

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:

Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 11.2" з використанням  
CALS-технологій

08-26.МКР.015.00.000 ПЗ

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

Півторак В.В. \_\_\_\_\_

Керівник: д.т.н., проф. каф. ТАМ

Козлов Л.Г. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вінниця ВНТУ - 2020 року

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

Півторак Вадим Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 11.2" з використанням CAD-технологій  
керівник МКР Козлов Леонід Геннадійович, д.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. Козлов Л.Г.		
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 \_\_\_\_\_

Півторак В.В. ·

Керівник МКР \_\_\_\_\_

Козлов Л.Г.

## АНОТАЦІЯ

Пивторак В.В. Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 11.2" з використанням CALS-технологій. – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 120с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

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

## ABSTRACT

Pivtorak VV Technological preparation for the production of parts "Building 11.2" using CAD technologies. - Vinnytsia: VNTU, department THERE, 2020 - 120p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work the modernization of the technological process of machining was performed and the optimal machining modes for cast iron were calculated, namely: the analysis of construction and manufacturability of the part was carried out, the method of workpiece manufacturing the analysis of technological process and the established technological sizes, the sizes of allowances and preparations, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the section of machining is designed; developed a program for a CNC machine; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЧАВУНІВ	11
1.1 Оптимізація режимів різання	11
1.2 Вибір способу обробки	19
1.3 Висновки	22
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	23
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	26
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	
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	57
2.8 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	62
2.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	67
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	70
2.11 Проектування ділянки механічної обробки	72
2.12 Висновки	80
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	81
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	81
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	84

3.3	Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	86
3.4	Виявлення основних конкурентів.....	88
3.5	Обрання методу ціноутворення.....	90
3.6	Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	94
3.7	Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	96
3.8	Прогнозування витрат на виконання роботи.....	98
3.9	Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	100
3.10	Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	102
3.11	Висновки.....	103
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	104
4.1	Аналіз умов праці.....	104
4.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	108
4.2	Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	110
4.4	Дослідження стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій...	112
4.5	Висновки.....	114
	ВИСНОВКИ.....	119
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ	
	ДЖЕРЕЛ.....	120
	ДОДАТКИ	

## ВСТУП

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

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.2» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус 11.2»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.2»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;



- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;

- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.2».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.2»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

**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 «Корпус 11.2» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

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

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

*Публікації.* Опубліковано тезу доповіді:

- Вплив режимів обробки на собівартість механічної обробки чавунних деталей [Електронний ресурс] / В.В. Півторак, Р.В. Моргунов // 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 ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЧАВУНІВ

## 1.1 Оптимізація режимів різання

Одним з резервів підвищення ефективності сучасних технологічних процесів виготовлення деталей машин є оптимізація параметрів їх механічної обробки, у зв'язку з чим тема роботи, що представляється, присвячена оптимізації режимів різання при обробці чавунів інструментами з надтвердих матеріалів, вельми актуальна.

В даний час найбільш поширеними критеріями оптимізації є максимальна продуктивність або мінімальна собівартість обробки [1]. Під час чистової обробки, а також під час тонкої обробки інструментами з надтвердих матеріалів як обмеження рекомендується використання обмежень по шорсткості обробленої поверхні і по температурі різання [1].

Серед методів оптимізації найбільше знайшли методи лінійного і геометричного програмування (МЛП і МГП). Обов'язковою умовою використання МЛП є лінійність або можливість лінеаризації цільової функції і обмежень. У тому випадку, коли критерієм оптимізації є лінеаризуємий критерій максимальної продуктивності, доцільне використання МЛП [2]. У разі, коли критерієм оптимізації є нелінійний критерій мінімальної собівартості, необхідне використання МГП [2]. Як МЛП, так і МГП дозволяють здійснювати одночасну оптимізацію швидкості різання і подачі з обмежень, що діють під час різання.

Для МЛП досить добре розроблений і широко використовується графічний метод пошуку оптимальних режимів різання [4], а також запропоновані аналітичні залежності оптимальних режимів різання від умов обробки. Аналітичне рішення запропоноване і для МГП [5, 6]. Проте, всі отримані результати відносяться до обробки деталей із сталі і не враховують особливостей оброблюваності чавунів. Найбільші труднощі в оптимізації режимів різання для деталей з чавунів виникають у зв'язку з відсутністю достатньої кількості інформації з обмежень по шорсткості обробленої поверхні і по температура- турі різання під час тонкої обробки

інструментами з надтвердих матеріалів. У зв'язку з цим представляє інтерес подальший розвиток МЛП і МГП стосовно оптимізації режимів різання для різних умов обробки деталей з чавунів, а також порівняння результатів визначення оптимальних режимів різання за різними критеріями.

Під час оптимізації режимів різання за критерієм максимальної продуктивності з використанням МЛП як цільова функція розглядається продуктивність обробки, обумовлена основним часом:  $t_o = L/nS$ . Максимум продуктивності досягається при мінімумі основного часу, або максимумі добутку  $n \times S \rightarrow \max$ .

Під час тонкої токарної обробки розглядаються обмеження по можливостях різального інструмента, обумовлені швидкістю різання, що відповідає його стійкості; по гранично припустимій шорсткості обробленої поверхні  $R_a$ ; по температурі різання; по гранично припустимих діапазонах частоти обертання  $n$  і подачі  $S$ .

Математична модель процесу різання внаслідок лінеаризації цільової функції й обмежень шляхом логарифмування виражається системою лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} X1 + y_V X2 \leq b_1, \\ k_3 X1 + k_2 X2 \leq b_2 \\ z_f X1 + y_f X2 \leq b_3, \\ X1 \geq b_4, X1 \leq b_5, \\ X2 \geq b_6, X2 \leq b_7, \\ (X1 + X2) \rightarrow \max, \end{cases} \quad \begin{cases} b_1 = \ln(1000 C_V K_V / \pi D T^m); \\ b_2 = \ln(1000^{k_3} R_a / k_o K_R (\pi D)^{k_3}) \\ b_3 = \ln(1000^{-z_f} \Theta / C_\Theta K_\Theta (\pi D)^{-z_f}); \\ b_4 = \ln S_{min}; b_5 = \ln S_{max}; \\ b_6 = \ln n_{min}; b_7 = \ln n_{max}; \\ X1 = \ln n; X2 = \ln S, \end{cases} \quad (1.1)$$

де  $D$  – діаметр обробки,  $C_V, K_V$  – коефіцієнти і  $y_v, m$  – показники, що характеризують ступінь впливу подачі  $S$  і стійкості  $T$  на швидкість різання  $V$ , які визначаються в залежності від умов експлуатації;  $k_o, k_1, k_3$ , – коефіцієнт і показники, що характеризують ступінь впливу подачі  $S$  і швидкості  $v$  на шорсткість обробленої поверхні  $R_a$ , обумовлені умовами експлуатації;  $C_\Theta, K_\Theta$  – коефіцієнти для заданих умов обробки,  $n_b, y_b, x_t$  – показники ступеню, що

визначають вплив на температуру швидкості різання  $V$  та подачі  $S$ .

В результаті вирішення задачі оптимізації з використанням МЛП з урахуванням вказаних обмежень встановлені аналітичні залежності для визначення оптимальних значень подачі  $S_o$  і швидкості  $V_o$ :

$$V_{o1} = \left[ \frac{R_a}{k_o K_R S_o^{k_1}} \right]^{1/k_3} \quad \text{якщо } \Theta < \Theta_o,$$

$$\frac{C_\Theta K_V}{T^m t^{x_v}}$$
(1.2)

$$S_{o1} = \left[ \frac{\Theta (k_o K_R)^{\frac{z_t}{k_3}}}{C_\Theta K_\Theta R_a^{k_3}} \right]^{\frac{k_3}{(k_1 - y_v k_3)}}$$

$$\left[ \frac{R_a T^{mk_3} t^{k_3 x_v}}{k_o K_R (C_V K_V)^{k_3}} \right]^{\frac{1}{(k_1 - y_v k_3)}}$$

де  $\Theta_o$  – граничне значення температури різання, що визначає необхідність обліку температурних обмежень при розрахунку режимів обробки:

$$\Theta_o = C_\Theta K_\Theta \left[ \frac{R_a T^{mk_3}}{k_o K_R (C_V K_V)^{k_3}} \right]^{\frac{(y_t - y_v z_t)}{(k_1 - y_v k_3)}} \left( \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^{x_v}} \right)^{z_t}$$
(1.3)

Приклади визначення оптимальних режимів різання приведені для тонкої токарної обробки деталей з чавуну СЧ20 (НВ 220) та зносостійкого чугуну (НВ 600) різцями, що оснащені кіборитом (геометричні параметри: передній кут  $\gamma = -10^\circ$ , радіус при вершині  $r = 1$  мм; стійкість  $T = 100$ хв., глибина різання  $t = 1$  мм); шорсткість обробленої поверхні  $R_a = 1$  мкм, допустиме значення температури  $\Theta_{доп} = 800^\circ\text{C}$ .

Для заданих умов обробки чавуну СЧ20 прийняті наступні коефіцієнти та показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і стійкості на швидкість різання:  $C_V = 53,33 \cdot 10^3$ ;  $K_V = 0,539$ ;  $x_v = 0,194$ ;  $y_v = 0,848$ ;  $m_v = 0,645$ ; коефіцієнти і показники, що характеризують ступінь впливу подачі, переднього кута, радіуса при вершині і швидкості на шорсткість обробленої поверхні:  $k_0 = 19,83$ ;  $k_1 = 1,15$ ;  $k_2 = 0,29$ ;  $k_3 = -0,18$  [3]. Гранична температура  $\theta_0 = 343^\circ\text{C}$ . Оптимальні режими:  $X2_o = -2,32$ ;  $X1_o = 2,726$ ;

$$n = e^{X1_{\text{опт}}} = 15,272 \text{ (об/хв)};$$

$$S = e^{X2_{\text{опт}}} = 0,098 \text{ (мм/об)};$$

$$V = \pi D n / 1000 = 1,1 \text{ (м/с)}$$

Згідно паспортним даним верстата прийняті наступні режими різання:  $n_o = 200 \text{ об/хв}$ ;  $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$ ;  $V_o = 130 \text{ м/хв}$ .

Для заданих умов обробки зносостійких чавунів твердістю НВ600 прийняті наступні коефіцієнти та показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і стійкості на швидкість різання:  $C_V = 13,007 \cdot 10^3$ ;  $K_V = 0,686$ ;  $x_v = 0,194$ ;  $y_v = 0,484$ ;  $m_v = 0,645$ ; коефіцієнти і показники, що характеризують ступінь впливу подачі, переднього кута, радіуса при вершині і швидкості  $v$  на шорсткість обробленої поверхні:  $k_0 = 19,83$ ;  $k_1 = 1,15$ ;  $k_2 = -0,18$ ; коефіцієнти та показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і стійкості на температуру різання:  $C_\theta = 481$ ;  $x_t = 0,1$ ;  $y_t = 0,19$ ;  $z_t = 0,3$  [3]. Граничне значення температури  $\theta_0 = 904^\circ\text{C}$ . Оптимальні режими:  $X2_o = -1,97$ ;  $X1_o = 5,81$ .

1) пряма задача МГП - мінімізувати

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

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

2) двоїста задача МГП – максимізувати

$$V(W) = (C_{01}/W_{01})^{m_{01}} (C_{02}/W_{02})^{m_{02}} C_{11}^{W_{11}}$$

при обмеженнях

$$W_{01} + W_{02} = 1;$$

$$-W_{01} + k_V W_{02} + k_3 W_{11} = 0;$$

В результаті вирішення задачі оптимізації з використанням МГП оптимальні параметри задачі  $S_o$  і швидкість різання  $V_o$  визначаються наступним чином:

$$S_{o2} = \left( \frac{W_{02} W_{01}^{k_V} V(W)_M^{k_V+1}}{M} \right)^{1/(k_S - k_V)} ; \quad V_{o2} = \left( \frac{W_{01}^{k_S} W_{02} V(W)_M^{k_S+1}}{M} \right)^{1/(k_V - k_S)}$$

$$M = (t_c + A_u/A) r^{\frac{x_V}{m}} / C_T, \quad V(W)_M = \left( \frac{1}{W_{01}} \right)^{m_{01}} \left( \frac{M}{W_{02}} \right)^{m_{02}} C_{11}^{W_{11}}$$

$$W_{01} = \frac{k_S k_3 - k_V k_1}{k_S k_3 - k_V k_1 + k_3 - k_1}; \quad W_{02} = \frac{k_3 - k_1}{k_S k_3 - k_V k_1 + k_3 - k_1}; \quad W_{11} = \frac{W_{01} k_V (1 - W_{01})}{k_3 - k_1}$$

Приклад розрахунку оптимальних режимів різання, що забезпечують мінімальну собівартість для тонкого розточування сірого чавуну СЧ20 (НВ 220). Для цих умов прийнято: собівартість верстата - хвилини  $A = 5$  коп/хв.; вартість одного періоду стійкості інструмента  $A_u = 25$  коп; час зміни інструменту  $t_c = 5$  мин. Для тонкого точіння використовуються різці, оснащені кіборітом (передній кут  $\gamma = -10^\circ$ , радіус при вершині  $r = 0,5$  мм); глибина різання  $t = 1$  мм; необхідна шорсткість поверхні  $R_a = 1$  мкм.

$$n = e^{x_{opt}} = 334 \text{ (об/хв)};$$

$$S = e^{x_{2opt}} = 0,139 \text{ (мм/об)};$$

$$V = \pi D n / 1000 = 210 \text{ (м/хв)}$$

Згідно паспортним даним верстата прийняті наступні режими різання:  $n_o = 315$  об/хв;  $S_o = 0,15$  мм/об;  $V_o = 200$  м/хв.

оптимізації режимів різання за критерієм максимальної собівартості з використанням цільова функція приймається змінна частина собівартості обробки деталі інструментом, прохід, що залежить від режимів різання:

$$C = C_{01}V^{-1}S^{-1} + C_{02}V^{k_V}S^{k_S},$$

$$C_{01} = A \frac{\pi DL}{1000}; C_{02} = (A_c + A_u) \frac{\pi DL}{1000 C_T} t^m; k_V = 1/m - 1; k_S = y/m - 1;$$

$A$  – собівартість верстато-хвилини;  $A_u$  – вартість одного періода стійкості інструменту; основний час обробки;  $t_c$  – час зміни інструмента;  $T$  – стійкість інструмента;  $D, L$  – діаметр і довжина поверхні, що оброблюється;  $C_T$  – коефіцієнт;  $x, y, m$  – показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і стійкості на швидкість різання.

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

$$C_{11}S^{k_1}V^{k_3} \leq 1,$$

де  $k_0, k_1, k_3$  – коефіцієнт і показники, які характеризують ступінь впливу подачі  $S$ , радіус вершини  $r$ , швидкості  $V$  і переднього кута  $\gamma$  на шорсткість обробленої поверхні  $R_a$ ; коефіцієнт

$$C_{11} = k_0 K_R R_a.$$

Математична модель задачі оптимізації швидкості різання і подачі під час тонкого точіння представляється наступним чином:

$$-W_{01} + k_S 5W_{02} + k_1 W_{11} = 0.$$

Для зазначених умов обробки прийняті наступні коефіцієнти і показники:  $C_T = 53,33$ ,  $k_V = 0,55$ ,  $k_S = -0,25$  [3]. Коефіцієнти і показники, які характеризують ступінь впливу подачі, переднього кута, радіуса при вершині і швидкості різання на шорсткість обробленої поверхні:  $k_0 = 19,83$ ;  $k_1 = 1,15$ ;  $k_3 = -0,18$ . Розрахункові значення коефіцієнтів  $C_{01} = 13,006$ ,  $C_{02} = 6,361$ ;  $C_{11} = 29,339$ . Коефіцієнти вагомості, визначені у відповідності з формулою (7):  $W_{01} = 0,206$ ;  $W_{02} = 0,639$ ,  $W_{11} = 0,417$ .

Оптимальні значення подачі і швидкості різання, розраховані у відповідності з формулами (7), дорівнюють:  $S_o = 0,075$  мм/об,  $V_o = 0,9$  м/мин.

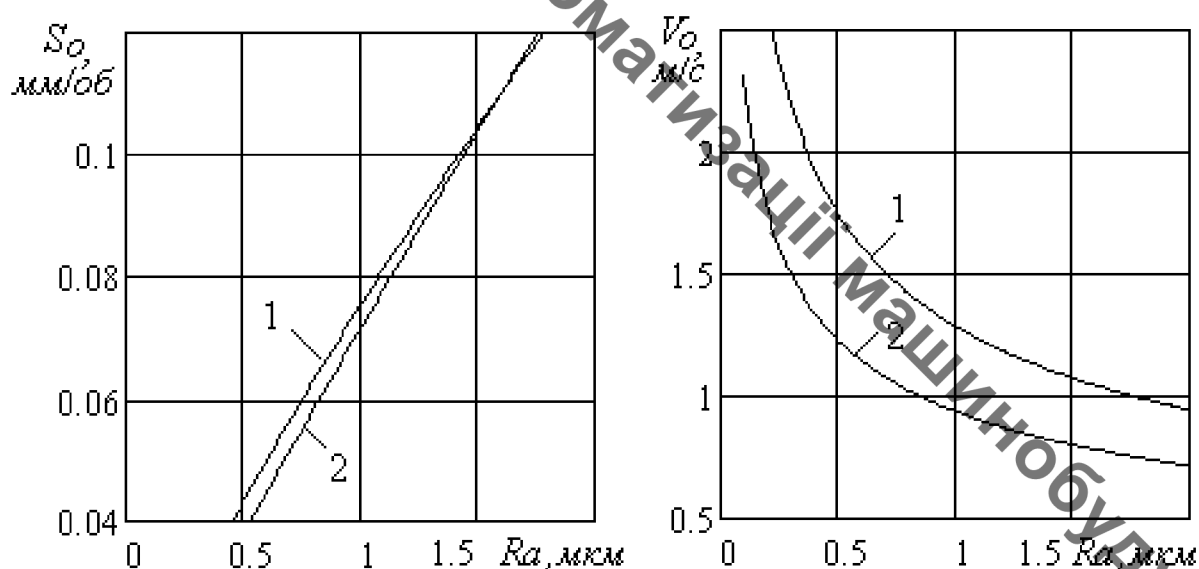


Рисунок 1.1 - Графіки порівняння залежності оптимальних режимів різання від шорсткості поверхні при розрахунку: 1 - методом лінійного програмування; 2- методом геометричного програмування

При визначенні оптимальних режимів різання за двома різними критеріями оптимальності – максимальної продуктивності та мінімальної собівартості виникає необхідність порівняння отриманих результатів. На рис. 1.1 представлені графіки залежності оптимальних режимів різання від шорсткості поверхні та глибини різання при розрахунку методом лінійного програмування (критерій максимальної продуктивності) та методом геометричного програмування (критерій мінімальної собівартості).



В результаті порівняння встановлено, що більший рівень мають як оптимальна подача так і швидкість різання, які розраховані за критерієм максимальної продуктивності методом лінійного програмування.

На підставі встановлених аналітичних залежностей для визначення оптимальних режимів різання можуть бути розраховані коефіцієнти зміни собівартості  $K_C$  і продуктивності  $K_{II}$  обробки при відхиленні вибраних режимів різання від їх оптимальних значень  $S = kS_o$ ,  $V = kV_o$ . ( $k$  – ступінь відхилення):

$$K_C = \frac{C_{01}V^{-1}S^{-1} + C_{02}k^{k_V} S^{k_S}}{C_{01}V_{o1}^{-1}S_{o1}^{-1} + C_{02}V_{o1}^{k_V} S_{o1}^{k_S}}; \quad K_{II} = \frac{VS}{V_{o2}S_{o2}}$$

де  $S_{01}$ ,  $V_{01}$  – режими різання, оптимальні за критерієм мінімальної собівартості;  $S_{02}$ ,  $V_{02}$  – за критерієм максимальної продуктивності.

