

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

**Пояснювальна записка**

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

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі  
«Хрестовина 10.20»

08-26.МКР.022.00.000 ПЗ

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

Янчук Д.І. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ

Буренніков Ю.А. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 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.

«05» жовтня 2020 р.

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Янчук Дмитро Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Хрестовина 10.20»  
керівник МКР Буренніков Юрій Анатолійович, к.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Проф. Буренніков Ю.А.		
Економічна частина	Проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Віштак І.В.		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	15.10	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	30.10	
4	Розв'язання поставлених задач	20.11	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	22.11	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.11	
8	Попередній захист МКР	27.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11	
10	Нормоконтроль МКР	4.12	
11	Рецензування МКР	10.12	
12	Захист МКР		

Студент \_\_\_\_\_

Янчук Д. І.

Керівник МКР \_\_\_\_\_

Буренніков Ю.А.

## АНОТАЦІЯ

Янчук Д.І. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Хрестовина 10.20»– Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 112с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки, запропоновано оптимізацію тонкого точіння, 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; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

**ABSTRACT**

Yanchuk DI Improving the technological process of machining the workpiece part "Cross 10.20" - Vinnytsia: VNTU, Department of TAM, 2020 - 112p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work the modernization of the technological process of machining was performed, the optimization of fine turning was proposed, namely: the analysis of the design and manufacturability of the part was chosen, the method of workpiece production was chosen, the modernized route of machining of the part on CNC machines process and set technological dimensions, dimensions of allowances and workpieces, determined cutting modes based on optimization, designed machining section; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ТОНКОГО ТОЧІННЯ.....	
1.1. Методи підвищення якості і точності механічної обробки.....	
1.2 Дослідження процесу тонкого точіння.....	
1.3 Висновки.....	
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи .....	
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі .....	
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва .....	
2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні.....	
2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз.....	
2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів .....	
2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	
2.9 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні.....	
Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів.....	
2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	
2.12 Проектування дільниці механічної обробки.....	
2.13 Висновки.....	
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

3.3	Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	
3.4	Виявлення основних конкурентів.....	
3.5	Обрання методу ціноутворення.....	
3.6	Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	
3.7	Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	
3.8	Прогнозування витрат на виконання роботи.....	
3.9	Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	
3.10	Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	
3.11	Висновки.....	

#### 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1	Аналіз умов праці.....	
4.2	Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	
4.3	Техніка безпеки.....	
4.4	Пожежна безпека.....	
4.5	Безпека у наадзвичайних ситуаціях.....	
4.6	Висновки.....	
	ВИСНОВКИ.....	
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
	ДОДАТКИ.....	М.....

## ВСТУП

**Актуальність.** Однією з найважливіших задач машинобудівних технологій є забезпечення необхідної якості виробів, якомога меншої їх собівартості за умови забезпечення необхідної кількості їх виготовлення. Ефективним способом розв'язання цієї задачі є використання сучасних обладнання з ЧПК багатоцільових верстатів. Їх перевагою є універсальність, у поєднанні з можливістю автоматизації процесів механічної обробки, забезпечення необхідної якості виробів, можливість швидкого переналагодження в переходах від одного типорозміру деталей до іншого. Використання таких верстатів скорочує простой, підвищує частку машинного часу, скорочує обсяг операцій контролю.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20» 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 «Хрестовина 10.20»;
- 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 «Хрестовина »;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн передній» з використанням обкочування кулькою, як фінішної обробки;



- Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування
- 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 «Хрестовина».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання при тонкому точінні, методологія аналізу похибок, що впливають точність розмірів, забезпечуваних на операціях механічної обробки.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістала подальший розвиток методика визначення точності обробки на прикладі остаточного (тонкого) розточування головного отвору в заготовці корпусної деталі на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

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 2020 р.)

*Публікації.* Оpubліковано тезу доповіді:

- Дослідження процесу обкочування гвинтовим роликом [Електронний ресурс] / В.В. Степанківський С.В., Янчук Д.І. // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», м. Вінниця, 01-14 травня 2021 р. – 2021.

# 1 ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ТОНКОГО ТОЧІННЯ

## 1.1 Методи підвищення якості і точності механічної обробки

Підвищення якості деталей машин завжди було найважливішим завданням машинобудування.

З точки зору забезпечення якості поверхневого шару, найбільш актуальною є задача обґрунтування остаточного методу обробки відповідальних поверхонь деталей, що визначають експлуатаційні властивості виробу в цілому. Одним з перспективних шляхів вирішення цього завдання є використання обробки матеріалів тонким точінням.

Найбільша ефективність застосування тонкого точіння можлива при правильному, оптимальному виборі режимів різання, схем обробки, геометрії та конструкції інструментів. Для вирішення цих завдань необхідно встановлення зв'язку між експлуатаційними властивостями і параметрами поверхневого шару деталей.

Розробка рекомендацій по вибору оптимальних режимів різання, розробка математичної моделі для розрахунку параметрів оптимальних умов обробки, необхідних для вирішення задач забезпечення якості обробки деталей з чавуну і визначають актуальність даної магістерської роботи.

Ефективним способом підвищення якості і точності обробки деталей є вживання інструментів з надтвердих матеріалів, проводячи дослідження по цій темі можна виділити безліч робіт.

Так наприклад в книзі [10] авторами розглянуті фізико-технічні властивості різновидів кубічного нітриду бору (ельбор-Р, белбор-Р, гексаніт-Р та ін.), синтетичних алмазів і кераміки. Викладені основні відомості за технологією їх виробництва і сферами застосування. Наведені приклади обробки типових деталей інструментами, оснащеними цими матеріалами.

Зведення про технологічні процеси обробки полікристалічних надтвердих матеріалів (ПСТМ) при виготовленні і відновленні ріжучого інструменту викладені в довіднику [11] Н.В. Новіковим. Так само в цій роботі приведені режими різання при обробці різних важкооброблюваних матеріалів.

У роботах [6] і [7] А.Г. Сусловим вивчені закономірності формування поверхневого шару оброблюваних деталей і умови раціонального вживання інструментальних матеріалів.

Але не дивлячись на велику кількість досліджень в цьому напрямі, багато питань залишаються досить актуальними.

- у розробці моделі визначення температури різання при тонком точінні деталей в залежності від режимів різання;
- розробка математичної моделі оптимізації режимів різання за критерієм мінімальної собівартості з застосуванням методу геометричного програмування;
- розробка математичної моделі визначення шорсткості поверхневого шару в залежності від режимів різання.
- підвищення ефективності застосування надтвердих інструментальних матеріалів за рахунок оптимізації режимів різання

Одним з резервів підвищення ефективності сучасного машинобудівного виробництва є застосування надтвердих інструментальних матеріалів (НТМ) при обробці деталей машин. При використанні інструментів, оснащених НТМ досить актуальні дослідження з визначення оптимальних режимів різання, що забезпечують для заданих умов обробки та вимог до якості оброблених поверхонь мінімальну собівартість.

Одним з найбільш поширених методів оптимізації в даний час є метод лінійного програмування [1, 2, 3], що дозволяє здійснювати одночасну оптимізацію швидкості різання і подачі з урахуванням діючих при різанні обмежень за критерієм максимальної продуктивності. Обов'язковою умовою використання цього методу є можливість лінеаризації цільової функції й обмежень. Незважаючи на простоту і наочність, цей метод не дозволяє вирішувати задачі оптимізації режимів різання в разі нелінійної цільової функції, якою є собівартість обробки деталей.

Такого недоліку позбавлений метод геометричного програмування (МГП), який знайшов широке застосування для пошуку оптимальних проектних рішень в різних областях інженерних досліджень, але недостатньо поширений в теорії механообробки

[2]. У зв'язку з цим представляє інтерес подальший розвиток МГП стосовно завдань оптимізації режимів різання при використанні інструментів з НТМ.

## 1.2 Дослідження процесу тонкого точіння

Метою даної роботи є визначення оптимальних режимів різання, що забезпечують мінімальну собівартість обробки при заданому рівні якості обробленої поверхні при тонкому точінні з використанням різців, оснащених ельбором -

Основна вимога МГП полягає в тому, що всі компоненти задачі оптимізації повинні бути виражені кількісно у вигляді узагальнених позитивних поліномів, званих поліномами, від керованих параметрів. Можливість використання МГП для оптимізації режимів різання обумовлена тим, що цільова функція й обмеження можуть бути представлені у вигляді суми компонентів, кожен з яких виражається степеневою функцією:

$$V_i = C_i X_1^{\alpha_{i1}} X_2^{\alpha_{i2}} \dots X_j^{\alpha_{ij}} \dots X_m^{\alpha_{im}} \quad (i = 1..n), (j = 1..m) \quad (1.1)$$

де  $C_i$  – позитивна константа;  $X_j$  - параметри, які оптимізують;  $\alpha_{ij}$  - довільні дійсні числа;  $n$  – кількість компонентів;  $m$  - кількість параметрів.

При оптимізації режимів різання тонкого точіння в якості критерію оптимізації приймається змінна частина собівартості обробки деталі різальним інструментом за один прохід, що залежить від режимів різання:

$$N = At_0 + At_n t_0 / T + A_u t_0 / T \quad (1.2)$$

де  $A$  - собівартість верстата - хвилини,  $A_u$  – вартість одного періоду стійкості інструмента;  $t_0$  - основний час обробки;  $t_n$  - час зміни інструмента;  $T$  - стійкість інструменту.

Цільова функція, що виражає залежність змінної частини собівартості від режимів різання, з урахуванням відомих співвідношень основного часу обробки та стійкості інструмента з режимами, має вигляд

$$C = A \frac{\pi D L \Delta}{1000 V t} + A t_c \frac{\pi D L \Delta}{1000 C_T} V^{\frac{1}{m}-1} S^{\frac{y}{m}-1} t^{\frac{x}{m}-1} + A_u \frac{\pi D L \Delta}{1000 C_T} V^{\frac{1}{m}-1} S^{\frac{y}{m}-1} \quad (1.3)$$

де  $D, L$  - діаметр і довжина оброблюваної поверхні;  $\Delta$  припуск на обробку;  $V$  - швидкість різання;  $S$  - подача;  $t$  - глибина різання;  $C_T$  - коефіцієнт і  $x, y, m$  - показники, що характеризують ступінь впливу глибини  $t$ , подачі  $S$  і стійкості  $T$  на швидкість різання  $V$ , що визначаються в залежності від умов обробки.

У даній роботі вирішується завдання двопараметричної оптимізації, тобто задача визначення оптимальних значень швидкості різання і подачі при заданій глибині різання в умовах однопрохідної обробки ( $t = \Delta$ ).

Тоді цільова функція може бути представлена наступним чином:

$$C = C_{01} V^{-1} S^{-1} + C_{02} V^{k_V} S^{k_S} \quad (1.4)$$

Для тонкого точіння необхідно враховувати обмеження по гранично допустимій шорсткості обробленої поверхні  $R_a$ :

$$k_0 S^{k_1} (90 + \gamma)^{k_4} r^{k_2} V^{k_3} \leq R_a \quad (1.5)$$

де  $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4$  - коефіцієнти і показники, які характеризують міру впливу подачі  $S$ , радіусу при вершині  $r$ , швидкості  $V$  і переднього кута  $\gamma$  на шорсткість обробленої поверхні  $R_a$ .

Це обмеження необхідно представити в наступному вигляді:

$$C_{11} S^{k_1} V^{k_3} \leq 1 \quad (1.6)$$

де коефіцієнт

$$C_{11} = k_o (90 + \gamma)^{k_4} r^{k_2} / R_a$$

Математична модель задачі оптимізації швидкості різання і подачі при тонкому точінні розподілена так:

1. пряме завдання МГП – мінімізувати

$$g(V, S) = C_{01} V^{-1} S^{-1} + C_{02} V^{k_V} S^{k_S} \quad (1.7)$$

при обмеженнях  $V > 0, S > 0, C_{01} > 0, C_{02} > 0$ ;

2. двоїста задача МГП – максимізувати

$$V(W) = \left( \frac{C_{01}}{W_{01}} \right)^{W_{01}} \left( \frac{C_{02}}{W_{02}} \right)^{W_{02}} C_{11}^{W_{11}} \quad (1.8)$$

при обмеженнях

$$\begin{aligned} W_{01} + W_{02} &= 1; \\ -W_{01} + k_V W_{02} + k_3 W_{11} &= 0; \\ -W_{01} + k_S W_{02} + k_1 W_{11} &= 0. \end{aligned} \quad (1.9)$$

Згідно МГП на першому етапі оптимізації швидкості різання і подачі розв'язується система лінійних рівнянь (8), що має єдине рішення:

$$\begin{aligned} W_{01} &= \frac{k_S k_3 - k_V k_1}{k_S k_3 - k_V k_1 + k_3 - k_1}; \\ W_{02} &= \frac{k_3 - k_1}{k_S k_3 - k_V k_1 + k_3 - k_1}; \\ W_{11} &= \frac{W_{01} (1 + k_V) - k_V}{k_3}. \end{aligned} \quad (1.10)$$

Особливість МГП є можливість уже на першому етапі вирішення оцінити внесок кожної складової цільової функції в загальну собівартість  $C$  - (1.3). Вартість першої складової, пов'язана з машинною обробкою оцінюється вагомістю  $W_{01}$ , а складова, пов'язана зі зміною інструменту -  $W_{02}$ .

Далі обчислюється екстремум цільової функції, для чого розраховується максимум двоїстої функції  $V(W)$  - (1.7). На підставі знайденого екстремуму цільової функції складається система лінійних рівнянь для визначення оптимальних режимів різання:

$$\begin{aligned} V(W)W_{01} &= C_{01}V^{-1}S^{-1}, \\ V(W)W_{02} &= C_{02}V^{k_V}S^{k_S} \end{aligned} \tag{1.11}$$

У результаті рішення цієї системи визначаються оптимальні подача  $S_0$  і швидкість різання  $V_0$ :

$$S_0 = \left( \frac{W_{01}^{k_V} W_{02} V(W)^{k_V + 1}}{C_{01}^{k_V} C_{02}} \right)^{1/(k_S - k_V)} ; \quad V_0 = \left( \frac{W_{01}^{k_S} W_{02} V(W)^{k_S + 1}}{C_{01}^{k_S} C_{02}} \right)^{1/(k_V - k_S)} \tag{1.12}$$

Враховуючи, що  $C_{02} = MC_{01}$ , встановлюємо:

$$S_0 = \left( \frac{W_{01}^{k_V} W_{02} V(W)^{k_V + 1}}{C_{01}^{k_V} C_{02}} \right)^{1/(k_S - k_V)} ; \quad V_0 = \left( \frac{W_{01}^{k_S} W_{02} V(W)^{k_S + 1}}{C_{01}^{k_S} C_{02}} \right)^{1/(k_V - k_S)} \tag{1.13}$$

Приклади визначення оптимальних режимів різання, що забезпечують мінімальну собівартість, наведені для токарної обробки загартованої інструментальної сталі P18 (HRC 62-64) на токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК 16K20Ф3. Для цих умов прийнято: собівартість верстато-хвилини  $A = 0,5$  коп/мин., Вартість одного періоду стійкості інструменту 15 грн; час зміни інструменту  $t_c = 1$  хв.



Для тонкого точіння використовуються різці, оснащені ельбором Р (передній кут  $\gamma = -10$ , радіус при вершині  $r = 0,5\text{мм}$ ); глибина різання  $t = 0,5\text{мм}$ ; необхідна шорсткість поверхні  $Ra = 0,63\ \mu\text{м}$ . Для зазначених умов обробки прийняті наступні коефіцієнти і показники:  $CT = 2,8 \cdot 10^4$ ,  $kV = 0,65$ ,  $kS = -0,52$  [4].

Коефіцієнти і показники, що характеризують ступінь впливу подачі, переднього кута, радіус при вершині і швидкості різання на шорсткість обробленої поверхні:  $k_0 = 0,68$ ;  $k_1 = 0,77$ ;  $k_2 = -0,28$ ;  $k_3 = -0,19$ ;  $k_4 = 0,66$  [5]. Розрахункові значення коефіцієнтів  $C_{01} = 392,7$ ,  $C_{02} = 4,557$ ;  $C_{11} = 16,27$ . Коефіцієнти вагомості, певні у відповідність з формулою (1.10), рівні:  $W_{01} = 0,28$ ;  $W_{02} = 0,72$ ,  $W_{11} = 0,85$ . Оптимальні значення подачі і швидкості різання, розраховані у відповідність з формулами (13) рівні:  $S_0 = 0,084\ \text{мм/об}$ ,  $V_0 = 54,2\ \text{м/хв}$ .

Наявність аналітичних залежностей для визначення оптимальних режимів різання істотно спрощує розробку рекомендацій з вибору раціональних умов обробки, що особливо актуально для тонкого точіння.

Для тонкого точіння оптимальна подача  $S_0$  збільшується зі збільшенням шорсткості поверхні  $Ra$  і радіусу при вершині  $r$ ; оптимальна швидкість різання  $V_0$  збільшується зі збільшеним радіусом при вершині  $r$  і зменшується зі збільшенням шорсткості поверхні  $Ra$  (рис.1.1).

