

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

Пояснювальна записка

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

Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик»
08-26.МКР.005.00.000 ПЗ

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

Боролук Р.В. _____

Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ

Буренніков Ю.А. _____

«___» _____ 20__ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«___» _____ 20__ р.

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

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

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

«05» жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Боролюк Ростислав Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

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

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: _____

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

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

6. Консультанти розділів МКР

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____

Боролюк Р.В.

Керівник МКР _____

Буренніков Ю.А.

АНОТАЦІЯ

Боролюк Р.В.. Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик» – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 118с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки, запропоновано використати обкочування роликом як фінішну обробку, а саме: проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована дільниця механічної обробки; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

ABSTRACT

Borolyuk RV. Improving the technology of machining of workpieces such as "Flywheel" - Vinnytsia: VNTU, Department of TAM, 2020 - 118p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work, the modernization of the technological process of machining was performed, it is proposed to use rolling with a roller as a finishing treatment, namely: the analysis of construction and manufacturability of the part, the method of manufacturing the workpiece, dimensional analysis of the technological process and the established technological dimensions, the sizes of allowances and workpieces, the cutting modes are determined taking into account the optimization, the machining section is designed; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБКОЧУВАННЯ КУЛЬКОЮ	11
1.1. Напружено-деформований стан при обточуванні кулькою	11
1.2 Оцінка пластичності поверхневого шару металу	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 операції	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. В магістерській кваліфікаційній роботі передбачається удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик». В процесі виконання роботи необхідно вдосконалити і дільницю механічної обробки, оскільки існуюча дільниця не зовсім відповідає сучасним вимогам.

Базовий технологічний процес, у якому використовується низькопродуктивні верстати, є застарілим і економічно не вигідним. Використання сучасних верстатів з ЧПК і багатоцільових верстатів є одним із способів розв'язання цієї задачі. Перевагою верстатів з ЧПК є універсальність у поєднанні з можливістю автоматизації процесів механічної обробки, забезпечення необхідної якості виробів, можливість швидкого переналагодження в переходах від виготовлення одного типорозміру деталей до іншого. Використання таких верстатів скорочує простої, підвищує частку машинного часу.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

При цьому повинні бути виконані такі **завдання**:

- проаналізувати наявні технології виготовлення деталі типу «Маховик»;
- на основі креслення деталі типу «Маховик» виконати якісний і кількісний аналіз технологічності її конструкції;
- виконати техніко-економічний аналіз можливих способів виготовлення заготовки деталі типу «Маховик» та вибрати найдешевший;
- розробити варіантів удосконаленого маршруту механічної обробки та вибрати кращий з них за мінімумом приведених витрат;
- виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

механічної обробки;

- призначити режими різання;
- встановити технічні норми часу на операції;
- розрахувати елементи дільниці механічної обробки, кількість обладнання та працівників;
- розрахувати економічну доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик»;
- розробити необхідні заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки.

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

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

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки; метод скінченних елементів, що дозволив виконати дослідження процесу обкочування і використати його як фінішну обробку.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методика техніко-економічного порівняння способів виготовлення заготовки деталі типу «Маховик» з урахуванням собівартості виготовлення вихідної заготовки, кількості переходів механічної обробки точних поверхонь, трудомісткості механічної обробки, технологічної собівартості механічної обробки і цехової собівартості виготовлення деталі.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик»; при цьому запропоновані такі рішення:

- техніко-економічним порівнянням способів виготовлення заготовки деталі типу «Маховик» для умов середньосерійного виробництва;
- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження

удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 33789 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., всього працівників на дільниці – 5 чол.

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

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-14 травня 2020 р.)

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді:

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

1 НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПРИ ОБКОЧУВАННІ ТОРОЇДАЛЬНИМ РОЛИКОМ

В ДАНИЙ ЧАС АКТУАЛЬНОЮ Є ПРОБЛЕМА РОЗРОБКИ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ З МЕТОЮ ФОРМУВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЦИХ МАТЕРІАЛІВ. МОДЕЛЬ МАТЕРІАЛУ ДОЗВОЛЯЄ ПРОГНОЗУВАТИ ЗАПАС МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ В РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ТЕХНІКИ, А ТАКОЖ ЗАПАС ПЛАСТИЧНОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ. В ДАНИЙ РОБОТІ ДО МОДЕЛІ МАТЕРІАЛУ ВКЛЮЧЕНО ТАКІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯК КРИВА ТЕЧІЇ; ДІАГРАМА ПЛАСТИЧНОСТІ ТА ПОВЕРХНЯ ГРАНИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЩО ВІДОБРАЖАЮТЬ ЗАЛЕЖНІСТЬ ВЕЛИЧИНИ ГРАНИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ВІД БЕЗРОЗМІРНИХ ПОКАЗНИКІВ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ. НАЯВНІСТЬ МОДЕЛІ МАТЕРІАЛУ НАДАЄ ПРОЕКТУВАЛЬНИКУ МОЖЛИВІСТЬ ПРИЗНАЧАТИ БЕЗПЕЧНІ ЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ, РОЗМІРІВ ДЕТАЛІ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ, ОБИРАТИ ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ МАШИН ТА УСТАТКУВАННЯ. ОБМЕЖЕННЯ ЗАЗВИЧАЙ ПОВ'ЯЗАНІ З ВИЧЕРПАННЯМ ПЛАСТИЧНОСТІ МЕТАЛУ З НАСТУПНИМ ПОРУШЕННЯМ СУЦІЛЬНОСТІ ЗАГОТОВКИ У ВИДІ МАКРОТРИЩИН, ПОРУШЕННЯМ УМОВ СТІЙКОСТІ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ.

1.1 Розрахунок НДС в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика

Контур залишкової вм'ятини на поверхні деталі в загальному випадку обмежений залишковою просторовою кривою, яка має в плані еліптичну форму з великою a , і малою h , піввісями. Геометричні параметри залишкової вм'ятини є

важливими характеристиками деформованого стану матеріалу в контактi. При обкочуванні деталей роликami (кульками) один із розмірів «відбитку» практично дорівнює ширині бігової доріжки робочого інструменту і визначає протікання процесу хвилеутворення на оброблюваній поверхні і практично визначає її мікрорельєф. Розміри піввісей a і b , характеризують також глибину пластично деформованої зони в області контакту.

В роботі [12] приведені наступні формули для розрахунків розмірів великої a , і малої b , піввісей еліпса (рис. 2.1.)

$$a = \sqrt{R_{11}(2 \cdot h_a + \alpha_y) - h_a^2}; \quad (1.1)$$

$$b = \sqrt{R_{21}(2 \cdot h_b + \alpha_y) - h_b^2}, \quad (1.2)$$

де R_{11}, R_{21} - радіуси кривизни (в головних площинах) робочої поверхні ролика (для кульки $R_{11} = R_{21}$);

$2a$ і $2b$ – велика і мала осі контуру (в плані) залишкової вм'ятини;

h_a і h_b - відстані, відраховані вздовж лінії дії сили P , від рівня O центра залишкової вм'ятини до найбільш віддаленої від нього (без врахування напливу) точок контуру еліптичної (в плані) площадки контакту;

α_y - зворотне пружне зближення контактуючих тіл.

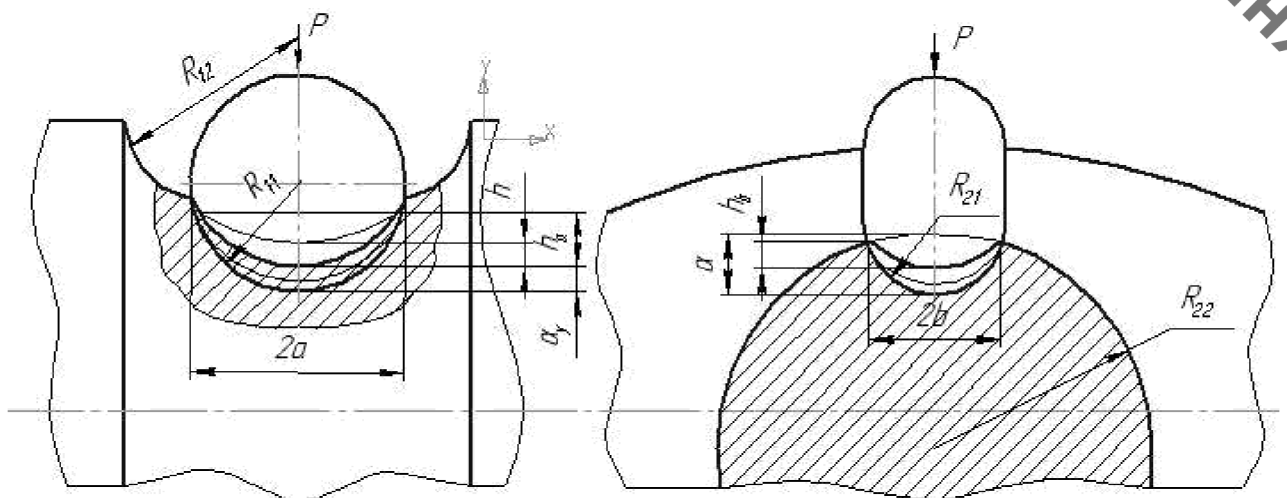


Рисунок 1.1– Схема пружнопластичного контакту тіл довільної кривизни

Повне зближення в пружнопластичному контакті деталей із інструментом α складається з двох складових: залишкового зближення h , рівного глибині відновленої вм'ятини, і пружного зближення α_y , яке зникає після зняття навантаження внаслідок того, що зникає пружна деформація деталі і інструменту (кульки або ролика), таким чином:

$$\alpha = h + \alpha_y. \quad (1.3)$$

В роботі [5] для розрахунку α_y отримано наступну формулу:

$$\alpha_y = \frac{n_a}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{9\pi^2}{4} (k_1 + k_2)^2 \cdot P^2 \cdot \left[\frac{1}{R_{11} \left(1 + \frac{2 \cdot h_a}{\alpha_y}\right)} + \frac{1}{R_{21} \left(1 + \frac{2 \cdot h_b}{\alpha_y}\right)} \right]} \quad (1.4)$$

В якій невідомими геометричними параметрами є геометричні параметри вм'ятини α_y, h_a і h_b

$$h_a = \frac{\pm 2R_{12}h - R_{11}\alpha_y - h^2}{2(\pm R_{12} + R_{11} - h)}; \quad (1.5)$$

$$h_b = \frac{\pm 2R_{22}h - R_{21}\alpha_y - h^2}{2(\pm R_{22} + R_{21} - h)}, \quad (1.6)$$

де знаки «плюс» і «мінус» відносяться до випадків контакту інструменту і деталі, переріз якого в даній площині обмежений випуклим або ввігнутих контурами. Тобто знак «мінус» ставиться тоді, коли вм'ятини обмежена ввігнутою поверхнею.

Числовий аналіз показує, що якщо у формулах (1.5) і (1.6) не враховувати h і h^2 , то похибка розрахунку α_y по формулі (1.4) не буде перевищувати (3-5%), тоді можна записати:

$$h_a \approx \frac{\pm 2R_{12}h - R_{11}\alpha_y}{2(R_{11} \pm R_{12})}; \quad (1.7)$$

$$h_b = \frac{\pm 2R_{22}h - R_{21}\alpha_y}{2(R_{21} \pm R_{22})}, \quad (1.8)$$

Значення n_a , що входить у формулу (1.4) можна знайти по таблиці, приведений в роботі [4] в залежності від величини відношення А/В.

В якості геометричних параметрів А і В, які характеризують головні кривизни контактуючих тіл, приймають відповідно меншу і більшу із наступних двох сум:

$$A = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_{11}} \pm \frac{1}{R_{12}} \right) \quad (1.9)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_{21}} \pm \frac{1}{R_{22}} \right) \quad (1.10)$$

Примітка: $\frac{A}{B} \leq 1$.

Пружні сталі k_1 і k_2 , що входять в формулу (1.4) визначаються наступним шляхом:

$$k_1 = \frac{1 - \mu_1^2}{\pi \cdot E_1}, \quad k_2 = \frac{1 - \mu_2^2}{\pi \cdot E_2} \quad (1.11)$$

де μ_1, μ_2, E_1, E_2 - коефіцієнти Пуассона і модулі пружності матеріалів інструменту і деталі.

В рівняння (1.4) входить тільки одна невідома α_y , яку можна визначити методом послідовних наближень.

Таким чином, нами визначені всі величини необхідні для розрахунку значень a і h по формулах (1.1) і (1.2).

В тих випадках, коли зона контакту обмежена не криволінійною, а плоскою поверхнею $h_a = h_b = h$ і формули (1.1) і (1.2) приймають вигляд [5]:

$$a = \sqrt{\frac{\alpha + h}{2A} - h^2} \approx \sqrt{\frac{\alpha + h}{2A}}, \quad (1.12)$$

$$b = \sqrt{\frac{\alpha + h}{2B} - h^2} \approx \sqrt{\frac{\alpha + h}{2B}}, \quad (1.13)$$

$$\frac{b}{a} = \sqrt{\frac{A}{B}} \quad (1.14)$$

Якщо при вдавлюванні тороїдального ролика в поверхню деталі в області контакту виникають залишкова вм'ятина, навколо якої завжди знаходяться пластично деформована область, яка поширюється на деяку глибину h_s . Ця область обмежена замкнутою поверхнею, на границі якої інтенсивність напружень σ_u дорівнює границі текучості матеріалу заготовки σ_T .

Величина h_s характеризує механічний стан (зміцнення, запас пластичності) металу в осередку деформації, як при одиничному контакті, так і при поверхневому пластичному деформуванні.

В роботі [4] показано, що з розвитком деформації розподіл тиску по поверхні контактної площадки трансформується від сферичного на пружній стадії деформації до рівномірного при розвинутій пластичній деформації в зоні контакту. В роботі [5] показано, що і для випадків, коли контур вм'ятини має еліптичну форму, розподіл тиску по поверхні контакту також близький до рівномірного. Виходячи із такого припущення можна вважати, що:

$$P = P_{сеп} = \frac{P}{\pi \cdot a \cdot b} \quad (1.15)$$

Величину та розподіл головних напружень σ_x , σ_y , σ_z в осередку деформації розраховували за формулами [31]:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{1}{2\pi} \int_0^r \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{1-2\mu}{\rho(\rho+z)} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right) \sin^2 \varphi + (1-2\mu) \left(\frac{z}{\rho^3} - \frac{1}{\rho(\rho+z)} \right) \cos^2 \varphi \right] p r dr d\varphi; \\ \sigma_y &= \frac{1}{2\pi} \int_0^r \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{1-2\mu}{\rho(\rho+z)} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right) \cos^2 \varphi + (1-2\mu) \left(\frac{z}{\rho^3} - \frac{1}{\rho(\rho+z)} \right) \sin^2 \varphi \right] p r dr d\varphi; \\ \sigma_z &= -\frac{3}{2\pi} \int_0^r \int_0^{2\pi} \frac{z^3}{\rho^5} p r dr d\varphi; \end{aligned} \right\} (1.16)$$

де

$$\rho = \sqrt{r^2 + z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; \quad (1.17)$$

$r_0 = \left(\frac{\sin^2 \varphi}{a^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{b^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$; - значення полярного радіуса r на контурі площадки контакту;

p – тиск в довільній точці з полярними координатами r і φ – площадки контакту (кут φ відраховується від осі y); μ - коефіцієнт Пуассона матеріалу контр тіла.

$$L = \frac{z}{b} \left(\frac{1}{1-e^2 \sin^2 \varphi} - \frac{z^2}{b^2} \right)^{-\frac{1}{2}},$$

де $e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a} \right)^2}$ - ексцентриситет площадки контакту, по поверхні якої розподілений тиск, обумовлений силою P , ν – коефіцієнт Пуассона.

При розрахунку напружень по (2.16) початок координат розміщений в центрі контакту ролика із заготовкою, осі x і y співпадають відповідно з великою і малою осями симетрії еліптичної площадки, а вісь z співпадає з напрямом рівнодійної контактної навантаження силою P .

1.2 Розподіл напружень в зоні контакту ролика і заготовки

Аналогічні розрахунки виконані для випадку коли в зоні контакту мають місце пластичні деформації

В роботі [4] приведено формули для розрахунку головних напружень $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ (початок координат в центрі контакту ролика з заготовкою) на осі z. Формули отримані для умови, що $p = p_{сер} = const$ і радіус вм'ятини: $r \neq const$.

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{2}{\pi} \cdot P_{сер} \cdot \int_0^{\pi/2} \left\{ \left[2(1-2\mu) \cdot \ln \frac{L+1}{2L} + 2(2-\mu)L - L^3 \right] \cdot \sin^2(\varphi) - (1-2\mu) \left(L + \ln \frac{L+1}{2L} \right) \right\} d\varphi - \frac{1+2\mu}{2} P_{сер} \\ \sigma_y &= \frac{2}{\pi} \cdot P_{сер} \cdot \int_0^{\pi/2} \left\{ \left[2(1-2\mu) \cdot \ln \frac{L+1}{2L} + 2(2-\mu)L - L^3 \right] \cdot \cos^2(\varphi) - (1-2\mu) \left(L + \ln \frac{L+1}{2L} \right) \right\} d\varphi - \frac{1+2\mu}{2} P_{сер} \\ \sigma_z &= \frac{2}{\pi} \cdot P_{сер} \cdot \int_0^{\pi/2} L^3 d\varphi - P_{сер},\end{aligned}\quad (1.18)$$

де $L = \frac{z}{b} \left(\frac{1}{1-e^2 \sin^2 \varphi} - \frac{z^2}{b^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$, $e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a} \right)^2}$ - ексцентриситет контуру

еліптичної площадки, по поверхні якої розподілений тиск p.

Глибину поширення пластичної деформації h_s можна знайти, виходячи із умов що на границі пружної і пластичної областей, тобто $z = h_s$

$$\sigma_T = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2}. \quad (1.19)$$

Систему рівнянь (2.18) для випадків коли $\frac{b}{a} > 0,1$ можна апроксимувати

одним рівнянням:

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

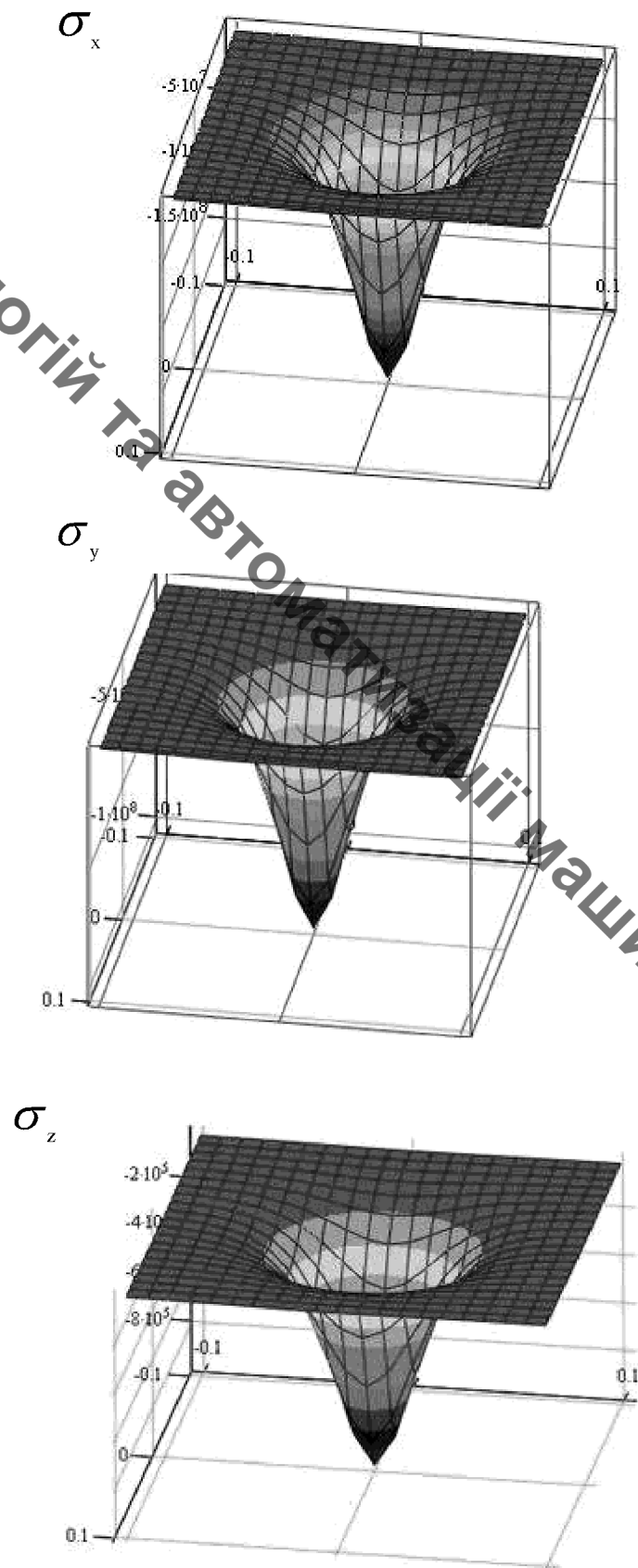


Рисунок 1.2 – Розподіл σ_x , σ_y , σ_z в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,014\text{мм}$

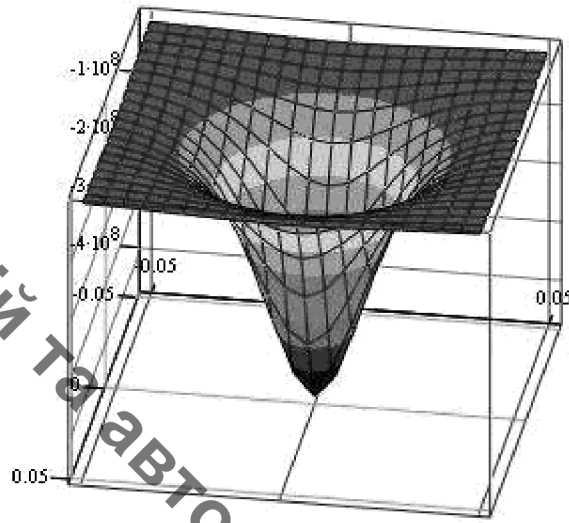
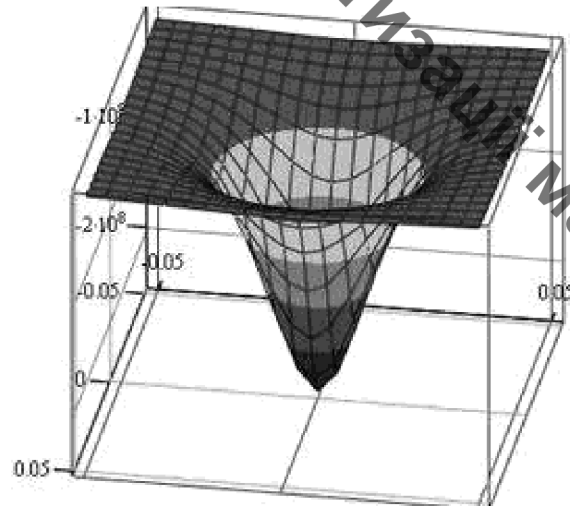
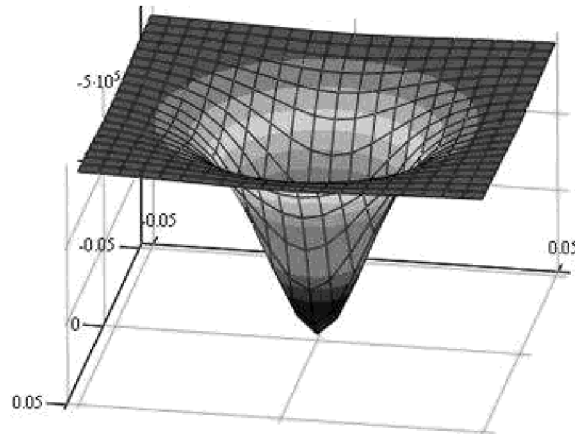
σ_x  σ_y  σ_z 

Рисунок 1.3 – Розподіл σ_x , σ_y , σ_z в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,028\text{мм}$

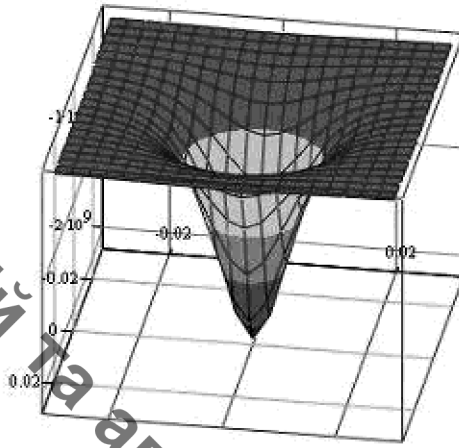
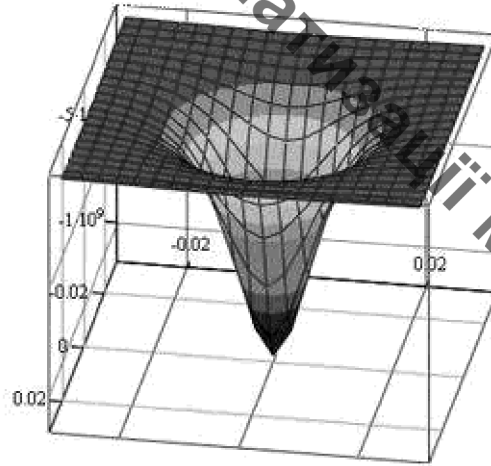
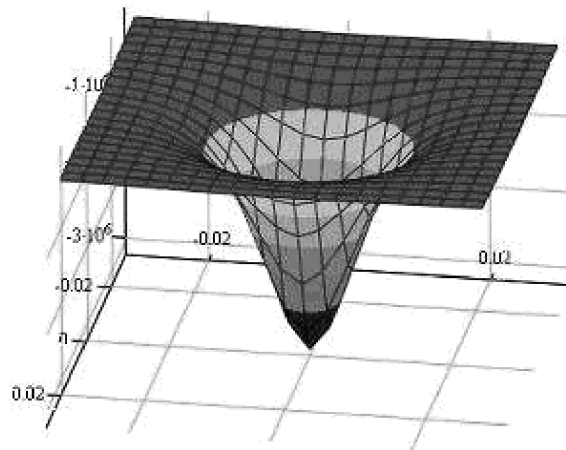
σ_x  σ_y  σ_z 

Рисунок 1.4 – Розподіл σ_x , σ_y , σ_z в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,042\text{мм}$

$$\frac{\sigma_T}{P_{сep}} = \frac{\pi}{\frac{1}{4} \left[5 \left(\frac{b}{a} \right)^{\frac{3}{2}} + 3 \right] \left(\frac{h_s}{b} \right)^{2+0.2 \ln(b/a)} + \frac{17}{6 + \ln \frac{b}{a}}} \quad (1.20)$$

Результати розрахунку напружень для ролика з наступними геометричними параметрами: $R_{11} = 27\text{мм}$, $R_{21} = 7\text{мм}$, $R_{12} = 25\text{мм}$ для глибини вдавлювання $h = 0,014\text{мм}$ приведені на рис. 2.2, для глибини вдавлювання $h = 0,028\text{мм}$ – на рис. 2.3, для глибини вдавлювання $h = 0,042\text{мм}$ – на рис. 2.4. Із аналізу отриманих результатів випливає, що найбільші значення напружень мають місце на осі z , яка проходить через центр вм'ятини. При цьому напруження зростають із зростанням глибини вдавлювання. Так найбільші нормальні напруження в центрі вм'ятини дорівнюють $\sigma_z = -193\text{МПа}$ при $h = 0,014\text{мм}$ і $\sigma_z = -2140\text{МПа}$ при $h = 0,042\text{мм}$; $\sigma_y = -104\text{МПа}$ при $h = 0,014\text{мм}$ і $\sigma_y = -1153\text{МПа}$ при $h = 0,042\text{мм}$; $\sigma_x = -98\text{МПа}$ при $h = 0,014\text{мм}$ і $\sigma_x = -314\text{МПа}$ при $h = 0,042\text{мм}$.

Із (2.20) отримана наступна залежність для визначення h_s

$$h_s = b \left[\frac{4}{5 \left(\frac{b}{a} \right)^{\frac{3}{2}} + 3} \left(\frac{P}{a \cdot b \cdot \sigma_T} - \frac{17}{6 + \ln \frac{b}{a}} \right) \right]^{\frac{5}{10 + \ln \frac{b}{a}}} \quad (1.21)$$

В інтервалі $0,1 \leq \frac{\sigma_T}{P_{\text{н\ddot{a}o}}} \leq 0,5$, відносна похибка розрахунків h_s по формулі (2.21) не перевищує 3-5%. Максимальне значення приходить на границі вказаного інтервалу.

Для випадку коли, $\frac{b}{a} = 1$ (тобто контур вм'ятини обмежений колом діаметром d) формула (2.21) приводиться до вигляду

$$h_s = \sqrt{\frac{P}{2 \cdot \sigma_T} - 1,42 \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (1.22)$$

Формулу (1.22), без значної помилки, можна використовувати для розрахунків h_s при $\frac{b}{a} > 0,6$, при цьому $d = d_{\text{гд}} = 2\sqrt{a \cdot b}$.

Для завдання траєкторії навантаження в просторі з координатами η , μ_σ , e_u необхідно мати інформацію як про напружений, так і про деформований стан. На даному етапі будемо визначати інтенсивність деформації ε_u , яка при простому та близького до простого навантаження практично співпадає із ступенем деформації e_u . Інтенсивність деформації характеризує фізичний стан матеріалу в осередку деформації, зокрема, визначає його запас пластичності і, відповідно, довговічність деталі при контактному навантаженні. При контактному пружнопластичному деформуванні поверхні деталі з метою її зміцнення, інтенсивність деформації може виявитися одним із головних факторів, який визначає ефективність процесу. В місці контакту заготовки з інструментом також можуть виникати осередки пластичної деформації, які необхідно враховувати при визначенні допустимих навантажень на деталь в період її експлуатації.

На даний час інформація про характер розподілу інтенсивності деформацій в області пружнопластичного контакту протиречива. Більшість авторів вважають, що при відсутності тертя в контакті максимальна деформація має місце в центрі контакту і плавно зменшується по мірі віддалення від поверхні. В той самий час по даних роботи [32] інтенсивність деформацій в ряді випадків максимальна на певній глибині.

Таким чином, можна зробити висновок, що на практиці зустрічаються різні закони розподілу контактної деформації, які визначаються конкретними умовами контактної взаємодії тіл.

Отже найбільші значення компонента тензора головних напружень досягають на вертикальній осі симетрії в м'ятині. При цьому по напрямку дії сили

Таблиця 1.1 – Розподіл напружень по глибині пластично деформованого шару при вдавлюванні кульки

d, мм	18	σ_r , МПа	σ_φ , МПа
h_s , мм:	0	-899,5	-399,5
	0,3	-866,7	-366,7
	0,6	-834,96	-334,96
	0,9	-804,2	-304,2
	1,2	-774	-274
	1,5	-745	-245
	1,78	-719	-219
	2,1	-689,8	-189,8
d, мм	12	σ_r , МПа	σ_φ , МПа
h_s , мм	0	-899,5	-399,5
	0,3	-850,7	-350,7
	0,6	-804,2	-304,2
	0,9	-759,7	-259,73
	1,2	-717,2	-217,2

вдавлювання при глибині вдавлювання до 0,05мм напруження зростають практично пропорціонально глибині вдавлювання

Відповідно з формулами (1.1)-(1.3) отримано розподіл напружень в залежності від z , та глибини відбитку (рис.1.3)

Аналізуючи вище викладене можна зробити такі висновки:

- математичне моделювання дає занижені значення інтенсивності напружень, що пов'язано із рядом прийнятих припущень;
- найбільш небезпечним є вершина хвилі, в якій може відбуватися руйнування поверхневого шару. Цей дефект небезпечний тим, що не завжди може бути візуально помічений оскільки ролик при обкочуванні закатує частково дефекти, які можуть проявитися при експлуатації деталі.

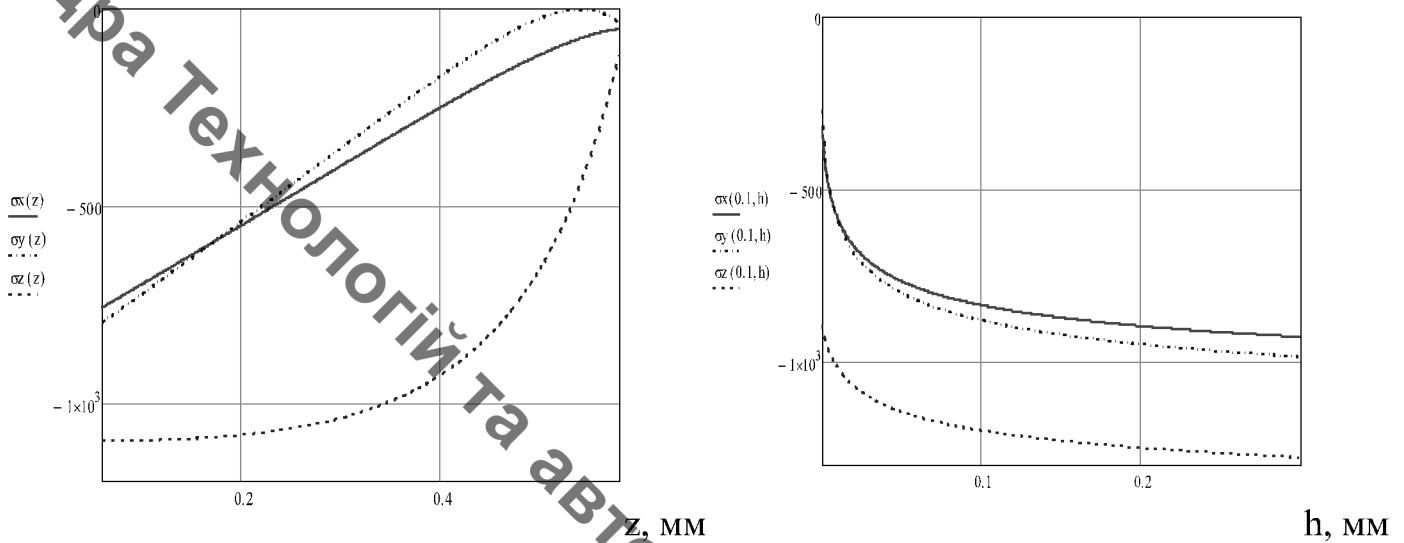


Рисунок 1ю5 - Залежність напружень від відстані від поверхні z та глибини вдавлювання ролика h

- нерівномірність розподілу напружено-деформованого стану в поверхневому шарі зростає із збільшенням відношення осей еліпса a/b .

1.3 Висновки

Визначено напружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика з довільною кривизною робочої поверхні в поверхню довільної кривизни. Установлено, що в загальному випадку, коли контур вм'ятини має еліптичну форму, розподіл тиску по поверхні контактної площадки трансформується від еліптичного на пружній стадії деформації до близького до рівномірного при розвинутій пластичній деформації в зоні контакту.

Установлено, що найбільших значень компоненти тензора головних напружень досягають на вертикальній осі симетрії вм'ятини. При цьому по напрямку дії сили вдавлювання при глибині вдавлювання до 0,05мм напруження зростають практично пропорціонально глибині вдавлювання.

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 “Маховик” і занесені до таблиці 1.1 (розточування отвору попереднє, попереднє точіння поверхні, та остаточне точіння циліндричної поверхні). Використовуючи формули для наближеного розрахунку основного часу визначено основний час для обраних переходів. Наприклад для розточування отвору отримаємо:

$$T_{осн} = 0,2 \cdot 170 \cdot 48 \cdot 0,001 = 1,63 \text{ (хв.)}$$

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

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

де φ_K – коефіцієнт, що враховує тип виробництва

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

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

де N – річна програма випуску деталі “Маховик”, 4200 шт; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2040$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (при великосерійному виробництві рівен 0,75).

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

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

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

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

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (25)$$

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

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

$$\sum O_i = 17.51 + 15,76 + 6,36 + 5,72 + 7,73 = 53,08$$

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

$$K_{з.о} = 53,08 / 5 = 10,62$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійний.

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

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

де 254 кількість робочих днів в року;

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

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

$\eta_з$ – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (0,72 + 0,8 + 1,98 + 2,204 + 1,63) / 5 = 1,91 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{4060}{1,91 \cdot 0,8} = 399,1 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{4200}{254} = 16,54 \text{ (шт.)}$$

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, [\text{шт}] \quad (2.8)$$

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

$$n = \frac{4200 \cdot 6}{254} = 99,2 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для $T_{осн} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{осн}$, хв	Φ_k	$T_{шт.к.}$, хв	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	Попереднє точіння поверхні	0.18dl	D=250; l=16	0,72	1,3	0,94	0,04	1	0,043	17,5 1	10,62
2	Остаточне точіння поверхні	0.2dl	D=250; l=16	0,8	1,3	1,04	0,05	1	0,048	15,7 6	
3	Попереднє точіння поверхні	0.18dl	D=240; l=58	1,98	1,3	2,58	0,12	1	0,118	6,36	
4	Остаточне точіння поверхні	0.2dl	D=240; l=58	2,2	1,3	2,87	0,13	1	0,131	5,72	
5	Розточування отвору	0.2dl	D=160; l=8	1,63	1,3	2,12	0,1	1	0,097	7,73	

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

$$c = \frac{T_{шт-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (2.9)$$

$$c = \frac{1,91 \cdot 99}{476 \cdot 0,75} = 0,5$$

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{шт-к.ср}} \text{ [шт]} \quad (2.10)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,91} = 200 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 200 шт.

Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, пи цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 200 шт.

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь Маховик2 містить ряд точних поверхонь, окрема циліндрична поверхня $\varnothing 190h7$ та отвір $\varnothing 160H7$. Аналіз робочого креслення деталі показав, що основними конструкторськими базами, що визначають розташування деталі в виробі є поверхня $\varnothing 190h7$ та торці 74. Допоміжними конструкторськими базами є отвір $\varnothing 160H7$, що визначає положення валу. Зовнішня поверхня $\varnothing 250$ є вільною.

У відповідності до призначення поверхонь, до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є основні та допоміжні конструкторські бази. До них ставиться вимога обробки по 7 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,25$ мкм

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- співвісність поверхні $\varnothing 190$ до бази А (отвір $\varnothing 160$);
- радіальне биття торцю до бази А (отвір $\varnothing 160$).

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

В якості заготовки приймаємо лиття в піщано-глинисті форми, що є значно економічно доцільніше, ніж лиття в оболонкові форми.

Маховикс однією із базових деталей редуктора, вона запобігає потраплянню пилу та інших речовин в середину редуктора.

Мінімальна товщина стінок $S_{\min}=10$ мм. Металосмність деталі не завищена. Деталь жорсткої конструкції і її можна обробляти на підвищених режимах різання.

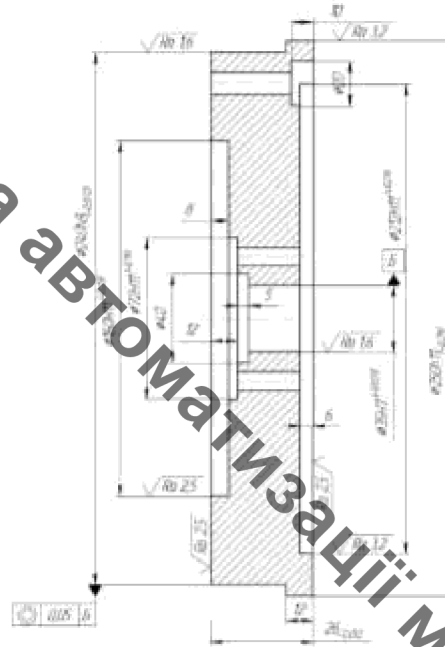


Рисунок 2.1 – Деталь „Маховик”

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до класу „Кришок” з центральним ступінчастим отвором – група I. Деталь середніх габаритних розмірів - $\varnothing 250 \times 74$ мм.

Деталь містить доволі зручні технологічні бази, це зовнішня поверхня $\varnothing 190$ та отвір $\varnothing 160H7$, тобто деталь може бути закріплена в трьохкулачковому патроні та на оправці.

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

Маховикмістить і декілька нетехнологічних елементів, зокрема це канавка в отворі, яка для обробки вимагає використання фасонного інструменту, та отвори

розташовані на циліндричній поверхні, оскільки технологічно доцільніше використовувати в конструкції отвори розташовані на лисці. Креслення кришки показано на рисунку 2.1.

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

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e \quad (2.11)$$

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

Q_e – загальна кількість елементів.

Всі елементи наведені в таблиці 2.1. Згідно неї деталь містить 36 елементів, 33 з яких є уніфікованими.

$$K_y = \frac{33}{36} = 0,9167$$

Відповідна деталь технологічна за даним показником.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри						Шорсткість	
Лінійні		Кутові		Різи			
P_l	$P_{l,y}$	P	P_y	P	P_y	Ш	Ш _y
7	10	4	4	16	16	6	6
$Q_{ye}=33$							
$Q_e=36$							

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

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.12)$$

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

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.13)$$

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

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	2	2·7=14
9	1	9·1=9
11	3	11·3=33
12	10	12·10=120
14	8	14·8=112
Всього	24	288

Відповідно до даних таблиці 2.2 середній квалітет та коефіцієнт точності:

$$T_{cp} = \frac{288}{24} = 12$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12} = 0,917$$

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

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.14)$$

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

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (2.15)$$

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

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	2	$1,25 \cdot 2 = 2,5$
3,2	1	$3,2 \cdot 1 = 3,2$
6,3	3	$6,3 \cdot 3 = 18,9$
12,5	18	$12,5 \cdot 18 = 225$
Всього	24	249,6

Відповідно до даних таблиці 2.3 середня шорсткість та коефіцієнт шорсткості :

$$Ш_{cp} = \frac{249,6}{24} = 10,4$$

$$K_T = \frac{1}{10,4} = 0,096$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{ш} < 0,32,$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Проаналізувавши всі фактори можна зробити висновок, що деталь технологічна і може бути оброблена на верстатах нормальної точності. При механічній обробці можуть використовуватися високопродуктивні способи обробки, всі поверхні можуть бути отримані із точністю вказаною на кресленні.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Згідно кресленню деталь виготовляється із Сталь 40ХЛ, що визначає метод її виготовлення – лиття.

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

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

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність:

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

Відношення мінімального розміру елемента виливка до максимального: $20/250=0,142$; виливок виготовляється в разових формах, він нетермооброблюваний, отже, ступінь жолоблення в межах 4-7. Для серійного виробництва приймаємо 6 для лиття в піщано-глинисті форми, та 5 для лиття в оболонкові форми;

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

випливання.

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

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

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

Вибір допусків заготовки:

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

б) форми чи розміщення поверхонь;

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

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

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

Вибір припусків заготовки:

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

б) Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі: [2]. Визначається співвідношення між допусками

Таблиця 2.5-Розрахунок розмірів заготовки вилитої в піщано-глинисті форми

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555	Прийнято
-------------	---------------------------	----------

Клас розмірної точності	8-13т			11	
Ступінь жолоблення	4-7			6	
Ступінь точності поверхонь	10-17			14	
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra =40 мкм			Ra = 40 мкм	
Клас точності маси	7-15			12	
Ряд припусків	5-8			7	
Розрахункові розміри, мм					
Допуски:	Ø250	Ø50H7	Ø240	26	12
розмірів	5,0	5,0	5,0	5,6	4
форми чи розміщ.	0,5	0,5	0,5	0,64	0,4
зміщен. по площ	2,8	-	-	2,8	-
маси	20%				
нерівностей	1,0				
загальний	5	5	5	6,4	4
мінімальний припуск	0,8				
загальний припуск	3,6	6,3	6,3	4,4	4,4
Кількість переходів механічної обробки					
за точністю	1	4	4	2	2
за відхилен.	-	1	1	-	1
Кількість переходів	1	4	4	2	2
Розмір заготовки	Ø257,2	Ø37,4	Ø252,6	34,8	20,8

Таблиця 2.6-Розрахунок розмірів заготовки (лиття в оболонковій формі)

Вхідні дані	Згідно ГОСТ 26645-8555	Прийнято
-------------	---------------------------	----------

Клас розмірної точності	8-13т			10	
Ступінь жолоблення	4-7			5	
Ступінь точності поверхонь	8-14			12	
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra =25 мкм			Ra = 25 мкм	
Клас точності маси	7-15			11т	
Ряд припусків	4-7			5	
Розрахункові розміри, мм					
Допуски:	Ø250	Ø50H7	Ø240	26	12
розмірів	3,2	3,2	3,2	3,6	4
форми чи розміщ.	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
зміщен. по площ	1,8	-	-	1,8	-
маси	12%				
нерівностей	0,64				
загальний	3,2	3,2	3,2	4	3,2
мінімальний припуск	0,5				
загальний припуск	2,4	4,3	3,9	2,8	2,4
Кількість переходів механічної обробки					
за точністю	1	4	4	1	2
за відхилен.	-	1	1	-	1
Кількість переходів	1	4	4	1	2
Розмір заготовки	Ø254,8	Ø41,4	Ø247,8	31,6	17,2

розміру деталі і вилівка, за допомогою допуску розміру вилівка визначають кількість переходів. Наприклад при литті в оболонкові форми отвору Ø160H7 співвідношення між допуском на розмір деталі та заготовки складає:

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

відповідно для отримання необхідної точності потрібно використати 4

переходи механічної обробки. Кількість переходів механічної обробки на інші поверхні визначається аналогічно.

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

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

г) загальний припуск на сторону. Визначається в залежності від загального допуску, від виду кінцевої механічної обробки та від ряду припуску вилівка. Розрахунок розмірів заготовки: при розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі, а при розрахунку внутрішніх діаметральних заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі. Відповідно при литті в піщано глинисті форми отримаємо, мм:

$$\varnothing 250 + 2 \cdot 3,6 = \varnothing 257,2 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 50 - 2 \cdot 6,3 = \varnothing 37,4 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 240 + 2 \cdot 6,3 = \varnothing 252,6 \text{ (мм)}$$

$$26 + 2 \cdot 4,4 = 34,8 \text{ (мм)}$$

$$12 + 2 \cdot 4,4 = 20,8 \text{ (мм)}$$

При литті в оболонкові форми розміри заготовки становитимуть, мм:

$$\varnothing 250 + 2 \cdot 2,4 = \varnothing 254,8 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 50 - 2 \cdot 4,3 = \varnothing 41,4 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 240 + 2 \cdot 3,9 = \varnothing 247,8 \text{ (мм)}$$

$$26 + 2 \cdot 2,8 = 31,6 \text{ (мм)}$$

$$12 + 2,8 + 2,4 = 17,2 \text{ (мм)}$$

Вибір конструктивних елементів заготовки:

а) товщина стінок .

Зведений габарит заготовки:

$$N = (2l + b + h)/3, [\text{мм}] \quad (2.16)$$

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

$$N = (2 \cdot 250 + 250 + 74)/3 = 154,67 \text{ (мм)}.$$

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

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

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

г) мінімальний діаметр отвору, що виливається:

$$d_{\min} = d_0 + 0.1S, [\text{мм}] \quad (2.17)$$

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

$$d_{\min} = 8 + 0,1 \cdot 74 = 15,4 \text{ (мм.)}$$

Отже, мінімальний діаметр, що виливається 15,4 мм. Відповідно отвори $\varnothing 14$ не можуть бути пролиті, оскільки з врахуванням припусків на механічну обробку необхідно використовувати значно тонші стержні ніж 15 мм.

Ескізи заготовок показані на рисунках 3.1 та 3.2.

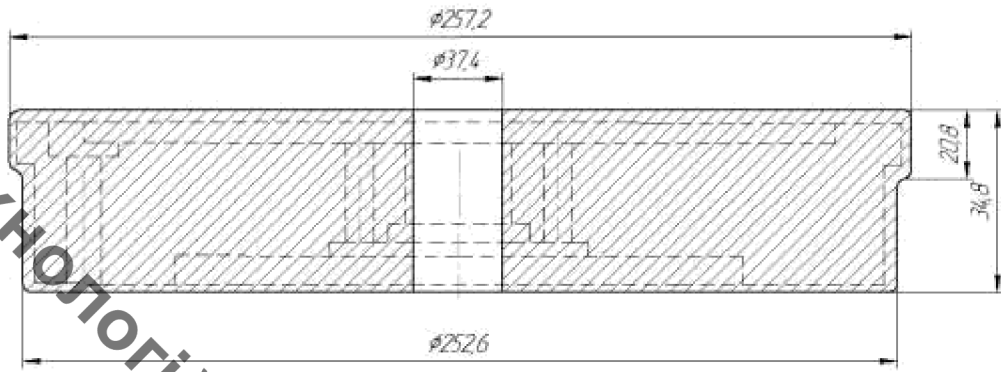


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки в піщано-глинисті форми

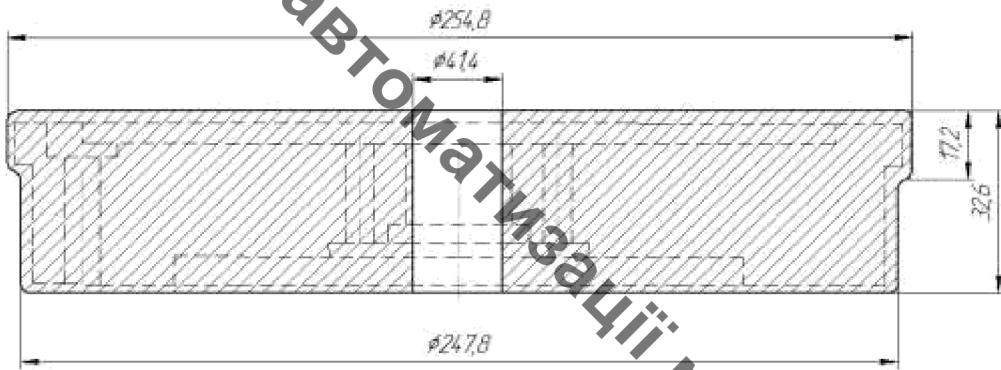


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки в оболонковій формі

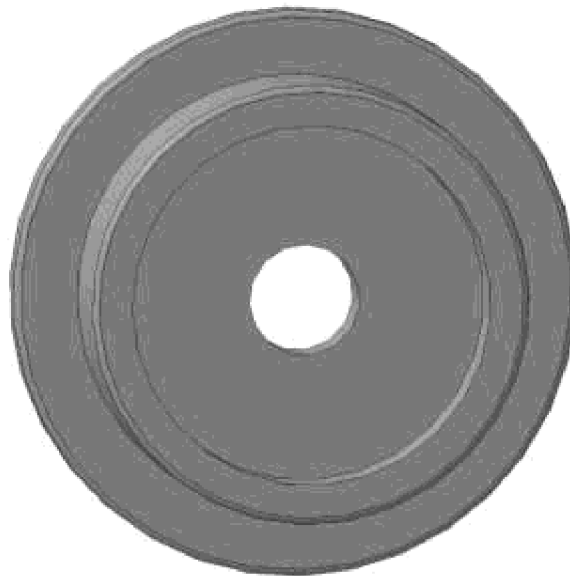


Рисунок 2.4 – Виливок в піщано-глинисті форми

Маса заготовки складає 12,57 кг. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 5,7/12,57=0,453$$

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

Маса заготовки отриманої литтям в оболонкові форми складає 10,39 кг. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 5,7/10,39=0,549$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу є допустимим, так як заготовка виготовлена литтям в оболонкові форми.

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

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{(Q_{заг} \cdot C_{л} \cdot K_{Т} \cdot K_{М} \cdot K_{С} \cdot K_{В} \cdot K_{П})}{1000} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет}) \cdot C_{відх}}{1000} \quad [грн] \quad (2.1)$$

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

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

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

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

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

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

При литті в піщано-глинисті форми

$$C_{заг1} = \left(\frac{15600}{1000} \cdot 12,57 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \right) - (12,57 - 5,7) \frac{2500}{1000} = 180,5 \text{ (грн.)}$$

При литті в оболонкові форми

$$C_{заг2} = \left(\frac{24400}{1000} \cdot 10,39 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,78 \right) - (10,39 - 5,7) \frac{2500}{1000} = 213,7 \text{ (грн.)}$$

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

$$C_{обр} = \frac{C_{п-з} \cdot T_{шт-к}}{K_B}, \quad (2.19)$$

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

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

K_B – коефіцієнт виконання норм, $K_B \approx 1,3$.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k, [хв] \quad (2.20)$$

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

φ_k - коефіцієнт.

Основний час на підрізання торцю:

$$T_{осн} = 0,052(250^2 - 160^2) \cdot 0,001 = 1,92 \text{ (хв.)}$$

Тоді штучно-кальculaційний час і собівартість обробки:

$$T_{шт-к} = 1,92 \cdot 1,35 = 2,6 \text{ (хв.)}$$

$$C_{обр} = \frac{2,09 \cdot 2,6}{1,3} = 4,18 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки складатиме:

$$C_{заг} = 180,5 + 4,18 = 184,68 \text{ (грн.)}$$

Отже економічно доцільно використовувати лиття в піщано-глинисті форми, при цьому собівартість заготовки складає 184,68 грн.

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

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

кріпляться в самій „Маховику”.

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

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

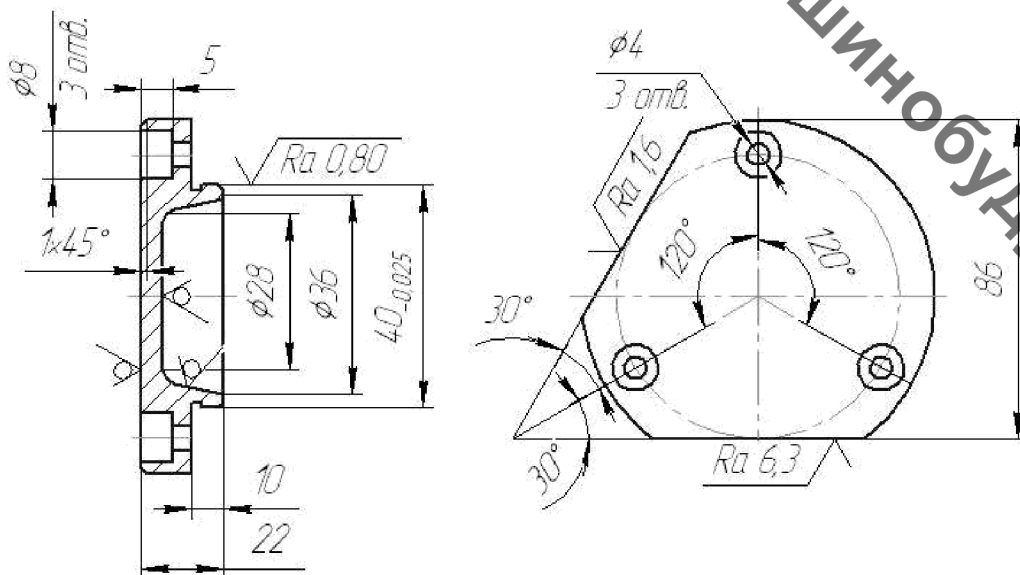


Рисунок 2.5 – Ескіз маршруту механічної обробки кришки

Таблиця 2.7 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки кришки

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок обладнання	Оснащення

005	Лиття	—	—
010	Обробка та очищення виливка	—	—
015	Малярна	—	—
020	Точити торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ та $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B = 3$ та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Точити торець $\varnothing 96$ та поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62_{js7}$ з шліфуванням торця $\varnothing 96_{js7}$ остаточно	Універсально шліфувальний 3У131ВМ	Трикулачковий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

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

Відповідно до вибраного типу серійності необхідно визначити за вимогами до використовуваного обладнання його тип. Враховуючи вимоги точність розмірів,

допуски форми та розміщення, параметри шорсткості, необхідно запропонувати, у випадку необхідності, відповідну систему програмного числового керування. Для даного типу виробництва рекомендується використовувати металорізальні верстати з системами числового програмного забезпечення на відповідних операціях, обладнання для фіксації та затиску деталі використовувати стандартизоване. Інструмент та пристосування для його використання також повинно бути стандартизованим. Це дозволить скоротити час на проектування технологічного маршруту механічної обробки „Кришки”; на закріплення, заміну, переточування інструменту; на установку та закріплення деталі у пристосуванні. Використання даного обладнання та пристосувань за даних умов виробництва відповідно до рекомендацій являється найбільш ефективним та забезпечує необхідну продуктивність та якість.

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

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

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

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

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d – допуск деталі.

T_z – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

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

Кількість переходів для обробки $\varnothing 50_{+0,03}$:

$$\mathcal{E}_{\varnothing 50} = \frac{0,3}{0,03} = 10$$

Приймаємо \mathcal{E}_1 рівним 5,8. Відповідно:

$$\mathcal{E}_2 = 10/5,8 = 1,73 \text{ (2 переходи)}$$

За переходами допуски розмірів:

$$T_1 = \frac{0,3}{5,8} = 0,052 \quad (\approx IT10),$$

$$T_2 = \frac{0,052}{1,73} = 0,03 \quad (\approx IT8),$$

Кількість переходів для обробки $45 \pm 0,02$:

$$\varepsilon_{45} = \frac{0,74}{0,04} = 18,5$$

Приймаємо ε_1 рівним 5,8; $\varepsilon_2 = 2,8$. Відповідно:

$$\varepsilon_3 = 18,5/5,8 \cdot 2,8 = 1,14 \text{ (3 переходи)}$$

За переходами допуски розмірів:

$$T_1 = \frac{0,74}{5,8} = 0,127 \quad (\approx IT12),$$

$$T_2 = \frac{0,127}{2,8} = 0,046 \quad (\approx IT10),$$

$$T_3 = \frac{0,046}{1,14} = 0,04 \quad (\approx IT8).$$

Кількість переходів для обробки $\varnothing 10 \pm 0,015$:

$$\varepsilon_{\varnothing 10} = \frac{0,18}{0,015} = 12$$

Приймаємо ε_1 рівним 5,8. Відповідно:

$$\varepsilon_2 = 12/5,8 = 2,06 \text{ (2 переходи)}$$

За переходами допуски розмірів:

$$T_1 = \frac{0,18}{5,8} = 0,03 \quad (\approx IT10),$$

$$T_2 = \frac{0,03}{2,06} = 0,015 \quad (\approx IT8)$$

Розраховані дані представимо у вигляді таблиці:

Таблиця 2.8- Визначення допусків технологічних розмірів і кількості переходів

Розмір	Коефіцієнт уточнення	Кількість переходів	Допуск	Квалітет	Вид обробки
Ø50 ^{+0,03}	ε=10	ε1=5,8	T1=0,052	10	Розточування попереднє
		ε2=1,73	T2=0,03	8	Розточування остаточне
26 _{-0,19}	ε=18,5	ε1=5,8	T1=0,03	10	Точіння попереднє
		ε2=2,06	T2=0,015	8	Точіння остаточне
Ø240h7	ε=12	ε1=5,8	T1=0,127	12	Точіння попереднє
		ε2=2,8	T2=0,046	10	Точіння попереднє
		ε3=1,14	T3=0,04	8	Точіння остаточне

2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримуваних розмірах. В якості чистових баз може використовуватися зовнішня циліндрична поверхня, або отвір.

Таблиця 2.9– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø240, Ø72, Ø16, Ø50	Відсутня	Діаметральний розмір
	8, 12, вимога співвідносі із базою А	Відсутня	Обробка з одного установка
	26, 12,	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

Схеми базування для обох випадків та розміри отримувані при установці на них показані на рисунках 4.2 та 4.3

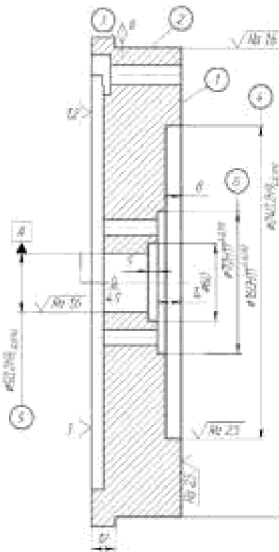


Рисунок 2.6 – Чистові бази (трюхкулачковий самоцентруючий патрон)

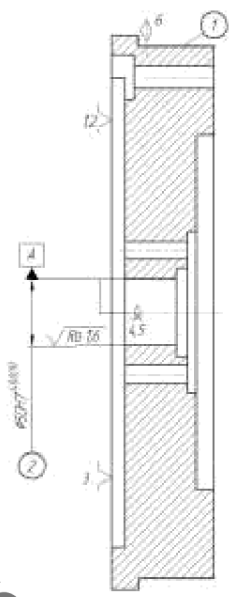


Рисунок 2.7 – Чистові технологічні бази на операції 015

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

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

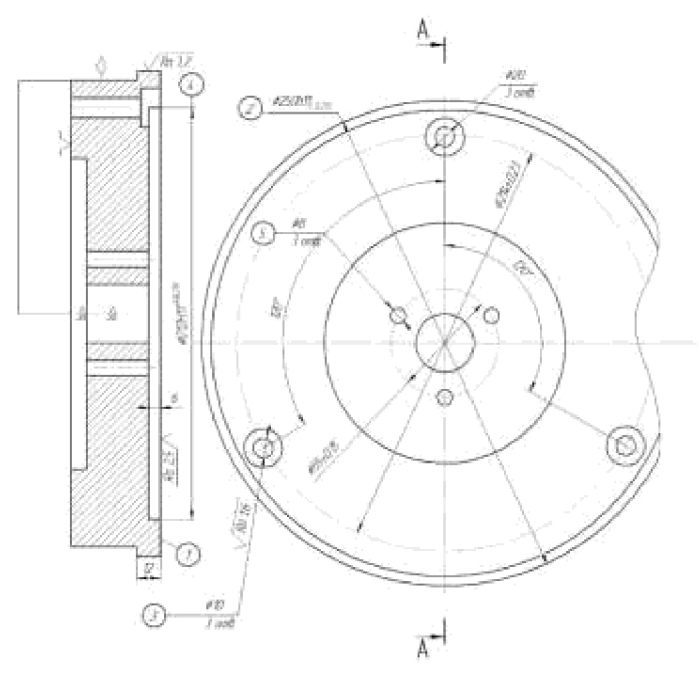


Рисунок 2.8 – Ескіз чорнових баз

Таблиця 2.10– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø20, Ø8, Ø212, Ø250	Відсутня	Діаметральний розмір
	6,10	Відсутня	Обробка з одного установка
	26	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

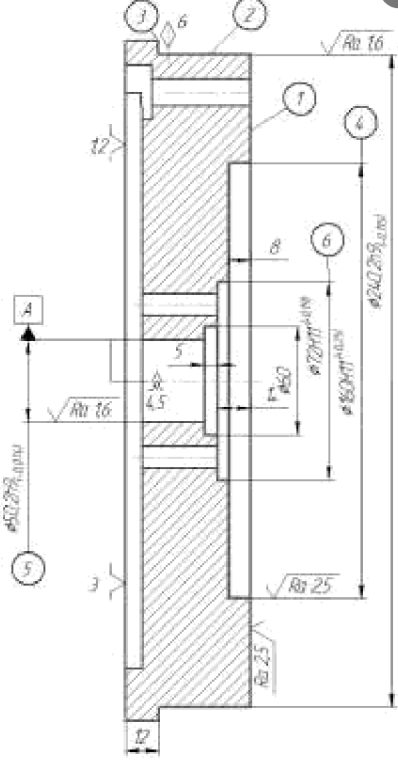
При такій схемі базування вирішується задача зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із зовнішньої поверхні.

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

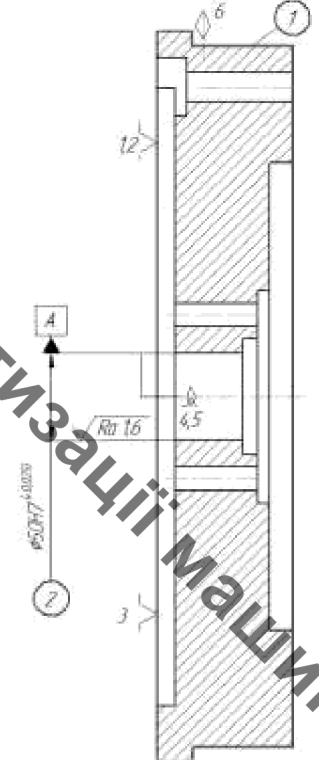
2.7 Проектування маршруту механічної обробки

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

Таблиця 2.11 -Маршрут механічної обробки

№	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модел ль вер- стату
1	2	3	4
005	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Точити торець 1 попередньо та поверхню 2 одноразово</p> <p>3 Точити торець 1 остаточно</p> <p>4 Центрувати 3 отвори 3 та 3 отвори 5</p> <p>5 Свердли 3 отвори 3</p> <p>6 Цекувати 3 отвори 3</p> <p>7 Розточити отвір 4</p> <p>8 Свердли 3 отвори 5</p> <p>7 Зняти заготовку</p>		<p>Багатоцільовий з ЧПК</p> <p>1П420ПФ40</p>
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <p>Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Точити торець 1 попередньо поверхню 2 попередньо та торець 3</p> <p>3 Точити остаточно поверхню 1, 2 та остаточно торець</p> <p>4 Точити остаточно поверхню 2</p> <p>5 Розточити отвір 4 ,отвір 6 та отвір 5</p>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК</p> <p>1П420ПФ30</p>

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
	6 Розточити отвір 4 остаточно та отвір 5 7 Розточити отвір 5 остаточно 8 Зняти заготовку		
015	<p style="text-align: center;"><u>Токарна з ЧПК</u></p> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2 Точити поверхню 1 тонко 3 Розточити отвір 2 тонко 4. Зняти заготовку.		Токарний високої точності МК6801Ф3

2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнкової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Таблиця 2.12– Допуски технологічних розмірів

Технологічні розміри	z_1	z_2	B_1	B_2	B_3	B_4
Допуск, мм	1,2	0,7	0,43	0,27	0,3	0,18
Технологічні розміри	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	
Допуск, мм	0,19	0,11	0,62	0,3	0,62	

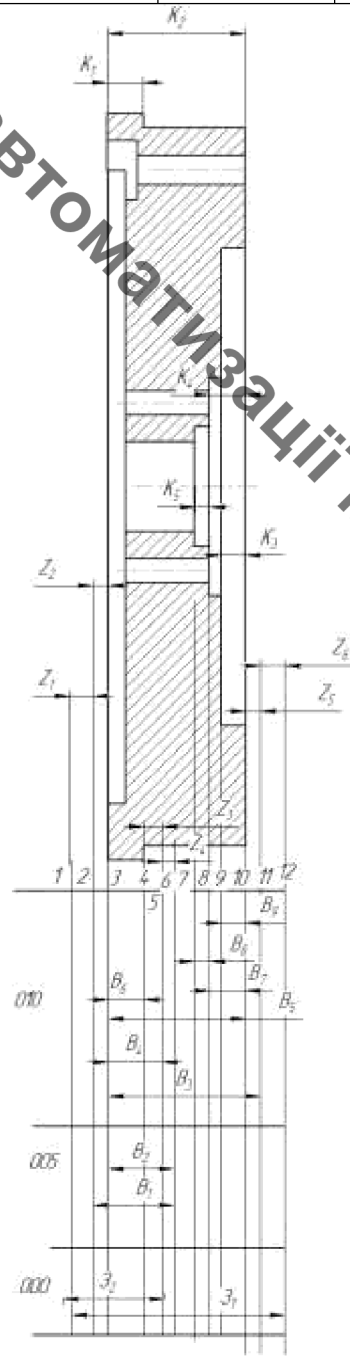


Рисунок 2.9 – Розмірна схема першого технологічного процесу

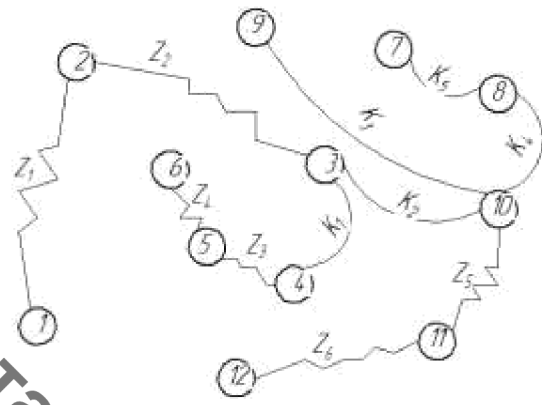


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

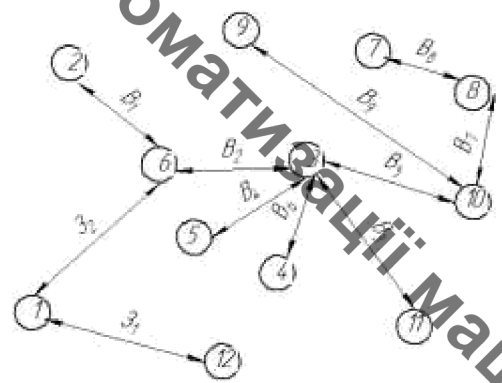


Рисунок 2.11 – Похідний граф-дерево

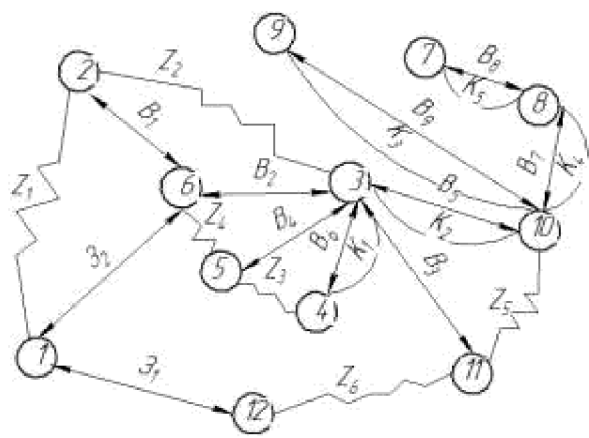


Рисунок 2.12 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 2.13 – Мінімальні припуски

Припуски	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆
Z _{min} , мм	2,5	1,3	1,3	2,5	1,3	2,5

Таблиця 2.14 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№ п/п	Розрахункові рівняння	Визідні рівняння	Ланка, що визначається
1	2	3	4
1	$-K_1 + B_6 = 0$	$K_1 = B_6$	B ₆
2	$-K_2 + B_5 = 0$	$K_2 = B_5$	B ₅
3	$-K_4 + B_7 = 0$	$K_4 = B_7$	B ₇
4	$-K_5 + B_8 = 0$	$K_5 = B_8$	B ₈
5	$-K_3 + B_9 = 0$	$K_3 = B_9$	B ₉
6	$B_4 - Z_3 - K_1 = 0$	$Z_3 = B_4 - K_1$	B ₄
7	$B_2 - Z_4 - B_4 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_4$	B ₂
8	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B ₁
9	$B_3 - Z_5 - K_2 = 0$	$Z_5 = B_3 - K_2$	B ₃
10	$Z_2 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = Z_2 - B_1$	Z ₂
11	$Z_1 - Z_6 - B_3 + B_2 - Z_2 = 0$	$Z_6 = Z_1 - B_3 + B_2 - Z_2$	Z ₁

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

1. $B_6 = K_1 = 12_{-0,11}(\text{мм})$;
2. $B_5 = K_2 = 26_{-0,19}(\text{мм})$;
3. $B_8 = K_5 = 5 \pm 0,15(\text{мм})$;
4. $B_9 = K_3 = 8 \pm 0,31(\text{мм})$;
5. $Z_3^{\min} = B_4^{\min} - K_1^{\max}$;

$$B_4^{\min} = K_1^{\max} + Z_3^{\min} = 12 + 1,3 = 13,3 (\text{мм});$$

$$B_4^{\max}=13,3+0,18=13,48(\text{мм});$$

$$B_4=13,48_{-0,18}(\text{мм});$$

$$Z_3^{\max}=B_4^{\max}-K_1^{\min}=13,48-11,89=1,59(\text{мм});$$

$$6. Z_4^{\min}=B_2^{\min}-B_4^{\max};$$

$$B_2^{\min}=B_4^{\max}+Z_4^{\min}=13,48+2,5=15,98(\text{мм});$$

$$B_2^{\max}=15,98+0,27=16,25(\text{мм});$$

$$B_2=2016,25_{-0,27}(\text{мм});$$

$$Z_4^{\max}=B_2^{\max}-B_4^{\min}=16,25-13,48=2,77(\text{мм});$$

$$7. Z_2^{\min}=B_1^{\min}-B_2^{\max};$$

$$B_1^{\min}=B_2^{\max}+Z_2^{\min}=16,25+1,3=17,55(\text{мм});$$

$$B_1^{\max}=17,55+0,43=17,98(\text{мм});$$

$$B_1=17,98_{-0,43}(\text{мм});$$

$$Z_2^{\max}=B_1^{\max}-B_2^{\min}=17,98-15,98=2,00(\text{мм});$$

$$8. Z_5^{\min}=B_3^{\min}-K_2^{\max};$$

$$B_3^{\min}=K_2^{\max}+Z_5^{\min}=26+1,3=27,3(\text{мм});$$

$$B_3^{\max}=27,3+0,3=27,6(\text{мм});$$

$$B_3=27,6_{-0,3}(\text{мм});$$

$$Z_5^{\max}=B_3^{\max}-K_2^{\min}=27,6-25,81=1,79(\text{мм});$$

$$9. Z_1^{\min}=3_2^{\min}-B_1^{\max};$$

$$3_2^{\min}=B_1^{\max}+Z_1^{\min}=17,98+2,5=20,48(\text{мм});$$

$$3_2^{\max}=20,48+0,7=21,18(\text{мм});$$

$$3_2=21,18_{-0,7}(\text{мм});$$

$$Z_1^{\max}=B_4^{\max}-B_1^{\min}=21,18-17,55=3,63(\text{мм});$$

$$10. Z_6^{\min}=3_1^{\min}-B_3^{\max}+B_2^{\min}-3_2^{\max};$$

$$3_1^{\min}=B_3^{\max}-B_2^{\min}+3_2^{\max}+Z_6^{\min}=27,6-15,98+21,18+2,5=35,3(\text{мм});$$

$$3_1^{\max}=35,3+1,2=36,5(\text{мм});$$

$$3_1=36,5_{-1,2}(\text{мм});$$

$$Z_6^{\max}=3_1^{\max}-B_3^{\min}+B_2^{\max}-3_2^{\min}=36,5-27,3+16,25-20,48=3,77(\text{мм});$$

Таблица 2.15 –Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх

Допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
1	2	3	4	5	6	7
Z ₁	35,3	36,5	1,2	36,5		36,5 _{-1,2}
Z ₂	20,48	21,18	0,7	21,18		21,18 _{-0,7}
B ₁	17,55	17,98	0,43	17,98	17,98 _{-0,43}	
B ₂	15,98	16,25	0,27	16,25	16,25 _{-0,27}	
B ₃	27,3	27,6	0,3	27,6	27,6 _{-0,3}	
B ₄	12,3	12,48	0,18	12,48	12,48 _{-0,18}	
B ₅	25,81	26	0,19	26	26 _{-0,19}	
B ₆	11,89	12	0,11	12	12 _{-0,11}	
B ₇	11,69	12,31	0,62	12	12 _{±0,31}	
B ₈	34,85	5,15	0,3	5	5 _{±0,15}	
B ₉	237,69	8,31	0,62	8	8 _{±0,31}	

Таблиця 2.16 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z ₁	2,5	3,63
Z ₂	1,3	2,00
Z ₃	1,3	1,59
Z ₄	2,5	2,77
Z ₅	1,3	1,79
Z ₆	2,5	3,77

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

2.9 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Заготовка являє собою лист метала, масою 80,2 кг. Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 50^{+0,03}$ складається з трьох операцій: чорнового та чистового розточування, які виконуються з одного установу. Сумарне значення R_z та T визначають якість поверхні заготовки, їх величина становить 400 мкм [5]. Для чорнового розточування приймаємо T рівно 100 мкм, R_z - 100 мкм, а при наступному переході T - 50 мкм, R_z - 50 мкм, при чистовому розточуванні - 30 мкм.

Знаходимо сумарне просторове відхилення для заготовки даного типу

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{ЖОЛ}}^2 + \rho_{\text{ЗМ}}^2}, [\text{мкм}] \quad (2.22)$$

де $\rho_{\text{ЖОЛ}}$ - жолоблення поверхні; $\rho_{\text{ЗМ}}$ - сумарне зміщення отвору.

Жолоблення поверхні слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його перетині:

$$\rho_{\text{ЖОЛ}} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K \cdot l)^2}, [\text{мкм}] \quad (2.23)$$

де Δ_K – питома кривизна заготовки, 0,7 мкм [5].

Жолоблення поверхні слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його перетині:

$$\rho_{\text{ЖОЛ}} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K \cdot l)^2}, [\text{мкм}] \quad (2.24)$$

Таблиця 2.17 – Розрахунок проміжних припусків

Технологічні переходи обробки поверхні Ø50	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $k \cdot 2z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
Заготовка	400		225			48,04	620	47,42	48,04		
Розточування:											
попереднє	100	100	13,2	140	1330	49,37	250	49,12	49,37	1,33	1,7
попереднє	50	50	0,6	7	430	49,8	100	49,7	49,8	0,43	1,65
остаточне	30	30	-	0,4	201,2	50,03	30	50	50,03	0,23	0,3
Разом										1990	3650

де Δ_k – питома кривизна заготовки, 0,7 мкм [5]

Отже,

$$\rho_{жссл} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 47,08 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{зм} = 220 \text{ (мкм)}.$$

Таким чином сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_s = \sqrt{47,08^2 + 220^2} = 225 \text{ (мкм)}$$

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (2.25)$$

Отже,

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 225 = 13,5 \text{ (мкм)}$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, [\text{мкм}] \quad (2.26)$$

де ε_6 - похибка базування; ε_3 - похибка закріплення при установці на площину.

$$\varepsilon_1 = 140 \text{ (мкм)}.$$

Остаточна похибка установки при чорновому

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{ind} = 0,05 \cdot 140 = 7 \text{ (мкм)},$$

де ε_{ind} рівна 0, оскільки обробка проводиться з одного утанову.

Остаточна похибка установки при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_{ind} = 0,4 \text{ (мкм)}.$$

На основі записаних до таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, використовуючи основну формулу

$$2z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) [\text{мкм}] \quad (2.27)$$

Мінімальний припуск під розточування

- попереднє:

$$2z_{\min 1} = 2 \cdot \left(400 + \sqrt{225^2 + 140^2} \right) = 1330 \text{ (мкм)};$$

- попереднє:

$$2z_{\min 2} = 2 \cdot \left(100 + 100 + \sqrt{13,5^2 + 7^2} \right) = 430 \text{ (мкм)};$$

- остаточне

$$2z_{\min 3} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{0,6^2} \right) = 201,2 \text{ (мкм)}.$$

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

для остаточного розточування

$$d_{p1} = 50,03 - 2 \cdot 0,1 = 49,8 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування

$$d_{p2} = 49,8 - 2 \cdot 0,215 = 49,37 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування

$$d_{p3} = 49,37 - 2 \cdot 0,665 = 48,04 \text{ (мм)}.$$

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

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

Тобто:

$$49,8 - 0,1 = 49,7 \text{ (мм)};$$
$$49,37 - 0,25 = 49,12 \text{ (мм)};$$
$$48,04 - 0,62 = 47,42 \text{ (мм)}.$$

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

Тоді для остаточного розточування:

$$2z_{\min 3} = 50,03 - 49,8 = 0,23 \text{ (мм)};$$

$$2z_{\max 3} = 50 - 49,97 = 0,3 \text{ (мм)};$$

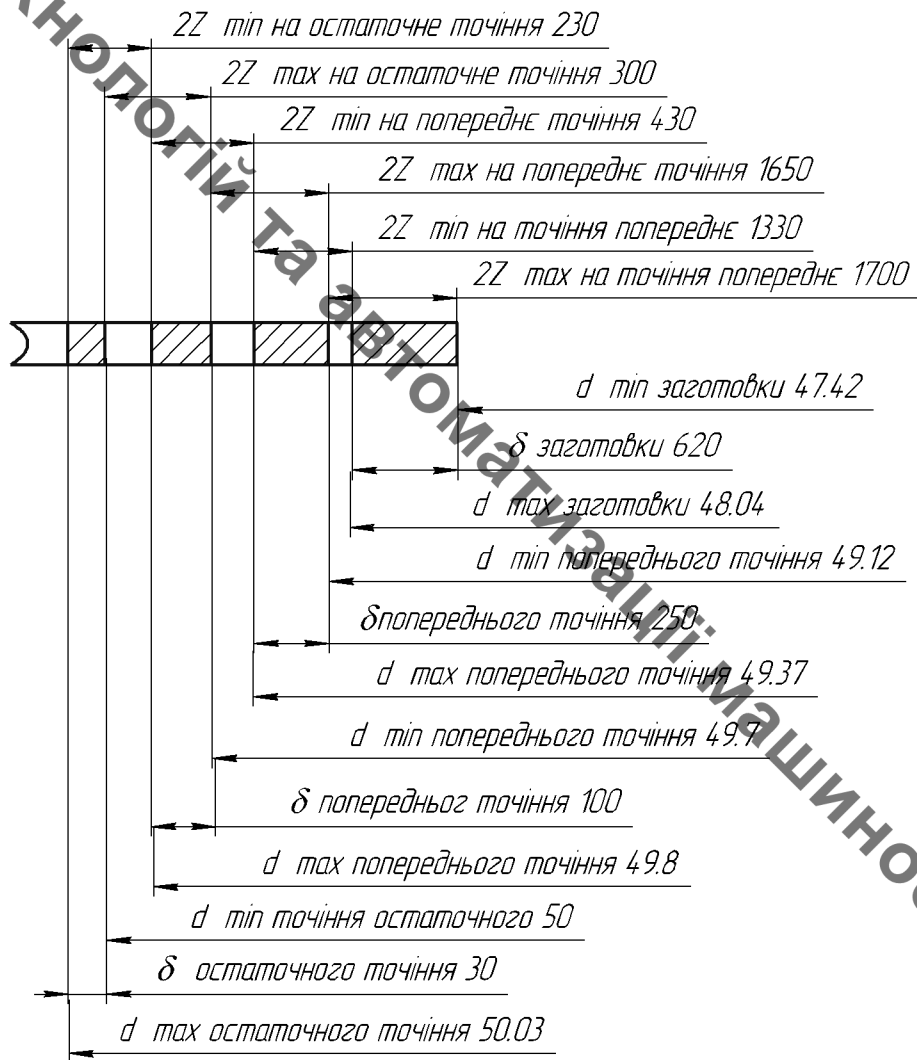


Рисунок 2.13– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 50$

для попереднього розточування:

$$2z_{\min 2} = 49,37 - 49,83 = 0,43 \text{ (мм)};$$

$$2z_{\max 2} = 49,12 - 47,47 = 1,65 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$2z_{\min} = 49,37 - 48,04 = 1,33 \text{ (мм)};$$

$$2z_{\max} = 49,12 - 47,42 = 1,7 \text{ (мм)};$$

Загальні допуски визначаються за формулами

$$2z_{o_{\min}} = 1330 + 430 + 230 = 1990 \text{ (мкм)},$$

$$2z_{o_{\max}} = 1700 + 1650 + 300 = 3650 \text{ (мкм)}.$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків:

$$2z_{\max_3} - 2z_{\min_3} = 0,3 - 0,23 = 0,07 \text{ (мм)};$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,1 - 0,03 = 0,07 \text{ (мм)};$$

$$2z_{\max_2} - 2z_{\min_2} = 0,58 - 0,43 = 0,15 \text{ (мм)};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,24 - 0,1 = 0,15 \text{ (мм)};$$

$$z_{\max_1} - z_{\min_1} = 1,7 - 1,33 = 0,37 \text{ (мм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 0,62 - 0,25 = 0,37 \text{ (мм)}.$$

Отже, розрахунки виконані вірно і отримані розміри можуть використовувати в технологічному процесі механічної обробки.

Згідно з дослідно-статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, визначаються без урахування конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно-статичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно-статичний метод простий, однак змушує технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умов виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні

валу, а результати заносимо до таблиці 4.10

Таблиця 2.18- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø240h7	Точіння попереднє	1	Ø189,8
	Точіння попереднє	0,4	Ø189,6
	Точіння остаточне	0,2	Ø190
Ø8H12	Свердління	11	Ø45
Ø160h11	Розточування попереднє	1	Ø152,8
	Розточування остаточне	0,6	Ø154

Визначення режимів різання

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

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

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

$$P_z \leq \frac{BH^2[\sigma]_u}{6l} \quad (2.28)$$

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

отримасмо:

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

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

Швидкість різання розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв.]} \quad (2.29)$$

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

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

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

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \quad (2.30)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} -якість оброблюваної поверхні, 1;

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

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

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

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

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

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

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

Швидкість різання:

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,1^{0,4}} \cdot 0,884 = 91,4 \text{ (м/хв.)}$$

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

$$P_z(P_y, P_x) = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} K_p \quad (2.31)$$

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

Для тангенційної складової:

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

Для радіальної складової:

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

Для осьової складової сили різання:

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

Поправочний коефіцієнт є добутком цілого ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{r_p} \cdot K_{\lambda_p} \quad (2.32)$$

Ці коефіцієнти враховують реальні умови протікання процесу різання.

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

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

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

K_{λ_p} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза, 1.

Отже поправочний коефіцієнт:

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

Тоді складові сили різання:

$$P_z = 92 \cdot 3.6^1 \cdot 1.1^{0.75} \cdot 109^0 \cdot 1 = 355,74 \text{ (кг)}$$

$$P_y = 54 \cdot 3.6^{0.9} \cdot 1.1^{0.75} \cdot 109^0 \cdot 1 = 183,7 \text{ (кг)}$$

$$P_x = 46 \cdot 3.6^1 \cdot 1.1^{0.4} \cdot 109^0 \cdot 1 = 172,04 \text{ (кг)}$$

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

Потужність різання розраховують за формулою:

$$N = \frac{P_z V}{102 \cdot 60} \text{ [кВт]} \quad (2.33)$$

Враховуючи отримані раніше параметри отримаємо:

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

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

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 8 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:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]} \quad (2.34)$$

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:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.35)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} -якість оброблюваної поверхні, 1;

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

K_v – глибину отвору, що свердлиться, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

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

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 18^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 8^{0,5} \cdot 0,5^{0,3}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}.$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p \text{ [Н]} \quad (2.36)$$

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:

$$M = 0,012 \cdot 16^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 \text{ (Н·м)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o=C_P D^{q_P} S^{y_P} K_p \text{ (Н)} \quad (2.37)$$

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:

$$P_o = 42 \cdot 16^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 \text{ (Н)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot \pi / 975 \quad (2.38)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

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

Потужність:

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

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

Аналогічно проводяться розрахунки для інших переходів. Отримані результати заносимо до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 - Режими різання

№ операції	Перехід	Глибина, мм	Прийнята подача, мм/об	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв
------------	---------	-------------	------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

005	Точити попередньо торець 1 та поверхню 2	2	1,6	502	800
	Точити остаточно торець 1 та поверхню 2	2	1,6	502	800
	Центрувати отвори 1	4,5	0,2	12,1	355
	Свердлити 3 отвори 1	1	0,18	22,6	450
	Цекувати 3 отвори 1	0,1	0,2	17,2	500
010	Точити попередньо поверхні 1, 2	2	1,6	502	800
	Точити остаточно поверхню 2	2	1,6	39,5	280
	Розточити поверхні 4 та 5 попередньо	2	1,6	502	800
	Розточити канавку 6	1	0,18	22,6	450
	Розточити фаску, отвір 4 остаточно та отвір 5 попередньо	2	0,2	26,7	355
	Розточити отвір 5 остаточно	1	0,18	22,6	450
	Точити остаточно 1, попередньо 2 та остаточно поверхню 3	-	1,25	4,52	180
020	Точити поверхню 1 тонко	0,4	0,328	380,55	637
	Розточити отвір 2 тонко	0,15	0,421	340	998

2.11 Визначення технічних норм часу на операції

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва. Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами: встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК дещо відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 015, де виконується свердління отворів. Для того, щоб визначити норми часу необхідно спочатку визначити довжину робочого ходу:

$$L_{p.x.} = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \text{ [мм]} \quad (2.39)$$

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

При свердлінні отвору $\varnothing 16$ згідно[23]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 9,5 \text{ (мм)}$$

Враховуючи довжину отворів отримаємо довжину робочого ходу інструмента: 19,5 мм відповідно. Тоді основний час складатиме:

$$T_{o1} = 19,5 / 44,8 = 0,426 \text{ (хв.);}$$

Допоміжний час, який складається із: часу на установку і зняття деталі, часу на

вмикання і вимикання верстату, контрольні вимірювання, складас 1,11 хв.

Відповідно штучний час:

$$T_{шт}=(0,426+0,377+0,1+1,11)\cdot 1,08=3,24(\text{хв}).$$

Норми часу для всіх операцій наведено в таблиці 4.12

Таблиця 2.20 – Норми часу

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

2.12 Розрахунок елементів дільниці механної обробки

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

Таблиця 2.21– Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Маховик	4200	5,7	1,0	1,0	1,0	1,0	4200

Маховик 15.4	8500	5,2	0,94	0,899	0,8	0,677	5754
Корпус А84	6200	4,5	0,85	0,94	0,92	0,741	4596
Корпус В12	6500	4,1	0,8	0,93	0,91	0,684	4447
Фланець В41	7250	4,8	0,89	0,92	0,94	0,772	5599
Фланець А2.3	6000	4,5	0,85	0,94	0,95	0,769	4615
Фланець А.2	6400	5,2	0,94	0,93	0,81	0,715	4578
Всього							33789

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки розрахункового представника :

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\text{д}} \cdot m \cdot 60} \quad (2.40)$$

$$C_{005} = \frac{1,6 \cdot 33789}{2040 \cdot 60} = 0,44$$

$$C_{010} = \frac{3,2 \cdot 33789}{2040 \cdot 60} = 0,88$$

$$C_{015} = \frac{0,61 \cdot 33789}{2040 \cdot 60} = 0,168$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{\text{пр}005} = 1;$$

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

$$\eta_{\text{з.сер.}} = \sum C_p / \sum C_{\text{пр}} \quad (2.41)$$

			С _{пр.шт.}				
005	Токарна з ЧПК	0,44	1	0,44	0,428	0,75	0,74
010	Токарна з ЧПК	0,88	1	0,88		0,74	
015	Токарна з ЧПК	0,168	1	0,168		0,76	

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

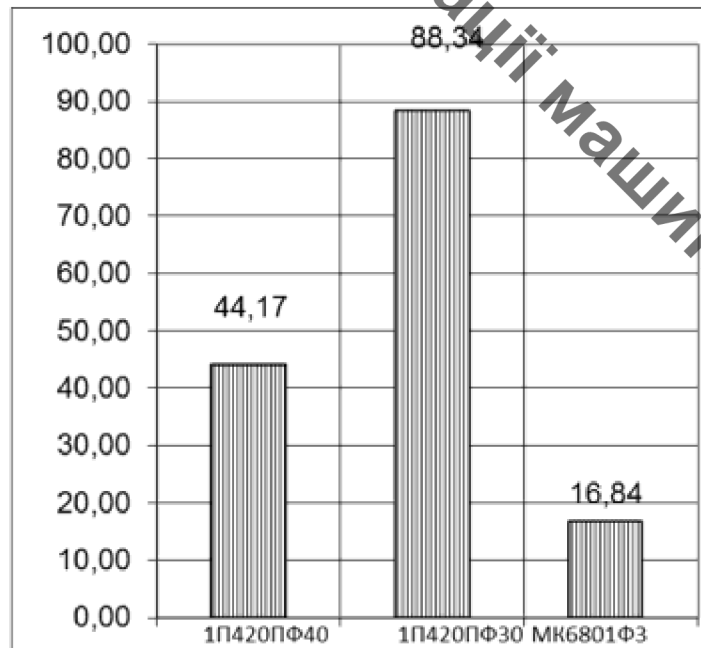


Рисунок 2.14 – Графік завантаження верстатів

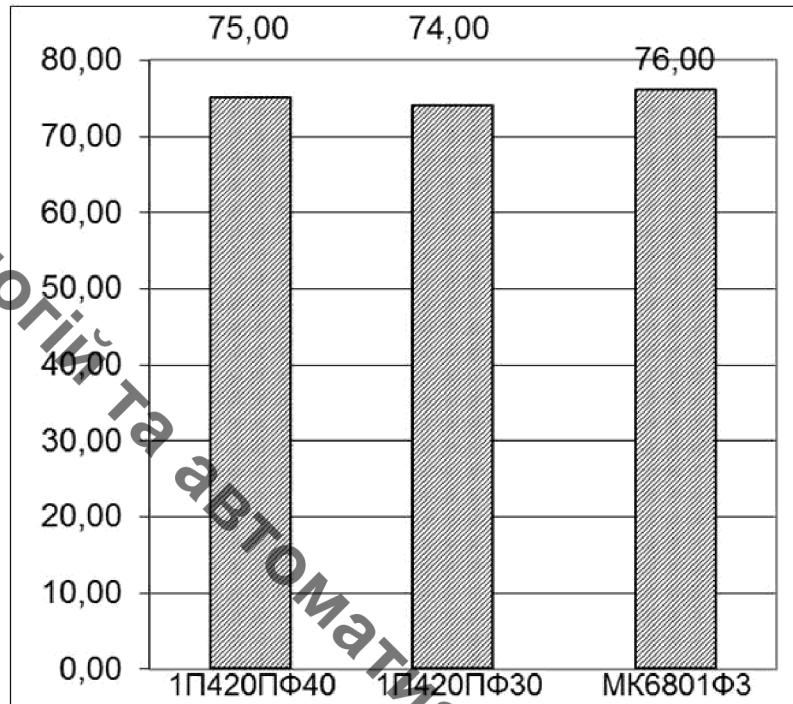


Рисунок 2.15 – Графік використання верстатів за основним часом

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,44}{1840 \cdot 1} = 0,4894$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 2040 \cdot 0,88}{1840 \cdot 1} = 0,958$$

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

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

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних, то приймаємо 1 чол. Так як для обслуговування ділянки необхідні послуги наладчика верстатів та контролер, який перевіряє точність виготовленої продукції, необхідно ввести ці посади.

Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці.

Молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м² площі.

Таблиця 2.23 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	4	Оператор – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
		Оператор – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,5 ст.	0,5 (I зміна)
		Наладник – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
		Майстри – 0,5 ставки	0,5 (I зміна)
Службовці	0,1	Бухгалтер – 0,1 ставки на дільниці	0,1 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	0,2	Прибиральник – 0,2	0,1 (I зм.); 0,1 (II зм.)
Загальна кількість	6,3 ставки		

2.13 Висновки

Отже::

1. Визначено тип виробництва – серійний;
2. Виконано аналіз технологічності деталі – за якісними і кількісними показниками деаль технологічна;
3. Запропоновано два способи отримання заготовки, для яких виконано розрахунок і на основі їх техніко-економічного порівнянн обрано кращий – лиття в піщано-глинисті форми
4. Розглянуто та проаналізовано типові маршрути механічної обробки для деталей типу маховик

5. Визначено кількість переходів механічної обробки для циліндричної поверхні $\varnothing 50H7$

6. Запропоновано схеми базування на всі технологічні операції, та проаналізовано похибка базування, що може виникати при даних схемах установки

7. Розроблено маршрут механічної обробки

8. Визначено припуски на циліндричну поверхню $\varnothing 50H7$

9. Для визначення технологічних розмірів, припусків та уточнення розмірів заготовок виконано розмірний аналіз

10. Розраховано режими різання та норми часу для усіх операці

11. Розрахована приведена програма для планування механоскладальної дільниці

12. Розраховано кількість верстатів (3 металорізальних верстати) та робітників (3 основних) на дільниці механічної обробки

13. Розроблено заходи з охорони праці на механоскладальній дільниці

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 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
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку

Продовження таблиці 3.1

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

		промислово- му комплексі			ся у виробництві
Продовження таблиці 3.1					
1	2	3	4	5	6
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Таблиця 3.3 – Рівні комерційного потенціалу розробки

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

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Поршень», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту шасі легкових автомобілів. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд вітчизняних автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 50 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 50 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $P_n=70\%$;
- 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:

$$\Pi_i = \Pi \cdot C_n / 100 [\text{шт}] \quad (3.1)$$

$$\Pi_i = 50\,000 \cdot 70 / 100 = 35\,000 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$\text{ОП} = 35\,000 / 4 = 8\,750 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$\text{ПП} = 8\,750 \cdot 0,8 = 7\,000 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$\text{РП} = (8\,750 + 7\,000) / 2 = 7\,875 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки в нашій країні досить багато легкових автомобілів ВАЗ, які і надалі будуть ремонтуватися їхніми власниками. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити) до іноземних вантажних автомобілів, що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

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 використовуються фланці, які не піддаються поверхневому зміцненню. Подібні деталі або закаляються в цілому, що призводить до їх значного здорожчання, або взагалі не піддаються зміцнюючій обробці, що призводить до малого ресурсу служби. За аналог приймаємо деталі, які закаляються, оскільки продажі таких деталей на ринку значно вижчий ніж незміцнених.

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

Таблиця 3.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог маховик, виготовлений загартуванням	Деталь, технологічний процес виготовлення якої проектується	Відношення параметрів нової деталі і параметрів аналога
Маса маховика	кг	3,94	3,94	1
Габарити маховика	мм	Ø100х 150	Ø100х 150	1
Наявність зміцненого поверхневого шару	-	наявне	наявне	1
Зміцнення всієї деталі		наявне	відсутнє	1
Твердість поверхневого шару	НВ	220	260	1,18

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.

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

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

3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

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

Таблиця 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	9			20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

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

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

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

Таблиця 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	21 год	16,47год	1,27	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1=260/220=1.18$$

$$q_2=7/6=1.17$$

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

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначасмо за формулою:

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

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

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

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:

$$K=I_{тп}/I_{еп}$$

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

$I_{еп}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

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

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

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

3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

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

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

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

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

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

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Основна заробітна плата робітників Z_p , розраховується за формулою 5.6.

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

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

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

n – кількість робіт по видах та розрядах.

Таблиця 3.7 – Витрати на заробітну плату розробників

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

Основна заробітна плата робітників z_p , розраховується за формулою 5.6.

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

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

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

n – кількість робіт по видах та розрядах.

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

де M_m – мінімальна заробітна плата ($M_m=5000$ грн);

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

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

T_p – середнє число робочих днів в місяці;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

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

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

Таблиця 3.8 Величина витрат на основну заробітну плату робітників

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

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

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

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

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

Для нашого випадку:

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

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

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

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

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

Де C – загальна балансова вартість обладнання, грн;

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

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

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

Для вертикально свердлильного верстата аналогічно:

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

Таблиця 3.9 – Амортизаційні відрахування

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

Для токарного з ЧПК аналогічно:

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

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

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

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

де n – кількість видів інструменту, оснащення;

N_i – кількість інструменту, оснащення i -го найменування, шт;

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

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

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

Таблиця 3.10 – Витрати на інструменти

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

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

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n V_j \cdot C_{vj} \text{ [грн.]}$$

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

n – кількість видів матеріалів;

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

K_j – коефіцієнт транспортних витрат;

V_j – маса відходів j -го найменування, кг;

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

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

А для всієї партії:

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

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

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

Π – установлена потужність обладнання, 12 кВт;

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

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

Таблиця 3.11 – Таблиця витрат на силову електроенергію

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

А для всієї партії:

$$18,7 \cdot 7875 = 142498,44 \text{ (грн.)}$$

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

$$V_{in}=(1...3) (Z_o+Z_p) \quad (3.11)$$

Усі витрати складають:

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

3.10 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

Загальна вартість даної роботи визначається за V_{zag} формулою:

$$V_{zag} = \frac{V}{\alpha} \quad (3.12)$$

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

Тоді

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

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

$$ZB=V_{zag}/\beta \quad (3.13)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на

стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

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

Тоді:

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

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

3.11 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 7875 шт. Середня ціна подібних деталей 6900грн. Оскільки розроблений нами спосіб зміцнення поверхонь деталі дозволяє отримати значно вищу твердість поверхневого шару та чистоту поверхні, але процес виготовлення деталі дешевший, що дозволяє реалізовувати наші деталі приблизно на (20...40%) дешевше, тобто в середньому за 3600 грн., або на 3300 грн. дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є

ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

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

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 3000 шт.;

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

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

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 1 000 шт.

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

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (3.14)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $\Delta C_0 = 3300$ грн;

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

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 6900$ грн;

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

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

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

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

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

$$\Delta \Pi_1 = (3000 \cdot 3300) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 2432,497 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (2675 \cdot 3300) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 2171,652 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (1200 \cdot 3300) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 974,199 \text{ (тис грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (1000 \cdot 3300) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 811,832 \text{ (тис грн.)}$$

3.12 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

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

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

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (3.12)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Якщо $E_{abc} \leq 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

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

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

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

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

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (3.14)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, E_{abc} 4435247 грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій PV = 1854247 грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 4435247 / 1854247} - 1 = 0,357 = 35,7\%$$

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

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

$$\tau = d + f, \quad (3.15)$$

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

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, 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 $E_B = 35,7\% > \tau_{\text{мін}} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$
$$T_{\text{ок}} = 1/0,357 = 2,8$$

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

Висновок

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

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,8 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови на ділянці механічної обробки деталей типу «Маховик». При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- наявність в повітрі робочої зони шкідливих газів;
- підвищений та знижений рівень температур та вологості;
- недостатнє освітлення;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби що переміщуються;
- гострі кромки, заусениці;
- підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти

через тіло людини.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт на дільниці, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведенні робіт.

Виробничі приміщення для технологічного процесу повинні відповідати вимогам санітарних норм і правил.

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

На ділянці обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

У цехах, що мають велику ширину, шкідливі роботи необхідно розташовувати поблизу зовнішніх стін для кращого забезпечення природної вентиляції приміщення. При внутрішньому плануванні приміщення повинні бути передбачені достатня ширина і число проходів, сходів, дверей із метою можливого усунення зустрічних людських потоків у періоди початку і закінчення змін, а також у випадку аварійних ситуацій.

Обсяг виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працюючого припадало не менше 4,5 м² площі, 15 м³ об'єму, висота виробничого приміщення повинна бути не менше 3,2 м. Площа ділянки 60 м², об'єм – 192 м³, тобто вимоги виконуються.

4.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату та гігієнічні нормативи в робочій зоні нормуються і характеризується наступними показниками: температура повітря, °С; відносна вологість повітря, %; інтенсивність теплового опромінення, Вт/м²; швидкість руху повітря, м/с. Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце.

Роботи, що проводяться на ділянці механічної обробки належать до категорії робіт ІІб.

Параметри мікроклімату механічної ділянки наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура		Відносна вологість %		Швидкість руху пов.	
		Допустима верхня	Допустима нижня				

		Оптимальн а	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Оптимальн а	Допустима	Оптимальн а	Допустима
Холодн.	ІБ	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≥0,4
Теплий	ІБ	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Категорія робіт ІБ – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт). Норми інтенсивності теплового опромінення беремо з (табл. 6.2)

Таблиця 4.2 - Норми інтенсивності теплового опромінення

Відсоток опромінення поверх тіла людини	Більше 50	25-50	Менше 25
Допустима інтенсивність теплового опромінення, Вт/м ²	35	70	100

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
----------------	------------------------	----------------	-----------------

Дизельне паливо	100	4	П
Сірчана кислота	12	А	А
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	А

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК повинна бути не менше 38700 м³/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами $\geq 1,3$ м/с. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

4.2.2 Виробниче освітлення

Норми освітлення (кількісні і якісні характеристики) регламентовані санітарними нормами. На ділянці природне освітлення забезпечується подвійними вікнами. Виконувані роботи відносяться до розряду зорової роботи – 4а.

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e^4 = e_H^3 \cdot m \cdot C_K, \quad (4.4)$$

де $e_H^3 = 1.5$ - нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

$m = 0.9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$C_K = 0.75$ - коефіцієнт сонячності клімату;

$$e^4 = 1,5 * 0,9 * 0,75 = 1,01$$

Штучне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць механічної обробки

Приміщення	Площина нормування освітленості	Розряд зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна дільниця	Горизонтальна 0,8м	4а	300(750)	250(700)

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого освітлення повинно складати 10(%) від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовуються для місцевого освітлення.

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити, як правило, газорозрядні лампи незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

При проектуванні загального освітлення (незалежно від системи освітлення) на підставі техніко-економічних розрахунків, слід приймати мінімально нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинно перевищувати для робіт I - III розрядів при люмінесцентних лампах 1,5; при інших джерелах світла-2.

При виконанні в приміщеннях робіт 1-V розрядів освітленість проходів та дільниць де роботи не виконуються, повинна складати не менше 25(%) освітленості, що створюються світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75(лк) при газорозрядних лампах.

Для місцевого освітлення повинні бути передбачені світильники з неперсвічуючими відбивачами, які мають захисний кут не менше 30°.

Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу;
- порушення роботи пристроїв вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

4.2.3 Виробничий шум

Джерелом шуму на дільниці є працююче обладнання та інструмент, установки та пристрої, а також системи вентиляції.

За характером спектру шуму на дільниці широкосмуговий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками шум постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого обладнання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смутах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкосмугового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра.

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на дільниці відновлювання приведений у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимий спектр шуму на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ на середньгеометричних частотах, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення шуму на дільниці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення

технологічного обладнання, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

Вимоги по допустимому рівню шуму виконуються.

4.2.4 Виробничі вібрації

Від роботи інструменту, систем вентиляції та іншого працюючого обладнання на працюючих може діяти вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації 3 тип "а" - технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки - межа зниження продуктивності праці. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год приведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	дБ	м/с, ·10 ⁻²	дБ
Локальна	-----	X _n ; Y _n ; Z _n	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X ₀ ; Y ₀ ; Z ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання на дільниці встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

Вимоги по допустимому рівню вібрації виконуються.

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Електробезпека

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотири-провідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вище перелічених факторів це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні. Тому для захисту обслуговуючого персоналу вибираємо такі спосіб захисту, як занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метрів та перед вводом в будівлю.

4.3.2 Техніка безпеки

До роботи на дільниці повинний допускатися обслуговуючий персонал, що добре знає пристрій і роботу установки, що комплектує устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес.

Вентиляція, що відсмоктує, повинна бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Профілактичне очищення стінок камери робити пилососом і металевою щіткою.

Паління в таких приміщеннях забороняється.

У приміщеннях необхідно мати засоби для гасіння пожежі - вогнегасники ОУ - 5 (не менш 2-х шт.).

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

За ступінню електробезпеки дільниця відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом так як присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил; можливість одночасного дотику до корпусів обладнання та заземлених частин. Для захисту від ураження електрострумом обираємо такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

4.4 Пожежна безпека

Категорії виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку.

Цехи і ділянки, де ведуться роботи відновлення та зміцнення, відносяться до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежегасіння для таких цехів і ділянок повинне вибиратися відповідно до зазначених вище Типовими правилами. Приміщення повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менш 2 год.).

Місця, відведені для установки устаткування повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менш 5 м. Роботи повинні проводитися у відповідності з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Таблиця 4.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесічі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили,	Балки, ферми, арки, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Найбільш прийнятним способом пожежегасіння для проектуємої ділянки є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежегасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовуються ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

Таблиця 4.8 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації установки в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень Г та ІІІ ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході. Ширина шляхів евакуації у світлі повинно бути не менше їм, дверей - не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2м.

В процесі розробки охорони праці на ділянці технологічного процесу відновлення та зміцнення вала черв'ячного колеса був проведений аналіз умов праці, визначені санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, проведений розрахунок рукавного відсмоктувача, розроблені питання з техніки безпеки роботи на даній ділянці та пожежної безпеки.

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Дія іонізуючих випромінювань на людей. Під впливом іонізуючого випромінювання атоми і молекули живих клітин іонізуються, в результаті чого відбуваються складні фізико-хімічні процеси, які впливають на характер подальшої життєдіяльності людини.

Згідно з одними поглядами, іонізація атомів і молекул, що виникає під дією випромінювання, веде до розірвання зв'язків у білкових молекулах, що призводить до загибелі клітин і поразки всього організму. Згідно з іншими уявленнями, у формуванні біологічних наслідків іонізуючих випромінювань відіграють роль продукти радіолізу води, яка, як відомо, становить до 70% маси організму людини. При іонізації води утворюються вільні радикали H^+ та OH^- , а в присутності кисню — пероксидні сполуки, що є сильними окислювачами. Останні вступають у хімічну взаємодію з молекулами білків та ферментів, руйнуючи їх, в результаті чого утворюються сполуки, не властиві живому організму. Це призводить до порушення обмінних процесів, пригнічення

ферментних і окремих функціональних систем, тобто порушення життєдіяльності всього організму.

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини можна уявити в дуже спрощеному вигляді таким чином. Припустімо, що в організмі людини відбувається нормальний процес травлення, їжа, що надходить, розкладається на більш прості сполуки, які потім надходять через мембрану усередину кожної клітини і будуть використані як будівельний матеріал для відтворення собі подібних, для відшкодування енергетичних витрат на транспортування речовин і їхню переробку. Під час потрапляння випромінювання на мембрану відразу ж порушуються молекулярні зв'язки, атоми перетворюються в іони. Крізь зруйновану мембрану в клітину починають надходити сторонні (токсичні) речовини, робота її порушується. Якщо доза випромінювання невелика, відбувається рекомбінація електронів, тобто повернення їх на свої місця. Молекулярні зв'язки відновлюються, і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або дуже багато разів повторюється, то електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; виходить з ладу велика кількість клітин; робота органів розладнується; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи на виробництві в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва.

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{12} = 1,29 \text{ мР}, \quad (4.6)$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;
 $t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1.\max}=2$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{пос}}=12$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$P_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot \left(\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3} \right)} = \frac{0,75 \cdot 12}{1,33 \cdot \left(\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)} = 1,15 \text{ мР / год} . \quad (4.7)$$

Оскільки можлива доза опромінення $D_M > D_{\text{доп}} (1,29 > 0,75)$ та рівень радіоактивного забруднення $p_{1.\max} > p_{\text{гр}} (2 > 1,15)$ перевищують допустимі норми, робота операторів верстатного обладнання, а отже і цеху в цілому в режимі 2 зміни по 12 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Для кожної зміни визначимо час початку робочої зміни (t_n), час кінця робочої зміни (t_k), тривалість роботи зміни (t_p) та можливу дозу опромінення (D_M).

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot p_{1.\max}} = \frac{0,75 \cdot 12}{1,33 \cdot 2} = 3,38. \quad (4.8)$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни

$t_{п1} = 1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: $t_{п1} = 1$ год.

Час закінчення роботи зміни

$$t_{к1} = \left(\frac{D_{доп} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п1}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,1 \approx 7 \text{ год.} \quad (4.9)$$

Тривалість роботи зміни $t_{р1} = t_{к1} - t_{п1} = 7 - 1 = 6$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (6.6))

$$D_{м1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{к1}^3} - \sqrt[4]{t_{п1}^3})}{K_{посл}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{7^3} - \sqrt[4]{1^3})}{12} = 0,746 \text{ мР.}$$

Для 2-ї зміни: $t_{п2} = t_{п1} + t_{р1} = 1 + 6 = 7$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (6.9))

$$t_{к2} = \left(\frac{D_{доп} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{7^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 15,06 \approx 15 \text{ год.} \quad (4.10)$$

Тривалість роботи зміни $t_{р2} = t_{к2} - t_{п2} = 15 - 7 = 8$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (6.6))

$$D_{м2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{к2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3})}{K_{посл}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{15^3} - \sqrt[4]{7^3})}{12} = 0,75 \text{ мР.}$$

Для 3-ї зміни: $t_{п3} = t_{п2} + t_{р2} = 7 + 8 = 15$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (6.9))

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{15^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 24,3 \approx 24 \text{ год.} \quad (4.11)$$

Тривалість роботи зміни $t_{p3} = t_{k3} - t_{n3} = 24 - 15 = 9$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (6.6))

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3})}{K_{посл}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{24^3} - \sqrt[4]{15^3})}{12} = 0,74 \text{ мР.}$$

Для 4-ї зміни: $t_{n4} = t_{n3} + t_{p3} = 15 + 9 = 24$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (6.10))

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{24^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 34,16 \approx 34 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p4} = t_{k4} - t_{n4} = 34 - 24 = 10$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (6.6))

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3})}{K_{посл}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{34^3} - \sqrt[4]{24^3})}{12} = 0,748 \text{ мР.}$$

Для 5-ї зміни: $t_{n5} = t_{n4} + t_{p4} = 24 + 10 = 34$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (6.10))

$$t_{k5} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{34^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 45,37 \approx 45 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p5} = t_{k5} - t_{n5} = 45 - 34 = 11$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (6.6))

$$D_{M5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{n5}^3})}{K_{\text{носи}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{45^3} - \sqrt[4]{34^3})}{12} = 0,7494 \text{ мР}.$$

Для 6-ї зміни: $t_{п6} = t_{п5} + t_{p5} = 34 + 11 = 45$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (6.10))

$$t_{k6} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{45^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 56,87 \approx 57 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{p6} = t_{k6} - t_{п6} = 57 - 45 = 12$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (6.6))

$$D_{M6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{п6}^3})}{K_{\text{носи}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{57^3} - \sqrt[4]{45^3})}{12} = 0,768 \text{ мР}.$$

Згідно проведеного розрахунку режимів радіаційного захисту роботу в дві зміни на підприємстві в заданих умовах можна буде розпочинати через 34 год. після радіоактивного забруднення.

ВИСНОВКИ

В роботі досліджено процес обкочування кулькою. Визначено напружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика з довільною кривизною робочої поверхні в поверхню довільної кривизни. Установлено, що в загальному випадку, коли контур вм'ятини має еліптичну форму, розподіл тиску по поверхні контактної площадки трансформується від еліптичного на пружній стадії деформації до близького до рівномірного при розвинутій пластичній деформації в зоні контакту.

Установлено, що найбільших значень компоненти тензора головних напружень досягають на вертикальній осі симетрії вм'ятини. При цьому по напрямку дії сили вдавлювання при глибині вдавлювання до 0,05мм напруження зростають практично пропорційно глибині вдавлювання.

Запропоновано використати обкочування як фінішну обробку при механічній обробці маховика. При цьому:

- визначено тип виробництва – серійний;
- виконано аналіз технологічності деталі – за якісними і кількісними показниками деаль технологічна;
- запропоновано два способи отримання заготовки, для яких виконано розрахунок і на основі їх техніко-економічного порівнянн обрано кращий – лиття в піщано-глинисті форми
- розглянуто та проаналізовано типові маршрути механічної обробки для деталей типу маховик
- Визначено кількість переходів механічної обробки для циліндричної поверхні $\varnothing 50H7$
- запропоновано схеми базування на всі технологічні операції, та проаналізовано похибка базування, що може виникати при даних схемах установки
- розроблено маршрут механічної обробки
- визначено припуски на циліндричну поверхню $\varnothing 50H7$
- для визначення технологічних розмірів, припусків та уточнення розмірів

заготовок виконано розмірний аналіз

- розраховано режими різання та норми часу для усіх операці
- розрахована приведена програма для планування механоскладальної дільниці
- розраховано кількість верстатів (3 металорізальних верстати) та робітників (3 основних) на дільниці механічної обробки

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

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи , спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,8 років). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Огородников В.А., Киселёв В.Б., Сивак И.О. Энергия. Деформации. Разрушение. – Винница: УНІВЕРСУМ. Вінниця, 2005. – 204 с.
2. Дель Г.Д. Технологическая механика./ Г.Д. Дель. – М.: Машиностроение, 1978. – 174 с.
3. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение. 1978, 152 с.
4. Смирнов-Аляев Г.А., Розенберг В.М. Технологические задачи теории пластичности. – Лениздат, 1951. – 265 с.
5. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением/ В.А. Огородников. – Киев: Вища школа, 1983. - 175 с.
6. Дрозд М.С., Матлин М.М., Сидякин Ю.И. Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации. М.: Машиностроение, 1986, 224с.
7. Колмогоров В.Л. Напряжение, деформации, разрушение. / Колмогоров В.Л. - М.: Металлургия, 1970. - 230 с. с ил.
8. Сивак И.О. Поверхность предельной пластичности // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ, 2003. – С. 272 – 274.
9. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение. 1978, 152 с.
10. Мартыненко О.В. Особенности выбора геометрических параметров деформирующих роликов при поверхностном пластическом деформировании. / О.В. Мартыненко // Инновационные технологии в обучении и производстве: Материалы 3 Всероссийской конференции г. Камышин, 2005. : В 3 т. – Волгоград, 2005. Том 2 – 231с. с ил. – С.23-24.
11. Отений Я.Н. Зависимость глубины упрочнения от параметров деформирующего ролика и диаметра детали./ Я.Н. Отений, Н.В. Ольштынский, С.Н. Ольштынский// Инновационные технологии в обучении и производстве:

Материалы 3 Всероссийской конференции г. Камышин, 2005: В 3 т. – Волгоград, 2005. Том 2 – 231с. с ил. – С.40-44.

12. Коцюбівська К.І. , Буренніков Ю.А., Сивак І.О. Напружено-деформований стан та деформуємість заготовок при поперечному видавлюванні з протитиском // збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вип. 4. – 2010. – С.55-58

13. Сивак І.О., Ярошенко Т.В., Зміцнення поверхневого шару металу у разі вдавлювання кульки // Вісник ВПШ. – №4(91).– 2010. – С.54-58.

14. . Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.

15. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмелов-ский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.

16. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.:Техніка.1988.-108с.

17. . 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликками. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.

22. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

23. 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

24. 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. Коцюбовская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.

25. Смелянский Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластическим деформированием: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

26. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.

31. 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.

32. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.

33. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плещак, - Киев «Выща школа». 1999.–247 с.

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

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

36. 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.

37. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
38. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
39. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.
40. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
41. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
42. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991
43. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.
44. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. — 592с.
45. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
46. 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.
47. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.

48. 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.

49. 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.

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

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Маховик»

08-26.МКР.005.00.000 ТЗ

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

« ____ » _____ 20__ р.

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

Боролюк Д.С.. _____

« ____ » _____ 20__ р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

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

Необхідність розгляду альтернативних варіантів ріжучого інструменту та режимів обробки та вибір найбільш оптимального.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	1.10	15.10	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	15.10	20.11	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.10	30.11	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.11	25.11	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.11	25.11	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.10	27.11	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

Додаток Б

Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

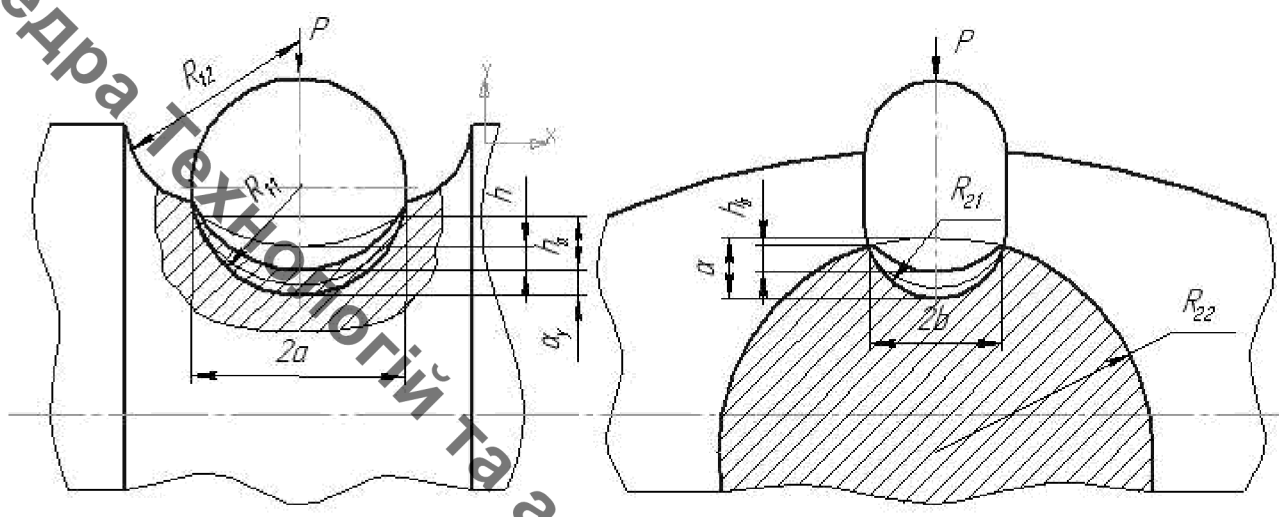
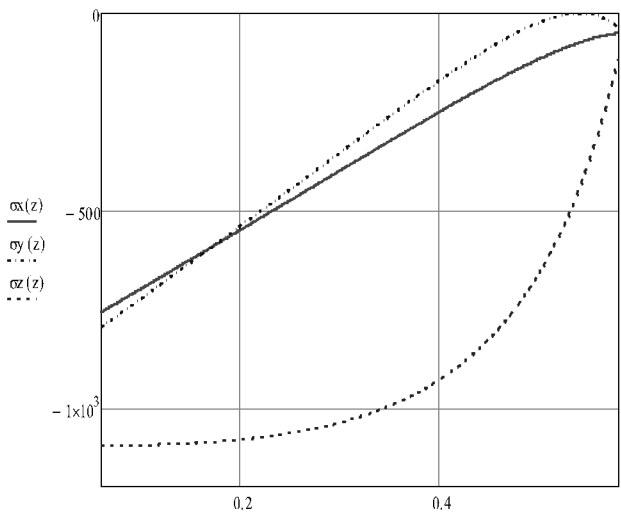
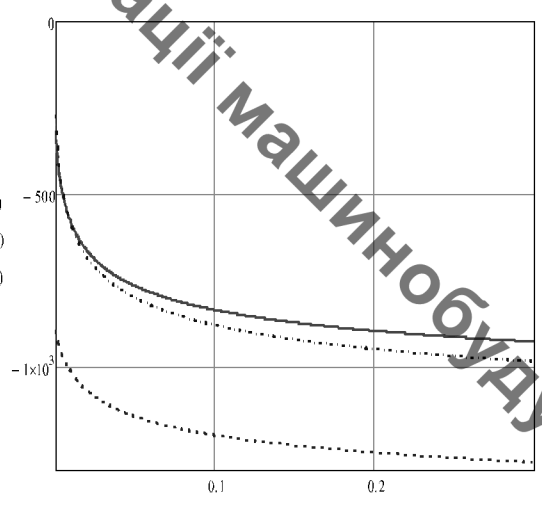


Схема пружнопластичного контакту тіл довільної кривизни

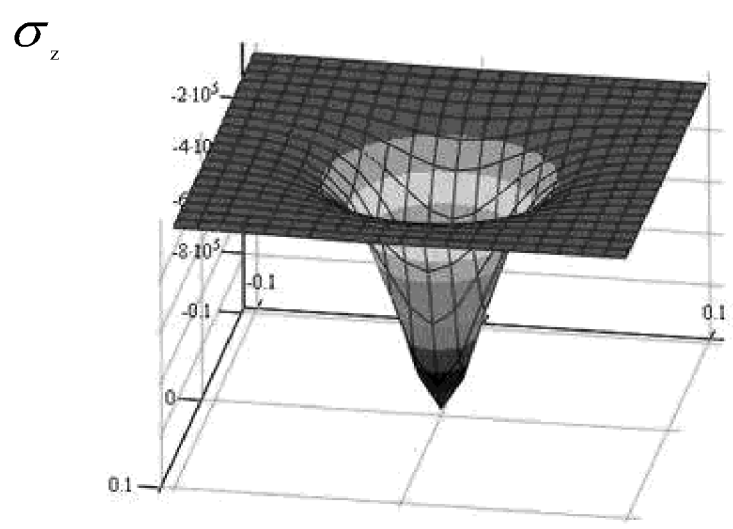
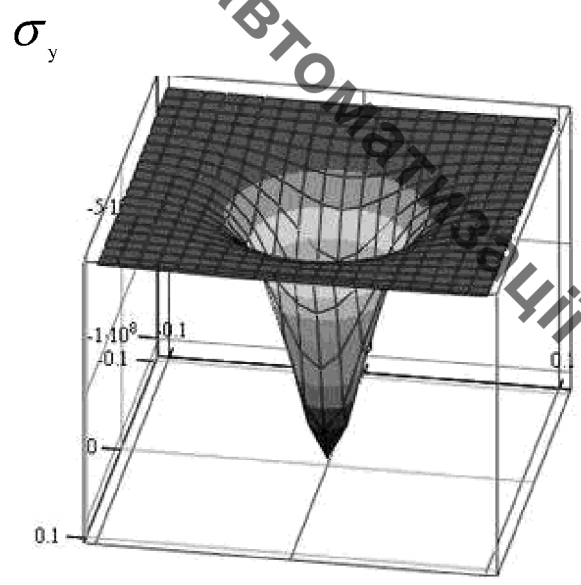
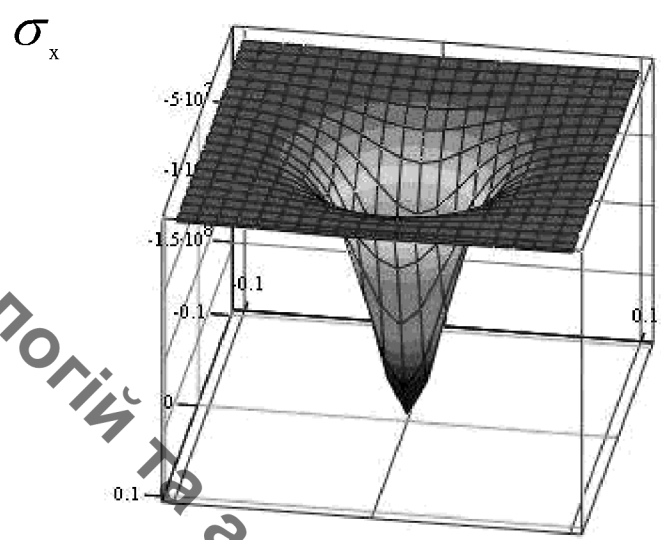


$z, \text{ мм}$



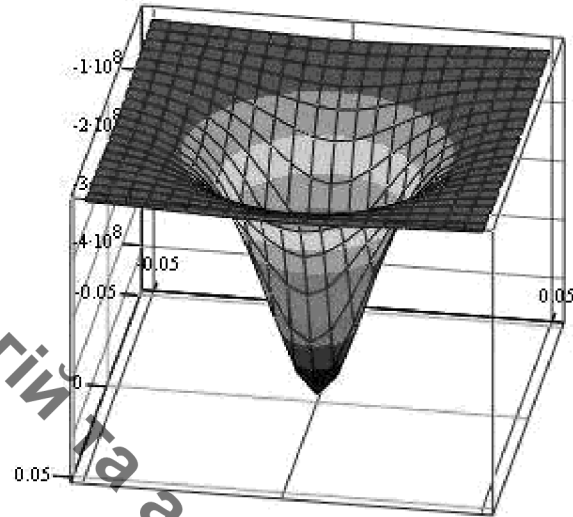
$h, \text{ мм}$

Залежність напружень від відстані від поверхні z та глибини вдавлювання ролика h

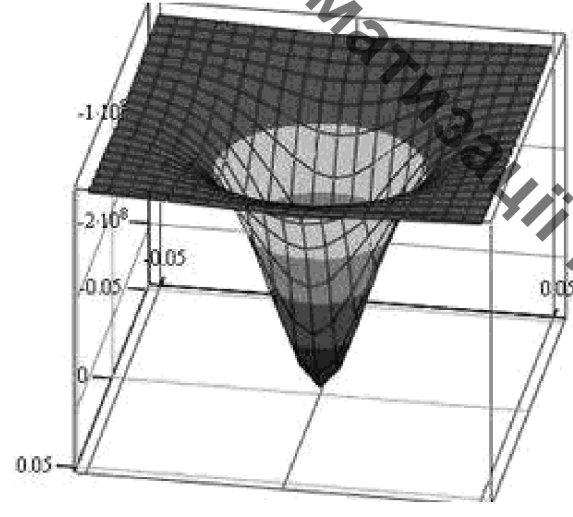


Розподіл σ_x , σ_y , σ_z в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,014\text{мм}$

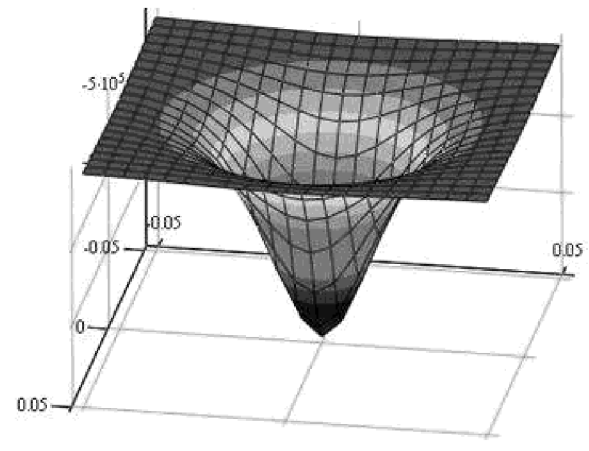
σ_x



σ_y



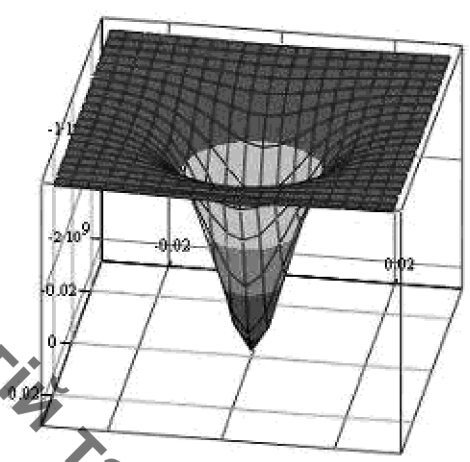
σ_z



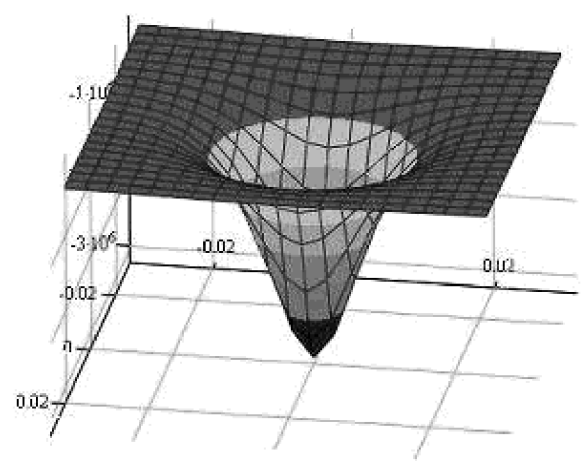
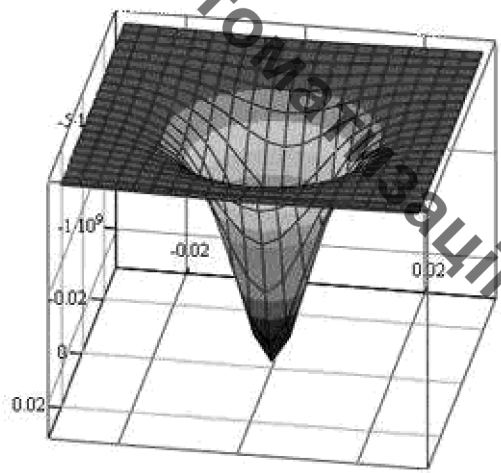
σ_x

Розподіл σ_x , σ_y , σ_z в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,028\text{мм}$

σ_y



σ_z



Розподіл σ_x , σ_y , σ_z в зоні контакту ролика при глибині вдавлювання $h = 0,042$ мм

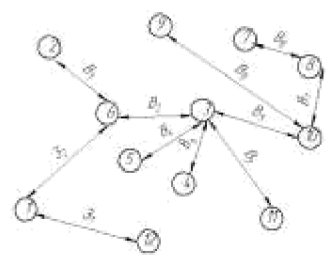
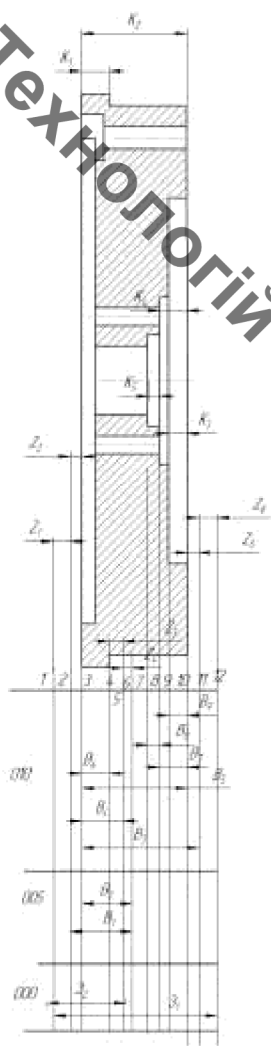
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Модель верстатів
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити і закрити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо в розмір 27,98 (-0,43) та поверхню 2 одноразово в розмір згідно ескизу 3 Точити торець 1 остаточно в розмір згідно ескизу 4 Центрувати 3 отвори 3 та 3 отвори 5 5 Свердлити 3 отвори 3 в розміри згідно ескизу 6 Цекувати 3 отвори 3 в розміри згідно ескизу 7 Розточити отвір 4 в розмір згідно ескизу 8 Свердлити 3 отвори 5 7 Зняти заготовку 	<p>Невідані розміри відокремлені розмір отвору (Ø), ділу (Ø), квалі (IT), 2</p>	<p>Багатоцільовий з ЧПК 174.207Ф40</p>
010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити і закрити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо в розмір 26,61(-0,3) поверхню 2 попередньо в розмір Ø24 (±0,25) та торець 3 в розмір 12,45 (-0,18) 3 Точити остаточно поверхню 1 в розмір згідно ескизу, попередньо поверхню 2 в розмір Ø24,04(-0,1) та остаточно торець 3 в розмір згідно ескизу 4 Точити остаточно поверхню 2 в розмір згідно ескизу 5 Розточити отвір 4 в розмір Ø16,0221(+0,25) отвір 6 витривучи розміри вказані на ескизі та отвір 5 в розмір Ø4,956(+1,0) 6 Розточити отвір 4 остаточно в розмір згідно ескизу та отвір 5 попередньо в розмір Ø4,9221(+0,25) 7 Розточити отвір 5 остаточно в розмір згідно ескизу 8 Зняти заготовку 	<p>Невідані розміри відокремлені розмір отвору (Ø), ділу (Ø), квалі (IT), 2</p>	<p>Токарно-револьверний з ЧПК 174.207Ф30</p>

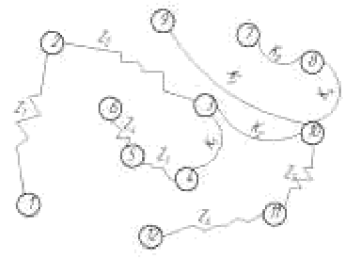
Автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

Розмірний аналіз технологічного процесу



Початковий граф-дерево



Вихідний граф-дерево



Спрощений граф

Таблиця 1 - Рівняння розрахунку розмірів технологічних параметрів

№ п/п	Вихідні рівняння	Початкові рівняння	Значення параметрів
1	$-K_1 + B_1 = 0$	$K_1 = B_1$	B_1
2	$-K_2 + B_2 = 0$	$K_2 = B_2$	B_2
3	$-K_3 + B_3 = 0$	$K_3 = B_3$	B_3
4	$-K_4 + B_4 = 0$	$K_4 = B_4$	B_4
5	$-K_5 + B_5 = 0$	$K_5 = B_5$	B_5
6	$B_6 - Z_1 - K_6 = 0$	$Z_1 = B_6 - K_6$	B_6
7	$B_7 - Z_2 - B_6 = 0$	$Z_2 = B_7 - B_6$	B_7
8	$B_8 - Z_3 - B_7 = 0$	$Z_3 = B_8 - B_7$	B_8
9	$B_9 - Z_4 - B_8 = 0$	$Z_4 = B_9 - B_8$	B_9
10	$Z_5 - B_9 - Z_4 = 0$	$Z_5 = B_9 - B_4$	Z_5
11	$B_1 - Z_1 - B_2 - B_3 - Z_5 = 0$	$B_1 - Z_1 - B_2 - B_3 - Z_5 = 0$	Z_1

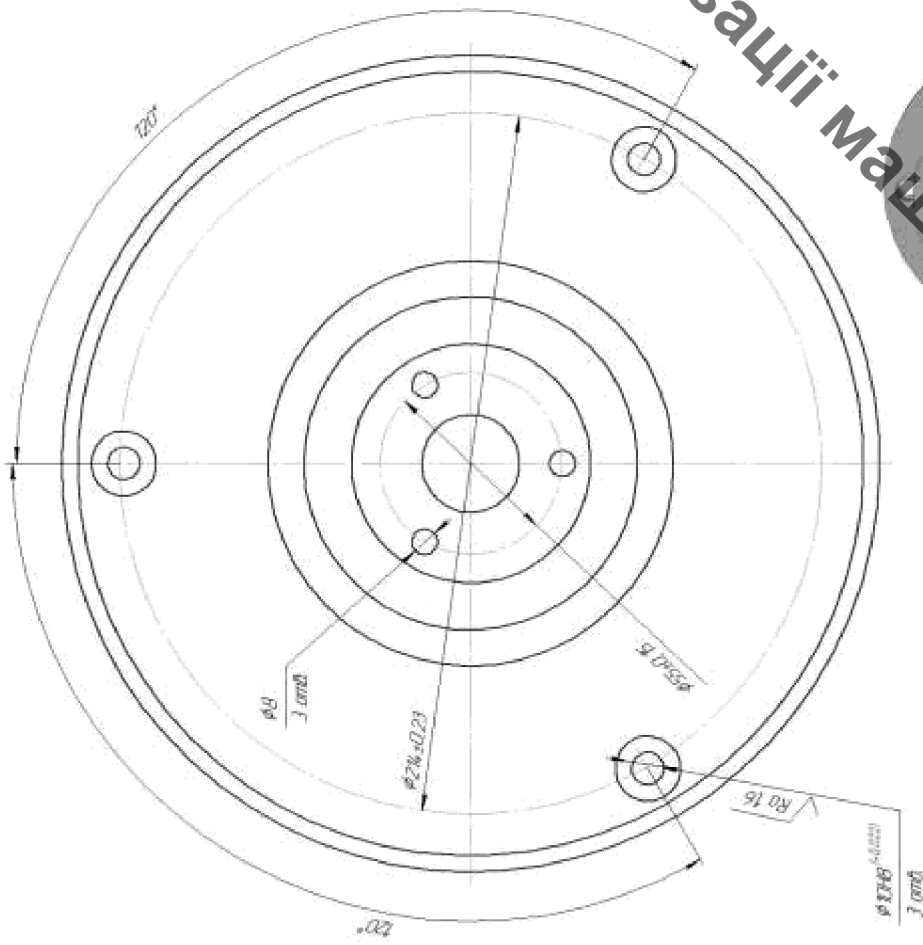
Таблиця 2 - Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допусків

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	35,3	36,3	1,2	36,3		36,5 _{+0,2}
Z_2	20,48	21,18	0,7	21,18		21,18 _{+0,1}
B_6	17,55	17,98	0,43	17,98	17,98 _{+0,04}	
B_7	15,98	16,25	0,27	16,25	16,25 _{+0,02}	
B_8	27,3	27,6	0,3	27,6	27,6 _{+0,03}	
B_9	12,7	12,48	0,18	12,48	12,48 _{+0,01}	
B_4	25,61	26	0,19	26	26 _{+0,01}	
B_5	11,89	12	0,11	12	12 _{+0,01}	
B_2	11,69	12,31	0,62	12	12 _{+0,01}	
B_3	34,85	35,15	0,3	35	35 _{+0,01}	
B_1	237,89	8,31	0,62	8	8 _{+0,01}	

Таблиця 3 - Процесна послідовність обробки

Процес	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	2,8	3,63
Z_2	1,5	2,68
Z_3	1,3	1,58
Z_4	2,9	2,77
Z_5	1,5	1,74
Z_6	2,9	3,77

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування



1. Твердість НВ 229
2. Матеріал бронзовий із твердістю 12 з/сч
3. З'ясувати форми обробки отворів НН, даної НН, на зм./2

08-26.МКР.005.00.001		Машиник		7.08		11	
Стандарт ГОСТ 12-85		ВНУ		20		ВМ-100	

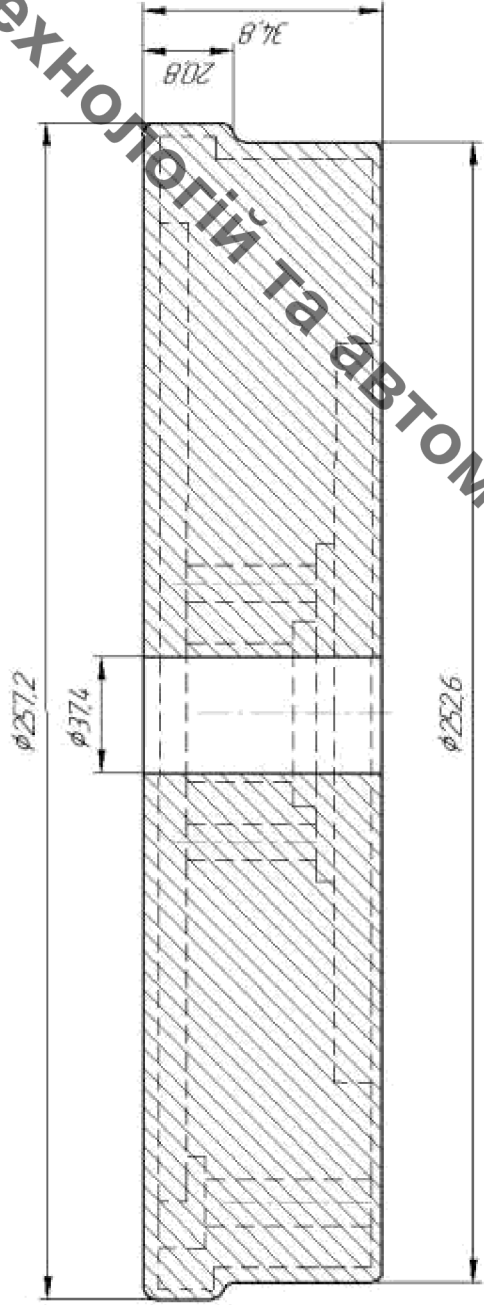


08-26.МКР.005.00.001

№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.	№ п. в. в. в.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

$\sqrt{Ra\ 4.0}$



1. Точність вилітка 11-6-12-7 ГОСТ 26645-85
2. Маса 3,7-1,17-3,7-12,57
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглення 3 мм
4. Допускається раковина і лусочки 0,9 мм на глибині 1,9 мм



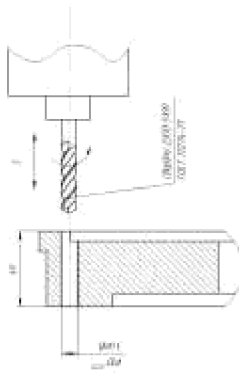
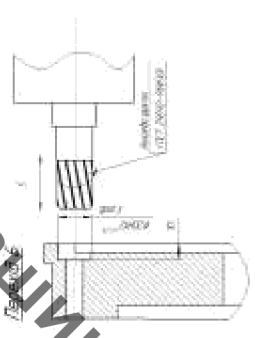
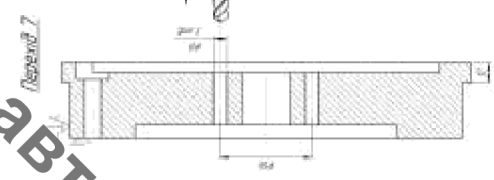
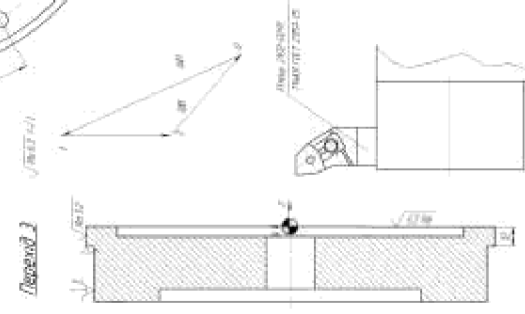
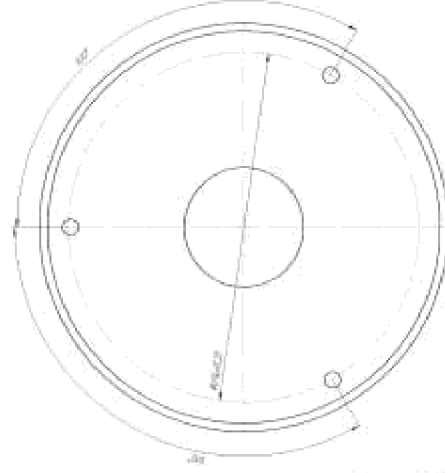
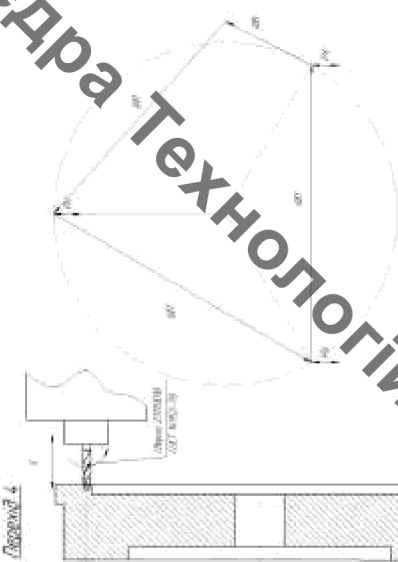
08-26.МКР.005.000.002

08-26.МКР.005.000.002		Лист	Масштаб	Масштаб
Маховик (виліток)		12.57	11	11
Ст40ХЛ ГОСТ 14.12-85		Лист	Листів	7
ВНТУ, ар. ПМ-19м				
Мат. Лист	№ докум.	Лист	Дата	
Розроб.	Зоревик	22.11	22.11	
Лист	Будівничий	0.4		
Т.м.к.м.р.				
Нормат.	Сервіс	0.8	4.12	
Змін.	Автори	10.	8.12	

Інд. № подл.	Лист в докум.	Взам. інд. №	Інд. № вхід.	Лист в докум.
Лист у докум.	Лист у докум.	Лист у докум.	Лист у докум.	Лист у докум.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

20100000000000000000



7	Деталь: шпindel	20	4,5	20	10,0
8	Деталь: шпindel	20	5	20	10,0
9	Деталь: шпindel	20	6	20	10,0
10	Деталь: шпindel	20	7	20	10,0
11	Деталь: шпindel	20	8	20	10,0
12	Деталь: шпindel	20	9	20	10,0
13	Деталь: шпindel	20	10	20	10,0
14	Деталь: шпindel	20	11	20	10,0
15	Деталь: шпindel	20	12	20	10,0
16	Деталь: шпindel	20	13	20	10,0
17	Деталь: шпindel	20	14	20	10,0
18	Деталь: шпindel	20	15	20	10,0
19	Деталь: шпindel	20	16	20	10,0
20	Деталь: шпindel	20	17	20	10,0
21	Деталь: шпindel	20	18	20	10,0
22	Деталь: шпindel	20	19	20	10,0
23	Деталь: шпindel	20	20	20	10,0

№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96
97	98	99	100		

Маршрут механічної обробки (продовження)

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
020	<p>Токарно-револьверно з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Точити тонко поверхню 1 в розмір згідно ескізу 3. Розкотити поверхню 2 в розмір згідно ескізу 4. Зняти заготовку 	<p>Нейлозане з'єднання домілення дозволить отвору НН, білуу НН, милок ПН/2</p>	<p>Токарний високої точності з ЧПК MKS601003</p>

Нейлозане з'єднання домілення дозволить отвору НН, білуу НН, милок ПН/2

- Токарно-револьверно з ЧПК
- 1. Встановити і закріпити заготовку
- 2. Точити тонко поверхню 1 в розмір згідно ескізу
- 3. Розкотити поверхню 2 в розмір згідно ескізу
- 4. Зняти заготовку

020

Ескіз деталі та схема установки

Моделі верстатів

Токарний
високої
точності
з ЧПК
MKS601003

Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

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

№ операції	Назва операції	Розрахунок-ва кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{ст.}$	$\eta_{сер.}$	$\eta_{осер.}$
005	Токарна з ЧПК	0,44	1	0,44	0,75	
010	Токарна з ЧПК	0,88	1	0,88	0,74	0,74
015	Токарна з ЧПК	0,168	1	0,168	0,76	

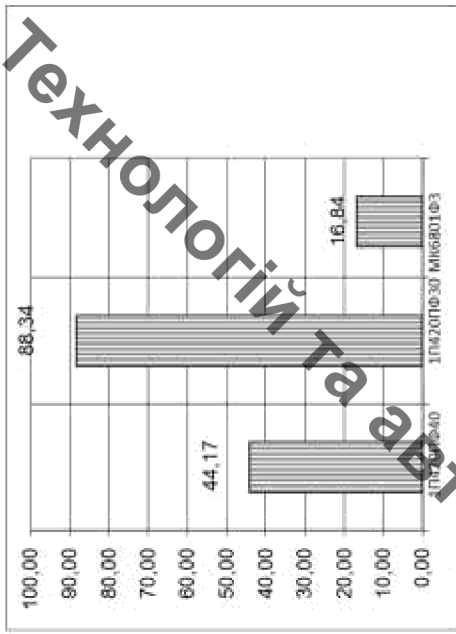


Рисунок 1 – Графік завантаження верстатів

Таблиця 2 – Відомість працюючих на дільниці

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

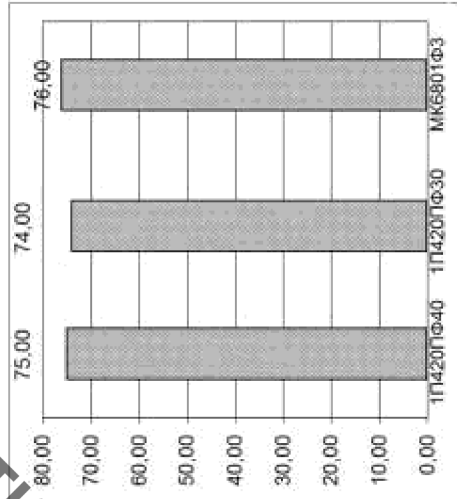


Рисунок 2 – Графік використання верстатів за основним часом