З врахуванням вказаних раніше перетворень ці коефіцієнти можуть бути представлені:

$$K_C = \left[ \frac{\left[ W_{01}V(W) \chi_{gk}^{\frac{k_1 W_{11}}{k_3}} + M \left[ W_{01}V(W) \chi_{gk}^{\frac{k_1 W_{11}}{k_3}} \right]^{-k_V} (sgk)^{k_S - k_V} \right]}{V(W)} \right]^{-1}$$

$$K_{II} = \begin{cases} k^{(1-\gamma\nu)}, & \text{якщо } k \leq 1 \\ \frac{(k_1 - k_1 k_3)}{k} \cdot k_3, & \end{cases}$$

де  $g = S_{02}/S_{01}$  – співвідношення подач, розрахованих за критеріями мінімальної собівартості та максимальної продуктивності.

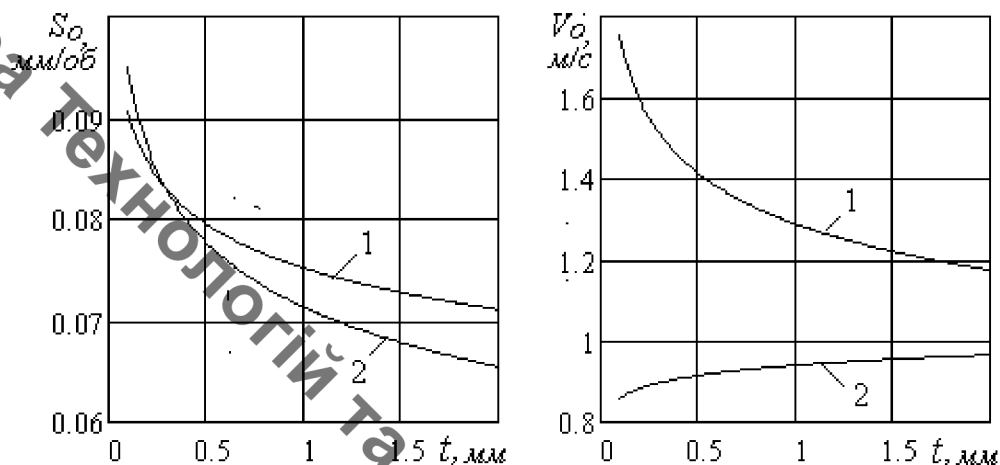


Рисунок 1.2 - Графіки порівняння залежності оптимальних режимів різання від глибини різання при розрахунку: 1 - методом лінійного

Графіки, представлені на рис. 3, свідчать про те, що максимальна продуктивність обробки ( $K_{II} = 1$ ) має місце при  $k = 1$ , тобто при оптимальних режимах різання.

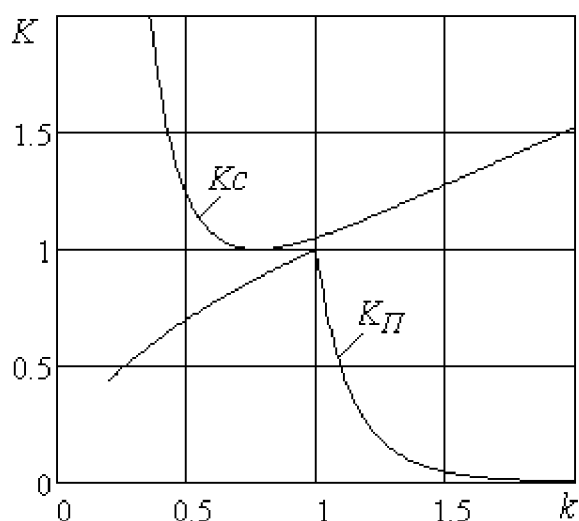


Рисунок 1.3- Залежність коефіцієнтів зміни собівартості  $K_c$  і продуктивності  $K_{II}$  обробки від ступеня відхилення режимів різання від оптимальних  $k$

При відхиленні режимів різання, як в меншу, так і в більшу сторону від оптимальних, продуктивність зменшується. У порівнянні з режимами різання, що забезпечують максимальну продуктивність, режимами, при яких досягається мінімальна собівартість ( $K_C = 1$ ), значно нижче:  $k = 0,85$ . При відхиленні режимів різання, як в меншу, так і в більшу сторону від оптимальних, собівартість збільшується.

При роботі на режимах, що забезпечують мінімальну собівартість, втрати продуктивності складають 25%. При роботі на режимах, що забезпечують максимальну продуктивність, втрати собівартості не перевищують 5%.

Таким чином, з використанням запропонованої методики можливе кількісне порівняння оптимальних режимів різання, визначених за різними критеріями.

## 1.2 Вибір способу обробки

Оскільки більшість технологічних операцій механічної обробки (точіння, розточування, фрезерування, стругання) під час відновлення деталей здійснюється тим же ріжучим інструментом, що й при виробництві, то є актуальним розгляд зміни його стійкості від умов обробки, особливо при переривчастому різанні під час обробки відновлювальних деталей. Під переривчастим різанням розуміється різання, коли через певні проміжки часу зрізання стружки чергується з холостим пробігом ріжучих кромek інструмента. При переривчастому різанні виникає ряд специфічних явищ, за яких зміна стійкості ріжучого інструмента підкоряється іншим закономірностям, ніж при безперервному різанні. Стійкість твердосплавного ріжучого інструмента при переривчастому різанні нижча, ніж при безперервному різанні. Це обумовлено ударною дією оброблюваного матеріалу по ріжучій кромці інструмента, тривалістю холостого пробігу інструмента, тривалістю робочого ходу інструмента.

Особливості цих закономірностей виявляються при роботі твердосплавним інструментом з великими перетинами зрізу. У таких випадках і виникають значні практичні труднощі.

На основі відомих результатів [4] встановлено, що стійкість швидкорізального інструмента при переривчастому різанні має такі ж або навіть вищі значення, ніж у разі безперервного різання. На рис. 1 наведена залежність стійкості різця з швидкорізальної сталі P18 від швидкості різання при безперервному точінні і струганні Сталі 50 при  $t = 1\text{ мм}$  і  $s = 2\text{ мм/об}$ .

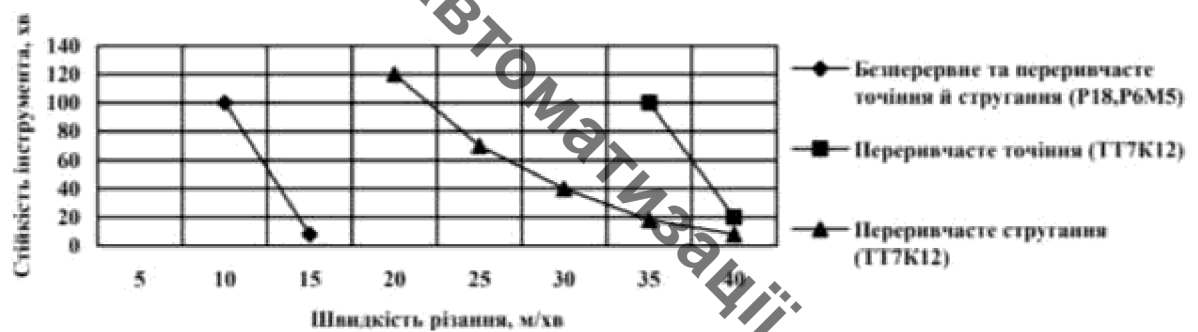


Рисунок 1.4 – Залежність стійкості різця від швидкості різання

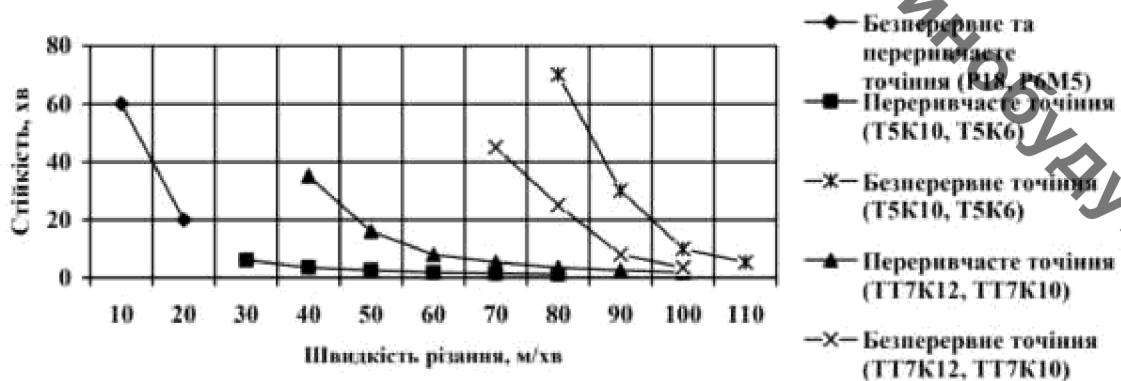


Рисунок 1.5- Вплив швидкості різання на стійкість різців

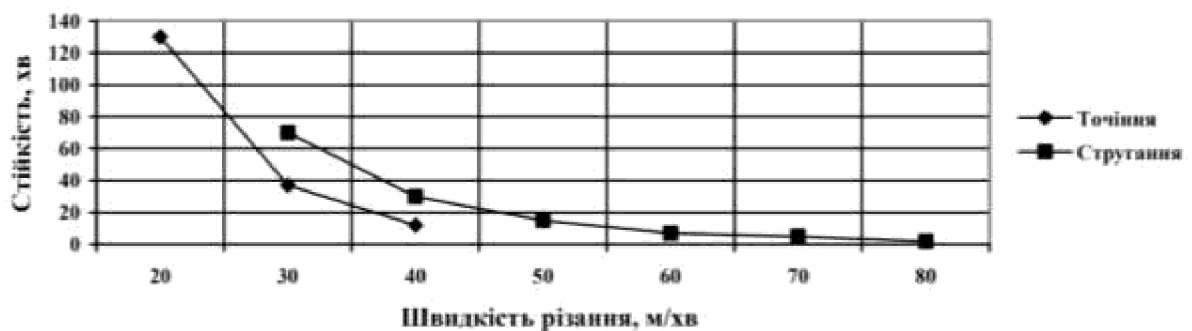


Рисунок 1.6 – Вплив тривалості робочого ходу різця на його стійкість

Стійкість різців при струганні і безперервному точінні майже однакова. Стійкість твердосплавного інструмента при переривчастому різанні може бути у декілька разів нижчою, ніж при безперервному. Так, стійкість різців, оснащених твердим сплавом ТТ7К12, при струганні Сталі 50 зі швидкістю  $v = 35$  м/хв,  $t = 1$  мм,  $s = 2$  мм/об в 4 рази нижча, ніж при точінні. Для твердого сплаву Т5К10 швидкість при переривчастому різанні може знижуватися в 4–5 разів. На рис. 1.4 наведено графік впливу швидкості різання на стійкість різців з швидкорізальної сталі Р18 та з твердих сплавів ТТ7К12 і Т5К10 при безперервному і переривчастому точінні при  $t = 6$  мм і  $s = 1,42$  мм/об [5].

Істотний вплив має тривалість робочого ходу інструмента  $t_p$ . При малій тривалості  $t_p$  внутрішні шари різця не встигають прогрітися. Відповідно меншою мірою знижується і стійкість інструмента. Вплив тривалості робочого ходу різця можна простежити, порівнявши результати дослідів [6] при переривчастому точінні Сталі 35Л різцем з твердого сплаву ТТ7К12 при  $s = 1,42$  мм/об (рис.1.5). Якби все залежало тільки від тривалості холостого ходу, то при струганні стійкість різця повинна була б бути вищою, ніж при переривчастому точінні. Насправді при струганні стійкість різця в 2,5 рази нижча, ніж при точінні (при струганні тривалість робочого ходу в 4 рази більша, ніж при точінні). На практиці часто зустрічаються випадки, коли крім порівняно тривалих перерв в роботі різця спостерігаються й порівняно короткі перерви. Так, із збільшенням тривалості перерв від 0,015 с (інтервал між заготовками 5 мм) до 3,3 с (інтервал між заготовками 1000 мм) стійкість різця зменшується в середньому в 5 разів [5]. Висновки При переривчастому різанні зміна стійкості ріжучого інструмента підкоряється іншим закономірностям, ніж при безперервному різанні. Особливості цих закономірностей найрізкіше виявляються при роботі твердосплавним інструментом з великими перетинами зрізу. Стійкість швидкорізального інструмента при переривчастому різанні має такі ж або навіть вищі значення, ніж у разі безперервного різання. Стійкість твердосплавного інструмента при

переривчастому різанні може бути у декілька разів нижчою, ніж при безперервному

### 1.3 Висновки

В результаті проведених досліджень визначені аналітичні залежності для розрахунку оптимальних режимів різання за критеріями максимальної продуктивності та мінімальної собівартості з використанням в якості метода оптимізації як лінійного, так і геометричного програмування, що дозволяє для будь-яких умов обробки та заданих вимог до якості оброблених поверхонь виконувати розрахунки оптимальних режимів різання, що забезпечують як мінімальну собівартість, так і максимальну продуктивність тонкого точіння чавунів інструментами з надтвердих матеріалів.

## 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.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$  – масове виробництво;

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

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

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

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 “Корпус 11.2” і занесені до таблиці 2.1, це:

- розточування попереднє отворів  $\varnothing 35$
- свердління та зенкерування отвору під різь М20
- фрезерування торцю
- свердління та розвертання отворів  $\varnothing 9$ .

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , наприклад для розточування поверхні  $\varnothing 35$  довжиною 66:

$$T_{осн} = 0,21 \cdot 35 \cdot (45 + 15) \cdot 0,001 = 0,44 \text{ (хв)}$$

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  $\varphi_K$ :

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

Відповідно отримаємо:

$$T_{шт-к} = 0,44 \cdot 1,84 = 0,81 \text{ (хв)}$$

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

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

де  $N = 3000$  шт. – річна програма випуску деталі “Корпус 11.2”;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 2040$  год);

$\eta_{з.п.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.п.} = 0,75$ ).

Відповідно, наприклад для точіння поверхні  $\varnothing 35$  необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 3000 \cdot 0,81 / 60 \cdot 2040 \cdot 0,75 = 0,03$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту 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 точінні поверхні Ø35 він рівен 0,03.

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 обробці отворів отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,03 = 28,28$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\sum O_i$

$$\sum O_i = 28,28 + 12,6 + 24,96 + 6,7 = 72,5$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 4$

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

$$K_{з.о.} = 72,5 / 4 = 18,13$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст техно-логічних операцій	T <sub>ос</sub> , хв	φк	T <sub>шт.к.</sub> , хв	N	C <sub>p</sub>	P	h з.ф.	O
1.	Розточування отворів Ø35	0,44	1,84	0,81	3000	0,03	1	0,03	28,28
2.	Свердління та зенкерування отвору під різь M20	0,99	1,84	1,82	3000	0,06	1	0,06	12,6
3.	Фрезерування торця	0,5	1,84	0,92	3000	0,03	1	0,03	24,9
4	Свердління та розвекртання отвору	1,86	1,84	3,43	3000	0,4	1	0,4	6,7
	Всього						4		72,5

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.1.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів  $N_d$  і розрахункової добової продуктивності лінії  $Q_d$ . Якщо  $N_d < Q_d$ , то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

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

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (2.7)$$

де  $T_{шт-к_{сер}}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;  
 $\eta_3$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,81 + 1,82 + 0,92 + 3,43) / 4 = 1,75 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_o = \frac{952}{1,75 \cdot 0,8} = 436,39$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_o = \frac{3000}{254} = 11,81$$

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).

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 70,87$$

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

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

$$c = \frac{1,75 \cdot 71}{476 \cdot 0,75} = 0,32$$

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

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{\text{пр}}}{T_{\text{шт-к.сп}}} \quad (2.11)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,75} = 218 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 218 шт. Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 218 шт.

## 2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь має відносно складну форму, із розташуванням ряду внутрішніх отворів. Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів та шорсткості співрозмірні між собою та відповідають вимогам стандартів. Відхилення геометричної форми та розміщення поверхонь більші за відповідні показники верстатів – це дає можливість забезпечити вимоги точності на даному обладнанні



Рисунок 2.1 – Корпус

Більшість розмірів даного креслення можуть безпосередньо вимірюватись за допомогою універсального вимірювального обладнання, окрім наступних: допуски співвісності та перпендикулярності, на цю контрольну операцію необхідно виготовити спеціальний вимірювальний пристрій або стенд