На підставі встановлених аналітичних залежностей для визначення оптимальних режимів різання може бути розрахований коефіцієнт зміни собівартості обробки при відхиленні вибраних режимів різання від їх оптимального значення  $S = kS_0$ ,  $V = kV_0$ . (К - ступінь відхилення):

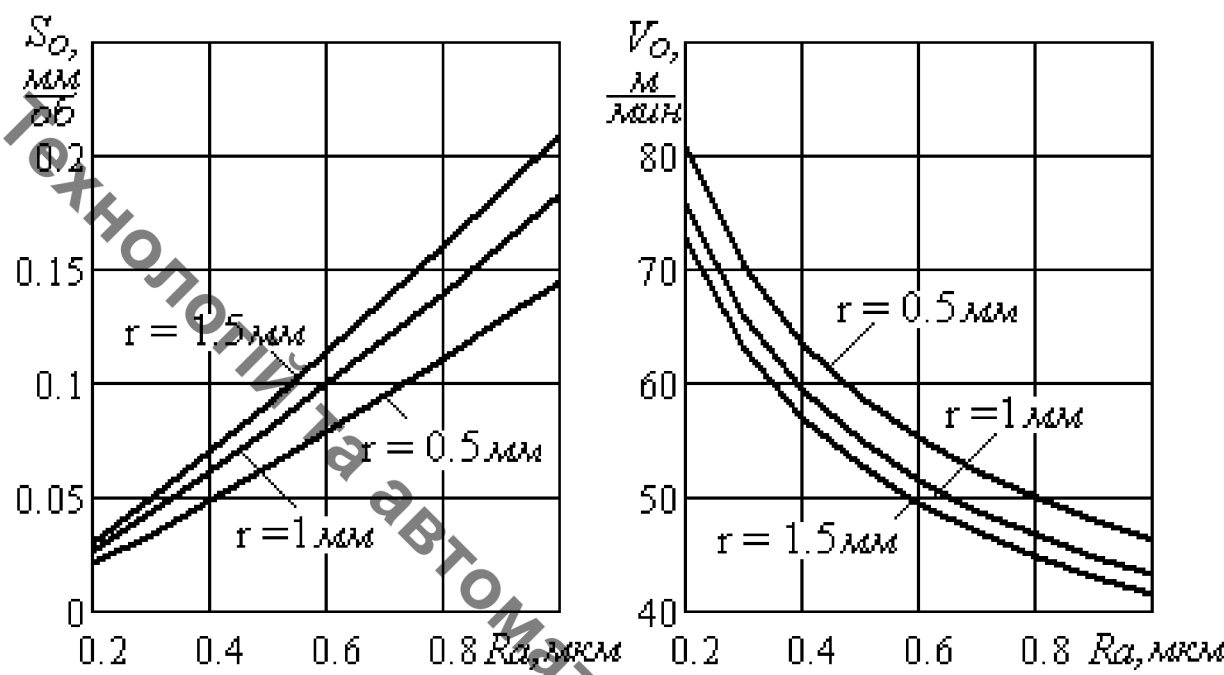


Рисунок 1.1- Графіки залежності оптимальних значень подачі  $S_0$  і швидкості різання  $V_0$  від шорсткості обробленої поверхні  $Ra$  для різних радіусів при вершині  $r$  при тонкому точінні

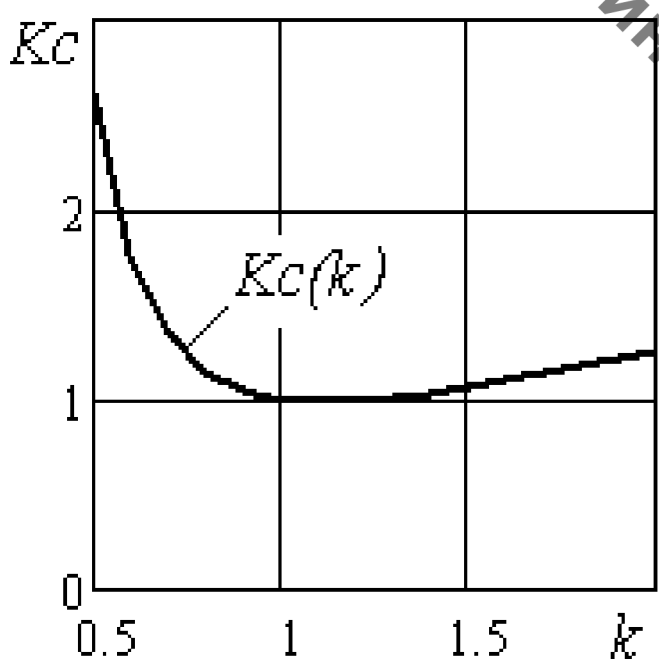


Рисунок 1.2 - Залежність коефіцієнта зміни собівартості обробки від ступеня відхилення режимів від оптимальних

$$K_c = \frac{V(W)_M k^{k_1 W_{11}} / k_3 W_{01} + M (V(W)_M k^{k_1 W_{11}} / k_3 W_{01})^{-k_V} (S_o k)^{k_S - k_V}}{V_o^{-1} S_o^{-1} + M V_o^{k_V} S_o^{k_S}} \quad (1.14)$$

З графіка, представленого на рис. 1.2, випливає, що мінімальна собівартість обробки має місце при  $k = 1$ , тобто при оптимальних режимах різання. При відхиленні режимів різання, як в менший, так і в більший бік від оптимальних, собівартість збільшується.

Таким чином, представлена методика дозволяє для будь-яких умов тонкого точіння виконувати розрахунки оптимальних режимів різання, що забезпечують мінімальну собівартість обробки.

### 1.3 Висновки

Отже на базі виконаних розрахунків підвищена продуктивність на 30 - 40% за рахунок оптимізації режимів різання; на підставі використаної методики встановлені закономірності зміни оптимальних значень подачі і швидкості різання від шорсткості обробленої поверхні і радіусів при вершині; розроблено рекомендації щодо вибору оптимальної конструкції режимів різання;

## 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:

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

де  $\sum O_i$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;  $\sum P_i$  – кількість робочих місць на дільниці.

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Хрестовина 10.50» і занесені до таблиці 1.1, це розточування отвору  $\varnothing 140$ , фрезерування площини по контуру, фрезерування торця, розточування 2 отворів  $\varnothing 48$  попереднє та остаточне. Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , наприклад для розточування отвору  $\varnothing 140$  на довжину 72 (попереднє та остаточне розточування):

$$T_{осн} = 0,18 \cdot 140 \cdot 72 \cdot 0,001 = 1,81 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій, враховуючи масу деталі та програму випуску, наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Штучно-калькуляційний час визначається  $T_{шт-к}$ , як добуток основного часу і коефіцієнта  $\varphi_k$ :

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

Для розточування отвору Ø140 отримаємо:

$$T_{шт-к}=1,81 \cdot 1,98=3,59 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів визначається за формулою:

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

де  $N = 3500$  шт. – річна програма випуску деталі «Хрестовина 10.50»;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання при роботі в дві зміни ( $F_d = 3890$  год);

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

Відповідно необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1}=3500 \cdot 3,59/60 \cdot 3890 \cdot 0,8=0,07$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийнятну кількість верстатів  $P$ , в даному випадкові 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

де  $C_{pi}$  – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

$P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При розточуванні отвору Ø140 він рівен 0,07.

Кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці можна визначити за формулою:

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

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

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

Наприклад, при розточуванні отвору  $\varnothing 140$  отримаємо:

$$O_1 = 0,8 / 0,07 = 10,44$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. При фрезеруванні торця по контуру:

$$T_{осн} = 4 \cdot 550 \cdot 0,001 = 3,3 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к} = 3,3 \cdot 1,98 = 6,53 \text{ (хв)};$$

$$C_{р1} = 3500 \cdot 6,53 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,8 = 0,13;$$

$$O_1 = 0,8 / 0,13 = 5,74$$

При фрезеруванні торця, де розташовано отвір  $\varnothing 140$ :

$$T_{осн} = 4 \cdot 180 \cdot 0,001 = 1,08 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к} = 1,08 \cdot 1,98 = 2,14 \text{ (хв)};$$

$$C_{р1} = 3500 \cdot 2,14 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,8 = 0,043;$$

$$O_1 = 0,8 / 0,043 = 17,54$$

При попередньому розточуванні 2 отворів  $\varnothing 48$  довжиною 69 мм:

$$T_{осн} = 0,18 \cdot 2 \cdot 48 \cdot 69 \cdot 0,001 = 1,192 \text{ (хв)};$$

$$T_{шт-к} = 1,192 \cdot 1,98 = 2,36 \text{ (хв)};$$

$$C_{р1} = 3500 \cdot 2,36 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,8 = 0,047;$$

$$O_1 = 0,8 / 0,047 = 15,89$$

При остаточному розточуванні 2 отворів  $\varnothing 48$  довжиною 69 мм:

$$T_{\text{осн}}=0,2 \cdot 2 \cdot 48 \cdot 69 \cdot 0,001=1,32(\text{хв});$$

$$T_{\text{шт-к}}=1,32 \cdot 1,98=2,62(\text{хв});$$

$$C_{\text{р1}}=3500 \cdot 2,62 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,8=0,0527;$$

$$O_1=0,8 / 0,052=14,3$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	T <sub>осн</sub> , хв	T <sub>шт-к</sub> , хв	N	Фд	C <sub>р</sub>	P	h з.н.	h з.ф.	O	Кз.о
1.	Розточування отвору $\varnothing 140$	1,81	3,59	3500	3890	0,072	1	0,8	0,072	10,44	12,78
2.	Фрезерування торця по контуру	3,3	6,53			0,131	1		0,131	5,74	
3.	Фрезерування торця	1,08	2,14			0,043	1		0,043	17,54	
4.	Розточування отворів $\varnothing 48$ попереднє	1,19	2,36			0,047	1		0,047	15,89	
5	Розточування отворів $\varnothing 48$ остаточне	1,32	2,62			0,052	1		0,052	14,3	
	Всього		17,25				5			63,91	

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях

$$\sum O_i$$

$$\sum O_i = 10,44 + 5,74 + 17,54 + 15,89 + 14,3 = 63,91$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 5$

Коефіцієнт закріплення  $K_{з.о}$  відповідно складатиме:

$$K_{з.о} = 63,91/5 = 12,78$$

Отже тип виробництва – серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

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  $N_{\delta} < Q_{\delta}$ , то поточкову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

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

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, [\text{шт}] \quad (2.7)$$

де  $T_{шт-к_{сер}}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;  $\eta_z$  – 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:



$$T_{\text{шт-к}_i} = (3,59 + 6,53 + 214 + 2,36 + 2,62) / 5 = 3,45 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_0 = \frac{952}{3,45 \cdot 0,8} = 221 \text{ (шт)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_p = \frac{3500}{254} = 13,78 \text{ (хв)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

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

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

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{3500 \cdot 6}{254} = 82,68$$

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

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

$$c = \frac{3,45 \cdot 83}{476 \cdot 0,75} = 0,75$$

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

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{3,45} = 111 \text{ (шт)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 111 шт.

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 111 шт.

## 2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь кришка виготовляється із чавуну СЧ18, має ряд отворів. В деяких отворах нарізана різь, інші мають досить високу точність 7-8 квалітет.

Основні конструкторські бази площина і отвори Ø48H7, допоміжними конструкторськими базами є площини і отвір Ø140H7.

У відповідності із призначенням поверхонь до них ставляться вимоги: найбільш точною є поверхні Ø48H7, Ø140H7 та площини із шорсткістю 1,6 мкм,

Поставлена вимога щодо відносного розташування поверхонь перпендикулярність осі отвору Ø140 до бази А.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Відносне розташування поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

Оскільки даний матеріал має гарні ливарні властивості то відповідно заготовка має отримуватися литтям.

В цілому до нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори із різьбою М8.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів та шорсткості співрозмірні між собою та відповідають вимогам стандартів. Відхилення розміщення поверхонь більші за відповідні показники верстатів – це дає можливість забезпечити вимоги точності на даному обладнанні.

В якості базових поверхонь можуть використовуватись торці та отвори, тому використання штучних технологічних баз недоцільно.

В цілому деталь не містить важкодоступних для обробки місць і дозволяє використовувати високоефективні методи обробки.

Технологічність деталі будемо оцінювати кількісно за допомогою трьох кількісних показників.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

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

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів;

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

$$K_y = (16 + 14 + 15 + 29 + 5) / (32 + 15 + 15 + 29 + 5) = 0,8426 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1 / Ш_{cp}; \quad (2.13)$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} \quad [\text{МКМ}] \quad (2.14)$$

де  $Ш_i$  – шорсткість  $i$ -ої поверхні;

$n_i$  – кількість поверхонь з шорсткістю  $Ш_i$ . Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Відповідно до наведених вище даних отримаємо:

$$Ш_c = 344/29 = 7,16 \text{ (мкм)}$$

$$K_{ш} = 1/7,16 = 0,14 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
108*	Ø140*	45° *(10 пов.)	16 * (26 пов.)	M8x5 отв*
68x2*	Ø48*	60°*	3,2 * (4 пов.)	
155x2	Ø48*		1,6 * (3 пов.)	
39	Ø5H7*-2 отв			
50x3	R188*			
72x3	R170*			
127x2	R25*x2			
113x2	R16*x6			
150*	R73			
37,5x2	R88*			
10*	R10*			
16*	R16*			
55*				
18*				
1,6*				
8*				
3*				
50*				
140*				
143				
65				
112				
2*				
15*				
18*				
$\Sigma_{заг.} = 32$	$\Sigma_{заг.} = 15$	$\Sigma_{заг.} = 15$	$\Sigma_{заг.} = 29$	$\Sigma_{заг.} = 5$
$\Sigma_{уніф.} = 16$	$\Sigma_{уніф.} = 14$	$\Sigma_{уніф.} = 15$	$\Sigma_{уніф.} = 29$	$\Sigma_{уніф.} = 5$

Таблиця 2.3- Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	3	1,6·3=4,8
3,2	6	3,2·6=19,2
16	20	16·20=320
Всього:	29	344

3) Коефіцієнт точності визначається:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.15)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i} \quad (2.16)$$

де  $T_i$  – квалітет точності  $i$ -го розміру;

$n_i$  – кількість розмірів з квалітетом  $T_i$ . Дані для розрахунку наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
7	2	7·2=14
8	3	8·3=24
12	9	12·9=108
14	15	14·15=230
Всього	29	376

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 376/29 = 11,2$$

$$K_T = 1 - 1/11,2 = 0,91$$

За даним показником деталь є також технологічною.

Отже деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

### 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Враховуючи масу деталі – 33,65 кг, програму випуску N=3500 шт., тип виробництва –серійний та орієнтуючись на робоче креслення деталі встановлюємо метод одержання заготовки згідно [3] – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 40ХЛ ГОСТ 1412-85.

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

Клас розмірної точності:

- при литті в піщано-глинисті форми: (10-14) 12;
- при литті в оболонкові форми: (9-13) 11.

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

Найбільший розмір – 55 мм і найтонша стінка – 10 мм для обох способів лиття: відношення становить 0,18. Також враховуємо, що форми одноразові і термообробку:

- при литті в піщано-глинисті форми: (3-6) 5.
- при литті в оболонкові форми: (3-6) 4.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (365мм)

- при литті в піщано-глинисті форми: (14-20) 17.
- при литті в оболонкові форми: (10-16) 13.

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовок отриманих литтям в піщано-глинисті форми (піщано-глинисті форми)

Призначення вихідних даних (норм точності)	Діапазон даних				Прийнято	
Клас розмірної точності	10-14				12	
Ступінь жолоблення	3-6				5	
Ступінь точності поверхонь виливка	14-20				17	
Шорсткість поверхонь виливка	Ra=80 мкм					
Клас точності маси виливка	8-15				11	
Ряд припусків	8-11				10	
Розрахункові розміри	Ø140H7	108	39	Ø48	155	50
Допуски:						
розмірів	6,4	6,4	5,0	5,0	6,4	5,6
форми чи розміщення	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
зміщення по площині роз'єму	-	3,2	-	-	-	3,2
зміщення через перекіс стержня	2,0	-	-	-	2,0	-
нерівностей	2,0					
маси	16%					
Загальний допуск	6,4	6,4	5,0	5,0	6,4	6,4
Припуски:						
мінімальний	1,6					
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю розмірів	4	3	3	2	2	2
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	2	2	2	2		
прийнята кількість переходів	4	3	3	2	2	2
Загальний припуск	8,5	7,8	6,7	5,8	7,8	6,7
Розміри заготовки	Ø123	123,6	40,1	36,4	170,6	51,1

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

Призначення вихідних даних (норм точності)	Діапазон даних						Прийнято
Клас розмірної точності	9-13						11
Ступінь жолоблення	3-6						4
Ступінь точності поверхонь виливка	10-16						13
Шорсткість поверхонь виливка	Ra=32 мкм						
Клас точності маси виливка	7Т-14						10
Ряд припусків	5-8						6
Розрахункові розміри	Ø140Н7	108	39	Ø48	155	50	
Допуски:							
розмірів	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,4	
форми чи розміщення	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
зміщення по площині роз'єму	-	2,4	-	-	-	2,4	
зміщення через перекіс стержня	1,2	-	-	-	1,2	-	
нерівностей	0,8						
маси	12%						
Загальний допуск	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	
Припуски:							
мінімальний	0,6						
Кількість переходів механічної обробки							
за точністю розмірів	4	3	3	2	2	2	
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	2	2	2	2			
прийнята кількість переходів	4	3	3	2	2	2	
Загальний припуск	6,2	5,6	4,8	4,3	5,6	4,8	
Розміри заготовки	Ø127,6	119,2	39,8	39,4	166,2	50,8	

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь



точності поверхонь виливка:

- при литті в піщано-глинисті форми:  $R_a=80$  мкм.
- при литті в оболонкові форми:  $R_a=32$  мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка - діапазон від 10 до 100, тип матеріалу - сірий чавун СЧ 18.

- при литті в піщано-глинисті форми: (8-15) 11.
- при литті в оболонкові форми: (7-14) 10.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в піщано-глинисті форми: (8-11) 10.
- при литті в оболонкові форми: (5-8) 6.

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

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

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів – враховуючи клас розмірної точності (лиття в піщано-глинисті форми – 12, лиття в оболонкові форми – 11) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

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

- лиття в піщано-глинисті форми – 1,0 мм.
- лиття в оболонкові форми – 0,8мм

Допуск нерівностей - враховуємо ступінь точності поверхні виливка.

- лиття в піщано-глинисті форми – 2,0.
- лиття в оболонкові форми – 0,8.

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка і номінальної маси виливка діапазон від 10 до 40 кг.

- лиття в піщано-глинисті форми – 16%.

- лиття в оболонкові форми – 12%.

Допуск зміщення по площині роз'єму - присутній на розміри 112 та 65мм.

- при литті в піщано-глинисті форми: 3,2.

- при литті в оболонкові форми: 2,4.

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

При литті в піщано-глинисті форми допуски на перекіс стержня складе 2,0, а при литті в оболонкові форми - 1,2 мм.

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

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

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

- при литті в оболонкові форми: 0,6мм.

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

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

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

$$n = \frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}} \quad (2.17)$$

де  $T_{\text{розм. дет}}$  - допуск на розмір деталі,

$T_{\text{розм. вил.}}$  - допуск на розмір виливка.

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

При литті в піщано-глинисті форми для розміру  $\text{Ø}140\text{H}7$  загальний допуск 6,4 мм, тонка обробка, ряд припусків 10 → загальний припуск становить 8,5 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

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

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

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

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот. Прийнято радіуси заокруглень 4 мм.

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

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

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

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, [\text{мм}] \quad (2.18)$$

де  $d_0$  - вихідний діаметр;

$S$  – товщина стінки, мм.

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу вилівка (СЧ 18)  
 $d_0 = 7$  мм. При товщині стінки для розміру  $\varnothing 48 \times 59$  мм

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 59 = 12,9 \text{ (мм)}$$

Отже  $d_{\min} = 12,9$  і розміри на кресленні, які становляться менше  $d_{\min}$  не виготовлюють литтям, тобто отвори під різь М6,  $\varnothing 5$ .

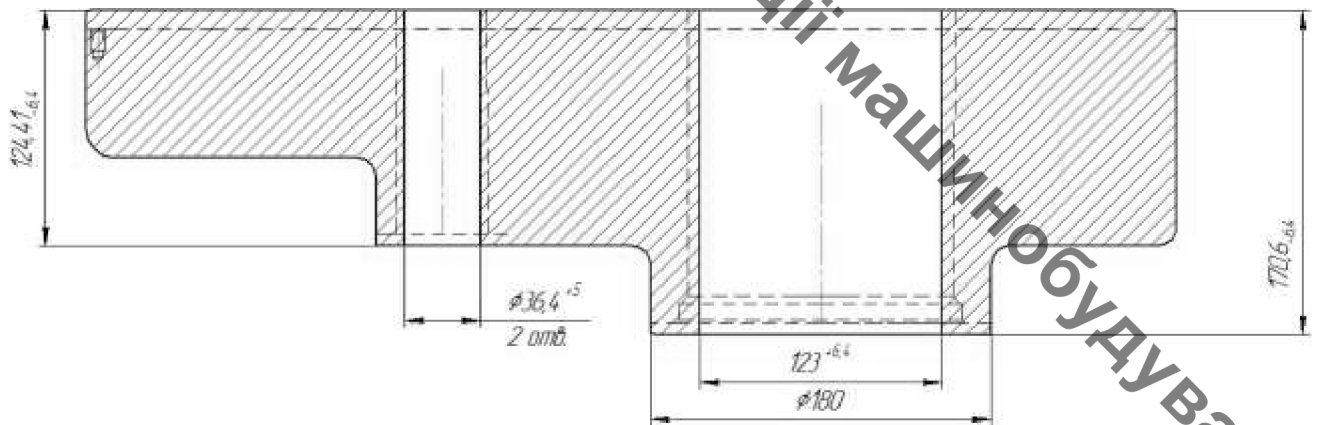


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки в піщано-глинисті форми

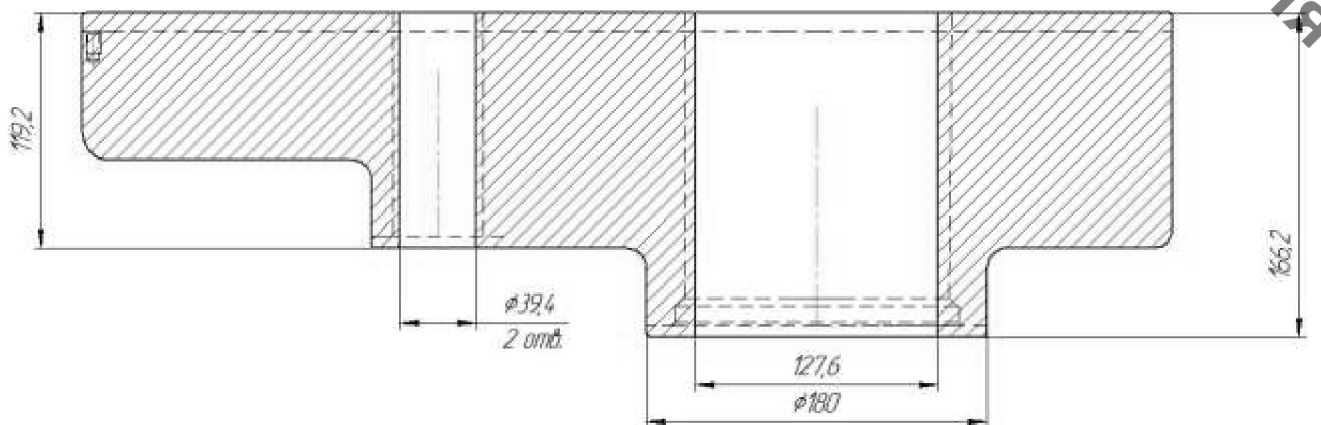


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки в оболонковій форми

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

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} \quad (2.19)$$

При литті в піщано-глинисті форми:

$$\gamma = 33,65/46,99=0,716$$

При литті в оболонкові форми:

$$\gamma = 33,65/41,4=0,812$$

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

3.5. Техніко-економічне порівняння 2-х варіантів виготовлення заготовки і вибір найбільш раціонального

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{Л}} \cdot K_{\text{T}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \quad [\text{грн}] \quad (2.20)$$

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

$K_{П}$  - 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;

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$$C_{л} = 15600 \text{ грн}; K_T = 1,05; K_M = 1; K_C = 0,83; K_B = 0,91; K_{П} = 1;$$

$$C_{\text{загл}} = \frac{(46,99 \cdot 15600 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1)}{1000} - \frac{(46,99 - 33,65) \cdot 4200}{1000} = 581 \text{ (грн.)}$$

Для лиття в оболонкові форми:

$$C_{л} = 24400 \text{ грн}; K_T = 1; K_M = 1; K_C = 0,9; K_B = 0,86; K_{П} = 1,1;$$

$$C_{\text{загл}} = \frac{(41,4 \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,86 \cdot 1,1)}{1000} - \frac{(41,4 - 33,65) \cdot 4200}{1000} = 781,7$$

Висновок: хоча коефіцієнт використання при литті в оболонкові форми

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

вижчий ніж при литті в піщано-глинисті форми але собівартість при литті в піщано-глинисті форми нижча ніж при литті в оболонкові форми. Таким чином економічно доцільнішим є варіант лиття в піщано-глинисті форми.

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

Деталі типу „Хрестовина” широко використовуються в якості опорних елементів у виробках машинобудівного виробництва. Ці деталі мають велику різноманітність за конструкцією яка залежить від типу виробництва, умов експлуатації, конструкційних особливостей агрегату до якого кріпиться даний виріб та складових частин які кріпляться в самій „Хрестовині”.

„ Хрестовина ” відноситься до деталей конструкції середньої складності, які мають дві або три основних базові поверхні, частіш за все це: циліндрична поверхня для базування ущільнень та зв’язана з нею площина кріплення самого „ Хрестовини” до агрегатів чи станини. Кріпильна площина або площини як правило розташовуються паралельно до вісі основного базового отвору. В залежності від цього будуть формуватися особливості конструкції виробу та вимоги до допусків форми та розміщення.

В якості основних технологічних баз використовуються конструкторські бази. За рахунок цього в процесі обробки відбувається забезпечення принципу зв’язку обробленої поверхні з необробленою, а у випадку диференціації операцій принцип постійності баз, що дає можливість мінімізувати похибку базування. При механічній обробці не використовуються штучні технологічні бази, що дозволяє зменшити час обробки деталі і її собівартість.

Дана деталь має один кріпильний диск, який розміщені перпендикулярно до вісі центрального отвору, на яких розміщені кріпильні отвори. Центральний отвір являє собою внутрішню ступінчасту поверхню. В якості аналогів розглянемо типові технологічні маршрути механічної обробки фланця та стакана. Ці аналоги характеризуються наявністю у їх конструкції елементів подібних за розміщенням

та обробкою до деталі на яку проектується технологічний маршрут механічної обробки.

Таблиця 2.7 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки хрестовини

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок обладнання	Оснащення
005	Лиття	–	–
010	Обробка та очищення виливка	–	–
015	Малярна	–	–
020	Точити торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ та $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B = 3$ та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Точити торець $\varnothing 96$ та поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$ , фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно фрезерний 21105Н7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62_{js7}$ з шліфуванням торця $\varnothing 96_{js7}$ остаточно	Універсально шліфувальний 3У131ВМ	Трикулачковий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		



Відповідно до вибраного типу серійності необхідно визначити за вимогами до використовуваного обладнання його тип. Враховуючи вимоги точність розмірів, допуски форми та розміщення, параметри шорсткості, необхідно запропонувати, у випадку необхідності, відповідну систему програмного числового керування.

2.5 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.

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

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.21)$$

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.

Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору  $\varnothing 140H7$ , враховуючи, що допуск точності відповідного розміру заготовки складає 2.2:

$$\varepsilon=2.2/0,04=55$$

Отже можна проводити обробку за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5$$

$$\varepsilon_2=4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3=\varepsilon/\varepsilon_1\cdot\varepsilon_2 \quad (4.2)$$

Тобто:

$$\varepsilon_3=55/5\cdot4=2,75$$

Допуск складатиме:

$$T_1=2.2/5=0,44 \text{ (мм);}$$

$$T_2=0,44/4=0,11 \text{ (мм);}$$

$$T_3=0,11/2,75=0,04 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: розточування попереднє (12 квалітет точності); розточування попереднє (9 квалітет точності); розточування остаточне (7 квалітет точності)

Таблиця 2.8 – Кількість ступеней механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Отримуваний квалітет
Ø48H7	Розточування попереднє	11
	Розточування попереднє	9
	Розточування остаточне	7
108 <sub>-0,14</sub>	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	10
155 <sub>-0,16</sub>	Фрезерування попереднє	12

	Фрезерування остаточне	10
--	------------------------	----

2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування на площину та два отвори. При такій схемі базування відсутня похибка базування на усі отримувані розміри (таблиця 4.2).

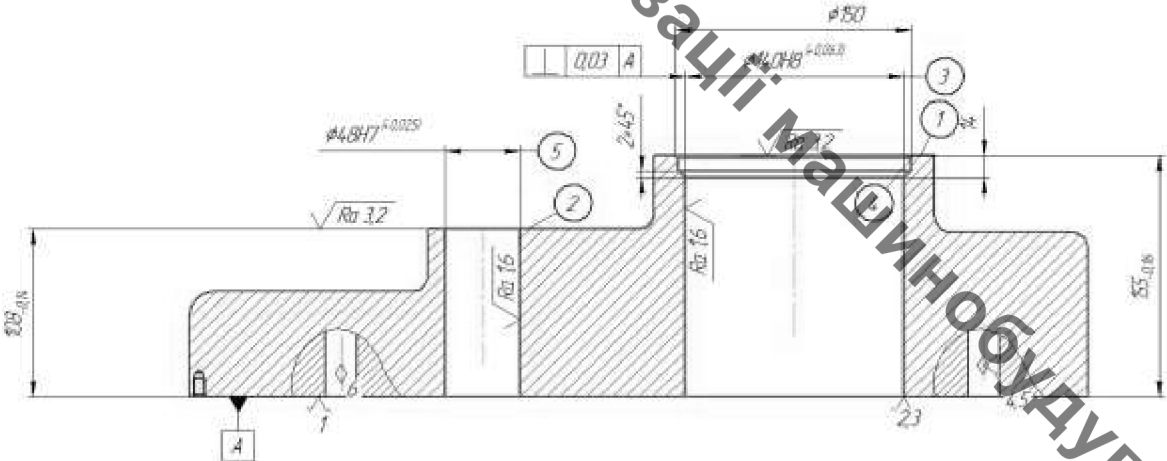


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

Таблиця 2.9– 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
Токарно-револьверна з ЧПК	Ø48, Ø140	відсутня	Діаметральний розмір
	155, 108, пірпендикулярність	відсутня	Виконання принципу суміщення баз

	осі отворів Ø48 та Ø140 відносно бази А		
	72	відсутня	Обробка з одного установа

В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування на площину та дві призми. Це забезпечить зняття рівномірного мінімального припуску із торця при подальшій механічній обробці. Крім того похибка базування на усі отримувані розміри відсутня при такій схемі установки (таблиця 2/10).

Таблиця 2.10– Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Вертикально- фрезерна з ЧПК	Ø5, М6	відсутня	Діаметральний розмір
	155, 108	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	15, 12, 39, 150, 100, 200	відсутня	Обробка з одного установа

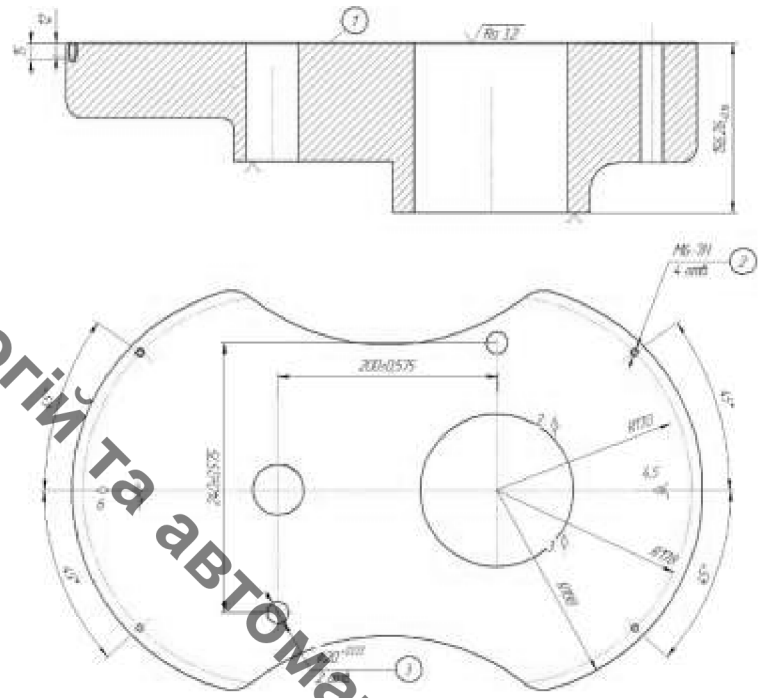


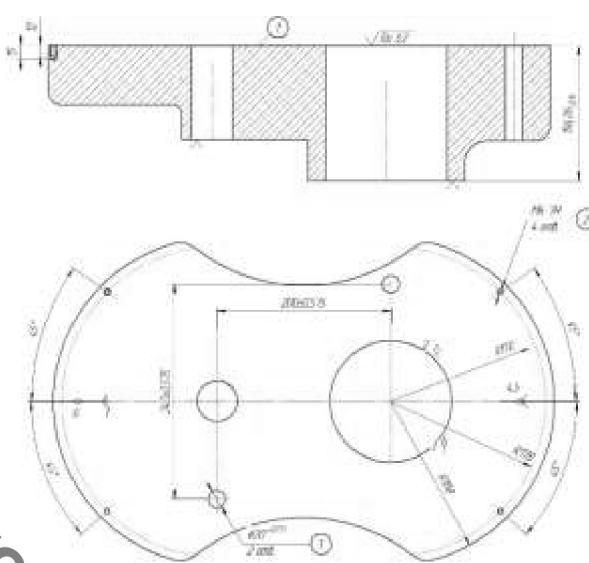
Рисунок 2.4 – Ескіз чорнових баз

2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Таблиця 2.11 - Маршрут механічної обробки

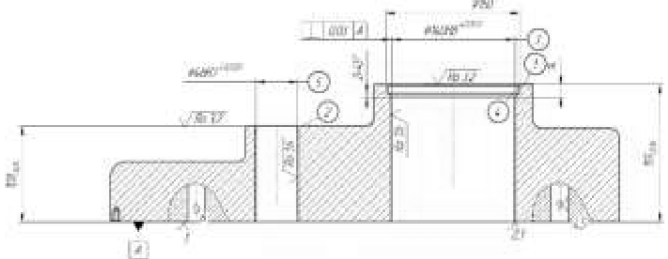
Номер операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстату
1	2	3	4

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати площину 1</p> <p>4 Центрувати 2 отвори 3 і 4 отвори 2</p> <p>5 Свердлити 4 отвори 2</p> <p>6 Зенкувати фаски в 4 отворах 2</p> <p>7 Нарізати різь в 4 отворах 2</p> <p>8 Свердлити 2 отвори 3</p> <p>9 Зенкерувати 2 отвори 3</p> <p>10 Розвернути 2 отвори 3</p> <p>11 Зняти заготовку</p>	 <p>The drawing consists of two views: a side view (top) and a top view (bottom). The side view shows a stepped shaft-like component with a diameter of 40 mm and a length of 100 mm. The top view shows a circular part with a diameter of 40 mm, featuring two holes of diameter 10 mm and two holes of diameter 8 mm. Various dimensions and tolerances are indicated throughout the drawing.</p>	Вертикально-фрезерний ГФ2171М
-----	--	--	-------------------------------

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
---	---	---	---

010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати торець</p> <p>3 Фрезерувати площину 2</p> <p>4 Розточити попередньо отвір 3</p> <p>5 Розточити попередньо отвір 3</p> <p>6 Розточити поверхню 4</p> <p>7 Розточити остаточно отвір 3</p> <p>8 Розточити попередньо 2 отвори</p> <p>9 Розточити попередньо 2 отвори</p> <p>10 Розточити остаточно 2 отвори</p> <p>11 Зняти деталь</p>		<p>Багатоцільовий ЛТ260МФ3</p>
-----	--	--	--------------------------------

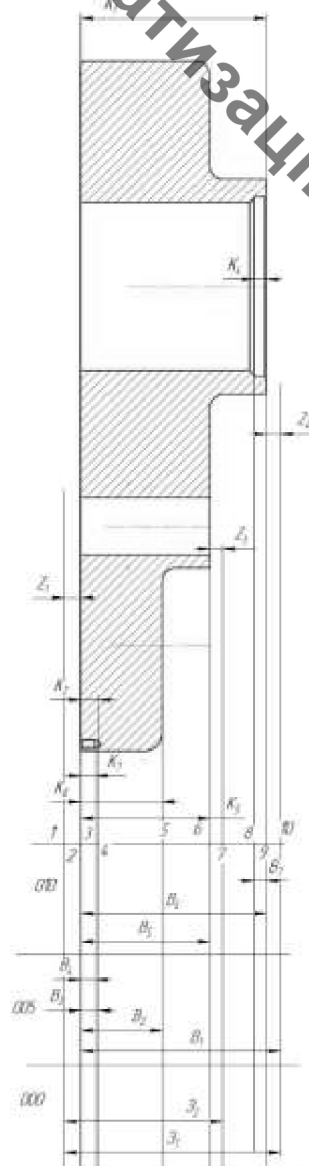
2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної

обробки. 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 2.12– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$
Попередні значення допусків	1,85	1,0	1,4	1,2	1,0	0,46	0,1	0,43	0,43	0,14	0,16	0,74



Рисунки 2.5 – Розмірна схема першого технологічного процесу



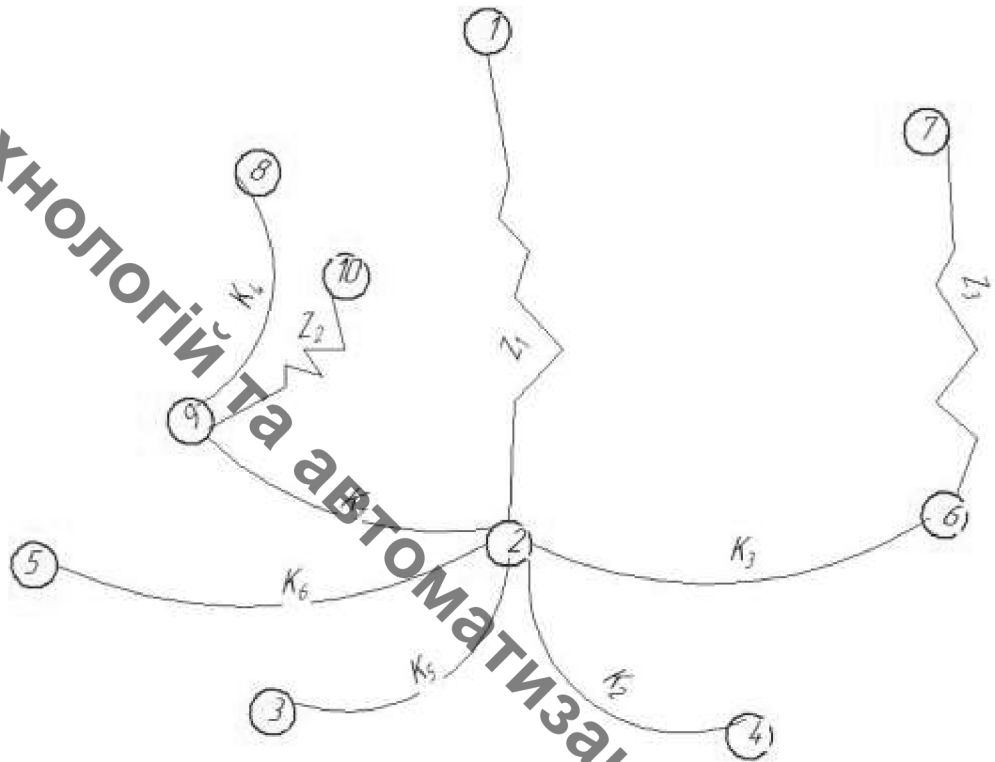


Рисунок 2.6 – Вихідний граф-дерево

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

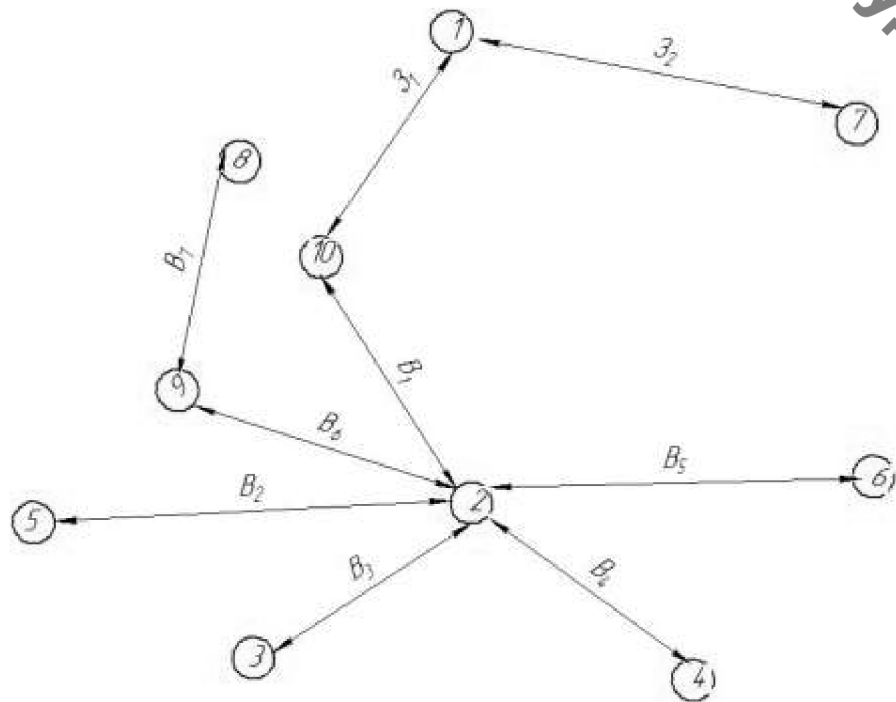


Рисунок 2.7 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

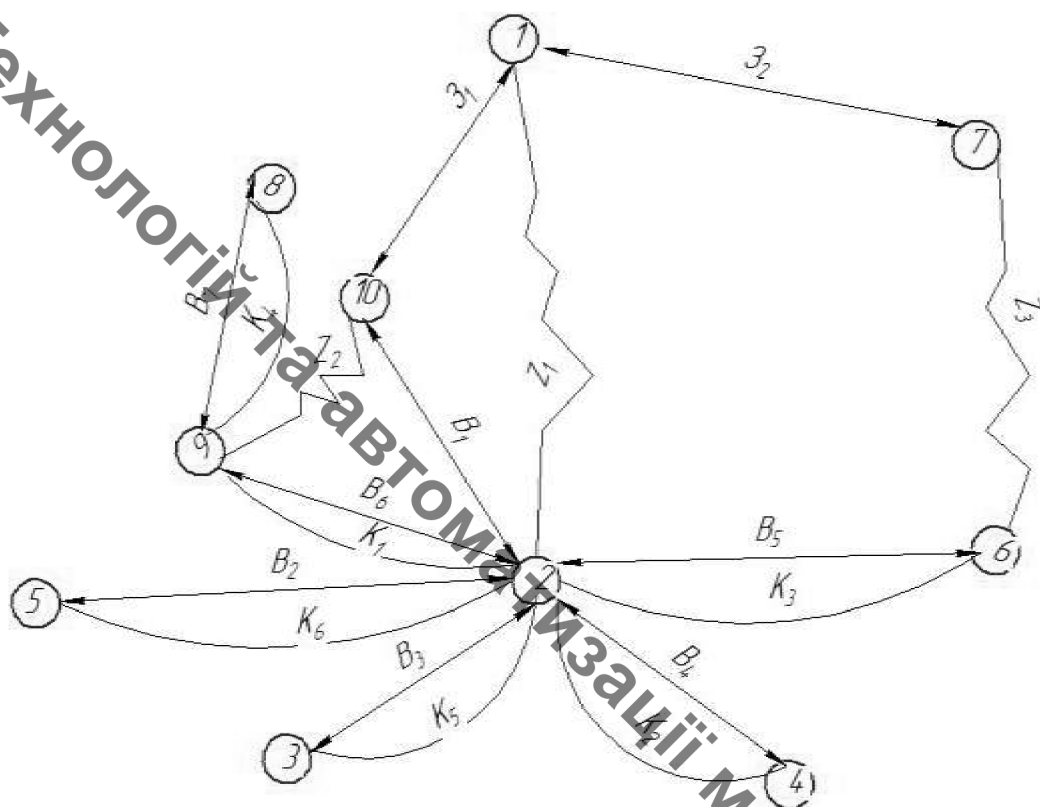


Рисунок 2.8 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 2.13 – Мінімальні припуски

Припуски	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>
Z <sub>min</sub>	0,8	0,8	0,8	0,8

Таблиця 2.14 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	2	3	4
1	$B_2 - K_6 = 0$	$B_2 = K_6$	B <sub>2</sub>
2	$B_3 - K_5 = 0$	$B_3 = K_5$	B <sub>3</sub>
3	$B_4 - K_2 = 0$	$B_4 = K_2$	B <sub>4</sub>
4	$B_5 - K_3 = 0$	$B_5 = K_3$	B <sub>5</sub>
5	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B <sub>6</sub>

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
4	$B_5 - K_3 = 0$	$B_5 = K_3$	$B_5$
5	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	$B_6$
6	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	$B_7$
7	$B_1 - Z_2 - K_1 = 0$	$Z_2 = B_1 - K_1$	$B_1$
8	$Z_1 - B_1 - 3_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	$3_1$
11	$3_2 - Z_1 - K_3 - Z_3 = 0$	$Z_3 = 3_2 - Z_1 - K_3$	$3_1$

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

1.  $B_2 = K_6 = 68_{-0,3}(\text{мм});$

2.  $B_3 = K_5 = 12^{\pm 0,215}(\text{мм});$

3  $B_4 = K_2 = 15^{\pm 0,215}(\text{мм});$

4  $B_5 = K_3 = 108_{-0,14}(\text{мм});$

5  $B_6 = K_1 = 155_{-0,16}(\text{мм});$

6.  $B_7 = K_4 = 14^{\pm 0,215}(\text{мм});$

7.  $Z_{2 \min} = B_{1 \min} - K_{1 \max};$

$B_{1 \min} = 155 + 0,8 = 155,8 (\text{мм});$

$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 155,8 + 0,46 = 156,26 (\text{мм});$

$B_1 = 156,26_{-0,46} (\text{мм})$

$Z_{2 \max} = B_{1 \max} - K_{1 \min} = 156,26 - 154,84 = 1,42(\text{мм})$

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

$3_{1 \min} = 156,26 + 0,8 = 157,06 (\text{мм});$

$3_{1 \max} = 157,06 + 1,85 = 158,91 (\text{мм});$

$3_1 = 158,91_{-1,85} (\text{мм}).$

$Z_{1 \max} = 3_{1 \max} - B_{1 \min} = 158,91 - 155,8 = 3,11(\text{мм})$

9  $Z_{3 \min} = 3_{2 \min} - Z_{1 \max} - K_{3 \max}$

$3_{2 \min} = 0,8 + 108 + 3,11 = 111,99 (\text{мм});$

$$Z_{2\max} = 111,99 + 1,4 = 113,39 \text{ (мм)};$$

$$Z_2 = 113,4_{-1,4} \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = Z_{2\max} - Z_{1\min} - K_{3\min} = 113,4 - 107,86 - 0,8 = 5,34 \text{ (мм)}$$

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.

Таблиця 2.15– Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z <sub>1</sub>	157,06	158,91	1,85	158,91		158,91 <sub>-1,85</sub>
Z <sub>2</sub>	111,99	113,39	1,4	113,4		113,4 <sub>-1,4</sub>
B <sub>1</sub>	155,8	156,26	0,46	156,26	156,26 <sub>-0,46</sub>	
B <sub>2</sub>	67,7	68	0,3	68	68 <sub>-0,3</sub>	
B <sub>3</sub>	11,795	12,215	0,43	12	12 <sub>±0,215</sub>	
B <sub>4</sub>	14,795	14,215	0,43	15	15 <sub>±0,215</sub>	
B <sub>5</sub>	107,86	108	0,14	108	108 <sub>-0,14</sub>	
B <sub>6</sub>	154,84	155	0,16	155	155 <sub>-0,16</sub>	
B <sub>7</sub>	13,785	14,215	0,43	14	14 <sub>±0,215</sub>	

Таблиця 2.16 – Припуски на механічну обробку

Припуски	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Z <sub>min</sub>	0,8	0,8	0,8
Z <sub>max</sub>	2,74	4,21	5,34

2.9. 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.

Сумарне значення просторових відхилень згідно визначається:

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

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0.8 \cdot 226)^2 + (0.8 \cdot 195)^2} = 238 (\text{мкм})$$

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,8;

$\rho_{\text{зм}}$  – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру 10.

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{238^2 + 200^2} = 311 (\text{мкм})$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad [\text{мкм}] \quad (2.23)$$

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

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 311 = 187 (\text{мкм});$$

$$\rho_2=0,04 \cdot 187=8 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мм]} \quad (2.24)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, що в даному випадкові рівна максимальному зазору між штирем і отвором:

$$S_{\max}=0.015+0.04+0.015=0.07 \text{ (мм)}$$

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, що при установці на площину з пневматичним затисканням складає 200 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_3=200 \text{ (мкм)}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{200^2 + 70_s^2} = 212 \text{ (мкм)}$$

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

$$\varepsilon_2=\varepsilon_1 \cdot 0,05=212 \cdot 0,05=10 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{i\min}=2(R_{zi-1}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ [мкм]} \quad (2.25)$$

Мінімальний припуск під розточування:

$$2Z_{1\min}=2(600+\sqrt{311^2+212^2})=2\cdot 976 \text{ (мкм)}$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min}=2(50+50+\sqrt{187^2+10^2})=2\cdot 287 \text{ (мкм)}$$

остаточне розточування:

$$2Z_{2\min}=2(30+30+8)=2\cdot 68 \text{ (мкм)}$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d=140,04 \text{ (мм)}$$

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

для попереднього розточування:

$$d_2=140,04-2\cdot 0,068=139,9 \text{ (мм)}$$

для попереднього розточування:

$$d_3=139,9-2\cdot 0,287=139,326 \text{ (мм)}$$

для заготовки

$$d_4=139,326-2\cdot 0,976=137,374 \text{ (мм)}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно

до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для чистового розточування відповідно для 7 квалітету допуск складає 40 мкм; для попереднього точіння для 9 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 100 і 250 мкм та для заготовки допуск складає 2,2 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:

$$139,9-0,1=139,8 \text{ (мм);}$$

$$139,33-0,25=139,08 \text{ (мм);}$$

$$137,4-2,2=135,2 \text{ (мм).}$$

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:

$$2Z_{min3}=140-139,8=0,2 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{max3}=140,04-139,9=0,14 \text{ (мм);}$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{min2}=139,8-139,08=0,72 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{max2}=139,9-139,33=0,57 \text{ (мм);}$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{min3}=139,08-135,2=3,88 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{max3}=139,33-137,4=1,93 \text{ (мм);}$$



Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.9. Всі граничні розміри, допуски та припуски показані на схемі (рисунок 4.8)

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 3,88 - 1,93 = 1,95 \text{ (мм);}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 2,2 - 0,25 = 1,95 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,72 - 0,57 = 0,15 \text{ (мм);}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 0,25 - 0,1 = 0,15 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 0,2 - 0,14 = 0,06 \text{ (мм);}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,1 - 0,04 = 0,06 \text{ (мм).}$$

Отже всі розрахунки виконанні вірно і не потребують уточнення.

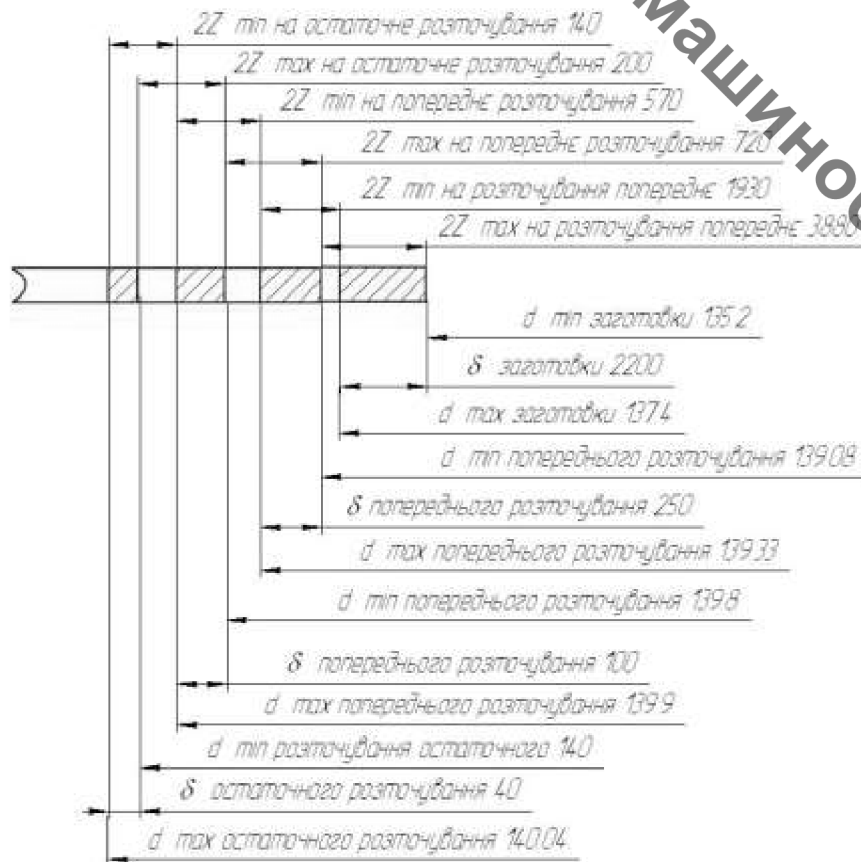


Рисунок 2.9– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору Ø140H8

В машинобудування використовують дослідно - статичний та розрахунково – аналітичний методи встановлення припусків на обробку. Згідно з дослідно-статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 4.10

Таблиця 2.17- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø48H7	Розточування попереднє	1	Ø46,4
	Розточування попереднє	0,6	Ø47,6
	Розточування остаточне	0,2	Ø48
Ø5H8	Свердління	2,0	Ø4,0
	Зенкерування	0,35	Ø4,7
	Розвертання	0,15	Ø5
M6-7H	Свердління	2,2	Ø4,4
	Зенкерування	0,3	Ø5
	Нарізання різі	1	M6

Таблиця 2.18 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків			
	$R_z$	T	$\rho$				$\epsilon$	$d_{\min}$		$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	600	311		-	137,374	2200	137,4	135,2	-			
Розточування попердне	50	50	187	212	139,326	139,33	139,33	139,08	1,93			
Розточування попердне	30	30	8	10	139,9	139,9	139,9	139,8	0,57			
Розточування остаточне	20	25	-	-	140,04	140,04	140,04	140	0,14			
Загальний припуск												
							2,64	4,8				

## 2.10 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 розрахунку режимів різання для обробки на верстатах з ЧПК на прикладі виконання 2 переходу операції 020.

На даній операції виконується попереднє розточування отвору  $\varnothing 140$ . При цьому знімаються припуск 0,5 мм.

При цьому згідно [23] рекомендована подача складає:

$$S_{от1}=0,5 \text{ (мм/об)}$$

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

Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу ( в даному випадкові T14K8)  $K_{SU}=1,1$ ;

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

Коефіцієнт, що залежить від виду інструменту  $K_{SG}=0,95$ ;

Коефіцієнт, що залежить від міцності ріжучої частини інструменту, а саме від його товщини, що згідно рекомендацій прийнята рівною 4 мм  $K_{sh}=1$ ;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу  $K_{sm}=0,9$ ;

Коефіцієнт, що враховує схему установки  $K_{sy}=1,2$ ;

Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні  $K_{sp}=1$ ;

Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри інструменту  $K_{S\phi}=1$

Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату  $K_{Sj}=0,75$ .

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1,1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75=0,84337$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0,5 \cdot 0,84337=0,421 \text{ (мм/об);}$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{триз1}}=78 \text{ (м/хв);}$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=7,5 \text{ (кВт);}$$

Але для того щоб врахувати умови в яких виконується процес, від інструменту і стан деталі введемо поправочні коефіцієнти:

Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту  $K_{vi}=1$ ;

Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу  $K_{vc}=1$ ;

Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату  $K_{vj}=0,9$ ;

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу

$$K_{vm}=1,3;$$

Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця  $K_{v\phi}=0,95$ ;

Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту

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

Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження)  $K_{vj}=0,98$

Коефіцієнт, що враховує вид обробки  $K_{vo}=1,2$ .

Загальний коефіцієнт складає:

$$K_1=0,95 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,98=1,005$$

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{триз}}=78 \cdot 1,005=78,42 \text{ (м/хв.)};$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]} \quad (2.26)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_1=1000 \cdot 78,42 / 3,14 \cdot 145=998,98 \text{ (об/хв.)};$$

Приймаємо 1000 об/хв. Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_O \text{ [мм/хв]} \quad (2.27)$$

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{M1}=1000 \cdot 0,421=421 \text{ (мм/хв.)}.$$

Таблиця 2.19– Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв.
Вертикально-фрезерна з ЧПК			
2 Фрезерувати площину 1	0,44	122,7	157
3 Фрезерувати площину 2	0,36	130,2	450
4 Центрувати 2 отвори 3 і 5 отворів 4	0,14	22,5	1554
5 Свердлити 5 отворів 4	0,24	26,54	1055
6 Нарізати різь в 5 отворах 4	1,5	7,92	580
7 Свердлити 2 отвори 3	0,12	15	1152
8 Зенкерувати 2 отвори 3	0,3	16	600
9 Розвернути 2 отвори 3	0,12	9	900
Токарно-револьверна з ЧПК			
2 Фрезерувати торець 1	0,6	180	319
3 Фрезерувати площину 2	0,7	120	280
4 Розточити попередньо отвір 3	0,6	180	319
5 Розточити попередньо отвір 3	0,2	210	340
6 Розточити поверхню 4	0,6	180	319
7 Розточити остаточно отвір 3	0,1	310	420
8 Розточити попередньо отвір 5	0,7	120	280
9 Розточити попередньо отвір 5	0,3	136	340
10 Розточити остаточно отвір 5	0,2	210	380

### 2.11 Визначення технічних норм часу

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва. Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами;

порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами: встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком.

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

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) \text{ [хв]} \quad (2.28)$$

де  $T_{\text{ц.а.}}$  – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мд}} \text{ [хв]} \quad (2.29)$$

$T_{\text{о}}$  – основний час роботи верстата за програмою,  $T_{\text{мд}}$  – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_{\text{о}} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}} \text{ [хв]} \quad (2.30)$$

де  $l_0$  – довжина оброблюваної поверхні;  $l_1$  – довжина підводу;  $l_2$  – довжина врізання;  $l_3$  – довжина перебігу;  $S_{\text{м}}$  – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів Ø10H7 наведено в таблиці 4.11.

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу



інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів– 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх1}}=(2 \cdot 100+84)/6000=0,05 \text{ (хв.)};$$

Для переходів зенкерування:

$$T_{\text{мвх6}}=2 \cdot (100+10+84)/6000=0,13 \text{ (хв.)};$$

Таблиця 2.20 - Основний час автоматичної роботи верстату для обробки отворів ØH7

Перехід механічної обробки	Довжина оброблюваної поверхні, мм	Довжина підводу інструменту, мм	Довжина врізання інструменту, мм	Довжина перебігу	Хвилинка подача, мм/хв	Основний час, хв
Центрування отвору Ø3	5	5	3	-	439,4	0,05
Свердління отвору Ø5	18	5	7,5	-	135,25	0,16
Зенкерування отвору	18	5	3	-	234	0,06
Розвертання отвору	18	5	18	-	62	0,13
Всього						0,4

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 005 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}}=(0,4+1,4 \cdot 2+2,57+0,05+1,8)+(0,13+0,1+0,05+0,05+0,13+0,12+0,55+0,05)=$$

$$=8,2 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час  $T_v$  складається із:

$$T_v = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}}, [\text{хв}] \quad (2.31)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,11 хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,2 хв;

- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,12 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,2 + 0,12 = 0,32 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із семи заміру штангенциркулем, вісьмох замірів пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = 0,09 \cdot 2 + 0,07 \cdot 4 = 0,46 \text{ (хв.)}$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_v = 0,11 + 0,32 + 0,46 = 0,89 \text{ (хв.)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.32)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{iu} = (8.2 + 2.58) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 11,5 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	8,27	11,58
010	6,36	8,27

## 2.12 Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

$$K_1 = 3 \sqrt{\left(\frac{m_i}{m_{пр}}\right)^2} \quad (2.33)$$

$m_i$  - маса  $i$ -ї деталі,  $m_{пр}$  - маса представника

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

– для розрахункового представника

$$K_{1c} = 3 \sqrt{\left(\frac{33,65}{33,65}\right)^2} = 1,0;$$

– корпуса 24.65

$$K_{1\phi} = 3 \sqrt{\left(\frac{37,25}{33,65}\right)^2} = 1,07;$$

– для кришки

$$K_{1BK} = 3 \sqrt{\left(\frac{30,18}{33,65}\right)^2} = 0,93;$$

для кришки 24.65

$$K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{28,73}{33,65}\right)^2} = 0,9;$$

Таблиця 2.22 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Хрестовина 10.50 (розрахунковий представник)	33,65	3500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	3			19		2		5	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-	
					1	2		20	6			
Корпус 24.65	37,25	5600	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
				1	4	2	-	4	10	-	22	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50		
			-	1	4	2	-	14	22		-	
Кришка	30,18	5800	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	4	-	12	-	14	-	25	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-	
			-	2	4		12	14	25		-	
Кришка 24.65	28,73	7500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	6	8	-	12	-	14	-	25	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-	
			-	6	8		2	14	25		-	

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

– для розрахункового представника

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

- для корпусу 24.65

$$K_{2\phi} = \left( \frac{3500}{5600} \right)^{0,15} = 0,93;$$

- для кришки

$$K_{2BK} = \left( \frac{3500}{5800} \right)^{0,15} = 0,927;$$

- для кришки 24.65

$$K_{2BK} = \left( \frac{3500}{7500} \right)^{0,15} = 0,89;$$

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами (4.11, 4.12, 4.13).

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{31}$  для кожної деталі

- для розрахункового представника

$$\overline{K_{Tp,np}^C} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 3 + 10 \cdot 19 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 5}{3 + 19 + 2 + 5} = 11,2;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_{Tp,np}^C}}{\overline{K_{Tp,np}^P}} \right)^{\alpha_1} = 0,93;$$

- корпусу 24.65

$$\overline{K_{Tp,np}^{K15}} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 4 + 10 + 22} = 12,3;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_{Tp,np}^{K15}}}{\overline{K_{Tp,np}^C}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12,3}{11,2} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,87}{0,93} = 0,935;$$

- для кришки

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_{\epsilon} \cdot n_{\kappa\epsilon}}{\sum n_{\kappa\epsilon}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{2 + 4 + 12 + 14 + 25} = 12;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_T^K}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12}{11,2} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,9}{0,93} = 0,97;$$

– для кришки 24.65

$$\overline{K_{Tp.np}^K} = \frac{\sum K_a \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 6 + 8 \cdot 8 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{6 + 8 + 12 + 14 + 25} = 11,5;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_T^K}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{11,5}{11,2} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,92}{0,93} = 0,99;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{32}$  для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,6 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 20 + 12,5 \cdot 6}{1 + 2 + 20 + 6} = 7,16;$$

$$\left( \overline{R_a^K} \right)^{\alpha_2} = (7,16)^{\alpha_2} = 0,97;$$

– корпуса 24.65

$$\overline{R_a^{\epsilon 15}} = \frac{\sum R_a \cdot \dot{i}_{ii\dot{a}}}{\sum \dot{i}_{ii\dot{a}}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 1,6 \cdot 4 + 2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 14 + 22} = 8,74$$

$$K_{32}^{K15} = \left( \frac{\overline{R_a^\Phi}}{\overline{R_a^{p.np}}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{8,74}{7,16} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,96}{0,97} = 0,99;$$

– для кришки

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 25}{2 + 4 + 12 + 14 + 25} = 7,86;$$

$$K_{32}^K = \left( \frac{\overline{R_a^K}}{R_a^{p.np}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{7,86}{7,12} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,975}{0,97} = 1,005;$$

– для кришки 24.56

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,25 \cdot 6 + 1,6 \cdot 8 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 25}{6 + 8 + 2 + 14 + 25} = 7,8;$$

$$K_{32}^K = \left( \frac{\overline{R_a^K}}{R_a^{p,np}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{7,8}{7,12} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,975}{0,97} = 1,005;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_3$  для кожної деталі:

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

$$K_{3\phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,935 \cdot 0,99 = 0,93;$$

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,97 \cdot 1,005 = 0,98;$$

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,99 \cdot 1,005 = 0,995;$$

Таблиця 2.23 – Розрахунок приведенної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Хрестовина 10.50	3500	33,65	1,0	1,0	1,0	1,0	3500
Корпус 24.65	5600	37,25	1,07	0,93	0,93	0,93	5207
Кришка 24.65	5800	30,18	0,93	0,927	0,98	0,85	4952
Кришка 24.65	7500	28,73	0,9	0,89	0,995	0,81	6051
Всього							19710

Значення коефіцієнта  $K_{np}$  для кожного виробу

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

$$K_{npK15} = 0,93 \cdot 0,93 \cdot 1,07 = 0,93;$$

$$K_{np} = 0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,927 = 0,85;$$

$$K_{np} = 0,995 \cdot 0,9 \cdot 0,89 = 0,81;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np} = 3500 \cdot 1,0 + 5600 \cdot 0,93 + 5800 \cdot 0,85 + 7500 \cdot 0,81 = 19710 \text{ (шт.)}$$

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):

$$C_p = \frac{T_{шт-к.p.оп} \cdot N_{np}}{F_{\partial} \cdot m \cdot 60} \quad (2.34)$$

$$C_{p005} = \frac{11,58 \cdot 19710}{3890 \cdot 60} = 0,9779;$$

$$C_{p010} = \frac{8,58 \cdot 19710}{3890 \cdot 60} = 0,7246;$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{np005} = 1; \quad C_{np010} = 1;$$

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

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{np} \quad (2.35)$$

Коефіцієнт завантаження для верстатів на операції 005 складатиме:



$$\eta_3=0,977/1=0,977$$

Операції 010:

$$\eta_3=0,725/1=0,725$$

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

$$\eta_{3.ср.} = (0,977+0,725)/2=0,8512$$

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):

$$\eta_o = T_o / T_{шт}, \quad (2.36)$$

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

$$\eta_3=8,27/11,58=0,7142$$

Операції 010:

$$\eta_3=6,36/8,58=0,7413$$

По значеннях  $\eta_o$  на всіх операціях визначається середній (як середнє арифметичне)  $\eta_{o.ср}$  верстатів дільниці (цеху)

Кафедра Технологія та автоматизація машинобудування

$$\eta_{o.cер.} = \sum T_o / \sum T_{um-k}. \quad (2.37)$$

$$\eta_{o.cер.} = (0,7142+0,7413)/2=0,7277$$

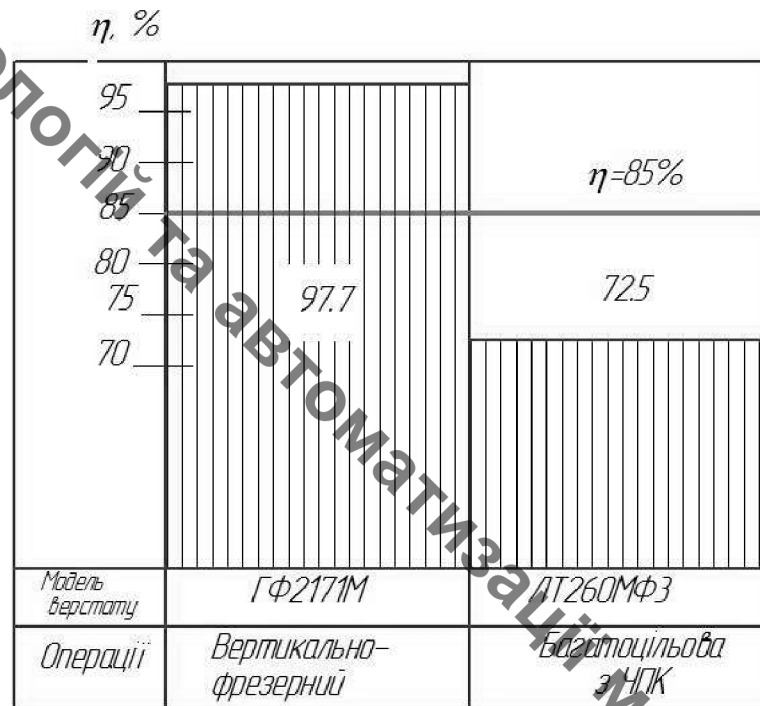


Рисунок 2.10 – Графік завантаження верстатів

Таблиця 2.24– Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{з.i}$	$\eta_{з.cер.}$	$\eta_{o.i}$	$\eta_{o.cер.}$
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,977	1	0,977	0,85	0,714	0,728
010	Багатоцільова з ЧПК	0,725	1	0,725		0,741	

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати завантажені в достатній мірі, але токарно-револьверний верстат може бути

довантажений деталями з інших дільниць. 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.

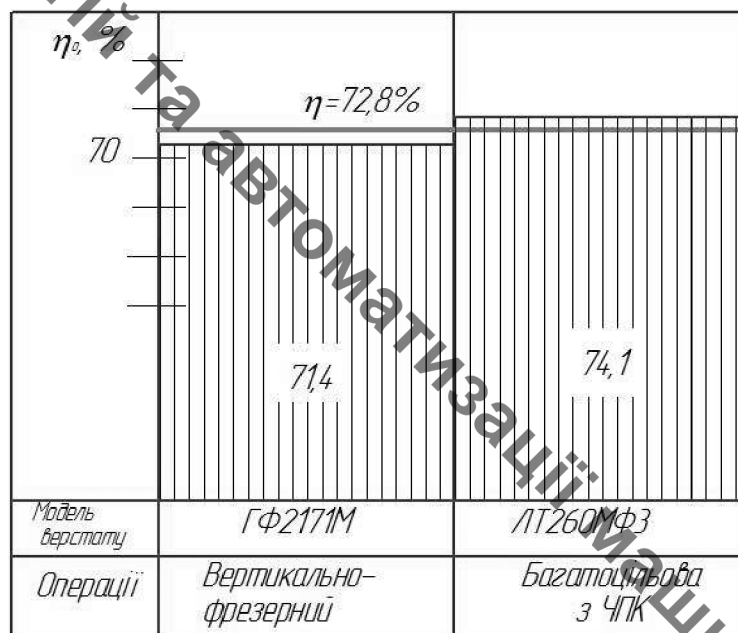


Рисунок 2.11 – Графік використання верстатів за основним часом

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою:

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (2.38)$$

де  $C_{\text{пр}}$  – прийнята кількість верстатів, шт;

$\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{\text{м}}$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{005} = \frac{11.58 \cdot 19710}{1830 \cdot 1 \cdot 60} = 2.08;$$

$$P_{010} = \frac{8.58 \cdot 19710}{1830 \cdot 1 \cdot 60} = 1.54;$$

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

$$P_{005} = 3 \text{ чол.} \quad P_{010} = 2 \text{ чол.}$$

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 дільниці разом з іншими дільницями механообробного цеху.

Таблиця 2.25 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	5	Оператор – 3	2 (I зміна); 1 (II зміна)
		Оператор – 2	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	1	Бухгалтер – 0,1 ставки на дільниці	0,1 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 0,2	0,1 (I зміна); 0,1 (II зміна)
Загальна кількість	9		

Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці.

Молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м<sup>2</sup> площі.

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 5 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника, які можуть працювати на неповні ставки і довантажуватися роботою з інших дільниць. Як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності

### 2.13 Висновки

Розроблено маршрут механічної обробки для деталі Хрестовина 10.50, в якому використовується обладнання із ЧПК. Згідно розрахунку тип виробництва –серійний. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць. До нетехнологічних елементів можна віднести тільки отвори під різь М6. В результаті аналізу і виконаних розрахунків в якості заготовки обрано вилівок в піщано-глинисті 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 дільниці механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 2, що дозволяють обробити задану програму випуску. Верстати завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 85 %.

### 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

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

Продовження таблиці 3.1

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

Продовження таблиці 3.1

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

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.



### 3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

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

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

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

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$P_i = P \cdot P_n / 100 \text{ [шт]} \quad (3.1)$$

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

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$OP = P_i / T \text{ [шт]} \quad (3.2)$$

$$OP = 48000 / 4 = 12000 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП=ОП \cdot C_p / 100 \text{ [шт]} \quad (3.3)$$

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

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП=(ОП+ПП)/2 \text{ [шт]} \quad (3.4)$$

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

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

### 3.3 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.

### 3.4 Виявлення основних конкурентів

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

Таблиця 3.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог, кришка виготовлена без ППД	Деталь, технологічний процес виготовлення якої проектується	Відношення параметрів нового пристосування і параметрів аналога
Наявність зміцненого поверхневого шару найбільш зношуваних поверхонь	-	-	наявне	1
Твердість поверхневого шару	НВ	220	260	1,18

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

### 3.5 Обрання методу ціноутворення

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

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

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

### 3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

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

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

$\alpha_i$

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

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

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

або

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

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

Таблиця 3.6 – 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	5,1 год	5,28год	1,04	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1 = 260/220 = 1.18$$

$$q_2 = 7/6 = 1.17$$

$$q_3 = 5,28/5,1 = 1.04$$

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{яв} = 1,18 \cdot 0,2 + 1,17 \cdot 0,3 + 1,04 \cdot 0,2 + 2,0 \cdot 0,3 = 1.395$$

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

### 3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

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

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими

характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

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

$$K=I_{\text{тп}}/I_{\text{еп}}$$

Де  $I_{\text{тп}}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);  
 $I_{\text{еп}}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

$$I_{\text{еп}}=2400/4000=0,6$$

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

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

### 3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

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

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

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

t – число днів роботи розробника.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1	Керівник проекту	13500	613,63	20	12272,73
2	Інженер-технолог	7500	340,91	20	6818,18
Всього					19090,91

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.],} \quad (3.6)$$

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



$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot T_{зм}} \left[ \frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (3.7)$$

де:  $M_m$  – мінімальна місячна оплата праці, грн.  $M_m = 5000$  грн.  $K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії,  $K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.  $K_c = 1,37$   $T_p$  – число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21 \div 23$ ,  $T_{зм}$  – тривалість зміни,  $T_{зм} = 8$  годин.

Таблиця 3.7 - Витрати на основну заробітну плату для виготовлення однієї деталі

Обладнання	Трудомі- сткість годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
ГФ2171	0,193	122,32	23,61
ЛТ260МФ3	0,143	122,32	17,49
Всього			41,10

Для всіх деталей складатимуть:

$$З_p = 41,10 \cdot 19800 = 813770,5 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 – 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$З_d = 0,11 \cdot (813770,5 + 19090,91) = 91614,75 \text{ (грн.)}$$

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

$$(813770,5 + 19090,91 + 91614,75) \cdot 0,22 = 203384,75 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

$$A = \frac{Ц}{T_{н.в.}} \frac{T_{ф.в.}}{12}$$

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

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

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot Ц_v \text{ [грн.]}, \quad (3.8)$$

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
ГФ2171	350 000	12	70,77	172002,31
ЛТ260МФ3	900 000	12	52,43	327708,33
Всього				499710,65

де:  $N_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 46,99 кг,  $C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 14 грн./кг.,  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ .  $V_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 13,34кг,  $C_v$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 4 грн./кг.  $n$  – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь40х	14	46,99	13,34	4	670,289

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу і відповідно отримаємо:

$$M = 46,99 \cdot 14 \cdot 1,1 - 13,34 \cdot 4 = 670,29 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$670,29 \cdot 19800 = 132711662,8 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.],} \quad (3.9)$$

де:  $V$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. У січні 2020 року  $V = 3,2$  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 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
ГФ2171	10	0,193	4,94
ЛТ260МФ3	10	0,143	3,66
Всього			8,6

А для всієї партії:

$$8,6 \cdot 19800 = 170311,7 \text{ (грн.)}$$

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

$$V_{\text{ін}} = (1...3) (Z_o + Z_p) \quad (3.10)$$

$$V_{\text{ін}} = 2 \cdot (19090,91 + 813770,5) = 1665723 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B=19090,91+813770,5+91614,75+203384,75+499710,65+13271662,8+170311,7+1665723=16735268,85(\text{грн})$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (3.11)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}}=16735268,85/0,95=17616072,48(\text{грн.})$$

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

$$ЗВ=B_{\text{заг}}/\beta \quad (3.12)$$

Де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Для нашого випадку  $\beta \approx 0,9$ .

Тоді:

$$ЗВ=17616072,48 /0,9=19573413,86(\text{грн.})$$

3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки. Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 19800 шт. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 2500 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 березня 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2020-го, 2021-го, 2022-го та 2023-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2020р.) – приблизно 19800 шт.;

2-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 16000 шт.;

3-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 15000 шт.;

4-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 14000 шт.

У 2024 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку  $\Pi_i$ , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100) \quad (3.13)$$

де  $\Pi_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.;

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

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

$\Pi_0$  – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

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

$\lambda$  – 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 2020 році 18%.

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

$$\Delta\Pi_1 = (19800 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 8455911,75 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (16000 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 6833060 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (15000 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 6405993,75 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (14000 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 5978927,5 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$E_{abc} = \text{ПП} - PV, \quad (3.14)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$\text{ПП} = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (3.15)$$

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

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

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$\text{ПП} = \frac{8459}{(1+0.1)^2} + \frac{6833}{(1+0.1)^3} + \frac{6405}{(1+0.1)^4} + \frac{59783}{(1+0.1)^5} = 20209 \text{ (тис. грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 20209 - 19573 = 636 \text{ (тис. грн.)}$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$ , 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:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{абс} / PV} - 1 \quad (3.16)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 636 / 19573} - 1 = 0,42 = 42\%$$

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'ерна) ставка дисконтування визначається за формулою:

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

Оскільки величина  $E_B = 0,42\% > T_{мін} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1 / E_B$$

$$T_{ок} = 1 / 0,42 = 2,35$$

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

### 3.11 Висновок

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на автоматизацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,35 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці

Дільниця процесу механічної обробки заготовки деталі «Хрестовна 10.20» знаходиться на території механічного цеху, де можуть виникати наступні шкідливі та небезпечні фактори:

фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатньо природнього освітлення;

хімічні: загальнотоксичні ( $\text{CO}_2$  – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні – містяться у парах ЗОР); дратуючі (пари лугів ЗОР);

психологічні: фізичні перевантаження (при перенесенні деталей з конвеєра до робочого місця); нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці);

### 4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше  $15 \text{ м}^3$ , а площа –  $4,5 \text{ м}^2$ .

#### 4.2.1. Мікроклімат

Оптимальні та допустимі показники мікроклімату визначаються на всю робочу зону, допустимі - диференційовано для постійних і непостійних робочих місць.

В приміщенні виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал / год (232-293Вт), робота виконується стоячи і

пов'язана з ходьбою, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми.

Якщо по технологічним вимогам, технічним і економічним причинам оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату. Відповідно встановлені оптимальні і допустимі показники, які приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Оптимальні і допустимі показники мікроклімату.

Період Року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	II б	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	II б	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинно перевищувати 100 Вт / м<sup>2</sup> при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами.

В приміщенні повинна бути встановлена система опалення на холодний період року. На ділянці де виконуються експериментальні дослідження, є вірогідність виникнення пилу та мікростружки.

Для забезпечення відповідності повітря робочої зони механічних і складальних цехів вимогам безпеки, необхідне здійснення наступних заходів: організація загально-обмінної вентиляції приміщень; організація місцевої вентиляції в місцях виділення пилу, дрібної стружки, шкідливих газів і парів; організація опалення приміщень у зимовий період року.

Обладнання, на яких відбувається дослідження з утворенням пилу і дрібної стружки, мають різні пиловідсмоктуючі пристрої у виді парасолів, які розташовані

над зоною різання і приєднуються до індивідуальних чи групових вентиляційних установок, що працюють на пиловловлювання.

#### 4.2.2. Виробниче освітлення

Природне освітлення проводиться через бокові вікна. Зорова робота на ділянці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств). Норми освітленості для високоточних робіт наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Нормування освітленості

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

Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами. Штучне освітлення нормується і освітленість при загальному освітленні повинна дорівнювати 750лк, при комбінованому 3000 лк.

#### 4.2.3 Виробничий шум

Джерелами шуму на дільниці є працююче обладнання та обслуговуючий автотранспорт. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 4.2:

Таблиця 4.2 – Нормування значень рівнів шуму

Робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Висококваліфікована робота, що потребує концентрації	107	99	87	82	78	75	73	71	69	80

Інтенсивність шуму у виробничому приміщенні залежить не тільки від прямого, але і від відбитого звуку. Для цієї мети внутрішні поверхні приміщення облицьовують звуковбирними матеріалами. Для відгородження найбільш гучного устаткування чи ділянок від сусідніх робочих місць можна застосовувати акустичні екрани - перешкоди обмежених розмірів, що зменшують рівень прямого звуку від джерела шуму.

#### 4.2.4 Виробничі вібрації

Обов'язковою умовою одержання достовірних результатів дослідження є стійкість руху при роботі приводу. Система має бути вібростійкою, оскільки коливання, погіршують якість обробки, можуть різко знизити і стійкість інструмента. Коливання у верстатах зв'язані з різними їхніми джерелами.

При обслуговуванні установки має місце як загальна, так і локальна вібрація, яка передається через руки робітника, що працює.

По часовій характеристиці - вібрація непостійна. За напрямом дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора віброустановки вказані в таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора.

Категорія вібрації по	Характеристика умов праці	Джерела вібрації

З тип "а"	Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонарного обладнання, або що передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації	Верстати
-----------	--	----------

Вібродемпфування - рівень вібрації зменшується за рахунок перетворення енергії механічних коливань з теплову енергію. На вібруючі частини наноситься шар пружнов'язкого матеріалу. Зниження рівня вібрації машини досягається шляхом віброізоляції. Віброізоляція здійснюється шляхом вводу в коливальну систему допоміжного пружного зв'язку, який зменшує передачу вібрацій від установки до основи.

В якості віброізолятора установки є гумова прокладка. Вона розміщується між двома фундаментами, на одній з яких встановлена установка.

Таблиця 4.4 – Санітарні норми однотипних показників вібраційного навантаження на оператора.

Вид вібрації	Категорії вібрації по санітарних нормах	Напрямок дії	Нормативні і коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			Вібраційне прискорення		Віброшвидкість	
			М/с <sup>2</sup>	рівень ДБ	М/с	рівень ДБ
Локальна			2,0	126	2,0	112
Загальна	3"а"		0,1	100	0,2	92

### 4.3 Техніка безпеки

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах;

застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Обладнання повинно бути безпечним при монтажі, експлуатації і ремонті як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежо-вибухо-безпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Важливою гігієнічною вимогою є достатність обсягу і площі приміщення, що припадає на одного працюючого. Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно із санітарними нормами повинен складати не менше 15 м<sup>3</sup>, а площа приміщення – 4,5 м<sup>2</sup>. Ширина основних проходів усередині цехів та ділянок має бути не менша 1,5 м, а ширина проїздів – 2,5 м. Висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3 м.

#### 4.3.1 Електробезпека

Проектована діляниця по небезпеці ураження людей електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій ділянці існують струмопровідні підлоги і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трифазної чотирипровідної мережі із заземленою нейтраллю.

На ділянці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на ділянці

Для забезпечення безпеки повинні використовуватись пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники діляниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.



#### 4.4 Пожежна безпека

У відповідності з ДБН В.1.1–7: 2016 приміщення має ступінь вогнестійкості - II, допустиме значення поверхів - фактично 1, площа поверху не обмежується, несучі і огорожувальні конструкції виконуються залізобетоні, з використанням металевих і плитних негорючих матеріалів. В покрівлі приміщень будуть застосовують металеві конструкції, приміщення обладнане евакуаційними виходами. Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості представлено в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) і максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику) для будівель II ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Прощі сходів, марні, балки	Плити, інші несучі конструкції
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішньо несучі			
II	2/0	1/0	(0,25..0,5)/(0..40)	25/0,40	2/0	1/0	0,75/0

З метою забезпечення пожежобезпеки слід контролювати установку по допускній температурі, так як в ній використовується мінеральне мастило, а також не допускати перегріву електродвигунів.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м. Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері – 1 м, через розсувні ворота – 2,5 м. Кількість людей на 1 метр складає близько 10 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском

## 4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань.

### 4.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї,

тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т. д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість скла додає тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів – мідь, нікель, срібло і їх поєднання. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеній на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8-150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металевої сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих доль до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до доль Ом.

4.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз структурної та електричної схем системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, конденсатори, мікросхеми, випрямлячі, магнітні матеріали, транзистори, діоди, резистивні елементи, діелектричні матеріали, індуктивні елементи та напівпровідники.

Довідникові дані про граничні значення доз іонізуючого випромінювання для системи ЧПК наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для елементів системи ЧПК

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр,i}$ , Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК, $D_{гр}$ , Р
Індуктивні матеріали	$10^6$	10 <sup>4</sup>
Інтегральні схеми	$10^4$	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистивні елементи	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	$10^{10}$	
Транзистори, діоди	$10^4$	
Мікросхеми	$10^5$	
Випрямлячі	$10^6$	
Магнітні матеріали	$10^{10}$	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	

За довідниковими даними граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає  $D_{гр}=10^4$  Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання можна визначити за формулою

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 5}{2(\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 167,5 \text{ (Р/год)},$$

де  $t_n=1$ ,  $t_k=10$  років  $=87601$  год – відповідно, час початку і кінця роботи системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{noc} = 5$  – коефіцієнт послаблення радіації.

Отже, можна зробити висновки про те, що область працездатності системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань визначена потужністю експозиційної дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год.

Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючих випромінювань область її працездатності визначена потужністю дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

#### 4.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, виконано розрахунок достатності природного освітлення, а також визначено області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи серійність виробництва та сучасні тенденції, запропонований технологічний процес орієнтований на використання гнучкого виробництва на базі верстатів з ЧПК.

Отже в якості фінішної обробки запропоновано тонке розточування отворів і підібрано режими різання, які дозволили зменшити собівартість обробки. На базі виконаних розрахунків підвищена продуктивність на 30 - 40% за рахунок оптимізації режимів різання; на підставі використаної методики встановлені закономірності зміни оптимальних значень подачі і швидкості різання від шорсткості обробленої поверхні і радіусів при вершині; розроблено рекомендації щодо вибору оптимальної конструкції режимів різання;

Розроблено маршрут механічної обробки для деталі Хрестовина 10.50, в якому використовується обладнання із ЧПК. Згідно розрахунку тип виробництва – серійний. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць. До нетехнологічних елементів можна віднести тільки отвори під різь М6. В результаті аналізу і виконаних розрахунків в якості заготовки обрано вилівок в піщано-глинисті 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 85 %..

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на

автоматизацію дільниці 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 (2,35 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, виконано розрахунок достатності природного освітлення, а також визначено області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.:Техніка.1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн.3. 2010.№ 10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликками. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.



10. Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: 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. Смелянский Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластичним деформуванням: монографія / В.М. Смелянский. – 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. Огородников В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородников, 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. Плескач, - Киев «Выща школа». 1999.—247 с.

21. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И. ] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.

22. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.

23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.

24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.

25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.

26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.

27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.

28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.

29. Антолюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991

30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.

31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.

32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.

33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.

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

35. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>. Назва з екрану.

36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.

37. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

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

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі  
 «Хрестовина 10.20»

08-26.МКР.003.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., проф. каф. ТАМ  
 Буренніков Ю.А.. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

Янчук Д.І.. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Хрестовина 10.20» 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 «Хрестовина 10.20».

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	1.10	15.10	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	15.10	20.11	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.10	30.11	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.11	25.11	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.11	25.11	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.10	27.11	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 «Положенні 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

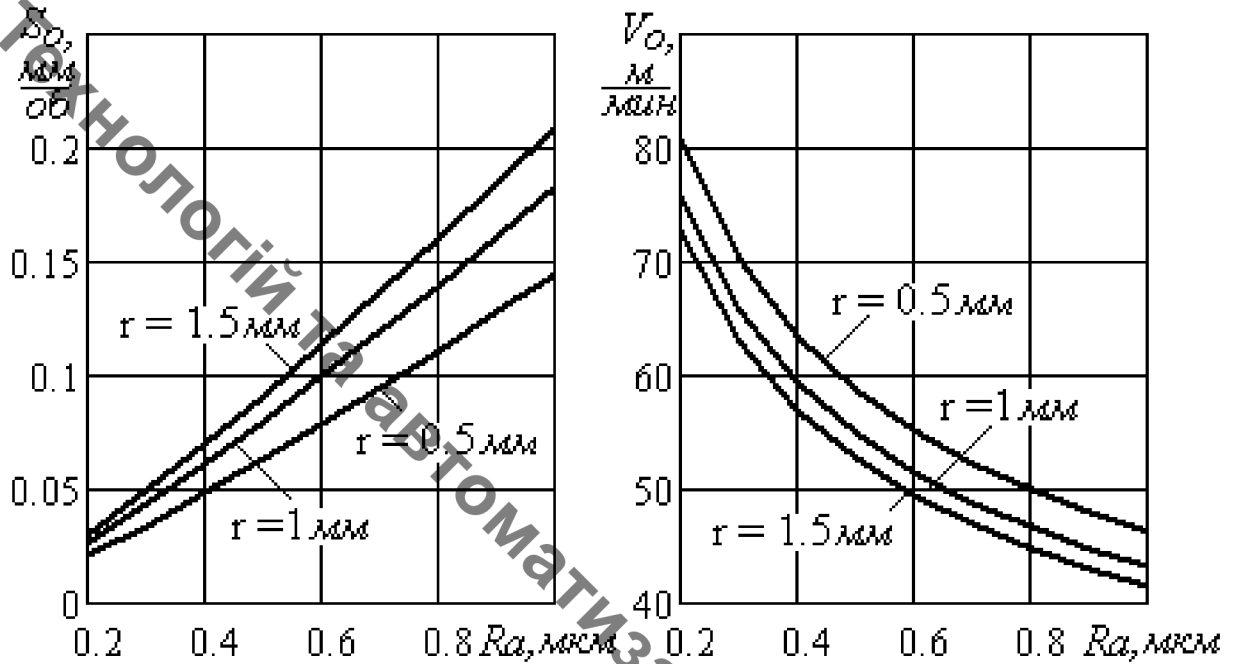
Відсутні.



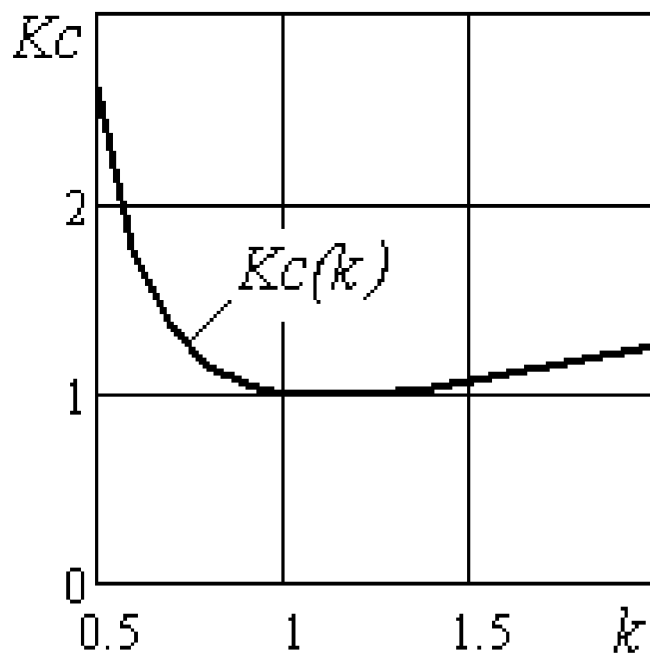
Додаток Б

Графічна частина

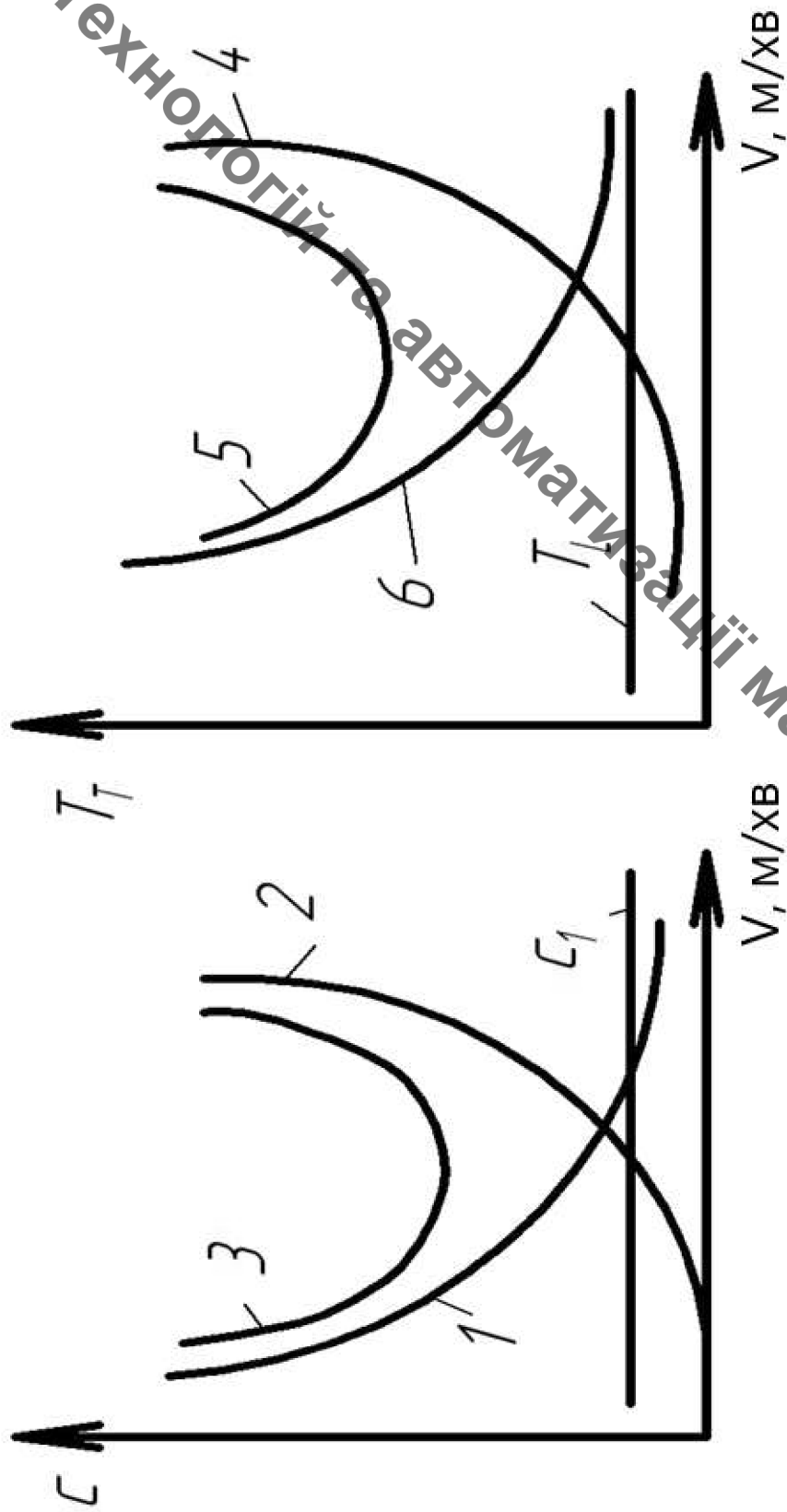
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



Графіки залежності оптимальних значень подачі  $S_0$  і швидкості різання  $V_0$  від шорсткості обробленої поверхні  $Ra$  для різних радіусів при вершині  $r$  при тонкому розточуванні

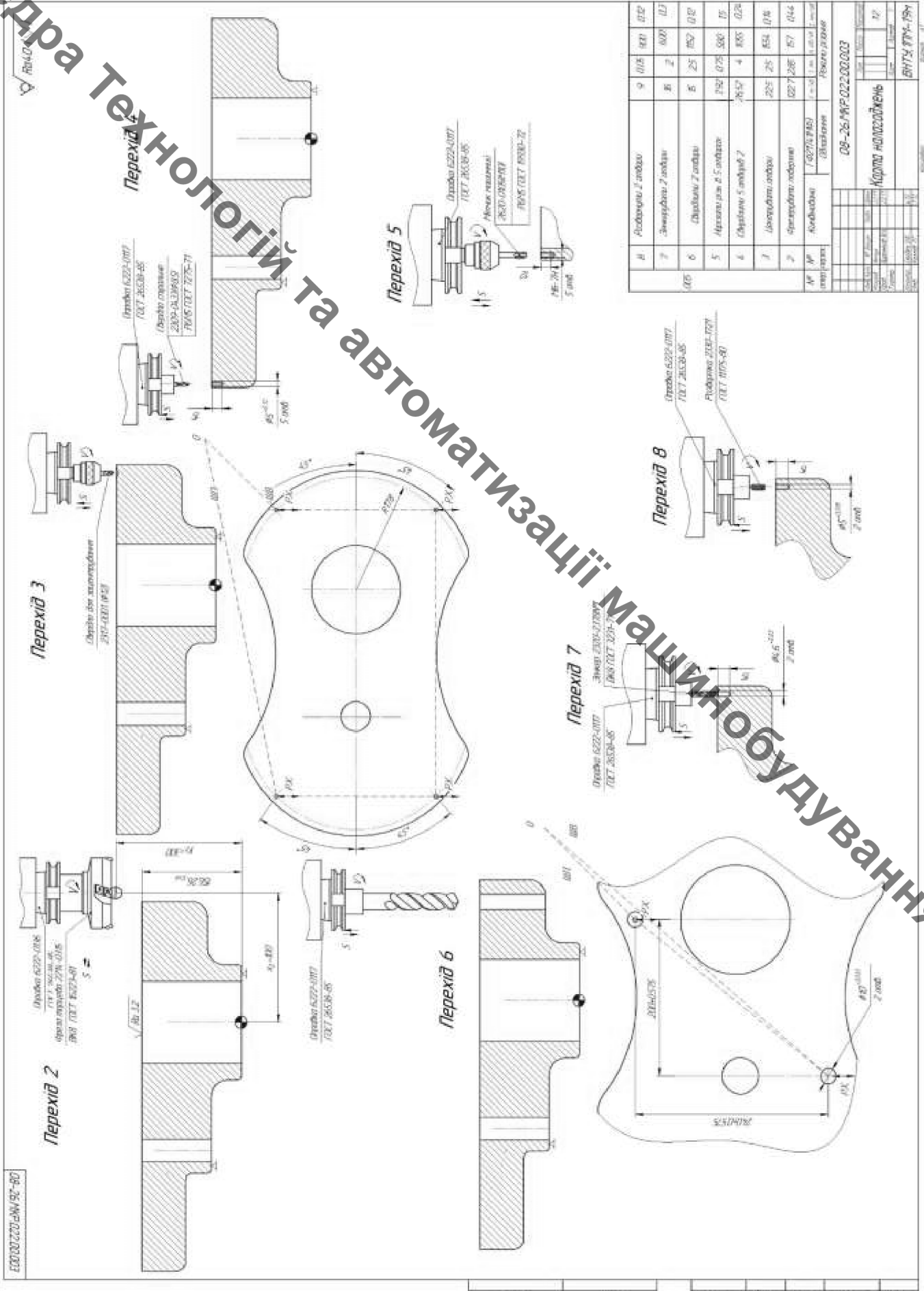


Залежність коефіцієнта зміни собівартості обробки від ступеня відхилення режимів від оптимальних



Залежність собівартості ( $C$ ) та штучного часу  $T$  обробки деталі від швидкості різання  $v$ : 1 – витрати на обробку  $C_2$ , 2 – витрати на інструмент та його зміну ( $C_3 + C_4$ ), 3 – загальні витрати (собівартість)  $C$ , 4 – час на зміну інструмента ( $T_d \cdot T_{ac} / T_c$ ), 5 – повний (штучний) час, 6 – машинний час.

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування



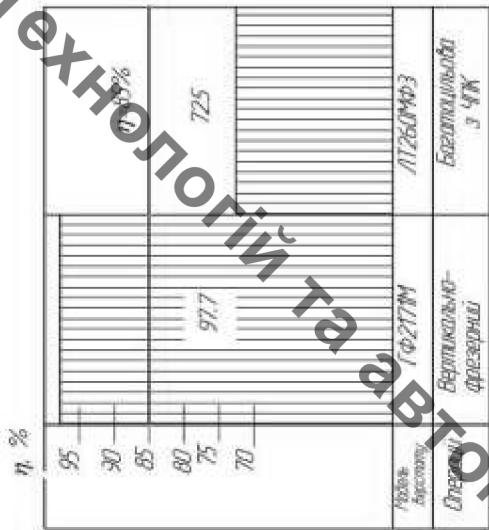
В	Алюмінієвий 3-го класу	9	0105	0101	0102
Г	Землетруська 2-го класу	8	2	002	017
Д	Шлифування 2-го класу	6	25	052	012
Е	Алюмінієвий 5-го класу	292	075	500	15
Ж	Шлифування 5-го класу 2	2612	4	005	024
З	Землетруська 2-го класу	225	25	054	018
И	Фрезерування 2-го класу	027	206	67	044
К	Алюмінієвий / 027(0,1)050	Алюмінієвий			
Л	Алюмінієвий / 027(0,1)050	Алюмінієвий			
08-26-MP-022-000003					
КОДИ НАМОНТОВИХ					
ВНТЗ ПУ-154					

0105	0101	0102	02	002	017	0102	0101	0102
------	------	------	----	-----	-----	------	------	------

Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

Таблиця 1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

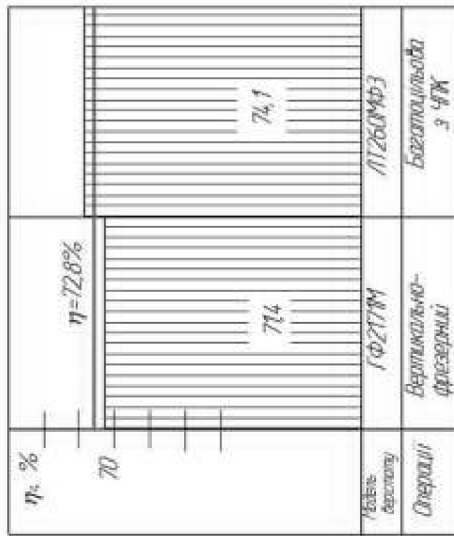
№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $S_{пр.оп.}$	$\eta_{з.ср.}$	$\eta_{в.ср.}$	$\eta_{б.ср.}$
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,977	1	0,977	0,85	0,714
010	Багатошльова з ЧПК	0,725	1	0,725	0,741	0,728



Таблиця 2 – Відомість працівників на дільниці

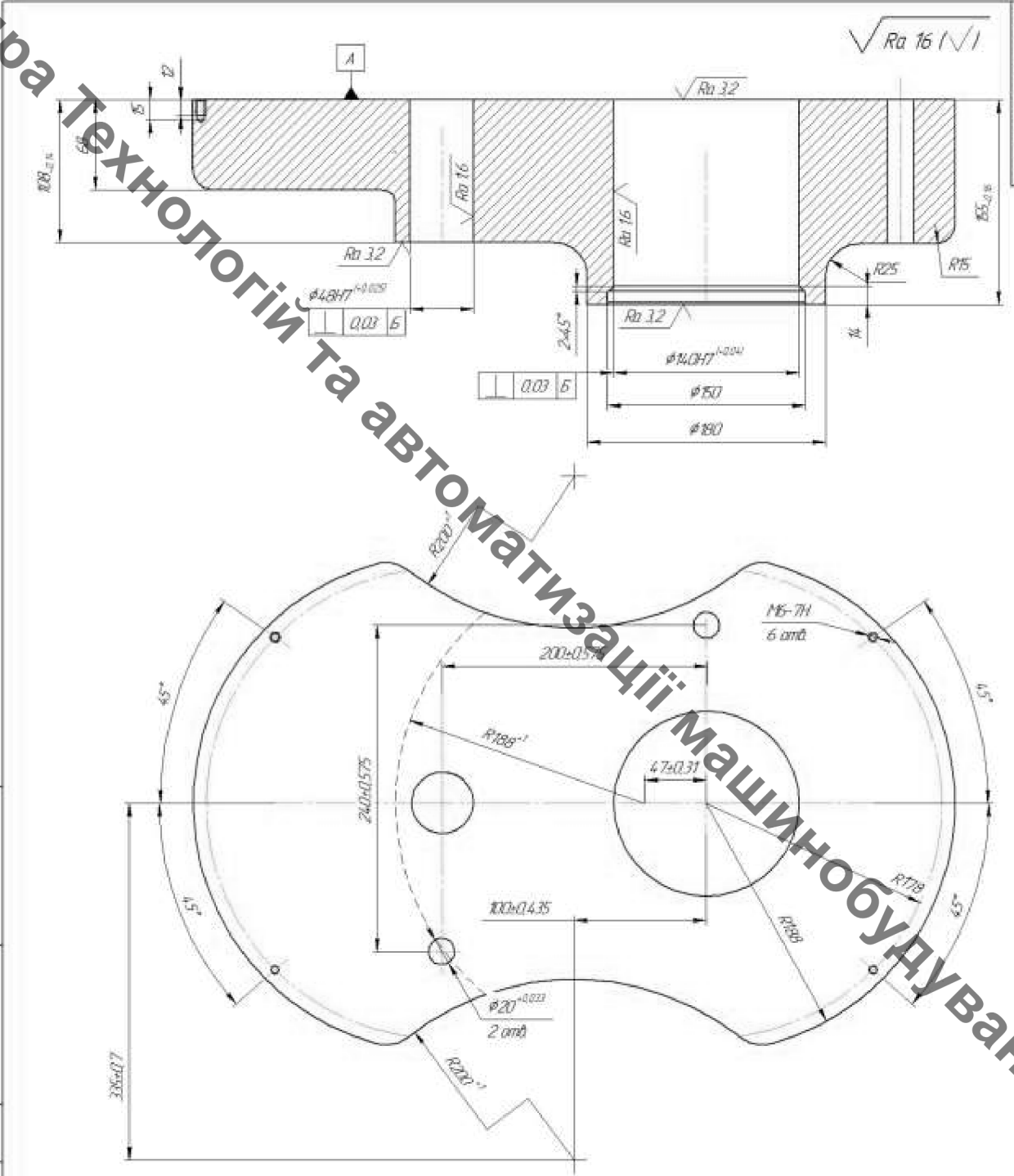
Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	5	Оператор – 3 Оператор – 2	2 (I зміна); 1 (II зміна) 1 (I зміна); 1 (II зміна)
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,5 ставки Наладчик – 0,5 ставки	0,5 (I зміна) 0,5 (I зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,5 ставки Майстри – 0,5 ставки	0,5 (I зміна) 0,5 (I зміна)
Службовці	1	Бухгалтер – 0,1 ставки на дільниці	0,1 (I зміна)
Молодий обслуговуючий персонал	1	Прибральник – 0,2	0,1 (I зміна), 0,1 (II зміна)
Загальна кількість	9		

Графік завантаження верстатів



Графік використання верстатів за основним часом

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



08-26.МКР.022.00.001

Лист №	1
Склад №	
Листів загалом	1
Листів використано	1



- 1 Неказані лінійні радіуси 3 мм
- 2 Неказані граничні відхилення валід Н14, отворів Н18, или Н4/2

08-26.МКР.022.00.001

№	Вид	№ докум.	Дата	Лист	Зара
1	Рис.	10.20	22.11	1	
2	Деталь	Хрестовина 10.20	22.11	1	
3	Лист				
4	Лист				
5	Лист				
6	Лист				
7	Лист				

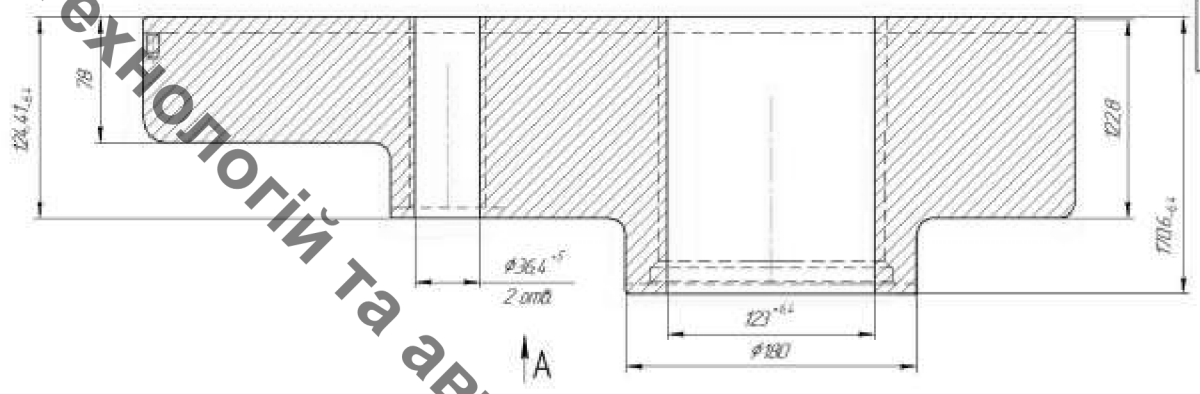
**Хрестовина 10.20**

СЧ18 ГОСТ 14.12-85 ВНТЧ зр. 11М-13м

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

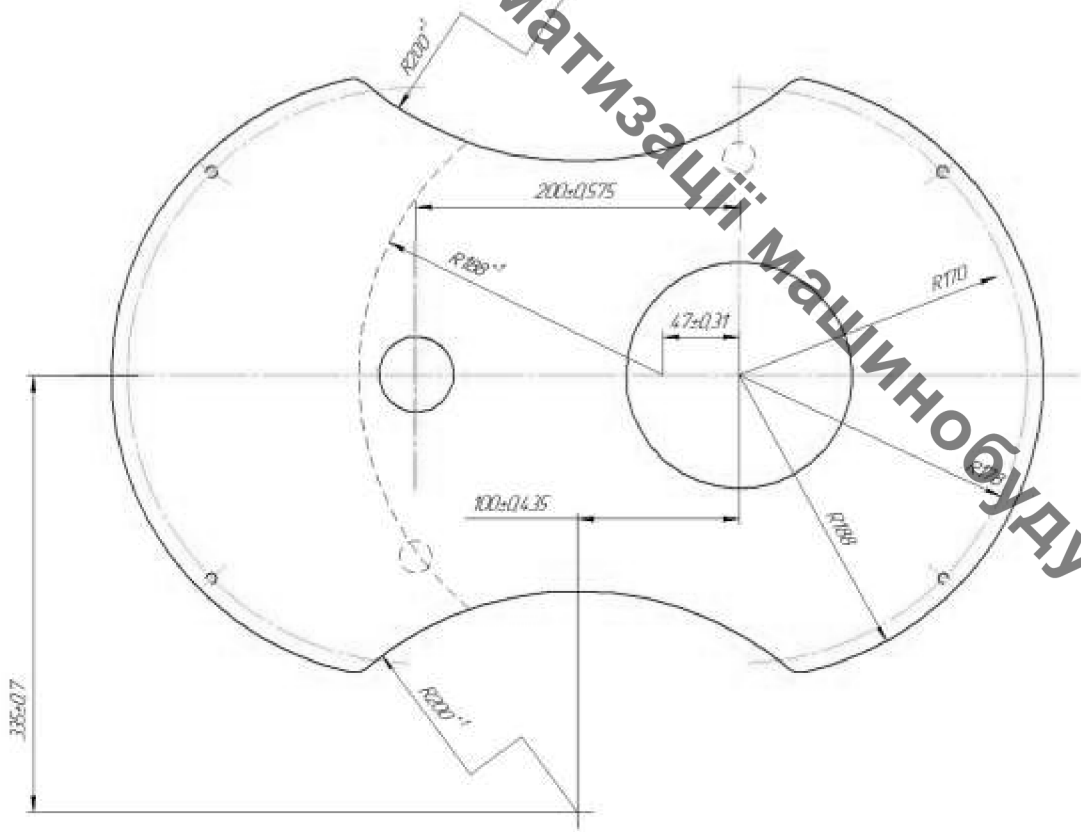
$\sqrt{Ra\ 16\ (\checkmark)}$

08-26.МКР.022.00.002



A

A-A



- 1 Точність вилітка 12-17-11-10 ГОСТ 26645-85
- 2 Маса 173-22-24-127 ГОСТ 26645-85
- 3 Невказані на кресленні радіуси Rk, нахили не більше 3°

08-26.МКР.022.00.002

				08-26.МКР.022.00.002		
№	Іст.	№	Вип.	Дата	Кор.	Листів
1	1	1	1	12.11.18	1	11
2	1	1	1	12.11.18	1	11
				Хрестовина 10.20 (заготовка)		
				СЧ18 ГОСТ 14-12-85 ВНТЧ зр. 11М-19м		
				Категорія		
				Формат А2		

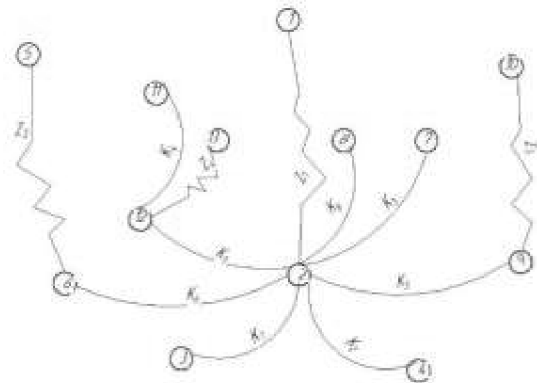
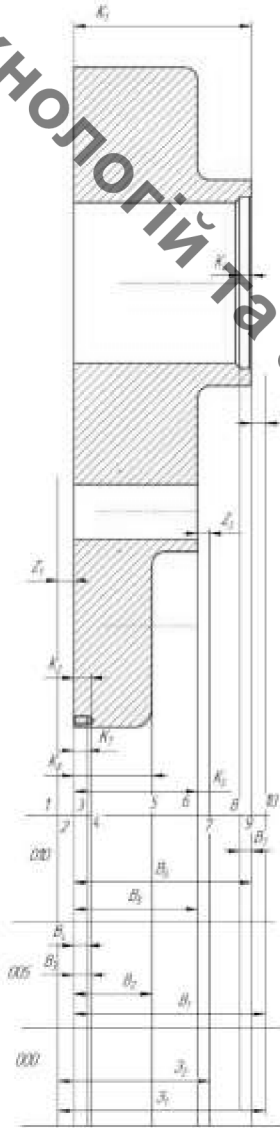
Маршрут механічної обробки

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

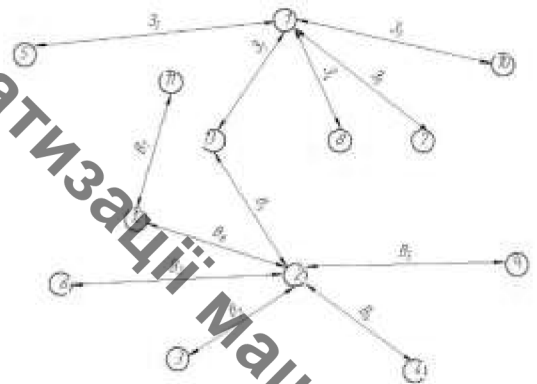
Операції, переходи	Ескізи деталі та схема установки	Модель верстата
<p>005</p> <p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати площину 1 в розмір згідно ескізу</li> <li>3 Центрувати 2 отвори 3 і 4 отвори 2 відповідні розміри вказані на ескізі</li> <li>5 Свердлити 4 отвори 2 в розмір <math>\varnothing 5(+0,12)</math></li> <li>6 Зенкувати фаски в 4 отворах 2 відповідні розміри вказані на ескізі</li> <li>7 Нарізати різь в 4 отворах 2 відповідні розміри вказані на ескізі</li> <li>8 Свердлити 2 отвори 3 в розмір <math>\varnothing 9(+0,2)</math></li> <li>9 Зенкувати 2 отвори 3 в розмір <math>\varnothing 9,6(+0,08)</math></li> <li>10 Розвернути 2 отвори 3 в розмір згідно ескізу</li> <li>11 Зняти заготовку</li> </ol>	<p>Невідані графіки відображення розмірів отвору H14, базю h16, інвалі IT14/2</p>	<p>Фрезерний з ЧПК ГФ2171М</p>
<p>012</p> <p>Точарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закріпити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати торець 1 в розмір згідно ескізу</li> <li>3 Фрезерувати площину 2 в розмір згідно ескізу</li> <li>4 Розточити попередньо отвір 3 в розмір <math>\varnothing 19,08(+0,25)</math></li> <li>5 Розточити попередньо отвір 3 в розмір <math>\varnothing 13,9,8(+0,1)</math></li> <li>6 Розточити поверхню 4 відповідні розміри вказані на ескізі</li> <li>7 Розточити тонко отвір 3 в розмір згідно ескізу</li> <li>8 Розточити попередньо отвір 5 в розмір <math>\varnothing 4,7,08(+0,25)</math></li> <li>9 Розточити попередньо отвір 5 в розмір <math>\varnothing 4,7,8(+0,1)</math></li> <li>10 Розточити остаточно отвір 5 в розмір згідно ескізу</li> <li>11 Зняти деталь</li> </ol>	<p>Невідані графіки відображення розмірів отвору H14, базю h16, інвалі IT14/2</p>	<p>Балоточильний з ЧПК ЛТ260МФ3</p>



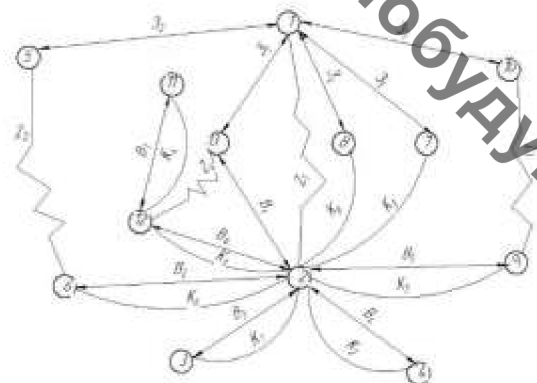
Размірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Покладне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних залежностей

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома змінна
1	$B_1 - K_1 = 0$	$B_1 = K_1$	$B_1$
2	$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	$B_2$
3	$B_3 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	$B_3$
4	$B_4 - K_4 = 0$	$B_4 = K_4$	$B_4$
5	$B_5 - K_5 = 0$	$B_5 = K_5$	$B_5$
6	$B_6 - K_6 = 0$	$B_6 = K_6$	$B_6$
7	$Z_1 - Z_2 - B_1 = 0$	$Z_1 = Z_2 + B_1$	$Z_1$
8	$Z_2 - Z_3 - B_2 = 0$	$Z_2 = Z_3 + B_2$	$Z_2$
9	$Z_3 - Z_4 - K_3 = 0$	$Z_3 = Z_4 + K_3$	$Z_3$
10	$Z_4 - Z_5 - K_4 = 0$	$Z_4 = Z_5 + K_4$	$Z_4$
11	$Z_1 - Z_6 - K_6 - Z_2 = 0$	$Z_6 = Z_1 - B_1 + B_2 - Z_2$	$Z_6$

Таблиця 2 – Припуски на механічну обробку

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$Z_{min}$	0,8	0,8	0,8	0,8
$Z_{max}$	2,74	4,21	5,34	1,42

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та її допуски

Позначення розміру	Граничні позначки розмірів		Допуск	Початковий розмір	Значення розміру з технологічного документа	Значення розміру на ескізі заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
$Z_1$	157,06	158,91	1,85	158,91		158,91 <sub>0,185</sub>
$Z_2$	37,9	38,9	1,0	38,4		38,4 <sub>0,5</sub>
$Z_3$	111,99	113,39	1,4	113,4		113,4 <sub>0,4</sub>
$Z_4$	68,8	70	1,2	70		70 <sub>0,12</sub>
$Z_5$	51,11	52,11	1,0	51,61		51,61 <sub>0,5</sub>
$B_1$	155,8	156,26	0,46	156,26	156,26 <sub>0,46</sub>	
$B_2$	38,0	39	0,1	39	39 <sub>0,1</sub>	
$B_3$	11,795	12,215	0,43	12	12 <sub>0,215</sub>	
$B_4$	14,795	14,215	0,43	15	15 <sub>0,215</sub>	
$B_5$	107,86	108	0,14	108	108 <sub>0,14</sub>	
$B_6$	154,84	155	0,16	155	155 <sub>0,16</sub>	
$B_7$	15,785	14,215	0,43	14	14 <sub>0,43</sub>	

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування