора 11, затискуючи пружину 12. При цьому рідина від насоса 1 потрапляє в штокову порожнину циліндра 13 спочатку через зворотній клапан 10 і дросель 18, а потім, коли поршень 14 відкриває канал дроселя 9, і через дросель 9.

Переміщення поршня 14 припиняється при досягненні тиску P_{\max} в гідросистемі стенду. При цьому рідина потрапляє в верхню порожнину поршня 22, переміщуючи його вниз і підтримуючи шток 25 у верхньому положенні, і до клапана підживлення 19, який підтримує тиск в рукаві що випробовується 15 рівний 05-1 МПа. При зупинці поршня на упорі 23 тиск в гідросистемі стенда підвищується не суттєво, спрацьовує клапан-пульсатор 5. На цьому закінчується відпрацювання часу, при якому гідросистема стенда знаходилась під тиском P_{\max} , а рукав що випробується під тиском P_{\min} . Клапан 5 відкривається практично миттєво і залишається відкритим до того

часу, поки тиск в гідросистемі не зменшиться до P_{min} . При цьому під дією пружини 12 поршень 14 з великим прискоренням

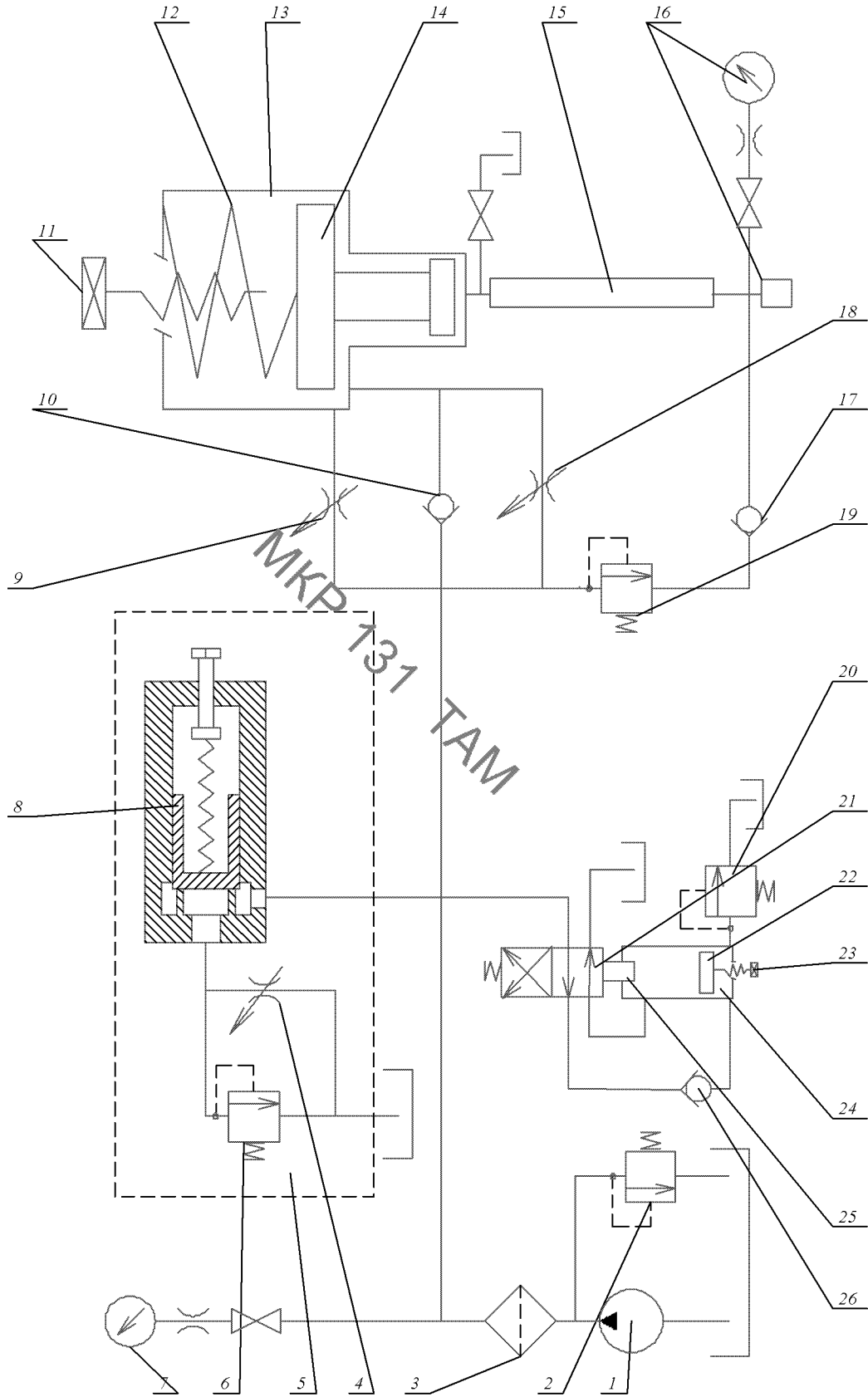


Рисунок 3.10 - Схема стенда для формування імпульсів тиску за допомогою мультиплікатора імпульсної дії

переміщується вниз, створюючи в рукаві що випробовується тиск P_{pmax} ; одночасно під дією пружини розподільника 21 його золотник і шток 25 переміщується вниз. Витрати, викликані переміщенням поршня 14 відкриває клапан 6, що підтримує в системі тиск P_{min} . При перекритті поршнем 14 каналу дроселя 9 витрати з маніпулятора практично зупиняються, тому клапан 6 закривається, а перепад на дроселі 4 виявляється недостатнім для утримання торцевого золотника 8 в відкритому положенні і клапан-пульсатор 5 закривається, цикл роботи установки повторюється.

Необхідна швидкість підйому тиску в рукаві що випробовується тобто швидкість переміщення поршня 14, настраюється дроселем 9. Для запобігання удару поршня об корпус 13 передбачено гідравлічне демпфування з допомогою дроселя 18. Тиск в гідросистемі стенду контролюється манометром 7, а в рукаві, що випробується тензометричним датчиком і манометром 16.

Установки для випробування РВТ на базі гідропульсаторів відрізняються простотою конструкції і легкістю регулювання частоти чергування імпульсів тиску. Проте вони, як і попередні, не дозволяють забезпечувати температурний режим випробування РВТ, що не дозволяє точно оцінити придатність рукава до використання.

На базі кафедри ТАМ створено стенд для дослідження РВТ [20]. До складу гідросистеми стенду входять наступні елементи (рис. 3.12):

1- силова насосна станція. Служить в якості енергоносія системи. До складу станції також входить система стабілізації температури робочої рідини;

2,4,10,11-пневмогідроаккумулятори. Служать для виконання різних функцій, тобто:

2 - допоміжне джерело енергії, яку накопичує у періоди пауз в споживанні її агрегатами гідросистеми для використання у потрібний момент; згладжує пульсації тиску при роботі насосів та коливанні зовнішнього навантаження;

4 - накопичує енергію для забезпечення швидкодії гідророзподільника 5;

10 - акумулює рідину при швидкому переміщенні поршня мультиплікатора 6 і для поступової видачі рідини в охолоджувач;

6 - вузол мультиплікатора. Служить в якості виконавчого органу гідросистеми. Створює тиск у РВТ, який випробується. Конструкцією передбачена можливість демпфірування рухомої маси;

7 - РВТ, який підлягає випробуванню;

8 - гідрозамок односторонньої дії. Служить для запирання рідини, яка

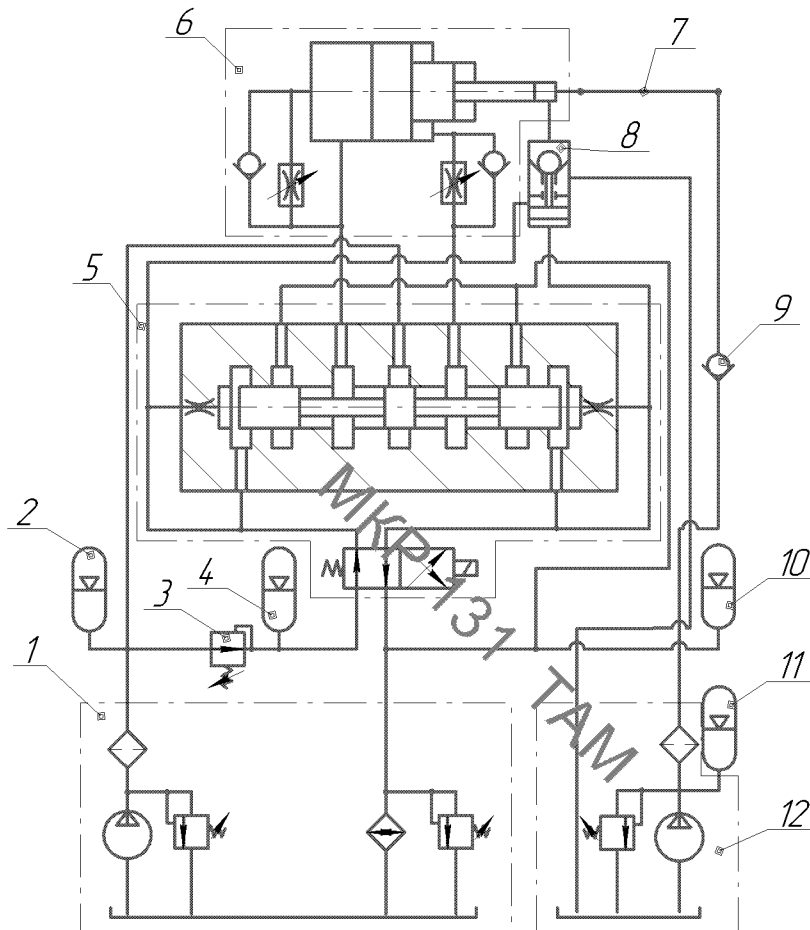


Рисунок 3.11 - -Схема стенду для випробування РВТ

стискається у РВТ, а також - для знімання зусилля і відведення рідини на злив у бак насосної станції;

9 - зворотній клапан. Служить для відкриття доступу робочої рідини від насосної станції 12 для прокачування крізь РВТ з температурою 90°C , як вимагає стандарт на випробування;

12 - насосна станція. Служить для забезпечення порожнини РВТ робочою рідиною з температурою 90°C .

11 - накопичує нагріту рідину і видає її при прокачуванні останньої через РВТ;

3 - редукційний клапан. Служить для зниження тиску рідини, яка надходить до каскаду керування роботою розподільвача 5 від насосу і підтримування тиску у ньому;

Дана гідросистема працює наступним чином:

Цикл навантаження: при ввімкненні силової насосної у станції 1 робоча рідина надходить до акумулятора 2, розподільвача 5 і гідрозамка 8, крім того, крізь редукційний клапан 3 - до акумулятора 4 і пілота розподільвача (пілот ввімкнений у ліву позицію, золотник розподільвача до цього знаходиться у нейтральному положенні). Така позиція пілота викликає переміщення золотника праворуч. При цьому силовий потік рідини передається у ліву порожнину мультиплікатора 6 і його поршень починає рухатись праворуч. В цей час гідрозамок 8 закритий, зворотній клапан 9 теж закритий, тобто з правого боку РВТ 7 утворюється відкрита порожнина і мультиплікатор 6 підіймає тиск рідини у останньому. Робоча рідина у праву порожнину мультиплікатора 6 надходить одночасно з насосної станції 1 і акумулятора 2, що забезпечує швидке переміщення поршня мультиплікатора і досягнення максимального значення тиску РВТ. Далі, за рахунок відповідного налагодження елементів гідросистеми і реле часу, відбувається витримка РВТ під цим максимальним тиском і перемикає позиції пілота, що викликає розвантаження РВТ від тиску.

3.4 Математичне моделювання приружних переміщень обплетень рукавів високого тиску

3.4.1 Розрахункова схема РВТ

РВТ мають жоволі складну структуру, що включає металеві та гумові шари. Розріз РВТ з подвійним металевим обплетенням показаний на рис. 2.1. Тиск робочої рідини, що передається рукавом діє на внутрішню поверхню РВТ, гумовий шар пружньо деформується і тисне на внутрішню поверхню металевого обплетення, що також деформується тисне на внутрішню поверхню другого гумового шару

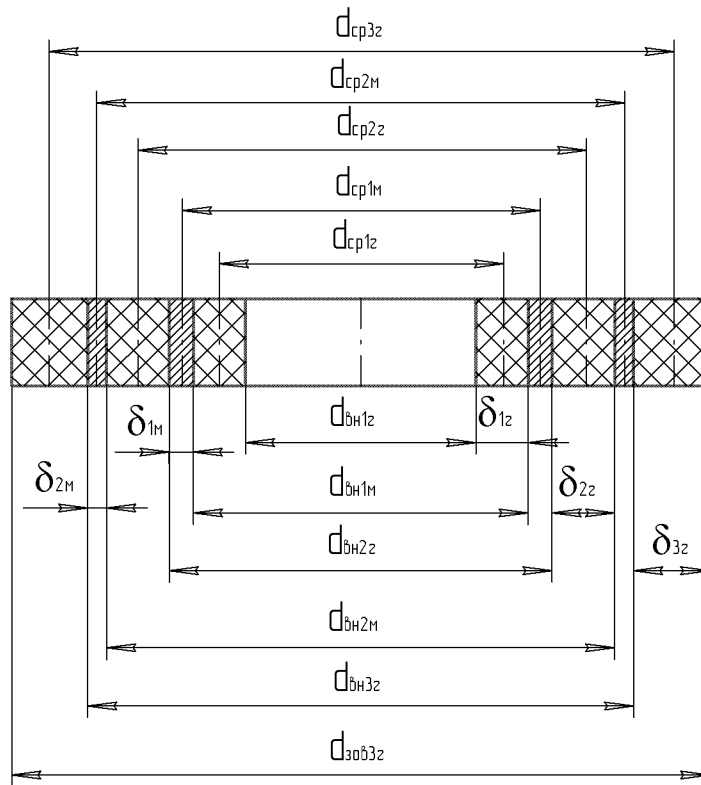


Рисунок 3.12 - Схема РВТ із подвійним металевим обплетенням

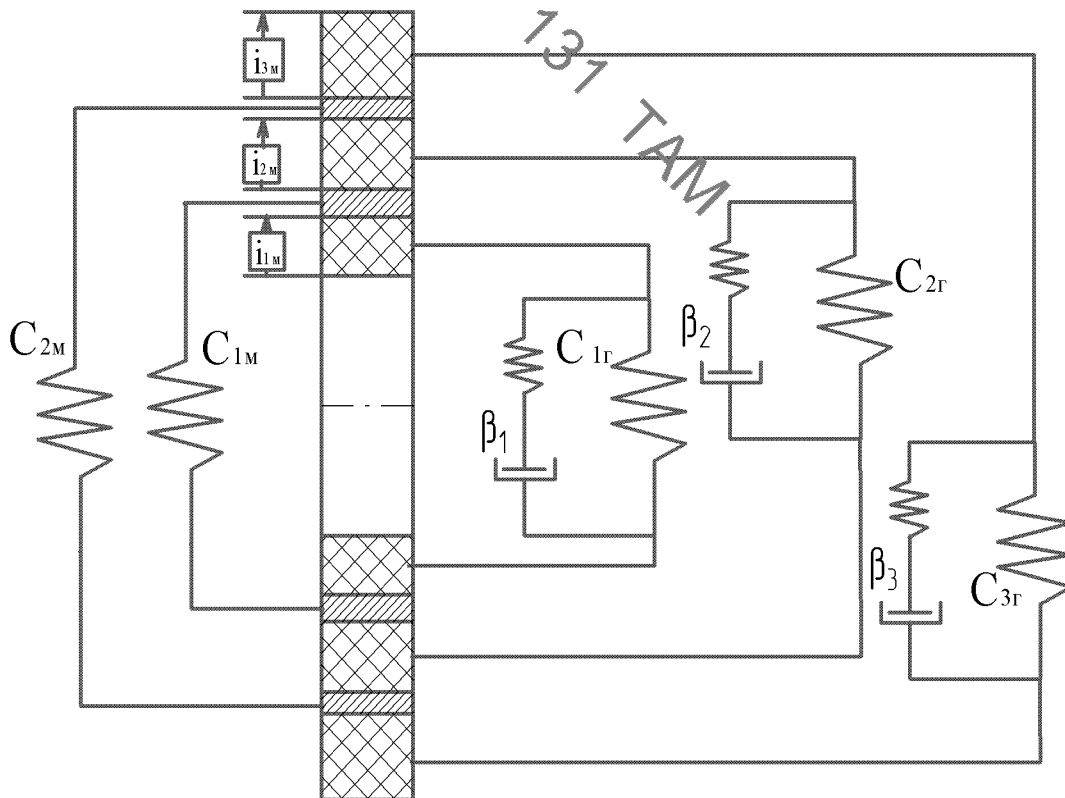


Рисунок 3.13 - Реологічна модель РВТ з подвійним металевим обплетенням

Запропонована реологічна модель РВТ наведена на рис. 3.13

В даній моделі опір деформації гумового шару визначається величиною жорсткості C_T і коефіцієнтом внутрішнього демпфування β . Внаслідок проходження робочої рідини через РВТ під певним тиском деформується внутрішній шар гуми, його деформація передається внутрішній поверхні металевго обплетення із передатним відношенням $i_{1Г}$. Після цього починає деформуватися металевий шар, звичайно внаслідок незначної товщини металічного обплетення зміна внутрішнього і зовнішнього діаметру буде мало різнитися, але все ж передача деформації на внутрішню поверхню другого гумового шару відбувається із певним передатним відношенням $i_{1М}$. Жорсткість C_{T2} і коефіцієнт внутрішнього демпфування β_2 визначає опір другого гумового шару деформаціям. Деформація внутрішньої поверхні гумового шару із передатним відношенням $i_{Г2}$ передається на внутрішню поверхню другого металевго обплетення, він свою чергу деформується. При цьому деформація внутрішньої поверхні другого металевго обплетення передається із передатним відношенням $i_{2М}$ на внутрішню поверхню третього гумового шару. Зовнішній шар гуми виконує захисну функцію і тому в подальших розрахунках може не враховуватися.

3.4.2 Математичне моделювання жорсткості обплетень РВТ

Рукава високого тиску є складною системою, до якої входять гумові шари та металеві обплетення. При створенні математичної моделі РВТ автори ряду робіт [6, 8, 10,11] приймали припущення, що металеве обплетення – це тонкостінна оболонка і виходячи із цього визначали жорсткість металевго обплетення. Але металевий шар в РВТ - це дріт навитий у два взаємно перпендикулярних шари під певним кутом до осі РВТ, дана умова врахована в роботі [22].

Дріт може бути навитий під різними кутами. Розглянемо випадок коли кут навивання дроту $\alpha=45^\circ$ (рис 2.3,а), тоді радіуси кривизни дроту однакові, тобто:

$$R_1=R_2=R, \quad (3.1)$$

В роботі прийнято, що кривизна дроту співпадає з кривизною циліндричної поверхні, на яку вони навиті. Так як кривизна циліндричної поверхні визначається її радіусом, то виконується рівність [19]:

$$\frac{1}{R_{\text{пов}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R}, \quad (3.2)$$

Якщо спроектувати всі сили, які діють на елемент обплетення, на нормаль до поверхні обплетення, то використовуючи умову рівноваги та рівняння Лапласа отримаємо:

$$\frac{\sigma_1}{R_1} + \frac{\sigma_2}{R_2} = \frac{p}{\delta}, \quad (3.3)$$

Так як $R_1=R_2$, то $\sigma_1=\sigma_2=\sigma$, тому із (2.3) знаходимо:

$$\sigma = pR_{\text{пов}}/\delta. \quad (3.4)$$

Згідно закону Гука абсолютне видовження дроту на одному витку з урахуванням (3.4) складатиме:

$$\Delta l = \frac{\sigma l}{E} = \frac{pR_{\text{пов}}}{\delta E} \cdot l, \quad (3.5)$$

Використовуючи метод розвертки на площину внутрішньої поверхні каркаса рукав формулу (3.5) приведемо до вигляду:

$$\Delta l = \frac{pR_{\text{пов}}^2}{\delta E} \cdot \frac{2\pi}{\sin \alpha}, \quad (3.6)$$

Так як :

$$\Delta R = \frac{\sin \alpha}{2\pi} \cdot \Delta l, \quad (3.7)$$

то для збільшення радіуса навивання дроту ΔR під час подачі імпульсу тиску отримаємо залежність:

$$\Delta R = \frac{pR_{\text{пов}}^2}{\delta E}. \quad (3.8)$$

Оскільки жорсткість визначається за рівнянням:

$$C = \frac{P}{y}, \quad (3.9)$$

де C – жорсткість; y - переміщення викликане дією сили P (в даному випадкові в ролі сили виступає тиск, який діє на внутрішню поверхню РВТ).

З урахуванням закону Гука отримаємо вираз:

$$C_{pR} = \frac{E\delta}{R_{\text{пов}}^2}. \quad (3.10)$$

Враховуючи, що дріт навивається двома шарами отримаємо:

$$C_{pR} = 2 \cdot \frac{Ed}{R_{\text{пов}}^2}. \quad (3.11)$$

Так як РВТ приєднуються до гідроагрегатів то його поздовжні деформації будуть обумовлені дією тиску на площу поперечного перетину. Тому для переходу до жорсткості необхідно C_{pR} помножити на площу поперечного перерізу.

$$C_M = \frac{E \cdot \pi \cdot d \cdot d_{\text{вн}}^2}{2 \cdot R_{\text{пов}}^2}. \quad (3.12)$$

Оскільки за ГОСТ 6286-73 задається внутрішній діаметр, товщина металевго обплетення та гумових шарів, то формулу (2.11) приведемо до вигляду:

$$C_{\text{нм}} = \frac{E \cdot \pi \cdot \delta \cdot d_{\text{вн}}^2}{2 \cdot (d_{\text{вн}} + \sum_{i=1}^n \delta_{\text{Гі}} + \sum_{i=1}^{n-1} \delta)^2}. \quad (3.13)$$

Із умови нестисливості гуми другого шару РВТ визначимо збільшення зовнішнього діаметра цього шару:

$$\Delta d_{\text{зовн.2}} = \Delta d_{\text{вн2}}, \quad (3.14)$$

де $\Delta d_{\text{вн2}} = 2\Delta R$, визначеному за формулою (2.8).

Зі знайденим $\Delta d_{\text{зовн2}}$, використовуючи формулу (2.8), визначимо тиск, який діє зі сторони гуми другого шару на друге металеве обплетення. Знайдене значення тиску можна використати для розрахунку приросту діаметра третього обплетення, а

потім, використовуючи розглянутий вище алгоритм, визначити тиск, який передаватиме третій шар гуми на третє обплетення.

Припустивши, що навантаження сприймається лише металевими обплетеннями (нехтуючи пружними властивостями гуми, що вносить незначну похибку в розрахунки, оскільки модуль пружності металевих обплетень перевищує модуль пружності гуми у 10^5) можна визначити жорсткість РВТ за формулою:

$$C=C_{1M}+C_{1M} \quad (3.15)$$

Жорсткість рукава з трьома обплетеннями

$$C=C_{1M}+C_{2M}+C_{3M} \quad (3.16)$$

Жорсткість РВТ з двома металевими обплетеннями з врахуванням (3.13) визначатиметься за формулою:

$$C = \frac{\pi \cdot E \cdot \delta \cdot d_{ВН}^2}{2 \cdot (d_{ВН} + \delta_{Г1})^2} + \frac{\pi \cdot E \cdot \delta \cdot d_{ВН}^2}{2 \cdot (d_{ВН} + \delta_{Г1} + \delta_{Г2} + \delta)^2} \quad (3.17)$$

3.4.3 Імітаційні дослідження залежності жорсткості металевих обплетень РВТ від його параметрів

На основі формули (3.12) побудовано графіки залежності жорсткості металевих обплетень від конструктивних параметрів РВТ. Розглядалися РВТ з двома металевими обплетеннями шести типорозмірів у кожному випадкові.

На основі отриманих залежностей можна зробити висновок, що зі зменшенням товщини внутрішнього гумового шару та зростанням товщини металевих обплетень жорсткість останнього зростає.

Із збільшенням товщини металевих обплетень жорсткість його зростає, але її не можливо збільшити на значну величину, оскільки РВТ має залишатися гнучким, при великій товщині металевих шарів він не зможе виконувати своє функціональне призначення

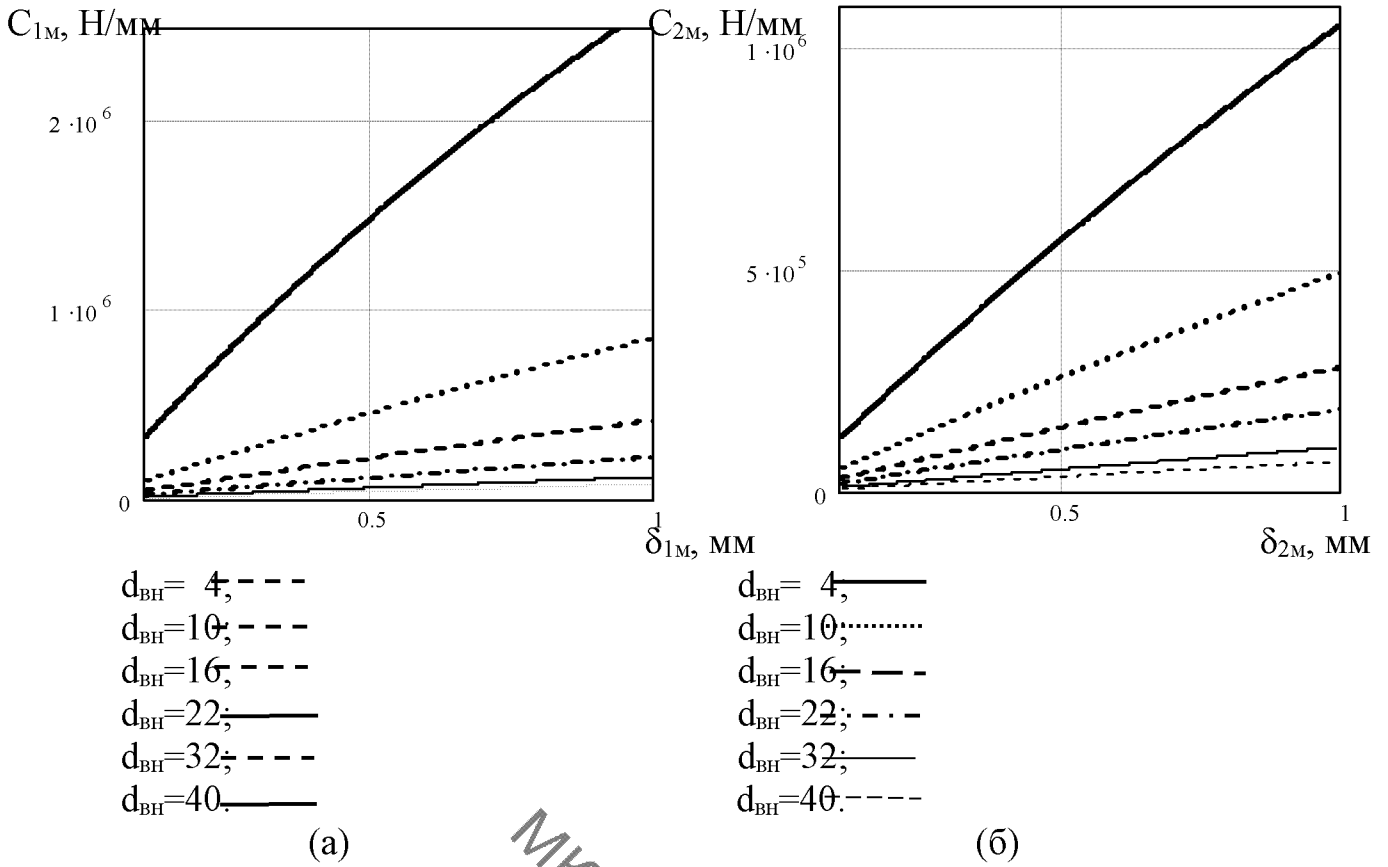


Рисунок 3.15 - Залежність жорсткості першого (а) та другого (б) металевих обплетень від товщини обплетення C_{1M} , Н/мм

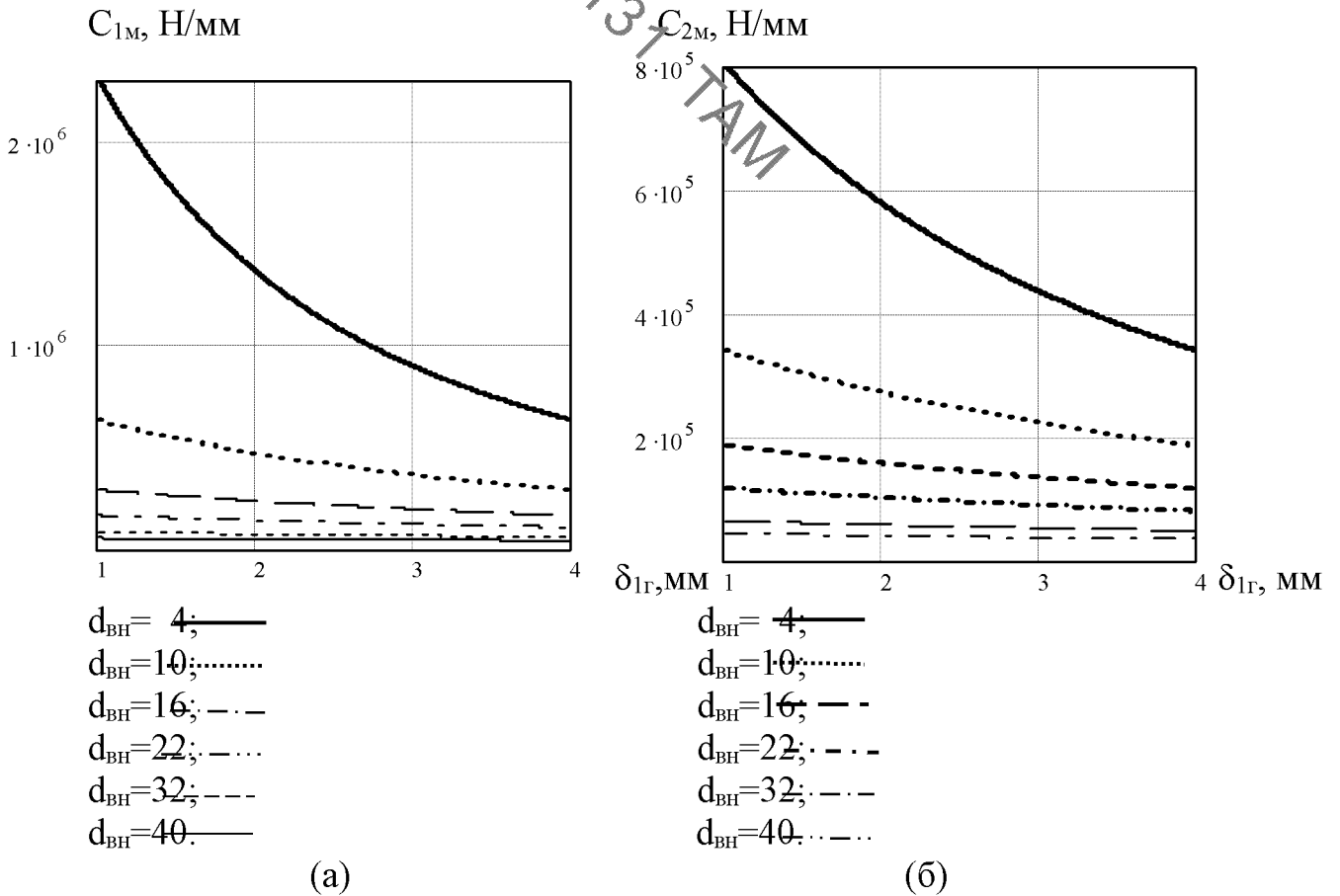


Рисунок 3.16 - Залежність жорсткості першого (а) та другого (б) металевих обплетень від товщини першого гумового шару

При збільшенні товщини гумового шару, тобто із збільшенням радіусу поверхні на яку навивається дріт, жорсткість металевих обплетень зменшується.

Характерно, що залежності жорсткості від конструктивних параметрів РВТ для першого і другого металевих обплетень є подібні.

Аналогічні залежності для третього металевих обплетень наведені на рис. 2.5. Вони показують, що загальні залежності жорсткості від конструктивних параметрів РВТ отримані для першого та другого металевих обплетень зберігаються і відносно третього, тобто із збільшенням товщини металевих обплетень, та із зменшенням радіусу поверхні на яку навивається дріт жорсткість металевих обплетень зростає.

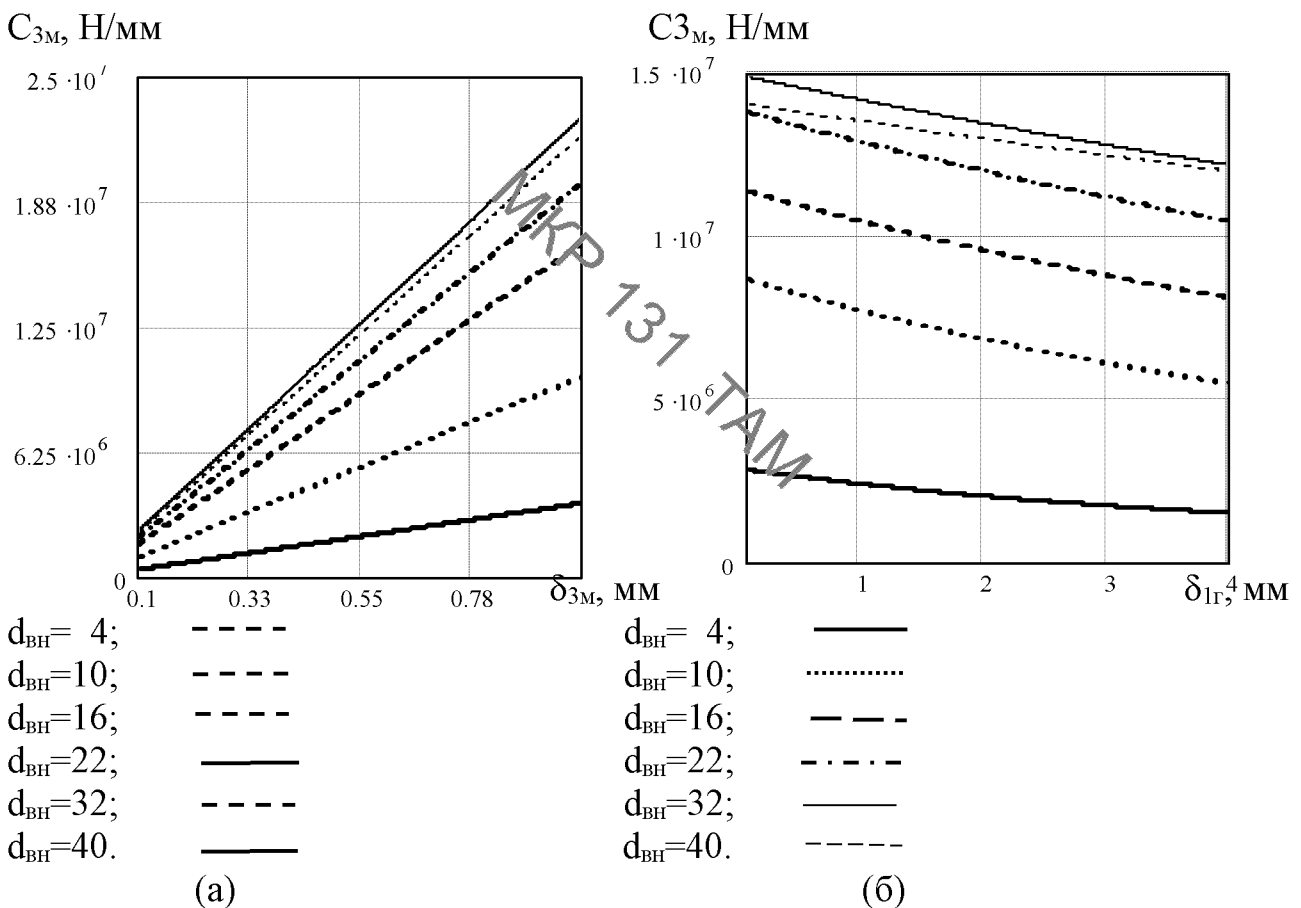


Рисунок 3.17- Залежність жорсткості третього металевих шару від товщини обплетень (а) та від товщини внутрішнього гумового шару(б)

Використовуючи рівняння (2.17) побудовано графіки залежності жорсткості рукава з двома металевими обплетеннями від внутрішнього діаметра рукава та товщини гумового шару (рис. 2.7). Аналізуючи їх, можна зробити висновок, що загальна жорсткість РВТ, як і жорсткості окремих металевих обплетень, зростає зі

збільшенням товщини металевих обплетень та при зменшенні товщини першого гумового шару.

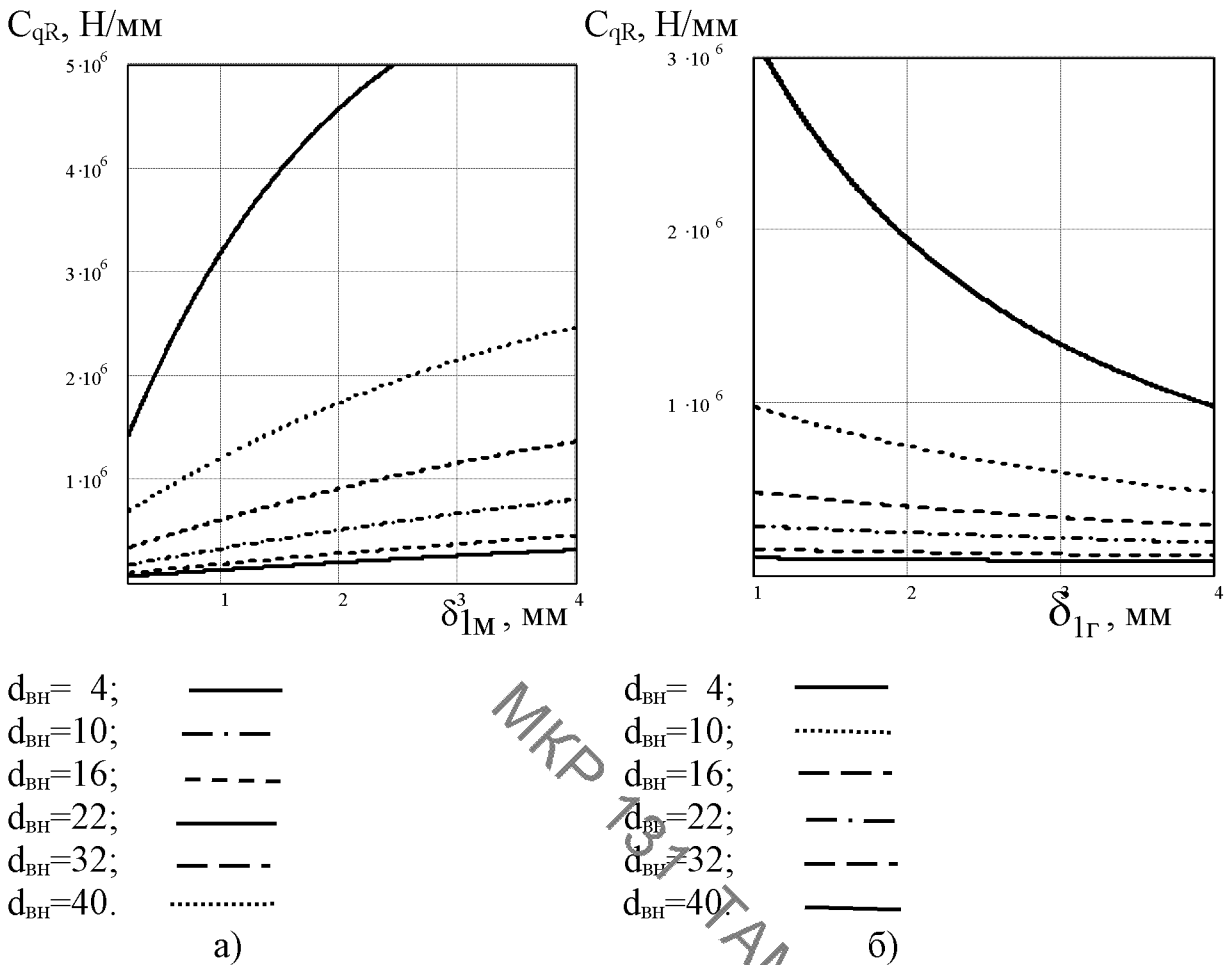


Рисунок 3.18 - Залежність жорсткості РВТ з двома металевими обплетеннями від товщини металевих обплетень (а) та від товщини внутрішнього гумового шару (б)

3.5 Математичне моделювання пружних переміщень обплетень РВТ в осьовому напрямку

При подачі імпульсу тиску змінюється форма РВТ. Вираз для зміни довжини РВТ отриманий в попередньому пункті (формула 2.5):

$$\Delta l = \frac{\sigma l}{E} = \frac{p R_{\text{пов}}}{\delta E} \cdot l ,$$

де:

$$R_{\text{пов}} = d_{BH1M} \quad (3.18)$$

Згідно закону Гука:

$$P = C_{\text{МО}} \cdot \Delta l, \quad (3.19)$$

Сила може бути визначена як:

$$P = r\pi d_{\text{ВН}} l. \quad (3.20)$$

З урахуванням формул (2.18), (2.19) та (2.20) отримаємо:

$$C_{\text{МО}} = \frac{2E_{\text{М}} \delta_{\text{М}} \pi d_{\text{ВН}} l_{\text{Г}}}{d_{\text{ВНМ}}}. \quad (3.21)$$

Аналогічно жорсткість і-го гумового обплетення в осьовому напрямкові:

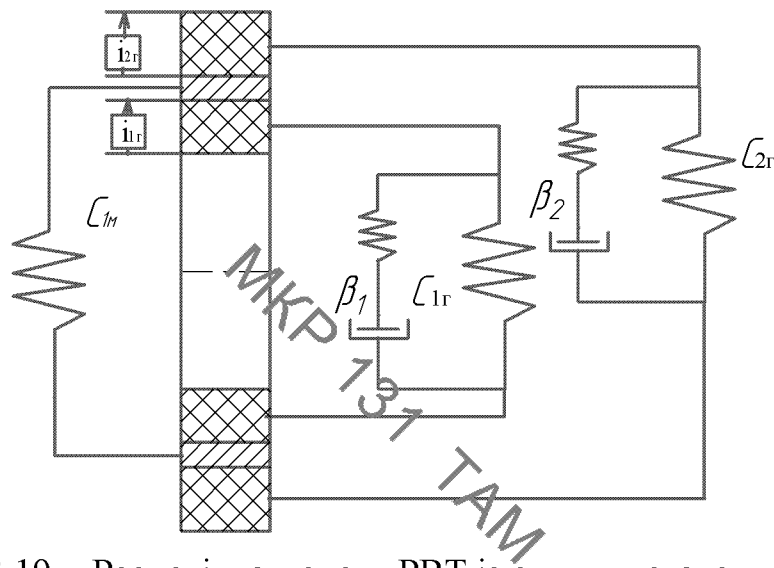


Рисунок 3.19 - Реологічна модель РВТ із одним металевим обплетенням

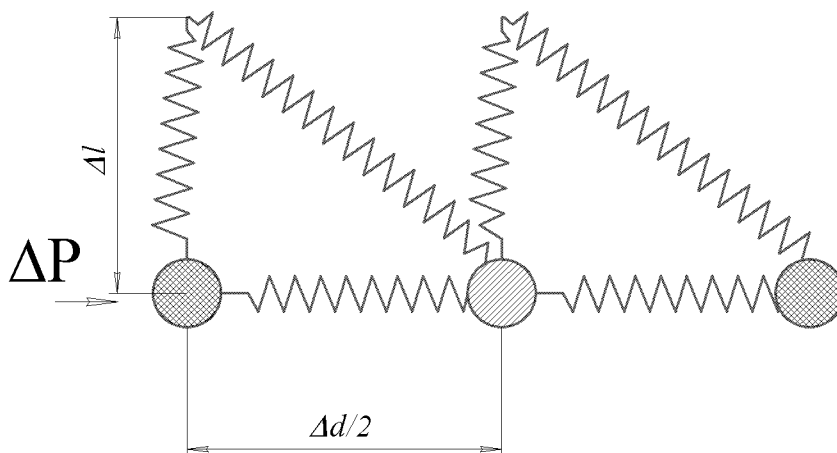


Рисунок 3.20 - Розрахункова модель РВТ з одним металевим обплетенням

$$C_{i_{го}} = \frac{2\pi d_{вн1Г} l \delta_{iГ} E_{Г}}{d_{вн1Г}^2} \quad (3.22)$$

Для РВТ з одним металевим обплетенням відповідає реологічна модель показана на рис. 2.8, де гумові шари моделюються як стандартне лінійне тіло, в даному

випадкові пружини з певною жорсткістю $C_{1М}$ та з'єднані із ними послідовно пружини $C_{1Г}$ і $C_{2Г}$ та демпфери β_i . Згідно запропонованій моделі імпульс тиску, що надходить до рукава діє на внутрішню стінку рукава, діаметр якого відповідає діаметру внутрішнього шару гуми. З врахуванням передатного відношення першого гумового шару зусилля надходить до металевого обплетення, що передає тиск на другий гумовий шар. Дана модель враховує переміщення РВТ лише в радіальному напрямкові. У роботі [10] показана розрахункова модель (рис. 2.9) яка враховує переміщення і в осьовому напрямкові.

Згідно наведених моделей рівняння діючих сил для РВТ [23] із одним металевим обплетенням має вид:

$$\Delta p d_{вн1} = \sqrt{(\Delta d(C_{1Г} + C_{1М} i_{1Г} + C_{2Г} i_{1Г} i_{1М}))^2 + \rightarrow} \quad (3.23)$$

$$\rightarrow (\Delta l(C_{1Г0} \cdot \Delta d_{1Г} + C_{1М0} i_{1Г} + C_{2Г0} i_{1Г} i_{1М}))^2$$

Згідно [5]:

$$\Delta d = \Delta l \operatorname{tg}^2 \alpha \quad (3.24)$$

Використовуючи формули (2.21), (2.22), (2.23) та (2.24) отримаємо вираз для зміни довжини РВТ із одним металевим обплетенням:

$$\Delta l = \frac{\pi \Delta p d_{вн1Г} l}{\sqrt{\operatorname{tg}^4 \alpha (C_{1Г} \cdot + C_{1М} i_{1Г} + C_{2Г} i_{1Г} i_{1М})^2 + (C_{1Г0} \cdot + C_{1М0} i_{1Г} + C_{2Г0} i_{1Г} i_{1М})^2}} \quad (3.25)$$

На основі виразу (2.24) побудовано графіки залежності зміни довжини РВТ від конструктивних параметрів РВТ. Розглядалися РВТ трьох типорозмірів із одним та подвійним металевим обплетенням.

На основі отриманих залежностей можна зробити висновок, що із збільшенням довжини, тиску в порожнині РВТ його переміщення в осьовому напрямкові при подачі імпульсу тиску зростають.

В значній мірі видовження РВТ залежить від кута навивання дроту, мінімальним воно є коли він навитий під кутом в 90° , тобто коли металевий шар стає фактично тонкостінною оболонкою, але при цьому РВТ втратить свою гнучкість.

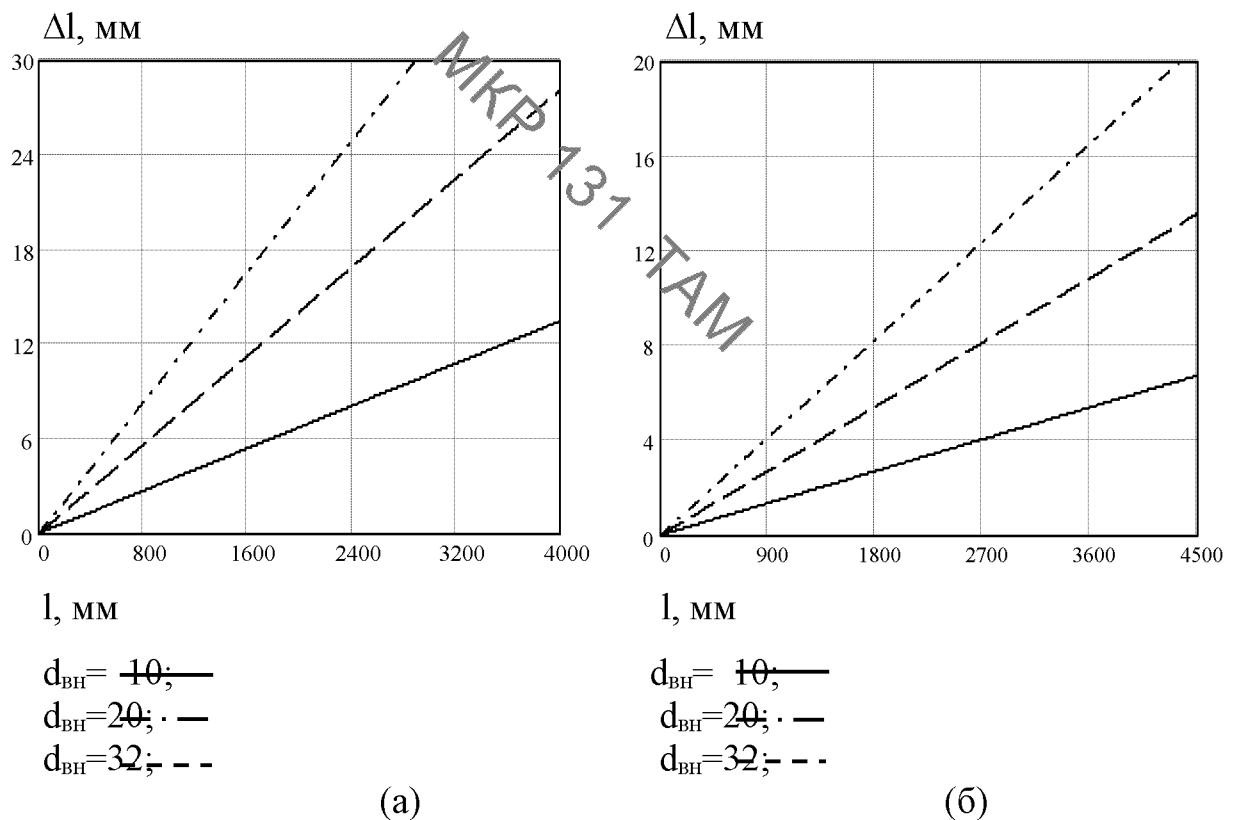
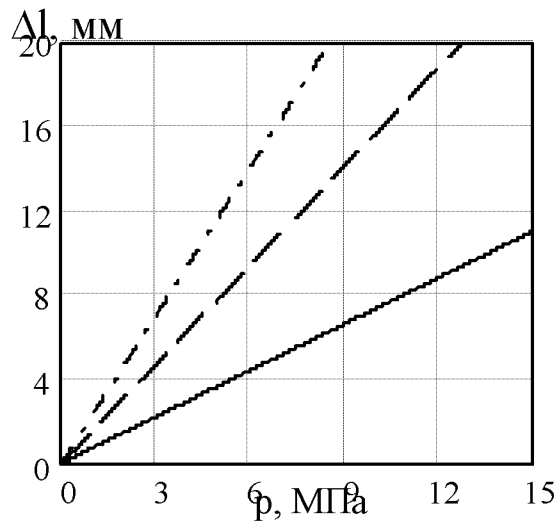
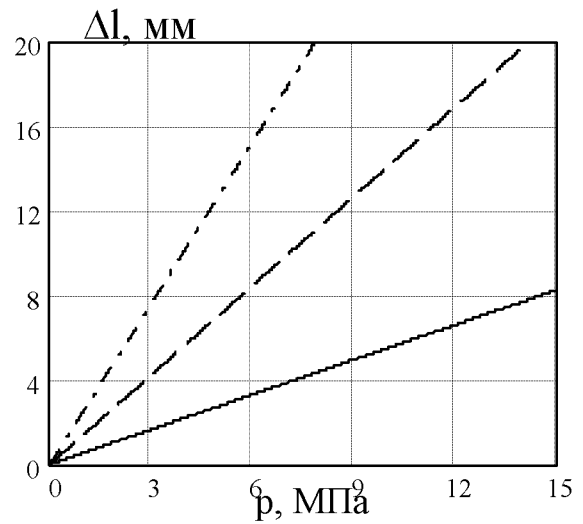


Рисунок 3.21 - Залежність зміни довжини РВТ від його довжини для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)



$d_{BH} = 10$; —
 $d_{BH} = 20$; - -
 $d_{BH} = 32$; - . -

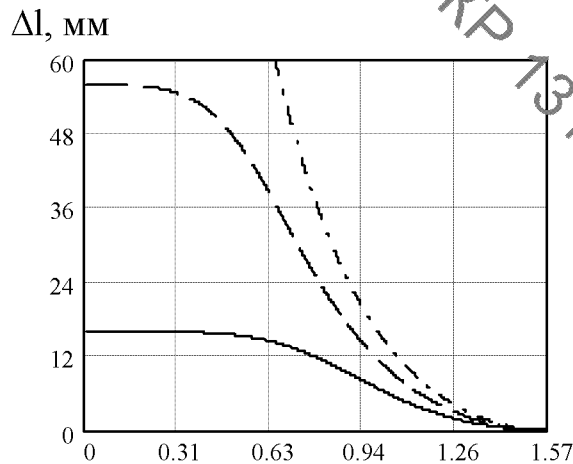
(a)



$d_{BH} = 10$; —
 $d_{BH} = 20$; - -
 $d_{BH} = 32$; - . -

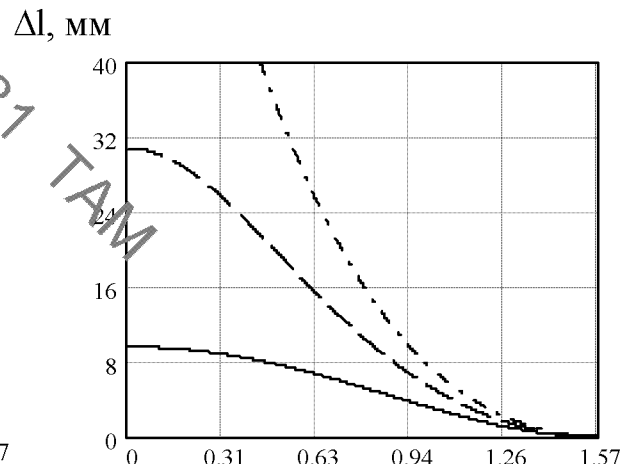
(б)

Рисунок 3.22 - Залежність зміни довжини РВТ від зміни тиску в порожнині для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)



$d_{BH} = 10$; —
 $d_{BH} = 20$; - -
 $d_{BH} = 32$; - . -

а



$d_{BH} = 10$; —
 $d_{BH} = 20$; - -
 $d_{BH} = 32$; - . -

б

Рисунок 3.23 - Залежність зміни довжини РВТ від кута навивання дроту для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)

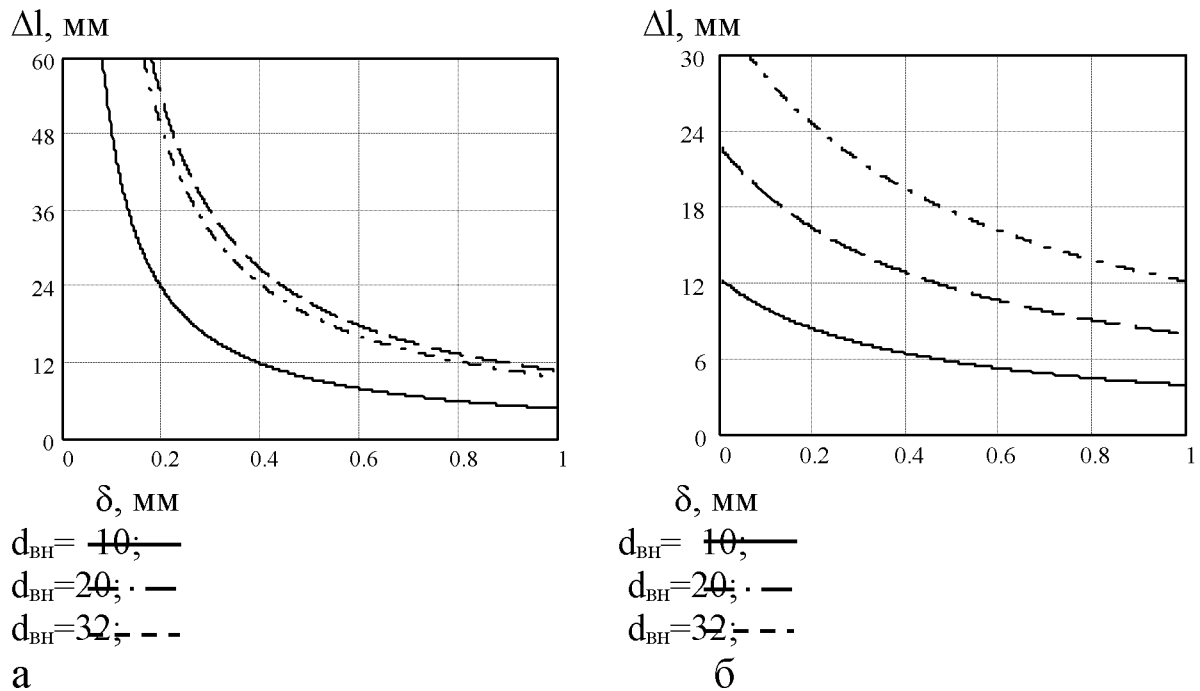


Рисунок 3.24 - Залежність зміни довжини РВТ від товщини металевих обплетень для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)

При збільшенні діаметру дроту зміна довжини РВТ зменшується, оскільки здебільшого саме металеве обплетення чинить опір деформаціям, але РВТ може втрати свою гнучкість, тому збільшити товщину металевих обплетень на значну величину неможливо.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

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

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

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

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців збо витратили 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.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Потрібні значні фінансові ресурси.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промислово-му комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі мат-еріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

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

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Сухоруков С.І.	Савуляк В. В.	Сердюк О.В
	Бали, виставлені експертами:		
1	1	2	2
2	1	2	1
3	3	3	3
4	2	3	3
5	4	4	3
6	1	2	2
7	2	3	3
8	2	4	3
9	1	2	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =35	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 35 + 33}{3} = 31$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Корпус», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд вітчизняних вантажних автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 60 000.

З метою прогнозування попиту визначимо ємність ринку обладнання. Для цього опрацювавши статистичні дані, прийmemo:

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 60 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $P_n=80\%$;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_n=80\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$P_i = P \cdot P_n / 100 [\text{шт}] \quad (4.1)$$

$$P_i = 60000 \cdot 80 / 100 = 48000 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ОП=Π_i/T[\text{шт}] \quad (4.2)$$

$$ОП=48000/4=12000 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП=ОП \cdot C_{п}/100 \text{ [шт]} \quad (4.3)$$

$$ПП=12000 \cdot 0,8=9600 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП=(ОП+ПП)/2 \text{ [шт]} \quad (4.4)$$

$$РП=(12000+9600)/2=10800 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки вантажні перевезення широко розповсюджені в нашій країні. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити) до іноземних вантажних автомобілів, що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

4.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію пристосування, безпосередньо від виробника;

Канал першого рівня може використовуватись у випадках встановлення постійного представництва виробника у регіонах (оптового дилера).

При цьому виробник передбачає надання послуг з гарантійного сервісного обслуговування протягом 6 місяців та навчання персоналу роботі із пристосування, і надання рекомендованих режимів роботи.

4.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні використовуються корпуси, в яких отвір не має поверхнево зміцненого шару. Тобто ця поверхня значно зношується і деталь або замінюють або ставлять втулки, що дає можливість ще деякий час експлуатувати машину. Але це вимагає додаткових затрат часу та коштів.

Нова розробка є кращою ніж аналог.

4.5 Обрання методу ціноутворення

Метод ціноутворення – це конкретний спосіб, прийом, сукупність послідовних дій щодо визначення та обґрунтування ціни конкретного товару. Розділення методів на групи є досить умовним і залежить від того, який чинник домінує при визначенні ціни і з якого починається її обґрунтування.

При обранні методу ціноутворення на пристрій для суміщеного обкочування слід урахувати конкуренцію на ринку. Конкуренцію даному пристрою можуть скласти лише закордонні аналоги.

Зважаючи на кращі параметри деталі ніж у аналога, пропонується продавати деталь за ціною дещо вищою, але зважаючи на кращі технічні параметри вона

залишитися конкурентоспроможною на ринку нашої країни та дозволить подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту				30%

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i$$

Де P_{Hi} - числове значення і-го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap}=9 \cdot 0,2+9 \cdot 0,3+6 \cdot 0,2+8 \cdot 0,3=8,1$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 4.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}$$

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

$$q_3=5,28/5,1=1,04$$

$$q_4=1,6/0,8=2,0$$

Таблиця 4.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Витрати часу на обробку	5,1 год	5,28год	1,04	50%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	50%

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{яв}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i$$

$$K_{\text{яв}} = 1,18 \cdot 0,2 + 1,17 \cdot 0,3 + 1,04 \cdot 0,2 + 2,0 \cdot 0,3 = 1,395$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 39,5%.

4.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

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

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕП}}$$

Де $I_{\text{ТП}}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{\text{ЕП}}$ - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{беі}}}$$

$P_{\text{беі}}$ $P_{\text{неі}}$ - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{ЕП}} = 2400 / 4000 = 0,6$$

$$K = 1,395 / 0,6 = 2,32$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (3.5)$$

де: M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = 9000 / 22 \cdot 20 = 8181,82 \text{ (грн).}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.3.

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.],} \quad (4.6)$$

Таблиця 4.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	9000	409,09	20	8181,82
2	Інженер-технолог	6000	272,73	20	5454,55
Всього					13636,37

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;
 n – число робіт по видах та розрядах, K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c = 1,37$ C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot T_{зм}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (4.7)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. $M_m = 6000$ грн. K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії, K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати. $K_c=1,37$ T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 23$, $T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Таблиця 4.7 - Витрати на основну заробітну плату для виготовлення однієї деталі

Обладнання	Трудомі- сткість годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати,грн
Свердильний з ЧПК	0,06	122,32	7,46
Багатоцільовий	0,18	122,32	21,87
Всього			29,33

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_1 = 8500 \cdot 29,33 = 249305 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 – 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = 0,11 \cdot (13636,37 + 249305) = 28924 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22 % від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(13636,37 + 249305 + 28924) \cdot 0,22 = 64210,38 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T_{ф.в.}}{T_{н.в.} \cdot 12}$$

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$ – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,211 год для однієї деталі, відповідно (з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,211 \cdot 10800 / (8 \cdot 30) = 9,5 \text{ місяців}$$

Для фрезерного верстата аналогічно:

$$0,108 \cdot 10800 / (8 \cdot 30) = 4,9 \text{ місяця}$$

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання, 12 років

Таблиця 4.8 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Свердлильний з ЧПК	350000	12	2,125	5164,931
Багатоцільовий	800000	12	6,375	35416,67
Всього				40581,6

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_B \text{ [грн.]}, \quad (3.8)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 2,25 кг, C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 8 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$. V_i – маса відходів i -го найменування, 0,58 кг, C_v – ціна відходів i -го найменування, 3 грн./кг. n – кількість видів матеріалів.

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь40Х і відповідно отримаємо:

$$M = 2,25 \cdot 8 \cdot 1,1 - 0,58 \cdot 3 = 18,06 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
СЧ18	8	2,25	0,58	3	18,06

А для всієї партії:

$$18,06 \cdot 8500 = 153510 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (.43.9)$$

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. У 2020 року $V = 2.14$ грн./кВт.

Π – установлена потужність обладнання, 12 кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності. $K_{\Pi} < 1$, приймаємо 0,8.

Таблиця 4.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Фрезерний з ЧПК	12	0,06	1,23
Багатоцільовий	10	0,18	3,69
Всього			4,92

А для всієї партії:

$$4,92 \cdot 8500 = 418,20 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу:

$$V_{\text{ін}} = (1 \dots 3) (3_o + 3_p) \quad (4.10)$$

$$V_{\text{ін}} = 2 \cdot (13636,37 + 249305) = 525882,7 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$V = 13636,37 + 249305 + 28924 + 64210,38 + 40581,6 + 153510 + 418,20 + 525882,7 = 1076468,25 \text{ (грн)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

Загальна вартість даної роботи визначається за $V_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (4.11)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 1076468,25 / 0,95 = 1133124,47 \text{ (грн.)}$$

передбачає прогнозування загальних витрат на розробку та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta \quad (4.12)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,5$.

Тоді:

$$ЗВ = 1133124,47 / 0,9 = 1259027.19 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання корпусана з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 125,90272 тис грн.

4.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 8500 шт. Середня ціна подібних деталей 4000 грн. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 2400 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2021 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2021-го, 2022-го, 2023-го та 2024-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 8500 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 10000 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 8000 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 6000 шт.

У 2025 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку Π_i , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (4.13)$$

де C_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $C_0 = 450$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

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

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

g – ставка податку на прибуток. $g = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (8500 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 65341 \text{ } 136 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (10000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 76871 \text{ } 925 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (8000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 61497 \text{ } 5,4 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (6000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 46123 \text{ } 155 \text{ (грн.)}$$

3.9 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (4.14)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \quad (4.15)$$

де Π_i – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

t – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції

в країні.

Для України приймемо, що $t = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{653411,36}{(1 + 0.1)^2} + \frac{768719,25}{(1 + 0.1)^3} + \frac{614975,4}{(1 + 0.1)^4} + \frac{461231,55}{(1 + 0.1)^5} = 1823984,52 \text{ (тис. грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{абс} = 1823984,52 - 1259027,19 = 564957,32 \text{ (тис. грн.)}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T]{1 + E_{абс} / PV} - 1 \quad (4.16)$$

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{абс} = 564,957$ тис.грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 1259,027$ тис. грн.;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 564/1259} - 1 = 0,56 = 56\%$$

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні $d = (0,20 \dots 0,27)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,2)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau \text{ мін} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } \tau \text{ мін} = 35\%$$

Оскільки величина $E_B = 56\% > \tau \text{ мін} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок} = 1/0,56 = 1,77$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку

4.10 Висновок

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на

автоматизацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (1,77 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

МКР 131 ТАМ

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Законодавство України щодо охорони праці встановлює єдині вимоги до роботодавців усіх рівнів щодо створення безпечних умов праці. Але на практиці ці вимоги здебільшого не виконуються, особливо на підприємствах малого та середнього бізнесу. Тиск, обумовлений конкуренцією, примушує багатьох роботодавців економити кошти на охороні праці і розглядати профілактику травматизму і охорону здоров'я працівників як додатковий бар'єр на шляху зниження собівартості продукції та збільшення прибутку.

Відсутність економічної зацікавленості суб'єктів господарювання щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці уповільнює реалізацію заходів щодо створення безпечних умов праці. Особливістю сьогодення є те, що на більшості підприємств та установ нові роботодавці вміло розпоряджаються фінансами, але не завжди з належною увагою ставляться до проблем, пов'язаних з безпекою трудової діяльності. Організація праці, при якій ігноруються умови безпеки та гігієни праці, підриває економічну ефективність підприємства, установи, організації, їх конкурентоспроможність і не може бути основою для стратегії сталого розвитку.

Управління охороною праці в умовах ринкової економіки має вирішувати соціальні та економічні завдання як на державному рівні, так і в межах окремого об'єкта господарювання. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні зростанню ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення її безпеки, зниження виробничого травматизму і захворюваності.

Метою кваліфікаційної роботи є пошук шляхів удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 16.25». На розробника відповідно до ГОСТ 12.0.003-74, мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень

електромагнітного випромінювання; пряма і відбита блискіть; підвищена яскравість; понижена контрастність; недостатня освітленість робочої зони.

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

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Використання ріжучого і деформуючого інструментів для комбінованої обробки плоских поверхонь деталей передбачає попередню розробку заходів безпеки для працівника з метою мінімізації ризиків на робочому місці.

Ризик отримання травми працівником значно підвищується, якщо він працює із обладнанням чи інструментами, які потребують особливої уважності при їх використанні. Одними з таких видів обладнання є електроінструменти. Вимоги безпеки під час роботи з електрифікованим інструментом визначені чинним НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом і пристроями», затвердженим наказом Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.12.2013 № 966. Ці вимоги є обов'язковими як для роботодавців, так і для працівників, які безпосередньо виконують роботи з цим інструментом і пристроями.

До роботи з електрифікованим інструментом допускають працівників, яким виповнилось 18 років та за результатами медичного обстеження вони не мають протипоказань для виконання цього виду робіт, які пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, мають групу допуску з електробезпеки не нижче II.

Керівник робіт та працівник повинні вміти оцінити характер і умови робіт, можливі чинники небезпеки. Адже згідно Орієнтовного переліку небезпек, при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці, затверджених наказом Міністерства соціальної політики України 29 листопада 2018 року № 1804, існують небезпеки для організму, спричинені фізичними факторами: підвищене значення електричної напруги, механічні ураження. Це потрібно зробити для визначення засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які необхідно буде

застосовувати. Якщо ЗІЗ не зазначені в Нормам безоплатної видачі ЗІЗ, але передбачені іншими нормативно-правовими актами з охорони праці (правилами, інструкціями з охорони праці тощо), вони мають бути видані працівникам залежно від характеру й умов робіт, що виконуються, на строк використання (носіння) – до зношення, але не більше граничного строку використання, який вказаний в сертифікаті (декларації) відповідності виробника. Усі ЗІЗ, які використовують працівники, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту засобів індивідуального захисту.

Також потрібно уважно ставитись до електрифікованого інструменту: інформація про те, до якої категорії належить ваш інструмент та який у нього ступінь захисту від пилу, бризок і т. ін., міститься в інструкції з його експлуатації (паспорті). Вимоги до робіт із застосуванням ручного електрифікованого інструменту містяться у Правилах безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Безпосередньо перед початком роботи необхідно перевірити:

- відповідність напруги і частоти струму електричної мережі до напруги і частоти струму електродвигуна електроінструмента, зазначених в паспортних даних;
- надійність закріплення робочого виконувального інструменту (свердел, абразивних кругів, дискових пил, ключів-насадок та ін.).

Забороняється працювати електроінструментом з приставних драбин. Під час роботи електродрилю предмети, що підлягають свердлінню, необхідно надійно закріплювати. Забороняється торкатись до різального інструменту, що обертається. Забороняється продовження робіт електроінструментом в разі найменших ознак його несправності, або якщо особа, що працює з ним, раптом відчує хоча б слабку дію електричного струму: в обох випадках робота має бути негайно припинена, а несправний електроінструмент зданий для перевірки і ремонту.

У електроінструмента не рідше одного разу на 6 міс. перевіряється опір ізоляції струмопровідних частин, про що має бути зроблено позначку на корпусі інструмента із зазначенням дати проведення останнього випробування.

Ручний електроінструмент може закріплюватися за працівниками дня індивідуальною або бригадного користування. Працівник, який поставив свій підпис

у Журналі видачі електрифікованого інструмента, автоматично бере на себе не тільки матеріальну відповідальність за його цілість, а й відповідає за його безпечну експлуатацію. Остання вимога стосується як працівника, за яким закріплено конкретний інструмент, так і інших осіб, що виконують роботи з цим інструментом.

Ризик отримання електротравми працівником потрібно виключити. Найбільш сучасним й ефективним засобом захисту працівників від ураження електричним струмом є пристрої захисного вимкнення (ПЗВ). Якщо інструмент підключити до лінії, захищеної встановленим на ній ПЗВ, то в разі будь-якого витoku струму із силою, у кілька разів меншою, ніж небезпечні для життя значення, відбувається знеструмлення лінії за менше ніж 0,1 сек.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Умови праці визначаються характером і важкістю роботи, яка виконується, а також параметрами навколишнього виробничого середовища. Плануючи робоче місце, виходять з того, щоб робітник протягом зміни не знижував встановленої продуктивності праці, витрачаючи мінімум фізичних зусиль, був захищений від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Важливе значення мають також робоча поза, темп і ритм виконуваної роботи. Виключаються статичні м'язові напруги і, як наслідок, профзахворювання (викривлення хребта, розширення вен, плоскостопість) при робочій позі, яка забезпечує розташування центру ваги тіла в межах площі опори.

У підрозділі розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії під час розробки маршруту механічної обробки.

5.2.1 Мікроклімат

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність чинить мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної

вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, що оточують людину, та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення.

Незважаючи на те, що параметри мікроклімату виробничих приміщень можуть змінюватись, іноді навіть значно, температура тіла людини залишається сталою (36,6 °С). Це досягається завдяки терморегуляції – властивості організму людини підтримувати тепловий баланс із навколишнім середовищем.

За енерговитратами робота дослідника під час розробки маршруту механічної обробки згідно Гігієнічної класифікація праці відноситься до категорії I б. Нормовані значення параметрів мікроклімату для цієї категорії у теплий період року наведені в табл.5.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99)

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

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

Оскільки в приміщенні немає джерел значного виділення тепла, для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено централізовану парова система опалення (для обігріву в холодну пору року) та система припливно-витяжної вентиляції. Крім того, здійснюється провітрювання через вікна.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Під час праці людина перебуває під дією цілого ряду факторів, які можуть викликати небажані наслідки. Шкідливі речовини, що виділяються в повітря робочої зони, змінюють його склад, у результаті чого він істотно може відрізнятись від складу атмосферного повітря. У виробничих умовах у повітря можуть виділятися тверді і

рідкі частки, а також пари і газу. Пари і газу утворюють з повітрям суміші, а тверді і рідкі частки –аеродисперсні системи –аерозолі.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 . Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони представленні у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

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

Нормативні рівні іонізації повітря у виробничих та громадських приміщеннях наведені в санітарних правилах і нормативах СанПіН 2.2.4.1294-03. Згідно з цим документом регламентують: мінімально допустимий рівень, максимально допустимий рівень, коефіцієнт уніполярності (табл..5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Для забезпечення складу повітря робочої зони використаюється система припливно-витяжної вентиляції, здійснюється систематичне вологе прибирання, в разі потреби – провітрювання.

5.2.3. Виробниче освітлення

Виробниче освітлення суттєво впливає на здоров'я та працездатність працівника. Часті зміни рівнів яскравості призводять до зниження зорових функцій, розвитку стомлення внаслідок переадаптації ока. Зорове стомлення, викликане напруженою роботою та частою переадаптацією, призводить до зниження зорової і загальної працездатності.

Природний процес зниження видимості під час адаптації зору може стати причиною травмування людини, яка у цей період втрачає здатність візуального контролю свого перебування в небезпечній зоні як на виробництві, так і в процесі життєдіяльності. Для наближення часу адаптації до нуля необхідно, щоб первинна і вторинна яскравості відрізнялися не більш ніж у 3-5 разів.

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

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

Норми освітленості, які необхідно забезпечити для виконання поставленого завдання, при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зазначені у таблиці 5.4:

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

5.2.4. Виробничий шум

У робітників, які мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає.

Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перетоми, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загубель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.

Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушує слух, до 120 дБ – призводить до фізичного болю, який може бути нестерпним. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10-15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення. Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A в приміщенні наведені у таблиці 5.5. (згідно ДСН 3.3.6.037-99).

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

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

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне розташування виробничого обладнання та дотримання рекомендованих режимів роботи та відпочинку.

5.2.5. Виробничі випромінювання

Робота дослідника під час розробки маршруту механічної обробки та аналітичного огляду відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва проводилася за допомогою ПК, то на робочому місці можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

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

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

5.2.6 Психофізіологічні фактори

До небезпечних та шкідливих психофізіологічних виробничих чинників належать фізичні (статичні, динамічні та гіподинамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове, зорове, емоційне).

Праця робітників науково-дослідних установ, які здійснюють розробку та проектування виробничих процесів, характеризується тривалою багатогодинною (8 год і більше) працею в одноманітному напруженому положенні, малою руховою активністю при значних локальних динамічних навантаженнях.

Робоче положення «сидячи» супроводжується статичним навантаженням значної кількості м'язів ніг, плечей, шиї та рук, що дуже втомлює. М'язи перебувають довгий час у скороченому стані і не розслабляються, що погіршує кровообіг. В результаті виникають больові відчуття в руках, шиї, верхній частині ніг, спині та плечових суглобах. Внаслідок динамічного навантаження на кістково-м'язовий апарат кистей рук виникають больові відчуття різної сили в суглобах та м'язах кистей рук; оніміння та уповільнена рухливість пальців; судоми м'язів кисті; ниючий біль в ділянці зап'ястя.

Крім того, така трудова діяльність належить до категорії робіт, які пов'язані з використанням великих обсягів інформації, із застосуванням комп'ютеризованих робочих місць, із частим прийняттям відповідальних рішень в умовах дефіциту часу, безпосереднім контактом із людьми різних типів темпераменту тощо. Це зумовлює високий рівень нервово-психічного перевантаження, знижує функціональну активність центральної нервової системи, призводить до розладів в її діяльності, розвитку втоми, перевтоми, стресу.

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

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

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

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

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

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

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

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

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

Сенсорні навантаження:

– зосередження (% за зміну) – до 5-75%;

– щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

– навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

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

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

Емоційне навантаження:

ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Режим праці:

– тривалість робочого дня – більше 8 год;

– змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

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

5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань

5.3.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи.

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові

електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т.д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеній на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8 - 150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металевої сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих долей до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до долей Ом.

5.3.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення потужності дози в

умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз структурної та електричної схем системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, конденсатори, мікросхеми, випрямлячі, магнітні матеріали, транзистори, діоди, резистивні елементи, діелектричні матеріали, індуктивні елементи та напівпровідники.

Довідникові дані про граничні значення доз іонізуючого випромінювання для системи ЧПК [] наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6. – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для елементів системи ЧПК

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр.i}$, Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК, $D_{гр}$, Р
Індуктивні матеріали	10^6	10 ⁴
Інтегральні схеми	10^4	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^5$	
Резистивні елементи	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	10^{10}	
Транзистори, діоди	10^4	
Мікросхеми	10^5	
Випрямлячі	10^6	
Магнітні матеріали	10^{10}	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	

За довідниковими даними граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає $D_{гр}=10^4$ Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання можна визначити за формулою

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 5}{2(\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 167,5 \text{ (Р/год)},$$

де $t_n=1$, $t_k=10 \text{ років}=87601 \text{ год}$ – відповідно, час початку і кінця роботи системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{noc} = 5$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Отже можна зробити висновки про те, що область працездатності системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань визначена потужністю експозиційної дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год.

..3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії електромагнітних випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

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

де U_D – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ – напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах, В.

Оскільки працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань буде збережено, коли $K_B \geq 40$ дБ, то розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що $K_{Bmin} = 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення в системі ЧПК дорівнює

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 18 + \frac{18}{100} \cdot 5 = 18,9 \text{ (В)},$$

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

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

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить $l_{\Gamma} = 0,65 \text{ м}$.

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

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,9}{100} = 0,189 \text{ (В)}.$$

Таким чином вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,189}{0,65} = 0,3 \text{ (В/м)}.$$

Отже область працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітного випромінювання визначена вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання ділянки механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань область її працездатності визначена потужністю дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи серійність виробництва та сучасні тенденції, запропонований технологічний процес орієнтований на використання гнучкого виробництва на базі верстатів з ЧПК.

Отже, в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, був визначений тип виробництва – дрібносерійний і форма організації робіт – групова. Проведений аналіз технологічності деталі, а саме якісний аналіз конструкції деталі, аналіз деталі на основі коефіцієнтів уніфікації, точності і шорсткості. Запропоновано спосіб виготовлення заготовки методом лиття в піщано-глинисті форми. Розроблений маршрут механічної обробки деталі з використанням сучасних досягнень у машинобудуванні. Також проведений розмірний аналіз деталі, в якому були призначені припуски на заготовку, режими різання. Був проведений розрахунок режимів різання і визначення норм часу на обробку деталі. Проектування дільниці механічної обробки деталі полягає у розрахунку приведеної програми випуску, визначення необхідної кількості верстатів -3, їх завантаження (середній коефіцієнт завантаження 53%), а також визначення необхідної кількості робітників (3 основних робочих).

Крім того на основі методики визначення жорсткості металевих обплетень РВТ встановлено вплив конструктивних параметрів на жорсткість елементів його конструкції та на жорсткість РВТ в цілому, досліджено вплив конструктивних параметрів РВТ на зміну його довжини .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.:Техніка.1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн.3. 2010.№ 10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликками. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

10.Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: Тул ГУ. – 2004. – С. 150-156

11.Сухоруков С. И. Влияние параметров разбиения конечно-элементной модели на точность результатов моделирования процесса поперечно-клиновой прокатки / С. И. Сухорков, И. О. Сивак, Е. И. Коцюбивская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.

12.Смелянський Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластичним деформуванням: монографія / В.М. Смелянський. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

13. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).

14.. Огородніков В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородніков, В. Г. Нагайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

15.Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.

16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва»/ Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський. –Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.

17. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни " Механоскладальні ділянки та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.

18. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. — [Чинний від 1987-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 53 с.

19. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Літі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
20. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа». 1999.—247 с.
21. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.
22. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.
24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.
27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
29. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991

30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.
31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.
34. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.
35. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>. Назва з екрану.
36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.
37. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.
38. Рукавные технические изделия. Каталог-справочник / Аигина А.И., Клееберг Н.В., Семиверстова М.В., Сухарев А.Г., Шляхман А.А., - М.: ЦНИИТ Энефтехим, 1974. – 127 с.
39. Дусанюк С.В. Класифікація РВТ// Промислова гідравліка і пневматика – 2004-№3- С. 38-43
40. Felsenburg V.Chem. Obsor., 1958, v.13, №2, p. 28-33
41. Лепетов В.И. Расчеты и конструирование резиновых технических изделий – М.: Машиностроение, 1974 – 407 с.

42. Немировский И.А., Дусанюк Ж.П., Гунько И.В. Динамические характеристики рукавов высокого давления.// Сб.: Гидропривод и гидропневмоавтоматика.-1988- Вып.23 – С. 69-73

43. Дусанюк Ж.П. Влияние упругих свойств рукавов высокого давления на волновые процессы в силовом контуре гидропривода.// Сб.: Гидропривод и гидропневмоавтоматика – 1990- Вып. 23 – С. 86-90

44. Дусанюк Ж.П. Волновые процессы в гидросистемах с нелинейными упругими свойствами трубопровода. Дисс. Канд. Техн. Наук. – Винница, 1990. – 255с.

45. Немировский И.А., Снисарь Н.Г. Расчет гидроприводов технологических машин. – Киев.: Техніка, 1992. –181с.

46. Савуляк В.І., Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В. Математичне моделювання та імітаційні дослідження статичних характеристик рукавів високого тиску. /Вибрации в техники и технологиях. Всеукраїнський науково-технічний журнал –1998 - №1. – С. 44-47

47. Дусанюк Ж.П., Савуляк В.І., Дусанюк С.В. Динамічні процеси в стінках рукавів високого тиску під впливом хвилі тиску./Вибрации в технике и технологиях. Труды III Международной научно-технической конференции – Евпатория, 1998. – С.109-113

48. Дусанюк С.В. Оптимізація конструкцій та динамічних характеристик рукавів високого тиску гідроприводів технологічних машин. Магістерська дисертація – Вінниця: ВДТУ, 1999 – 68с.

49. Сомов Д.О. Модуль об'ємної пружності оболонок високого тиску з металевим обплетенням/ Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком “Інженерна механіка”) випуск 3. – Луцьк, 1996. – С. 147-154

50. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.:Наука, 1973.-563 с.

51. Муляр Ю.І., Глушич В.О., Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В. Експериментальні дослідження довговічності рукавів високого тиску //Вибрации в технике и технологиях. –2002.-№2.–С. 34-38

52. Карватко О.В. Математичне моделювання пружних переміщень обплетень рукавів високого тиску // Тези студентських доповідей – Вінниця, 2003 – с.

53. Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, О.В. Карватко Імітаційні дослідження впливу параметрів рукава високого тиску на його жорсткість // Вісник ВПІ – 2004 - №3 – С. 80-84

54. Карватко О.В. Пружні переміщення обплетень рукавів високого тиску в радіальному і осьовому напрямках // Тези студентських доповідей – Вінниця, 2004. – с.

55. Карватко О.В. Установка для статичних випробувань рукавів високого тиску // Тези студентських доповідей – Вінниця, 2004 – с.

56.25 Ж.П. Дусанюк, О.В. Карватко Дослідження деформації рукавів високого тиску в осьовому напрямку // Промислова гідравліка і пневматика

57. 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_pnaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

58. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

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

60. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

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

62. СанПіН 2.2.4.1294-03 «Фізичні фактори виробничого середовища. Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.ionization.ru/issue/iss5.htm>

63. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

64. 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>

65. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>

66. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони прані під час роботи з інструментом і пристроями»,

МІКР 137 ТАМ

Додатки

МКР 131 ТАМ

Додаток А

Технічне завдання
МКР 737 ТАМ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Модернізація виробництва деталей автомата дозувально-наповнювального
 Б4-КДН-16
 Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу
 «Корпус 1625»
 08-26.МКР.006.00.000 ПЗ

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19мз
 спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Кулик Я.В. _____

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Корпус 16.25» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Корпус 16.25».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів ріжучого інструменту та режимів обробки та вибір найбільш оптимального.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	10.04	10.05	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	10.04	10.05	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.04	30.05	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.05	18.05	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.05	20.05	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.05	30.05	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Доложенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

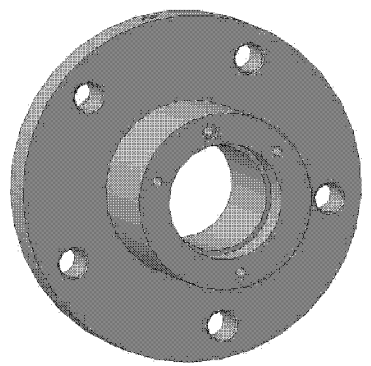
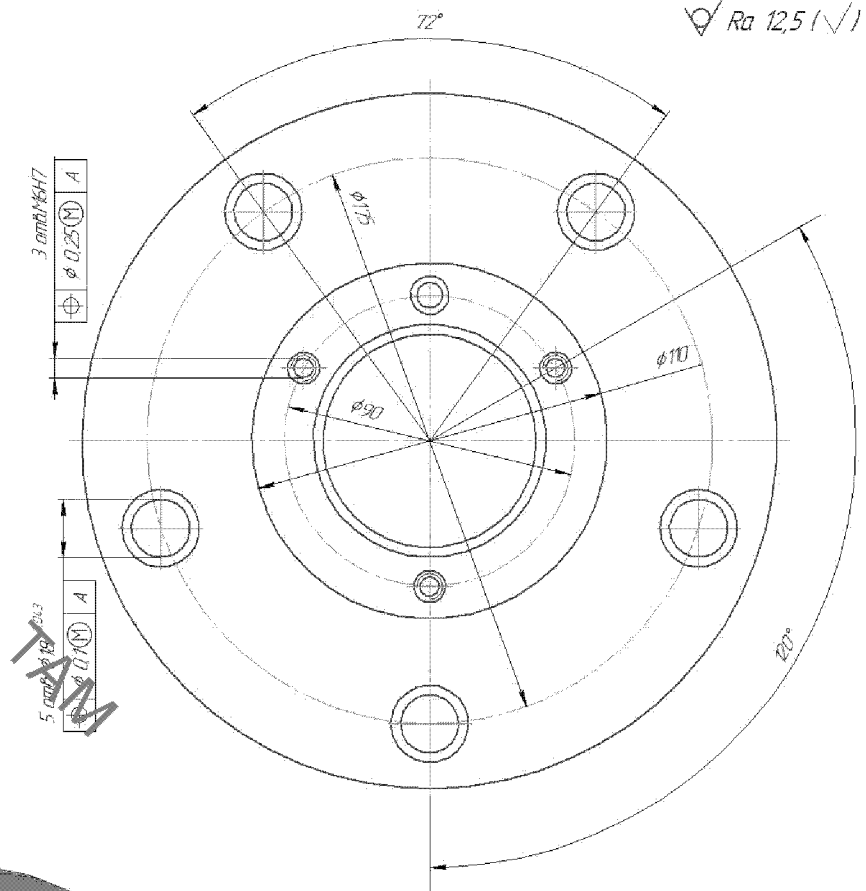
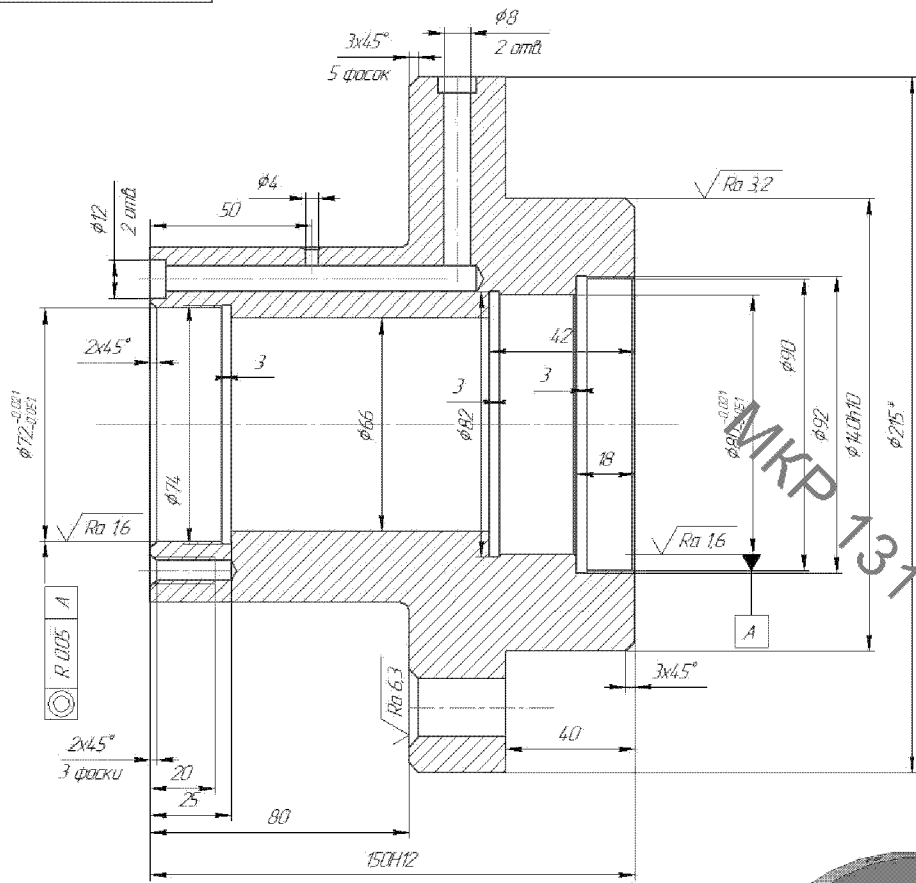
9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом Відсутні.

Додаток Б

Графічна частина
МКБ 131 ТАМ

08-26.MKP.006.00.001

Ra 12,5 (✓)

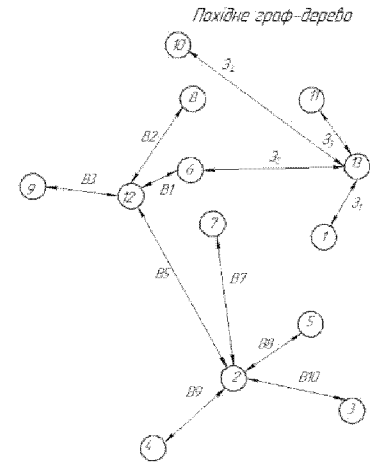
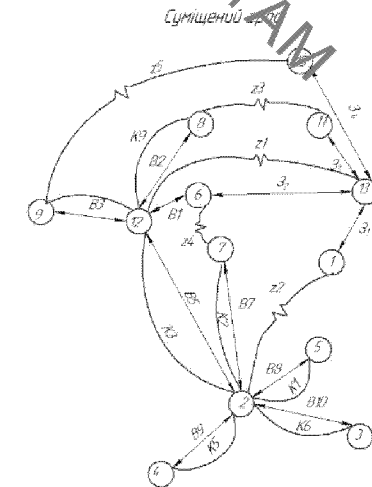
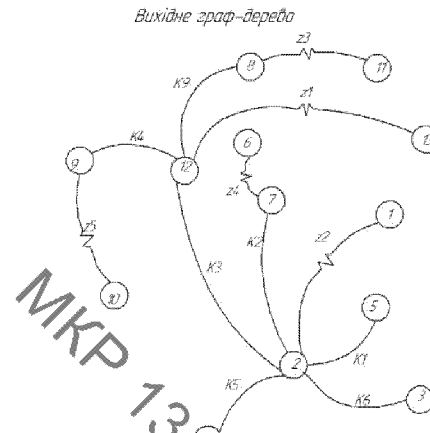
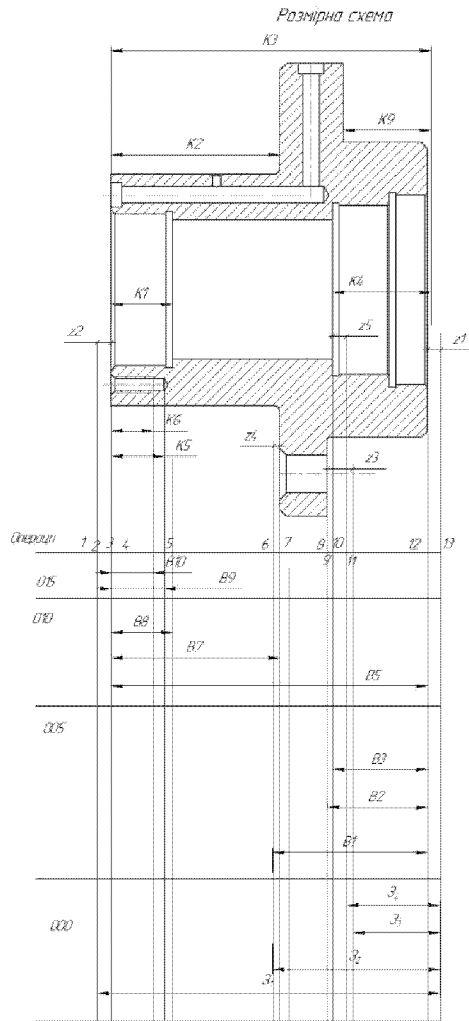


1. Вилибок III класу точності
2. Ливарні нахили 1°
3. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, ±ITK
4. Радіуси заокруглень 2 мм max

Листів: 1
 Сторінка №: 1
 Всього листів: 1
 Листів у збірці: 1
 Лист №: 001

				08-26.MKP.006.00.001		
Імені Лист	№ Версії	Листів	Листів	Лист	Маса	Кількість
Розроб	Кучук Я.		1/16.21	Корпус 16.25	3,94	11
Дороб	Севідок О.В.		1/16.21			
Інженер				Лист		Листів 1
Проєкт						
Інженер	Севідок О.В.			СЧ 18 ГОСТ 14.12-85		ВНТУ, 11М-19М
Мод	Козуб Д.Г.					
				Копіювальник	Формат А3x2	

Розмірний аналіз технологічного процесу



Таблиця 1 - Мінімальні припуски

Припуски	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Z _{сум}	0,8	0,8	0,8	0,8

Таблиця 2 - Рівняння розмірних технологічних зв'язків

№ рівняння	Розв'язкове рівняння	Початкові рівняння	Розмір, що визначається
1	B3 - K4 = 0	B3 - K4	B3
2	B2 - K9 = 0	B2 - K9	B2
3	B9 - K5 = 0	B9 - K5	B9
4	B8 - K1 = 0	B8 - K1	B8
5	B7 - K2 = 0	B7 - K2	B7
6	B5 - K3 = 0	B5 - K3	B5
7	B10 - K6 = 0	B10 - K6	B10
8	B1 - B5 + B7 - z ₁ = 0	B1 - B5 - B7 + z ₁	B1
9	B1 - z ₁ + z ₂ = 0	z ₁ = B1 + z ₂	z ₁
10	z ₁ - z ₂ - B3 + z ₃ = 0	z ₁ = z ₂ + B3 - z ₃	z ₁
11	z ₁ - z ₂ - B2 + z ₂ = 0	z ₁ = z ₂ + B2 - z ₂	z ₁
12	z ₁ - z ₂ + z ₃ - B7 - z ₂ = 0	z ₁ = z ₂ - z ₃ + B7 + z ₂	z ₁

Таблиця 3 - Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допусків

Позначення розміру	Технологічний розмір		Допуск	Базисний розмір	Значення розміру у технологічному зв'язку	Значення розміру на кресленні (максимальний/мінімальний)
	Максимальний	Мінімальний				
Z ₁	151,6	155,6	4	153,1		152,1±0,2
Z ₂	126,6	130,6	3,2	128,2		127,2±0,4
Z ₃	41,6	44,8	3,2	45,2		43,2±1,6
Z ₄	42,4	35,6	3,2	44		44,0±0,4
B ₁	55,8	56,1	0,3	55,95	55,95±0,02	
B ₂	40	42,25	0,25	41	40±0,1	
B ₃	42	42,25	0,25	42	42±0,1	
B ₄	149,5	150,5	1,0	150	150±0,5	
B ₅	95	95,35	0,35	95	95±0,2	
B ₆	25	25,21	0,21	25	25±0,1	
B ₇	25	25,14	0,14	25	25±0,1	
B ₈	26	26,14	0,14	26	26±0,1	

Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

Таблиця 1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{з.і}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{о.і}$	$\eta_{о.сер.}$
005-010	Токарна з ЧПК	0,8789	1	0,878	0,547	0,659	0,621
015-020	Вертикально-свердлильна	0,215	1	0,215		0,583	

Таблиця 2 – Відомість працюючих на ділянці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	2	Оператор – 1 Оператор – 1	1 (I зміна); 1 (III зміна) 1 (I зміна); 1 (II зміна)
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,5 ставки Наладчик – 0,5 ставки	0,5 (I зміна) 0,5 (I зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,5 ставки Майстри – 0,5 ставки	0,5 (I зміна) 0,5 (I зміна)
Службовці	0,1	Бухгалтер – 0,1 ставки на ділянці	0,1 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	0,2	Прибиральник – 0,2	0,1 (I зміна); 0,1 (III зміна)
Загальна кількість	4,3		

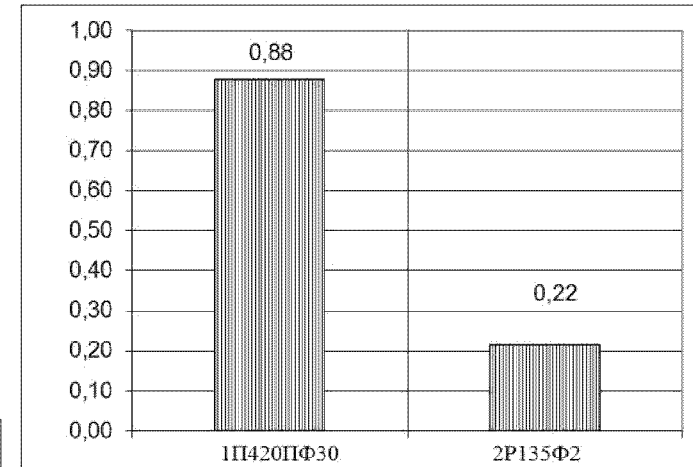


Рисунок 1 – Графік завантаження верстатів

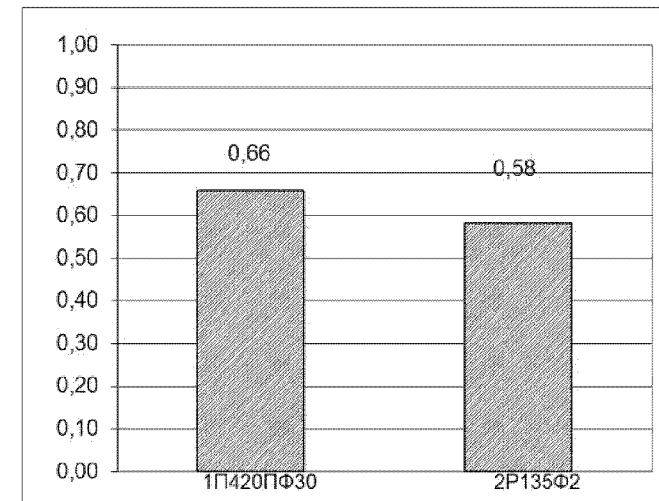


Рисунок 2 – Графік використання верстатів за основним часом

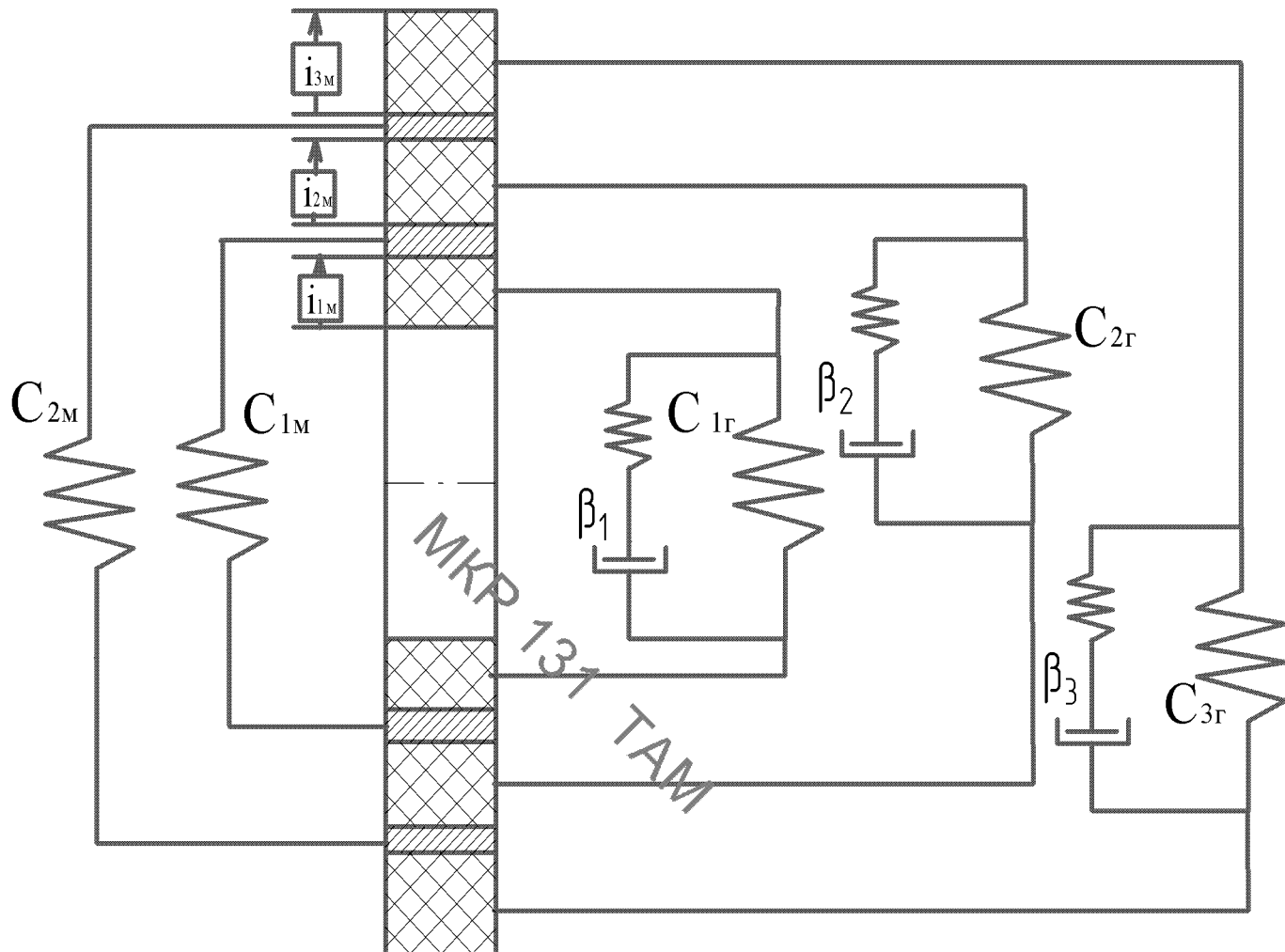
Маршрут механічної обробки

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
005	<p><u>Точило з ЧК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити та закріпити заготовку Точити поверхню 4, фаску 5, обдирати 2 поперечно в розмір $\varnothing 94,9561-0,044$ токарю 3 по поверхню 1 по контуру задня ескіза Точити остаточно поверхню 2 задня ескіза Розточити фаску 6 поверхню 5 в розмір задня ескіза поверхню 6 поперечно в розмір $\varnothing 79,465$, поверхню 9 однократно в розмір $\varnothing 62,942$ Розточити канавку 7 та 8 в розмірі задня ескіза Розточити поверхню 6 попередню в розмір $\varnothing 79,127$ Розточити поверхню 6 остаточно в розмір задня ескіза Зняти заготовку 	<p>Наказані граничні відхилення розмірів отворів Н/В, інші $\pm 0,05$</p>	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК 174.207Ф30</p>
010	<p><u>Точило з ЧК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити та закріпити деталь Точити поверхню 3 фаску, поверхню 1 2 поперечно по контуру задня ескіза Розточити фаску отвору 4 поперечно в розмір $\varnothing 71,5214-0,031$ 5 однократно по контуру задня ескіза Розточити отвору 4 поперечно в розмір $\varnothing 71,749$ Розточити канавку 6 відповідними розмірами задня ескіза Розточити отвору 4 остаточно в розмір задня ескіза Зняти деталь 	<p>Наказані граничні відхилення розмірів отворів Н/В, інші $\pm 0,05$</p>	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК 174.207Ф30</p>

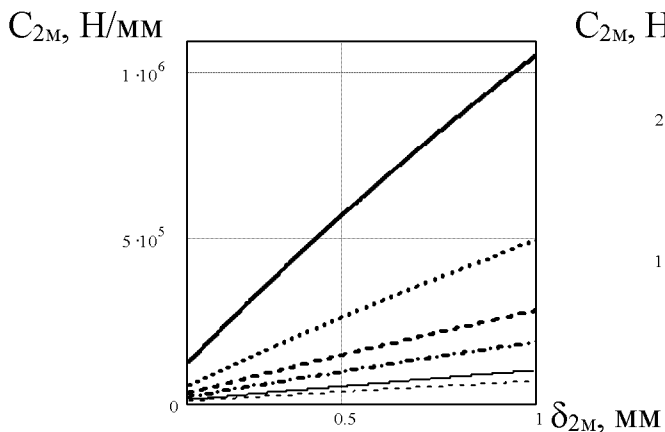
Маршрут механічної обробки

№ Операції	Назва операції та зміст переходів	Операційний ескіз	Тип і модель обладнання
015	<p>Обробляється з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити на верстатку деталь 2. Центрувати 5 отвірів 1, 3 отвіри 2, 4 отвіри 3 3. Свердлити 5 отвірів 1 в розмір $\Phi 12,7$ 4. Розвідати 5 отвірів 6 отвіри 1 за допомогою ескіза 5. Розвідати 5 отвірів 1 6. Розвідати 5 отвірів 1 в розмірі за допомогою ескіза 7. Свердлити 3 отвіри 2 діаметром $\Phi 5$ 8. Розвідати 3 фаски 6 отвіри 2 за допомогою ескіза 9. Нарізати 3 різьби отвіри 2 в розмірі за допомогою ескіза 10. Свердлити отвір 3 в розмірі за допомогою ескіза 11. Свердлити отвір 3 в розмірі за допомогою ескіза 12. Зняти деталь 	<p>Неможливо зобразити відхилення розмірів отвірів 1 та 2, мм $\pm 0,02$</p>	<p>Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р132Ф2</p>
020	<p>Обробляється з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити на верстатку деталь 2. Центрувати отвір 1 та отвір 2 3. Свердлити отвір 1 в розмірі за допомогою ескіза 4. Свердлити отвір 2 в розмірі за допомогою ескіза 5. Свердлити отвір 2 в розмірі за допомогою ескіза 6. Зняти деталь 	<p>Неможливо зобразити відхилення розмірів отвірів 1 та 2, мм $\pm 0,02$</p>	<p>Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2Р132Ф2</p>

МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБПЛЕТЕНЬ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

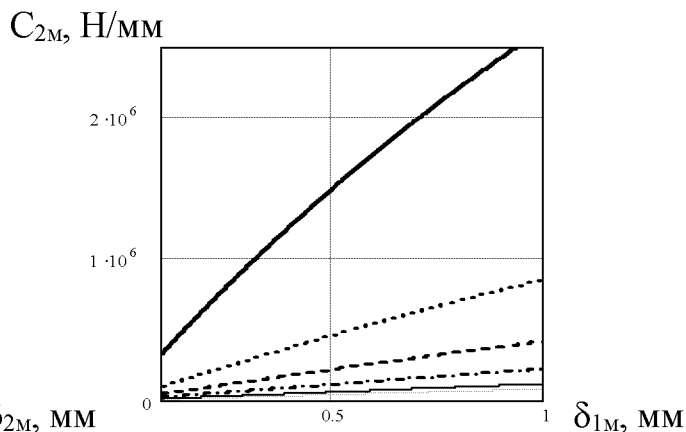


Реологічна модель РВТ з подвійним металевим обплетенням



— $d_{BH}=4$; - · · · · $d_{BH}=22$;
 · · · · · $d_{BH}=10$; — $d_{BH}=32$;
 - - - $d_{BH}=16$; - - - - $d_{BH}=40$.

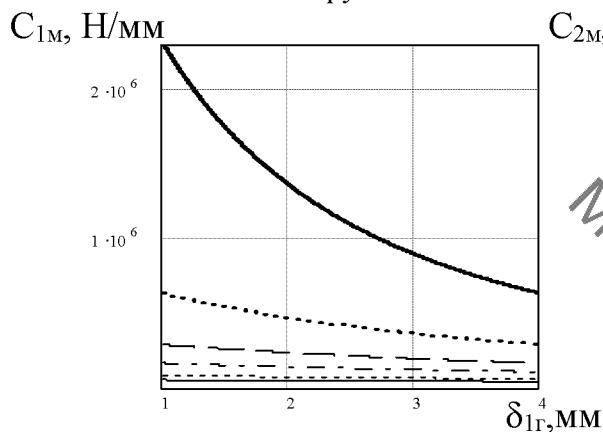
(a)



- - - $d_{BH}=4$; — $d_{BH}=22$;
 - - - $d_{BH}=10$; - - - $d_{BH}=32$;
 - - - $d_{BH}=16$; — $d_{BH}=40$.

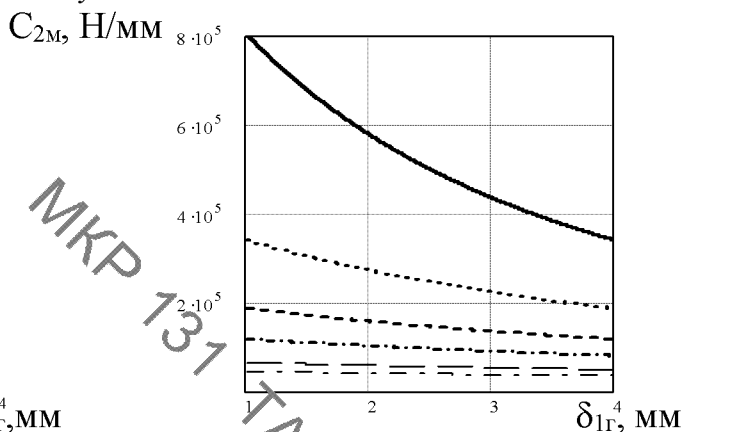
(б)

Залежність жорсткості другого металевго обплетення від товщини першого (а) та другого (б) металевих обплетень рукава високого тиску



— $d_{BH}=4$; - · · · · $d_{BH}=22$;
 · · · · · $d_{BH}=10$; - - - $d_{BH}=32$;
 - - - $d_{BH}=16$; — $d_{BH}=40$.

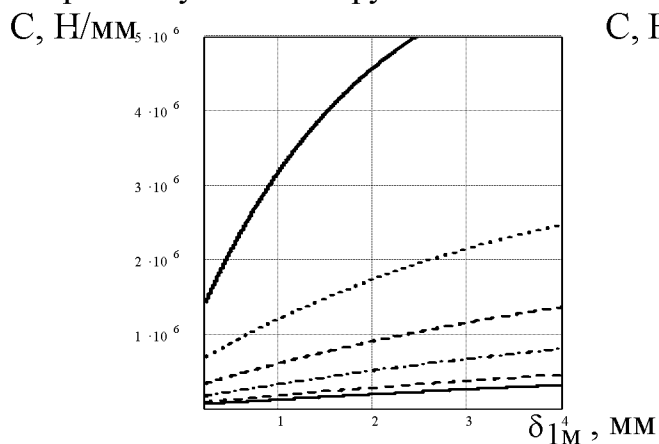
(a)



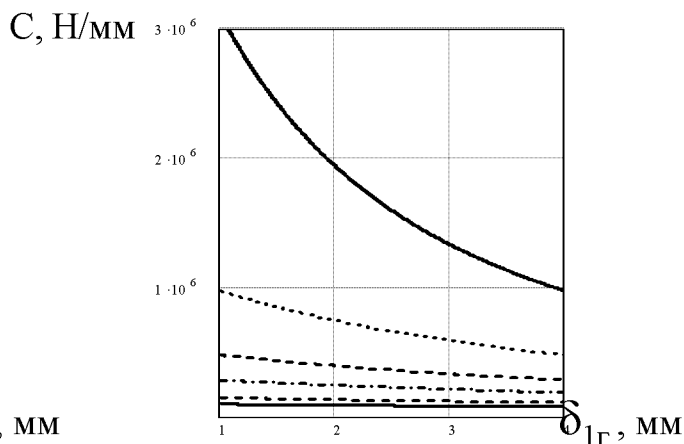
— $d_{BH}=4$; - · · · · $d_{BH}=22$;
 · · · · · $d_{BH}=10$; - - - $d_{BH}=32$;
 - - - $d_{BH}=16$; - · · · · $d_{BH}=40$.

(б)

Залежність жорсткості першого (а) та другого (б) металевих обплетень від товщини першого гумового шару

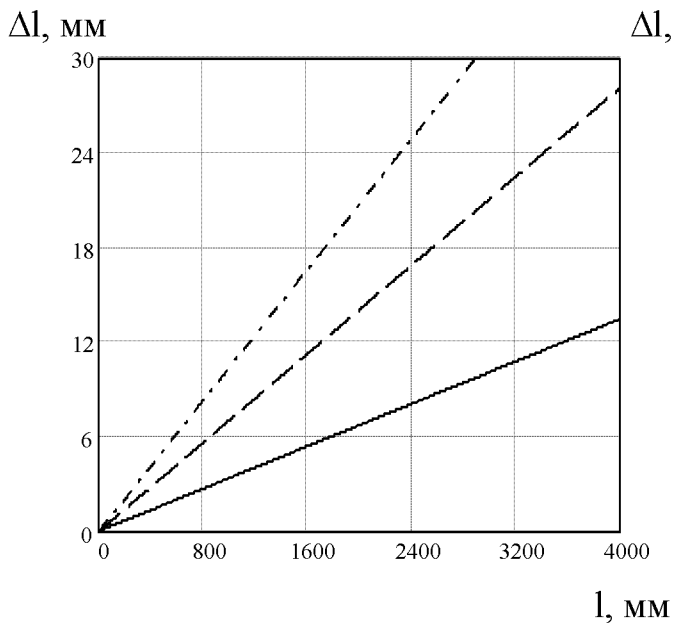


— $d_{BH}=4$; — $d_{BH}=22$;
 - · · · $d_{BH}=10$; - - - $d_{BH}=32$;
 - - - $d_{BH}=16$; · · · · · $d_{BH}=40$.

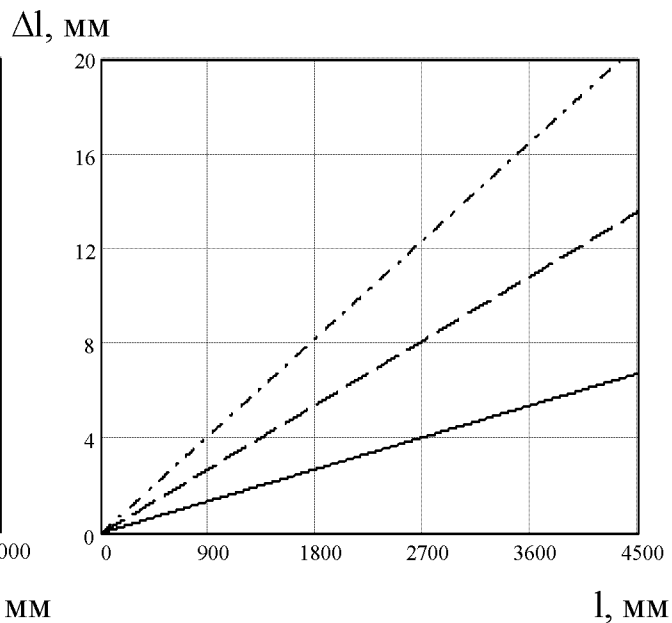


— $d_{BH}=4$; - · · · $d_{BH}=22$;
 · · · · · $d_{BH}=10$; - - - $d_{BH}=32$;
 - - - $d_{BH}=16$; — $d_{BH}=40$.

Залежність жорсткості РВТ з двома металевими обплетеннями від товщини металевго обплетення (а) та від товщини внутрішнього гумового шару (б)

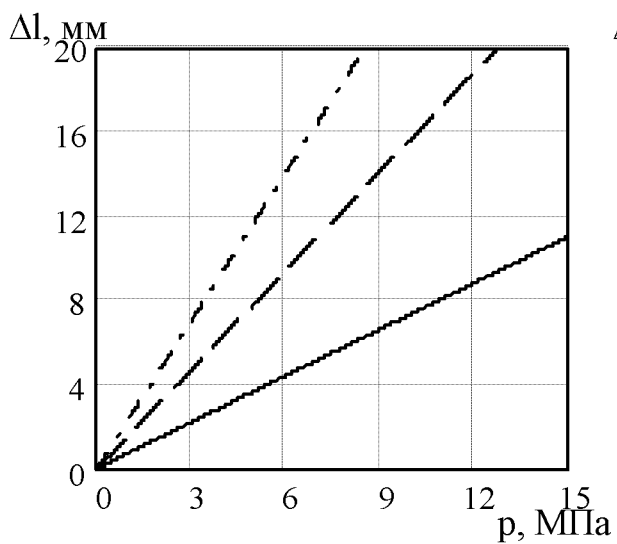


— $d_{\text{BH}}=10$;
 - · - $d_{\text{BH}}=20$;
 - - - $d_{\text{BH}}=32$;
 (а)

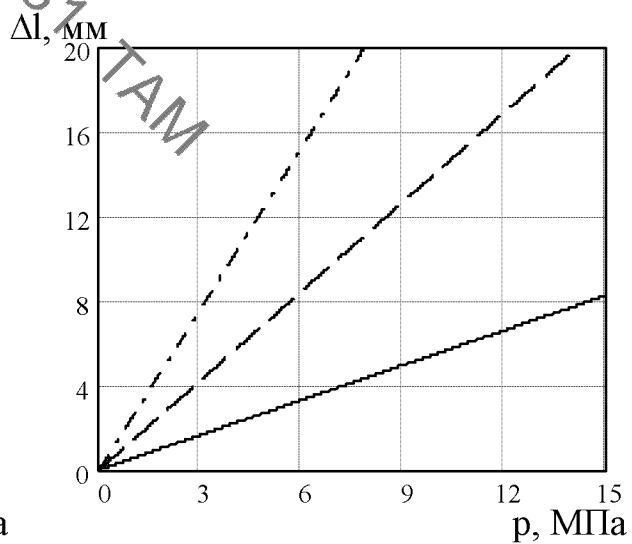


— $d_{\text{BH}}=10$;
 - · - $d_{\text{BH}}=20$;
 - - - $d_{\text{BH}}=32$;
 (б)

Залежність зміни довжини РВТ від його довжини для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)

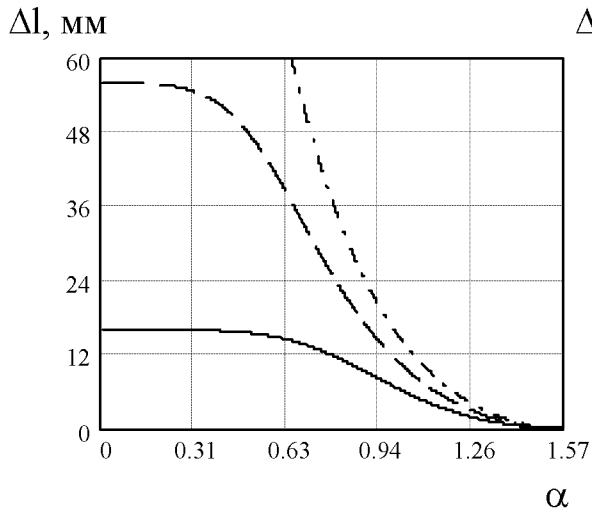


— $d_{\text{BH}}=10$;
 - · - $d_{\text{BH}}=20$;
 - - - $d_{\text{BH}}=32$;
 (а)

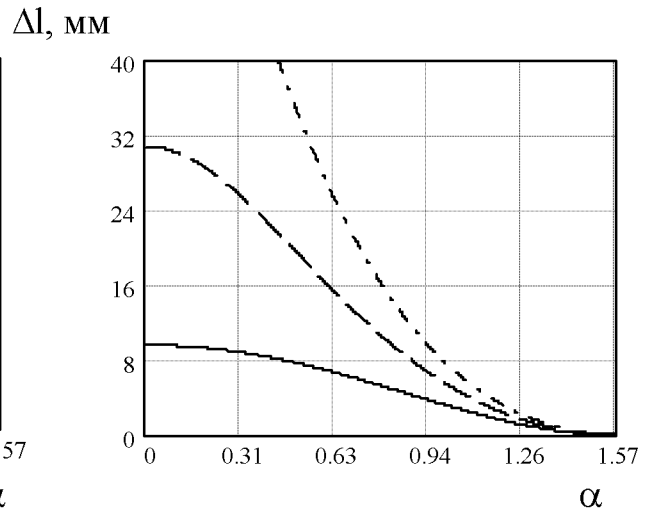


— $d_{\text{BH}}=10$;
 - · - $d_{\text{BH}}=20$;
 - - - $d_{\text{BH}}=32$;
 (б)

Залежність зміни довжини РВТ від зміни тиску в порожнині для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)

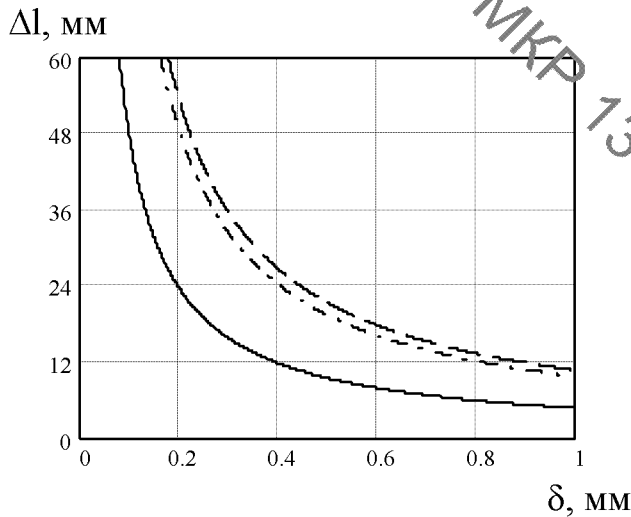


— $d_{BH}=10$;
 - · - $d_{BH}=20$;
 - - - $d_{BH}=32$;
 а

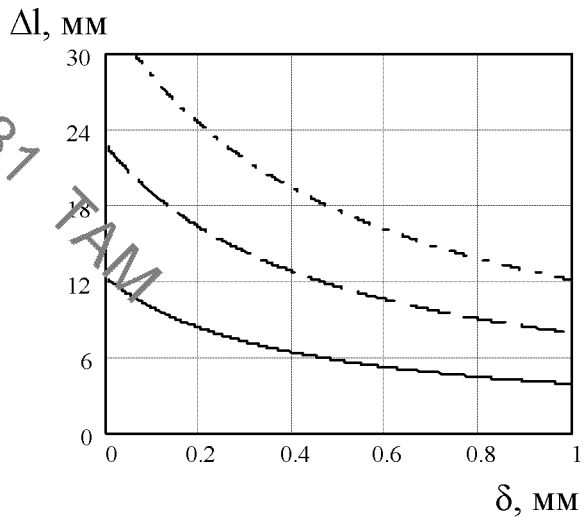


— $d_{BH}=10$;
 - · - $d_{BH}=20$;
 - - - $d_{BH}=32$;
 б

Залежність зміни довжини РВТ від кута навивання дроту для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)



— $d_{BH}=10$;
 - · - $d_{BH}=20$;
 - - - $d_{BH}=32$;
 а



— $d_{BH}=10$;
 - · - $d_{BH}=20$;
 - - - $d_{BH}=32$;
 б

Залежність зміни довжини РВТ від товщини металевого обплетення для конструкції з одним металевим обплетенням (а) та з подвійним металевим обплетенням (б)