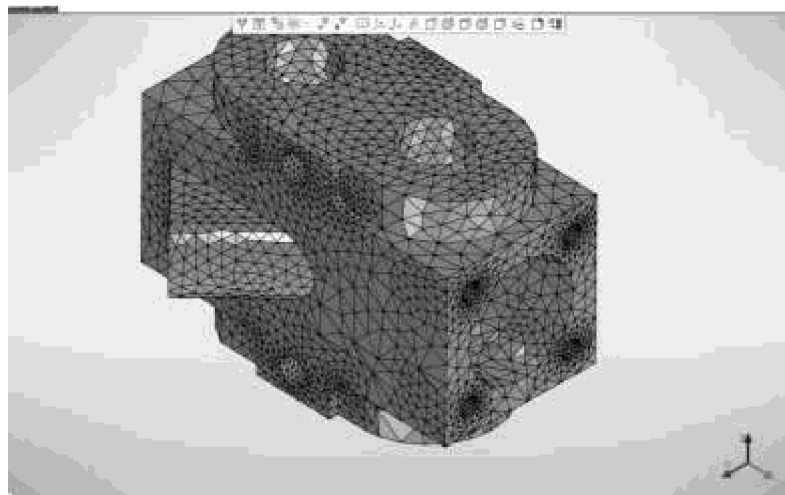


Рисунок 2.2- Розбиття деталі на кінцево-елементні частинки

Кафедра Технології та Автоматизації

324216.59

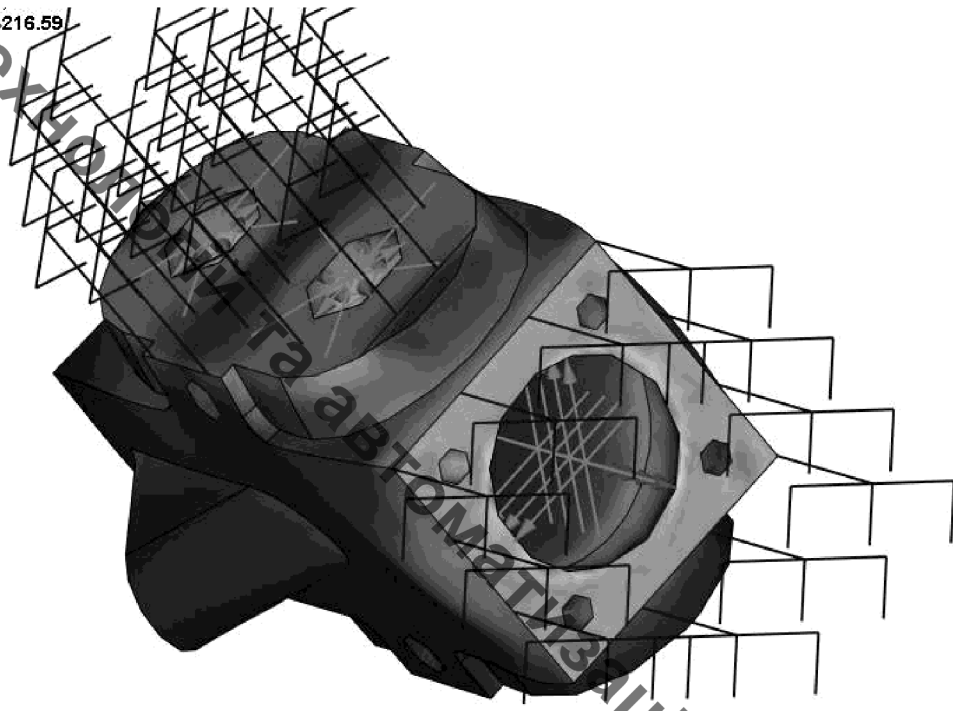


Рисунок 2.3– Еквівалентні напруження

розрахунок  
напружень, МПа  
щени: 777270.12

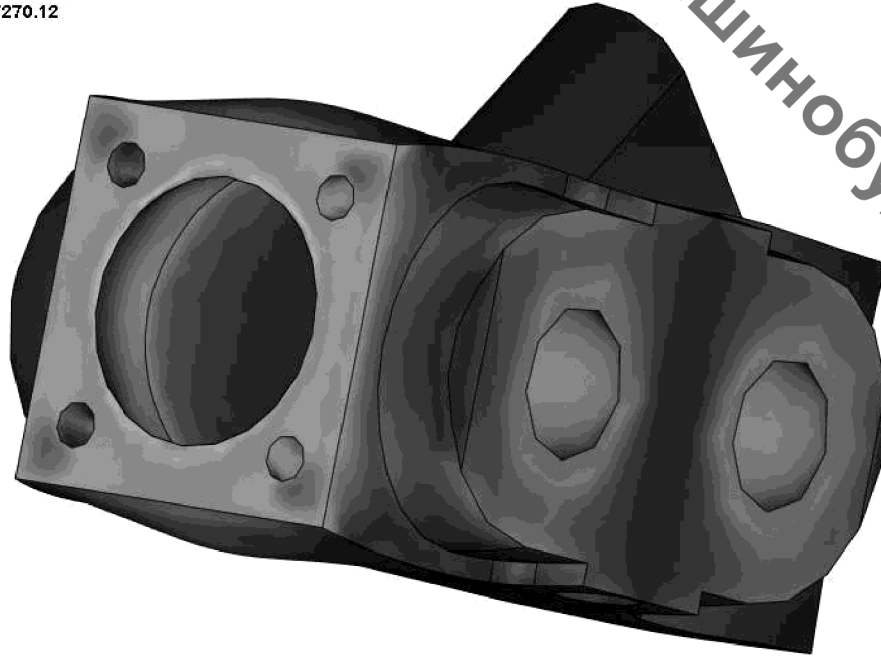


Рисунок 2.4 - Інтенсивність напружень

Цієї машинобудування

Технологія  
деформації 3  
код: 777270.12

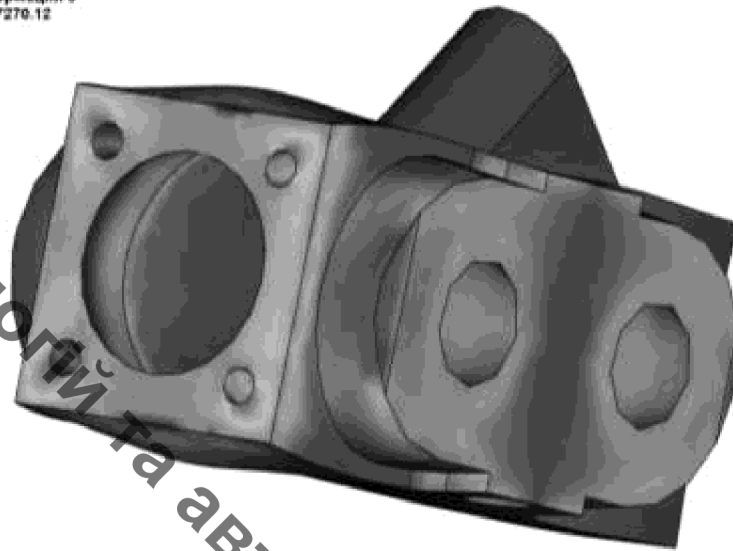


Рисунок 2.5 - Головні нормальні деформації

Отже основними конструкторськими базами є внутрішні отвори, відповідно вони найбільш навантажені. Тому саме ці поверхні мають бути найбільш точними.

Крім того основні та допоміжні конструкторські бази сприймають максимальні навантаження.

Деталь корпус має досить складну форму. До нетехнологічних елементів відносяться отвори 10H8 та M8 розташовані під кутом, та відповідна площадка. Оскільки вони вимагають окремого пристосування для закріплення деталі при їх обробці.

Крім того нетехнологічними є і отвори M6, які є глухими, що призводить до ускладненого виведення стружки і нагріву інструменту.

В якості технологічних баз може бути використано площину та два отвори  $\varnothing 9H8$ .

До найбільш точних поверхонь відносяться отвори  $\varnothing 30H7$ ,  $\varnothing 35H7$  та  $\varnothing 9H8$ .

Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції. А поверхні з підвищеними вимогами точності мають отримуватися на шліфувальних верстатах, або верстатах з підвищеними вимогами точності.

### 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Оскільки матеріал заготовки – сталь СЧ-18, що має досить гарні ливарні властивості, тому метод виготовлення заготовки обираємо лиття.

Лиття в піщано-глинясті форми -це найбільш розповсюджений спосіб лиття. Можна отримати відливки різноманітної конфігурації і маси. Отримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Собівартість виготовлення виливків мінімальна, але витрати на механічну обробку найбільші із усіх інших методів. Враховуючи, що тип виробництва даної деталі – дрібносерійне, то робимо висновок, що даний спосіб виготовлення використовувати вигідно з точки зору серійності виробництва, даний спосіб є найдешевшим і добре підходить для виготовлення даної заготовки.

При використанні лиття в оболонкові форми можна досягти точність розмірів, що відповідає 12-му квалітету і параметр шорсткості Rz 20...10. При цьому зменшується об'єм обрубних і очисних робіт, витрати металу, скорочується об'єм механічної обробки. Процес може бути повністю механізований. Однак необхідно передбачити вартість зв'язуючої речовини. Тобто виробництво потребує великих затрат на оснащення. При даному дрібносерійному виробництві ці затрати не досить вагомі, однак розглядаємий варіант способу лиття є можливим і доцільним для виготовлення деталі, що вказана за умовою.

Лиття по виплавним моделям хоч і дозволяє збільшити номенклатуру виготовлення деталі та дає досить точний результат, однак в даному випадку недоцільний, оскільки при цьому необхідно виготовляти разову модель для кожного виливка, тому при дрібносерійному виробництві затрати при такому методі лиття не оправдовують себе.

Лиття в кокіль дозволяє багатократно використовувати металеву форму – кокіль. Досить розповсюджений і дешевий спосіб. В результаті можна отримувати стабільні і точні розміри виливків. Досить висока швидкість кристалізації, що підвищує механічні властивості виливка. Але висока вартість виготовлення самої



форми і серійність виробництва дає змогу судити про цей спосіб як про недоцільний для виробництва даної деталі з економічної точки зору.

Відцентрове лиття дозволяє отримати високу густину металу виливка, підвищується рідкотекучість, майже відсутні затрати на виготовлення стержнів. Однак внаслідок даного способу лиття необхідний великий об'єм послідовної механічної обробки, що є не бажано при дрібносерійному типі виробництва.

Лиття під тиском забезпечує високу точність розмірів виливка та малі шорсткості. Однак потрібно врахувати, що присутня складність виготовлення прес-форми, її висока вартість і невелика стійкість. Можливе виникнення залишкових напружень, що може мати відображення на подальшій обробці. Також такий матеріал, як сталь, при такому способі лиття не бажано використовувати, тому робимо висновок про недоцільність застосування лиття під тиском для заданої умови задачі.

Найбільш оптимальними способами лиття для даної заготовки є: лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та лиття за виплавними моделями, оскільки лиття в кокіль, вимагає використання додатково облицювання кокіля, що призведе до здорожчання заготовки, відцентрове лиття не дасть можливості отримати ступінчастий отвір, оболонкові форми більш дорогий спосіб ніж лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 3.1 та 3.2 відповідно для операцій лиття в піщано-глинисті форми та лиття за виплавними моделями.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням виготовлення виливок матиме конфігурацію показану на рисунку 3.1.

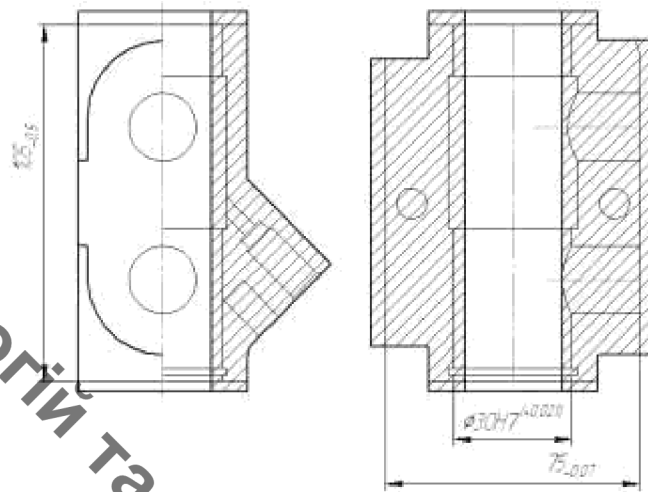


Рисунок 2.6 – Конфігурація виливка отриманого литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

В залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру деталі -105мм, та типу сплаву (нетермооброблюваний чорний) обираємо діапазон значень, із яких визначатимемо відповідне оптимальне число. Враховуючи, що тип виробництва –серійне, то серед рекомендованих за ГОСТ 26645-85 значень обираємо серед більших із них.

Для лиття в піщано-глинисті форми із машинним формуванням рекомендовано 7т-11, отже приймаємо для серійного виробництва 9 клас розмірної точності. Для лиття за виплавними моделями рекомендовано 5т-9т, прийнято відповідно 7т

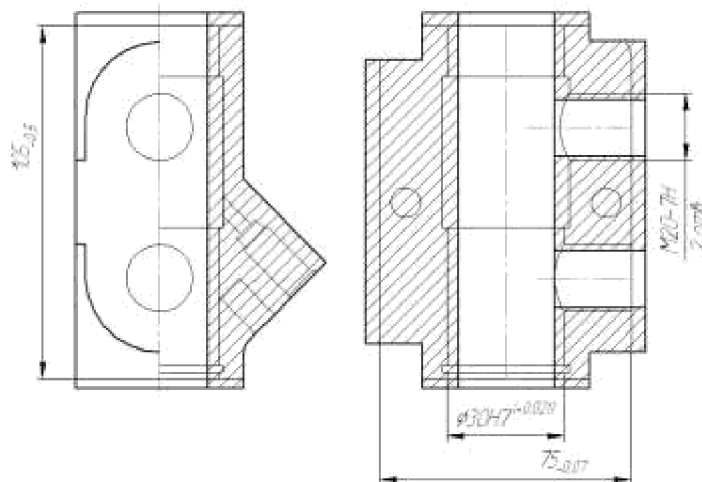


Рисунок 2.7 – Конфігурація виливка отриманого литтям за виплавними моделями

Таблиця 2.2 - Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і вологістю до 2,8%

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято
Клас розмірної точності	7т-11		9
Ступінь жолоблення елементів вилівка	5-8		7
Ступінь точності поверхонь вилівка	9-16		12
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra = 25 мкм		Ra = 25 мкм
Клас точності маси	5-13т		9т
Ряд припусків	4-7		6
Розрахункові розміри	105	75	Ø30
Допуски:			
розмірів	2,4	2,2	1,8
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5
зміщення по площині роз'єму	1,6	1,6	
зміщення через перекося стержня			1,0
маси	10		
нерівностей	0,64		
загальний допуск	2,4	2,4	2,2
Припуски:			
мінімальний	0,6		
Розрахункові розміри	105	75	Ø30
	Кількість переходів механічної обробки		
за точністю розмірів	1	3	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	--
прийнята кількість переходів	1	3	4
загальний припуск	2,1	3,3	3,4
Розміри заготовки	109,2	81,6	Ø23,2

Таблиця 2.3 - Лиття за виплавними моделями

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85			Прийнято
Клас розмірної точності	5т-9т			7т
Ступінь жолоблення елементів виливка	5-8			6
Ступінь точності поверхонь виливка	5-10			7
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 8 мкм			Ra = 8 мкм
Клас точності маси	4-11т			7
Ряд припусків	2-5			4
Розрахункові розміри	105	75	Ø30	M20
Допуски:				
розмірів	1,0	0,9	0,7	0,64
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	0,64	0,64		
зміщення через перекося стержня			0,4	0,4
маси	6,4			
нерівностей	0,2			
загальний допуск	1,1	1,1	0,9	0,8
Припуски:				
мінімальний	0,4			
Розрахункові розміри	105	75	Ø30	M20
	Кількість переходів механічної обробки			
за точністю розмірів	1	3	4	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	1	3	4	4
загальний припуск	1,2	1,6	1,6	1,5
Розміри заготовки	107,4	78,2	26,8	17

Ступінь жолоблення елементів виливка. 10 мм — найменший , 105 мм — найбільший, їх співвідношення становитиме

$$10/105=0,095$$

І якщо на робочому кресленні твердість не вказана, то це значить, що термічна обробка попередньо не відбувалася, форми разові. Значить отримаємо певний діапазон значень 5-8. Оскільки даний матеріал – чавун, то обираємо більші числа із проміжку: 7, при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням, та 6 – при за виплавними моделями.

Ступінь точності поверхонь виливка обираємо у відповідності до технологічного процесу лиття, враховуючи що найбільший габаритний розмір виливка становить 105 мм, тип сплаву – чавун, не відбувалася попередня термічна обробка. Значить в результаті отримаємо діапазони: при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням 9-16, та 5-10– при литті за виплавними моделями. Приймаємо 12 та 7 ступінь точності відповідно

Шорсткість поверхонь виливка обираємо згідно із попередньо визначеним ступенем точності поверхонь. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням ступінь точності складає 12 відповідно шорсткість 25 мкм, при литті за виплавними моделями ступінь точності складає 7 відповідно шорсткість 8,0 мкм.

Клас точності маси приймаємо в залежності від технологічного способу лиття, враховуючи, що номінальна маса виливка становить 1,67 кг. Також враховуємо в залежності від типу сплаву та наявності термічної обробки. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням інтервал 5-13т приймаємо 9т, та при за виплавними моделями 4-11т (приймаємо 7).

Ряд припусків приймаємо згідно із ступенем точності поверхні. Враховуючи, що матеріал – чавун і температура плавлення досить висока, то приймаємо середні значення і вказаних проміжків 6 і 4 при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та при литті за виплавними моделями відповідно.

Допуски розмірів виливка вибираємо у відповідності з номінальним розміром деталі та вже отриманих необхідних класів точності.

Допуски форми чи розміщення встановлюємо згідно із отриманими номінальними розмірами та ступенем жолоблення елементів виливка. Зазначимо, що за номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента виливка, для якого регламентується відхилення форми і розташування поверхні.

Допуски зміщення по площині роз'єму встановлюється по відповідному класу розмірної точності для найбільш тонкої стівки виливка. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 1,62 та 0,64 мм відповідно.

Допуск зміщення через перекіс стержня приймаємо на 1 клас точніше класу розмірної точності виливка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що формується з участю стержня, а саме  $(50-30)/2=10$  мм. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним складає 1,0 та для лиття за виплавними моделями 0,4 мм відповідно.

Призначаємо в залежності від маси виливка та класу точності маси. Оскільки на даному етапі маса виливка ще невідома, то її визначаємо наближено за масою деталі  $Q_{дет}$  та коефіцієнтом використання матеріалу заготовки  $\gamma$ , що для лиття в піщано-глинисті форми дорівнює 0,75 та  $Q_{дет}$  при цій операції рівне 1,67 кг. Тоді  $Q_{заг} = 1,67/0,75=2,2$  кг. Отже маса лежить у проміжкові від 1 до 4 кг У відповідності з цими числами обираємо необхідні нам дані. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 10% та 6,4% мм відповідно.

Допуск нерівностей вибираємо в залежності від ступеня точності поверхонь виливка, тобто в залежності від вибраної шорсткості.

Загальний допуск в даному випадку враховуємо сумарний вплив допуску розміру і допусків форми чи розміщення поверхні та приймаємо у відповідності до двох найбільших значень, отриманих із усіх попередніх величин допусків різних параметрів.

Мінімальний припуск приймаємо згідно з рядом припусків, що попередньо обрані. Для всіх поверхонь однаковий і призначається для усунення нерівностей, дефектів литої поверхні, зменшення шорсткості у відповідності за ГОСТ 26645-85.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 0,6 та 0,4 мм відповідно.

Кількість переходів механічної обробки за точністю розмірів приймаємо в залежності від допуску розміру вилівка та співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка  $T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}$ . При цьому допуск розміру вилівка ми обирали попередньо та занесли значення у таблицю. Допуск розміру деталі знаходимо на робочому кресленні деталі. Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде:

$$105 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,5/2,4=0,208;$$

$$75 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,07/2,2=0,031;$$

$$\varnothing 30 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,021/1,8=0,012;$$

І також для операції лиття за виплавними моделями:

$$105 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,5/1,0=0,5;$$

$$75 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,07/0,9=0,078;$$

$$\varnothing 30 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,021/0,7=0,03;$$

$$M20 T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}=0,021/0,64=0,033$$

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі.

Приймаємо в залежності від допуску розміру вилівка та співвідношення між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі та вилівка:  $T_{ф.дет.}/T_{ф.вил.}$ .

Прийнята остаточна кількість переходів механічної обробки за більшим числом у порівнянні із двома попередніми пунктами.

Загальний припуск обираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків. Всі ці показники попередньо визначені за допомогою вже вказаних параметрів обираємо остаточної результати.

Після формування контура виливків в місцях переходу від одного елемента до другого призначаємо радіуси заокруглень, які в значній степені визначають якість литої заготовки. Їх величина повинна бути оптимальною. Радіуси заокруглень у спряженнях залежать від матеріалу вилівка, товщини спряжених стінок і кута, що утворюється між ними. Вибір здійснюємо по графікам із [Руденко, ст. 65].

Їм відповідають наступні радіуси заокруглень для чавуна при діапазоні кутів  $75 \dots 105^\circ$ : 1)  $r = 5 \text{ мм}$ , 2)  $r = 5 \text{ мм}$ ,

Призначаємо на вертикальних стінках поверх припуску на механічну обробку. Необхідні величини нахилів для обраних операцій вибираємо із таблиці нормованих значень. Вибираємо в залежності від висоти формуютьовальної поверхні та способу лиття. Отже на ділянці  $105 \text{ мм}$  нахил складатиме  $4^\circ 34'$ .

Мінімальна товщина стінок призначається так, щоб забезпечити необхідну розрахункову міцність і задовольнити потребам технології обраного способу лиття. Найменшу товщину стінок вибираємо по [Руденко, ст. 57], в залежності від приведенного габариту заготовки, який обраховуємо за наступною формулою:

$$N = \frac{2l + b + h}{4} = \frac{2 \cdot 105 + 75 + 75}{4} = 90$$

мм, цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки  $\delta = 8 \text{ мм}$ .

Мінімальний діаметр стінки визначаємо за формулою:

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

При  $d_0 = 7 \text{ мм}$  – для чавуна і  $s = 75/2 - 30/2 = 22,5 \text{ мм}$ , значення мінімального діаметра буде дорівнювати:



$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s = 7 + 0,1 \cdot 22,5 = 9,25 \text{ (мм)}.$$

Отже отвір M20 буде проливатися.

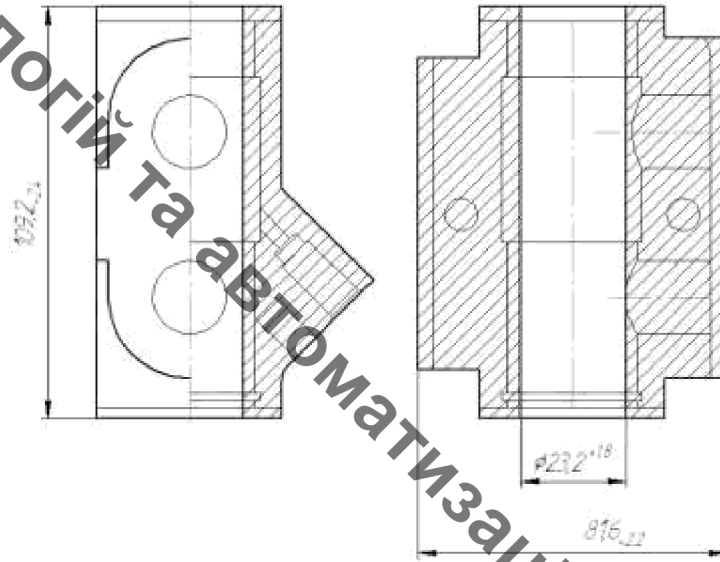


Рисунок 2.8 – Ескіз заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форм з машинним формуванням суміші

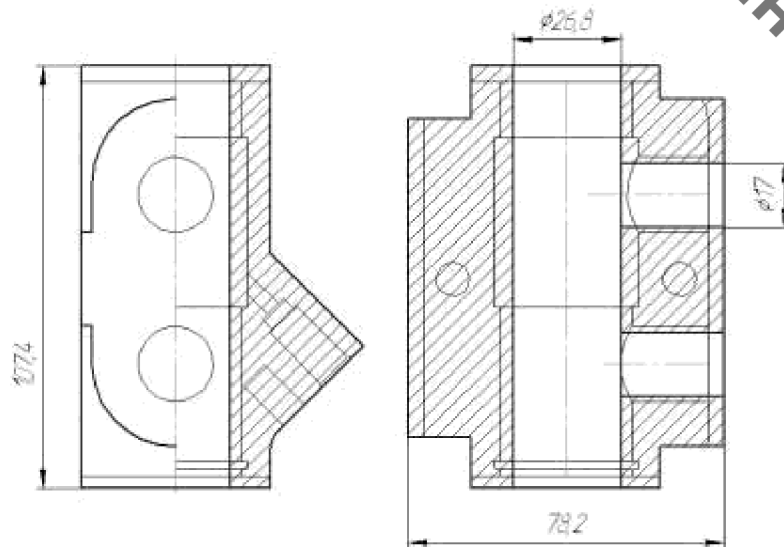


Рисунок 2.9 – Ескіз заготовки отриманої литтям за виплавними моделями

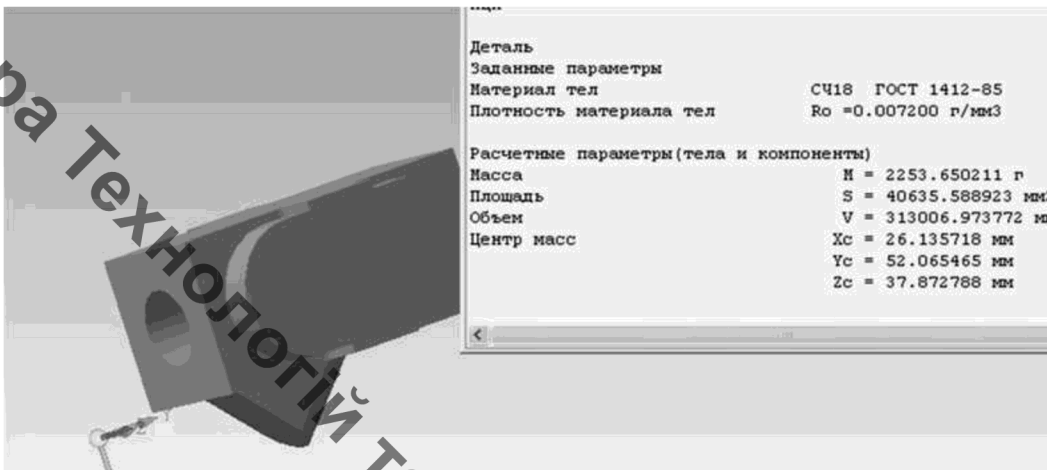


Рисунок 2.10 - Визначення маси заготовки для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_s} = 1.67 / 2.25 = 0.74$$

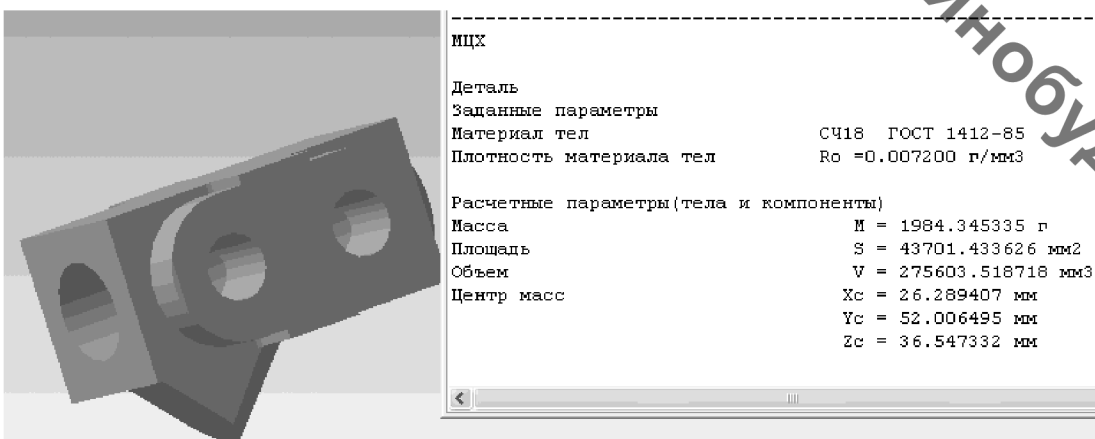


Рисунок 2.11 - Визначення маси заготовки для лиття за виплавними моделями

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_s} = 1.67 / 1.98 = 0.84$$

Вартість заготовок, що отримуються такими способами, як лиття в оболонкові форми та в піщано-глинисті форми можна визначити за формулою:

$$C_{\text{загл.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} [\text{грн}] \quad (2.12)$$

Де  $C_{\text{відх}}$  – заготовельні ціни на стружку чорних і кольорових металів по прейскурантах, гр.о, при матеріалі сталь ця величина становить 390 грн.

$C_{\text{л}}$  - базова вартість 1т заготовок, гр.о, для лиття в піщано-глинисті форми – 15600 грн.

$C_{\text{л}}$  - базова вартість 1т заготовок, гр.о, для лиття за виплавними моделями – 32000 грн.

$K_{\text{т}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$  – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$K_{\text{т}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$  відповідно рівні 1,0 – 1,0 – 1,2 – 0,96 – 1,0.

Для лиття за виплавними моделями:

$K_{\text{т}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$  відповідно рівні 1,0 – 1,0 – 1,12 – 0,62 – 1,0.

Тоді вартість заготовок для лиття в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{загл.лит}}^1 = \frac{2.25 \cdot 15600 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(2.25 - 1.67) \cdot 2500}{1000} = 36.88 \text{ (грн.)};$$

Тоді вартість заготовок для лиття за виплавними моделями

$$C_{\text{загл.лит}}^1 = \frac{1.98 \cdot 32000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 0,62 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(1.98 - 1.67) \cdot 2500}{1000} = 43.21 \text{ (грн.)}$$

Тобто за основний спосіб отримання заготовки лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

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

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

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

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

При розробці методів обробки поверхонь, розробляємо маршрут механічної обробки користуючись типовими технологічними процесами обробки подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки вносить подібність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого технологічного процесу.

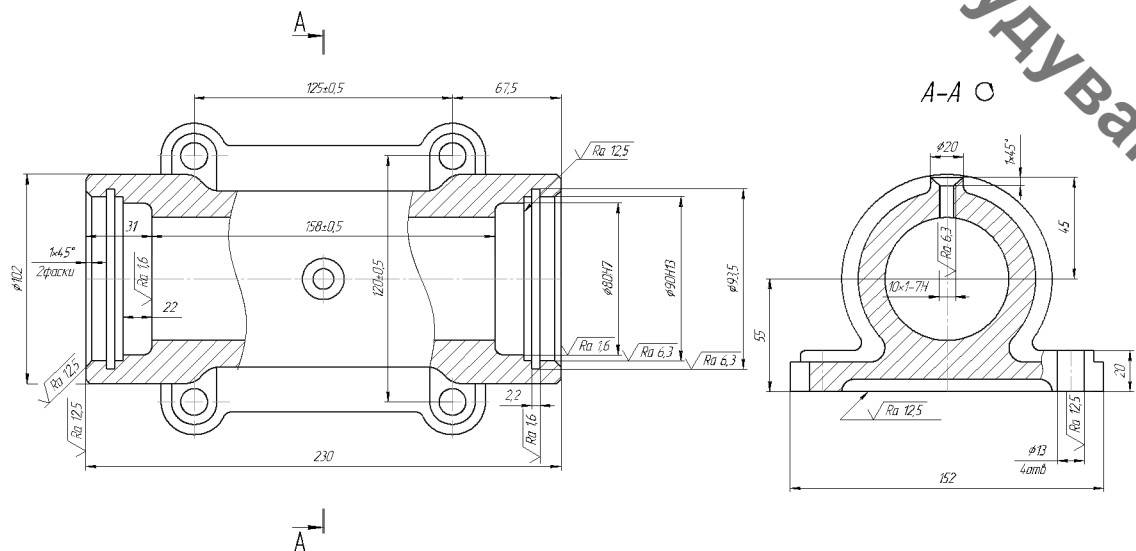


Рисунок 2.10– Корпус підшипників

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

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

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

Таблиця 2.5 – Типовий технологічний процес

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

## 2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні

Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору  $\varnothing 30H7$ , враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорнового точіння) складає 0,021 мм:

$$\varepsilon = 0,84 / 0,021 = 40$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,8$$

$$\varepsilon_2 = 4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 40 / 5,8 \cdot 4 = 1,72$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 0,84 / 5,8 = 0,144 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,144 / 4 = 0,036 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,036 / 1,72 = 0,021 \text{ (мм)}$$

Остаточо приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: розточування попереднє (13 квалітет точності); розточування попереднє (8

квалітет точності); розточування остаточне (7 квалітет точності)

Таблиця 2.6 – Розрахунок кількості ступеней обробки

Поверхня	Вид обробки	Квалітет, що отримується
Ø8H8	Свердління	12
	Зенкерування	9
	Розвертання	8
Ø10H8	Свердління	12
	Зенкерування	9
	Розвертання	8
M20	Свердління	12
	Розсвердлювання	12
	Нарізання різі	10
105	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	12
	Фрезерування попереднє	10
	Фрезерування остаточне	9

## 2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Правильність вибору технологічних баз на даному етапі проектування в значній мірі визначає досягнення необхідної точності деталі в процесі її виготовлення та економічність процесів.

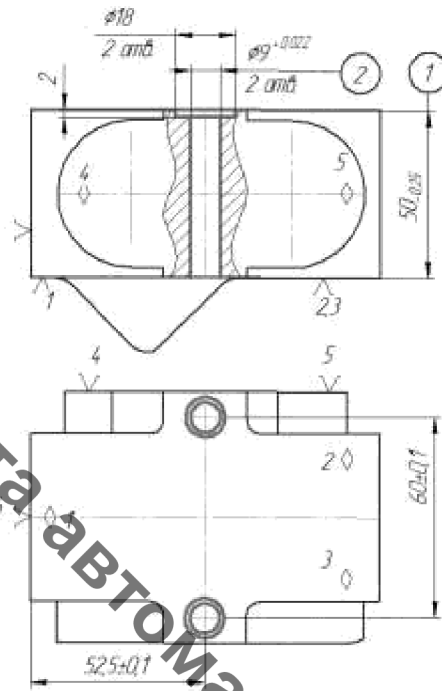
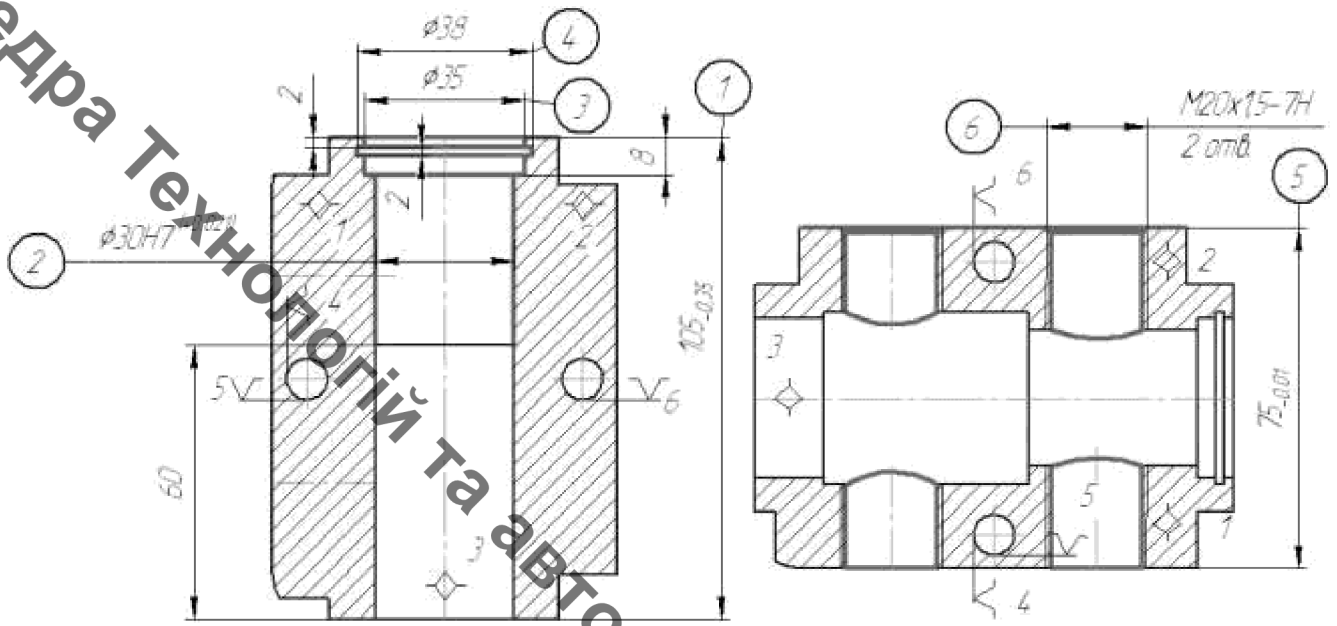


Рисунок 2.11 – Чорнові технологічні бази

Згідно з рекомендаціями проектування технологічних процесів механічної обробки спочатку виконується вибір чистових технологічних баз, тобто таких поверхонь, які використовуються при виконанні більшості операцій технологічного процесу. При цьому вирішується задача забезпечення похибок базування виконуваних розмірів рівною нулю або ж зведення їх до мінімальних значень.

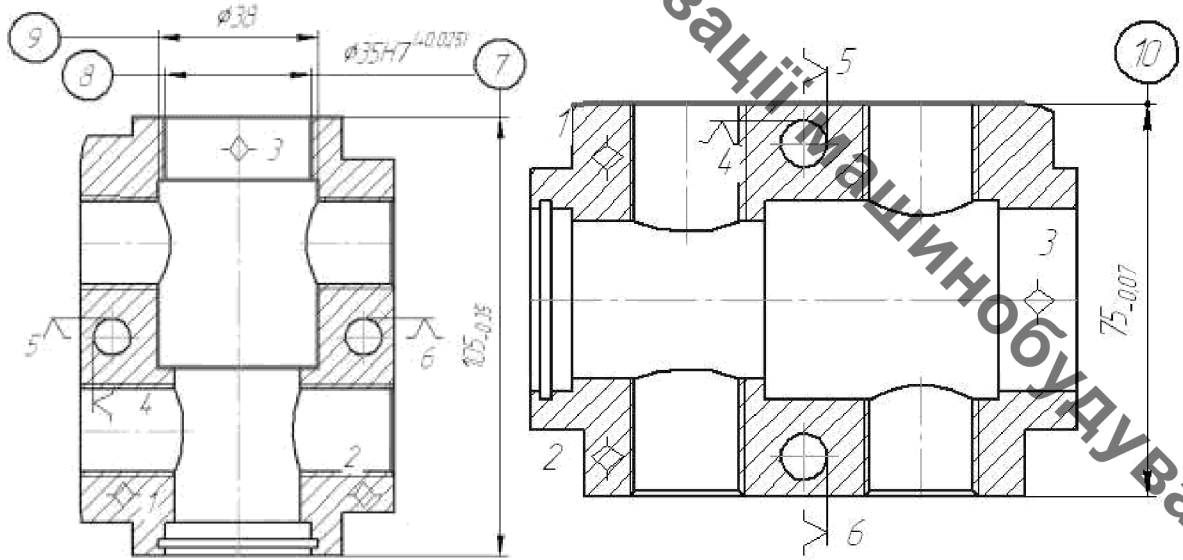
В якості чорнових технологічних баз використовується площина та два торці. При цьому вирішується задача зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці вказаних площини та торців.





Позиція 1

Позиція 2



Позиція 3

Позиція 4

Рисунок 2.12 – Схема базування на операції 010

Таблиця 2.7– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø35, Ø38, Ø30	відсутня	Діаметральний розмір
	8,2	відсутня	Обробка з одного установка
	M20	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø38, Ø35	відсутня	Діаметральний розмір
	105, 75	відсутня	Виникає, рівна зазоріві між отвором і установочним пальцем

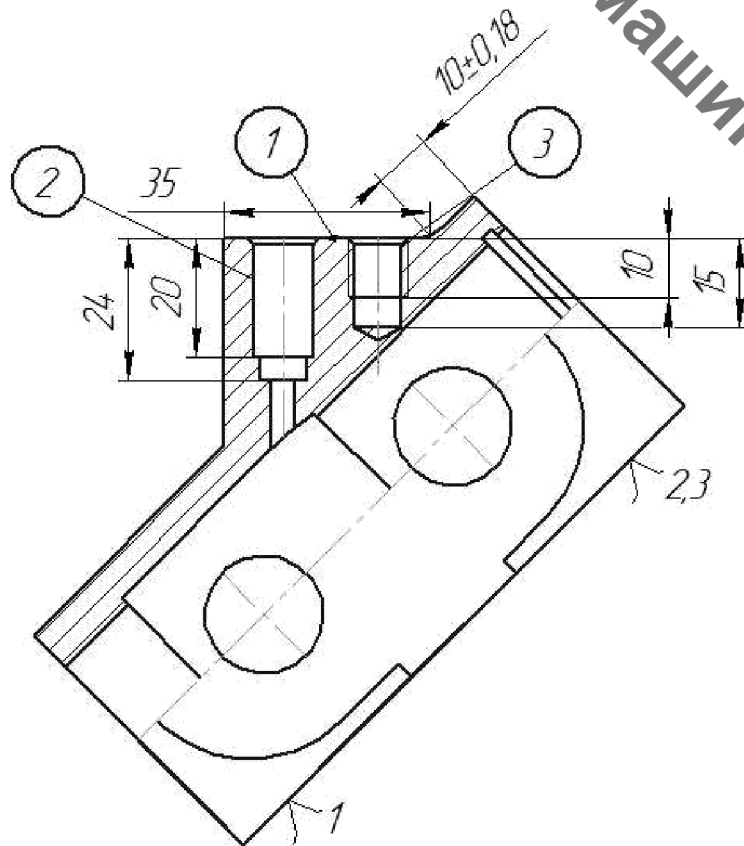


Рисунок 2.13 – Схема базування на операції 015

Таблиця 2.8– Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø10, Ø8, M8	відсутня	Діаметральний розмір
	10, 15, 24, 20	відсутня	Обробка з одного установа

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

Таблиця 2.9 -Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати поверхню 1</p> <p>3 Центрувати 2 отвори</p> <p>4 Свердлити 2 отвори</p> <p>5 Цекувати 2 отвори</p> <p>6 Зенкерувати 2 отвори</p> <p>7 Розвернути 2 отвори</p>		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
	8 Фрезерувати площину 1 остаточно 9 Зняти заготовку		
010	Багатоцільова 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати торець 1 3 Розточити отвір 2 попередньо 4 Розточити канавку 4 5 Розточити отвір 2 попередньо 6 Розточити отвір 2 остаточно 7 Фрезерувати торець 1 остаточно 8 Повернути деталь на 90 9 Фрезерувати торець 5 попередньо 10 Центрувати 2 отвори 6 11 Свердлити 2 отвори 6 12 Розсвердлити 2 отвори 6 13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6 14 Нарізати різь в 2 отворах 6 15 Фрезерувати остаточно площину 5 16 Повернути деталь на 90 17 Фрезерувати площину 7 попередньо 18 Розточити отвір 8 попередньо 19 Розточити отвір 7 20 Розточити вір 8 попередньо 21 Розточити отвір 8 остаточно 22 Фрезерувати торець 7 остаточно		Багатоцільовий ЛТ60МФ3 з поворотним столом

Продовження таблиці 2.9

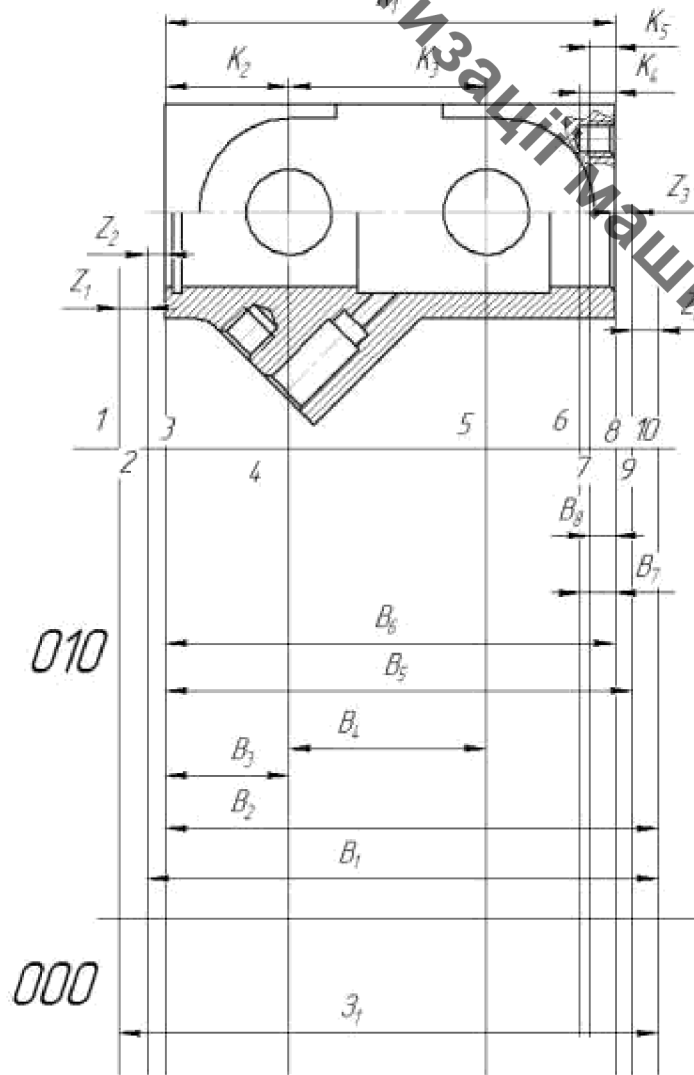
	2	3	4
	<p>23 Повернути деталь на 90</p> <p>24 Фрезерувати торець 10 попередньо</p> <p>25 Фрезерувати торець 10 остаточно</p>		
015	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати площину 1</p> <p>3 Центрувати 2 отвори 2 та 3</p> <p>4 Свердлити отвір 2</p> <p>5 Цекувати отвір 2</p> <p>6 Цекувати отвір 2</p> <p>7 Свердлити отвір 3</p> <p>8 Зенкувати фаску в отворі 3</p> <p>9 Нарізати різь в отворі 3</p> <p>10 Зняти заготовку</p>		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3

## 2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки.

Таблиця 2.10– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	$Z_1$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$
Попередні значення допусків	2,2	0,87	0,35	0,21	0,25	0,14	0,087	0,36	0,3



Рисунки 2.14– Розмірна схема першого технологічного процесу

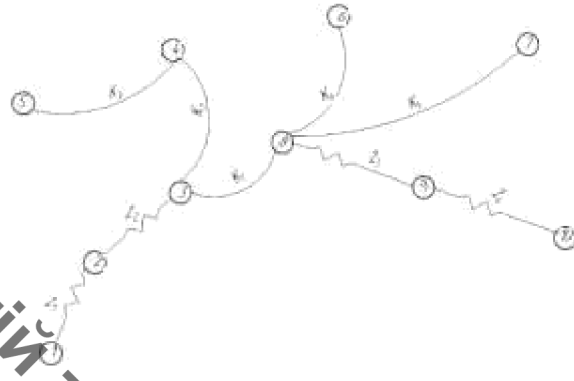


Рисунок 2.15 – Вихідний граф-дерево

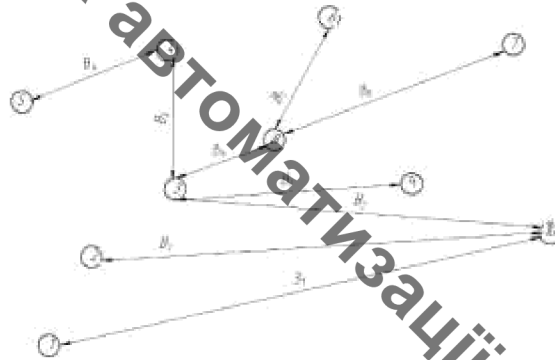


Рисунок 2.16 – Похідний граф-дерево

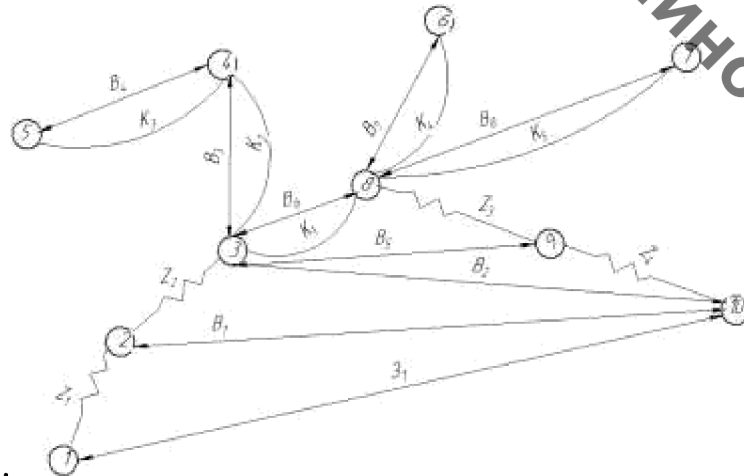


Рисунок 2.17 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 2.10– Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$Z_{\min}$	1,2	0,6	0,6	1,2

Таблиця 2.11 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_8 - K_5 = 0$	$B_8 = K_5$	$B_8$
2	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	$B_7$
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	$B_6$
4	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	$B_4$
5	$B_3 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	$B_3$
6	$B_5 - Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_5 - B_6$	$B_5$
7	$B_2 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_5$	$B_2$
8	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	$B_1$
9	$B_1 + Z_1 - 3_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	$3_1$

Відповідно для кожного розміру цього межі:

1.  $B_8 = K_5 = 6^{\pm 0,15}$  (мм);

2.  $B_7 = K_4 = 8^{\pm 0,18}$  (мм);

3.  $B_6 = K_1 = 105_{-0,087}$  (мм);

4.  $B_4 = K_3 = 46^{\pm 0,125}$  (мм);

5.  $B_3 = K_2 = 29^{\pm 0,105}$  (мм);

6.  $Z_{3 \min} = B_{5 \min} - B_{6 \max}$ ;

$B_{5 \min} = 105 + 0,6 = 105,6$  (мм);

$B_{5 \max} = B_{5 \min} + T(B_5) = 105,6 + 0,14 = 105,74$  (мм);

$B_5 = 105,74_{-0,14}$  (мм);

$Z_{3 \max} = B_{5 \max} - B_{6 \min} = 105,74 - 104,913 = 0,827$  (мм);

7.  $Z_{4 \min} = B_{2 \min} - B_{5 \max}$ ;

$B_{2 \min} = 105,74 + 1,2 = 106,94$  (мм);



$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 106,94 + 0,35 = 107,29 \text{ (мм)};$$

$$B_2 = 107,29_{-0,35} \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\max} = B_{2\max} - B_{5\min} = 107,29 - 105,6 = 1,69 \text{ (мм)};$$

$$8. Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max};$$

$$B_{1\min} = 107,29 + 0,6 = 107,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 107,89 + 0,87 = 108,76 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 108,76_{-0,87} \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 108,76 - 106,94 = 1,82 \text{ (мм)};$$

$$9. Z_{1\min} = Z_{1\min} - B_{1\max};$$

$$Z_{1\min} = 108,76 + 1,2 = 109,96 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = 109,96 + 2,2 = 112,16 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 112,16_{-2,2} \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 112,16 - 107,89 = 4,27 \text{ (мм)};$$

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
$Z_1$	109,96	112,16	2,2	112,16		$112,16_{-2,2}$
$B_1$	107,89	108,76	0,87	108,76	$108,76_{-0,87}$	
$B_2$	106,94	107,29	0,35	107,29	$107,29_{-0,35}$	
$B_3$	28,895	29,105	0,21	29	$29^{\pm 0,105}$	
$B_4$	45,875	46,125	0,25	46	$46^{\pm 0,125}$	
$B_5$	105,6	105,74	0,14	105,74	$105,74_{-0,14}$	
$B_6$	104,913	105	0,087	105	$105_{-0,087}$	
$B_7$	7,82	8,18	0,36	8	$8^{\pm 0,18}$	
$B_8$	5,85	6,15	0,3	6	$6^{\pm 0,15}$	

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.

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій.

Таблиця 2.13 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості $R_z$	Параметр точності $T$
Заготовка	40	26
Попереднє розточування	50	50
Попереднє розточування	50	50
Остаточне розточування	20	25

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2} \text{ [мм]}$$

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

$$\rho_{жол} = \sqrt{\Delta_k^2 l^2 + \Delta_k^2 d^2} = \sqrt{0.7^2 \cdot 37^2 + 0.7^2 \cdot 30^2} = 33,24 \text{ (мкм)},$$

$$\rho_{зм} = 0,3 \text{ (мм)}$$

$$\rho = \sqrt{33,24^2 + 300^2} = 301 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, [\text{мм}] \quad (2.13)$$

Таблиця 2.14 – Значення просторових відхилень

Назва переходу	Формула	Значення, мкм
Заготовка	–	$\rho_3 = 301$
Попереднє точіння	$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3$	18
Попереднє точіння	$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3$	0,72
Остаточне точіння	$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_3$	0,01

Похибка установки при чорновому розточуванні  $\varepsilon_1$ :

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} [\text{мм}] \quad (2.14)$$

$\varepsilon_3 = 100$  мкм – похибка закріплення при чорновому розточуванні при закріпленні в пристосуванні з пневмозатиском,

Найбільший зазор між отвором і пальцем складатиме (допуск на отвір по 8 квалітету 0,022 мм, допуск на палець по 6 квалітету 0,009 мм, мінімальний зазор складає 13 мкм:

$$S_{\max} = 0.022 + 0.009 + 0.013 = 0.044 \text{ (мм)}$$

Тоді максимальний кут повороту заготовки на пальцях складатиме:

$$\text{Tg}\alpha = 0.044/6 = 0.007 \text{ мм}$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору складатиме:

$$\varepsilon_6 = 37 \cdot 0,007 = 0,259 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0,259^2 + 0,1^2} = 0,277 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 277 \cdot 0,05 = 14 \text{ (мкм)}$$

$\varepsilon_2$  – залишкова похибка установки при другому переході.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,05 = 30 \cdot 0,05 = 0,7 \text{ мкм} \approx 0 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мм]} \quad (2.15)$$

Мінімальний припуск під розточування:

попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (40 + 26 + \sqrt{301^2 + 277^2}) = 2 \cdot 475 \text{ (мкм)},$$

попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{18^2 + 277^2}) = 2 \cdot 123 \text{ (мкм)},$$

О

статочнє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,72^2 + 14^2}) = 2 \cdot 100,7 \text{ (мкм)},$$

При шліфуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:  $d = 30,021 \text{ мм}$ .

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

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

– для чистового розточування, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 21 мкм;

– для попереднього розточування згідно 8 квалітету, допуск складає 33 мкм;

– для попереднього розточування згідно 13 квалітету, допуск складає 330 мкм;

– для попереднього розточування допуск заготовки складає 840 мкм.

Таблиця 2.15 – Визначення максимальних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий	Прийнятий
Остаточне розточування		$d_{\max 1} = 30,021$ мм
Попереднє розточування	$d_2 = 30,021 - 2 \cdot 0,1007 = 29,8196$ мм	$d_{\max 2} = 29,8196$ мм
Попереднє розточування	$d_4 = 29,8196 - 2 \cdot 0,123 = 29,5736$ мм	$d_{\max 4} = 29,5736$ мм
Заготовка	$d_{\text{заг}} = 29,5736 - 2 \cdot 0,475 = 28,6236$ мм	$d_{\max \text{заг}} = 28,6236$ мм

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

Таблиця 2.16 – Визначення мінімальних розмірів

Вид переходу	Розміри
Попереднє точіння	$d_{\min 2} = 29,82 - 0,033 = 29,787$ мм
Попереднє точіння	$d_{\min 4} = 29,57 - 0,33 = 29,24$ мм
Заготовка	$d_{\text{заг}} = 28,62 - 0,84 = 27,78$ 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 точіння:

$$2Z_{\max 2} = 30 - 29,787 = 0,213 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min 2} = 30,021 - 29,82 = 0,201 \text{ (мм)} .$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 3} = 29,787 - 29,24 = 0,547 \text{ (мм) ,}$$

$$2Z_{\min 3} = 29,82 - 29,57 = 0,25 \text{ (мм) .}$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 4} = 29,24 - 27,78 = 1,46 \text{ (мм) ,}$$

$$2Z_{\min 4} = 29,57 - 28,62 = 0,95 \text{ (мм) .}$$

Таблиця 2.17– Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку діаметральної поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R <sub>z</sub>	T	ε	ρ				d <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>
Заготовка	40	26	-	301		28,6236	0,84	28,62	27,78		
Розточування попереднє	50	50	277	18	2-475	29,5736	0,3	29,57	29,24	0,95	1,46
Розточування попереднє	50	50	14	0,72	2-123	29,8196	0,033	29,82	29,787	0,25	0,547
Розточування остаточне	20	28	-	-	2-100,7	30,021	0,021	30,021	30	0,201	0,213

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 1460 - 950 = 510 \text{ (мкм),}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 840 - 330 = 510 \text{ (мкм),}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 547 - 250 = 297 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 330 - 33 = 297 \text{ (мкм),}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 213 - 201 = 12 \text{ (мкм)}$$

Таблиця 2.18 – Розрахунок кількості ступеней обробки

Поверхня	Припуск	Отримуваний розмір
Ø8H8	4	8
	0,4	8,8
	0,1	8
Ø10H8	4,5	9
	0,3	9,6
	0,2	10
M20	6	12
	3,5	19
	0,5	20
105	0,5	106,3
	0,15	106
	0,35	105,3
	0,15	105

Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

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

глибина різання  $t$ , мм;

подача  $s$ , мм/об;

швидкість різання  $v$ , м/хв ( частота обертання шпинделя верстата  $n$ , об/хв, або число подвійних ходів  $n$ , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підбиратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином, режими

різання встановлюються виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

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

- глибину різання  $t$ , мм;
- подачу  $s$ , мм/об;
- швидкість різання  $v$ , м/хв ( частота обертання шпинделя верстата  $n$ , об/хв,

або число подвійних ходів  $n$ , подв. х/хв).

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

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,5 мм.

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

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v [\text{м/хв}] \quad (2.16)$$

де  $T$  - стійкість інструменту, 60 хв;



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

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

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

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.17)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

$K_{Mv}$ –якість оброблюваної поверхні, 1;

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

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

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

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

Швидкість різання:

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

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \quad [H] \quad (2.18)$$

де  $C_m, q_m, x_m, y_m$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

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

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

$$M = 0,012 \cdot 9^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \quad (\text{Н}) \quad (2.19)$$

де  $C_M, q_M, x_M, y_M$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

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

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 9^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 (\text{Н})$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.20)$$

де  $n$  – число обертів інструмента, що становить:

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

Потужність:

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

Для отримання розміру деталі 1052, який відповідає 8 квалітету, із заготовки 15 квалітету необхідно провести обробку в 2 стадії

Призначення глибини різання необхідно починати з останньої стадії обробки. Відповідно глибина різання  $t$  для 2-ї стадії обробки складає 0,55 мм, для 1-ї стадії - 4,4 мм..

Вибираємо наступні параметри інструмента: фреза торцева, діаметром 80 мм, матеріал ріжучої частини T15K6, число зубців:

- для 1-ї стадій обробки -  $z = 8$  ,  $\varphi = 67^\circ$  ;
- для чистової стадії обробки -  $z = 10$  ,  $\varphi = 75^\circ$  .

Подачу на зуб  $S_Z$  для 1-ї стадії вибираємо 0,19 мм/зуб.

Подача на зуб  $S_Z$  для чистової стадії вибираємо 0,15 мм/зуб.

Визначаємо коефіцієнти на подачу:

- коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_{SM}$  рівен 1,3;
- коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини фрези  $K_{Sf}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної  $K_{SB}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує головний кут в плані :
  - для 1-ї стадій  $K_{S\varphi}$  рівен 1;
  - для 2-ї стадії  $K_{S\varphi}$  рівен 0,85;
- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини  $K_{Sp}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує схему установки фрези  $K_{Sc}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріала  $K_{Sg}$  рівен 1.

Для 1-ї стадії обробки подача на зуб з врахуванням обраних коефіцієнтів:

$$S_Z = 0,19 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,25 \text{ (мм/зуб).}$$

Для 2-ї стадії обробки подача на зуб:

$$S_z = 0,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,17 \text{ (мм/зуб)}.$$

Для останньої стадії обробки проводимо перевірку вибраної подачі по забезпеченню потрібної шорсткості поверхні. Подача дорівнює 0,25 мм/зуб [6]. З врахуванням коефіцієнта, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_{SM}$  рівен 1,3 подача буде рівною 0,33 мм/зуб.

Вибираємо швидкість різання :

для 1-ї стадії обробки  $v_{3T} = 186 \text{ м/хв.}$

для 2-ї стадії обробки  $v_{3T} = 271 \text{ м/хв.}$

Вибрані швидкості різання корегуємо з урахуванням коефіцієнтів:

- коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_{VM}$  рівен 1,35;
- коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини фрези  $K_{Vr}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує стан поверхні  $K_{Vn}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує головний кут в плані:  
для 2-ї, 1-ї стадій обробки  $K_{Sp}$  рівен 1;  
для 3-ї стадії обробки  $K_{Sp}$  рівен 0,95;
- коефіцієнт, що враховує відношення ширини фрезерування до діаметра фрези  $K_{VB}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини  $K_{Vr}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини  $K_{Vp}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує наявність охолоджуючої рідини  $K_{VЖ}$  рівен 1;

коefficient, що враховує групу оброблюваного матеріалу  $K_{v_0}$  рівен 1.

Для 1-ї стадії обробки:

$$v = 186 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 251,1 \text{ (м/хв.)}$$

Для 2-ї стадії обробки швидкість:

$$v = 271 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 347,6 \text{ (м/хв.)}$$

Частоту обертання шпинделя для 1-ї стадії обробки:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 251,1}{3,14 \cdot 80} = 999 \text{ (об/хв.)}$$

Для 2-ї стадії обробки:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 347,6}{3,14 \cdot 80} = 1383 \text{ (об/хв.)}$$

Хвилинну подачу визначаємо за формулою:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \text{ [мм/хв]} \quad (2.21)$$

Для 1-ї стадії обробки

$$S_M = 0,33 \cdot 8 \cdot 999 = 2637 \text{ (мм/хв.)}$$

Для 2-ї стадії обробки

$$S_M = 0,17 \cdot 10 \cdot 1383 = 2351 \text{ (мм/хв.)}$$

Режими різання можуть бути оптимізовані по цілому ряду параметрів, зокрема із врахуванням стійкості інструмента, матеріалу який обробляється, швидкості різання і потужності, які може забезпечити верстат, шорсткості та точності поверхні, яка має бути отримана та ряду інших параметрів. В даному випадкові використовується розрахунково-графічний спосіб, який оснований на тому, що відповідно для кожного обмеження будується пряма і визначається область допустимих значень режимів різання. Тобто це ті значення які можуть бути забезпечені верстатом, і використання яких принесе бажану точність поверхні. При цьому із отриманої області обираються максимальні значення подачі і числа обертів інструмента чи деталі, що дозволяє проводити максимально допустиму продуктивну обробку поверхонь.

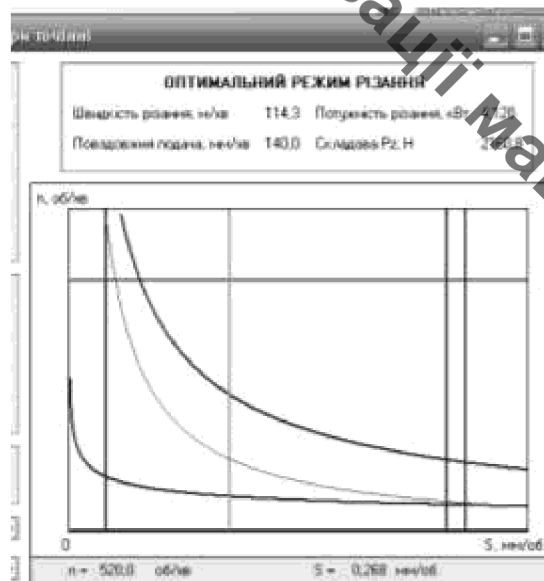


Рисунок 2.18 – Оптимізація режимів різання при напівчистовому фрезеруванні

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання для чистового фрезерування. При оптимізації ці показники зросли, можливо це спричинено більш повним врахуванням умов механічної обробки.

Крім того враховано оптимізацію для режимів обробки виконану у першому пункті. Відповідно отримані режими обробки наведено в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19– Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв.
1	3	4	5
<u>Фрезерна з ЧПК</u>			
2 Фрезерувати поверхню 1	0,7	20	80
3 Центрувати 2 отвори 2	0,7	120	280
4 Свердлити 2 отвори 2	1,25	120	280
5 Цекувати 2 отвори 2	0,7	120	280
6 Зенкерувати 2 отвори 2	0,6	180	319
7 Розвернути 2 отвори 2	0,2	210	340
8 Фрезерувати площину 1 остаточно	0,1	310	420
Багатоцільова			
2 Фрезерувати торець 1	0,3	120	340
Розточити отвір 2 попередньо	0,7	120	319
3 Розточити отвір 3	0,7	120	420
4 Розточити канавку 4	0,7	120	280
5 Розточити отвір 2 попередньо	0,7	120	280
6 Розточити отвір 2 остаточно	0,3	120	280
7 Фрезерувати торець 1 остаточно	0,7	120	200
8 Повернути деталь на 90			
9 Фрезерувати торець 5 попередньо	0,3	180	200
10 Центрувати 2 отвори 6	0,7	210	840
11 Свердлити 2 отвори 6	0,7	110	960
12 Розсвердлити 2 отвори 6	0,7	110	219
13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6	0,7	210	219
14 Нарізати різь в 2 отворах 6	0,3	110	200

Продовження таблиці 2.19

1	2	3	4
15 Фрезерувати остаточно площину 5	0,3	180	840
16 Повернути деталь на 90			
17 Фрезерувати площину 7 попередньо	0,7 2,5	210 110	960 219
18 Розточити отвір 8 попередньо	2,5	110	219
19 Розточити отвір 7	0,7	210	100
20 Розточити вір 8 попередньо	0,7	110	100
21 Розточити отвір 8 остаточно			
22 Фрезерувати торець 7 остаточно	0,3	210	240
23 Повернути деталь на 90			
24 Фрезерувати торець 10 попередньо	0,7	110	260
<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u>			
1 встановити і закріпити заготовку			
2 Фрезерувати площину 1	0,6	180	319
3 Центрувати 2 отвори 2 та 3	0,2	210	340
4 Свердлити отвір 2	0,1	310	420
5 Цекувати отвір 2	0,3	20	80
6 Цекувати отвір 2	1,0	110	219
7 Свердлити отвір 3	0,3	310	420
8 Зенкувати фаску в отворі 3	1,0	420	340
9 Нарізати різь в отворі 3	1,0	20	125
10 Зняти заготовку			

## 2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій



Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва.

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.22)$$

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

$$T_{\text{ц.а.}} = T_0 + T_{\text{мд}} [\text{хв}] \quad (2.23)$$

$T_0$  – основний час роботи верстата за програмою,  $T_{\text{мд}}$  – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_0 = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}} [\text{хв}], \quad (2.24)$$

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  $\varnothing 7$  під різь М8 наведено в таблиці 4.12.

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:

$$T_{\text{мвх1}}=(2 \cdot 100+64)/6000=0,04 \text{ (хв.);}$$

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

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 010 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}}=(0,21+0,16)+(0,1+0,3+0,2+0,2)=1,17 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час  $T_{\text{в}}$  складається із:

$$T_{\text{в}}=T_{\text{вуст}}+T_{\text{воп}}+T_{\text{ввим}} \text{ [хв]} \quad (2.25)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,42хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,48 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,4 хв.

$$T_{\text{воп}}=0,18+0,1=0,28 \text{ (хв.);}$$

$T_{\text{ввим}}$  – 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:

$$T_{\text{ввим}}=0,23 \cdot 2=0,46 \text{ (хв.)}$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_{\text{в}}=1,3+0,28+0,46=2,04 \text{ (хв.)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.26)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}}=(10,64+2,04)(1+9/100)=13,83 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Норми часу

№ операцій	Основний час $t_0$ , хв	Штучний час $t_{\text{шт}}$ , хв
005	2,119	2,97
010	8,243	10,72
015	0,491	0,69

## 2.12 Розробка елементів дільниці механічної обробки

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на

декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення,

Таблиця 2.21 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			маси	точності	серійності		
1	2	5	6	7	8	9	10
Корпус	1,7	3000	1	1	1	1	3000
Кришка	1,5	2400	0,92	0,97	1,03	0,922	2215
Фланець	1,4	2900	0,88	0,985	1,01	0,87	2522
Важіль	1,2	2600	0,79	0,98	1,02	0,798	2074
Всього						9811	

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{пр} / (\Phi_d \cdot m) \quad (2.27)$$

де  $T_{пр}$  – сумарна трудомісткість деталей, год;

$\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

$m$  – кількість робочих змін

На операції 005-015 кількість верстатів 6P13Ф3 складає:

$$C_p = \frac{(2.97 + 0.69) \cdot 9811}{60 \cdot 2040} = 0.293$$

Верстатів ЛТ260МФ3:

$$C_p = \frac{10.72 \cdot 9811}{60 \cdot 2040} = 0,859$$

Отримані результати занесемо до таблиці 2.22

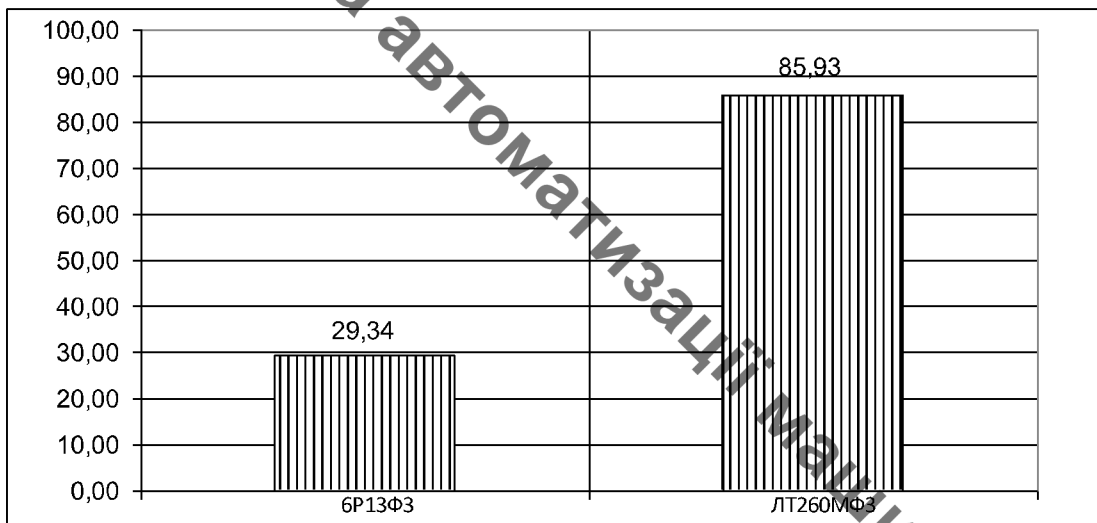


Рисунок 2.19 – Графік завантаження обладнання

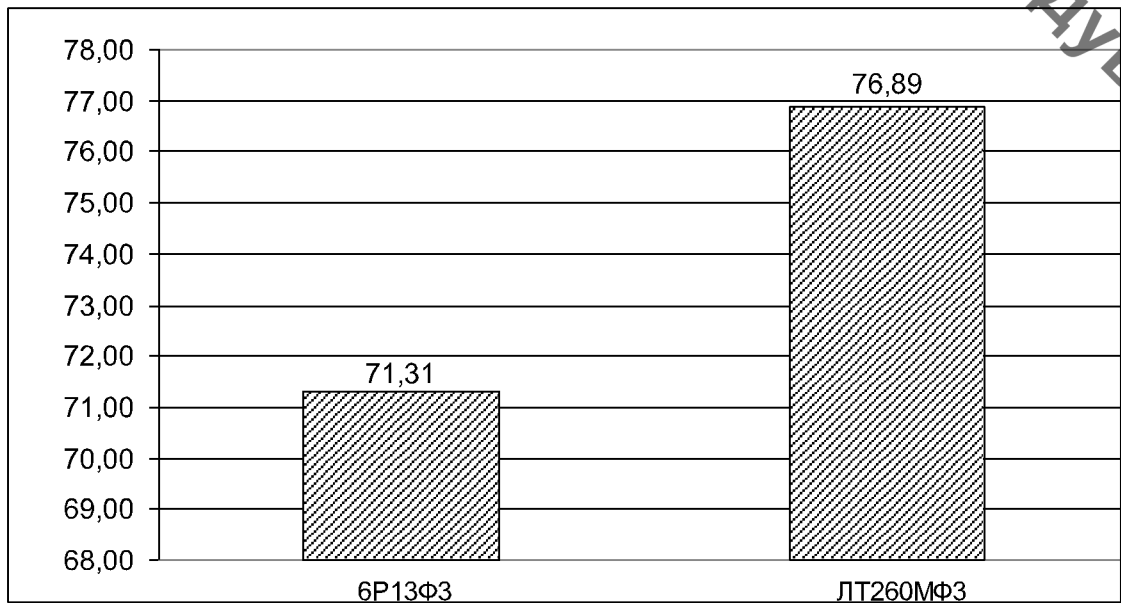


Рисунок 2.20 – Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 2.22 - Розрахунок кількості обладнання.

№оп	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
00- 015	Фрезерна з ЧПК	0,2933	1	0,2933	57,63	0,7131
010	Багатоцільова з ЧПК	0,859	1	0,859		0,7689

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

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (2.32)$$

де  $C_{\text{пр}}$  – прийнята кількість верстатів, шт;  $\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;  $K_{\text{м}}$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,859 / 1 \cdot 1840 = 0,96$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.3.

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожен операцію.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -2 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др}=(0,2\dots0,25)\cdot2=0,4\dots0,5$$

Таблиця 2.23 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{вр}$	$\Phi_{д}$ , год	$K_з$	$K_м$	$P$ , чол	$P_{пр}$ , чол
Фрезерний з ЧПК	1	1840	0,2933	1	0,329	1
Багатоцільовий з ЧПК	1		0,859	1	0,96	1

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР}=(0,18\dots0,24)\cdot2=0,36\dots0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{СКП}=0,022\cdot2=0,044$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{МОП}=0,02\cdot(2+1+1+1)=0,1$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу. Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 2.24 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		2
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	18...24%	1
СКП	2,2%	1
МОП	2%	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

### 2.13 Висновки

Визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 3 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні розміри. Розраховано режими різання та норми часу. З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 57,63%;



### 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 здійсненність					
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	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 «Корпус», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на ділянці 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:

$$ОП = \Pi_i / T [\text{шт}] \quad (3.2)$$

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

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

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

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

Нова розробка є кращою ніж аналог.

### 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

залишитися 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  $i$ -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  $i$ -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:

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

$P_{\text{бей}}$ ,  $P_{\text{ней}}$  - 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 :

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]} \quad (35)$$

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

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

$t$  – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

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

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

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	9000	409,09	20	8181,82
2	Інженер-технолог	6000	272,73	20	5454,55
Всього					13636,37

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	Трудомісткість годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Фрезерний з ЧПК	0,06	122,32	7,46
Багатоцільовий	0,18	122,32	21,87
Всього			29,33

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_p = 8500 \cdot 29,33 = 249305 \text{ (грн.)}$$

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

$$З_d = 0,11 \cdot (13636,37 + 249305) = 28924 \text{ (грн.)}$$

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

$$(13636,37 + 249305 + 28924) \cdot 0,22 = 64210,38 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

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

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

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

Для багатоцільового верстата складає 0,211 год для однієї деталі, відповідно (з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,211 \cdot 10800 / (8 \cdot 30) = 9,5 \text{ місяців}$$

Для фрезерного верстата аналогічно:

$$0,108 \cdot 10800 / (8 \cdot 30) = 4,9 \text{ місяця}$$

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

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Фрезерний з ЧПК	350000	12	2,125	5164,931
Багатоцільовий	800000	12	6,375	35416,67
Всього				40581,6

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

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

де:  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 2,25 кг,  $C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 8 грн./кг.,  $K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1$ .  $B_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 0,58 кг,  $C_b$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 3 грн./кг.  $n$  – кількість видів матеріалів.

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь40X і відповідно отримаємо:

$$M = 2,25 \cdot 8 \cdot 1,1 - 0,58 \cdot 3 = 18,06 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 40X	8	2,25	0,58	3	18,06

А для всієї партії:

$$18,06 \cdot 8500 = 153510 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

де: B – вартість 1 кВт-години електроенергії. У 2020 року  $B = 2.14$  грн./кВт.

$\Pi$  – встановлена 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.  $K_{\Pi} < 1$ , приймасмо 0,8.

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Фрезерний з ЧПК	12	0,06	1,23
Багатоцільовий	10	0,18	3,69
Всього			4,92

А для всієї партії:

$$4,92 \cdot 8500 = 418,20 \text{ (грн.)}$$



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

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

$$V_{\text{ін}}=2 \cdot (13636,37+249305)= 525882,7 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$V=13636,37+249305+28924+64210,38+40581,6+153510+418,20+525882,7= \\ =1076468,25 \text{ (грн)}$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$V_{\text{заг}} = \frac{V}{\alpha} \quad (3.11)$$

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

Тоді

$$V_{\text{заг}}=1076468,25/0,95=1133124,47 \text{ (грн.)}$$

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

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

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то  $\beta \approx 0,1$ ; на стадії технічного проектування, то  $\beta \approx 0,2$ ; на стадії розробки конструкторської документації, то  $\beta \approx 0,3$ ; на стадії розробки технологій, то  $\beta \approx 0,4$ ; на стадії розробки дослідного зразка, то  $\beta \approx 0,5$ ; на стадії розробки промислового зразка,  $\beta \approx 0,7$ ; на стадії впровадження, то  $\beta \approx 0,8-0,9$ .

Для нашого випадку  $\beta \approx 0,5$ .

Тоді:

$$ЗВ = 1133124,47 / 0,9 = 1259027,19 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання корпусана з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 125,90272 тис грн.

### 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 8500 шт. Середня ціна подібних деталей 4000 грн

Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 2400 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

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

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2021 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2021-го, 2022-го, 2023-го та 2024-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 8500 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 10000 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 8000 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 6000 шт.

У 2025 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

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

де  $C_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що  $C_0 = 450$  грн;

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

$\Delta N$  – 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. коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

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

$g$  – ставка податку на прибуток.  $g = 18\%$ .

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора  $\Pi_1$  протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (8500 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 653411,36 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (10000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 768719,25 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (8000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 614975,4 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (6000 \cdot 450) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 461231,55 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

$$ПП = \sum_{i=1}^{\tau} \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \quad (3.15)$$

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;

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

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

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

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

$$ПП = \frac{653411,36}{(1+0.1)^2} + \frac{768719,25}{(1+0.1)^3} + \frac{614975,4}{(1+0.1)^4} + \frac{461231,55}{(1+0.1)^5} = 1823984,52 \text{ (тис. грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 1823984,52 - 1259027,19 = 564957,32 \text{ (тис. грн.)}$$

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:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + E_{abc}/PV} - 1 \quad (3.16)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій,  $E_{abc} = 564,957$  тис.грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 1259,027$  тис. грн.;

$T_j$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 564/1259} - 1 = 0,56 = 56\%$$

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

$$\tau = d + f, \quad (3.17)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні  $d = (0,20 \dots 0,27)$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05 \dots 0,2)$ , але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

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

Оскільки величина  $E_B = 56\% > \tau_{\text{мін}} = 35\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,56 = 1,77$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку

### 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 (1,77 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці

На дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус 11.2» з використанням CALS-технологій виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори [22, 23]:

- фізичні: рухоми 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; недостатнє природне освітлення;

- хімічні: загально токсичні ( $\text{CO}_2$  – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючі (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перенавантаження (при перенесенні деталей до робочого місця); нервово-психічні перенавантаження (викликаються монотонністю праці).

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

#### 4.2.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

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 –  $4,5 \text{ м}^2$ .

#### 4.2.2 Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях визначається наступними параметрами: температура повітря  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ; відносною вологістю  $\phi$ , %; швидкістю руху повітря на робочому місці  $v$ ,  $\text{м/с}$ ; атмосферним тиском  $p$ ,  $\text{мм.рт.ст.}$

Метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина відчуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря  $t =$



18...22 °С; відносна вологість  $\varphi = 40...60\%$ , швидкість руху повітря на робочому місці  $v = 0,1...0,2$  м/с.

Для категорії робіт II б – роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура $t$ , °С						Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с	
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на роб. місці	Оптимальна	Допустима на роб. місці	
			Верхня межа		Нижня межа						
			пост.	непост.	пост.	непост.					
Холодний	II б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	>0,4	
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70(1=25°C)	0,3	0,2...0,5	

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

У механічному цеху, де відсутні шкідливі виділення і необхідно мала кратність повітрообміну, застосовують витяжну загальну обмінну вентиляцію.

#### 4.2.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т. д.

Зорова робота на розробляє мій ділянці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств).

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості – це відношення освітленості зовні.

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	v	середній	середній	750	2,5

Нормальне значення для КПО:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot t \cdot c, \quad (4.1)$$

де  $e_H^{IV}$  – значення КПО для будівель, що розташовані у II поясі світлового клімату;

$t$  – коефіцієнт світлового клімату, що враховує особливість світлового клімату іншої місцевості;

$c$  – коефіцієнт сонячності клімату.

Для бокового природного освітлення  $e_H^{III} = 10\%$ ; для суміщення освітлення  $e_H^{III} = 6\%$ ;  $t = 0,9$ ;  $c = 0,75$ , для зовнішніх стін азимут  $270^\circ$ .

Отже, мінімальні значення КПО:

- для природного освітлення:  $e_H^{IV} = 3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2\%$ ;

- для суміщення освітлення  $e_H^{IV} = 6 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,215\%$ .

Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами.

#### 4.2.4 Виробничий шум та вібрації

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на розглядає мій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання неврівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На ділянці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 6.4) для категорії вібрації 3 тип «а» – технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. також наведені в таблиці 4.4.

Технічні заходи захисту від вібрацій полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні вібрації

Вид вібрації	Категорії вібрації по СН	Направлення дії	Нормативне корегування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Віброприскорення	Рівень віброприскорення	Віброшвидкість	Рівень віброшвидкості
			м с <sup>-1</sup>	дБ	м с <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	дБ
загальна	3 типа «а»	z0, y0, x0	0.1	100	0,2	92

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

### 4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

#### 4.3.1 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.

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

#### 4.3.2 Електробезпека

Дільниця по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в електроустановках не знаходиться під напругою до 1000 В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

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

Крім того, на дільниці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

#### 4.4 Пожежна безпека

В якості робочої рідини використовується мінеральне мастило. Температура спалаху у нього більше 61 °С тому дане виробництво слід віднести до категорії «В». В відповідності з ДБН В.2.1.1-2002 приміщення має ступінь вогнестійкості – II, допустиме значення поверхів – фактично 1, площа поверху не обмежується. Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості:

Стіни	межа вогнестійкості
Несучі і сходові клітки	2
Самонесучі	1
Зовнішні не несучі	0,25
Колони	2
Сходові площадки, ступені, балки	1
Плити, настили і інші перекриття	0,25
Елементи покриття:	
Плити, настили, прогони	0,25
Балки, ферми, арки	0,25

Для забезпечення гасіння пожежі в початковому стані його джерело треба встановити найшвидше, тому встановлюємо внутрішній пожежний кран.

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 згідно ДБН В.2.1.1-2002 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. Згідно ДБН В.2.1.1-2002 кількість до 120 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 склу 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 6.5.

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

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

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

$K_{нос} = 5$  – 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.

#### 4.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 11.2», 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 та електромагнітних 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 результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі. Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва серійний; серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «Корпус А12.54» вибраний спосіб лиття, який економічно доцільніший; на основі аналізу існуючих типових процесів механічної обробки деталей подібних до заданої деталі розроблено технологічний процес механічної обробки. Виконаний розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки та визначені режими різання на його переходах.

Виконано оптимізацію режимів обробки, для деталей виготовлених із чавуну. В результаті проведених досліджень визначені аналітичні залежності для розрахунку оптимальних режимів різання за критеріями максимальної продуктивності та мінімальної собівартості з використанням в якості метода оптимізації як лінійного, так і геометричного програмування, що дозволяє для будь-яких умов обробки та заданих вимог до якості оброблених поверхонь виконувати розрахунки оптимальних режимів різання, що забезпечують як мінімальну собівартість, так і максимальну продуктивність тонкого точіння чавунів інструментами з надтвердих матеріалів

**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. Проекування 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 / [Бабука В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И. ] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.
22. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.
24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.

27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
29. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991
30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.
31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.
34. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.
35. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>. Назва з екрану.
36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.
37. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

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

Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 11.2" з використанням  
CALS-технологій  
08-26.МКР.015.00.000 ТЗ

Керівник роботи: д.т.н., проф. каф. ТАМ  
Козлов Л.Г. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

Півторак В.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Корпус 11.2» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

### 2. Мета і призначення МКР

а) модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

### 3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Корпус 11.2»

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

Керуюча програма

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№060 M4 \*

№061 M39 \*


№062 G97 \*

№063 S386 \*

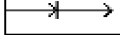
№064 G95 \*

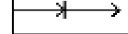
№065 F60

№066 T1

№067 X9700  \*

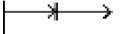
№068 Z0

№069 X-700 

№070 X1000  \*

№071 Z-3000

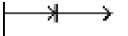
№072 Z-6000 \*

№073 X2000  \*

№074 Z-7500

№075 Z-8500

№076 G3 \*

№077 X1000  \*

№078 Z-10000 \*

№079 P2000 \*

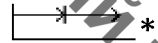
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№080 P500

№081 Z-12000

№082 X1000 

№083 G2 \*

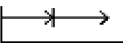
№084 X1000 


№085 Z-13500 \*

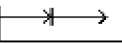
№086 P-3500 \*

№087 P-2000

№088 Z-14500

№089 X200 

№090 Z0 

№091 X-6000 

№092 G25 \*

№093 P 69 91 \*

№094 P12

№095 X3100

№096 G25 \*

№097 P 70 90 \*

№098 P1

№099 G96 \*

№100 P 200 \*

№101 P800 \*

№102 S167

№103 G95 \*

№104 F30

№105 X3300

№106 Z0

№107 X3000

№108 G25 \*

№109 P 70 90 \*

№110 P1


№111 T2

№112 G95 \*

№113 F10 \*

№114 G97 \*

№115 S573

№116 X4200  \*

№117 Z-5000

№118 G75 \*

№119 X3000 \*

№120 Z600  \*

№121 P400

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



№122 T3

№123 M5


№124 D30

№125 G95 \*

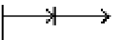
№126 F22 \*

№127 G97 \*

№128 S531

№129 X0  \*

№130 Z200

№131 G73  \*

№132 X20000 \*

№133 Z-4000 \*

№134 P2250


№135 T4

№136 G95 \*

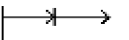
№137 F38 \*

№138 G97 \*

№139 S295 \*

№140 X0  \*

№141 Z200

№142 G73  \*

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

№143 Z-1500 \*

№144 Z200 \*

№145 P1500


№146 T5

№147 G95 \*

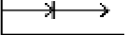
№148 F100 \*

№149 G97 \*


№150 S573


№151 X0  \*

№152 Z200

№153 G33  \*

№154 X10000 \*

№155 Z-3200  \*

№156 X20000  \*

№157 Z20000

№158 M5

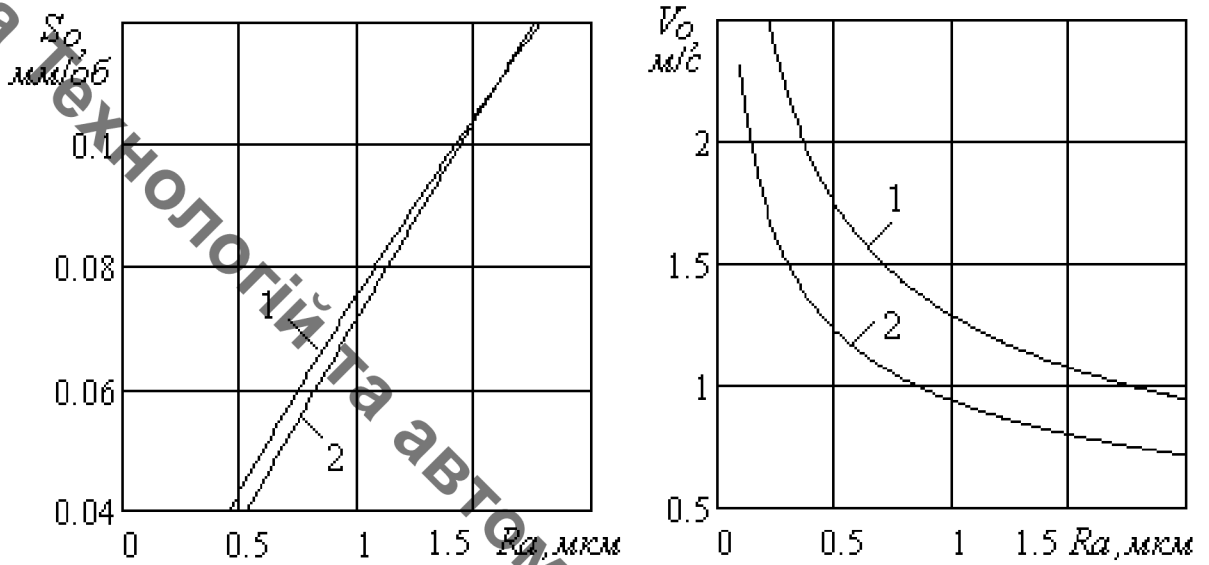
№159 M30

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

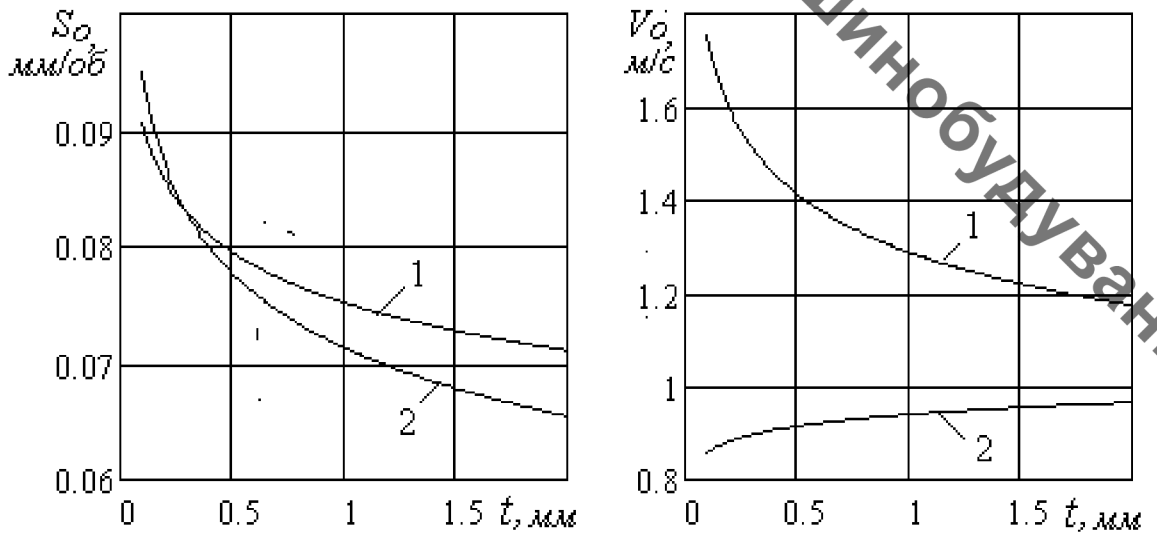
Додаток А

Графічна частина

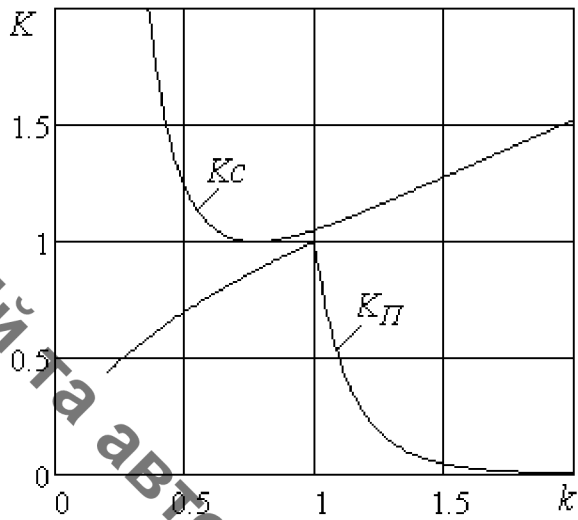
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



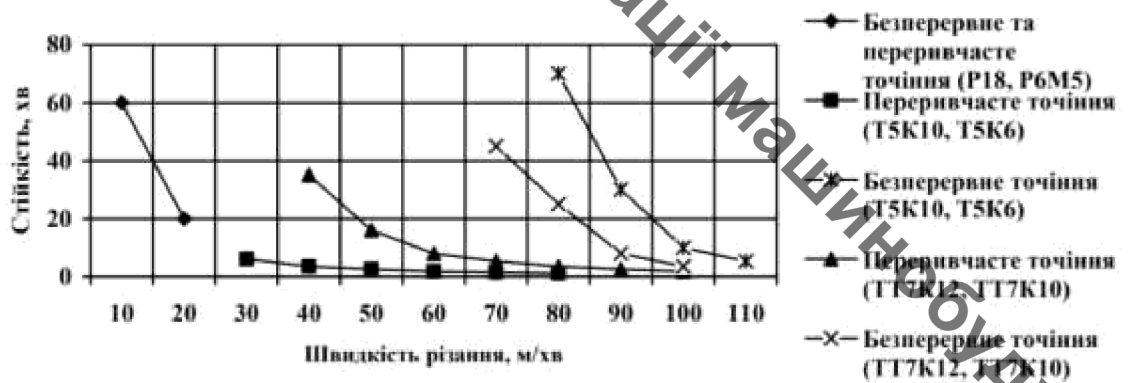
Графіки порівняння залежності оптимальних режимів різання від шорсткості поверхні при розрахунку: 1 - методом лінійного програмування; 2- методом геометричного програмування



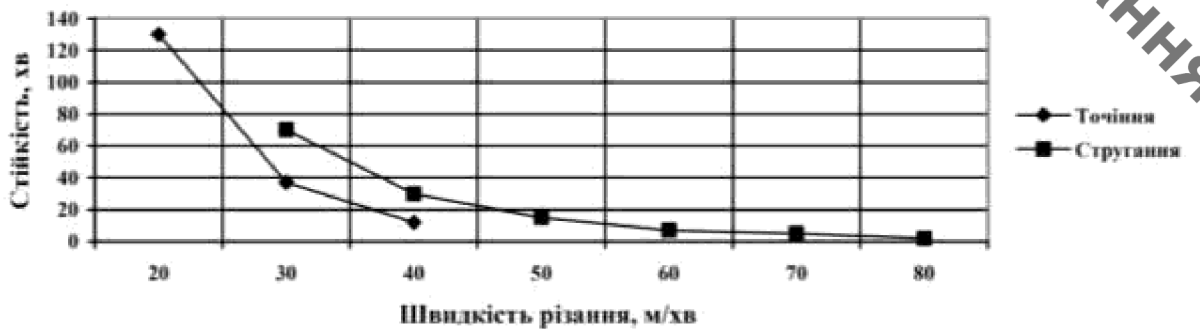
Графіки порівняння залежності оптимальних режимів різання від глибини різання при розрахунку: 1 - методом лінійного



Залежність коефіцієнтів зміни собівартості  $K_c$  і продуктивності  $K_{п}$  обробки від ступеня відхилення режимів різання від оптимальних  $k$



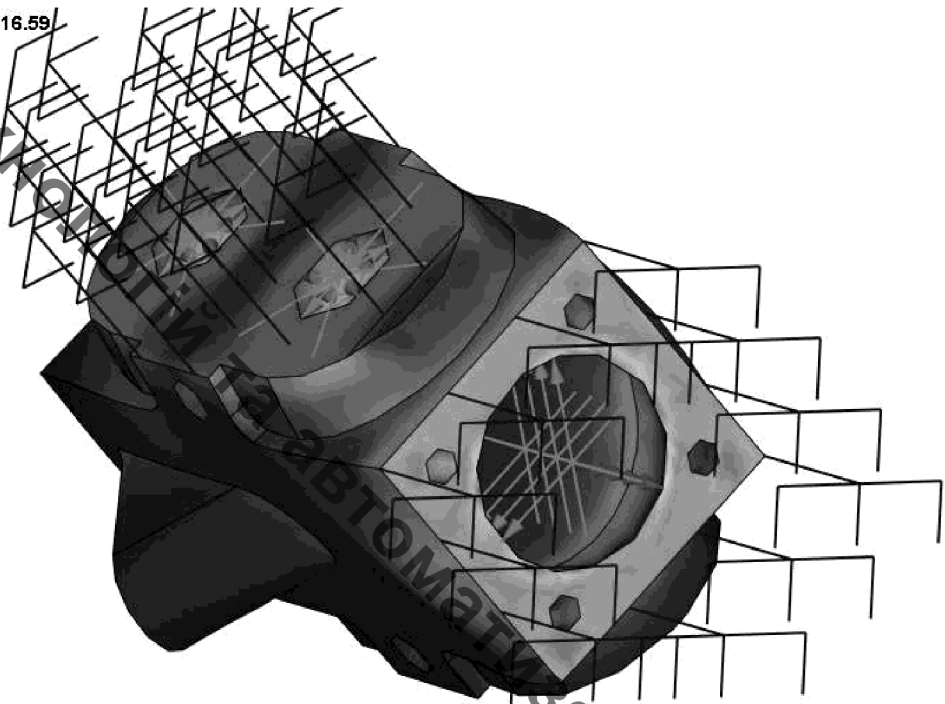
- Вплив швидкості різання на стійкість різців



Вплив тривалості робочого ходу різця на його стійкість

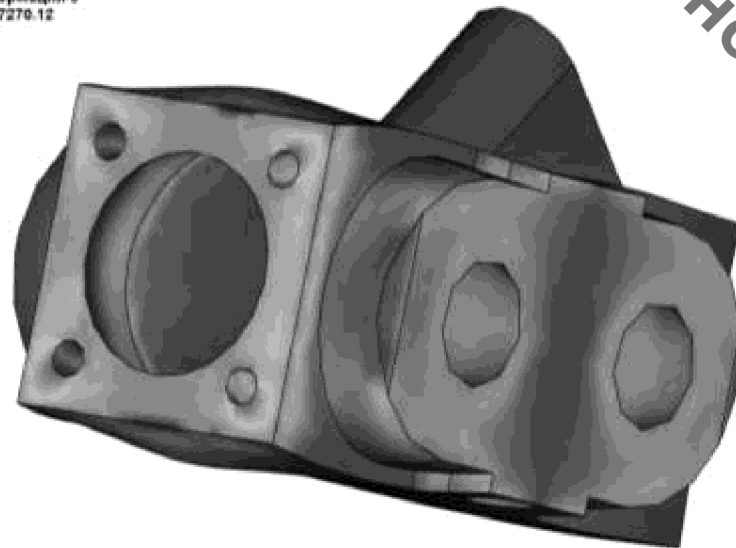
Кафедра Технологій Автоматизації машинобудування

324216.59



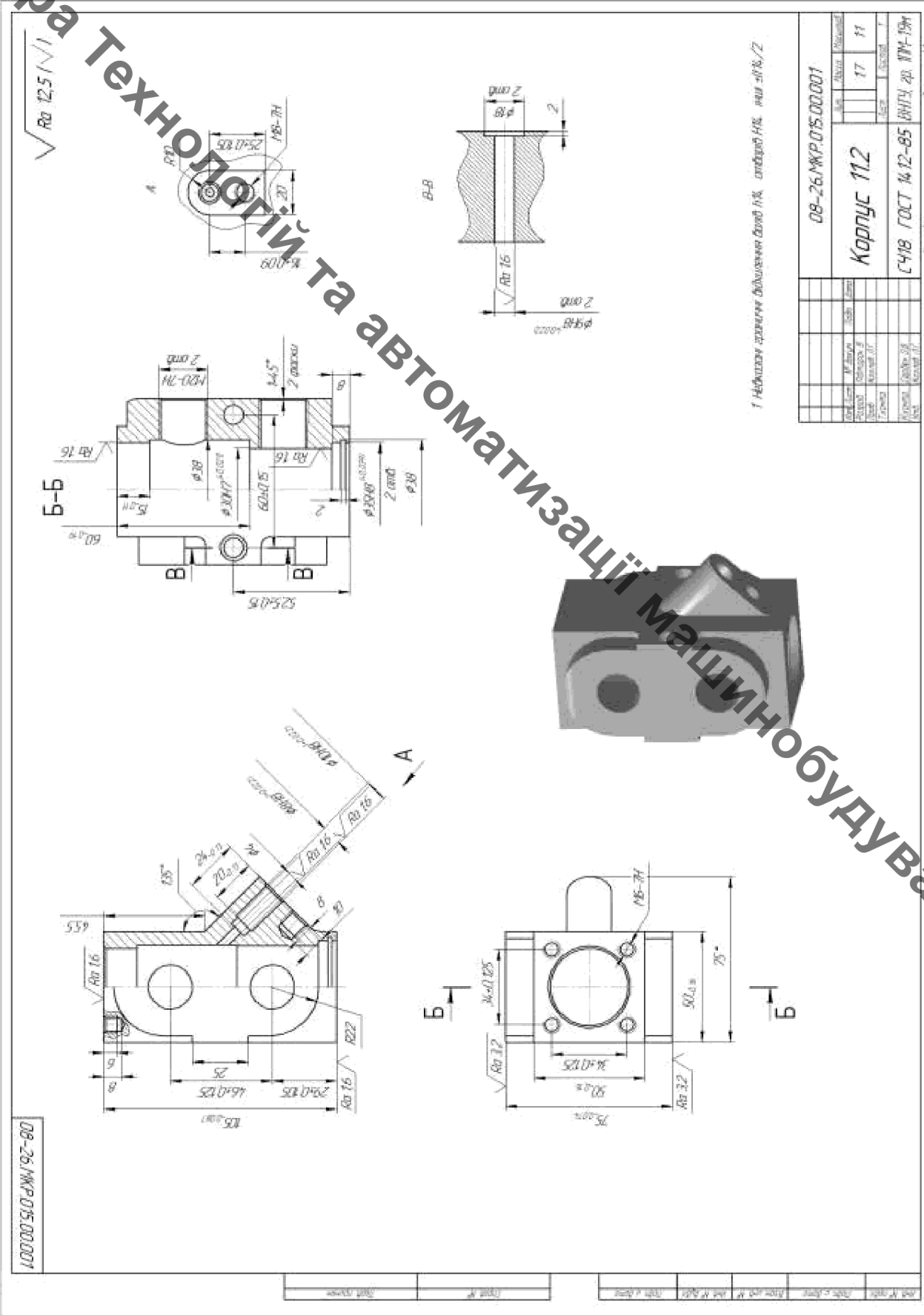
– Еквівалентні напруження

Тривалість  
на деформації 0  
мм: 777270.12



Головні нормальні деформації

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



1. Матеріал: сталь 45. Обробка: чорна, цв. пок. 112.

08-26/МКР.015.00.001		
Корпус 112		
СЧ18. ГОСТ 14.12-85 (ИИЛ) зр. ИР-194		
№	Дата	Віршено
17	17	11
Л.1	Л.2	Л.3
Л.4	Л.5	Л.6
Л.7	Л.8	Л.9
Л.10	Л.11	Л.12



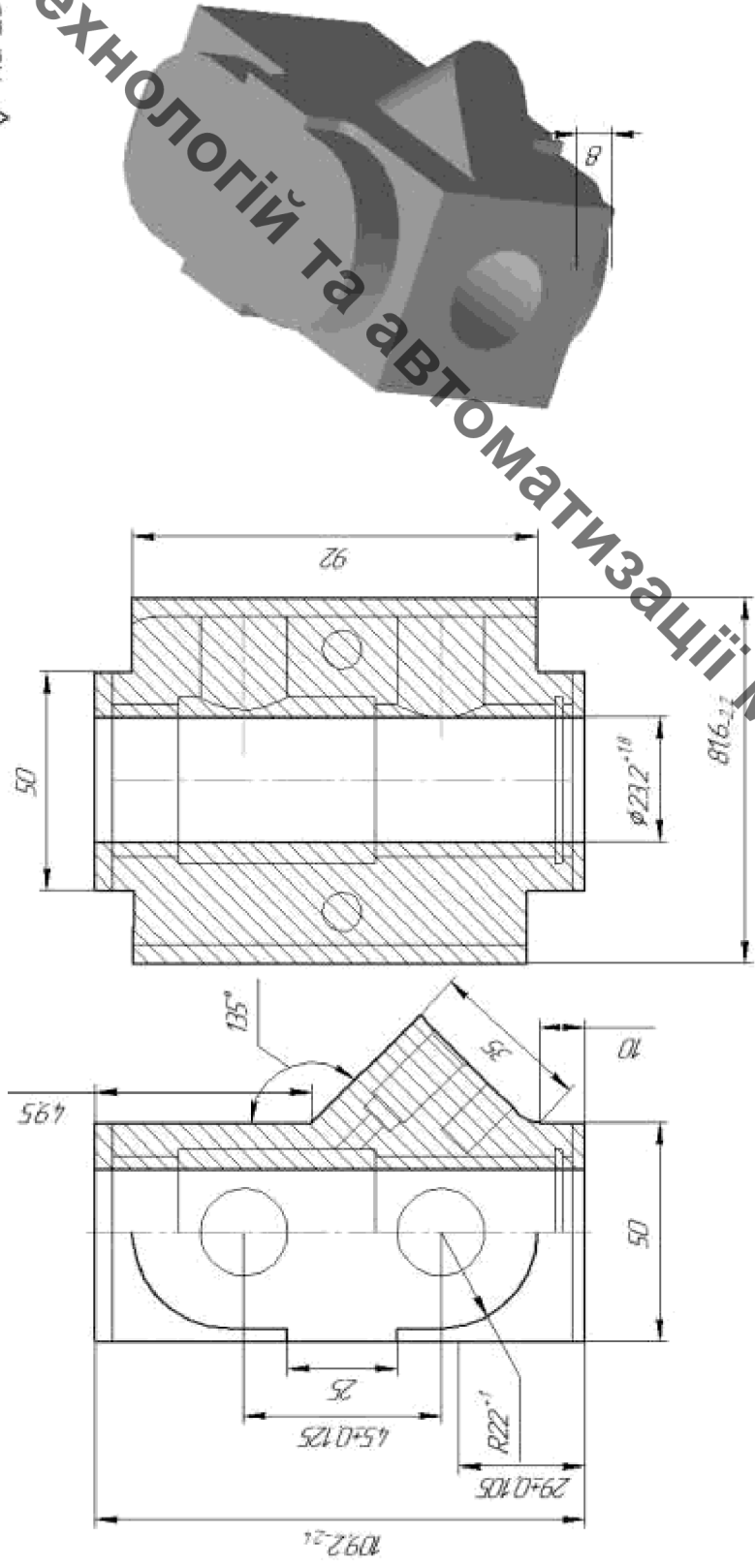
08-26/МКР.015.00.001

№	Дата	Віршено
17	17	11
Л.1	Л.2	Л.3
Л.4	Л.5	Л.6
Л.7	Л.8	Л.9
Л.10	Л.11	Л.12

# Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-26.МКР.015.00.002

$\sqrt{Ra\ 25}$



1) Клас точності розмірів – 9, клас точності меж – 9m, ступінь жорсткості елементів – 7, ряд припусків на механічну обробку – 6

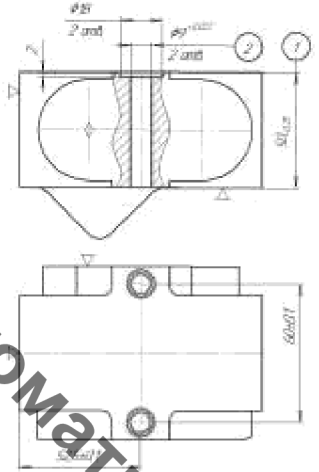
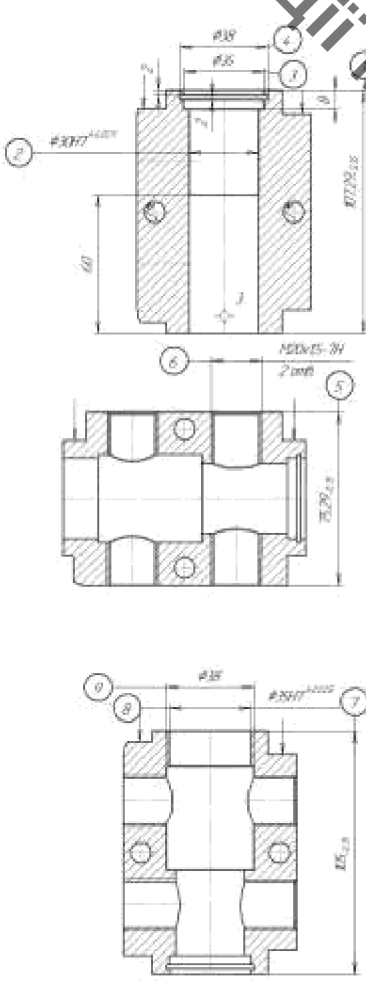
- 2) Невказані радіуси заокруглень R5
- 3) На необроблених поверхнях допускається допуск на ШДНМ і глибина не більше 0,9мм
- 4) Невказані формочасні нахили 14° 2' 1" B

08-26.МКР.015.00.002		Лист	Листів	Кількість
Корпус 112 (вилубок)		Лист	2.25	11
СЧ18 ГОСТ 14.12-85		Лист	Листів	Г
ВНТУ, гр. ПМ-19м				

Лист у формі	Вартість	Мат. №	Лист у формі	Лист у формі	Лист у формі	Лист у формі	Лист у формі	Лист у формі	Лист у формі
--------------	----------	--------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

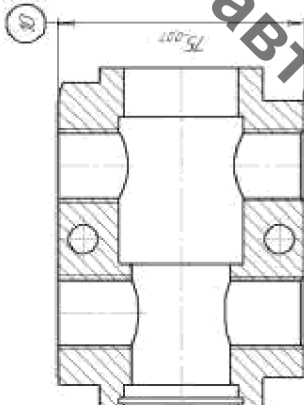
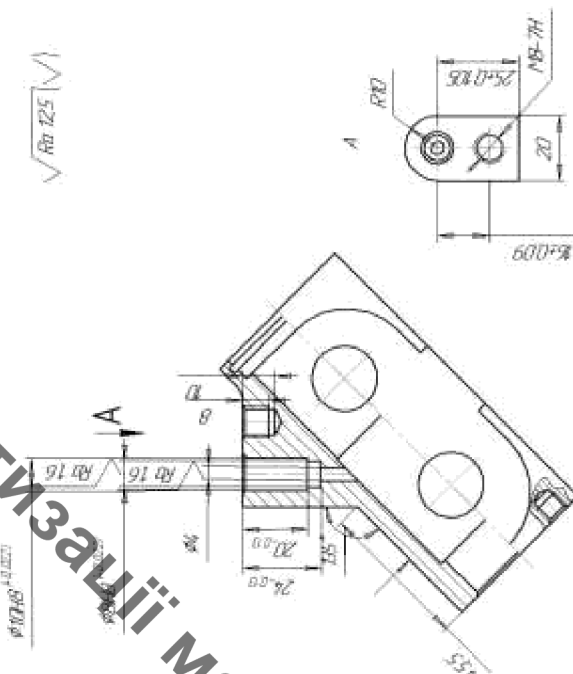


Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<p><b>Фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закрити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір 50,4(-0,43)</li> <li>3 Фрезерувати площину 1 остаточно в розмір згідно ескизу</li> <li>4 Центрувати 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескизі</li> <li>5 Свердлити 2 отвори 2 в розмір <math>\varnothing 8,2(+0,18)</math></li> <li>6 Шкувати 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескизі</li> <li>7 Зенкерувати 2 отвори 2 в розмір <math>\varnothing 8,8(+0,043)</math></li> <li>8 Розвернути 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескизі</li> <li>9 Зняти заготовку</li> </ol>	 <p>Нейксові графіки відношення розмірів отвору Н8, діалу Н8, класу IT8/7</p>	<p>Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3</p>
010	<p><b>Богатинська</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Встановити і закрити заготовку</li> <li>2 Фрезерувати таріць 1 в розмір 108,76(-0,87)</li> <li>3 Розточити отвір 2 попередньо в розмір 29,24(+0,3)</li> <li>3 Розточити отвір 3 в розмір згідно ескизу</li> <li>4 Розточити канавку 4 в розмір згідно ескизу</li> <li>5 Розточити отвір 2 попередньо в розмір 29,787(+0,033)</li> <li>6 Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескизу</li> <li>7 Фрезерувати таріць 1 остаточно в розмір згідно ескизу</li> <li>8 Повернути деталь на 90</li> <li>9 Фрезерувати таріць 5 попередньо в розмір 78(-0,87)</li> <li>10 Центрувати 2 отвори 6 в розмір згідно ескизу</li> <li>11 Свердлити 2 отвори 6 в розмір 10(-0,3)</li> <li>12 Розсвердлити 2 отвори 6 в розмір 17(+0,3)</li> <li>13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6 в розмір згідно ескизу</li> <li>14 Нарізати різь в 2 отворах 6 в розмір згідно ескизу</li> <li>15 Фрезерувати остаточно площину 5 в розмір згідно ескизу</li> <li>16 Повернути деталь на 90</li> <li>17 Фрезерувати площину 7 попередньо в розмір 105,74(-0,14)</li> <li>18 Розточити отвір 8 попередньо в розмір 34,24(+0,3)</li> <li>19 Розточити отвір 7 в розмір згідно ескизу</li> <li>20 Розточити отвір 8 попередньо в розмір 34,787(+0,033)</li> <li>21 Розточити отвір 8 остаточно в розмір згідно ескизу</li> <li>22 Фрезерувати таріць 7 остаточно в розмір згідно ескизу</li> </ol>	 <p>Нейксові графіки відношення розмірів отвору Н8, діалу Н8, класу IT8/7</p>	<p>Богатинська з ЧПК ЛТ260МФ3 з подаратничним столом</p>

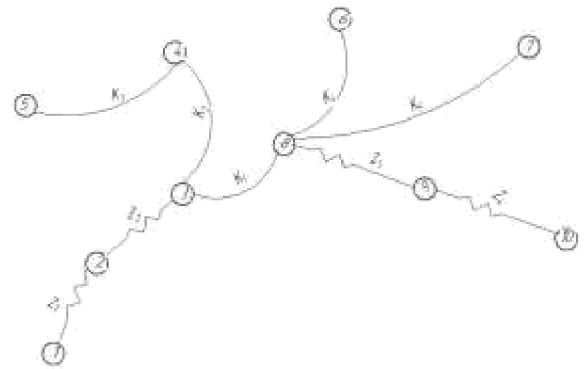
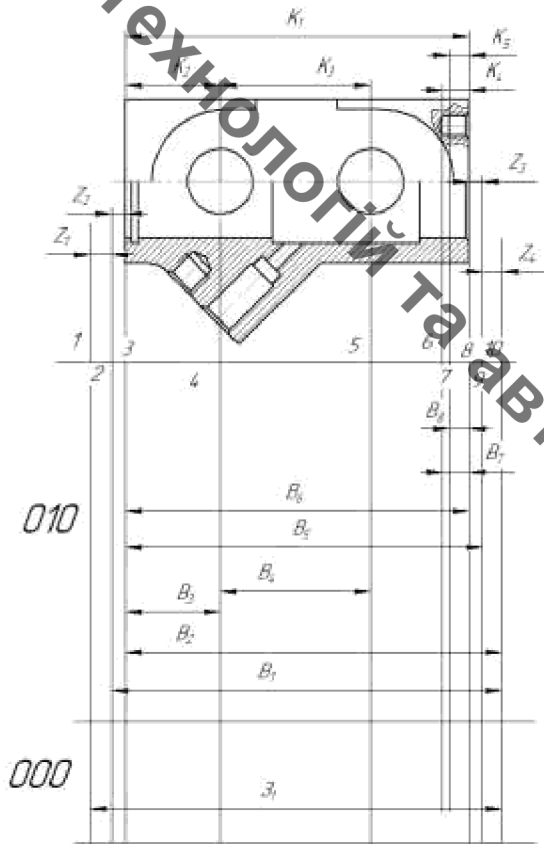
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Матеріал деталі деталі
010	<p>23 Повернути деталь на 90°</p> <p>24 Фрезерувати торець 10 попередньо в розмір 75,74(-0,14)</p> <p>25 Фрезерувати торець 10 остаточно в розмір згідно ескізу</p> <p>26 Зняти заготовку</p>	 <p>Невідомі граничні відхилення розмірів отвору Н7/к6, валу Н7/к6/2</p>	<p>Багатопольовий з ЧПК /ПЗ60МФ3 з лабораторним столом</p>
015	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати площину 1 в розмір згідно ескізу</p> <p>3 Центрувати 2 отвори 2 та 3 в розмір згідно ескізу</p> <p>4 Свердлити отвір 2 в розмір згідно ескізу</p> <p>5 Цекувати отвір 2 в розмір згідно ескізу</p> <p>6 Цекувати отвір 2 в розмір згідно ескізу</p> <p>7 Свердлити отвір 3 в розмір 7(+0,12)</p> <p>8 Зенкувати фаску в отворі 3 в розмір згідно ескізу</p> <p>9 Нарізати різь в отворі 3 в розмір згідно ескізу</p> <p>10 Зняти деталь</p>	 <p>Невідомі граничні відхилення розмірів отвору Н7/к6, валу Н7/к6/2</p>	<p>Фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3</p>

Технології та автоматизації машинобудування

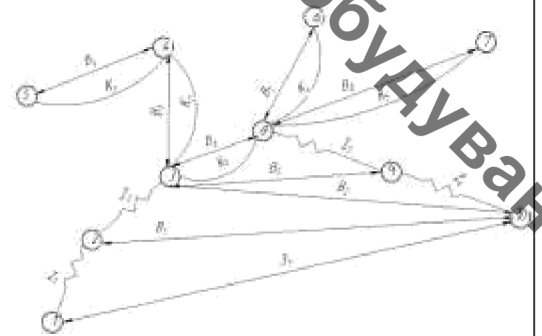
## Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних параметрів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_3 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	$B_3$
2	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	$B_7$
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	$B_6$
4	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	$B_4$
5	$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	$B_2$
6	$B_2 - Z_3 - B_8 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_8$	$B_8$
7	$B_2 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_5$	$B_5$
8	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	$B_1$
9	$B_1 + Z_1 - Z_3 = 0$	$Z_1 = Z_3 - B_1$	$Z_1$

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

Позначення розміру	Граничні значення розмірів	Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні машинобудування
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір			
$Z_1$	109,96	112,16	2,2	112,16	112,16 <sub>-0,22</sub>
$B_1$	107,89	108,76	0,87	108,76	108,76 <sub>-0,87</sub>
$B_2$	106,94	107,29	0,35	107,29	107,29 <sub>-0,35</sub>
$B_2$	28,895	29,105	0,21	29	29 <sup>+0,105</sup>
$B_4$	45,875	46,125	0,25	46	46 <sup>+0,125</sup>
$B_2$	105,6	105,74	0,14	105,74	105,74 <sub>-0,14</sub>
$B_6$	104,913	105	0,087	105	105 <sup>+0,087</sup>
$B_7$	7,82	8,18	0,36	8	8 <sup>+0,18</sup>
$B_8$	5,85	6,15	0,3	6	6 <sup>+0,15</sup>

Таблиця 3 – Припуски

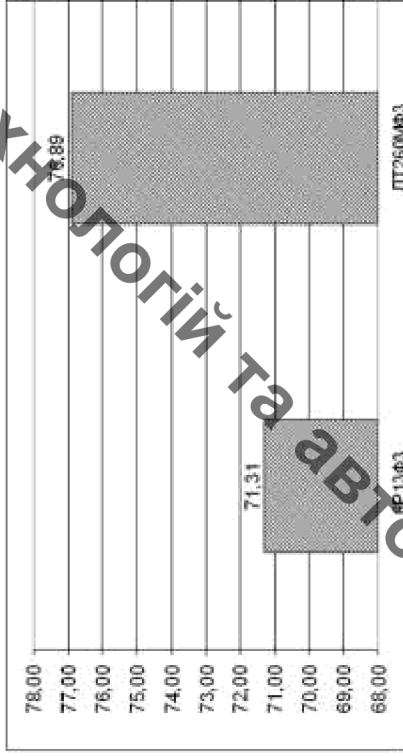
Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$Z_{min}$	1,2	0,6	0,6	1,2
$Z_{max}$	4,27	1,82	0,827	1,69



## Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання.

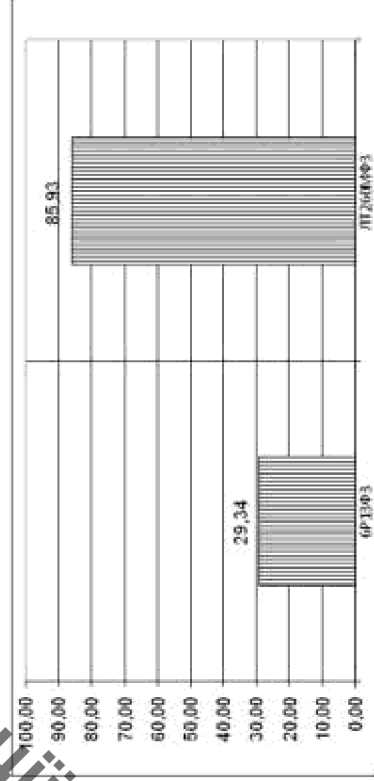
N <sub>оп</sub>	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часу
00-	Фрезерна з ЧПК	0,2933	1	0,2933	57,63	0,7131
015						
010	Багатоцільова з ЧПК	0,859	1	0,859		0,7689



Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 2 - Кількість робітників-верстатників

Назва верстатів	Прийнята кількість верстатів, C <sub>вр</sub>	Ф <sub>в</sub> , год	K <sub>в</sub>	K <sub>н</sub>	P, гол	P <sub>н</sub>
Фрезерний з ЧПК	1		0,2933	1	0	1
Багатоцільовий з ЧПК	1	1840	0,859	1	0	1



Графік завантаження обладнання

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування