

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 технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі  
типу «Корпус В.24»

08-26.МКР.007.00.000 ПЗ

МКР 131 ТАМ

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

Перетяжко Р.О. \_\_\_\_\_

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

Переляжко Роман Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Модернізація виробництва деталей автомата дозувально-наповнювального Б4-КДН-16 Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус В.24»

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 В.24 (додаток А)  
Матеріал СЧ 15 ГОСТ 1412-79  
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 \_\_\_\_\_

Перетяжко Р.О.

Керівник МКР \_\_\_\_\_

Сердюк О.В.

## АНОТАЦІЯ

Перетяжко Р.О.. Модернізація виробництва деталей автомата дозувально-наповнювального Б4-КДН-16 Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус В.24» – 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 В.24, 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 ділянка механічної обробки; розроблена програма для верстата з ЧПУ; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки, досліджено рукави високого тиску. Розроблена графічна частина.

## ABSTRACT

Peretyazhko RO. Modernization of production of details of the automatic machine of dosing and filling B4-KDN-16. 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 B.24 were calculated, namely: the analysis of the design and manufacturability of the part, the method of manufacturing the workpiece was chosen, operations, 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 site 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.

MIKO 137 TAM

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ КОРПУС	11
1.1 Дозувально-наповнювальний автомат Б4-КДН-16	11
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	89
3.1 Розрахункова схема РВТ	89
3.2 Визначення статичного коефіцієнта податливості	91

3.3 Дослідження залежності статичного коефіцієнта податливості від конструктивних параметрів РВТ	95
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	105
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	106
4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення	108
4.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування	110
4.4 Виявлення основних конкурентів	112
4.5 Обрання методу ціноутворення	116
4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення	122
4.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення	124
4.8 Прогнозування витрат на виконання роботи	128
4.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	132
4.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	138
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	130
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	130
5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	135
5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 16.25» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань	140
ВИСНОВКИ	146
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	147
ДОДАТКИ	155

## 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 В24» 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 В24»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус В24»;
- 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 В24».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус В24»; 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.

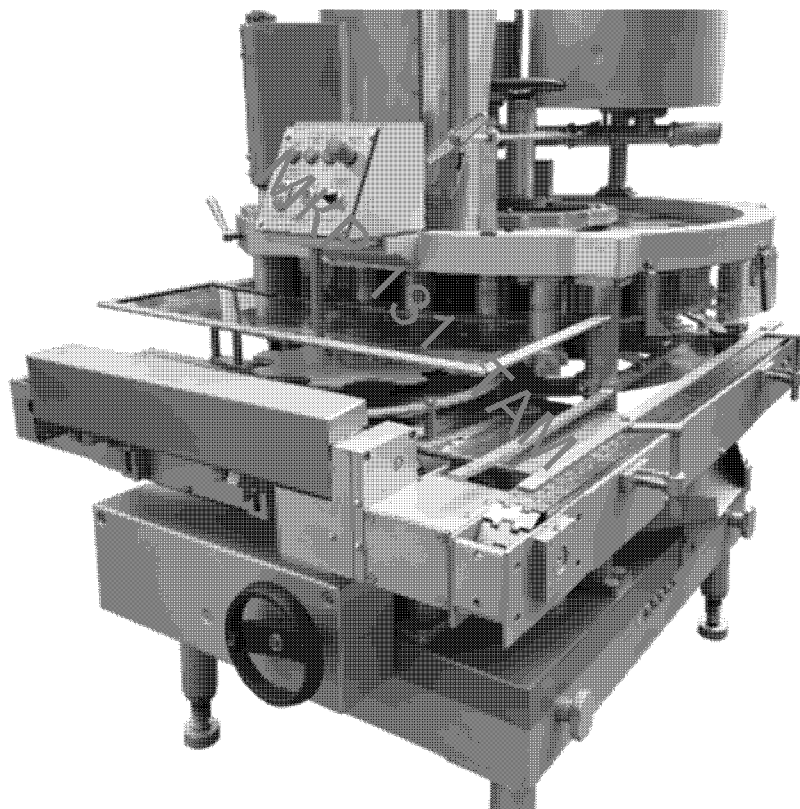


Рисунок 1.1 - Дозувально-наповнювальний автомат Б4-КДН-16

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

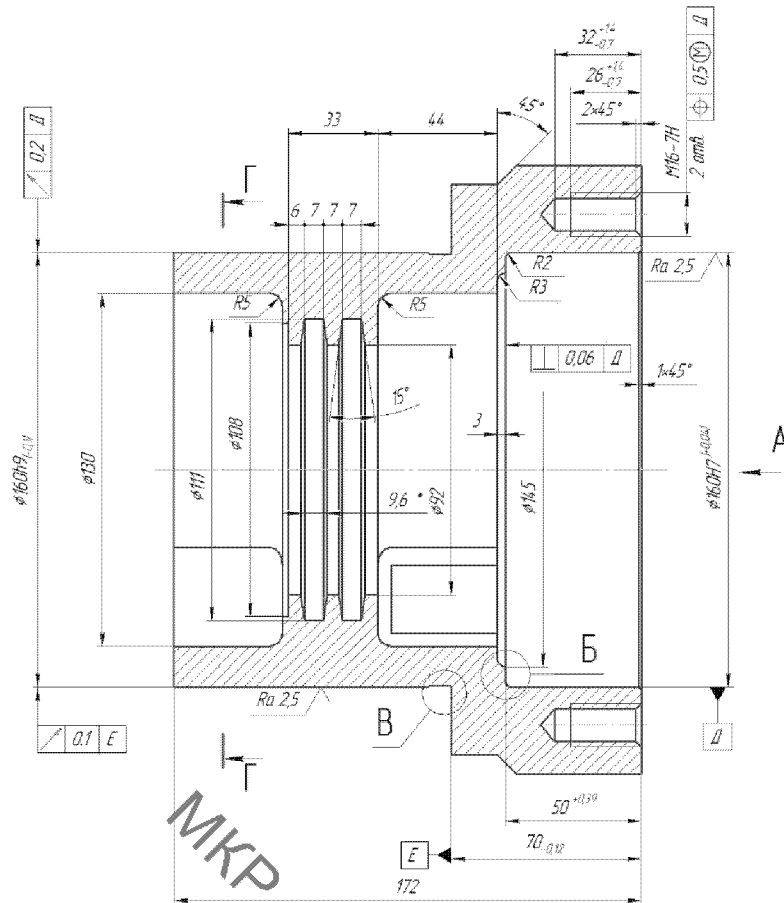


Рисунок 1.2- Корпус В.24

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.

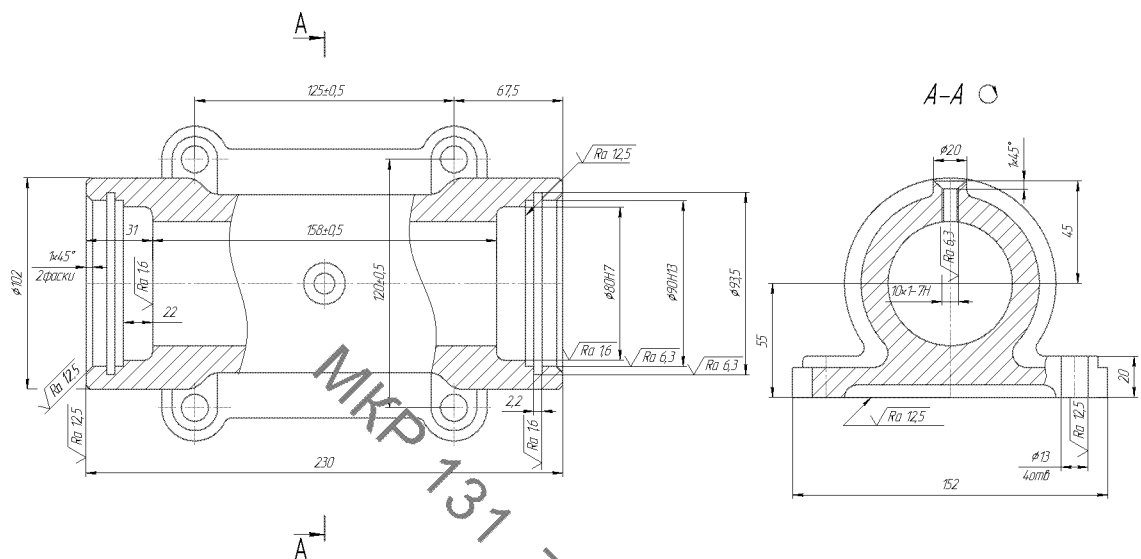


Рисунок 1.3– Корпус підшипників

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"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно</li> <li>3. Свердлити 4 отв. <math>\varnothing 13</math></li> <li>4. Фрезерувати площину бобишки <math>\varnothing 20</math> остаточно</li> <li>5. Свердлити і нарізати різьбу M10•1-7H</li> <li>6. Фрезерувати торець <math>\varnothing 120</math>, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно</li> <li>7. Розточити витоки <math>\varnothing 80H7</math> попередньо, остаточно; <math>\varnothing 90H13</math> і фаску 1x45 остаточно</li> <li>8. Фрезерувати канавку <math>2,2 \pm 0,5</math> остаточно</li> </ol>	<p style="text-align: center;">Багатоцільовий з ЧПУ ИР500МФ4</p>

## 2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

### 2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

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

$$K_{3.0.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

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

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{3.0.} = 1$  – масове виробництво;

$1 < K_{3.0.} \leq 10$  – великосерійне виробництво;

$10 < K_{3.0.} \leq 20$  – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{3.0.} \leq 40$  – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення  $K_{3.0.}$ , а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі. Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “ Корпус В.4” і занесені до таблиці 2.1 (розточування ів, свердління отворів та фрезерування торцю). Використовуючи формули для наближеного розрахунку основного часу визначено основний час для обраних переходів. Наприклад для розточування отворів отримаємо:

$$T_{очн} = 0,2 \cdot 160 \cdot 50 \cdot 0,001 = 1,44 \text{ (хв.)}$$

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як серійний і відповідно обравши коефіцієнт розраховано штучно-калькуляційний час для всіх переходів, за формулою:

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

де  $\varphi_K$  – коефіцієнт

Для кожного з обраних переходів механічної обробки розрахована необхідна кількість верстатів:

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

де  $N$  – річна програма випуску деталі “Корпус В.21”;  $T_{шт.к.}$  – штучно-калькуляційний час, хв;  $F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 4060$  год);  $\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (при великосерійному виробництві рівен 0,8).

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

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

де  $C_{pi}$  – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;  $P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

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

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



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

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

$$\sum O_i = 16,32 + 14,6 + 14,6 + 8,42 + 11,43 = 65,37$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів чотири, відповідно коефіцієнт закріплення  $K_{з.о}$ :

$$K_{з.о} = 65,37 / 5 = 13,074$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійний.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів  $N_{\delta}$  і розрахункової добової продуктивності лінії  $Q_{\delta}$ . Якщо  $N_{\delta}$  менше  $Q_{\delta}$ , то потокову лінію використовувати недоцільно.

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

де 254 кількість робочих днів в році;

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

де  $T_{шт-ксер}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;  $\eta_{з}$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (1,94 + 2,16 + 2,2 + 3,74 + 2,8) / 5 = 2,568 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\delta} = \frac{4060}{2,568 \cdot 0,8} = 1976,25 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{5000}{254} = 19,68 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи. Відповідно необхідно визначити кількість деталей в партії для одночасного запуску:

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

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (12 днів).

$$n = \frac{5000 \cdot 12}{254} = 236,22 \text{ (шт.)}$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{шт-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (2.10)$$

$$c = \frac{2.56 \cdot 236}{476 \cdot 0,75} = 1.69$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для $T_{очн} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{очн}$ , хв	$\varphi_k$	$T_{шт.к.}$ , хв	$C_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O	К <sub>з.о.</sub>
1	Розточування отвору попереднє	0.18dl	D=160; l=50	1,44	1,35	1,94	0,05	1	0,05	16,3	13,074
2	Розточування отвору остаточне	0.2dl	D=160; l=50	1,6	1,35	2,16	0,05	1	0,05	14,6	
3	Попереднє точіння поверхні	0.1dl	D=160; l=102	1,63	1,35	2,2	0,05	1	0,05	14,6	
4	Остаточне точіння поверхні	0.17dl	D=160; l=102	2,77	1,35	3,74	0,09	1	0,09	8,42	
5	Розточування отвору	0.18dl	D=130; l=44+45	2,08	1,35	2,8	0,07	1	0,07	11,4	

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{um-k.cp}} \text{ [шт]} \quad (2.11)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{2.56} = 140 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 140 шт.

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 140 шт

## 2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Корпус є однією із базових деталей редуктора. В ньому закріплюється вал, інші деталі, до нього кріпиться кришка, яка запобігає потраплянню пилу та інших речовин в середину редуктора. Основне його службове призначення це забезпечення розташування валу та інших деталей. Крім цього корпус виконує роль опори, герметизуючи та захищаючи від пошкоджень інші деталі механізму.

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до класу „Корпус” з центральним ступінчатим отвором – група I. Деталь середніх габаритних розмірів - Ø210x172 мм.

Деталь містить доволі зручні технологічні бази, це зовнішня поверхня Ø160 та отвір Ø160H7, тобто деталь може бути закріплена в трьохкулачковому патроні та на оправці.

Корпус не містить поверхонь дуже високої точності, найвищий квалітет точності це 7, який може бути отриманий при розточуванні. Тобто в технологічному процесі механічної обробки немає потреби використовувати високоточне обладнання.

Мінімальна товщина стінок  $S_{\min}=15$  мм. Металоемність деталі явно завищена, що являється явним недоліком. Деталь жорсткої конструкції і її можна обробляти на підвищених режимах різання.

Центральний ступінчатий отвір, обробляється напрохід що полегшує його обробку. Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різі, канавки, фаски і т. ін., що дає змогу застосовувати стандартний ріжучий інструмент.

Корпус містить і декілька нетехнологічних елементів, зокрема це канавки в отворі, які для обробки вимагають використання фасонного інструменту, та глухі отвори з різью, оскільки технологічно доцільніше використовувати в конструкції наскрізні отвори, як наприклад отвори  $\varnothing 18$  в даній деталі. Креслення Корпуса показано на рисункові 2.1.

Матеріал деталі конструкційна Чавун 15 ГОСТ 1050-88, має задовільні якості обробки різанням, дозволяє отримати заготовку литтям, оскільки має добрі ливарні властивості. Заготовка може бути отримана литтям в піщано-глинисті форми, литтям в оболонкові форми, литтям за виплавними моделями, литтям у кокіль. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведені в таблицях 2.1 та 2.2 доводять доцільність використання даного матеріалу при виготовленні корпусу.

Таблиця 2.2- Хімічний склад сірого чавуну в %

Марка чавуну	C	Si	Mn	Cr	Не більше	
					P	S
СЧ15	3,1-3,4	1,2-1,5	0,6-0,9	-	0,3	0,12

Таблиця 2.3- Механічні властивості сірого чавуну

Марка чавуну	границя міцності при розтягу, $\sigma_{вр}$ , МПа менше	границя міцності при згині $\sigma_{нви}$ , МПа не менше	твердість за Брінеллем НВ, МПа більше	за не	стріла прогину мм, при розтягу між опорами 300мм.
СЧ15	280	480	170-241		3

Згідно ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється за коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (2.12)$$

$Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

Всі елементи наведені в таблиці 2.1. Згідно неї деталь містить 66 елементів, 50 з яких є уніфікованими.

$$K_y = \frac{50}{66} = 0,758$$

Відповідна деталь технологічна за даним показником.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Різи			
$P_l$	$P_{l,y}$	$P$	$P_y$	$P$	$P_y$	Ш	Ш <sub>y</sub>
52	36	6	6	2	2	6	6
$Q_{ye}=50$							
$Q_e=66$							

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою:

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.13)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності, який рівен:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.14)$$

де  $T_i$  – квалітет точності оброблених поверхонь даної деталі,  $n_i$  – кількість поверхонь деталі, що мають точність  $T_i$  квалітета.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	3	3·7=21
9	1	9·1=9
10	1	10·1=10
12	2	12·2=24
13	1	13·1=13
14	50	14·50=700
17	2	17·2=34
Всього	60	811

Відповідно до даних таблиці 2.2 середній квалітет та коефіцієнт точності:

$$T_{cp} = \frac{811}{60} = 13,52$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,52} = 0,926$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.15)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхні, яка в свою чергу визначається:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (2.16)$$

де  $Ш_K$  – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі;  $n_K$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню  $R_a$ , мкм.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість $R_a$ , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
2,5	2	$2,5 \cdot 2 = 5$
6,3	4	$6,3 \cdot 4 = 25,2$
12,5	58	$12,5 \cdot 58 = 725$
Всього	64	755,2

Відповідно до даних таблиці 2.3 середня шорсткість та коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp} = \frac{755,2}{64} = 11,8$$

$$K_T = \frac{1}{11,8} = 0,085$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, \quad K_T > 0,8, \quad K_{ui} < 0,32,$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Проаналізувавши всі фактори можна зробити висновок, що деталь технологічна і може бути оброблена на верстатах нормальної точності. При



механічній обробці можуть використовуватися високопродуктивні способи обробки, всі поверхні можуть бути отримані із точністю вказаною на кресленні.

### 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Виробництво серійне, тому можливі способи лиття – в піщано-глинисті, оболонкові форми, кокіль, за виплавними моделями, під тиском. Лиття в піщано-глинисті, оболонкові форми, за виплавними моделями – це лиття в разові форми. Лиття в кокіль – це лиття в постійні форми.

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокіль на поверхні заготовки утворюється відбілений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми.

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність:

Тип сплаву – чорні, найбільший габаритний розмір в діапазоні „від 100 до 250”. Отже, клас розмірної точності виливка знаходиться в межах 8-13т для першого способу лиття і в межах від 8 до 13т для лиття в оболонкові форми, відповідно приймаємо 11 та 10 клас розмірної точності.

Відношення мінімального розміру елемента виливка до максимального:  $30/210=0,142$ ; виливок виготовляється в разових формах, він нетермооброблюваний, отже, ступінь жолоблення в межах 4-7. Для серійного виробництва приймаємо 6 для лиття в піщано-глинисті форми, та 5 для лиття в оболонкові форми;

Визначаємо по аналогії з класом розмірної точності виливка. Отримана ступінь точності в межах від 10 до 17 для лиття в піщано-глинисті форми і від 8 до 14 для лиття в оболонкові форми. Відповідно приймаємо 14 та 12 ступінь точності поверхонь виливка.

Для ступіню точності виливка 14 –40 мкм, для ступеню точності виливка 12 -шорсткість  $Ra=25$  мкм;

Маса даної деталі в межах до 100 кг. Отже, клас точності маси: 7-15, відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми, приймаємо 12 та 11т клас точності маси відповідно;

В залежності від ступеня точності поверхні, маємо ряд припусків 5-8 та 4-7, приймаємо 7 та 5 ряд припусків відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми.

Вибір допусків заготовки:

а) допуск розмірів визначаємо для кожного розміру, що буде виливатися, в залежності від класу точності;

б) форми чи розміщення поверхонь;

в) допуск маси. В залежності від номінальної маси (11,9 кг) і класу точності маси вилівка, приймаємо допуск маси 20 % та 12% відповідно для першого та другого способів лиття;

г) допуск нерівностей. Для ступіню точності поверхонь вилівка 14 та 12, допуск нерівностей дорівнює 1 та 0,64 відповідно;

д) загальний допуск. Визначається для кожного розміру, що виливається з урахуванням допуску розміру від поверхні до бази і допуску форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків заготовки:

а) мінімальний ливарний припуск на сторону. Для рядів припусків 7 та 5 дорівнює 0,8 та 0,5 відповідно;

б) Кількість переходів механічної обробки в залежної від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі: [2]. Визначається співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка, за допомогою допуску розміру вилівка визначають кількість переходів. Наприклад при литті в оболонкові форми отвору  $\varnothing 160H7$  співвідношення між допуском на розмір деталі та заготовки складає:

$$0,04/5=0,008$$

відповідно для отримання необхідної точності потрібно використати 4 переходи механічної обробки. Кількість переходів механічної обробки на інші поверхні визначається аналогічно.

в) Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності форми, розміщення поверхонь оброблюваної деталі.

Остаточно кількість переходів механічної обробки встановлюється за більшим значенням, які будуть отримані в двох попередніх пунктах.

г) загальний припуск на сторону. Визначається в залежності від загального допуску, від виду кінцевої механічної обробки та від ряду припуску вилівка.

Розрахунок розмірів заготовки: при розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі, а при розрахунку внутрішніх діаметральних заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі. Відповідно при литті в піщано глинисті форми отримаємо, мм:

$$\varnothing 130 - 2 \cdot 3,6 = \varnothing 122,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 92 - 2 \cdot 3,6 = \varnothing 84,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 160 - 2 \cdot 6,3 = \varnothing 147,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 160 + 2 \cdot 6,3 = \varnothing 172,6 \text{ (мм);}$$

$$172 + 2 \cdot 4,4 = 180,8 \text{ (мм);}$$

$$50 + 4,4 - 4,4 = 50 \text{ (мм);}$$

$$70 + 4,4 + 5,8 = 80,2 \text{ (мм);}$$

При литті в оболонкові форми розміри заготовки становитимуть, мм:

$$\varnothing 130 - 2 \cdot 2,4 = 125,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 92 - 2 \cdot 2,4 = \varnothing 87,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 160 - 2 \cdot 4,3 = \varnothing 151,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 160 + 2 \cdot 3,9 = 167,8 \text{ (мм);}$$

Таблиця 2.7-Розрахунок розмірів заготовки вилитої в піщано-глинисті форми

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555					Прийнято				
Клас розмірної точності	8-13т					11				
Ступінь жолоблення	4-7					6				
Ступінь точності поверхонь	10-17					14				
Шорсткість поверхонь виливка	Ra =40 мкм					Ra = 40 мкм				
Клас точності маси	7-15					12				
Ряд припусків	5-8					7				
Розрахункові розміри, мм										
Допуски:	Ø130	Ø92	Ø160H7	Ø160	172	50	70	44	33	
розмірів	5,0	4,4	5,0	5,0	5,6	4	4,4	4	3,6	
форми чи розміщ.	0,5	0,4	0,5	0,5	0,64	0,4	0,4	0,4	0,4	
зміщен. по площ	2,8	-	-	-	2,8	-	-	2,8	-	
маси	20%									
нерівностей	1,0									
загальний	5	5	5	5	6,4	4	5	4	4	
мінімальний припуск	0,8									
загальний припуск	3,6	3,6	6,3	6,3	4,4	4,4	5,8	3,2	3,2	
Кількість переходів механічної обробки										
за точністю	1	1	4	4	1	2	3	1	1	
за відхилен.	-	-	1	1	-	1	1	-	-	
Кількість переходів	1	1	4	4	1	2	3	1	1	
Розмір заготовки	Ø122,8	Ø84,8	Ø147,4	Ø172,6	180,8	50	80,2	45,2	39,4	

Таблиця 3.4-Розрахунок розмірів заготовки (лиття в оболонковій формі)

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555					Прийнято				
Клас розмірної точності	8-13т					10				
Ступінь жолоблення	4-7					5				
Ступінь точності поверхонь	8-14					12				
Шорсткість поверхонь виливка	Ra =25 мкм					Ra = 25 мкм				
Клас точності маси	7-15					11т				
Ряд припусків	4-7					5				
Розрахункові розміри, мм										
Допуски:	Ø130	Ø92	Ø160H7	Ø160	172	50	70	44	33	
розмірів	3,2	2,8	3,2	3,2	3,6	2,4	2,8	2,4	2,2	
форми чи розміщ.	0,4	0,32	0,4	0,4	0,5	0,32	0,32	0,32	0,32	
зміщен. по площ	1,8	-	-	-	1,8	-	-	1,8	-	
маси	12%									
нерівностей	0,64									
загальний	3,2	3,2	3,2	3,2	4	3,2	3,2	3,2	2,4	
мінімальний припуск	0,5									
загальний припуск	2,4	2,4	4,3	3,9	2,8	2,4	3,9	2,4	2,0	
Кількість переходів механічної обробки										
за точністю	1	1	4	3	1	1	3	1	1	
за відхилен.	-	-	1	1	-	1	1	-	-	
Кількість переходів	1	1	4	3	1	1	3	1	1	
Розмір заготовки	Ø125,2	Ø87,2	Ø151,4	Ø167,8	177,6	50,4	76,7	44	37,4	

$$172+2\cdot 2,8=177,6(\text{мм});$$

$$50+2,8-2,4=50,4(\text{мм});$$

$$70+2,8+3,9=76,7(\text{мм});$$

$$44+2,4-2,4=44(\text{мм});$$

$$33+2,0+2,4=37,4(\text{мм}).$$

Вибір конструктивних елементів заготовки:

а) товщина стінок .

Зведений габарит заготовки:

$$N = (2l + b + h)/3, [\text{мм}] \quad (2.17)$$

де  $l$ ,  $b$ ,  $h$  – відповідно довжина, ширина і висота деталі,

$$N = (2 \cdot 172 + 210 + 210)/3 = 254,67 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо мінімальну товщину стінок 4 мм для лиття в піщано-глинисті форми та 3 мм для лиття в оболонкові форми;

б) Приймаємо радіуси заокруглень 5 мм при литті в піщано-глинисті форми та 3 мм при литті в оболонкові форми;

в) При висоті основної формоутворюючої поверхні 135 мм нахили  $5^{\circ}03'$ ;

г) мінімальний діаметр отвору, що виливається:

$$d_{\min} = d_0 + 0.1S, [\text{мм}] \quad (2.18)$$

$d_0$  – мінімальний діаметр, для чавуну рівен 8 мм, відповідно:

$$d_{\min} = 8 + 0,1 \cdot 70 = 15 \text{ (мм.)}$$

Отже, мінімальний діаметр, що виливається 15 мм. Відповідно отвори  $\varnothing 18$  та M16 не можуть бути пролиті, оскільки з врахуванням припусків на механічну обробку необхідно використовувати значно тонші стержні ніж 15 мм.

Ескізи заготовок показані на рисунках 3.1 та 3.2.

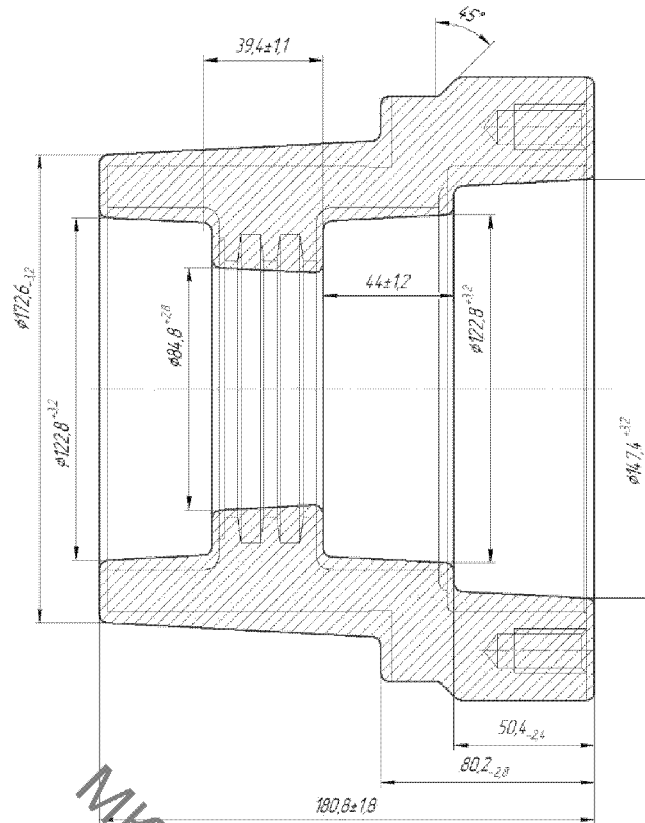


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки в піщано-глинисті форми

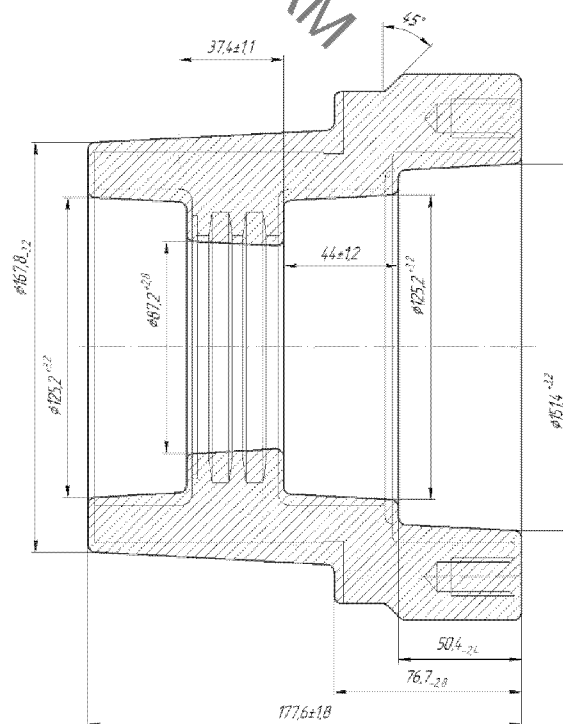


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки в оболонковій формі

Виливок в піщано-глинисті форми

Маса заготовки розраховується за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \rho = \sum V_i \rho, \quad (2.19)$$

$V_i$  – об'єм елементарних фігур, які входять в заготовку;

$\rho$  – густина СЧ15,  $\rho=7,814 \cdot 10^{-6}$  кг/мм<sup>3</sup>.

Маса заготовки включає в себе:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{дет}} + \sum Q_{\text{прип } i} + \sum Q_{\text{нап } j}, \quad (2.20)$$

$Q_{\text{прип } i}$  – припуск, що знімається з  $i$ -ої поверхні,

$Q_{\text{нап } j}$  – напуск, що знімається з  $j$ -ої поверхні.

Знайдемо масу припусків та масу напусків. До напусків в даному випадкові належать отвори.

Маса напусків:

$$M_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 8^2 \cdot 32 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ (кг)}$$

$$M_2 = 3,14 \cdot 2 \cdot 9^2 \cdot 70 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,28 \text{ (кг)}$$

$$M_3 = 3,14 \cdot 2 \cdot 7 \cdot (55,5^2 - 46^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,33 \text{ (кг)}$$

$$M_4 = 3,14 \cdot 3 \cdot (72,5^2 - 65^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,075 \text{ (кг)}$$

$$M_5 = 3,14 \cdot 2 \cdot (54^2 - 46^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,039 \text{ (кг)}$$

Маса напусків:

$$M_{\text{н}} = 0,1 + 0,28 + 0,33 + 0,076 + 0,039 = 0,825 \text{ (кг)}$$

Маса припусків при литті в піщано-глинисті форми:



$$\begin{aligned}
M_6 &= 3,14 \cdot 89 \cdot (65^2 - 61,4^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,99 \text{ (кг)} \\
M_7 &= 3,14 \cdot 35 \cdot (46^2 - 42,4^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,27 \text{ (кг)} \\
M_8 &= 3,14 \cdot 50 \cdot (80^2 - 73,7^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 1,19 \text{ (кг)} \\
M_9 &= 3,14 \cdot 102 \cdot (86,3^2 - 80^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 2,62 \text{ (кг)} \\
M_{10} &= 3,14 \cdot 4,4 \cdot (86,3^2 - 61,4^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,397 \text{ (кг)} \\
M_{11} &= 3,14 \cdot 4,4 \cdot (95^2 - 73,7^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,388 \text{ (кг)} \\
M_{12} &= 3,14 \cdot 4,4 \cdot (73,7^2 - 61,4^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,179 \text{ (кг)} \\
M_{13} &= 3,14 \cdot 5,8 \cdot (95^2 - 86,3^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,22 \text{ (кг)} \\
M_{14} &= 2 \cdot 3,14 \cdot 3,2 \cdot (61,4^2 - 42,4^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,31 \text{ (кг)}
\end{aligned}$$

Отже маса припусків:

$$M_{\text{пр}} = 0,99 + 0,27 + 1,19 + 2,62 + 0,397 + 0,388 + 0,179 + 0,22 + 0,31 = 6,564 \text{ (кг)}$$

Маса заготовки це сума маси деталі, припусків та напусків, відповідно при литті в піщано глинисті форми:

$$Q_{\text{заг}} = 11,9 + 0,825 + 6,564 = 19,3 \text{ (кг)}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 11,9 / 19,3 = 0,6166$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу є досить високим, так як заготовка виготовлена литтям в піщано-глинисті форми.

Маса припусків вилівка в оболонковій формі:

$$\begin{aligned}
M_6 &= 3,14 \cdot 89 \cdot (65^2 - 62,6^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,669 \text{ (кг)} \\
M_7 &= 3,14 \cdot 35 \cdot (46^2 - 43,6^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,185 \text{ (кг)} \\
M_8 &= 3,14 \cdot 50 \cdot (80^2 - 75,7^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,821 \text{ (кг)}
\end{aligned}$$

$$M9=3,14 \cdot 102 \cdot (83,9^2 - 80^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 1,6 \text{ (кг)}$$

$$M10=3,14 \cdot 2,8 \cdot (83,9^2 - 62,6^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,214 \text{ (кг)}$$

$$M11=3,14 \cdot 2,8 \cdot (95^2 - 75,7^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,226 \text{ (кг)}$$

$$M12=3,14 \cdot 2,4 \cdot (75,7^2 - 62,6^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,106 \text{ (кг)}$$

$$M13=3,14 \cdot 3,9 \cdot (95^2 - 83,9^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,19 \text{ (кг)}$$

$$M14=(2,2+2) \cdot 3,14 \cdot (62,6^2 - 43,6^2) \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} = 0,218 \text{ (кг)}$$

Отже маса припусків:

$$M_{пр} = 0,669 + 0,185 + 0,821 + 1,6 + 0,214 + 0,226 + 0,106 + 0,19 + 0,218 = 4,229 \text{ (кг)}$$

Маса заготовки це сума маси деталі, припусків та напусків:

$$Q_{заг} = 4,229 + 0,825 + 11,9 = 16,954 \text{ (кг)}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 11,9 / 16,954 = 0,702$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу є допустимим, так як заготовка виготовлена литтям в оболонковій формі.

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{(Q_{заг} \cdot C_{Л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II})}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет}) \cdot C_{відх}}{1000} \text{ [грн]} \quad (2.21)$$

де  $C_{Л}$  - базова вартість 1т заготовок, грн., враховуючи спосіб одержання

ливої заготовки;

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_C$  – 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;

$K_B$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки. Вибираємо згідно способу лиття, маси виливка, матеріалу виливка;

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

При литті в піщано-глинисті форми

$$C_{заг1} = \left( \frac{1980}{1000} \cdot 19,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \right) - (19,3 - 11,9) \frac{28,1}{1000} = 37,89 \text{ (грн.)}$$

При литті в оболонкові форми

$$C_{заг2} = \left( \frac{2500}{1000} \cdot 17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,78 \right) - (17 - 11,9) \frac{28,1}{1000} = 37,38 \text{ (грн.)}$$

Загальний економічний ефект буде залежати ще і від витрат на механічну обробку, так як кількість переходів механічної обробки при литті в оболонкові форми на 2 менше, ніж при литті в піщано-глинисті форми. А на механічну обробку відповідно теж витрачаються кошти. Тому необхідно розрахувати вартість виконуваних додатково переходів механічної обробки при використанні заготовки, одержаної литтям в піщано-глинисті форми:

$$C_{\text{обр}} = \frac{C_{\text{п-з}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{K_{\text{в}}}, \quad (2.22)$$

де  $C_{\text{п-з}}$  – хвилинні приведені витрати, грн.

$T_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляційний час на обробку, хв.;

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт виконання норм,  $K_{\text{в}} \approx 1,3$ .

Додатковий перехід механічної обробки: розточування отвору.

Хвилинні приведені витрати при розточуванні отвору складають 2,14 коп/хв. Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_{\text{к}}, \quad (2.23)$$

де  $T_{\text{осн}}$  – основний час на виконання операції чи переходу механічної обробки, хв;

$\varphi_{\text{к}}$  - коефіцієнт, що для розточування складає 1,35.

Основний час на точіння поверхні  $\varnothing 160$  та підрізання торцю:

$$T_{\text{осн}} = (0,17 \cdot 160 \cdot 102 + 0,052(160^2 - 130^2)) \cdot 0,001 = 3,2264 \text{ (хв.)}$$

Тоді штучно-кальculaційний час і собівартість обробки:

$$T_{\text{шт-к}} = 3,2264 \cdot 1,35 = 4,36 \text{ (хв.)}$$

$$C_{\text{обр1}} = \frac{2,09 \cdot 4,36}{1,3} = 7,0025 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки складатиме:

$$C_{\text{заг}} = 37,89 + 7,01 = 44,9 \text{ (грн.)}$$

Попередній сумарний економічний ефект при використанні лиття в

оболонкові форми:

$$E = (44,9 - 37,38) \cdot 5000 = 37600 \text{ (грн.)}$$

Отже економічно доцільно використовувати лиття в оболонкові форми, при цьому собівартість заготовки складає 37,38 грн.

2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, методу одержання та параметрів точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності необхідного обладнання та інших факторів.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.24)$$

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_d$  – допуск деталі.

$T_3$  – допуск заготовки;

$T_i$  – окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадку заготовкою є литий напівфабрикат, то

визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що планується.

Наприклад для розміру  $\varnothing 160H7$  загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = \frac{3,2}{0,04} = 80$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon / 0.46 \quad (2.25)$$

Тобто підставивши числові значення в даному випадкові отримаємо:

$$N = \lg 80 / 0,46 = 4,1$$

Отже можна проводити обробка за п'ять або чотири переходів. Для зменшення трудомісткості обробки приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,5;$$

$$\varepsilon_2 = 4;$$

$$\varepsilon_3 = 2,8;$$

Відповідно тоді ступень уточнення четвертого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \quad (2.26)$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 80 / 5,5 \cdot 4 \cdot 2,8 = 1,3$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1 = 3,2 / 5,5 = 0,58 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = 0,58 / 4 = 0,145 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = 0,145 / 2,8 = 0,052 \text{ (мм)}.$$

Після першого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 13 квалітету, а після другого переходу - 10 квалітету, після третього – 8. Оскільки обробляється отвір, то доцільно використати метод обробки – розточування.

Для зовнішньої поверхні  $\varnothing 160$  загальне уточнення буде рівним:

$$\varepsilon = \frac{3,2}{0,1} = 32$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$N = \lg 32 / 0,46 = 3,2$$

Отже можна проводити обробка за п'ять або чотири переходів. Для зменшення трудомісткості обробки приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,8;$$

$$\varepsilon_2 = 3,6;$$

Відповідно тоді ступень уточнення третього переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = 32 / 5,8 \cdot 3,6 = 1,53$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1 = 3,2 / 5,8 = 0,55 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = 0,55 / 3,6 = 0,15 \text{ (мм)}.$$

Після першого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 13 квалітету, а після другого переходу - 10 квалітету, після третього – 9. Оскільки обробляється зовнішня циліндрична поверхня, то доцільно використати метод обробки – точіння.

Число переходів для інших поверхонь розраховується аналогічно.

## 2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. В якості чистових баз може використовуватися зовнішня циліндрична поверхня, або отвір. Схеми базування для обох випадків та розміри отримувані при установці на них показані на рисунках 2.8 та 2.93



Таблиця 2.8– 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
Багатоцільова з ЧПК	Ø70, Ø108, Ø111, Ø130, Ø160	відсутня	Діаметральний розмір
	129, 52,5, радіальне биття відносно бази Д	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	7, 6, 8, радіальне биття відносно бази Е	відсутня	Обробка з одного установка

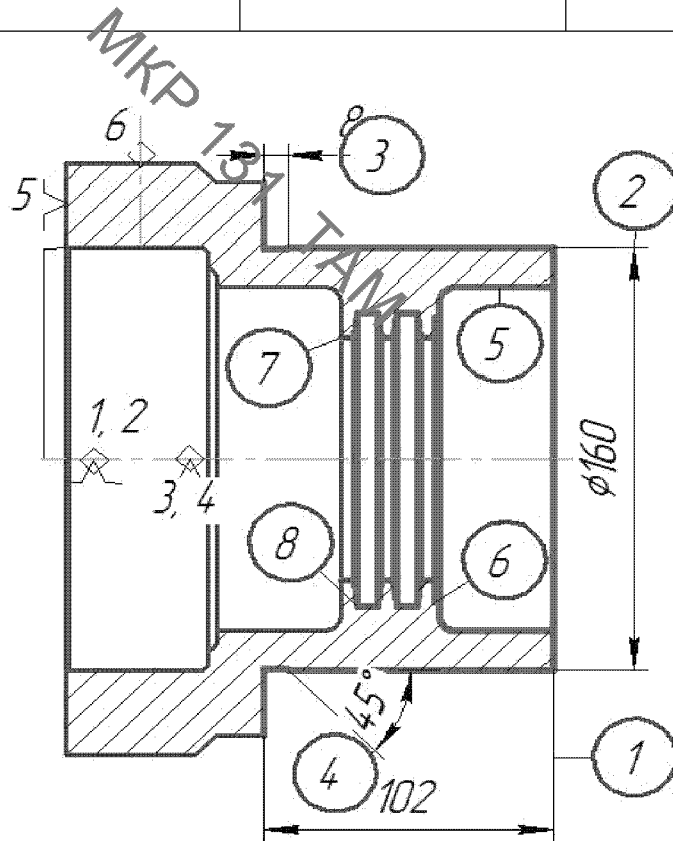


Рисунок 2.3 – Чистові бази (трёхкулачковий самоцентрирующий патрон)

Таблиця 2.9– 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
Багатоцільова з ЧПК	Ø18, M16	відсутня	Діаметральний розмір
	26, 32	наявна	Рівна допускові на розмір 172, що значно менше допуску на дані розміри

При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску з поверхні при подальшій механічній обробці чи зв'язок оброблюваних і необроблюваних поверхонь.

На рисунку 4.4 показана одна із можливих схем базування на операції 005.

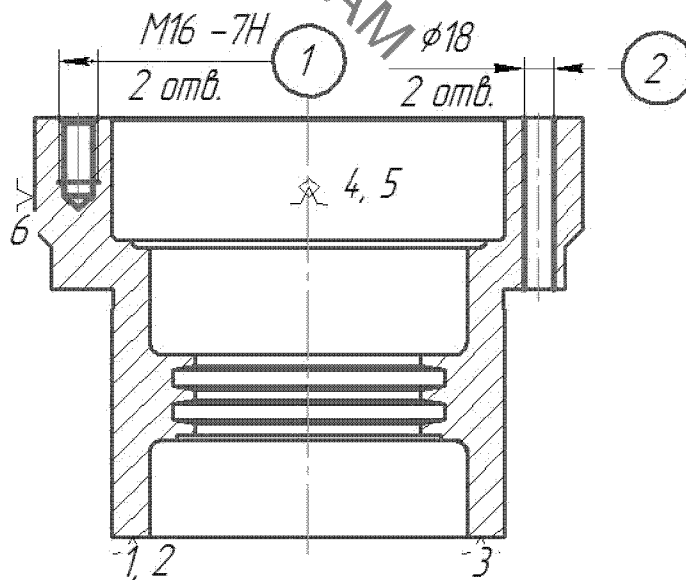


Рисунок 2.4 – Чистові технологічні бази на операції 015

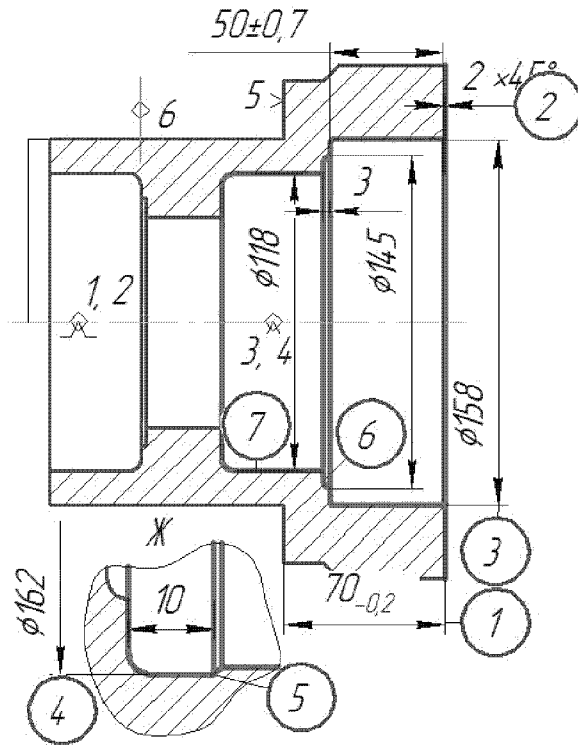


Рисунок 2.5 – Ескіз чорнових баз

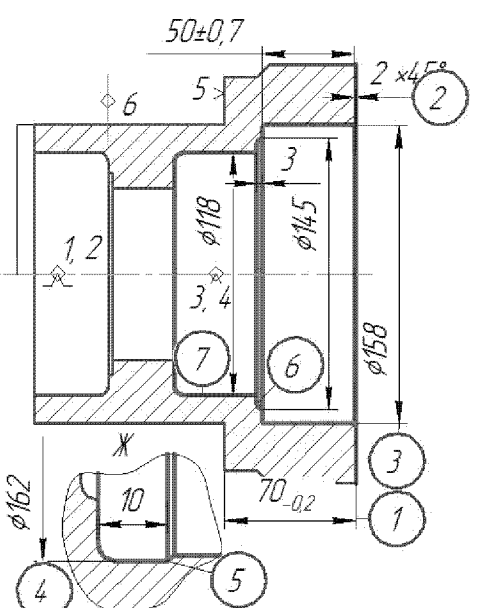
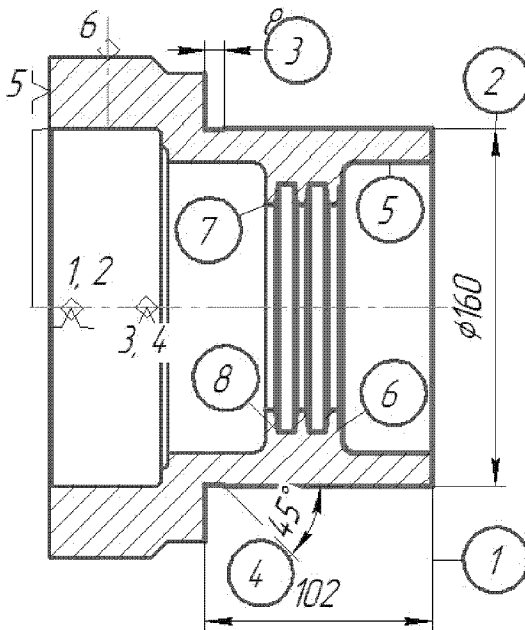
При такій схемі базування вирішується задача зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із зовнішньої поверхні.

Отже виконання механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на креслені вимогам точності та шорсткості.

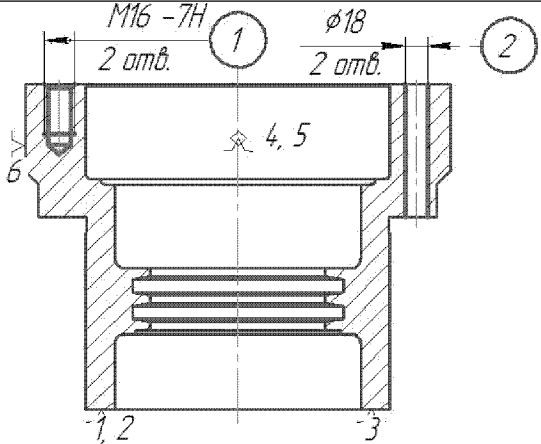
## 2.6 Проектування маршруту механічної обробки

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що намічається.

Таблиця 2.10 -Маршрут механічної обробки

№	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модел ь вер- стату
1	2	3	4
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити.</li> <li>2. Підрізати торець 1</li> <li>3 Розточити фаску 2, попередньо отвір 3, отвори 6 та 7.</li> <li>4 Розточити отвір 3 попередньо</li> <li>5 Розточити канавку 4</li> <li>6 Рошточити фаску 5</li> <li>7 Розточити отвір 3 остаточно</li> <li>8 Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарний з ЧПК 16К20Ф3
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити.</li> <li>2 Підрізати торець 1 та точити поверхню 2 попередньо</li> <li>3 Точити канавку 3</li> <li>4 Точити фаску 4</li> <li>5 Точити поверхню 2 остаточно</li> <li>6 Розточити отвори 5, 6, 7</li> <li>7 Розточити канавки 8</li> <li>8. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарний з ЧПК 16К20Ф3

## Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
015	<p>Вертикально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити.</li> <li>2 Свердлити 2 отвора 1</li> <li>3 Свердлити 2 отвора 2</li> <li>4 Зенкувати дві фаски в отворах 1</li> <li>5 Нарізати різь в двох отворах 1</li> <li>5. Зняти заготовку.</li> </ol>		<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>2ГФ2171МФ3</p>

## 2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри досить розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отримуватись 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. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

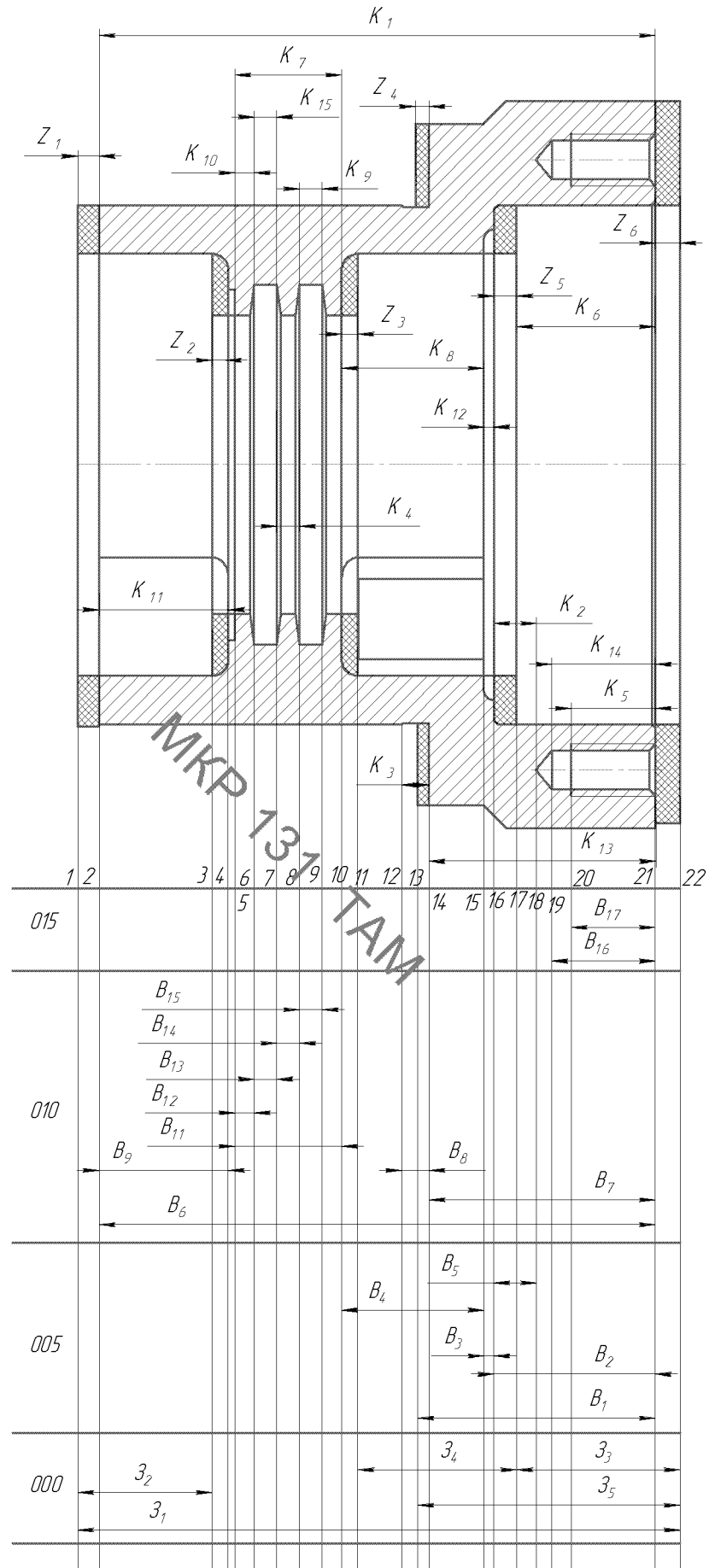
Таблиця 2.11– Допуски технологічних розмірів

Технологічні розміри	З <sub>1</sub>	З <sub>2</sub>	З <sub>3</sub>	З <sub>4</sub>	З <sub>5</sub>	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>
Допуск, мм	2,5	1,6	1,6	1,6	1,9	0,19	0,39
Технологічні розміри	В <sub>3</sub>	В <sub>4</sub>	В <sub>5</sub>	В <sub>6</sub>	В <sub>7</sub>	В <sub>8</sub>	В <sub>9</sub>
Допуск, мм	0,1	0,25	0,58	1	0,12	0,58	0,25
Технологічні розміри	В <sub>11</sub>	В <sub>12</sub>	В <sub>13</sub>	В <sub>14</sub>	В <sub>15</sub>	В <sub>16</sub>	В <sub>17</sub>
Допуск, мм	0,62	0,3	0,58	0,58	0,58	2,1	2,1

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

На розмірній схемі технологічного процесу показуються технологічні розміри, припуски та конструкторські розміри.



Рисунки 2.6 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1 K_2 \dots$  і припусків називається вихідним графом (деревом).

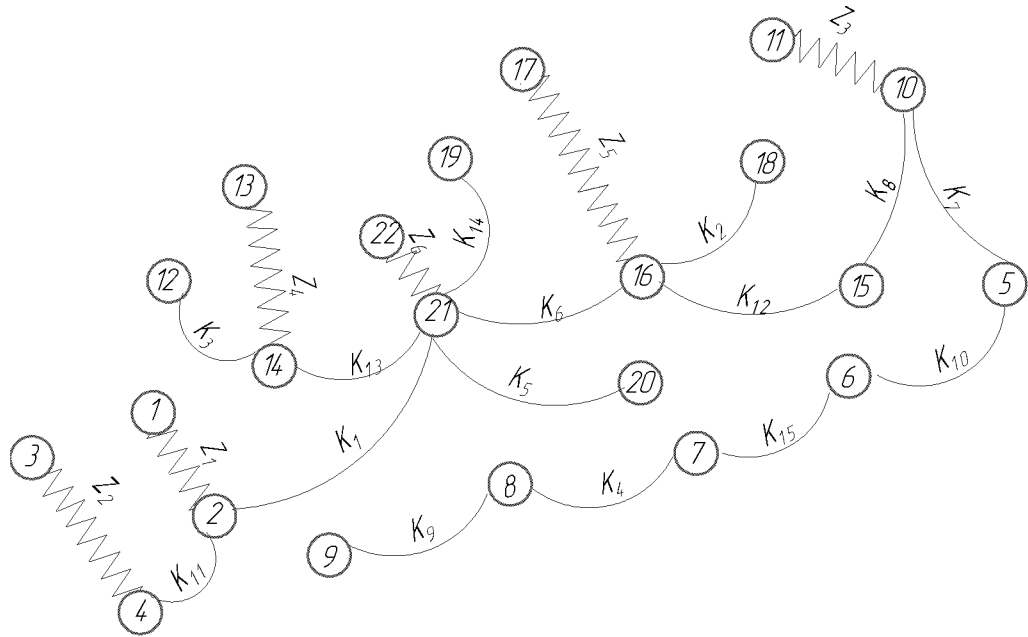


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів  $B_1 B_2 \dots$  і розмірів заготовки  $Z_1 Z_2 \dots$  називається похідним графом.

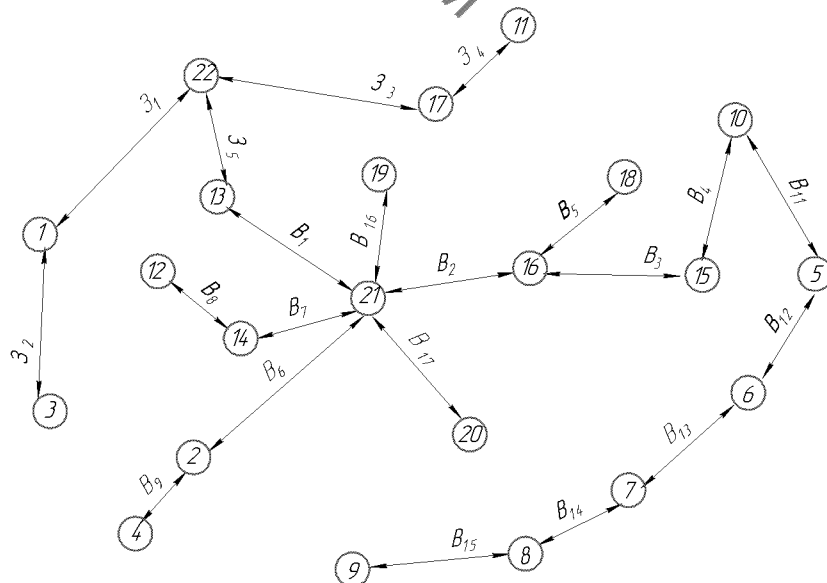


Рисунок 2.86 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної



обробки.

За допомогою суміщеного граф-дерева будуються розрахункові рівняння. Це дає можливість визначити всі технологічні розміри та максимальні припуски, а також уточнити розміри заготовки.

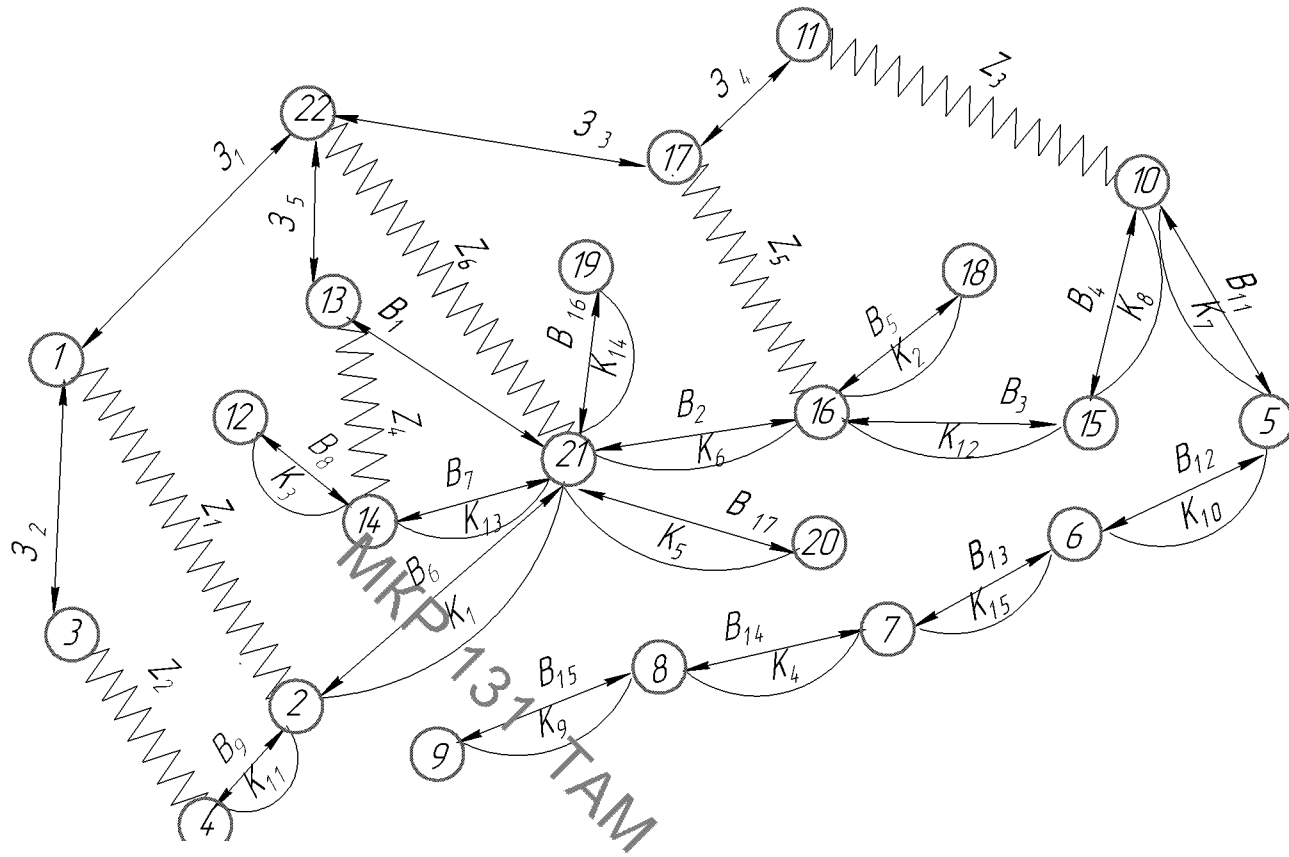


Рисунок 2.9– Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$
$Z_{\min}$ , мм	1,2	1,205	1,21	1,005	1,0	1,05

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 2.13

Таблиця 2.13 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№ п/п	Розрахункові рівняння	Визідні рівняння	Ланка, що визначається
1	2	3	4
1	$-K_6 + B_2 = 0$	$K_6 = B_2$	$B_2$
2	$-K_{12} + B_3 = 0$	$K_{12} = B_3$	$B_3$
3	$-K_8 + B_4 = 0$	$K_8 = B_4$	$B_4$
4	$-K_2 + B_5 = 0$	$K_2 = B_5$	$B_5$
5	$-K_1 + B_6 = 0$	$K_1 = B_6$	$B_6$
6	$-K_{13} + B_7 = 0$	$K_{13} = B_7$	$B_7$
7	$-K_3 + B_8 = 0$	$K_3 = B_8$	$B_8$
8	$-K_{11} + B_9 = 0$	$K_{11} = B_9$	$B_9$
9	$-K_7 + B_{11} = 0$	$K_7 = B_{11}$	$B_{11}$
10	$-K_{10} + B_{12} = 0$	$K_{10} = B_{12}$	$B_{12}$
11	$-K_{15} + B_{13} = 0$	$K_{15} = B_{13}$	$B_{13}$
12	$-K_4 + B_{14} = 0$	$K_4 = B_{14}$	$B_{14}$
13	$-K_9 + B_{15} = 0$	$K_9 = B_{15}$	$B_{15}$
14	$-K_{14} + B_{16} = 0$	$K_{14} = B_{16}$	$B_{16}$
15	$-K_5 + B_{17} = 0$	$K_5 = B_{17}$	$B_{17}$
16	$B_1 - Z_4 - K_{13} = 0$	$Z_4 = B_1 - K_{13}$	$B_1$
17	$-B_1 - Z_6 + 3_5 = 0$	$Z_6 = B_1 - 3_5$	$3_5$
18	$3_1 - B_6 - Z_1 - Z_6 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_6 - Z_6$	$3_1$
19	$3_2 - B_9 - Z_1 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_9 + Z_1 - 3_2$	$3_2$
20	$3_4 - B_2 - B_3 - B_4 - Z_6 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_2 + B_3 + B_4 + Z_6 - 3_4$	$3_4$
21	$3_3 - B_2 + B_1 - 3_5 + Z_5 = 0$	$Z_5 = B_2 - B_1 + 3_5 - 3_3$	$3_3$

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

- $Z_4^{\min} = B_1^{\min} - K_{13}^{\max};$

$$B_1^{\min} = B_{13}^{\max} + Z_4^{\min} = 70 + 1,21 = 71,21 \text{ (MM)};$$

$$B_1^{\max} = 71,21 + 0,19 = 71,4 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 71,305 \pm 0,095 \text{ (MM)};$$

$$Z_4^{\max} = B_1^{\max} - K_{13}^{\min} = 71,4 - 69,88 = 1,52 \text{ (MM)};$$

$$2. B_2 = K_6 = 50^{+0,39} \text{ (MM)};$$

$$3. B_3 = K_{12} = 3 \pm 0,05 \text{ (MM)};$$

$$4. B_4 = K_8 = 44 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$5. B_5 = K_2 = 10 \pm 0,29 \text{ (MM)};$$

$$6. B_6 = K_1 = 172 \pm 0,5 \text{ (MM)};$$

$$7. B_7 = K_{13} = 70_{-0,12} \text{ (MM)};$$

$$8. B_8 = K_3 = 8 \pm 0,29 \text{ (MM)};$$

$$9. B_9 = K_{11} = 44 \pm 0,125 \text{ (MM)};$$

$$10. B_{11} = K_7 = 33 \pm 0,31 \text{ (MM)};$$

$$11. B_{12} = K_{10} = 6 \pm 0,15 \text{ (MM)};$$

$$12. B_{13} = K_{15} = 7 \pm 0,29 \text{ (MM)};$$

$$13. B_{14} = K_4 = 7 \pm 0,29 \text{ (MM)};$$

$$14. B_{15} = K_9 = 7 \pm 0,29 \text{ (MM)};$$

$$15. B_{16} = K_{14} = 32_{-0,7}^{+1,4} \text{ (MM)};$$

$$16. B_{17} = K_5 = 26_{-0,7}^{+1,4} \text{ (MM)};$$

$$17. Z_6^{\min} = 3_5^{\min} - B_1^{\max};$$

$$3_5^{\min} = B_{13}^{\max} + Z_6^{\min} = 1,05 + 71,4 = 72,45 \text{ (MM)};$$

$$3_5^{\max} = 72,45 + 1,9 = 74,35 \text{ (MM)};$$

$$3_5 = 73,4 \pm 0,95 \text{ (MM)};$$

$$Z_6^{\max} = 3_5^{\max} - B_1^{\min} = 74,35 - 71,21 = 3,14 \text{ (MM)};$$

$$18. Z_5^{\min} = 3_5^{\min} - B_1^{\max} + B_2^{\min} - 3_3^{\max};$$

$$3_3^{\max} = 50 - 71,4 + 72,45 - 1 = 50,05 \text{ (MM)};$$

$$3_3^{\min} = 50,05 - 1,6 = 48,45 \text{ (MM)};$$

$$3_3 = 50,85 \pm 0,8 \text{ (MM)};$$

$$Z_5^{\max} = 50,39 - 71,21 + 74,35 - 48,45 = 5,08 \text{ (MM)};$$

$$19. Z_1^{\min} = Z_1^{\min} - B_6^{\max} - Z_6^{\max};$$

$$Z_1^{\min} = 1,05 + 172,5 - 1,2 = 172,35(\text{мм});$$

$$Z_1^{\max} = 172,35 + 2,5 = 174,85(\text{мм});$$

$$Z_1 = 173,6 \pm 1,25(\text{мм});$$

$$Z_1^{\max} = 174,85 - 1,05 - 171,5 = 2,3(\text{мм});$$

$$20. Z_3^{\min} = B_3^{\min} + B_4^{\min} + Z_5^{\min} - Z_4^{\max};$$

$$Z_3^{\max} = 1 + 2,95 + 43,875 - 1,005 = 46,82(\text{мм});$$

$$Z_3^{\min} = 46,82 - 1,6 = 45,22(\text{мм});$$

$$Z_3 = 47,62 \pm 0,8(\text{мм});$$

$$Z_3^{\max} = 3,98 + 3,05 + 44,125 - 45,22 = 5,93(\text{мм});$$

$$21. Z_2^{\min} = K_{11}^{\min} + Z_1^{\min} - Z_2^{\max};$$

$$Z_2^{\max} = 43,875 + 1,2 - 1,205 = 43,87(\text{мм});$$

$$Z_2^{\min} = 43,87 - 1,6 = 42,27(\text{мм});$$

$$Z_2 = 43,07 \pm 0,8(\text{мм});$$

$$Z_2^{\max} = 44,125 + 2,3 - 42,27 = 4,155(\text{мм});$$

Результати розрахунків зводимо в таблиці 2.18.

Таблиця 2.14 – 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				
1	2	3	4	5	6	7
$Z_1$	172,35	174,85	2,5	173,6		$173,6 \pm 1,25$
$Z_2$	42,27	43,87	1,6	43,07		$43,07 \pm 0,8$
$Z_3$	50,05	51,65	1,6	50,85		$50,85 \pm 0,8$
$Z_4$	47,02	48,62	1,6	47,82		$47,82 \pm 0,8$

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7
З <sub>5</sub>	72,45	74,35	1,9	73,4		73,4 $\pm$ 0,95
В <sub>1</sub>	71,21	71,4	0,19	71,305	71,3 $\pm$ 0,09	
В <sub>2</sub>	49,805	50,195	0,39	50	50 $\pm$ 0,19	
В <sub>3</sub>	2,95	3,05	0,1	3	3 $\pm$ 0,05	
В <sub>4</sub>	43,875	44,125	0,25	44	44 $\pm$ 0,125	
В <sub>5</sub>	9,71	10,29	0,58	10	10 $\pm$ 0,29	
В <sub>6</sub>	171	172	1,0	172	172 $\pm$ 1,0	
В <sub>7</sub>	69,94	70,06	0,12	70	70 $\pm$ 0,06	
В <sub>8</sub>	7,71	8,29	0,58	8	8 $\pm$ 0,29	
В <sub>9</sub>	43,875	44,125	0,25	44	44 $\pm$ 0,125	
В <sub>11</sub>	32,69	33,31	0,62	33	33 $\pm$ 0,31	
В <sub>12</sub>	5,85	6,15	0,3	6	6 $\pm$ 0,15	
В <sub>13</sub>	6,71	7,29	0,58	7	7 $\pm$ 0,29	
В <sub>14</sub>	6,71	7,29	0,58	7	7 $\pm$ 0,29	
В <sub>15</sub>	6,71	7,29	0,58	7	7 $\pm$ 0,29	
В <sub>16</sub>	30,95	33,05	2,1	32	32 $\pm$ 1,05	
В <sub>17</sub>	24,95	27,05	2,1	26	26 $\pm$ 1,05	

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

## 2.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 600 мкм. При попередньому розточуванні приймаємо  $R_z=T=50$  мкм, а на наступному

переході відповідно 30 мкм, при чистовому розточуванні –  $R_z=20$  мкм,  $T=25$  мкм.

Жолоблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямі, тому:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} \quad (2.27)$$

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0.7 \cdot 48)^2 + (0.7 \cdot 27)^2} = 38,55;$$

$\rho_{\text{зм}}$  – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру 73 (-0,01).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{38.55^2 + 10^2} = 41,23 \text{ мкм}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad (2.28)$$

де  $k$  – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 41,23 = 2,5 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 52 = 0,099 \text{ мкм}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.29)$$

де  $\varepsilon_2$  – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;  $\varepsilon_3$  – похибка закріплення, що при установці на площину з пневматичним затисканням складає 200 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 200 \text{ мкм}$$

При повторному попередньому розточуванні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ мкм}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних

значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{i\min}=2(R_{zi-1}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}) \quad (2.30)$$

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min}=2(600+\sqrt{41,23^2+200^2})=2\cdot 554,2 \text{ мкм}$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min}=2(50+50+\sqrt{2,5^2+10^2})=2\cdot 110,3 \text{ мкм}$$

остаточне розточування:

$$2Z_{2\min}=2(30+30+0,09)=2\cdot 60,1 \text{ мкм};$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d=48,039 \text{ мм.}$$

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

для попереднього розточування:

$$d_2=48,039-2\cdot 0,0601=47,9188 \text{ мм};$$

для попереднього розточування:

$$d_3=47,9188-2\cdot 0,1103=47,6982 \text{ мм};$$

для заготовки

$$d_4=47,6982-2\cdot 0,5542=46,59 \text{ мм}$$

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

Для чистового розточування відповідно для 7 квалітету допуск складає 39 мкм; для попереднього точіння для 9 і 10 квалітетів допуск відповідно рівний – 100 і 390 мкм та для заготовки допуск складає 3,6 мкм.

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

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

Тобто:

$$47,919-0,1=47,819 \text{ мм};$$

$$47,7-0,39=47,31 \text{ мм};$$

$$46,6-1,8=44,8 \text{ мм};$$

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

Для остаточного розточування:

$$2Z_{min3}=48,039-47,919=0,12 \text{ мм};$$

$$2Z_{max3}=48-47,819=0,181 \text{ мм};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{min2}=47,919-47,7=0,219 \text{ мм};$$

$$2Z_{max2}=47,819-47,31=0,509 \text{ мм};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{min1}=47,7-46,6=1,1 \text{ мм};$$

$$2Z_{max1}=47,31-44,8=2,51 \text{ мм}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.10

Всі граничні розміри, допуски та припуски показані на схемі (рисунок 4.9)

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{max3}-2Z_{min3}=0,181-0,12=0,061 \text{ мм}$$

$$\delta_3-\delta_4=100-39=61 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max2}-2Z_{min2}=509-219=290 \text{ мкм}$$

$$\delta_2-\delta_3=390-100=290 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max1}-2Z_{min1}=2510-1100=1410 \text{ мкм}$$

$$\delta_1-\delta_2=1,8-0,39=1,41 \text{ мм}$$

Отже всі розрахунки виконанні вірно і не потребують уточнення.



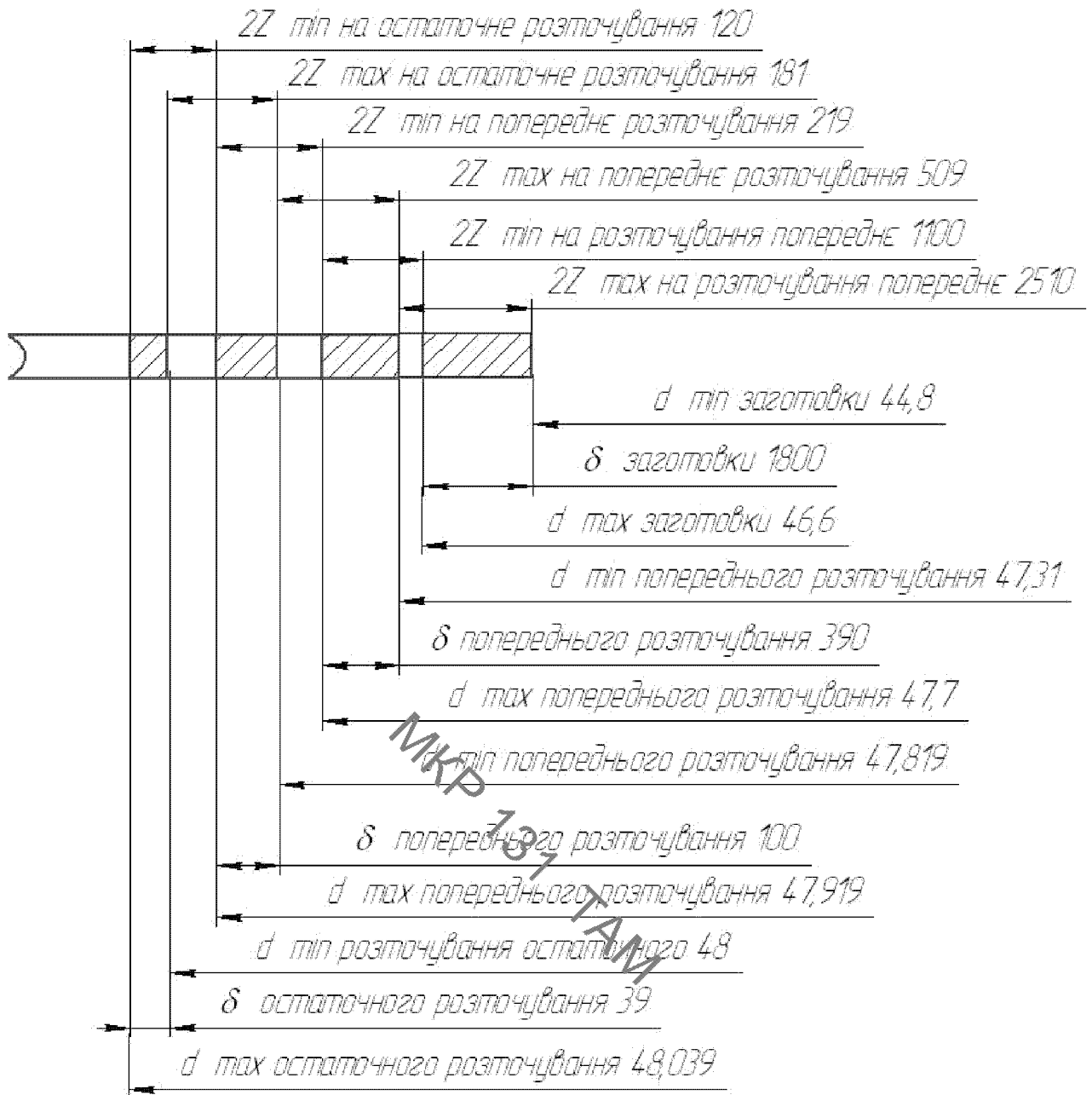


Рисунок 2.10– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору  $\text{Ø}48\text{H}8$

Таблиця 2.15- Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø48H8	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R <sub>z</sub>	T	ρ	ε	2Z <sub>min</sub>	d <sub>p</sub>	δ	d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>
Заготовка	600		41,2		-	46,5897	1,8	44,8	46,6	-	-
Розточування попереднє	50	50	2,47	200	2·554	47,6982	0,39	47,31	47,7	1,1	2,51
Розточування попереднє	30	30	0,09	10	2·110	47,9188	0,1	47,819	47,919	0,219	0,509
Розточування остаточне	20	25	-	-	2·60	48,039	0,039	48	48,039	0,12	0,181
Загальний припуск										1,439	3,2

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=360-300=60 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=100-40=60 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=670-520=150 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=250-100=150 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1}-2Z_{\min 1}=3370-2620=750 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1-\delta_2=1000-250=750 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

### Визначення режимів різання

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 підібратися 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:

$$P_z \leq \frac{BH^2[\sigma]_u}{6l} \quad (2.31)$$

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:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв.]} \quad (2.32)$$

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:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \quad (2.33)$$

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 (BK6);

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

$K_{rv}$  - 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:

$$V = \frac{243}{60^{0.21} 1^{0.15} 1.1^{0.4}} 0.884 = 91,4 \text{ (м/хв.)}$$

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

$$P_z(P_y; P_x) = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} K_p \quad (2.34)$$

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:

$$K_p=K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{rp} \cdot K_{\lambda p} \quad (2.35)$$

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:

$$N = \frac{P_z V}{102 \cdot 60} \text{ [кВт]} \quad (2.36)$$

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:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]} \quad (2.37)$$

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:

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.38)$$

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 свердлиться, 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:

$$M=C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p \quad [\text{Н}] \quad (2.39)$$

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:

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

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ (Н)} \quad (2.40)$$

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:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.41)$$

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:

$$S_{\text{от1}}=1,14 \text{ (мм/об);}$$

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

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу ( в даному випадкові BK8)  $K_{\text{SU}}=0,85$ ;

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

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

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

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

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

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

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

9 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату  $K_{\text{Sj}}=1$ .

Загальний коефіцієнт становить:

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

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  $K_{S\phi}=1,15$ ;

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

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:

$$S_{o3}=0,74 \cdot 0,658=0,487 \text{ (мм/об);}$$

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

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{триз1}}=168 \cdot 0,4=67,2 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз2}}=214 \cdot 0,4=85, \text{ (м/хв.)};$$

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

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

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (2.42)$$

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:

$$S_M = n \cdot S_O \text{ [мм/хв.]} \quad (2.43)$$

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.

Отримані результати заносимо до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 - Режими різання на операції 005

Перехід	Глибина, мм	Таблична подача, мм/об	Прийнята подача, мм/об	Таблична швидкість різання, м/хв	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання	Хвилинна подача
Операція 005								
Точіння торцю	2,2	1,14	0,815	168	67,2	134	7,8	109,2 1
Розточування отвору попереднє	2	0,74	0,487	214	85,6	171	5,8	83,27
Розточування отвору попереднє	1	0,55	0,362	230	92	183	5,3	66,24
Розточування отвору остаточне	0,4	0,25	0,18	470	188	374	-	67,32

## 2.10 Визначення технічних норм часу на операції

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 дещо відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) [хв] \quad (2.44)$$

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

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{ввим} [хв] \quad (2.45)$$

$T_{вуст}$  – 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.

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

$T_{\text{ввим}}$  – 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:

$$T_{\text{ввим}}=0,11 \cdot 4+0,2+=0,64 \text{ (хв.)}$$

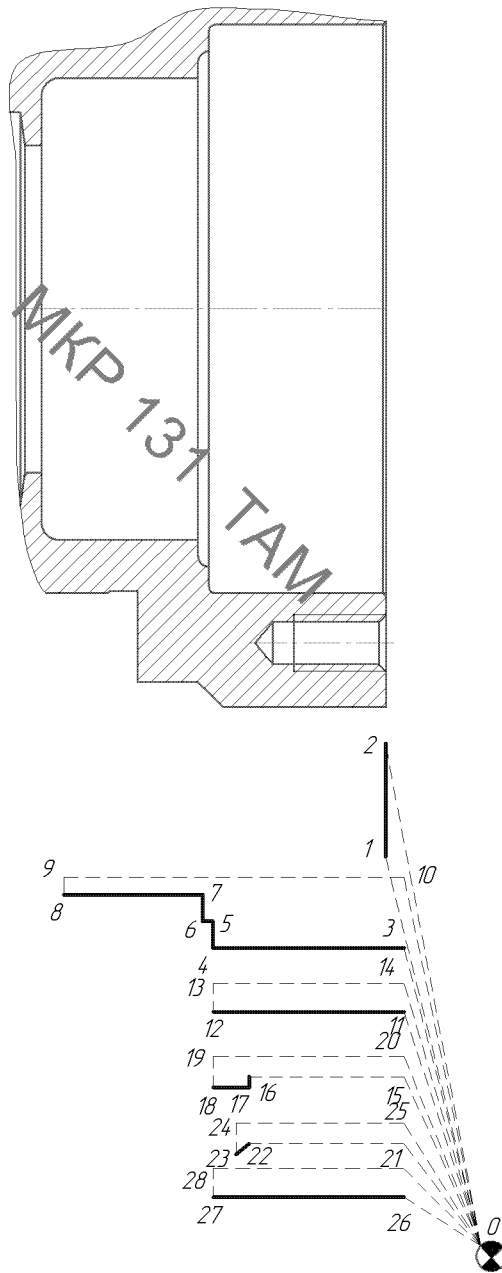


Рисунок 2.11– Схема переміщення інструменту на операції005

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.46)$$

$T_{\text{ц.а.}}$  – 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 хвилини подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

Таблиця 2.17 – Час на виконання автоматичного циклу операції 005

Ділянка траєкторії (номери позицій інструментів попереднього і	Приріст по осі Z	Приріст по осі X	Довжина і-ї ділянки	Хвилини подача на ділянці	Основний час автоматичної роботи верстату	Машинний допоміжний час.	$T_{\text{мб}}, \text{ХВ}$
1	2	3	4	5	6	7	
Інструмент №5- №1						0,05	
0-1	149	-184,5	237,2	4000	-	0,059	
1-2	0	27	27	109,21	0,247	-	
2-0	-149	157,5	216,8	4000	-	0,054	
Інструмент. №1- №2						0,05	
0-3	149	-159,5	218,3	4000	-	0,055	



3-4	52	0	52	83,27	0,624	-
4-5	0	7,5	7,5	83,27	0,09	-

Продовження таблиці 2.17

1	2	3	4	5	6	7
5-6	3	0	3	83,27	0,036	-
6-7	0	7,5	7,5	83,27	0,09	-
7-8	44	0	44	83,27	0,5284	-
8-9	0	21	21	4000	-	0,00525
9-10	-99	0	99	4000	-	0,02475
10-0	-149	123,5	193,5	4000	-	0,048
Інструмент №2- №3						0,05
0-11	149	-159,5	218,3	4000	-	0,055
11-12	52	0	52	66,24	0,785	-
12-13	0	10	10	4000	-	0,0025
13-14	-52	0	52	4000	-	0,013
14-0	-149	-149,5	211,1	4000	-	0,053
Інструмент №3- №4						0,05
0-15	149	-159,5	218,3	4000	-	0,055
15-16	42	0	42	4000	-	0,0105
16-17	0	-1	1	83,27	0,012	-
17-18	10	0	10	83,27	0,1201	-
18-19	0	10	10	4000	-	0,0025
19-20	-52	0	52	4000	-	0,013
20-0	-149	-150,5	211,8	4000	-	0,053
Інструмент №4- №5						0,05
0-21	149	-159,5	218,3	4000	-	0,055

21-22	42	0	42	4000	-	0,0105
22-23	1	-1	1	83,27	0,012	-

Продовження таблиці 2.17

1	2	3	4	5	6	7
23-24	0	10	10	4000	-	0,0025
24-25	-43	0	43	4000	-	0,01075
25-0	-149	-150,5	211,8	4000	-	0,053
Інструмент №5- №6						0,05
0-26	149	-159,5	218,3	4000	-	0,055
26-27	52	0	52	67,32	0,7724	-
27-28	0	10	10	4000	-	0,0025
28-29	-52	0	52	4000	-	0,013
29-0	-149	-149,5	211,1	4000	-	0,053
Всього					3,32	1,01

Відповідно час на автоматичний цикл складає:

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

Відповідно отримаємо:

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

На операції 010 виконуються також переходи точіння і розточування, час автоматичної роботи верстату визначається аналогічно і рівен 4,4 хв, а штучний час відповідно 6,67 хв.

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

$$L_{p.x.}=l_0+l_1+l_2+l_3 \text{ [мм]} \quad (2.47)$$

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

При свердлінні отвору  $\varnothing 14$  згідно[23]:

$$l_1+l_2+l_3=9,5 \text{ (мм)}$$

При свердлінні отвору  $\varnothing 18$  згідно[23]:

$$l_1+l_2+l_3=10,5 \text{ (мм)}$$

При нарізанні різі M16 згідно[23]:

$$l_1+l_2+l_3=6 \text{ (мм)}$$

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 2.18

Таблиця 2.18 – Норми часу

Операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	4,33	6,56
010	4,4	6,67
015	1,89	3,24

## 2.11 Розрахунок дільниці механічної обробки

### 2.11.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за формулою

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np.i}, \quad (2.48)$$

де  $N_i$  – програма випуску по кожному з найменувань деталей, зібраних у групу, шт.;  $K_{np.i}$  – коефіцієнт приведення по кожному з найменувань деталей, що зібрані у групу;  $n$  – кількість найменувань деталей, що зібрані в групу.

Загальний коефіцієнт приведення для розглядуваної деталі (виробу)

$$K_{гр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.49)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності;

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

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p,np}}\right)^2}, \quad (2.50)$$

де  $m_i$ ,  $m_{p,np}$  – маси розглядуваної деталі, деталі розрахункового представника, відповідно.

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

– корпуса 15.48

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{10,2}{11,9}\right)^2} = 0,902;$$

Для визначення коефіцієнта  $K_2$  скористаємося залежністю:

$$K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (2.51)$$

де  $N_{pn}$  і  $N_i$  - програма випуску відповідно деталі (виробу) - розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

$\alpha$  - показник степені ( $\alpha = 0,15$  для об'єктів легкого і середнього машинобудування,  $\alpha = 0,2$  для об'єктів важкого машинобудування).

Таким чином коефіцієнт  $K_2$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для корпуса 15.48

$$K_{2\phi} = \left(\frac{5000}{3500}\right)^{0,15} = 1,054;$$

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами:

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (2.52)$$

де  $K_{31}$  - коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних поверхонь деталей;

$K_{32}$  - коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних поверхонь деталей.

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.np}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (2.53)$$

$$K_{32} = \left( \frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.p.np}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (2.54)$$

$\overline{K_{Ti}}$  і  $\overline{K_{T.p.np}}$  - середні значення якості точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

$\overline{R_{ai}}$  і  $\overline{R_{a.p.np}}$  - середні значення параметра  $R_a$  шорсткості поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

Таблиця 2.19 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальній	
Корпус	5000	11,9	1,0	1,0	1,0	1,0	5000
Корпус 15.48	3500	10,2	0,902	1,054	0,94	0,894	3132
							8132

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_3$  для кожної деталі:

– для корпусу 15.48

$$K_{3\phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,93 \cdot 0,95 = 0,94;$$

Значення коефіцієнта  $K_{np}$  для кожного виробу

$$K_{np15} = 0,902 \cdot 1,054 \cdot 0,94 = 0,894;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = 5000 \cdot 1,0 + 3500 \cdot 0,894 = 8132 \text{ (шт.)}$$

### 2.11.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

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):

$$C_p = \frac{T_{шт-к.р.п.р} \cdot N_{np}}{F_o \cdot m \cdot 60} \quad (2.55)$$

$$C_{005} = \frac{(6,56 + 6,67) \cdot 8132}{3890 \cdot 60} = 0,8789$$

$$C_{005} = \frac{3,24 \cdot 8132}{3890 \cdot 60} = 0,2159$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{np005} = 1;$$

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

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{np}. \quad (2.56)$$

Коефіцієнт завантаження для верстатів на операції 005-010 складатиме:

$$\eta_3 = 0,878/1 = 0,878$$

Операції 015:

$$\eta_3 = 0,215/1 = 0,215$$

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

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{np}. \quad (2.57)$$

$$\eta_{з.сер.} = (0,878 + 0,215) / 2 = 0,5471$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом  $\eta_o$  свідчить про частку основного (машинного часу) в загальному часі роботи верстата. Він визначається як відношення основного часу до штучного (для масового) або штучно-калькуляційного часу (для серійного, одиничного виробництва):

$$\eta_o = T_o / T_{шт}, \quad (2.58)$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом для



верстатів на операції 005-010 складатиме:

$$\eta_3 = (4,33 + 4,4) / (6,56 + 6,67) = 0,6599$$

Операції 015:

$$\eta_3 = 1,89 / 3,24 = 0,5833$$

Таблиця 2.20 – 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	Вертикально-свердлильна	0,215	1	0,215		0,583	

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.

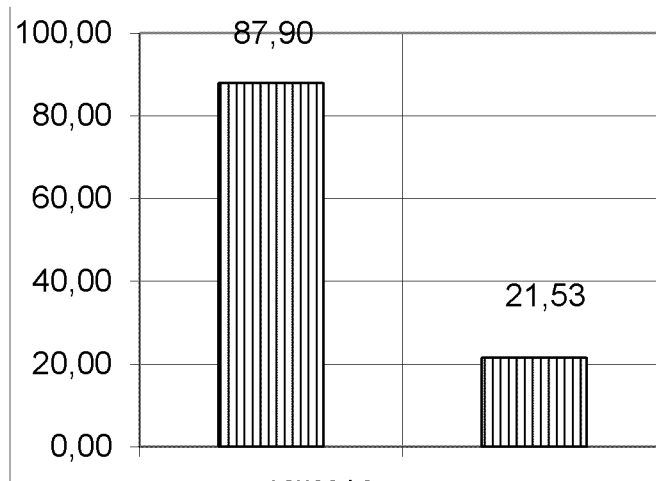


Рисунок 2.12 – Графік завантаження верстатів

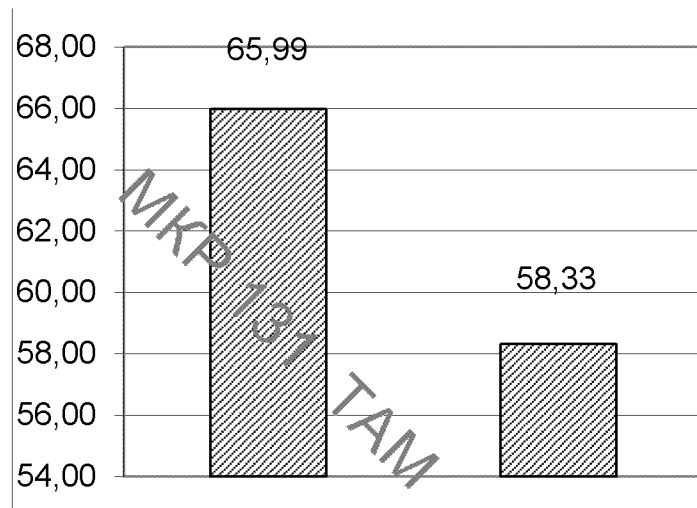


Рисунок 2.13 – Графік використання верстатів за основним часом

### 2.11.3 Розрахунок кількості робітників

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:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,879}{1840 \cdot 1} = 0,974$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,215}{1840 \cdot 1} = 0,233$$

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

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

Таблиця 2.21 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	2	Оператор – 1	1 (I зміна); 1 (II зміна)
		Оператор – 1	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		

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних, то приймаємо 1 чол. Так як для обслуговування дільниці необхідні послуги наладчика верстатів та контролер, який перевіряє точність виготовленої продукції, необхідно ввести ці посади. Зважаючи на те, що обслуговування дільниці не дає можливості

повної зайнятості працівників, досить доречно поєднати обслуговування даної ділянки разом з іншими ділянками механообробного цеху.

Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці. Молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м<sup>2</sup> площі.

#### 2.11.4 Розрахунок маси вантажопотоків ділянки механічного цеху

Із складу заготовок надходить вантажопотік масою:

$$44,83 \cdot 20424 = 915607,9 \text{ (кг)}$$

Він розділяється на три частини і заготовки надходять на обробку до фрезерно-свердильно-розточувальних верстатів ГФ2171МФ3, після чого всі вони проходять обробку на фрезерному верстаті з ЧПК 6540РФ3, який має можливість піднімати стіл під певним кутом, що є дуже доцільно в даному випадкові, для фрезерування площини і свердління отворів, які знаходяться під кутом 45°. Після цього всі деталі надходять на обробку до фрезерно-свердильно-розточувального верстату 2204ВМФ4 із поворотним столом. Це дозволяє обробити заготовку із трьох сторін. Потім весь потік деталей проходить обробку на фрезерному верстаті. Після цього деталі надходять до відділу контролю та до проміжного складу надходить вантажопотік 757,730 т.

#### 2.11.5 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту

Для перевезення вантажів із складів до ділянки використовуємо електровізки. Вони відносяться до екологічно чистого транспорту, так як їх живлення здійснюється від акумуляторних батарей. Їх кількість розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{тр}} = Q \cdot (l_{\text{сп}} / v_{\text{сп}} + t_3 + t_p) / (q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t_{\text{зм}}); \quad (5.4)$$

- де: Q- сумарний вантаж, що перевозиться протягом розрахункового періоду, (року)  
 T;  
 q- номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т ;  
 F- річний фонд часу роботи електровізка;  
 l<sub>ср</sub>- сумарна відстань переміщення в прямому і зворотньому напрямках, м;  
 v<sub>ср</sub>- середня швидкість електровізка;  
 t<sub>з</sub>- час на завантаження для однієї операції;  
 t<sub>р</sub> – час на розвантаження для однієї операції;  
 K<sub>1</sub> – коефіцієнт (враховує витрати часу на ремонт) використання фонду часу крана;  
 K<sub>2</sub> – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу;  
 t<sub>зм</sub> – тривалість однієї зміни, год.

$$K_{тр} = 915,607 \cdot (84,80 + 5 + 5) / (60 \cdot 2040 \cdot 1,7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,002) = 14,05$$

Приймаємо 14 електровізків.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовують ручні візки, кількість візків дорівнює кількості верстатів –7.

#### 2.11.6 Розробка плану розташування обладнання

При дрібносерійному типові виробництва найдоцільніше розташовувати обладнання в порядку технологічного процесу. Оскільки габарити верстатів дозволяють то вони будуть розташовані фронтальною стороною до проїзду, це оптимальний варіант, який забезпечує досить легкий доступ до верстата робітникам, відносно легко організувати подачу заготовок та вивіз оброблених деталей.

#### 2.11.7 Проектування допоміжних відділень механічного цеху

Площу відділення по відведенню та переробці стружки визначаємо згідно рекомендацій [1] в залежності від кількості обладнання механічної дільниці, і вона складатиме 80 м<sup>2</sup>.

Маса стружки складає за рік:

$$M_{\text{стр}}=(44,83-37,1)\cdot 20424=157,8775 \text{ (т)}$$

Для вибору способу відведення та переробки стружки необхідно визначити скільки тонн стружки приходиться на  $1 \text{ м}^2$  площі ділянки:

$$157,8775/480=0,3289 \text{ (т/ м}^2\text{)}$$

Відповідно до рекомендацій [2] при кількості стружки менше  $0,3 \text{ т}$  в рік, що приходиться на  $1 \text{ м}^2$  площі цеху, доцільно використовувати візки, оскільки в даному випадкові цей показник вищий то доцільно використовувати конвеєр для відводу стружки.

Оскільки механічний цех є відносно малих розмірів, то відповідно приймаємо площу відділення для приготування і роздачі ЗОР рівною  $35 \text{ м}^2$ . Площа складу масел відповідно складає  $12 \text{ м}^2$ .

Кількість контролерів приймаємо рівною  $10\%$  від кількості основних верстатників, тобто:

$$9\cdot 0,10=0,9 \text{ чол.}$$

Отже достатньо 1 контролера на ділянку.

Питома площа одного контрольного пункту складає  $6 \text{ м}^2$ , відповідно площа контрольного пункту цеху складатиме  $6 \text{ м}^2$ .

Цеховий склад призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами і заготовками. Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою:

$$S_{\text{сз}}=Q_{\text{чорн}}\cdot t/260\cdot q\cdot K_{\text{в}} \quad (2.59)$$

де  $Q_{\text{чорн}}$  – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, тобто сума маси деталей та маси стружки:

$$44,8 \cdot 20424 = 915607,8 \text{ (кг)}$$

$t$  – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступання їх на обробку, згідно рекомендацій [1] складає 8 днів;

$q$  – середнє допустиме навантаження на  $1 \text{ м}^2$  корисної площі підлоги, при способі збереження матеріалів і заготовок в штабелях складає  $1,2 \text{ т/ м}^2$ ;

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання площ складування, 0,3.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{\text{сз}} = 915,6079 \cdot 8 / 260 \cdot 1,2 \cdot 0,3 = 78,257 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною  $80 \text{ м}^2$ .

Оскільки ми суміщуємо склад матеріалів із заготівельним відділенням. То площа зросте і складатиме  $100 \text{ м}^2$ .

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є проміжний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складальних вузлів: підшипники, прокладки, електрообладнання і т.п.

Необхідну площу для проміжного складу розраховують за формулою:

$$S_{\text{прс}} = Q \cdot t / 260 \cdot q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{в}} \quad (2.60)$$

де  $Q$  – маса деталей та вузлів річної програми випуску, які підлягають зберіганню,  $37,1 \cdot 20424 = 757730,4 \text{ кг}$ ;

$t$  – середня кількість робочих днів запасу, згідно рекомендацій [1] складає 10 днів;

$q_{пр}$  – середнє допустиме навантаження на  $1 \text{ м}^2$  корисної площі підлоги, складає  $1,25 \text{ т/ м}^2$ ;

$K_B$  – коефіцієнт використання площ складування,  $0,4$ .

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{прз} = 757,7304 \cdot 10 / 260 \cdot 1,25 \cdot 0,4 = 58,29 \text{ (м}^2\text{)}$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною  $60 \text{ м}^2$ .

Площа інструментально – роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва за рекомендаціями [14]. (див. таблицю 5.5)

Таблиця 2.22 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкти зберігання	Норми площі на металорізальний верстат, $\text{м}^2$	Кількість верстатів	Площа складу, $\text{м}^2$	
				розрахун кова	прийма та
1	2	3	4	5	6
Інструментально-роздавальний	Ріжучий і допоміжний інструмент	0,4-0,9	7	2,8-6,3	5
	Вимірювальний інструмент	0,3-0,5	7	2,1-3,5	3
Допоміжний	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,6-1,2	7	4,2-8,4	8
Інструментального оснащення	Пристосування і всі види інструмента	1,3-2,6	9	9,1-18,2	15



### 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБПЛЕТЕНЬ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

#### 3.1 Розрахункова схема РВТ

РВТ мають доволі 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

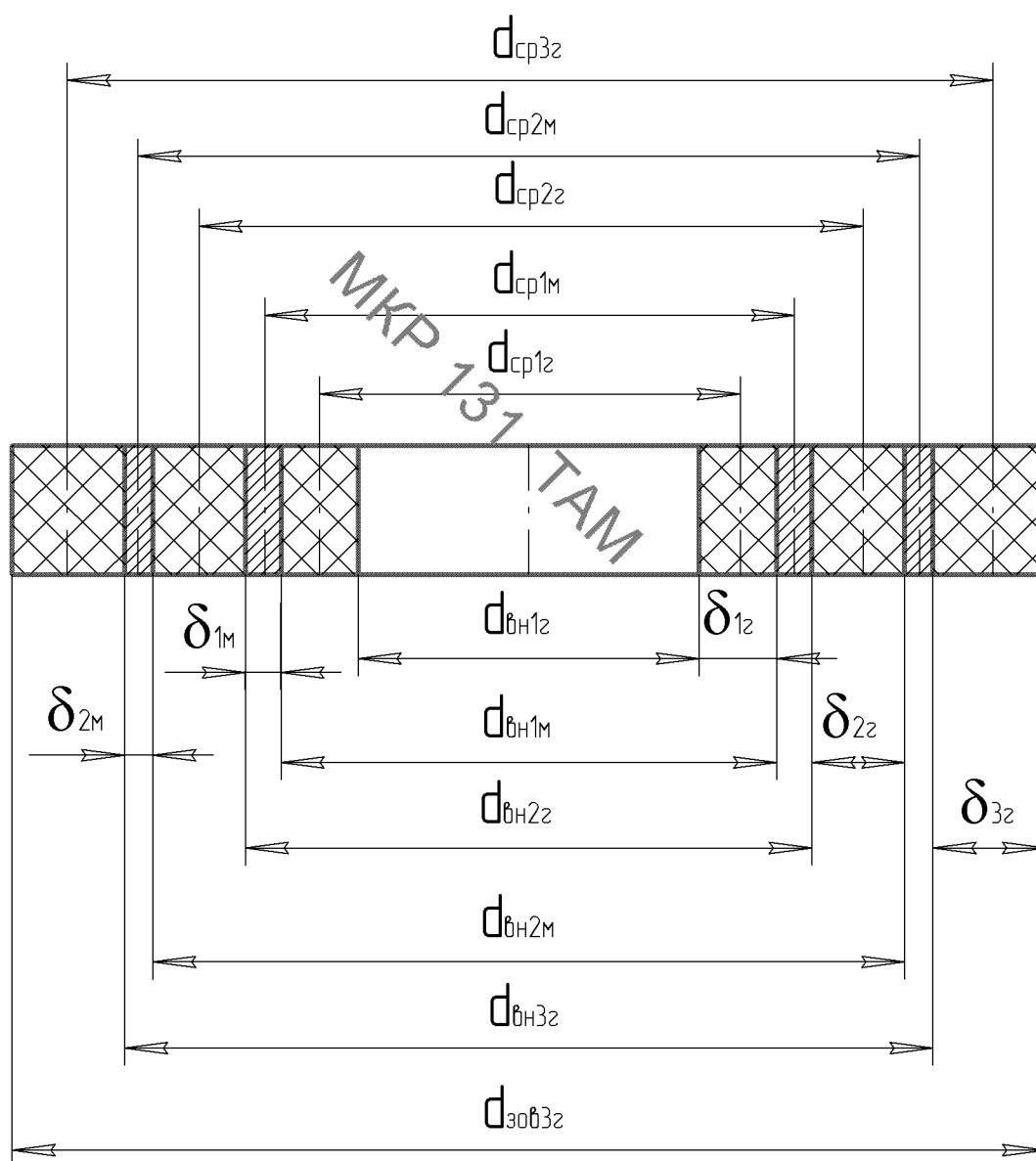


Рисунок 3.1- Схема РВТ із подвійним металевим обплетенням

внутрішню поверхню РВТ, гумовий шар пружньо деформується і тисне на внутрішню

поверхню металевого обплетення, що також деформується тисне на внутрішню поверхню другого гумового шару.

Запропонована реологічна модель РВТ наведена на рис. 2.2.

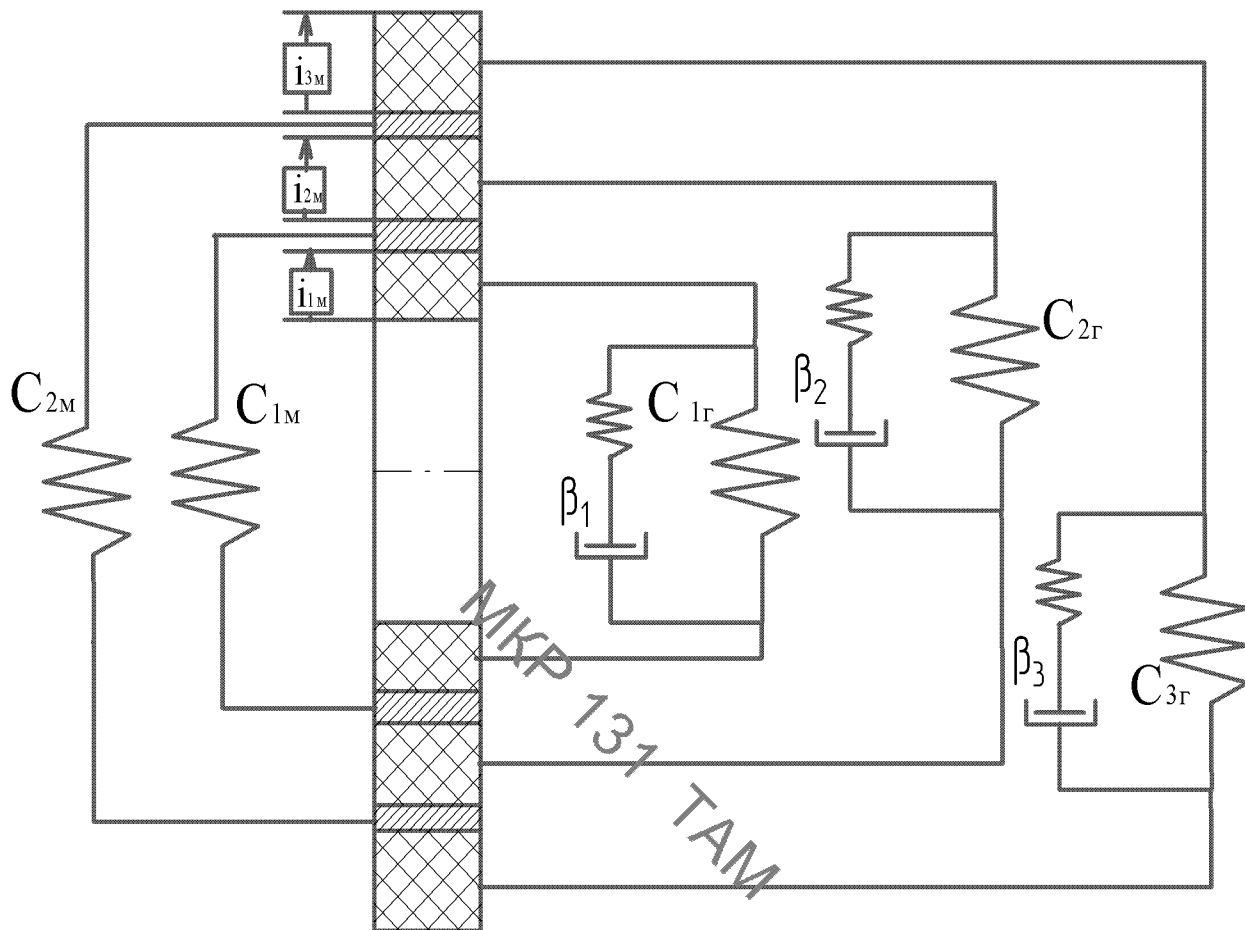


Рисунок 3.2 Реологічна модель РВТ з подвійним металевим обплетенням

В даній моделі опір деформації гумового шару визначається величиною жорсткості  $C_r$  і коефіцієнтом внутрішнього демпфування  $\beta$ . Внаслідок проходження робочої рідини через РВТ під певним тиском деформується внутрішній шар гуми, його деформація передається внутрішній поверхні металевих обплетення із передатним відношенням  $i_{1r}$ . 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  $i_{1M}$ . Жорсткість  $C_{r2}$  і коефіцієнт внутрішнього демпфування  $\beta_2$  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.

Аналогічно жорсткість  $i$ -го гумового обплетення в осьовому напрямкові:

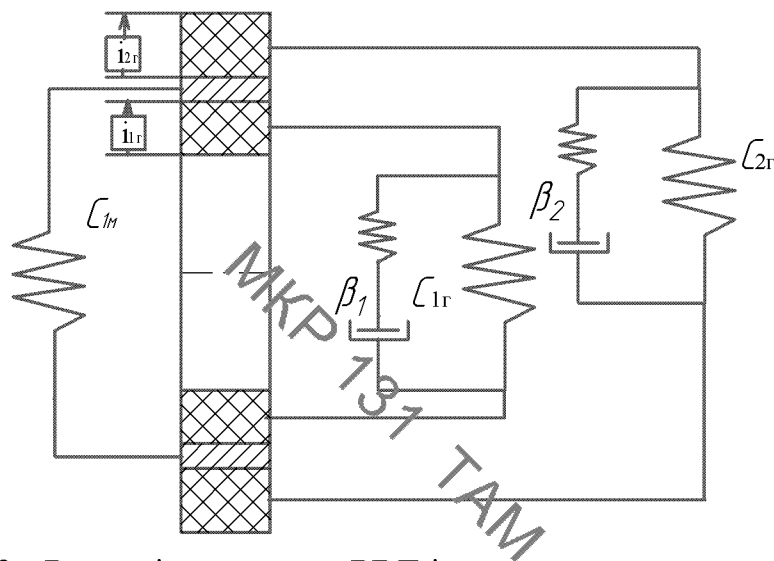


Рисунок 3.3- Реологічна модель РВТ із одним металевим обплетенням

### 3.2 Визначення статичного коефіцієнта податливості

Статичний коефіцієнт податливості характеризує сумарна зміна одиниці об'єму порожнини рукава і рідини, що відповідає одиничній зміні тиску [8].

При проведенні експериментальних досліджень визначається саме коефіцієнт статичної податливості та його залежність від різноманітних конструктивних параметрів. Тому для порівняння результатів та експериментальних досліджень, для перевірки складеної моделі необхідно визначити  $K(p)$  аналітичним способом [21].

При подачі імпульсу тиску на рукав високого тиску діють сили, що намагаються деформувати його. Рівняння цих сил для РВТ з 1 металевим обплетенням має вигляд:

$$\Delta p \cdot F = C_{1\Gamma} \cdot \Delta d_{1\Gamma} + C_{1M} \cdot \Delta d_{\text{ВН1М}} + C_{2\Gamma} \cdot \Delta d_{\text{ВН2Г}} \quad (3.1)$$

Так як:

$$\Delta d_{\text{ВН1М}} = \Delta d_{\text{ЗОВН1Г}}, \quad (3.2)$$

тоді рівняння (2.27) матиме вигляд:

$$\Delta p \cdot F = C_{1\Gamma} \cdot \Delta d_{1\Gamma} + C_{1M} \cdot \Delta d_{\text{ЗОВН1Г}} + C_{2\Gamma} \cdot \Delta d_{\text{ВН2Г}} \quad (3.3)$$

Площа поперечного перерізу:

$$F = \pi d_{\text{ВН1Г}}^2 \quad (3.4)$$

Передаточне відношення першого гумового шару визначається за виразом:

$$i_{1\Gamma} = \frac{\Delta d_{\text{ЗОВН1Г}}}{\Delta d_{\text{ВН1Г}}} \quad (3.5)$$

Звідки:

$$\Delta d_{\text{ЗОВН1Г}} = \Delta d_{\text{ВН1Г}} \cdot i_{1\Gamma} \quad (3.6)$$

Тоді з врахуванням (2.32) та (2.30) формула (2.29) матиме вигляд:

$$\Delta p \cdot \pi d_{\text{ВН1Г}}^2 = C_{1\Gamma} \cdot \Delta d_{\text{ВН1Г}} + i_{1\Gamma} \cdot C_{1M} \cdot \Delta d_{\text{ВН1Г}} + C_{2\Gamma} \cdot \Delta d_{\text{ВН2Г}} \quad (3.7)$$

Передатне відношення першого металевго обплетення:

$$i_{1M} = \frac{\Delta d_{30B1M}}{\Delta d_{BН1M}} \quad (3.8)$$

З формули (2.34) отримаємо:

$$\Delta d_{30B1M} = \Delta d_{BН1M} \cdot i_{1M} \quad (3.9)$$

Зміна внутрішнього діаметру першого металевго обплетення з врахуванням формули (2.32) буде визначатися:

$$\Delta d_{BН1M} = \Delta d_{30B1Г} = \Delta d_{BН1Г} \cdot i_{1Г} \quad (3.10)$$

Використовуючи формулу (2.35) отримаємо:

$$\Delta d_{30B1M} = \Delta d_{BН1Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1ГМ} \quad (3.11)$$

Так як внутрішній діаметр другого гумового обплетення дорівнює зовнішньому діаметру першого металевго обплетення, то отримаємо:

$$\Delta d_{BН1Г} = \Delta d_{30B1M} = \Delta d_{BН1Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1M} \quad (3.12)$$

Таким чином рівняння діючих сил:

$$\Delta p \cdot \pi d_{BН1Г}^2 = C_{1Г} \cdot \Delta d_{BН1Г} + i_{1Г} \cdot C_{1M} \cdot \Delta d_{BН1Г} + C_{2Г} \cdot \Delta d_{BН1Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1M} \quad (3.13)$$

Розділивши отриманий вираз на внутрішній діаметр першого гумового шару отримаємо:

$$\Delta p \cdot \pi \frac{d_{BН1Г}^2}{\Delta d_{BН1Г}} = C_{1Г} + i_{1Г} \cdot C_{1M} + C_{2Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1M} \quad (3.14)$$

Статичний коефіцієнт податливості – це відношення приросту об'єму до початкового об'єму і зміни тиску:

$$K(p) = \frac{\Delta W}{W \Delta p} \quad (3.15)$$

Приріст об'єму на одиничній довжині РВТ визначатиметься:

$$\Delta W = \Delta F \cdot \Delta l = \Delta F \cdot 1 = \Delta F \quad (3.16)$$

Зміна площі знаходиться як різниця площ до і після зміни тиску:

$$\Delta F = \frac{\pi(d_{\text{вн1Г}} + \Delta d_{\text{вн1Г}})^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{вн1Г}}^2}{4} = 0,5\pi d_{\text{вн1Г}} \cdot \Delta d_{\text{вн1Г}} \quad (3.17)$$

При цьому величиною  $\Delta d_{\text{вн1Г}}^2$  ми нехтуємо, оскільки вона є порівняно мала.

З врахуванням (2.43) та (2.42) рівняння (2.41) набуде вигляду:

$$K(p) = \frac{2\Delta d_{\text{вн1Г}}}{\Delta p d_{\text{вн1Г}}} \quad (3.18)$$

Провівши нескладні математичні перетворення отримаємо:

$$K(p) \cdot \Delta p d_{\text{вн1Г}} = 2\Delta d_{\text{вн1Г}} \quad (3.19)$$

Поділимо рівняння (2.45) на приріст внутрішнього діаметру першого шару гуми:

$$K(p) \cdot \Delta p \frac{d_{\text{вн1Г}}}{\Delta d_{\text{вн1Г}}} = 2 \quad (3.20)$$

Використавши рівняння (2.41) можемо записати:

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{K(p)} = C_{1Г} + i_{1Г} \cdot C_{1М} + C_{2Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1М} \quad (3.21)$$

Провівши математичні перетворення отримаємо:

$$K(p) = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{C_{1Г} + i_{1Г} \cdot C_{1М} + C_{2Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1М}} \quad (3.22)$$

Аналогічно записуються рівняння для визначення статичного коефіцієнта податливості для РВТ з двома та трьома металевими обплетеннями:

$$K(p) = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{C_{1Г} + C_{2Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1М} + C_{3Г} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1М} \cdot i_{2Г} \cdot i_{2М} + i_{1Г} \cdot C_{1М} + C_{2М} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1М} \cdot i_{2Г}} \quad (3.23)$$

$$K(p) = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{C_{1Г} + C_{2Г} i_{1Г} i_{1М} + C_{3Г} i_{1Г} i_{1М} i_{2Г} i_{2М} + C_{3Г} i_{1Г} i_{1М} i_{2Г} i_{2М} i_{3Г} i_{3М} +} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{+ i_{1Г} C_{1М} + C_{2М} i_{1Г} i_{1М} i_{2Г} + C_{3М} i_{1Г} i_{1М} i_{2Г} i_{2М} i_{3Г}} \quad (3.24)$$

Передатні відношення визначають за формулою:

$$i_i = \frac{1 - \mu \frac{\delta_i}{d_{\text{срі}}}}{1 + \mu \frac{\delta_i}{d_{\text{срі}}}} \quad (3.25)$$

Оскільки модуль пружності гуми менший за відповідний модуль для проволочки у  $10^5$  разів, то ми нехтуємо пружними властивостями гуми, що внесе незначну похибку у розрахунок. Тоді статичний коефіцієнт податливості визначатиметься за формулою:

Для РВТ з одним металевим обплетенням:

$$K(p) = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{i_{1Г} \cdot C_{1М}} \quad (3.26)$$

для РВТ із подвійним металевим обплетенням:

$$K(p) = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{i_{1Г} \cdot C_{1М} + C_{2М} \cdot i_{1Г} \cdot i_{1М} \cdot i_{2Г}} \quad (3.27)$$

для РВТ із потрійним металевим обплетенням:

$$K(p) = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн1Г}}}{i_{1Г} C_{1М} + C_{2М} i_{1Г} i_{1М} i_{2Г} + C_{3М} i_{1Г} i_{1М} i_{2Г} i_{2М} i_{3Г}} \quad (3.28)$$

Отже статичний коефіцієнт податливості для рукава високого тиску із n-ою кількістю металевих обплетень визначається за формулою:

$$K(p) = \frac{2\pi}{i_{1Г} \cdot C_{1М} + i_{1Г} \cdot i_{1М} \cdot i_{2Г} \cdot C_{2М} + \dots + i_{1Г} \cdot i_{1М} \cdot i_{1Н} \cdot i_{1М} \dots i_{(n-1)М} \cdot C_{nМ}} \quad (3.29)$$

### 3.3 Дослідження залежності статичного коефіцієнта податливості від конструктивних параметрів РВТ

Використовуючи отриману залежність для жорсткості металевих обплетень в формулі статичного коефіцієнта податливості досліджено залежність останнього від товщини металевих та гумових обплетень РВТ, в кожному випадкові досліджувалося шість типорозмірів рукавів.

На рис.2.14 показано залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого металевих обплетень для РВТ з одним та потрійним металевим обплетенням. Така залежність більш виражена у РВТ із одним металевим обплетенням – при зростанні товщини металевих обплетень статичний коефіцієнт



податливості зменшується, але не можна збільшувати товщину обплетень максимально, тому що отримуємо фактично трубу, яка є не гнучкою і не зможе виконувати функціональне призначення РВТ. Характерно, що залежність статичного коефіцієнта від товщини металевих обплетень для РВТ з невеликим внутрішнім діаметром є значно меншою.

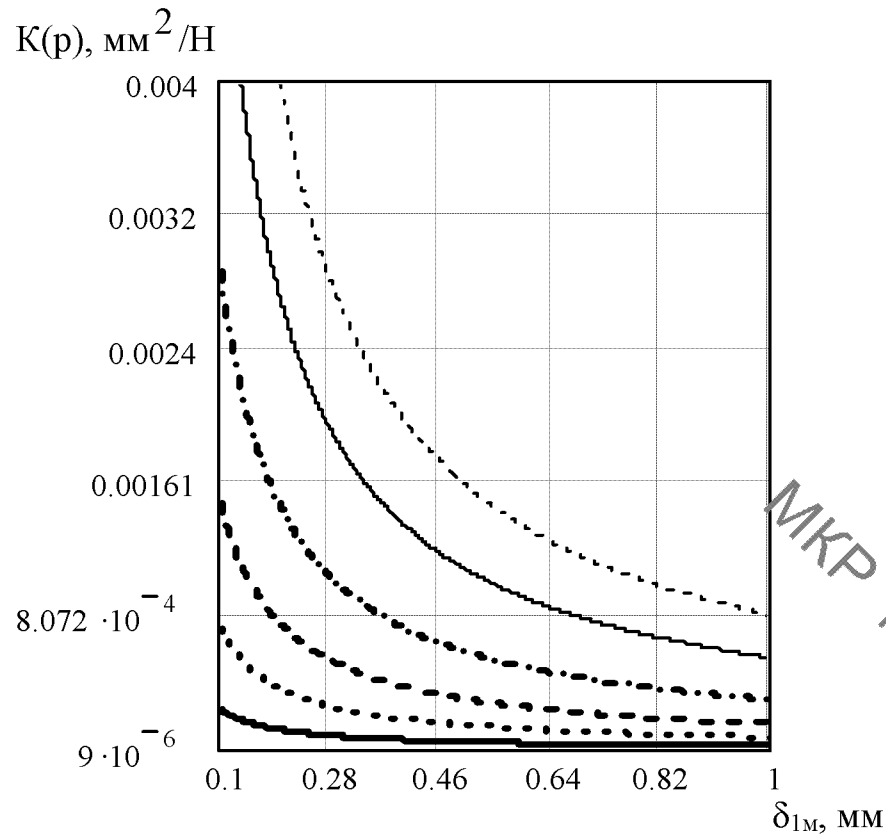
Залежності статичного коефіцієнта від товщини другого та третього металевих обплетень (рис.2.15) є подібні – при збільшенні товщини проволочки – зменшується статичний коефіцієнт податливості.

Залежності статичного коефіцієнта податливості від товщини металевих обплетень для РВТ з подвійним металевим обплетенням є подібні.

При збільшенні товщини гумових шарів статичний коефіцієнт податливості зростає (рис. 2.17, 2.18, 2.19). Хоча для РВТ з потрійним металевим обплетенням така залежність майже відсутня відносно товщини третього гумового шару. Більш вираженими є залежності статичного коефіцієнта податливості від товщини першого гумового шару. На відміну від попередніх залежностей, в даному випадкові графіки для різних типорозмірів РВТ є подібні.

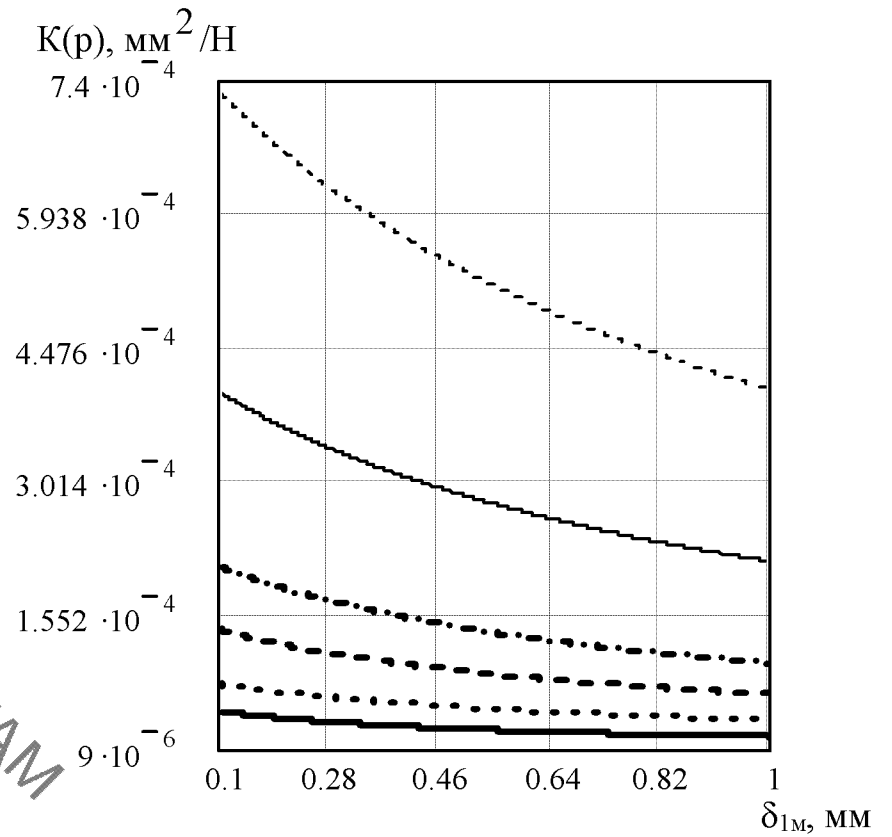
Отже товщина металевих обплетень впливає на статичний коефіцієнт податливості значно більше ніж товщина гумових шарів. Збільшується жорсткість і відповідно зменшується статичний коефіцієнт податливості при зростанні товщини металевих обплетень та при зменшенні товщини гумових шарів. Але при цьому потрібно враховувати, що РВД має залишатися гнучким, еластичним для того щоб виконувати своє функціональне призначення.

MKP 131 TAM



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

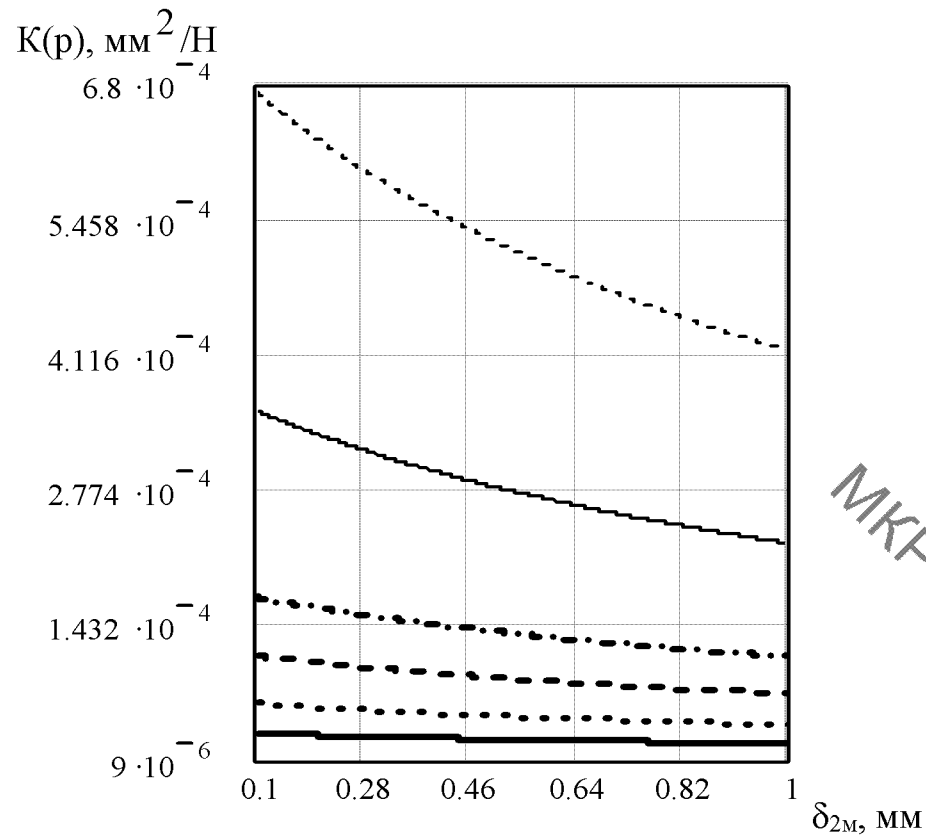
a)



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

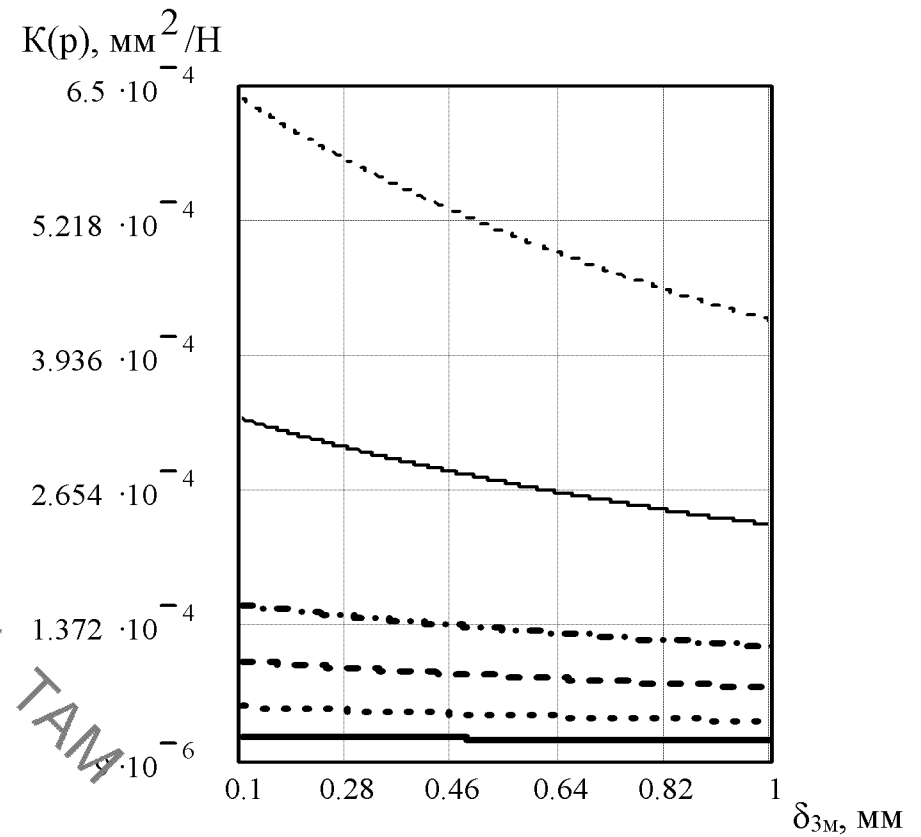
б)

Рисунок 3.4 Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого металевого обплетення для РВТ з одним (а) і потрійним (б) металевим обплетенням



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - · -  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

a)



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - · -  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

б)

Рисунок 3.5 Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини другого (а) та третього (б) металевих обплетень для РВТ з потрійним металевим обплетенням

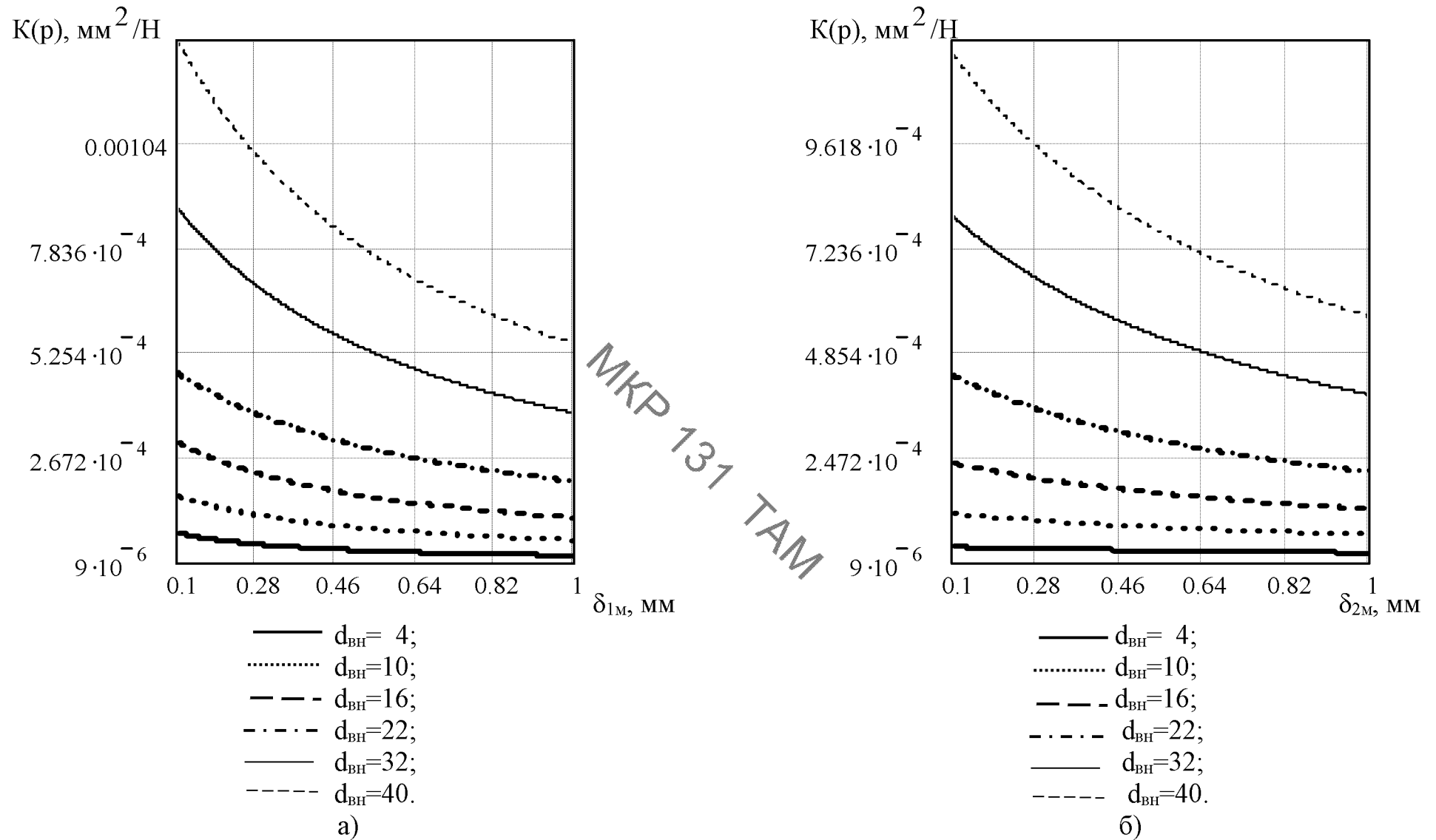
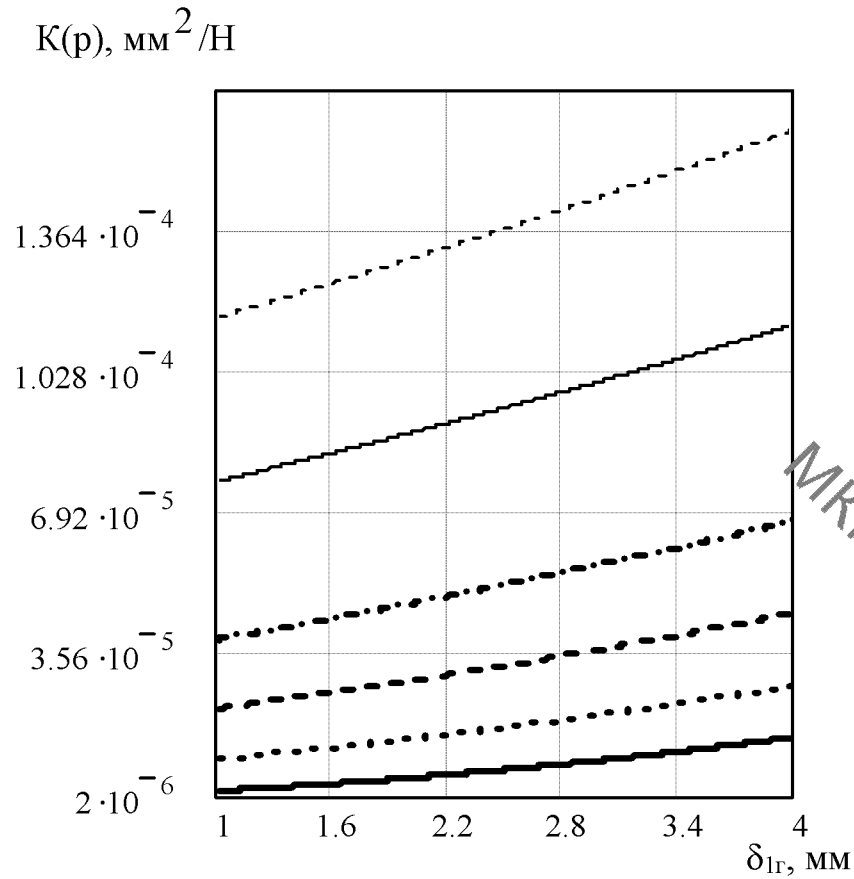
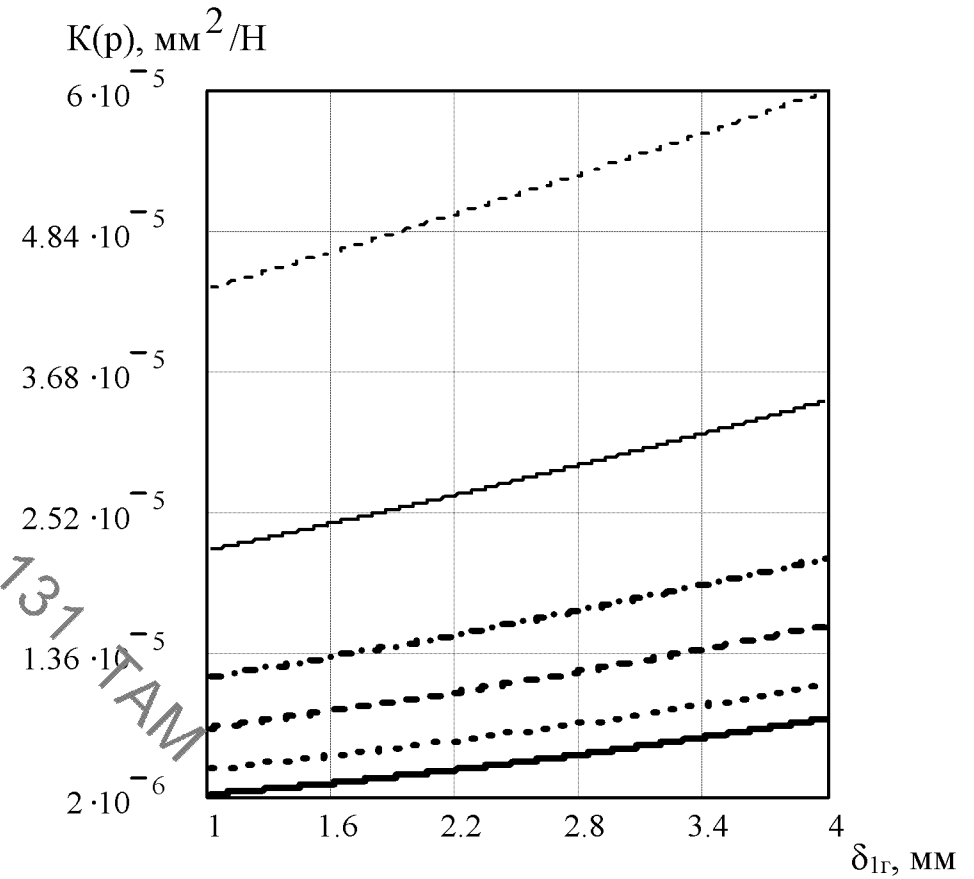


Рисунок 3.6 Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого (а) та другого (б) металевих обплетень для РВТ з подвійним металевим обплетенням



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

а)



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

б)

Рисунок 3.7 Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини гумового обплетення для РВТ з одним (а) та потрійним (б) металевим обплетенням

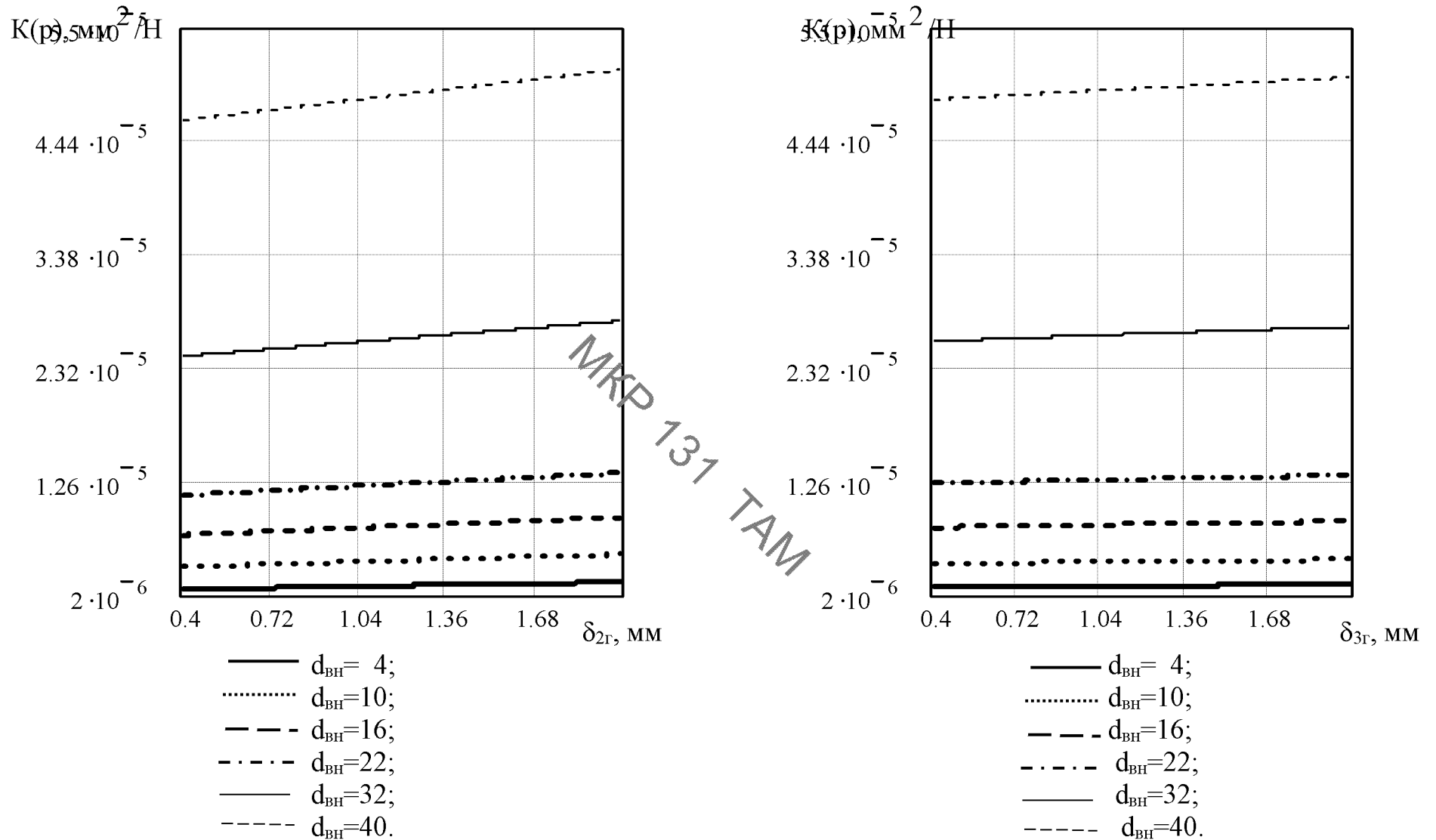
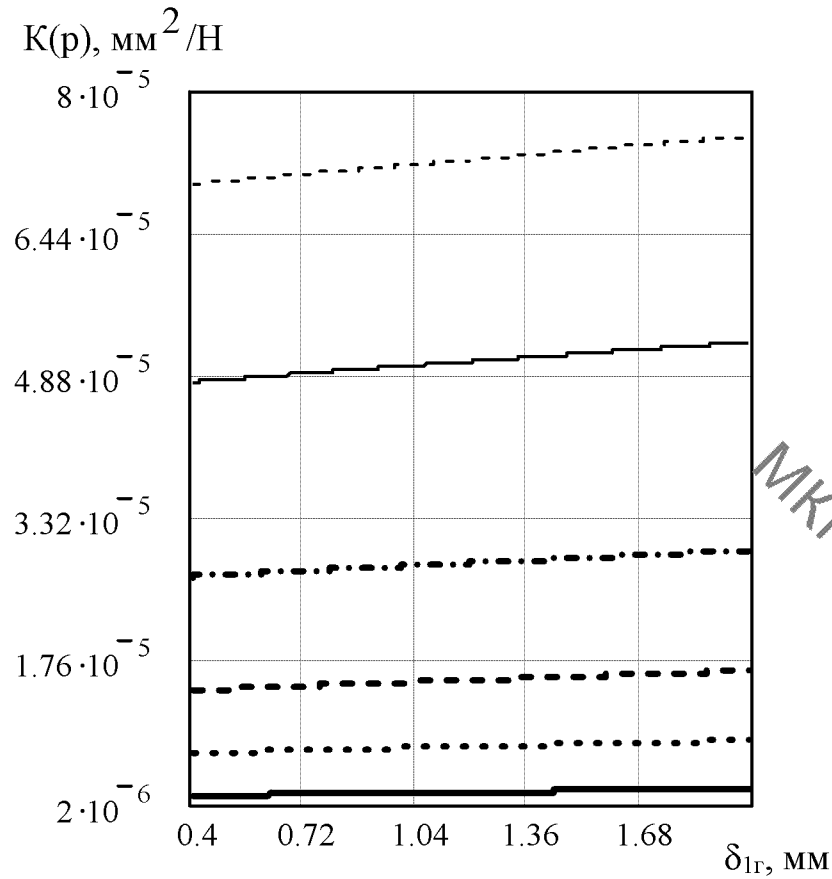
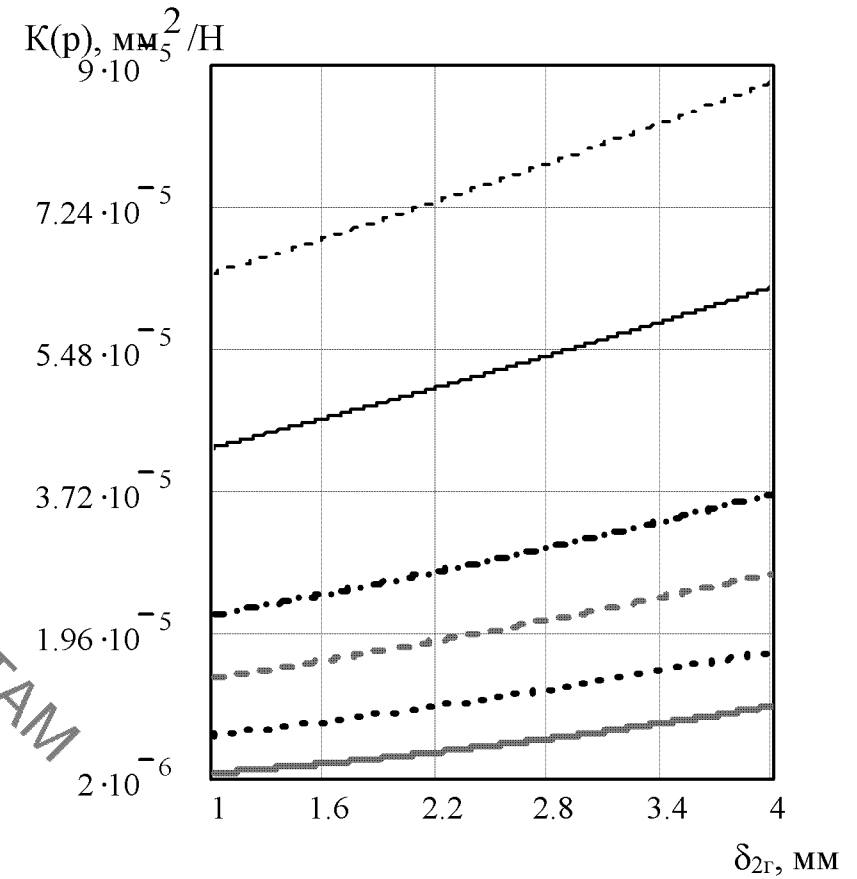


Рисунок 3.8 . Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини другого (а) та третього (б) гумових облєтєнь для РВТ з потрійним металевим облєтєнням



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

Рисунок 3.9 . Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого (а) та другого (б) гумових обплетень для РВТ з подвійним металевим обплетенням



## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

В магістерській роботі розробляються і досліджуються методи поверхневої пластичної деформації, які дозволяють отримати точні деталі та із зміцненим поверхневим шаром. При цьому враховується матеріал деталі, її форма та середовище в якому вона працює. Деталь «Корпус В24» слугує для встановлення колеса в складальній одиниці, а саме підвісці автомобілів ВАЗ. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням поверхонь обертання. Внутрішня поверхня – отвір, що має складну поверхню, яка має високі вимоги точності обробки, та до якої мають бути застосовані методи поверхневої пластичної деформації.

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

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
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

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
7	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 аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати нижчі, як в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно вико-

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Савуляк В.В.	Сухоруков С.І.	Сердюк О.В
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	3
2	2	2	2
3	2	2	2
4	4	3	4
5	4	4	4
6	2	2	2
7	3	2	2
8	3	3	3
9	1	1	1
10	3	4	3
11	4	4	4
12	2	2	2
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =32	СБ <sub>2</sub> =31	СБ <sub>3</sub> =32
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	• $=(32+31+32)/3=32$		

Таблиця 4.3 – Рівні комерційного потенціалу розробки

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

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

#### 4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Поршень», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту шасі легкових 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 автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 50 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 50 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту  $P_{\text{п}}=70\%$ ;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно  $C_{\text{п}}=80\%$ .

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:  
Потребу в інноваційному продукті:

$$\begin{aligned} \Pi_i &= \Pi \cdot \Pi_n / 100 [\text{шт}] & (4.1) \\ \Pi_i &= 50\,000 \cdot 70 / 100 = 35\,000 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ОП} &= \Pi_i / T [\text{шт}] & (4.2) \\ \text{ОП} &= 35\,000 / 4 = 8\,750 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= \text{ОП} \cdot C_{\text{п}} / 100 [\text{шт}] & (4.3) \\ \text{ПП} &= 8\,750 \cdot 0,8 = 7\,000 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{РП} &= (\text{ОП} + \text{ПП}) / 2 [\text{шт}] & (4.4) \\ \text{РП} &= (8\,750 + 7\,000) / 2 = 7\,875 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки в нашій країні досить багато легкових автомобілів ВАЗ, які і надалі будуть ремонтуватися їхніми власниками. 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 використовуються фланці, які не піддаються поверхневому зміцненню. Подібні деталі або закаляються в цілому, що призводить до їх значного здорожчання, або взагалі не піддаються зміцнюючій обробці, що призводить до малого ресурсу служби. За аналог приймаємо деталі, які закаляються, оскільки продажі таких деталей на ринку значно вищий ніж незміцнених.

Аналізуючи таблицю 3.4 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог, вона дозволить автомобілям працювати довше без поломок і відповідно простоїв.

Таблиця 4.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог маховик, виготовлений загартуванням	Деталь, технологічний процес виготовлення якої проектується	Відношення параметрів нової деталі і параметрів аналога
Маса деталі	кг	14,2	11,9	1
Габарити маховика	мм	Ø228x 172	Ø204x 172	1
Наявність зміцненого поверхневого шару	-	наявне	наявне	1
Зміцнення всієї деталі	-	наявне	відсутнє	1
Твердість поверхневого шару	НВ	220	260	1,18

#### 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.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

Зважаючи на кращі параметри деталі ніж у аналога, пропонується продавати деталь за ціною дещо вищою, але зважаючи на кращі технічні параметри вона залишиться конкурентоспроможною на ринку нашої країни та дозволить подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

#### 4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

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.

Таблиця 4.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку	9			20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

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;



$\alpha_i$ 

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap}=9\cdot 0,2+9\cdot 0,3+9\cdot 0,2+8\cdot 0,3=8,7$$

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:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad \text{або} \quad q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}$$

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

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

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Твердість поверхневого шару отвору	220НВ	260НВ	1,18	20%
Циклічна довговічність	6 млн. циклів	7 млн. циклів	1,17	30%
Витрати часу на обробку	21 год	16,47год	1,27	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1=260/220=1.18$$

$$q_2=7/6=1.17$$

$$q_3=21/16,47=1,27$$

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{\text{яв}}=1,18 \cdot 0,2+1,17 \cdot 0,3+1,27 \cdot 0,2+2,0 \cdot 0,3=1.441$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 44,1%.

#### 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:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}$$

$P_{bei}$   $P_{nei}$  - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = 3600/6900 = 0,521$$

$$K = 1,441/0,521 = 2,76$$

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

#### 4.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Основна заробітна плата розробників (дослідників)  $Z_o$ , які працюють в наукових установах бюджетної сфери розраховується за формулою:

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

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

Величини окладів знаходиться в межах (3700...7000) грн. за місяць;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; прийmemo  $T_p = 20$  днів;

$t$  – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , розраховується за формулою 5.6.

$$z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i [\text{грн.}],$$

де  $C_i$  – погодиннатарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує роботу. грн/год;

$t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, год.;

$n$  – кількість робіт по видах та розрядах.

Таблиця 4.7 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадковий оклад, грн..	Оплата за робочий день, грн..	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн..
Керівник проекту	8000	400	10	4000
Інженер-технолог	5500	275	7	1925
Інженер-конструктор	5500	275	7	1925
Начальник цеху	6500	325	10	3250
Менеджер	6500	325	5	1625
			Всього	12990,8

Основна заробітна плата робітників  $z_p$ , розраховується за формулою 5.6.

$$z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i [\text{грн.}],$$

де  $C_i$  – погодиннатарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує роботу. грн/год;

$t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, год.;

$n$  – кількість робіт по видах та розрядах.

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}} \left[ \frac{\text{грн}}{\text{ГОД}} \right],$$

де  $M_m$  – мінімальна заробітна плата ( $M_m=6000$  грн);

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$K_c$  – коефіцієнт співвідношення, який установлений генеральною угодою між урядом України та профспілками,  $K_c = 1,25$ ;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Наприклад, розрахуємо погодинну тарифну ставку для виконання робіт з демонтажу обладнання.

$$C_4 = 5000 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 58,38 \text{ (грн./год.)}$$

Таблиця 4.8 Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудоємність, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати, грн.
Багатоцільова з ЧПК	0,68	4	58,38	29,56
Багатоцільова з ЧПК	0,12	4	58,38	5,22
Токарна з ЧПК	0,23	4	58,8	10,0
Всього				44,77

Витрати на основну заробітну плату робітників з врахуванням програми випуску складатиме:

$$Z_p = 44,77 \cdot 7875 = 352596 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх розробників розраховується як ... 12)% від величини основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o .$$

Для нашого випадку:

$$З_d = 0,12 \cdot (12990,8 + 352596) = 43870 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22 % від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(12990,8 + 353596 + 43870) \cdot 0,22 = 90300,5 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

У спрощеному вигляді амортизації і відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц_{\text{ф.в.}}}{T_{\text{н.в.}} \cdot 12}$$

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$T_{\text{фн}}$  – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,68 год для однієї деталі, відповідно ( з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,68 \cdot 7875 / (8 \cdot 30) = 22,31 \text{ місяців}$$

Для вертикально свердлильного верстата аналогічно:

$$0,12 \cdot 7875 / (8 \cdot 30) = 3,94 \text{ місяця}$$

Таблиця 4.9 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Токарний з ЧПК	450 000	12	22,31	69718,75
Фрезерний з ЧП	220 000	12	3,94	6019,44
Токарний з ЧПК	310 000	12	7,21	15521,53
Всього			91259,72	

Для токарного з ЧПК аналогічно:

$$0,22 \cdot 7875 / (8 \cdot 30) = 7,21 \text{ місяця}$$

$T_{\text{нв}}$  – нормативний термін використання обладнання, 12 років

Витрати на комплектуючі та інструменти, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються згідно їх номенклатурою.

$$I = \sum_{j=1}^n N_j \cdot c_j \cdot K_j \text{ [грн.]},$$

де  $n$  – кількість видів інструменту, оснащення;

$N_j$  – кількість інструменту, оснащення  $i$ -го найменування, шт;

$c_j$  – покупна ціна інструменту, оснащення  $i$ -го виду, грн;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат  $K_j = 1,1 \dots 1,5$ .

$$I = 38 \cdot 35 \cdot 1,1 + 15 \cdot 25 \cdot 1,1 + 56 \cdot 32 \cdot 1,1 + 40 \cdot 20 \cdot 1,1 + \\ + 15 \cdot 60 \cdot 1,1 = 5716,7 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.10 – Витрати на інструменти

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна, грн.	Вартість, грн.	Прим.
Різець розточний	38	35	1330	
Різець підрізний	15	25	375	
Різець прохідний	56	32	1792	
Свердла	20	40	800	
Всього			5716,7	

Витрати на матеріали (М), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалу за формулою.

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{Bj}(\text{грн.})$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, 0,8 кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, 20 грн./кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат;

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{Bj}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, 10 грн/кг.

$$M = 0,8 \cdot 20 \cdot 1,1 - (1,1 - 0,8) \cdot 10 = 14,6 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$14,6 \cdot 7875 = 114975 \text{ (грн.)}$$



Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.],} \quad (3.10)$$

де:  $V$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. У січні 2020 року  $V = 2,83$  грн./кВт.

$\Pi$  – установлена потужність обладнання, 12 кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт використання потужності.  $K_{\Pi} < 1$ , приймаємо 0,8.

Таблиця 3.11 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Токарний з ЧПК	12	0,68	11,95
Свердлильний з ЧПК	12	0,12	2,11
Токарний з ЧПК	12	0,23	4,04
Всього			18,1

А для всієї партії:

$$18,1 \cdot 7875 = 142498,44 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу:

$$V_{\text{ін}} = (1 \dots 3) (3_o + 3_p) \quad (4.11)$$

Усі витрати складають:

$$B=12990,8+352596+43870+90300,5+91259,72+5716,7+114975+142498,44+731173,6=15853814 \text{ (грн.)}$$

### 3.10 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

Загальна вартість даної роботи визначається за  $B_{\text{заг}}$  формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (4.12)$$

де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку  $\alpha = 0,95$ .

Тоді

$$B_{\text{заг}}=1585381/0,95=1668822 \text{ (грн.)}$$

передбачає прогнозування загальних витрат на розробку та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ=B_{\text{заг}}/\beta \quad (4.13)$$

де  $\beta$  – 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:

$$ЗВ=1668822/0,9=1854247 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання кришки шатуна з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 1854 тис грн.

#### 4.11 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 7875 шт. Середня ціна подібних деталей 6900грн. Оскільки розроблений нами спосіб зміцнення поверхонь деталі дозволяє отримати значно вищу твердість поверхневого шару та чистоту поверхні, але процес виготовлення деталі дешевший, що дозволяє реалізовувати наші деталі приблизно на (20...40%) дешевше, тобто в середньому за 3600 грн., або на 3300 грн. дешевше. 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 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 3000 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 2675 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 1200 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 1 000 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  $\Delta\Pi_i$ , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta/100) \quad (4.14)$$

де  $\Delta C_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що  $\Delta C_0 = 3300$  грн;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено;

$\Delta N$  – 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.;  $C_0 = 6900$  грн;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2020 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати  $\rho = 0,2 \dots 0,3$ ; візьмемо  $\rho = 0,25$ ;

$\vartheta$  – ставка податку на прибуток. У 2018 році  $\vartheta = 18\%$ .

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора  $\Delta\Pi_1$  протягом першого року від реалізації нашої розробки (2020 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (3000 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2432,497 \text{ ( тис грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (2675 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2171,652 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (1200 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 974,199 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (1000 \cdot 3300) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 811,832 \text{ (тис грн.)}$$

#### 4.12 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо теперішню вартість інвестицій  $PV$ , що вкладаються в нашу розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження результатів роботи, розраховану нами раніше за формулою (4.10), з врахуванням додаткових витрат  $K_{\text{дод}}$ , пов'язаних з врахуванням непередбачених обставин.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{\text{абс}}$ . Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (4.12)$$

де  $\text{ПП}$  – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків  $\text{ПП}$  розраховується за формулою:

$$\text{ПП} = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i} \quad (3.13)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

$t$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні.

Для України приймемо, що  $\tau = 0,10$  (або 10%);

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо  $E_{абс} \leq 0$ , то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо  $E_{абс} > 0$ , то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна. Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{2435,497}{(1+0.1)^2} + \frac{2171,652}{(1+0.1)^3} + \frac{974,199}{(1+0.1)^4} + \frac{811,832}{(1+0.1)^5} = 6289,494 \text{ (тис. грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{абс} = 6289494 - 1854247 = 4435247 \text{ (тис. грн.)}$$

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:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{абс} / PV} - 1 \quad (4.14)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій,  $E_{абс} = 4435247$  грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 1854247$  грн.;

$T_{ж}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 4435247 / 1854247} - 1 = 0,357 = 35,7\%$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування  $\tau_{мін}$  визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.15)$$

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:

$$\tau_{мін} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } \tau_{мін} = 35\%.$$

Оскільки величина  $E_B = 35,7\% > \tau_{мін} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок} = 1/0,357 = 2,8$$

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

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 (2,8 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Сучасні форми організації праці і як наслідок, поява нових структур соціальних відносин на суб'єктах господарювання і інші аналогічні процеси, які створюють для фахівців у сфері безпеки праці нові і нетрадиційні проблеми, що, у свою чергу, потребують від них новітніх підходів та методів роботи із персоналом. Розробка ж таких інноваційних методів забезпечення безпеки праці повинна відбуватись на основі науково обгрунтованого інструментарію, сформованого на базі передового досвіду зарубіжних країн. Вирішення питання забезпечення безпеки праці набуває нині особливої актуальності як серед вітчизняних і зарубіжних вчених, так і на рівні практиків – фахівців у сфері охорони праці.

Охорона праці – це багатогранне поняття, під яким слід розуміти не лише забезпечення безпеки працівників у процесі виконання ними їх посадових обов'язків, воно охоплює різні заходи, серед яких доцільно виокремити профілактичні та превентивні процедури щодо професійних захворювань, організацію різних форм повноцінного відпочинку і харчування працівників під час робочої перерви, забезпечення їх необхідним спецодягом та гігієнічними засобами і навіть надання соціальних пільг і гарантій.

На працівника під час удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус В.24» можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори (згідно ГОСТ 12.0.003-74):

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; недостатня освітленість робочої зони; відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Враховуючи особливості дослідження визначимо технічні рішення з безпечного виконання роботи, а також технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії на етапі розробки маршруту механічної обробки.

### 5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи при механічній обробці деталей різанням

Основними нормативними документами, що регламентують безпеку робіт на металорізальних верстатах, є Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості від 16.10.2013 № 749 «Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів», НПАОП 0.00-1.68-13 Правила охорони праці під час холодного оброблення металів та ін. Згідно з цими нормативними документами вимоги безпеки до процесів оброблення різанням мають бути викладені в маршрутних картах, картах ескізів, технологічних інструкціях, відомостях операцій, картах технологічного процесу, картах типового технологічного процесу, операційних картах та інших тех- нологічних документах.

Вимоги безпеки мають виконуватися протягом усього технологічного процесу, включаючи операції технічного контролю, транспортування, складування об'єктів оброблення і збирання технологічних відходів виробництва. У технологічній документації на оброблення різанням мають бути вказані засоби захисту працюючих. Режими різання мають забезпечувати безпеку роботи, відповідати вимогам стандартів і технічних умов для відповідних інструментів.

Установка оброблюваних заготовок і зняття готових деталей під час роботи обладнання допускається поза зоною оброблення, при застосуванні спеціальних позиційних пристосувань (наприклад, поворотних столів), що забезпечують безпеку праці робітників.

При обробці різанням заготовок, що виходять за краї обладнання, мають бути встановлені переносні огороження і знаки безпеки. Для виключення зіткнення рук верстатників із пристосуваннями, що рухаються, і інструментом при установці

заготівок і знятті деталей мають застосовуватися автоматичні пристрої (механічні руки, револьверні пристосування, бункери).

Для охолодження зони різання застосовуються з дозволу МОЗ України масляні мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), емульсії, синтетичні та напів-синтетичні рідини з температурою спалаху не нижче 150 °С, вільні від кислот.

Стружку (відходи виробництва) від металорізальних верстатів і робочих місць варто забирати механізованими способами за допомогою різних транспортерів. Прибирання робочих місць від стружки і пилу має проводитися способом, що виключає пилоутворення.

Для контролю розмірів оброблюваних заготівок під час роботи обладнання мають передбачатися спеціальні прилади, що дозволяють здійснювати виміри автоматично, без зняття деталей. Контроль розмірів оброблюваних заготівок на верстатах і зняття деталей мають проводитися лише при відключених механізмах обертання або переміщення заготівок, інструменту і пристосувань.

Загальні вимоги до верстатів усіх типів: наявність захисних огорожувальних пристроїв відповідної конструкції, що не обмежує технологічні можливості верстата і не викликає незручностей при роботі; наявність запобіжних пристроїв і блокувань; виконання вимог до органів керування; наявність відповідних пристроїв для переміщення, установки і закріплення заготівок та інструмента на станині; виконання вимог до змащення й охолодження верстата; виконання вимог до гідравлічних і пневматичних приводів верстата; виконання вимог до відведення стружки; наявність пристроїв для видалення пилу, дрібної стружки й інших шкідливих домішок; виконання вимог до робочих площадок; включення вимог безпеки в технічну документацію.

При механічній обробці металів на людину діє комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До небезпечних фізичних факторів належать: рухомі частини верстатів, вироби і заготівки; стружка й осколки інструментів; нагріті поверхні обладнання, інструменту, заготівок; висока напруга в силовій електричній мережі й статична електрика;

підйомно-транспортні пристрої та переміщувані вантажі; можливість виникнення пожеж.

Шкідливими фізичними факторами є: високі вологість і швидкість руху повітря робочої зони, підвищена або знижена температура; підвищені рівні випромінювань, шуму і вібрації; підвищений вміст пилу в повітрі робочої зони; недостатня освітленість, підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать токсичний пил, шкідливі пари і гази, аерозолі, агресивні рідини (кислоти, луги). До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать мікроорганізми, що містяться у відпрацьованій мастильно-охолоджувальній рідині. До психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням належать: фізичні перевантаження при установці, закріпленні та знятті великогабаритних виробів; перенапруження зору; монотонність праці.

До найважливіших факторів можна зарахувати: різучі інструменти (фрези, дискові пили, абразивні круги), приводні та передавальні механізми, зливну (стрічкову) стружку, стружку, що відлітає, пил.

При обробці крихких матеріалів, в тому числі і чавуну на високих швидкостях різання стружка від верстата розлітається на значну відстань (3–5 м). Металева стружка, особливо при точінні в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400–600°C) і велику кінетичну енергію, являє собою серйозну небезпеку не тільки для працюючого на верстаті, але і для осіб, що перебувають поблизу верстата. Найпоширенішими у верстатників є травми очей. Так, при токарній обробці (серед загальної кількості виробничих травм пошкодження очей перевищило 50%, при фрезеруванні – 10 %, і близько 8 % – при заточуванні інструменту і шліфуванні. Очі ушкоджувалися стружкою, що відлітає, пиловими частинками оброблюваного матеріалу, осколками різучого інструменту і частинками абразиву.

Одним із шкідливих виробничих чинників є пил. Основним джерелом утворення пилу в механічних цехах є шліфувально-заточні операції. У процесі шліфування в повітря виділяється високодисперсний пил (0,5-3 м/км), до складу якого, окрім

частинок металу, належать частинки абразивного (електро- корунд і карбід кремнію) і зв'язуючого матеріалу (керамічна, силікатна, магне- зійна й інші зв'язки). Концентрація пилу досягає найбільшої величини при вну- трішньому шліфуванні без вентиляції (28–153 мг/м<sup>3</sup>), при сухому шліфуванні з відсмоктуванням – запиленість складає 20 мг/м<sup>3</sup> і більш. Вологе шліфування без вентиляції також не забезпечує повного знепилення (середня концентрація пилу – 6–7 мг/м<sup>3</sup>). Крім того, утворюється масляний аерозоль із концентрацією 15 – 20 мг/м.

Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може призвести до розвитку пилових захворювань бронхолегеневого апарату – пневмоконіозів і хронічного пилового бронхіту. Надзвичайно небезпечне вдихання пилу, газів, туману бе- рилію і його сполук, що призводить до захворювання на беріліоз.

У робітників-верстатників може виникати ряд захворювань шкіри (дерма- този) від дії змащувальних і охолоджуючих масел і емульсій, сполук хрому, ні- келю, кобальту, пластичних мас, скловолокнистих пластиків та ін. Найбільш поширені алергічні дерматити й екзема. Речовини можуть шкодити організму при частому потраплянні масла на відкриті ділянки шкіри, при тривалій роботі в одязі, що просякнутий маслом, при вдиханні масляного туману. Систематичний контакт із маслом може викликати гострі та хронічні захворювання шкіри.

У робітників–верстатників у результаті тривалого стояння розвивається виражене розширення вен на ногах, яке ускладнене запальними або трофічними розладами. Робітники на конвеєрі, шліфувальники мають схильність до захво- рювань периферичних нервів і м'язів.

Крім того, при роботі металообробних верстатів мають виконуватися вимоги до забезпечення електробезпеки і освітлення робочих місць.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

У підрозділі розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії під час аналітичного огляду відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей

в умовах даного типу виробництва, а також проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій.

### 5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища у виробничому приміщенні, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи і діють на людину у процесі праці, на його робочому місці, у робочій зоні.

Значні коливання параметрів мікроклімату можуть привести до порушення терморегуляції організму (здатності організму утримувати постійну температуру), загальної слабкості та інших негативних проявів. За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови поділяються на оптимальні та допустимі. Нормування параметрів мікроклімату здійснюється у відповідності до вимогам «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» (ДСН 3.3.6.042-99), якими встановлені норми оптимальних та допустимих параметрів мікроклімату виробничих приміщень.

В таблиці 5.1 наведені допустимі параметри мікроклімату у робочій зоні виробничих приміщень категорії 1а (до якої відноситься роботи дослідника за енерговитратами).

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення вказаних параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено використання централізованої парової системи опалення, системи механічної вентиляції, систематичного провітрювання та вологого прибирання (раз за зміну).

### 5.2.2. Склад повітря робочої зони

У повітрі закритих, недостатньо вентилярованих приміщень вміст діоксиду вуглецю може свідчити про ступінь забруднення середовища продуктами життєдіяльності людей і про ефективність вентиляції.

В таких умовах погіршується самопочуття і з'являється відчуття нечистого (спертого) повітря. Встановлено, що паралельно із збільшенням кількості CO<sub>2</sub> зростає в повітрі вміст і інших продуктів життєдіяльності людей, які одержали назву антропоксинів. Понад 30 сполук входять в склад антропоксинів: оксид вуглецю, аміак, ацетон, сірководень, вуглеводні, альдегіди, органічні кислоти, діетиламін, крезол, фенол тощо. Крім згаданих сполук, в повітря закритих приміщень може надходити більш як 100 летких речовин, які утворюються при розкладанні органічних речовин на поверхні тіла, одягу, в кімнатному пилу, виділяються із полімерних матеріалів.

В приміщенні, де здійснюється робота у повітрі можуть бути наявні підвищені концентрації пилу та озону. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

У закритих приміщеннях легкі іони поглинаються в процесі дихання, а також пилом, одягом тощо. Тому ступінь іонізації вважається досить добрим індикатором чистоти повітря. Експериментально підтверджено негативну дію деіонізованого

повітря. У людей з'являються сонливість, головний біль, підвищується артеріальний тиск, збільшується кількість недоокислених продуктів у сечі. Для поліпшення якості повітря його збагачують легкими іонами

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення тісно взаємопов'язано з біологічним годинником людини. Імітація сонячного світла підвищує працездатність. Тьмяне освітлення викликає сонливість. Саме тому важливо враховувати якість освітлення на робочому місці, щоб підвищити показники роботи співробітників.

Доведено, що завдяки продуманому освітленню, можливо домогтися більш високих показників. Співробітники менше втомлюються і працюють продуктивніше. Робота при поганому освітленні викликає головні болі, підвищує стомлюваність, погіршує зір.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зазначені у таблиці 5.4:



Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

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

Штучне освітлення в приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

Для забезпечення достатнього освітлення слід максимально використовувати бічне природного освітлення, систематично очищувати скло від бруду та систематично замінювати перегорілі лампи.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Шуми викликають функціональні розлади серцево-судинної системи; шкідливо впливають на зоровий і вестибулярний аналізатори; знижують рефлекторну діяльність, що часто стає причиною нещасних випадків і травм.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99. Допустимі рівні звукового тиску для виконання роботи наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного 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 доцільно забезпечити звукоізоляцію з вулиці (встановленням метало-пластикових вікон)

#### 5.2.5. Виробничі випромінювання

Електромагнітне випромінювання радіочастот застосовують у промисловості, науці, техніці, медицині; радіолокації, радіометеорології, радіоастрономії, радіонавігації; у космічних дослідженнях тощо.

Штучними джерелами, які генерують електромагнітні поля, є телевізійні та радіотрансляційні станції; установки для радіолокації і радіонавігації; високовольтні лінії електропередач; промислові установки високочастотного нагрівання; пристрої, що забезпечують мобільний та стільниковий телефонний зв'язок; антени, трансформатори.

Попри очевидну користь, штучні джерела електромагнітних полів можуть негативно впливати на працівників. Професійні захворювання, спричинені дією електромагнітних випромінювань радіочастот, найчастіше виникають у працівників радіомовлення, телебачення, зв'язку; медичної галузі; в осіб, які термічно обробляють метали, деревину й інші матеріали; нагрівають і зварюють діелектрики.

Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівника становлять наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Допустимі параметри електромагнітних неіонізуючих випромінювань і електростатичного поля

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/кв.м
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля			
60 кГц до 3 мГц	50	35	
3 кГц до 30 мГц	20	-	
30 кГц до 50 мГц	10	0,3	
30 кГц до 300 мГц	5	-	
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру			
УФ-С (220 - 280 мм)			0,001
УФ-В (280 - 320 мм)			0,01
УФ-А (320 - 400 мм)			10,0
в видимій частині спектру 400 - 760 мм			10,0
0,76 - 10,0 мкм			35,0-70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 кВ/м

Для обмеження впливу ЕМП на працівника слід використовувати лише якісну техніку із сертифікатом якості і дотримуватися встановленого часу роботи за ПК. Для забезпечення безпеки працівника необхідно дотримуватися вимог НПАОП 0.00-7.15-18 та встановленого режиму часу під час роботи з ПК.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

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

Робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни;

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 інформації з наступною корекцією дій та операцій;

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) – 4-6год.

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 – 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 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус В.24» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

5.3.1 Дія електромагнітних та іонізуючих випромінювань електронні пристрої

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

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

устаткування, таке, як сигнальні процесори, системи контролю польотів, цифрові системи контролю двигунів є потенційно уразливими до дії ЕМІ.

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

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

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

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

5.3.2 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу в умовах дії електромагнітних випромінювань.

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

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

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

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

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

Допустиме коливання напруги живлення для системи ЧПК складає

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

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

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

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

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

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

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{Г}}}$$

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

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

Звідки максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля

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

Отже, безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус В.24» в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена, якщо значення вертикальної складової напруженості електричного поля не перевищуватиме 0,3672 В/м.

5.3.3 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус В.24» в умовах дії іонізуючих випромінювань.

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

Таблиця 5.8 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус В.24».

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

Аналіз принципової схеми системи ЧПК показав, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, транзистори,



конденсатори, резистори, діоди, діелектричні матеріали, кварцові елементи, магнітні матеріали, мікросхеми індуктивності та напівпровідники.

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

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання визначається за формулою

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

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

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

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

Проведений розрахунок показав, що безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус В.24» в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечена, якщо в умовах експлуатації потужність дози іонізуючих випромінювань не перевищуватиме  $9,5\cdot 10^4$  Р/с.

Проведені розрахунки з оцінки безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус В.24» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань дають змогу зробити висновок, що система працюватиме безпечно в умовах дії цих чинників, якщо інтенсивності впливу іонізуючого та електромагнітного випромінювань не перевищуватимуть, відповідно,  $9,5\cdot 10^4$  Р/с і  $0,3672$  В/м.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено маршрут механічної обробки для деталі корпус, в якому використовується обладнання із ЧПК. Згідно розрахунку тип виробництва –серійний. Деталь не містить важкодостопних для обробки місць. До нетехнологічних елементів можна віднести тільки отвори під різь М6. В результаті аналізу і виконаних розрахунків в якості заготовки обрано виливок в оболонкові форми. Визначивши кількість ступенів механічної обробки для кожної поверхні, та обравши технологічні бази спроектовано технологічний процес механічної обробки. При цьому технологічні розміри визначені за допомогою розмірного аналізу. Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно. Крім того виконано попереднє проектування ділянки механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 2, що дозволяють обробити задану програму випуску. Верстати завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 54.71 %. В розділі охорона праці розраховано віброізолятор робочої зони та розроблено заходи із пожежної безпеки.

Крім того на основі математичної моделі пружних переміщень РВТ в осьовому напрямкові визначено вплив конструктивних параметрів РВТ на його статичний коефіцієнт податливості.

## 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 роликами. 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: ТулГУ. – 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 дільниць 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. Литі 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. Плещач,- 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-Vr>. 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 технике 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. Пружинні 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](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](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](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](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»,

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 технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу  
 «Корпус Б.24»  
 08-26.МКР.007.00.000 ПЗ

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

Перетяжко Р.В. \_\_\_\_\_

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Корпус В.24» 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 В.24».

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 «Додатку до Положення 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.

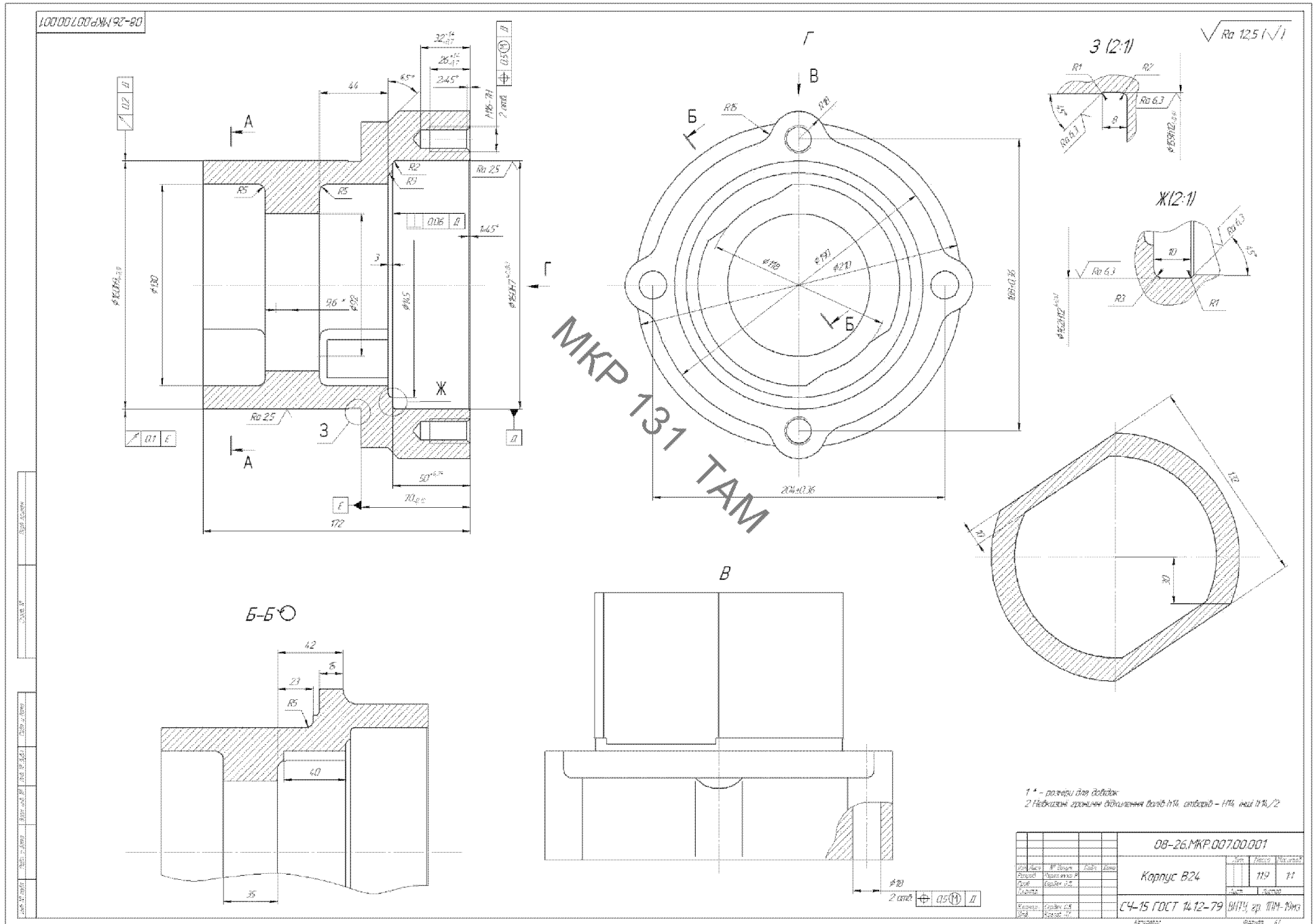
9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом Відсутні.

Додаток Б

Графічна частина  
МКБ 131 ТАМ

MKP 131 TAM



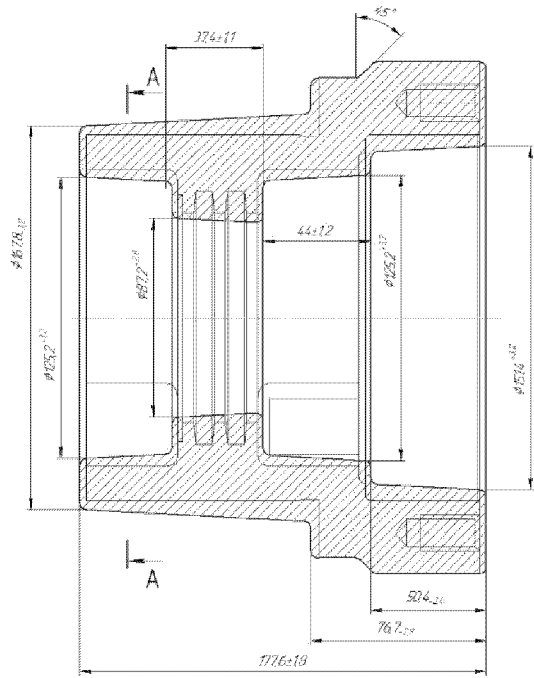


1\* - размеры для деталей  
 2 - без учета уклонов отвалов 1:4, отвалов - 1:4, или 1:1, 2

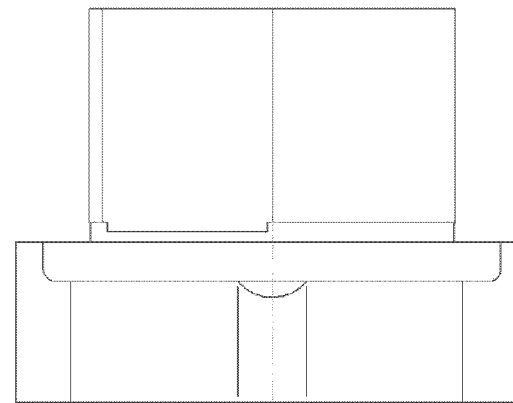
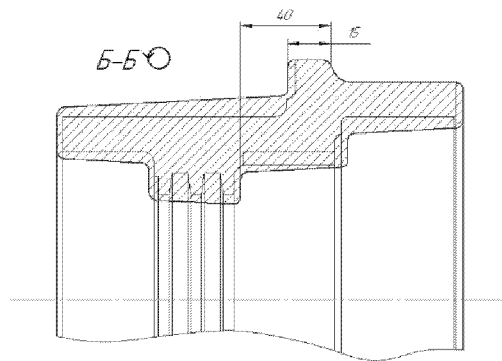
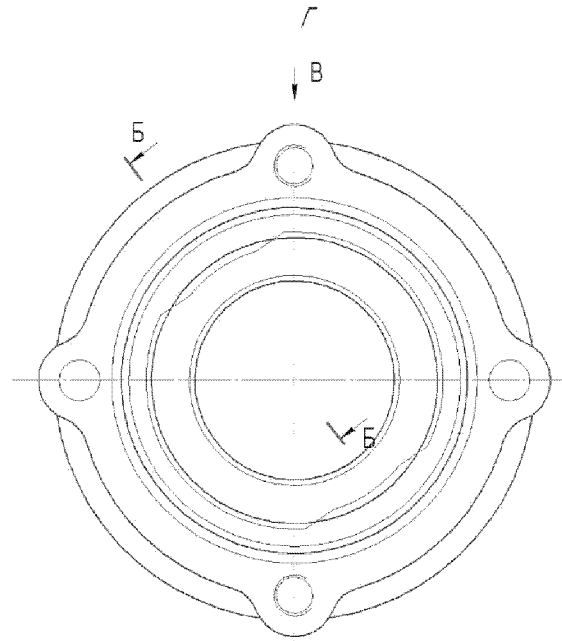
08-26.MKP.007.00.001					
Исполн.	Провер.	Утверд.	Дата	Лист	Измен.
Корпус В.24				119	11
С4-15 ГОСТ 14.12-79				ИПТ/ЭЗ ТММ-ММС	

08-28.MKP.007.00.002

√ Ra 12,5 (√)



МКР 131 ТАМ

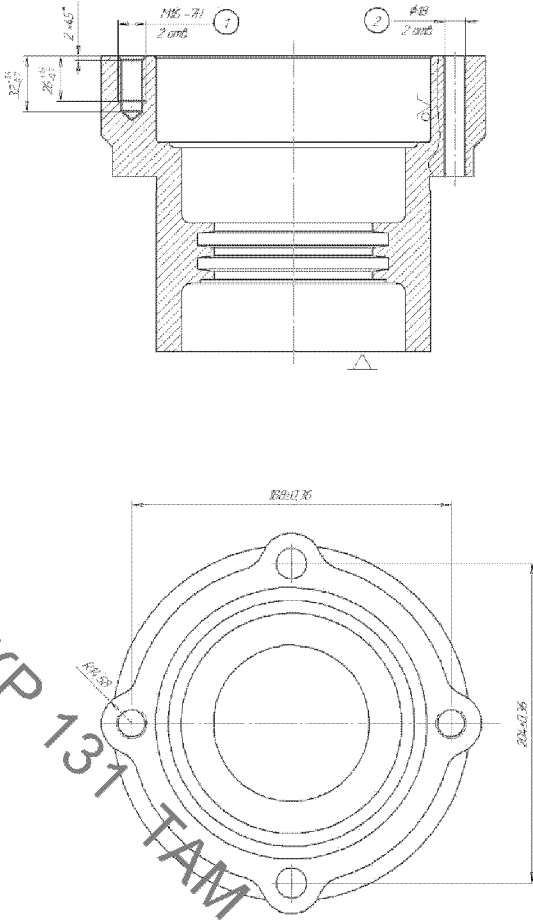


- 1 \* Розміри для довідок
- 2 Точність вилідка 10-5-12-11т ГОСТ 26645-85
- 3 Маса 119-4.23-0.83-16.95 ГОСТ 26645-85
- 4 Невказані формувальні нахили 3°3, лифарні радіуси 5 мм
- 5 Зміщення по площині розему допускається до 1,8 мм
- 6 Допускається раковини, пустоти φ0,5мм на глибині 1 мм

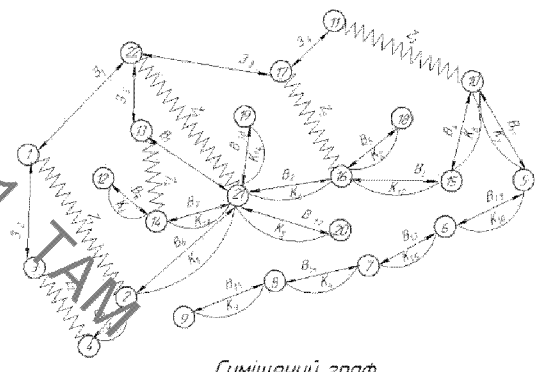
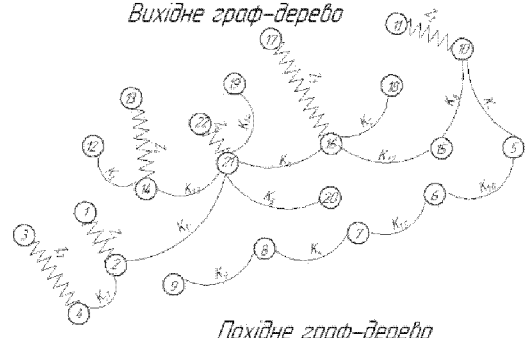
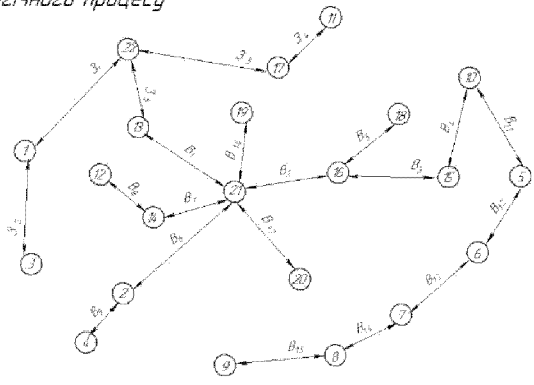
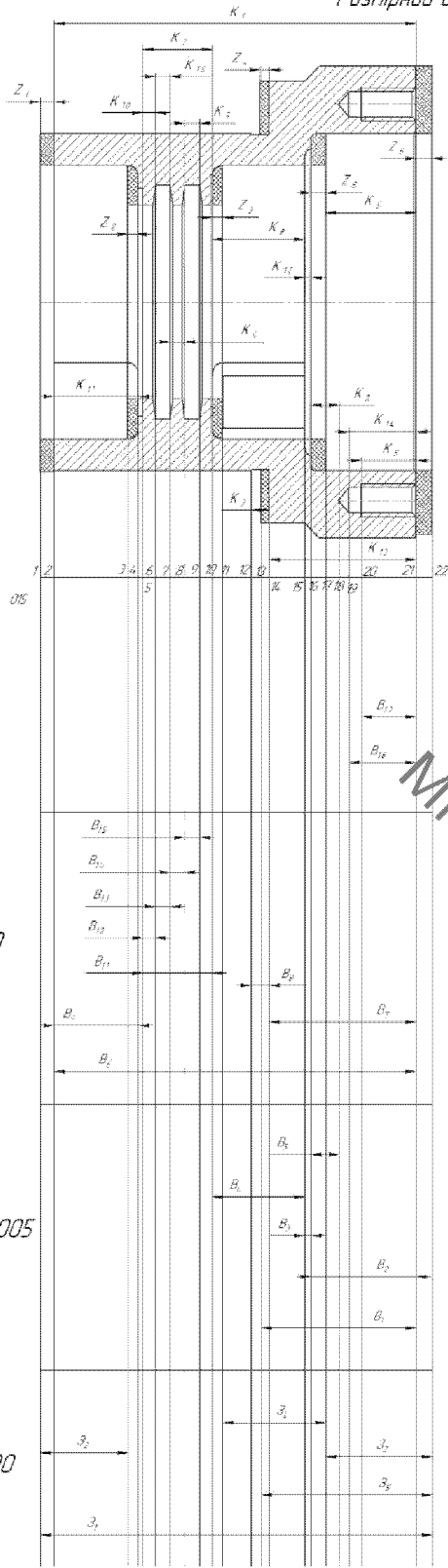
08-28.MKP.007.00.002		Корпус В.24 (заготовка)		16.95	11
С4-15 ГОСТ 14.12-79		ВН115, зр. 11М-19М			

Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
005	<p><b>Токарно – ребольверно з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити заготовку, закріпити</li> <li>2 Підрізати торець <sup>1</sup> витримуючи розмір вказаний на ескізі</li> <li>3 Розточити фаску <sup>1</sup> попередньо отвір <sup>2</sup> в розмір <math>\varnothing 158.971(+0.25)</math>, отвори <sup>3</sup> та <sup>4</sup> витримуючи розміри вказані на ескізі.</li> <li>4 Розточити отвір <sup>5</sup> попередньо в розмір <math>\varnothing 159.64(+0.1)</math></li> <li>5 Розточити канавку <sup>6</sup> в розмір згідно ескізу</li> <li>6 Розточити фаску <sup>7</sup> в розмір згідно ескізу</li> <li>7 Розточити отвір <sup>8</sup> остаточно в розмір згідно ескізу</li> <li>8 Зняти заготовку</li> </ol>	<p>небказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Токарний з ЧПК 16K20Ф3
010	<p><b>Токарно – ребольверно з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити заготовку, закріпити</li> <li>2 Підрізати торець <sup>1</sup> в розмір згідно ескізу та точити поверхню <sup>2</sup> попередньо в розмір 160.8 (-0.25)</li> <li>3 Точити канавку <sup>3</sup> витримуючи розмір вказаний на ескізі</li> <li>4 Точити фаску <sup>4</sup> витримуючи розмір вказаний на ескізі</li> <li>5 Точити поверхню <sup>5</sup> остаточно витримуючи розмір вказаний на ескізі</li> <li>6 Розточити отвори <sup>6</sup>, <sup>7</sup>, <sup>8</sup> витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>7 Розточити канавку <sup>9</sup> витримуючи розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Зняти заготовку</li> </ol>	<p>небказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2</p>	Токарний з ЧПК 16K20Ф3

№	Операції, переходи	Ескізи базування	Моделі верстатів
005	<p><b>Вертикально-свердильний</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити заготовку, закріпити.</li> <li>2 Свердлити 2 отвори <sup>ⓐ</sup> в розмір <math>\phi 13,9(+0,4)</math>.</li> <li>3 Свердлити 2 отвори <sup>ⓑ</sup> в розмір згідно ескізу.</li> <li>4 Зенкувати дві фаски в отворах <sup>ⓐ</sup> витримуючи розмір вказаний на ескізі.</li> <li>5 Нарізати різь в обох отворах <sup>ⓑ</sup> витримуючи розміри вказані на ескізі.</li> <li>6. Зняти заготовку.</li> </ol>	 <p>Невказані значення відлічення розмірів отворів МН, валу МН, ншн МН/2</p>	Вертикально-свердильний 2Р135Ф2

Размірний аналіз технологічного процесу



МКР 131 ТАМ

010

005

000

Примуски	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>
Z <sub>ліній</sub> , мм	1,2	1,205	1,21	1,005	1,0	1,05
Z <sub>шкіл</sub> , мм	2,3	4,15	5,93	14,52	5,08	3,4

Таблиця 1 - Рівняння розрахунку розмірів технологічних параметрів.

№ умов	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Лінійні, що виходять з
1	Z <sub>1</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>11</sub>	Z <sub>1</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>11</sub>	Z <sub>1</sub>
2	Z <sub>2</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>12</sub>	Z <sub>2</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>12</sub>	Z <sub>2</sub>
3	Z <sub>3</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>13</sub>	Z <sub>3</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>13</sub>	Z <sub>3</sub>
4	Z <sub>4</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>14</sub>	Z <sub>4</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>14</sub>	Z <sub>4</sub>
5	Z <sub>5</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>15</sub>	Z <sub>5</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>15</sub>	Z <sub>5</sub>
6	Z <sub>6</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>16</sub>	Z <sub>6</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>16</sub>	Z <sub>6</sub>
7	Z <sub>7</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>17</sub>	Z <sub>7</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>17</sub>	Z <sub>7</sub>
8	Z <sub>8</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>18</sub>	Z <sub>8</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>18</sub>	Z <sub>8</sub>
9	Z <sub>9</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>19</sub>	Z <sub>9</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>19</sub>	Z <sub>9</sub>
10	Z <sub>10</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>20</sub>	Z <sub>10</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>20</sub>	Z <sub>10</sub>
11	Z <sub>11</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>21</sub>	Z <sub>11</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>21</sub>	Z <sub>11</sub>
12	Z <sub>12</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>22</sub>	Z <sub>12</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>22</sub>	Z <sub>12</sub>
13	Z <sub>13</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>23</sub>	Z <sub>13</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>23</sub>	Z <sub>13</sub>
14	Z <sub>14</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>24</sub>	Z <sub>14</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>24</sub>	Z <sub>14</sub>
15	Z <sub>15</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>25</sub>	Z <sub>15</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>25</sub>	Z <sub>15</sub>
16	Z <sub>16</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>26</sub>	Z <sub>16</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>26</sub>	Z <sub>16</sub>
17	Z <sub>17</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>27</sub>	Z <sub>17</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>27</sub>	Z <sub>17</sub>
18	Z <sub>18</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>28</sub>	Z <sub>18</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>28</sub>	Z <sub>18</sub>
19	Z <sub>19</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>29</sub>	Z <sub>19</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>29</sub>	Z <sub>19</sub>
20	Z <sub>20</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>30</sub>	Z <sub>20</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>30</sub>	Z <sub>20</sub>
21	Z <sub>21</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>31</sub>	Z <sub>21</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>31</sub>	Z <sub>21</sub>

Таблиця 2 - Значення технологічних параметрів, уриваючи підготовку та кін.

№ умов	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Лінійні, що виходять з
1	Z <sub>1</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>11</sub>	Z <sub>1</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>11</sub>	Z <sub>1</sub>
2	Z <sub>2</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>12</sub>	Z <sub>2</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>12</sub>	Z <sub>2</sub>
3	Z <sub>3</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>13</sub>	Z <sub>3</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>13</sub>	Z <sub>3</sub>
4	Z <sub>4</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>14</sub>	Z <sub>4</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>14</sub>	Z <sub>4</sub>
5	Z <sub>5</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>15</sub>	Z <sub>5</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>15</sub>	Z <sub>5</sub>
6	Z <sub>6</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>16</sub>	Z <sub>6</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>16</sub>	Z <sub>6</sub>
7	Z <sub>7</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>17</sub>	Z <sub>7</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>17</sub>	Z <sub>7</sub>
8	Z <sub>8</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>18</sub>	Z <sub>8</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>18</sub>	Z <sub>8</sub>
9	Z <sub>9</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>19</sub>	Z <sub>9</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>19</sub>	Z <sub>9</sub>
10	Z <sub>10</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>20</sub>	Z <sub>10</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>20</sub>	Z <sub>10</sub>
11	Z <sub>11</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>21</sub>	Z <sub>11</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>21</sub>	Z <sub>11</sub>
12	Z <sub>12</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>22</sub>	Z <sub>12</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>22</sub>	Z <sub>12</sub>
13	Z <sub>13</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>23</sub>	Z <sub>13</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>23</sub>	Z <sub>13</sub>
14	Z <sub>14</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>24</sub>	Z <sub>14</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>24</sub>	Z <sub>14</sub>
15	Z <sub>15</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>25</sub>	Z <sub>15</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>25</sub>	Z <sub>15</sub>
16	Z <sub>16</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>26</sub>	Z <sub>16</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>26</sub>	Z <sub>16</sub>
17	Z <sub>17</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>27</sub>	Z <sub>17</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>27</sub>	Z <sub>17</sub>
18	Z <sub>18</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>28</sub>	Z <sub>18</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>28</sub>	Z <sub>18</sub>
19	Z <sub>19</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>29</sub>	Z <sub>19</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>29</sub>	Z <sub>19</sub>
20	Z <sub>20</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>30</sub>	Z <sub>20</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>30</sub>	Z <sub>20</sub>
21	Z <sub>21</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>31</sub>	Z <sub>21</sub> = K <sub>10</sub> + K <sub>31</sub>	Z <sub>21</sub>



## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБПЛЕТЕНЬ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

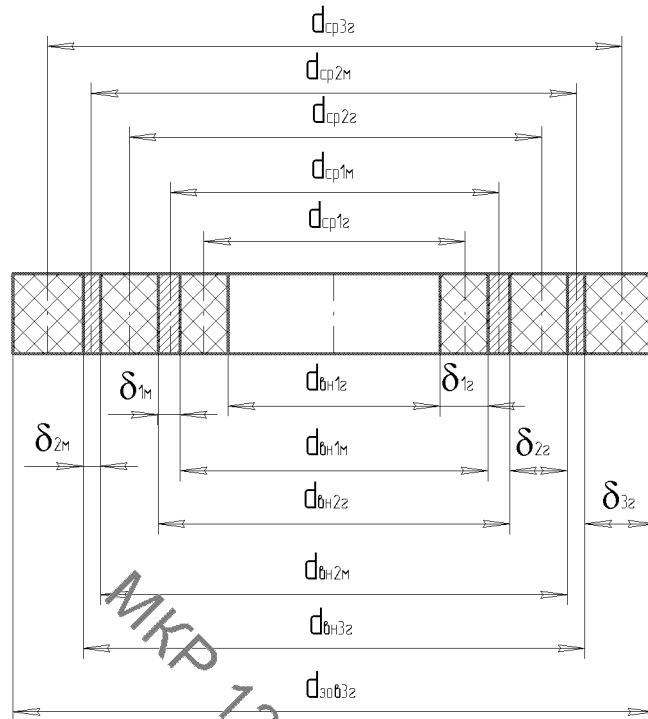
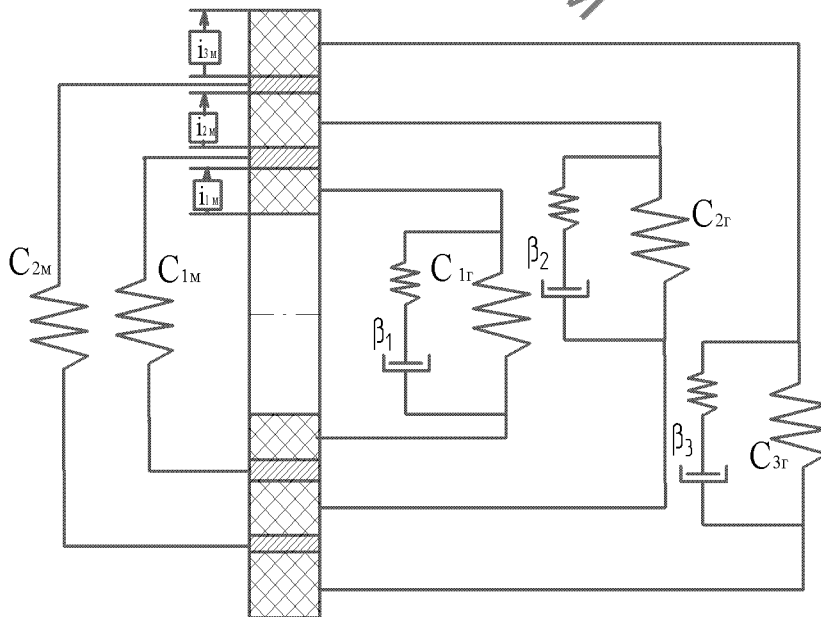
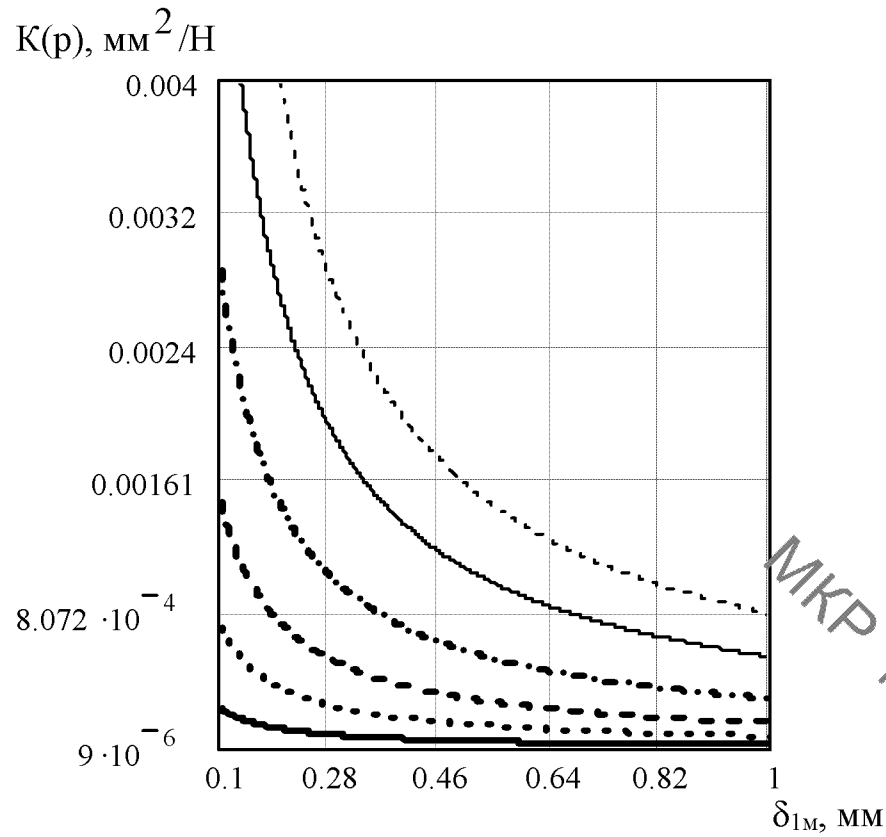


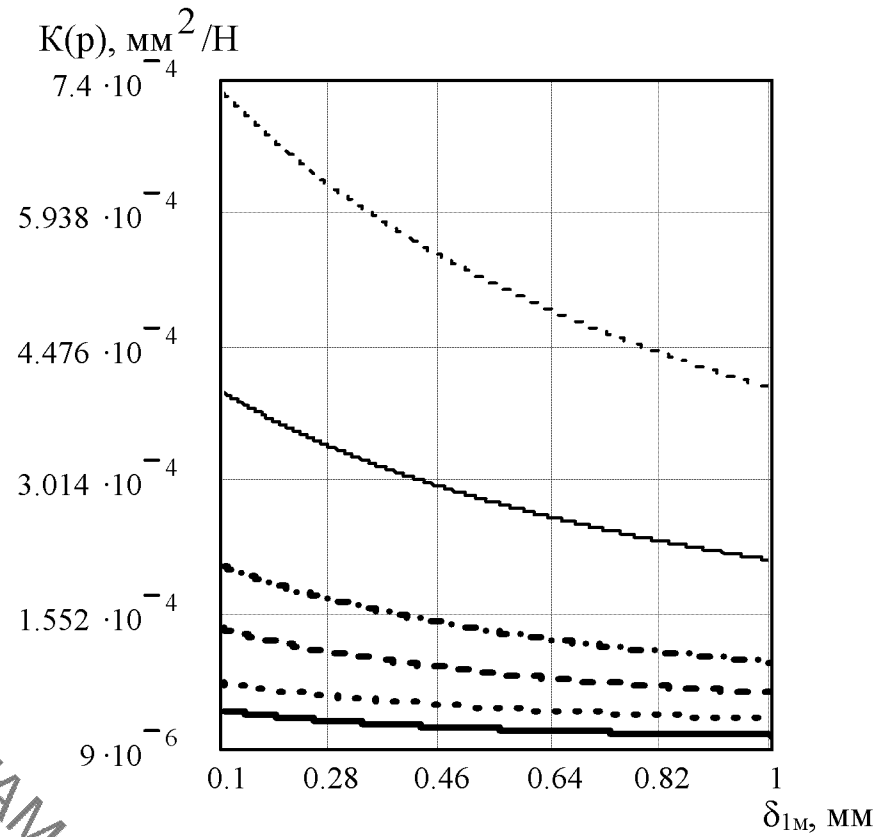
Схема РВТ із подвійним металевим обплетенням



Реологічна модель РВТ з подвійним металевим обплетенням



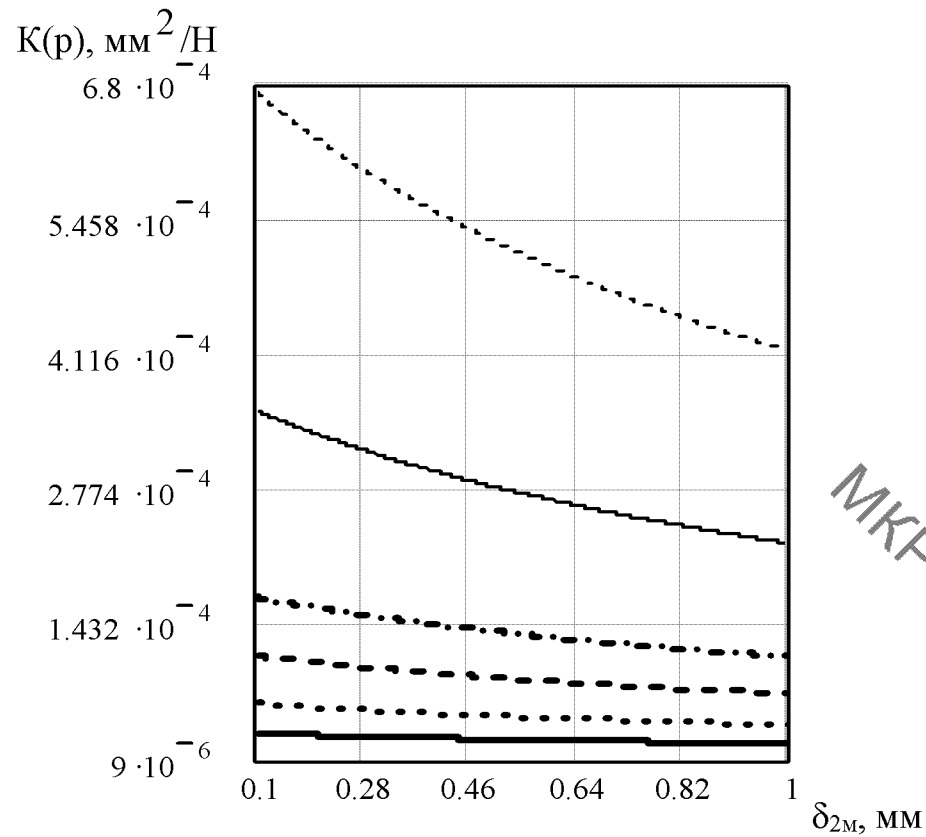
- $d_{BH} = 4;$
  - .....  $d_{BH} = 10;$
  - - -  $d_{BH} = 16;$
  - · - · -  $d_{BH} = 22;$
  - $d_{BH} = 32;$
  - - -  $d_{BH} = 40.$
- a)



- $d_{BH} = 4;$
  - .....  $d_{BH} = 10;$
  - - -  $d_{BH} = 16;$
  - · - · -  $d_{BH} = 22;$
  - $d_{BH} = 32;$
  - - -  $d_{BH} = 40.$
- б)

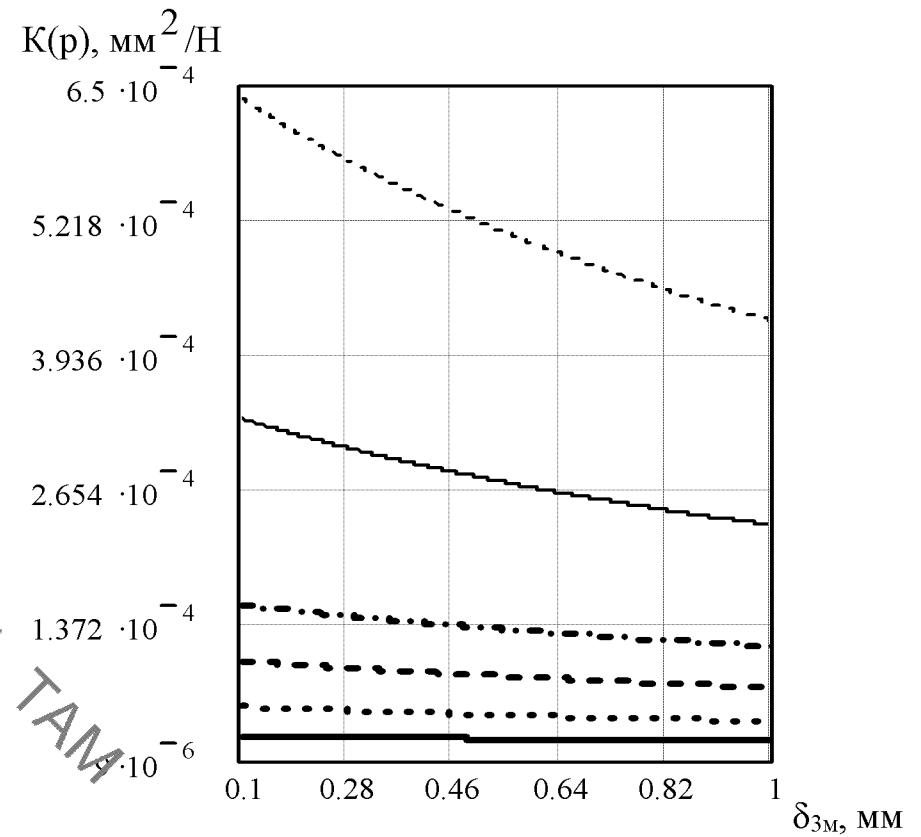
Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого металевго обплетення для РВТ з одним (а) і потрійним (б) металевим обплетенням





- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- . - .  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

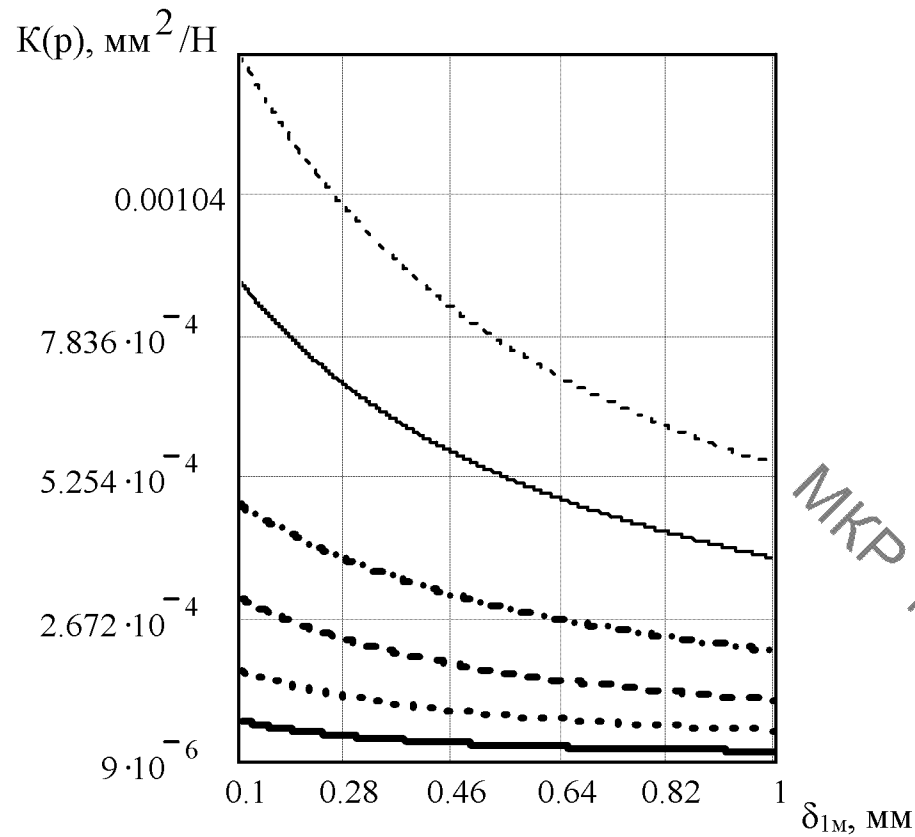
a)



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- . - .  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - - -  $d_{BH}=40$ .

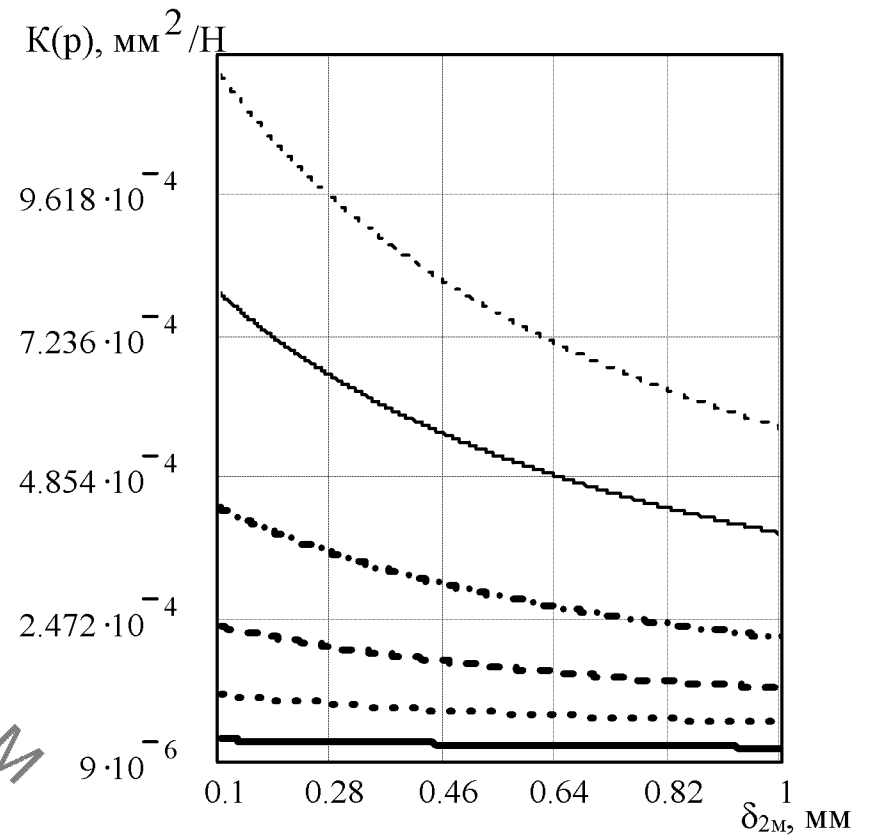
б)

Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини другого (а) та третього (б) металевих облєтєнь для РВТ з потрійним металевим облєтєнням



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

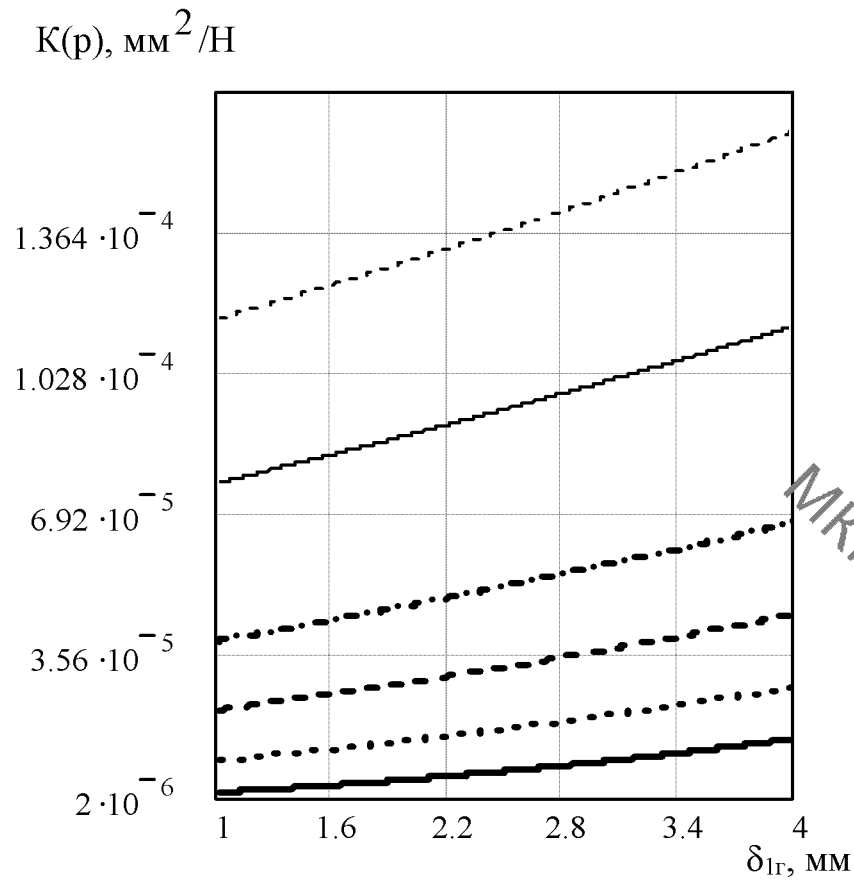
a)



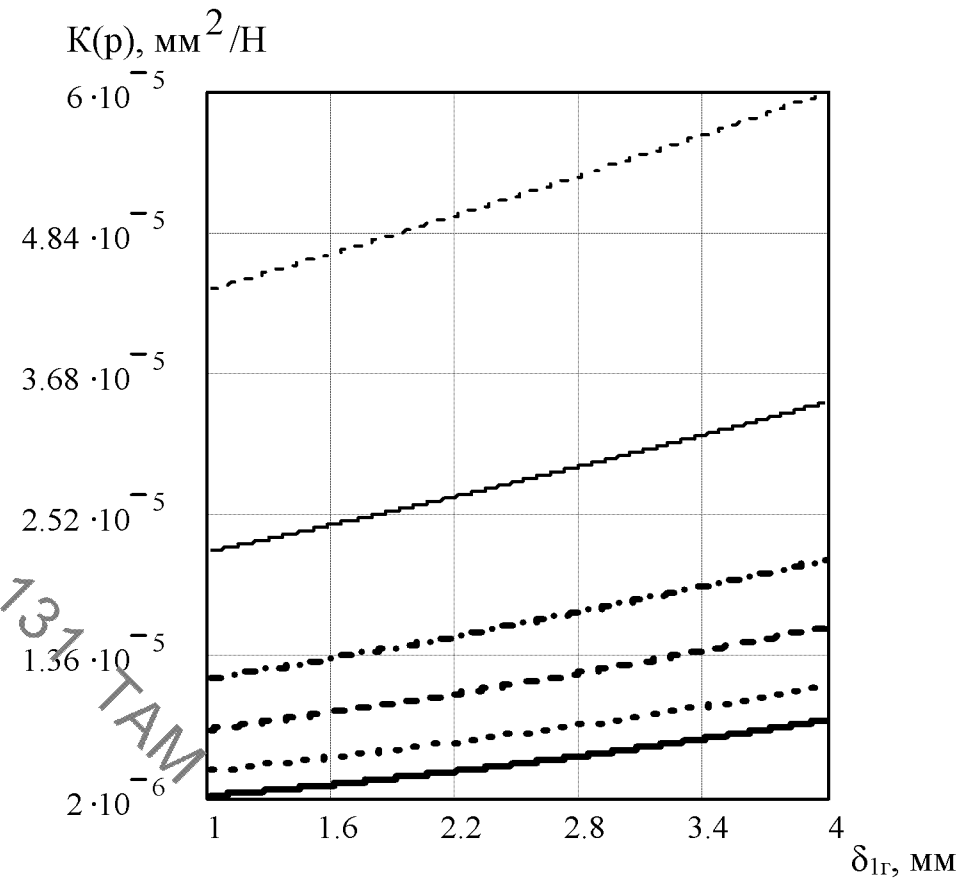
- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

б)

Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого (а) та другого (б) металевих обплетень для РВТ з подвійним металевим обплетенням

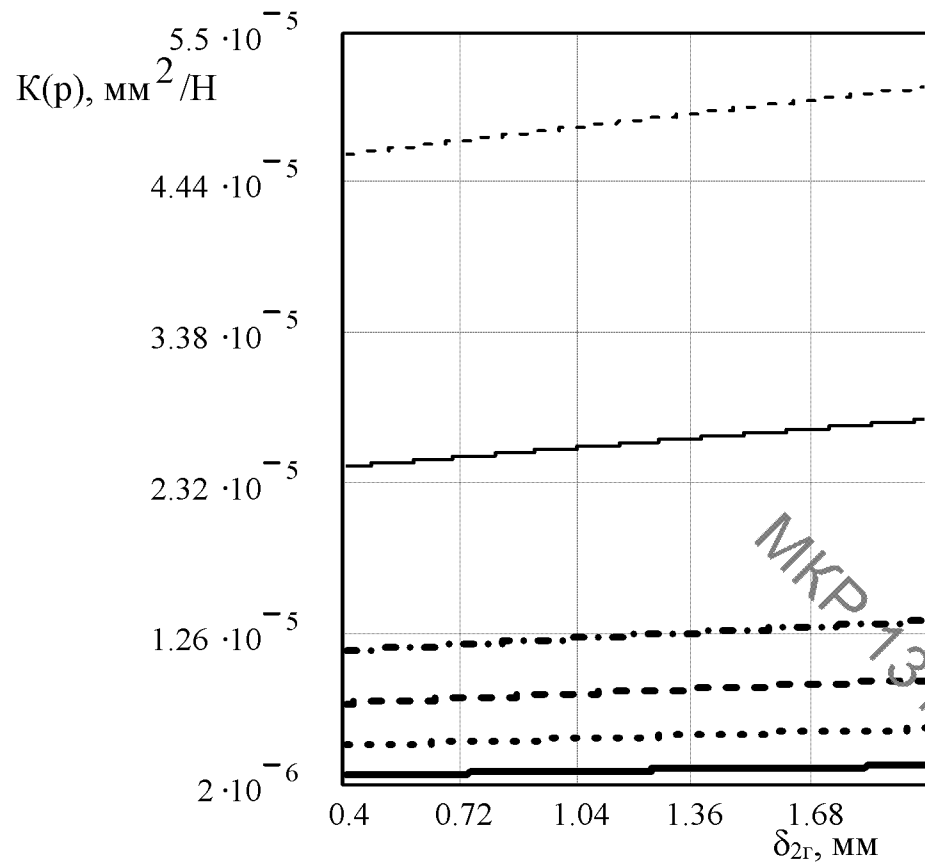


a)



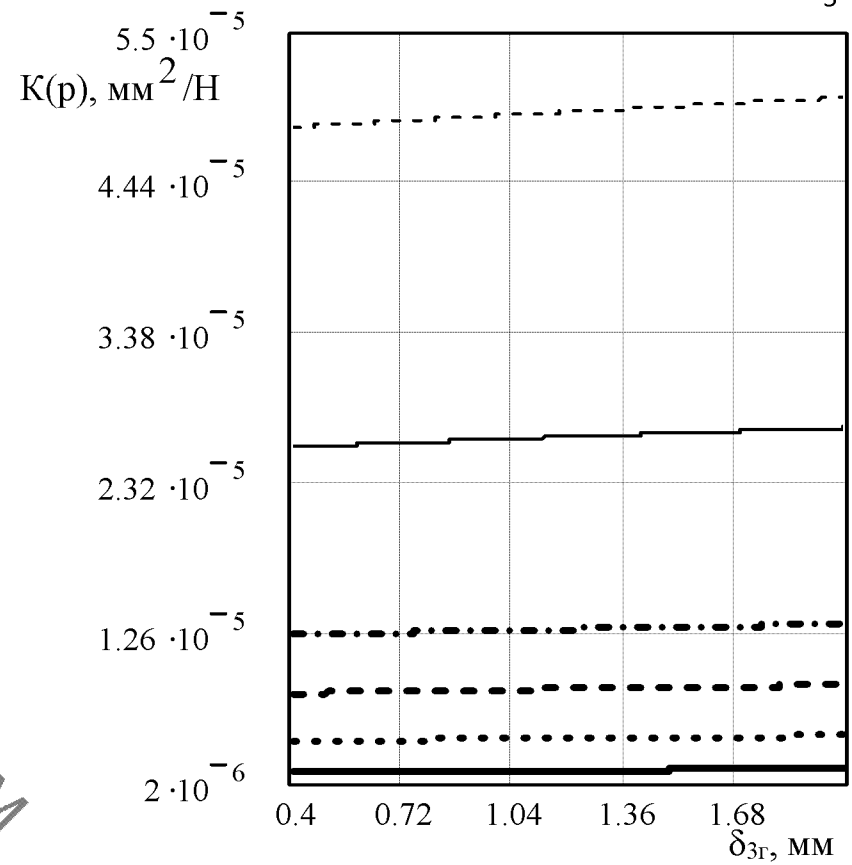
б)

Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини гумового обплетення для РВТ з одним (а) та потрійним (б) металевим обплетенням



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

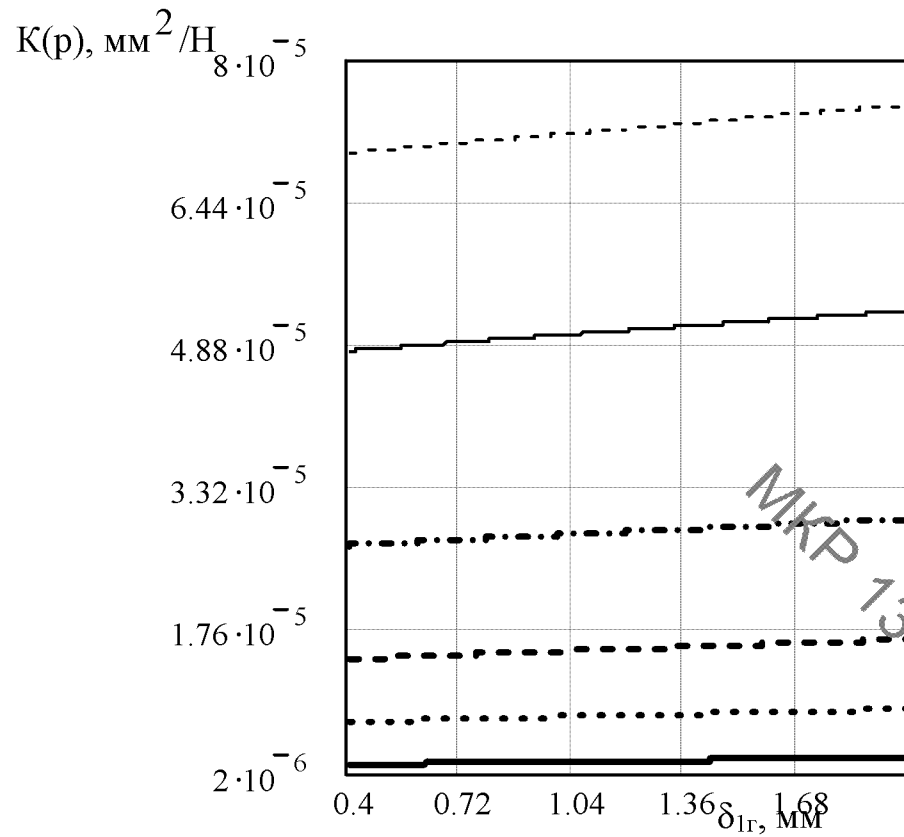
а)



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- · - ·  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

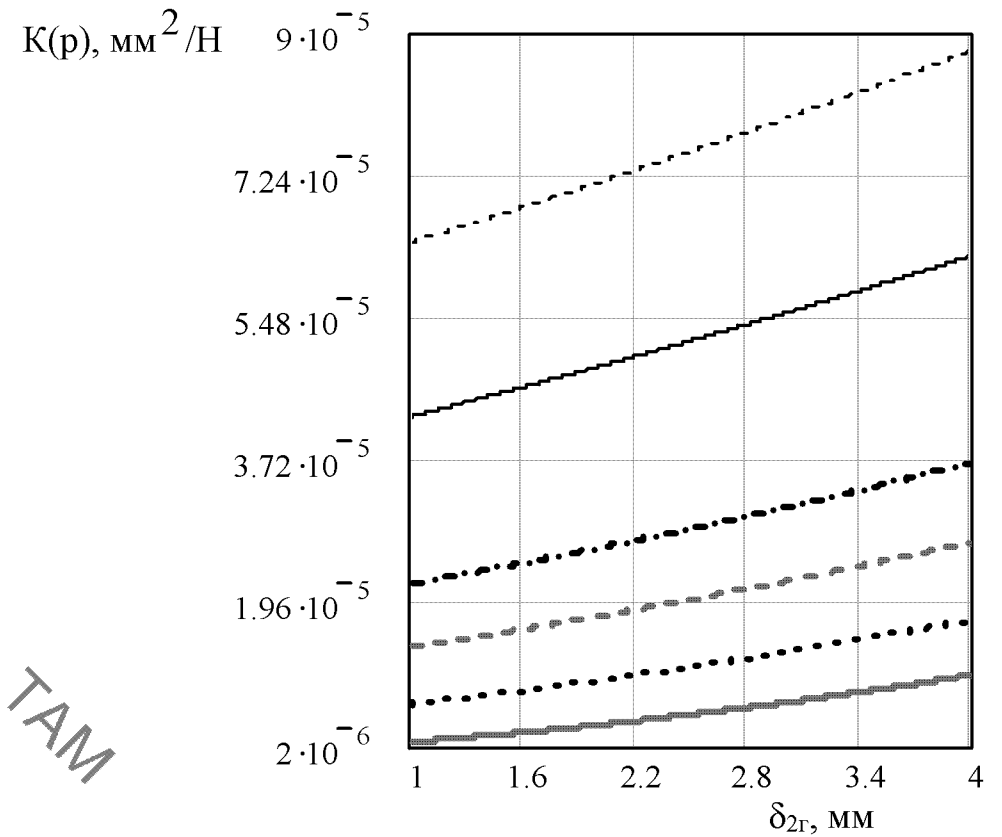
б)

Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини другого (а) та третього (б) гумових обплетень для РВТ з потрійним металевим обплетенням



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- . - .  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

a)



- $d_{BH}=4$ ;
- .....  $d_{BH}=10$ ;
- - -  $d_{BH}=16$ ;
- . - .  $d_{BH}=22$ ;
- $d_{BH}=32$ ;
- - -  $d_{BH}=40$ .

б)

Залежність статичного коефіцієнта податливості від товщини першого (а) та другого (б) гумових обплетень для РВТ з подвійним металевим обплетенням