

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Технології машинобудування
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розроблення проекту ділянки механічного цеху для
виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 з дослідженням параметрів та
оснащення процесу розточування отворів**

Виконав: студент VI курсу, групи МТм-61
спеціальності (напряму підготовки) _____

131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	_____	<u>Бартошик Ю.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Паливода Ю.Є.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль - 2019

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: “Розроблення проекту ділянки механічного цеху для виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 з дослідженням параметрів та оснащення процесу розточування отворів.”

У першому розділі проведено аналіз стану питання щодо дослідження параметрів та оснащення процесу розточування отворів. Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра.

У другому розділі досліджено динамічні характеристики процесу обробки отвору розточною оправкою, її деформацію в процесі різання, що має вплив на точність та шорсткість поверхні обробленого отвору. Побудовано графічні залежності зміни деформації середньої лінії розточної оправки та величини її коливань в часі при розточуванні отворів в наслідок дії неврівноваженої сили різання. Досліджено методом кінцевих елементів величини напружень та деформацій, що виникають у розточній оправці в процесі дії на неї сил різання.

У третьому розділі проведено аналіз об’єкту виробництва, його застосування, технічні вимоги до поверхонь, його технологічність. Визначено тип виробництва, вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки – литво під тиском. Проведено синтез технологічного маршруту обробки деталі, визначено припуски та міжопераційні розміри. Проведено вибір різального, вимірювального інструментів, технологічного оснащення та обладнання. Проведено розрахунок режимів різання та технічних норм часу.

У четвертому розділі приведено опис патрона для обробки кільця на токарному верстаті з ЧПК, розрахували його точність та силові параметри.

У п’ятому розглянуто можливості застосування інформаційних технологій в науково-дослідній роботі та практичній діяльності.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РЕФЕРАТ		
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>					ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		

У шостому розділі розроблено план дільниці механічного цеху оброблення деталі.

У сьомому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування проектного технологічного процесу та ефективності науково-дослідної роботи. Очікуваний економічний ефект від впровадження технологічного процесу складає 119400 грн.

У восьмому розділі розглянули питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У дев'ятому розділі розглянули питання екології.

Загальний об'єм розрахунково-пояснювальної записки 118 сторінок.

Графічна частина представлена на 11 аркушах формату А1.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Похибки, які виникають в процесі розточування отворів є однією з основних проблемою, що пов'язана із використанням розточних оправок з декількома ріжучими кромками і вони призводять до зниження точності обробленого отвору. Перевагою при використанні розточних оправок з декількома ріжучими кромками є те, що заготовку можна розточити із значною сумарною подачею за один перехід, що є добутком кількості ріжучих кромок та подачі на одну ріжучу кромку. Значна загальна подача різання збільшує продуктивності процесу розточування отворів. Переважно на розточній оправці твердосплавні пластини розміщують симетрично, при цьому сили різання на ріжучих кромках зрівноважують одна одну і загальна сила різання, що діє на оправку стає рівною нулю, як наслідок виникає можливість одержувати вищу точність процесу різання при використанні розточних оправок з декількома ріжучими кромками при значному відношенні їх довжини до діаметра. Тому вивчення процесу розточування отворів розточними оправками з однією і декількома ріжучими кромками, порівняння їх деформацій під час різання є актуальним завданням.

У дипломній роботі вдосконалено технологічний процес виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 за рахунок використання прогресивних методів механічної обробки, які забезпечують високу точність, якість поверхонь деталей машин, підвищують ефективності виробництва.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>								
<i>Реценз.</i>					ВСТУП <i>ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61</i>				
<i>Н. контр.</i>									
<i>Затв.</i>									

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами

Дослідженням процесів розточування отворів присвячені праці багатьох дослідників, зокрема Гречішнікова В. А., Оборського Г. О. [22], Кірсанова С.В., Окубо Т., Мещерякова, Савуляка В.І. [23], Схіртладзе А. Г., Лазарева Д. Е., Крупи В.В. [24], Лінчевського П. А. [25], Уткіна Н. Ф., Pflighar F. Джугуряна Т.Г. [26] та ін. В роботах цих дослідників висвітлено моделювання і забезпечення точності розточування отворів, зокрема оброблення глибоких отворів, забезпечення показників шорсткості поверхонь оброблених отворів, проектування оправок для розточування.

В дослідженнях Puttman F.-J., Джугуряна Т. Г., Схіртладзе А. Г., Гречішнікова В. А., Карпуся В. Е., Кірсанова С.В., Лінчевського П. А., Streicher P. приведено конструкції розточних оправок для оброблення отворів. Зокрема, спроектовано конструкції розточних оправок, які забезпечують підвищення ефективності різання та забезпечення заданих показників якості оброблених отворів, а також подані схеми їх використання.

У дисертаційній роботі [24] представлено класифікацію розточних інструментів для оброблення отворів, яку зображено на рис. 1.1.

У роботі [27] представлено рівняння сумарної сили різання в напрямках осей X та Y, розглядаючи розточну оправку з чотирма пластинами (рис. 1.2). Ці рівняння можуть бути універсальними для будь-якої розточної оправки, що має різну кількість ріжучих частин. На розрахунковій схемі рис. 1.2 позначено θ – кут, що визначає напрямок дії сили F_{Ri} ,

$$\theta = 90 - \beta, \quad (1.1)$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>								
<i>Реценз.</i>					АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61				
<i>Н. контр.</i>									
<i>Затв.</i>									

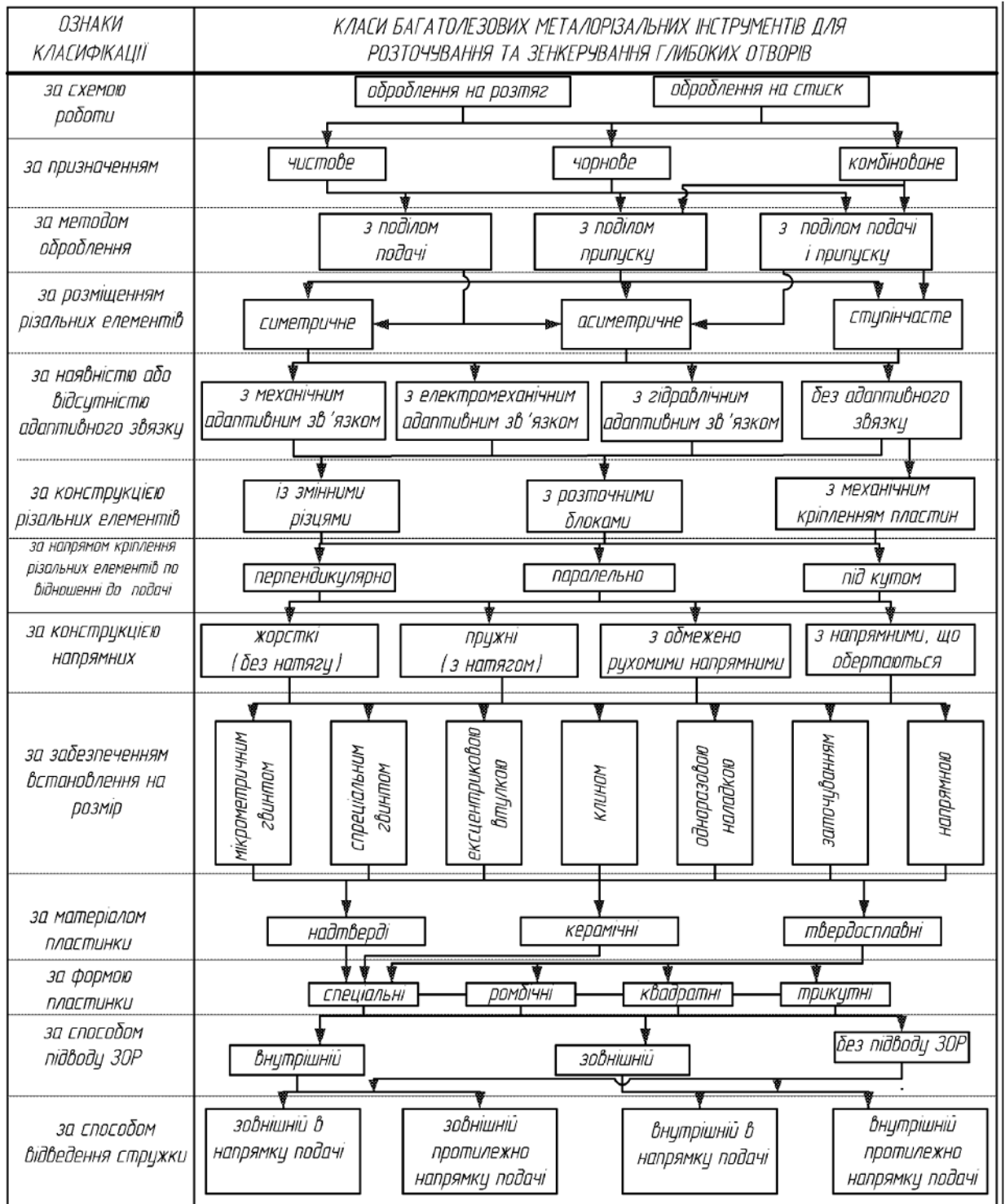


Рисунок 1.1. - Класифікація розточних інструментів для оброблення отворів [24]

де β – кут обертання розточної оправки за годинниковою стрілкою.

Для кожної ріжучої кромки напрямок результуючої сили F_{Ri} визначається із рівнянь

$$\alpha_{1,3} = \theta + \operatorname{arctg} \left(\frac{F_{r1,3}}{F_{t1,3}} \right), \quad (1.2)$$

$$\alpha_{2,4} = \operatorname{arctg} \left(\frac{F_{r2,4}}{F_{t2,4}} \right) - \theta, \quad (1.3)$$

де індекси 1, 2, 3, 4 відповідають номеру ріжучої кромки.

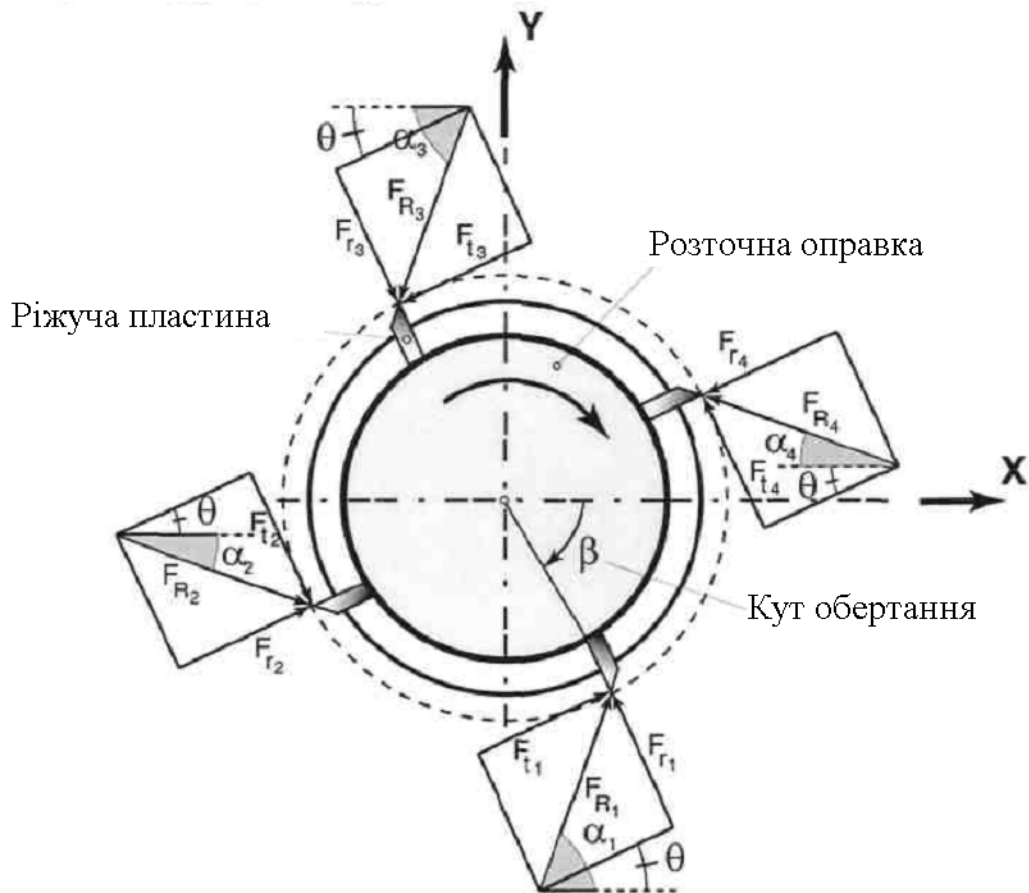


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема сил на розточній оправці із чотирма ріжучими кромками [27]

Сумарні сили в напрямку осей X та Y визначають за такими рівняннями:

$$F_x = F_{R1} \cos \alpha_1 + F_{R2} \cos \alpha_2 - F_{R3} \cos \alpha_3 - F_{R4} \cos \alpha_4; \quad (1.4)$$

$$F_y = F_{R1} \sin \alpha_1 - F_{R2} \sin \alpha_2 - F_{R3} \sin \alpha_3 + F_{R4} \sin \alpha_4. \quad (1.5)$$

В ідеальному випадку, коли процес розточування відбувається без похибок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-375.00.00

Арк.

11

сумарні сили різання F_x та F_y були б рівними нулю, тому що на кожній ріжучій кромці результуючі сили F_{Ri} повинні бути однаковими та врівноважувати одна одну при різних режимах різання. Похибки, що виникають в процесі розточування призводять до виникнення різниці навантажень на ріжучих кромках, що призводить зміни сумарної сили різання у вигляді періодичної функції в напрямках осей X та Y (F_x, F_y). Періодичність зміни сил F_x та F_y дорівнює періоду обертання шпинделя верстата ($T = 60/n$), де n - частота обертання шпинделя верстата, об/хв.

На основі значень тангенціальної сили різання F_t на кожній ріжучій кромці можна визначити крутний момент різання та потужність різання за формулами

$$T_c = \frac{D}{2} \sum_{i=1}^N F_{t,i}; \quad (1.6)$$

$$T_c = \frac{\pi D n}{1000} \sum_{i=1}^N F_{t,i}, \quad (1.7)$$

де D – діаметр отвору, що розточується, мм; N – кількість ріжучих кромок на розточній оправці, n – частота обертання шпинделя верстата, об/хв., $F_{t,i}$ – тангенціальна сила різання на i -ій ріжучій кромці.

Для випадку розточної оправки, що досліджувалась у роботі [27], було більше ніж 12 можливих геометричних змін зон зрізування поверхні отвору залежно від того, яка із ріжучих кромок, що беруть участь у процесі різання має зміщення в радіальному та осьовому напрямках.

На рис. 1.3 [27] показана розточна оправка з двома ріжучими кромками, що мають биття в радіальному та осьовому напрямках. Кількість металу, що зрізається кожною ріжучою кромкою представлено затемненими ділянками у нижній частині рисунка 1.3.

На рис. 1.4 [27] представлено схематичне зображення відхилень Δx та Δy розточної оправки від центра оброблюваного отвору

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

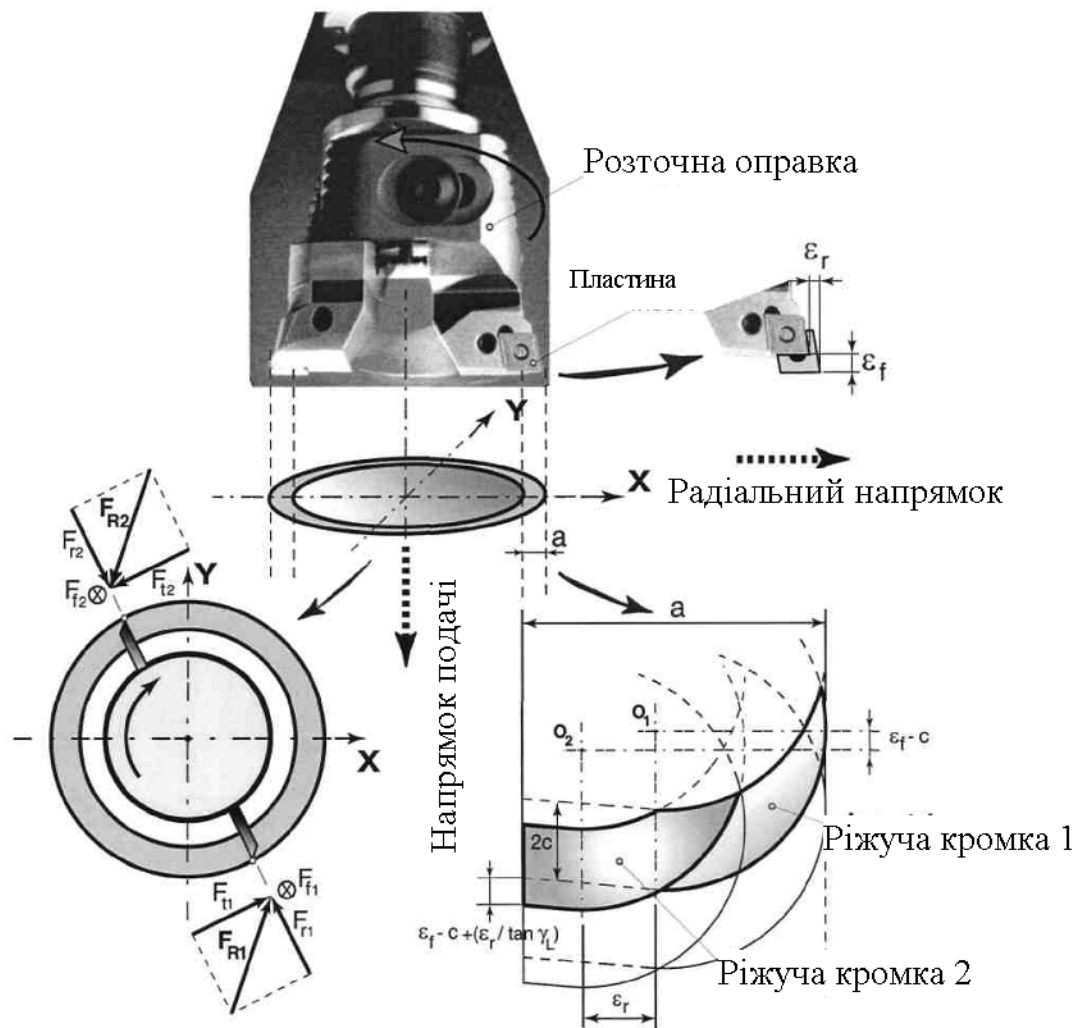


Рисунок 1.3 - Розточна оправка з двома ріжучими кромками, що мають биття в радіальному та осьовому напрямках. Кількість металу, що зрізається кожною ріжучою кромкою представлено затемненими ділянками [27]

Операція розточування отворів пов'язана з іншими процесами різання. Тому центри розточної оправки та отвору, що обробляється повинні співпадати для виконання точного процесу розточування. Якщо центр розточної оправки має відхилення відносно центру оброблюваного отвору, то глибина різання може змінюватись протягом одного обертання розточної оправки.

Глибина різання одержує максимальне значення, коли розточна оправка обертається за годинниковою стрілкою і досягає кута

$$\beta = \beta_i - \pi, \quad (1.8)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-375.00.00

Арк.

13

де β_i – кут, при якому глибина різання досягає мінімуму і визначається за формулою

$$\beta_i = \arctg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right), \quad (1.9)$$

де Δx та Δy - відхилення оправки в напрямках осей X та Y.

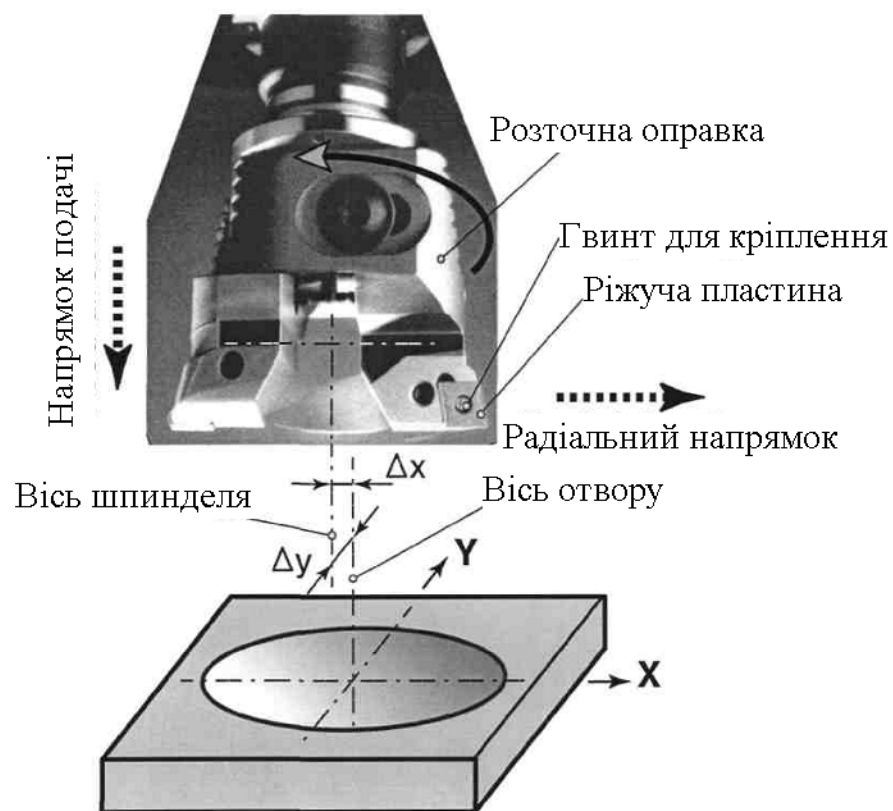


Рисунок 1.4 – Схематичне зображення відхилень Δx та Δy розточної оправки від центра оброблюваного отвору [27]

Відхилення розміщення розточної оправки впливає на зміну сили різання протягом першого переходу. Якщо таке відхилення є великим порівняно із глибиною різання, то зміна сил різання, що викликана биттями оправки та відхиленнями ріжучих кромek призводить до вимушених коливань технологічної системи.

На рис. 1.5 представлено [27] графік зміни глибини розточування при відхиленні розточної оправки Δx та Δy від центра оброблюваного отвору.

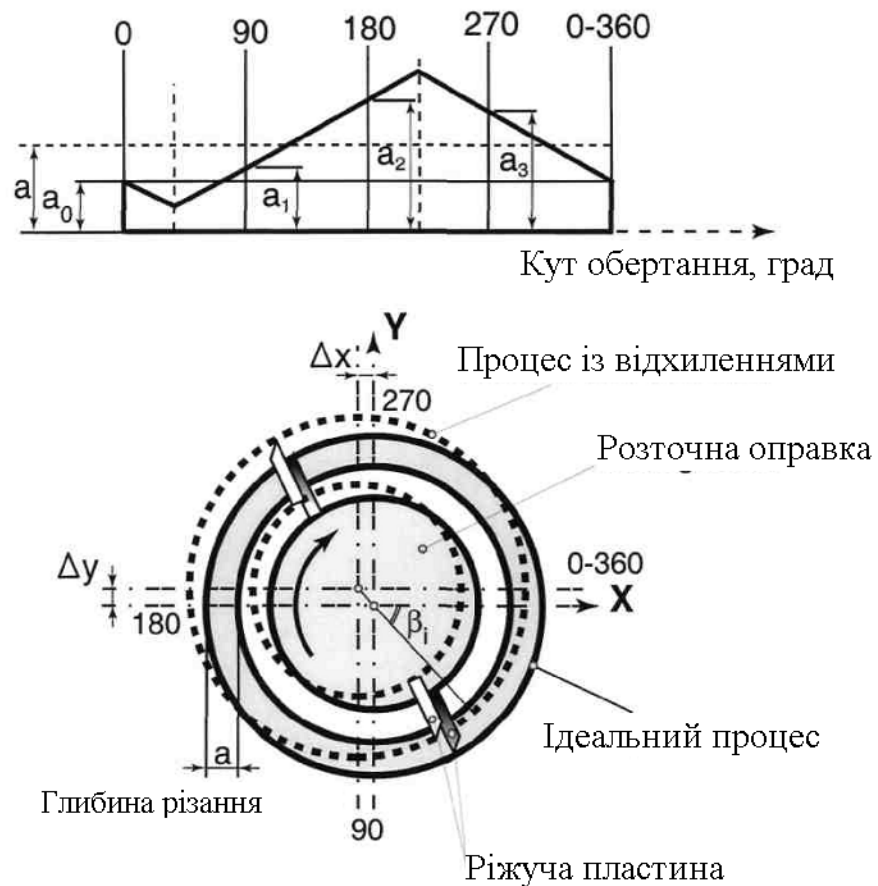


Рисунок 1.5 – Графік зміни глибини розточування при відхиленні розточної оправки Δx та Δy від центра оброблюваного отвору [27]

У дисертаційній роботі [24] відмічено, що за напруженнями розтягу чи стиску на розточній оправці розрізняють дві основні схеми розточування отворів: розточування на стиск (рис 1.6, а) і розточування на розтяг (рис 1.6, б) [28].

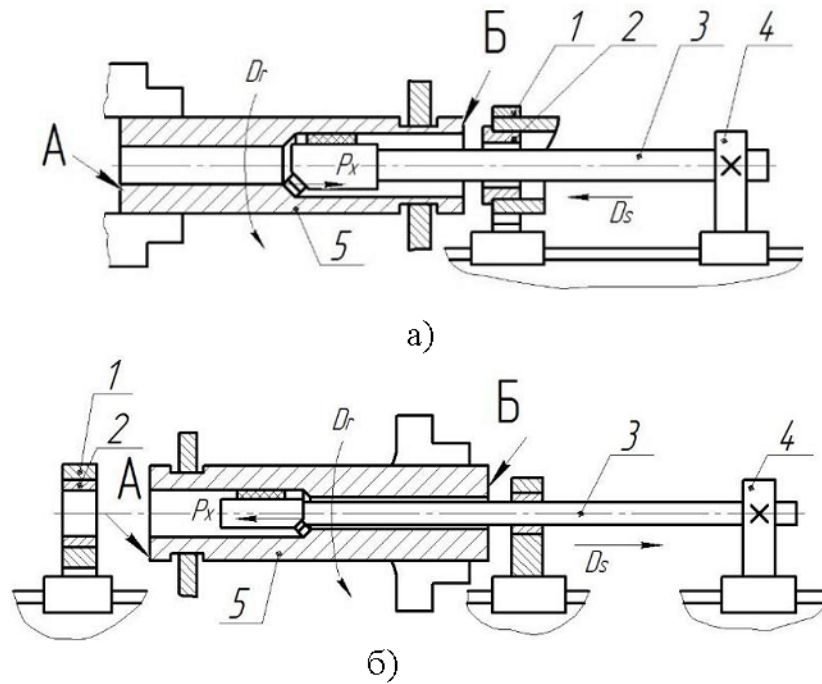


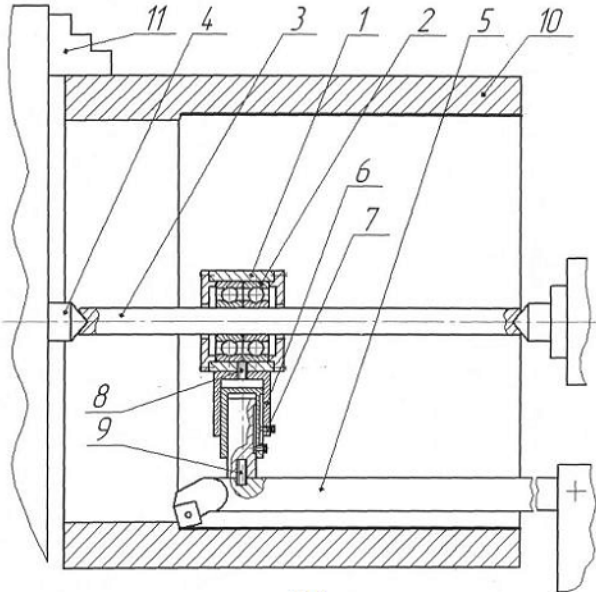
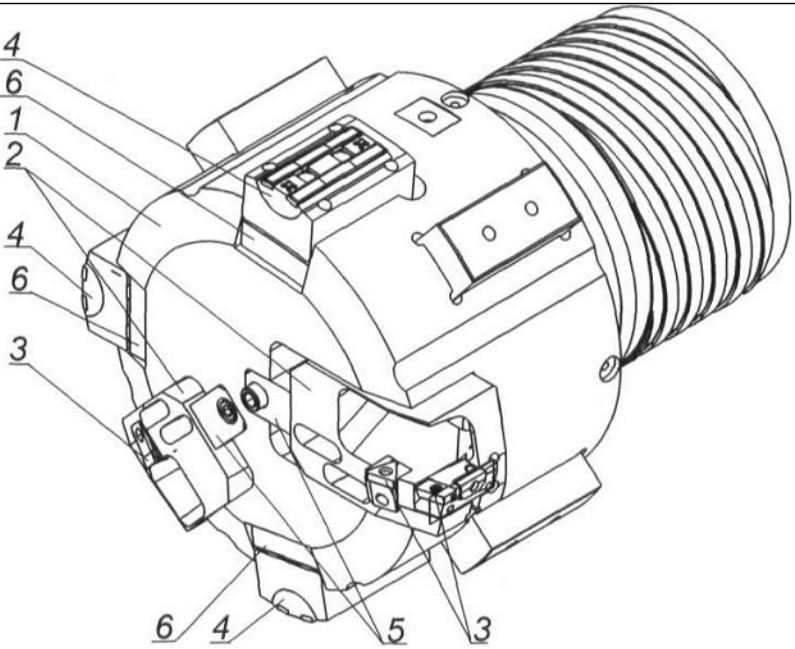
Рисунок 1.6 - Схеми розточування отворів: розточування на стиск а) і розточування на розтяг б) [24], [28]

У таблиці 1.1 представлено окремі патенти України, що пов'язанні з розточуванням отворів деталей машин

Таблиця 1.1 - Патенти України, що пов'язанні з розточуванням отворів деталей машин

№	Номер і назва патенту України	Рисунок до патенту, переваги
1	2	3
1	№60032 Розточна головка	<p>“До переваг пристрою відноситься удосконалення конструкції і підвищення продуктивності праці за рахунок зручності головки в роботі.”</p>

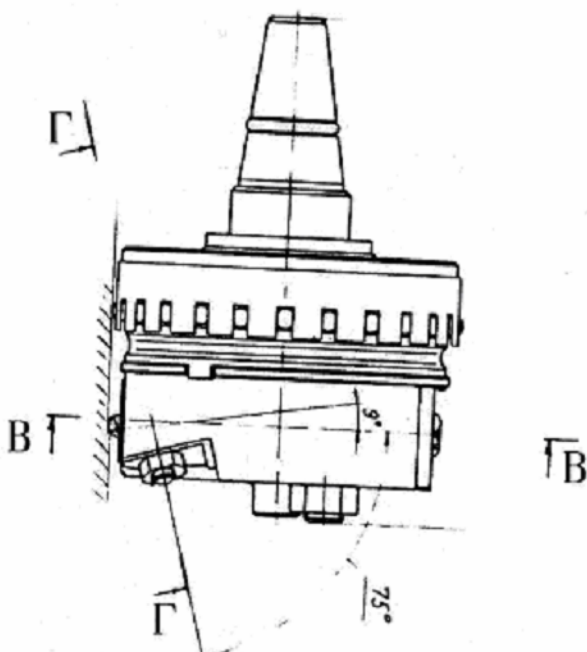
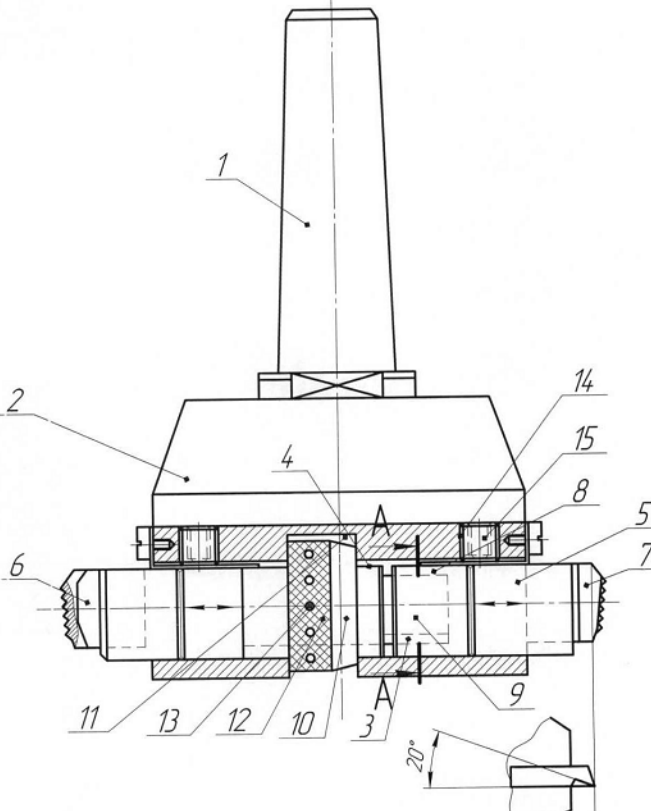
Продовження таблиці 1.1

1	2	3
4	<p>№74324 “Спосіб розточування глибоких отворів великих діаметрів на токарних верстатах”</p>	 <p>“Застосовуючи цей спосіб розточування глибоких отворів великих діаметрів на токарних верстатах, можна призначати оптимальні режими обробки, що забезпечить більш високу продуктивність праці. Крім цього, підвищується геометрична точність і якість поверхні, яку оброблюють.”</p>
5	<p>№130135 Головка глибокого розточування</p>	 <p>“В заявленій корисній моделі досягається розширення меж установного переміщення картриджів з різальними пластинами і напрямних пластин в радіальному напрямку, що розширює технологічні можливості розточувальної головки і дозволяє знизити витрати на інструмент.”</p>

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
6	<p>№88573 “Пристрій для фрезорозточування отворів великих діаметрів та довжин”</p>	 <p>“Застосування пристрою для фрезорозточування отворів великих діаметрів та довжини на токарних верстатах з ЧПК значно підвищує статичні та динамічні характеристики фрезорозточування отворів великих діаметрів та довжин.”</p>
7	<p>№73092 “Багатолезовий різальний інструмент для витяжного розточування внутрішніх циліндричних поверхонь”</p>	 <p>“Запропонована конструкція різального інструмента дозволить розширити технологічні можливості, а також використання інструмента внаслідок забезпечення постійності допоміжного кута в плані та за рахунок корегування головного кута в плані на різальних елементах, а також забезпечить нижчу шорсткість обробленої поверхні в порівнянні з іншими аналогічними інструментами з рівномірно-розміщеними по колу різальними елементами.”</p>

Закінчення таблиці 1.1

<p>1 8</p>	<p>2 №26595 “Пристрій для суміщеного процесу розточування і поверхневої пластичної деформації отворів”</p>	<p>3</p>  <p>“Пристрій забезпечує підвищення точності обробки отворів, збільшення терміну служби і розширення області застосування”</p>
<p>9</p>	<p>№127531 “Універсальний пристрій для розточування отворів і нарізання різі”</p>	 <p>“До переваг пристрою належить розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці”</p>

1.2. Висновки та постановка задач на дипломну роботу магістра

В результаті проведеного літературно-патентного пошуку встановлено, що похибки, які виникають в процесі розточування отворів є однією з основних проблемою, що пов'язана із використанням розточних оправок з декількома ріжучими кромками і вони призводять до зниження точності обробленого отвору. Перевагою при використанні розточних оправок з декількома ріжучими кромками є те, що заготовку можна розточити із значною сумарною подачею за один перехід, що є добутком кількості ріжучих кромок та подачі на одну ріжучу кромку. Значна загальна подача різання збільшує продуктивності процесу розточування отворів. Переважно на розточній оправці твердосплавні пластини розміщують симетрично, при цьому сили різання на ріжучих кромках зрівноважують одна одну і загальна сила різання, що діє на оправку стає рівною нулю, як наслідок виникає можливість одержувати вищу точність процесу різання при використанні розточних оправок з декількома ріжучими кромками при значному відношенні їх довжини до діаметра. Тому вивчення процесу розточування отворів розточними оправками з однією і декількома ріжучими кромками, порівняння їх деформацій під час різання є актуальним завданням.

У дипломній роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Дослідити динамічні характеристики процесу обробки отвору розточною оправкою, її деформацію в процесі різання, що має вплив на точність та шорсткість поверхні обробленого отвору.

2. Побудувати графічні залежності зміни деформації середньої лінії розточної оправки та величини її коливань в часі при розточуванні отворів в наслідок дії неврівноваженої сили різання.

3. Дослідити методом кінцевих елементів величини напружень та деформацій, що виникають у розточній оправці в процесі дії на неї сил різання.

4. Вдосконалити відомий технологічний процес обробки кільця ЖИЦД 712442.019.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження деформації розточної оправки в процесі різання при дії неврівноваженої сили різання

В процесі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що динамічні характеристики процесу обробки отвору розточною оправкою, її деформація в процесі різання мають вплив на точність та шорсткість поверхні обробленого отвору, тому доцільно провести дослідження деформації розточної оправки в процесі різання при дії неврівноваженої сили різання. Тому виділимо з розточної оправки малий елемент довжиною dx (рис. 2.1), що обертається навколо вертикальної вісі x із постійною кутовою частотою обертання ω . При цьому відбувається деформація на величину $y(x,t)$ розточної оправки у площині xOy . Площину xOy прийнято пов'язаною із площиною максимального прогину розточної оправки.

На рисунку 2.1 позначено Q – поперечне зусилля у перерізі розточної оправки із координатою x , $Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx$ - поперечне зусилля із координатою $x-dx$, θ_1 – кут між координатою x та віссю Ox , що дотична до середньої лінії нормальних перерізів розточної оправки; θ_2 – кут між координатою $x-dx$ та віссю Ox , що дотична до середньої лінії нормальних перерізів розточної оправки; dF_i - сила інерції виділеного елемента розточної оправки.

Силу інерції на елементі розточної оправки:

$$dF_i = \omega^2 y m(x) dx, \quad (1.1)$$

де $m(x)$ - погонна маса розточної оправки вздовж вісі x .

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>						
<i>Реценз.</i>					НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

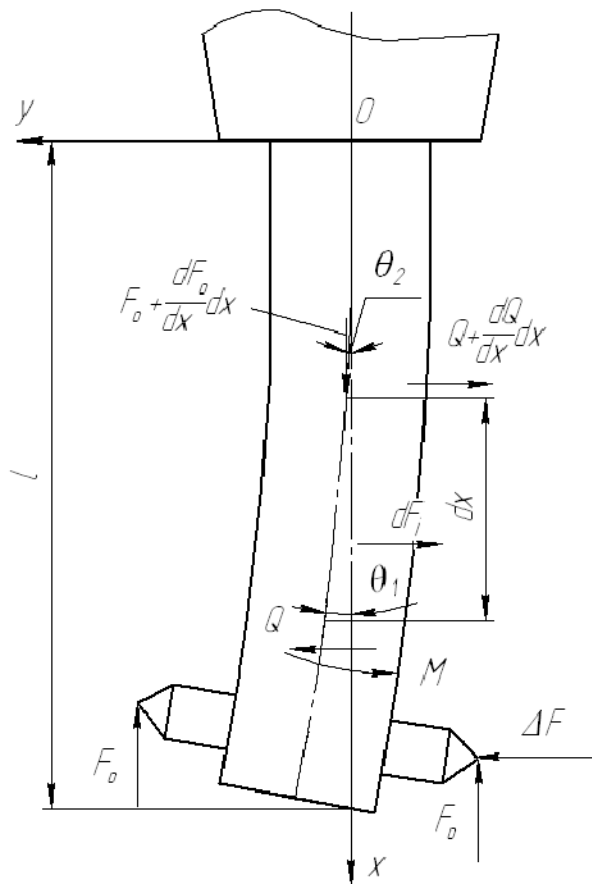


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема для визначення деформації розточної оправки в процесі різання при дії нерівноваженої сили різання

Згідно схеми на рис. 2.1 рівняння руху елемента розточної оправки dx :

$$-F_0 \sin \theta_1 - \frac{\partial Q}{\partial x} dx + \left(F_0 + \frac{\partial F_0}{\partial x} dx \right) \sin \theta_2 + \omega^2 y m(x) dx + \Delta F dx = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} dx, \quad (1.2)$$

де F_0 – осьова сила різання;

ΔF - нерівноважена сила різання.

Враховуючи, що для малих переміщень елемента розточної оправки $\frac{\partial y}{\partial x}$, θ_1 ,

θ_2 будуть також малими величинами, використовуємо рівняння [29], [30]

$$\sin \theta_1 = \frac{\partial y}{\partial x}, \quad \sin \theta_2 = \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx.$$

Після скорочень на dx , отримаємо:

$$-\frac{\partial Q}{\partial x} + F_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial F_0}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} + \omega^2 y m(x) + \Delta F = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (1.3)$$

Зв'язок між згинальним моментом M та поперечним зусиллям Q для розточної оправки, що піддається дії осьової сили визначаємо із залежності [30]:

$$Q = \frac{dM}{dx} - F_0 \frac{\partial y}{\partial x}. \quad (1.4)$$

Підставляючи рівняння (1.4) у рівняння (1.3), після перетворень одержуємо:

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{dM}{dx} - F_0 \frac{\partial y}{\partial x} \right) + F_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial F_0}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} + \omega^2 y m(x) + \Delta F = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (1.5)$$

Враховуючи те, що $M = EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$, а також, що $F_0 = \text{const}$, після перетворень рівняння (1.5) отримано:

$$-EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + F_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \omega^2 y m(x) + \Delta F = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}; \quad (1.6)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{EI}{m(x)} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - \frac{F_0}{m(x)} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \omega^2 y = \frac{\Delta F}{m(x)}. \quad (1.7)$$

Розв'язок рівняння (1.7) проведемо поєднанням метода Фур'є [31] та чисельного методу Рунге-Кутта.

Рівняння (1.7) має однорідні граничні умови: $y(0,t) = 0$; $y(\mu l, t) = 0$ та початкові умови: $y(x,0) = 0$; $y'(x,0) = \omega R$, де R – радіус розточуваного отвору, μ – коефіцієнт довжини, що залежить від способу закріплення розточної оправки [5], при цьому добуток μl – приведена довжина розточної оправки. Для розточної оправки із однією закріпленою стороною $\mu = 2$ [32].

Розв'язок рівняння (1.7) можна представити у вигляді добутку [31]

$$y(x,t) = X(x)T(t), \quad (1.8)$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«де $T(t)$ - функція тільки змінної t ,»

« $X(x)$ - функція тільки змінної x .»

Підставляючи рівняння (1.8) в рівняння (1.7), одержуємо:

$$T''(t)X(x) = -\frac{EI}{m(x)}X^{IV}(x)T(t) + \frac{F_0X''(x)T(t)}{m(x)} + \omega^2X(x)T(t) + \frac{\Delta FX(x)T(t)}{m(x)} \quad (1.9)$$

Поділивши рівняння (1.9) на добуток $X(x)T(t)$, одержали

$$\frac{T''(t)}{T(t)} = -\frac{EI}{m(x)}\frac{X^{IV}(x)}{X(x)} + \frac{F_0X''(x)}{m(x)X(x)} + \omega^2 + \frac{\Delta F}{m(x)}. \quad (1.10)$$

Рівність (1.10) виконується для всіх значеннях незалежних змінних $0 < x < l$, $t > 0$. Фіксуючи значення x і маючи t , одержуємо що права та ліва частини рівності (1.10) при зміні своїх аргументів забезпечує постійне значення:

$$\frac{T''(t)}{T(t)} = -\frac{EI}{m(x)}\frac{X^{IV}(x)}{X(x)} + \frac{F_0X''(x)}{m(x)X(x)} + \omega^2 + \frac{\Delta F}{m(x)} = -\lambda, \quad (1.11)$$

де λ – константа розділення змінних.

Із співвідношення (1.11) після перетворень одержали диференціальні рівняння для визначення функцій $X(x)$ та $T(t)$:

$$T''(t) + \lambda T(t) = 0; \quad (1.12)$$

$$-EIX^{IV}(x) + F_0X''(x) + \omega^2m(x)X(x) + \Delta FX(x) + \lambda m(x)X(x) = 0. \quad (1.13)$$

Розв'яжемо задачу Штурма-Ліувілля для знаходження константи λ . Корені характеристичного рівняння (1.12) є уявними $p = \pm i\sqrt{\lambda}$, то загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння:

$$T(t) = A_1e^{i\sqrt{\lambda}t} + A_2e^{-i\sqrt{\lambda}t} = C_1\cos(\sqrt{\lambda}t) + C_2\sin(\sqrt{\lambda}t), \quad (1.14)$$

					ДР 18-375.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де A_1, A_2, C_1, C_2 – сталі інтегрування, встановлені із початкових умов.

Із граничних початкових умов, одержано $C_1=0$.

Знаходимо похідну рівняння (1.14):

$$T'(t) = \sqrt{\lambda} \left(-C_1 \sin(\sqrt{\lambda}t) + C_2 \cos(\sqrt{\lambda}t) \right). \quad (1.15)$$

На приведеній довжині розточної оправки у будь-який момент часу не відбувається деформація і функція $y(x,t)=0$, то із рівняння (1.15) для часу

$$t = \frac{\mu l}{\omega R}, \quad T'(t) = 0. \quad (1.16)$$

Тому

$$C_2 \cos(\sqrt{\lambda}t) = 0. \quad (1.17)$$

$C_2 \neq 0$ для одержання нетривіального розв'язку диференціального рівняння, тому:

$$\cos(\sqrt{\lambda}t) = 0, \quad (1.18)$$

звідки

$$\sqrt{\lambda} = \frac{\pi}{2t}. \quad (1.19)$$

При цьому одержуємо:

$$\lambda = \frac{\pi^2 \omega^2 R^2}{\mu^2 l^2}. \quad (1.20)$$

Константа C_2 – це прогин при статичних навантаженнях розточної оправки в середньому січенні.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому рівняння (1.14) набуде вигляду:

$$T(t) = C_2 \cos\left(\frac{\pi\omega R}{\mu l} t\right). \quad (1.21)$$

Розв'язок диференціального рівняння (1.13) проведемо чисельним методом із наступними початковими умовами: при $x=0$, $X(x)=0$, $X(\mu l)=0$, $X' = 0$, $X'' = 0$.

При цьому масу розточної оправки визначено за формулою:

$$m(x) = \rho S x, \quad (1.22)$$

де ρ – густина матеріалу розточної оправки;

S – площа поперечного сечення розточної оправки.

Результати розв'язку рівняння 1.12 представлено на рисунках 2.2 та 2.3 у вигляді графіків.

Загальний розв'язок рівняння $y(x, t) = X(x)T(t)$ для визначення величини деформації розточної оправки при дії зовнішніх сил різання в часі представлено у вигляді графіка на рис. 2.4.

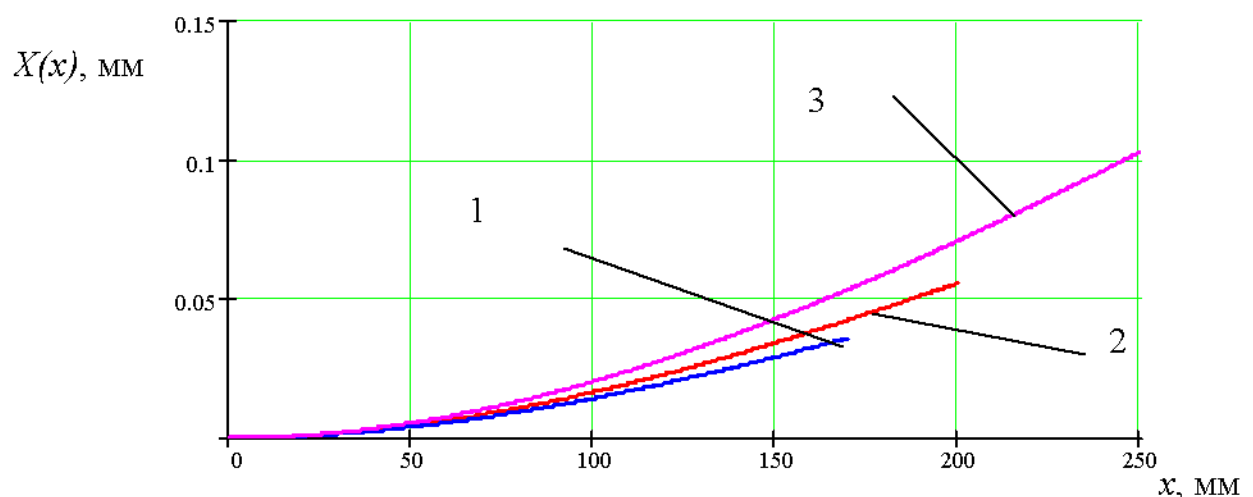


Рисунок 2.2 – Графіки залежності функції $X(x)$ величини деформації розточної оправки: 1) $l=170$ мм; 2) $l=200$ мм; 3) $l=250$ мм

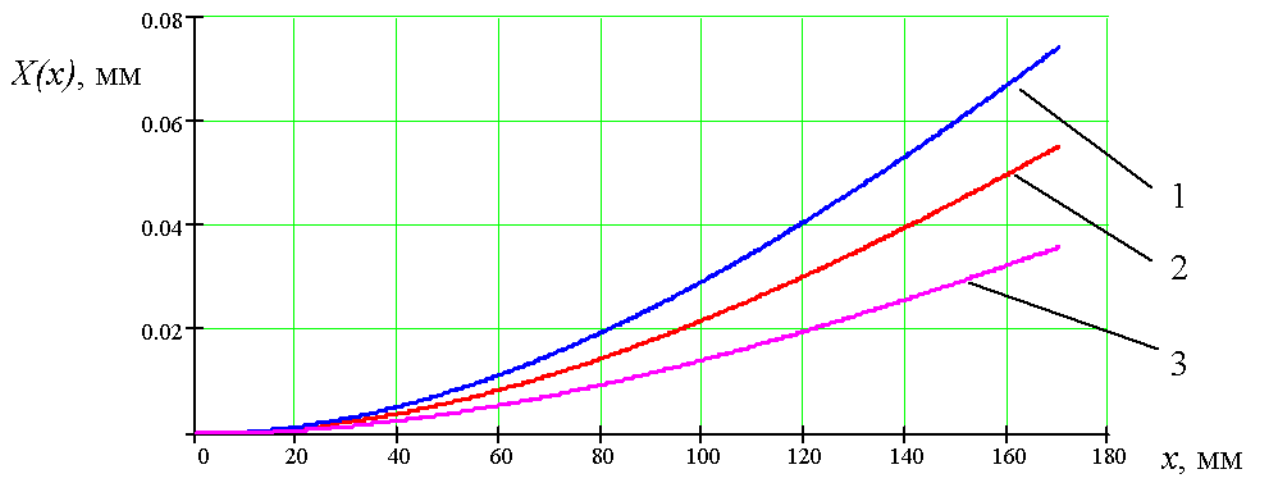


Рисунок 2.3 – Графіки залежності функції $X(x)$ величини деформації розточної оправки довжиною $l=170$ мм при 1) $d=35$ мм; 2) $d=40$ мм; 3) $d=45$ мм

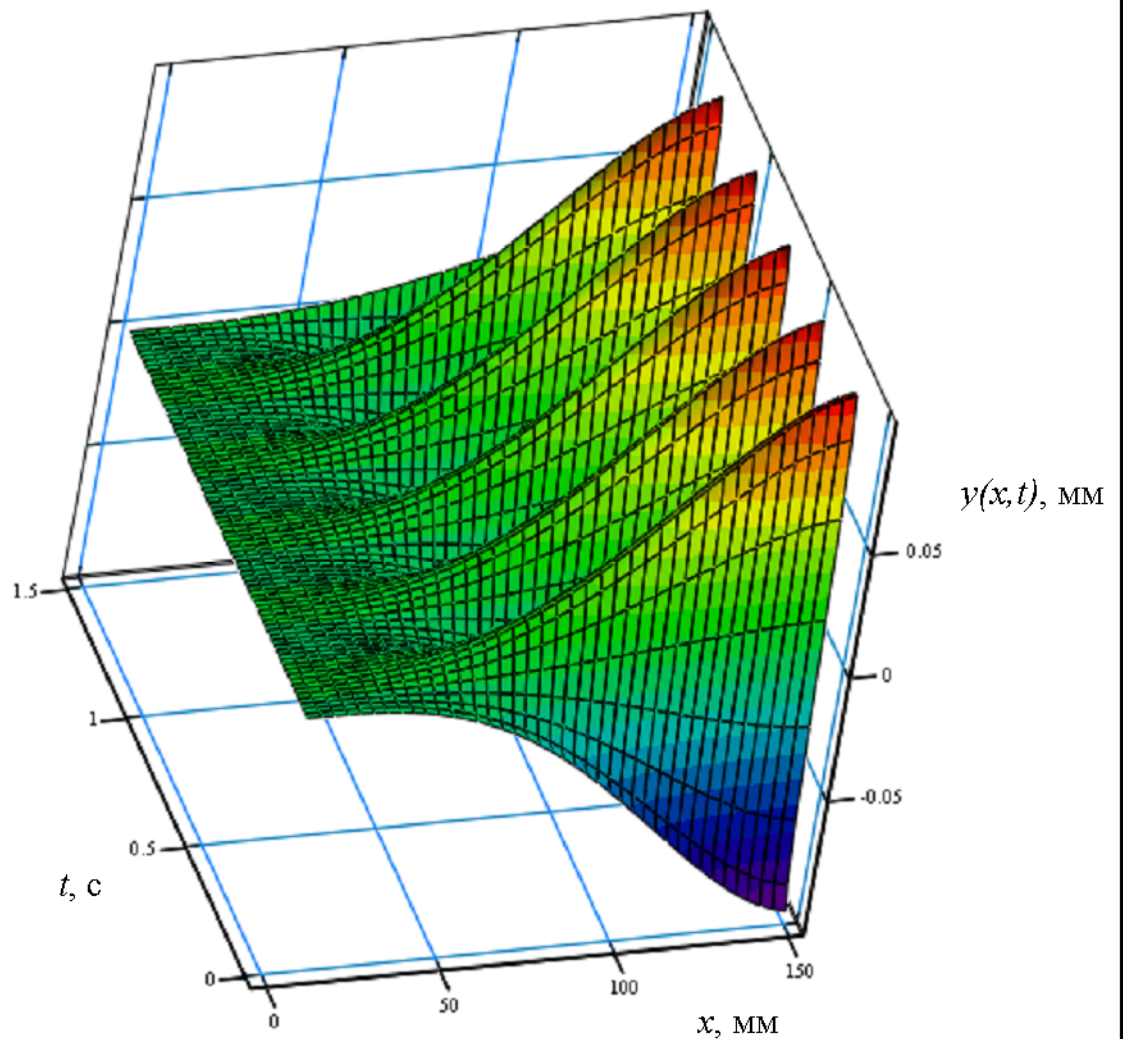


Рисунок 2.4 - Графік зміни деформації середньої лінії розточної оправки в часі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-375.00.00

Арк.

Із графіків на рис. 2.2, 2.3 та 2.4 видно, що збільшення довжини розточної оправки l призводить до збільшення величини i деформації в напрямку осі y , а зменшення діаметра розточної оправки d призводить до збільшення величини ii деформації в напрямку осі y . Найбільше значення деформації досягає 0,1 мм для оправки довжиною 250 мм, а найменше – 0,04 мм для оправки довжиною 170 мм.

У часі деформація оправки носить коливний характер, при цьому період коливання розточної оправки залежить від частоти iii обертання. В загальному деформації досягають досить значних величин, тому в процесі використання розточних оправок доцільно мінімізувати неврівноважену силу різання за рахунок використання декількох ріжучих кромки і точного виставлення розточної оправки відносно отвору, що обробляється.

2.2. Дослідження методом кінцевих елементів величини напружень та деформацій, що виникають у розточній оправці в процесі дії на неї сил різання

В процесі досліджень проведено комп'ютерне моделювання розточної оправки з двома різцями, що розміщені симетрично, створена відповідна 3D модель за допомогою пакету прикладних програм твердотілого моделювання. При розрахунках проведено генерацію кінцево-елементної сітки створеної моделі.

У результаті моделювання одержали пружно-деформований стан розточної оправки та різців. При проводилось моделювання для двох випадків:

1. Сили різання прикладені лише до одного різця, що дозволяє визначити напружено-деформований стан розточної оправки із одним різцем.
2. Сили різання прикладені до двох різців, при чому наперед заданий дисбаланс сил різання на двох різцях.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уся процедура досліджень включала 3-D моделювання розточної оправки з різцями, генерування кінцево-елементної сітки, накладання граничних умов (рис. 2.5), при яких розточна оправка закріплювалась консольно, формування навантаження силами різання на одному та на двох різцях (рис. 2.6, 2.10). У діалогових вікнах програми отримували графічне відображення деформацій (рис. 2.8, 2.12) та напружень (рис. 2.7, 2.11), що виникають у розточній оправці та різцях.

В результаті аналізу результатів моделювання методом кінцевих елементів встановлено, що при використанні одного різця на розточній оправці виникають значно більші напруження (при основі оправки) та деформації (на вільній стороні оправки) ніж при використанні двох різців на розточній оправці. Це зумовлено частковим взаємним зрівноваженням сил різання при використанні оправки із двома різцями. Найбільші напруження та деформації виникають на різці, до якого прикладені більші сили різання.

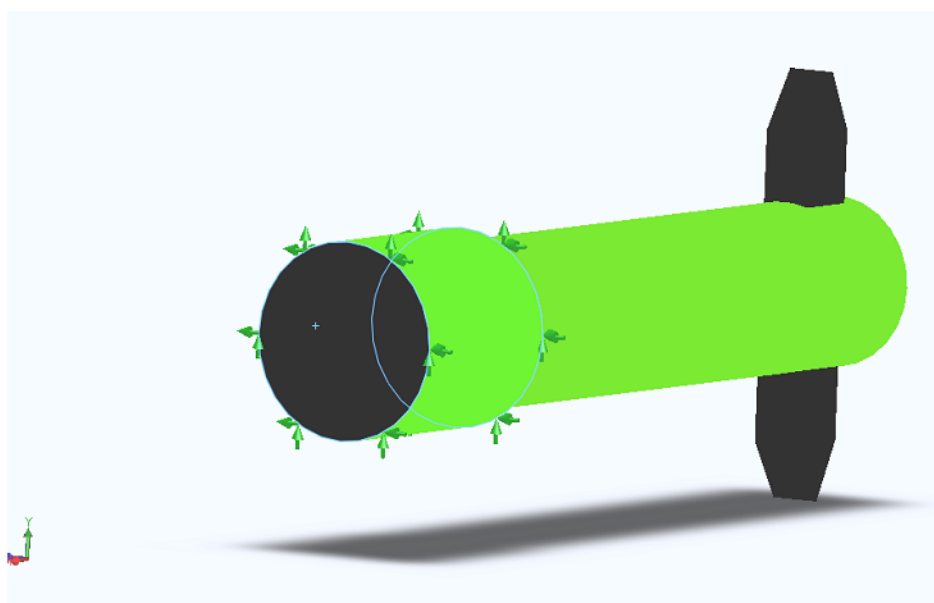


Рисунок 2.5 - Накладання граничних умов на розточну оправку

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

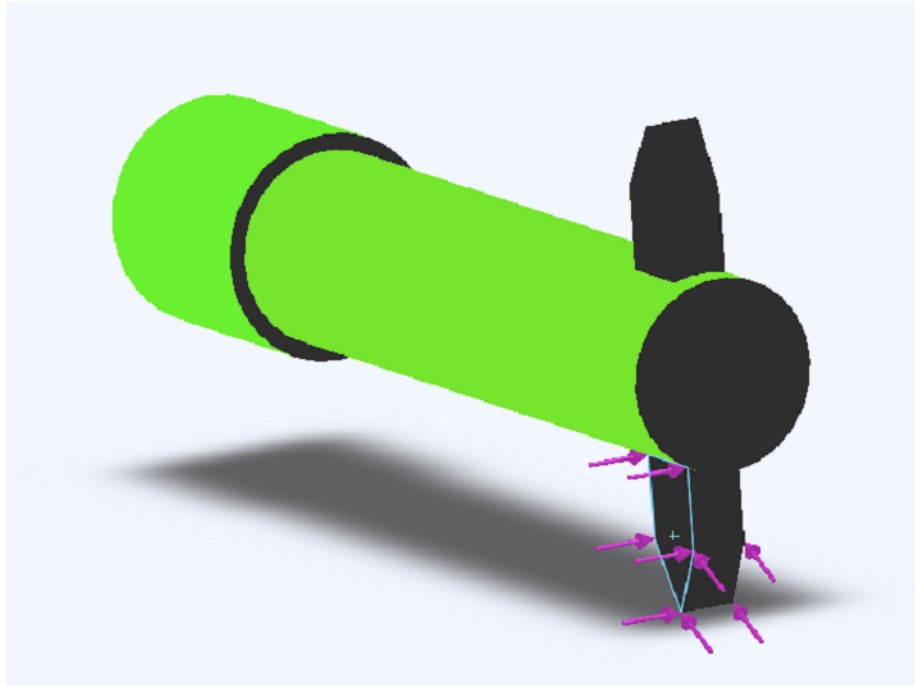


Рисунок 2.6 - Формування навантаження силами різання на одному різці оправки

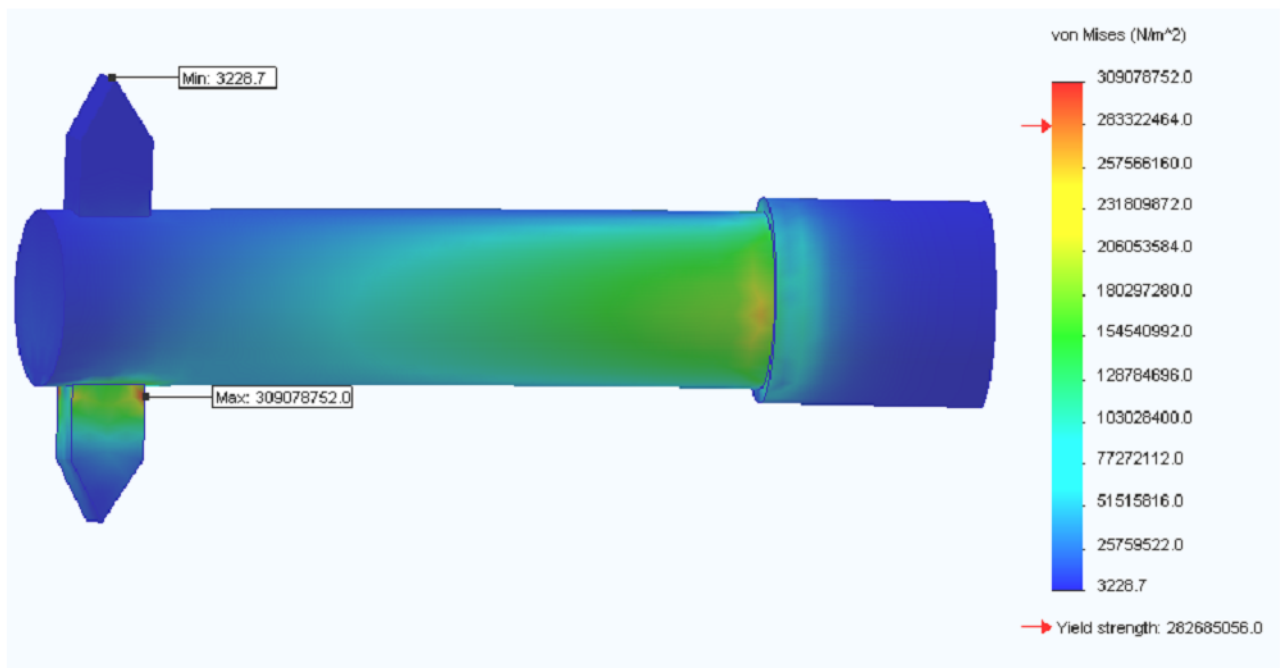


Рисунок 2.7 - Графічне відображення напружень, що виникають у розточній оправці та на різці при навантаженні силами різання одного різця

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

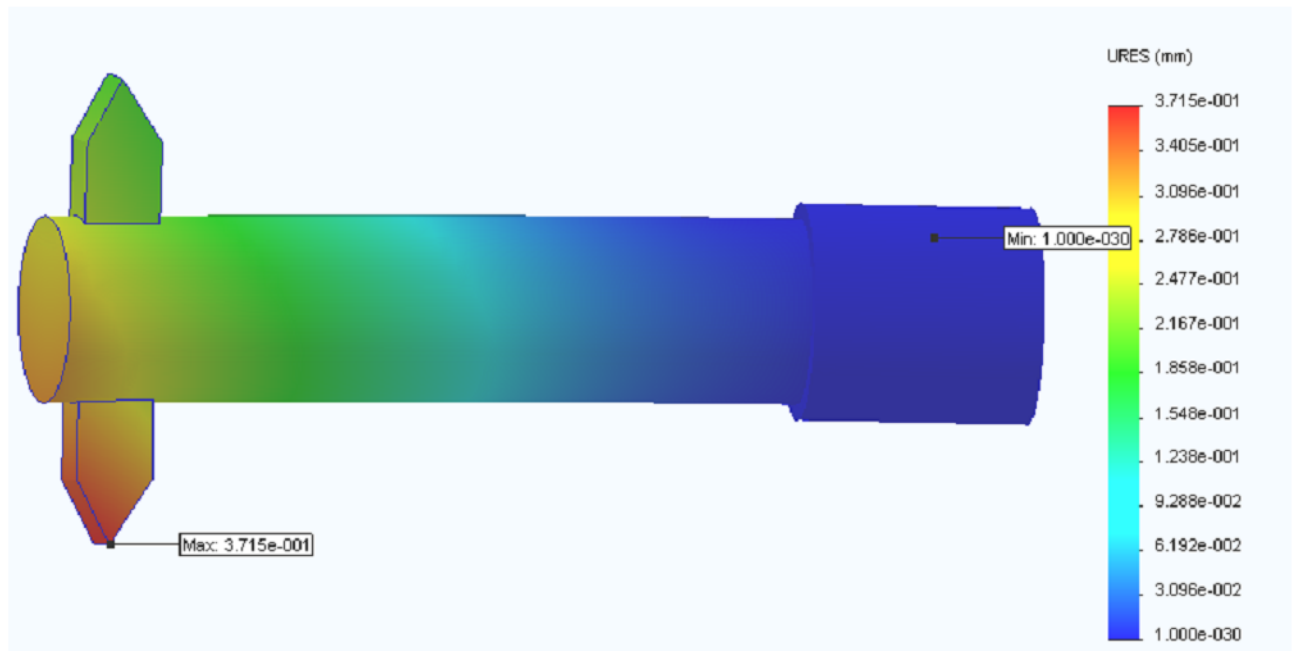


Рисунок 2.8 - Графічне відображення деформацій, що виникають у розточній оправці та на різці при навантаженні силами різання одного різця

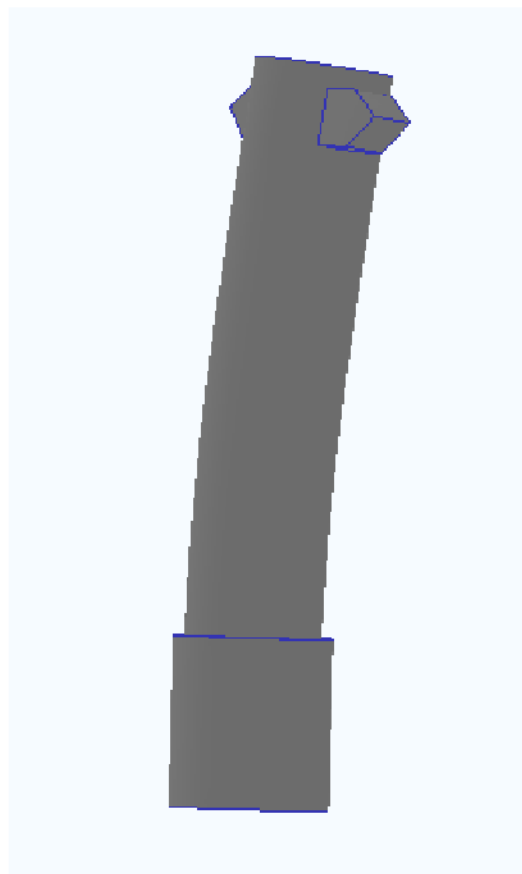


Рисунок 2.9 - Графічне відображення деформованої оправки при навантаженні силами різання одного різця

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

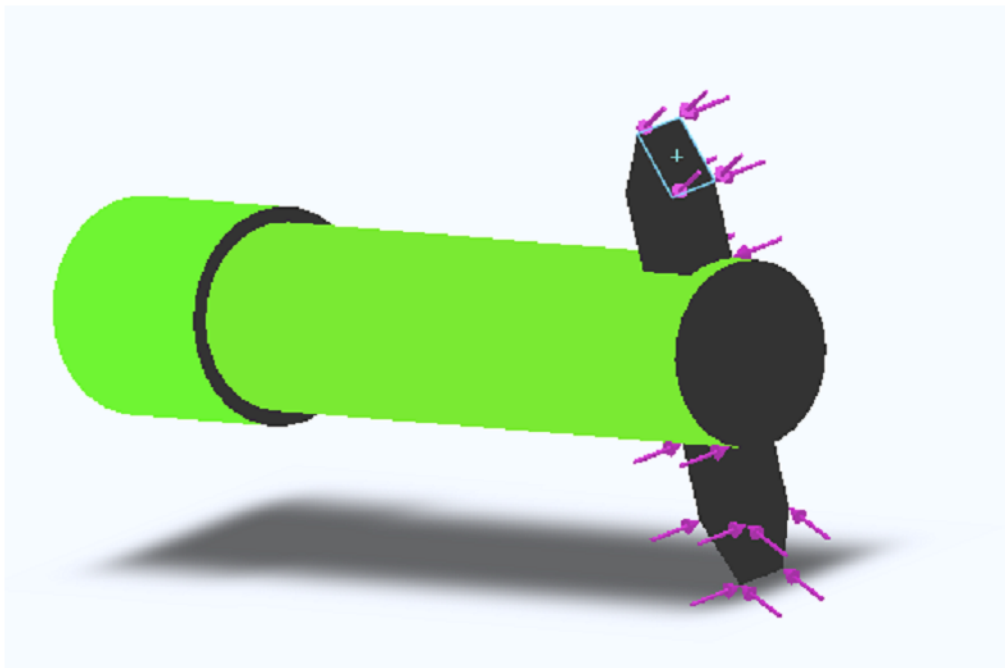


Рисунок 2.10- Формування навантаження силами різання на двох різцях оправки

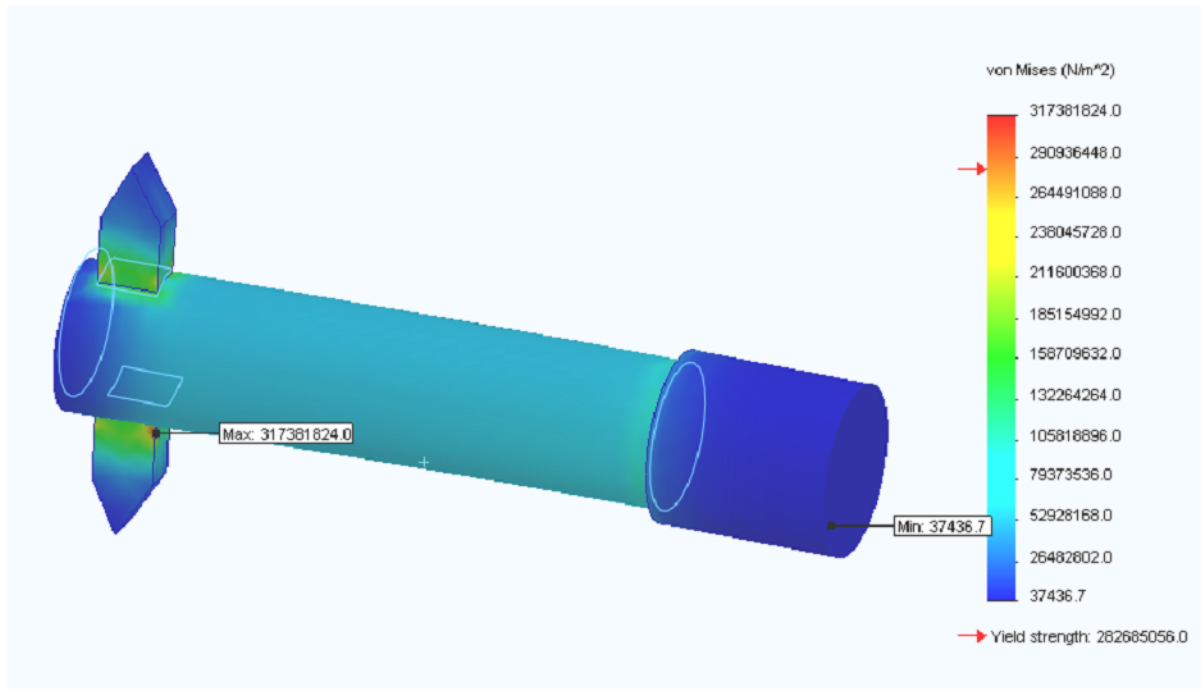


Рисунок 2.11 - Графічне відображення напружень, що виникають у розточній оправці та на різцях при навантаженні силами різання двох різців

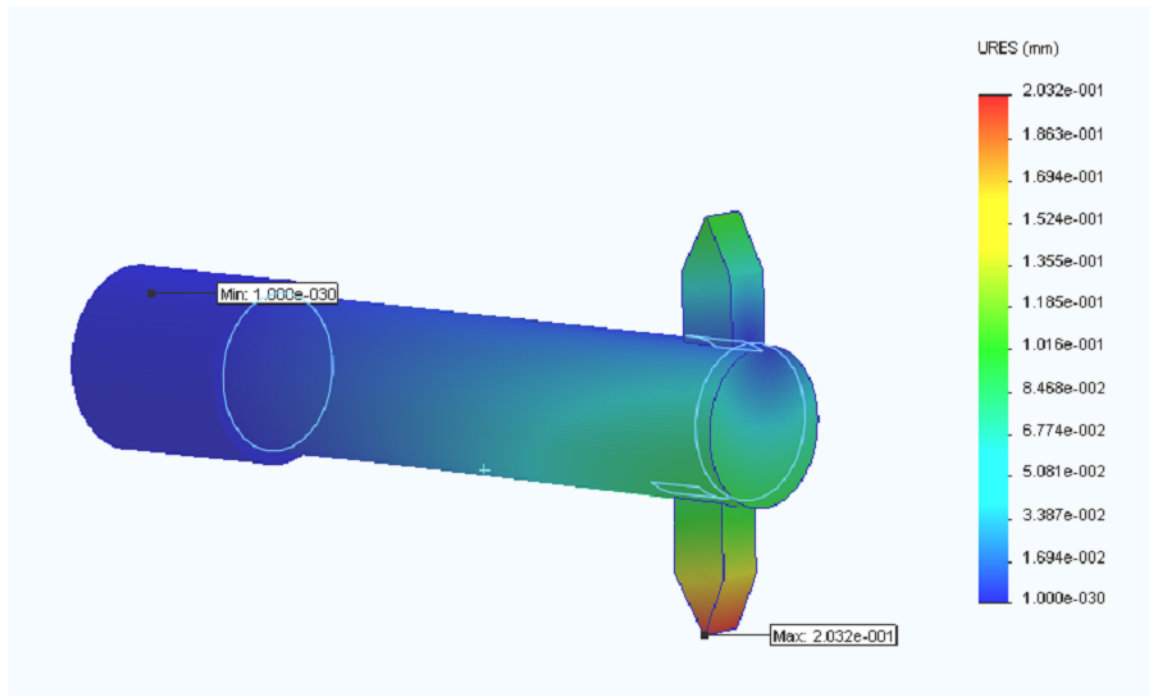


Рисунок 2.12 - Графічне відображення деформацій, що виникають у розточній оправці та на різцях при навантаженні силами різання двох різців

2.3. Висновки

У розділі проведено дослідження деформації розточної оправки в процесі різання при дії неврівноваженої сили різання. Із зображених графіків видно, що збільшення довжини розточної оправки l призводить до збільшення величини її деформації в напрямку осі y , а зменшення діаметра розточної оправки d призводить до збільшення величини її деформації в напрямку осі z . Найбільше значення деформації досягає 0,1 мм для оправки довжиною 250 мм, а найменше – 0,04 мм для оправки довжиною 170 мм.

У часі деформація оправки носить коливний характер, при цьому період коливання розточної оправки залежить від частоти її обертання. В загальному деформації досягають досить значних величин, тому в процесі використання розточних оправок доцільно мінімізувати неврівноважену силу різання за

рахунок використання декількох ріжучих кромek і точного виставлення розточної оправки відносно отвору, що обробляється.

Також проведено 3-D моделювання розточної оправки з різцями, генерування кінцево-елементної сітки, накладання граничних умов, при яких розточна оправка закріплювалась консольно, формування навантаження силами різання на одному та на двох різцях. В результаті отримували графічне відображення деформацій та напружень, що виникають у розточній оправці та різцях.

На основі аналізу результатів моделювання методом кінцевих елементів встановлено, що при використанні одного різця на розточній оправці виникають значно більші напруження (при основі оправки) та деформації (на вільній стороні оправки) ніж при використанні двох різців на розточній оправці. Це зумовлено частковим взаємним зрівноваженням сил різання при використанні оправки із двома різцями. Найбільші напруження та деформації виникають на різці, до якого прикладені більші сили різання.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб

Деталь “Кільце” ЖИЦД 712442.019 входить до складу вибухобезпечного промислового світильника НСП18ВEx.

Основне призначення деталі “Кільце” ЖИЦД 712442.019 – установка та взаємне розміщення елементів виробу.

У відповідності із класифікатором ЄСКД деталь “Кільце” ЖИЦД 712442.019 відноситься до 71 класу – «тіла обертання типу кільця, дисків, шківів, блоків, стержнів, втулок, стаканів, колонок, валів, осей, штоків, шпинделів, тощо.» В цьому класі всі деталі машинобудування класифікуються по трьом діапазонам відносно дожини деталі L до найбільшого зовнішнього діаметру d . В нашому випадку $L = 100$ мм, $d = 285$ мм. Отже, $0,5 < L/d = 0,35 < 2$ – кільця, диски.

Основними поверхнями деталі є: зовнішня циліндрична різева поверхня $M210 \times 3-8g$; $Ra 6,3$, яка призначена для кріплення кришки світильника; внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 260H9^{(+0,130)}$, $Ra2,5$ є посадочною поверхнею; торцеві поверхні $100h14$, $Ra 12,5$ – забезпечення якісної зборки вузла; чотири різеві отвори $M4-7H$ та чотири різеві отвори $M6-7H$; $Ra 6,3$ призначені під кріпильні деталі.

Всі решта поверхонь другорядні.

Після присвоєння поверхням деталі номерів виконуємо аналіз її технічних вимог і записуємо в таблицю 3.1.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Торцева поверхня $43\pm 0,5$	14	Ra12,5
2	Фаска внутрішня $1,5\times 45^\circ$	14	Ra12,5
3	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 260H9(^{+0,130})$	9	Ra2,5
4	Внутрішні циліндричні канавки $b=4; 1\pm 0,5$	не обробляється	Rz50
5	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 228$	не обробляється	Rz50
6	Внутрішній торець $1\pm 0,5$	14	Ra12,5
7	Торцева поверхня 21	не обробляється	Rz50
8	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 208; R3$	не обробляється	Rz50
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 236$	не обробляється	Rz50
10	Фаска зовнішня $1\times 45^\circ$	14	Ra12,5
11	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 285$	не обробляється	Rz50
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 274$	не обробляється	Rz50
13	Зовнішня різьба поверхня M210×3-8g	8 ступінь точності різі	Ra 6,3
14	Внутрішній торець $66\pm 0,5$	14	Ra12,5
15	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 191$	не обробляється	Rz50
16	Зовнішня канавка $\varnothing 205,5_{-1,0}; 2\times 45^\circ$	14	Ra12,5
17	Зовнішня канавка $\varnothing 205,5_{-1,0}; 6\times 45^\circ$	14	Ra12,5
18	Зовнішня торцева поверхня $38\pm IT14/2$	14	Ra12,5
19...22	Різьбові отвори M4-7H; 13H16; $45^\circ\pm 10'$	7 ступінь точності різі	Ra 6,3
23...26	Різьбові отвори M6-7H; 13H16; $45^\circ\pm 10'$	7 ступінь точності різі	Ra 6,3

Деталь “Кільце” ЖИЦД. 712442.019 виготовляється з конструкційного алюмінієвого сплаву АК12 ГОСТ 1583-93 [3]: “за призначенням цей сплав

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відноситься до групи сплавів, які вирізняються високою герметичністю. За хімічним складом залежності від основного легуючого елементу – кремнію, середній відсотковий вміст якого становить 12%, сплав АК12 1583-93 відноситься до першої системи: Al-Si-Mg.”

Приводимо хімічний склад та механічні властивості вище вказаного матеріалу відповідно до даних довідника [3].

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сплаву АК12 ГОСТ 1583-93, %

Алюміній	Кремній	Кальцій	Титан	Мідь	Цинк	Магній	Цирконій
		не більше					
основа	10-13	0,08	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1

Таблиця 3.3 – Механічні властивості сплаву АК12 ГОСТ 1583-93

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, ρ , г/см ³	σ_p , МПа	Відносне видовження, %	Твердість, НВ
в кокіль	–	2,55-2,6	157	2,0	50
під тиском	–		157	1,0	50
в кокіль	відпал		147	3,0	50
під тиском	відпал		147	2,0	50

3.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Розраховуємо кількісні показники технологічності, використовуючи технічні вимоги таблиці 3.1.

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{T.ч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.1)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 4 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 19}{24} = 8,25;$$

$$K_{T.ч} = 1 - \frac{1}{8,25} = 0,88.$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При $K_{тн} = 0,88 > 0,8$ кільце середньої точності і, відповідно технологічне.
Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{сп}}, \quad (3.2)$$

$$B_{сп} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 20 + 3 \cdot 3}{24} = 3,92,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,92} = 0,26.$$

При $K_{ш} = 0,26 > 0,16$ кільце відносимо до технологічного.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{у.е.} = \frac{N_{у.е.}}{N_e} = \frac{23}{24} = 0,96. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт $K_{у.е.} = 0,96$ вказує на те, що деталь є технологічною. Для обробки поверхонь можна використовувати стандартні інструменти, універсальне обладнання та не складну технологічну оснастку.

3.3. Аналіз типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва знаходимо відповідно до річної програми випуску, із завдання $N = 12\ 000$ шт. при масі деталі $m = 2,5$ кг. Тому тип виробництва середньосерійний.

3.4. Вибір способу одержання заготовки

Приймаємо два способи отримання заготовки:

- 1) литво в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням;
- 2) литво під низьким тиском.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно ГОСТ 26645-85 для литва в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням: клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3. Для литва під низьким тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1.

Усі табличні припуски на механічну обробку поверхонь деталі вносимо в таблицю 3.4.

Масу заготовок будемо визначати за наступною формулою:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (3.4)$$

де $q = 2,5$ – маса деталі, кг;

$m_{\text{пр}}$ – маса припуску, кг.

Таблиця 3.4 – Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) литво в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням: клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3.				
Торцева поверхня 43±0,5	Ra12,5	4,0	4,2	47,2±2,0
Торцева поверхня 38 _{-0,62}	Ra12,5	3,6	4,2	42,2±1,8
Отвір Ø260H9	Ra3,2	6,4	7,0 × 2 = 14,0	Ø246±3,2
Зовнішня різьова поверхня M210×3-8g	Ra12,5	5,6	6,0 × 2 = 12,0	Ø222±2,8
Торцева поверхня 66±0,5	Ra12,5	4,4	5,0	71±2,2
Торцева поверхня 1±0,5	Ra12,5	2,0	2,8	3,8±1,0

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 285$	Rz400	6,4	–	$\varnothing 285 \pm 3,2$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 274$	Rz400	6,4	–	$\varnothing 274 \pm 3,2$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 236$	Rz400	5,6	–	$\varnothing 236 \pm 2,8$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 191$	Rz400	5,6	–	$\varnothing 191 \pm 2,8$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 208$	Rz400	5,6	–	$\varnothing 208 \pm 2,8$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 228$	Rz400	5,6	–	$\varnothing 228 \pm 2,8$
Торцева поверхня 100	Rz400	4,4	9,2	$109,2 \pm 2,2$
Торцева поверхня 18	Rz400	3,2	–	$18 \pm 1,6$
Торцева поверхня 21	Rz400	3,2	2,8	$23,8 \pm 1,6$
2) литво під низьким тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1				
Торцева поверхня $43 \pm 0,5$	Ra12,5	1,0	1,0	$44 \pm 0,5$
Торцева поверхня $38_{-0,62}$	Ra12,5	0,9	1,0	$37 \pm 0,45$
Отвір $\varnothing 260H9$	Ra3,2	1,6	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 256 \pm 0,8$
Зовнішня різева поверхня M210×3-8g	Ra12,5	1,4	$1,6 \times 2 = 3,2$	$\varnothing 213,2 \pm 0,7$
Торцева поверхня $66 \pm 0,5$	Ra12,5	1,1	1,2	$67,2 \pm 0,55$
Торцева поверхня $1 \pm 0,5$	Ra12,5	0,5	0,8	$1,8 \pm 0,25$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 285$	Rz50	1,6	–	$\varnothing 285 \pm 0,8$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 274$	Rz50	1,6	–	$\varnothing 285 \pm 0,8$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 236$	Rz50	1,6	–	$\varnothing 274 \pm 0,8$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-375.00.00

Арк.

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Внутрішня циліндрична поверхня Ø191	Rz50	1,4	–	Ø236±0,7
Внутрішня циліндрична поверхня Ø208	Rz50	1,4	–	Ø191±0,7
Зовнішня циліндрична поверхня Ø228	Rz50	1,4	–	Ø208±0,7
Торцева поверхня 100	Rz50	1,4	–	Ø228±0,7
Торцева поверхня 18	Rz50	1,1	2,2	102,2±0,55
Торцева поверхня 21	Rz50	0,8	–	18±0,4
Торцева поверхня 43±0,5	Rz50	0,8	0,8	21,8±0,4

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (3.5)$$

ρ – густина АК12, $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$.

Встановлюємо об'єми припусків циліндричної форми:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (3.6)$$

Визначаємо об'єм припусків для двох способів:

– литво в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (285^2 - 246^2) \cdot 4,2}{4} = 68277,57 \text{ мм}^3 = 68,28 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (260^2 - 246^2) \cdot 31,2}{4} = 173501,33 \text{ мм}^3 = 173,5 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (260^2 - 208^2) \cdot 2,8}{4} = 53490,53 \text{ мм}^3 = 53,49 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (222^2 - 210^2) \cdot 38}{4} = 154638,72 \text{ мм}^3 = 154,64 \text{ см}^3.$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (228^2 - 222^2) \cdot 4,2}{4} = 8901,9 \text{ мм}^3 = 8,902 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (222^2 - 191^2) \cdot 5,0}{4} = 50251,78 \text{ мм}^3 = 50,25 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$V_{\text{пр}} = 68,28 + 173,5 + 53,49 + 154,64 + 8,902 + 50,25 = 509,062 \text{ см}^3.$$

– ЛИТВО ПІД НИЗЬКИМ ТИСКОМ:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (285^2 - 256^2) \cdot 1}{4} = 13547,45 \text{ мм}^3 = 13,55 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (260^2 - 256^2) \cdot 33,2}{4} = 53791,97 \text{ мм}^3 = 53,79 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (260^2 - 208^2) \cdot 0,8}{4} = 15283 \text{ мм}^3 = 15,283 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (213,2^2 - 210^2) \cdot 38}{4} = 40396,98 \text{ мм}^3 = 40,397 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (228^2 - 213,2^2) \cdot 1}{4} = 5638,45 \text{ мм}^3 = 5,64 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (213,2^2 - 191^2) \cdot 1,2}{4} = 8452,8 \text{ мм}^3 = 8,45 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$V_{\text{пр}} = 13,55 + 53,79 + 15,283 + 40,397 + 5,64 + 8,45 = 137,11 \text{ см}^3.$$

Маса припуску для двох способів одержання заготовок:

– литво в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням:

$$m_{\text{пр1}} = 509,062 \cdot 2,6 = 1323,56 \text{ г} = 1,324 \text{ кг}.$$

– ЛИТВО ПІД НИЗЬКИМ ТИСКОМ:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{\text{пр2}} = 137,11 \cdot 2,6 = 356,486 \text{ г} = 0,356 \text{ кг.}$$

Маси заготовок:

– литво в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням:

$$Q_1 = 2,5 + 1,324 = 3,824 \text{ кг.}$$

– литво під низьким тиском:

$$Q_2 = 2,5 + 0,356 = 2,856 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.7)$$

де $q = 2,5 \text{ кг}$ – маса деталі.

– для литва в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{2,5}{3,824} = 0,65.$$

– для литва під низьким тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{2,5}{2,856} = 0,87.$$

Заповнюємо порівняльну таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Порівняльна таблиця

Назва позиції	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	литво в піщані форми за дерев'яними моделями із ручним формуванням	литво під низьким тиском
$K_{\text{в.м.}}$	0,65	0,87

Другий варіант заготовки прийнято для розроблення технологічного процесу.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Вибір методів оброблення і технологічних баз

При обробці деталі “Кільце” ЖИЦД, 712442.019 на 005 токарній операції в якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий клиновий з пневмозатиском ГОСТ 24351-80 з базуванням деталі по торцю і внутрішній поверхні.

На 010 токарній операції деталь базується по торцю і зовнішній циліндричній поверхні в спеціальному пристрої.

На 015, 020, 025, 030 вертикально-свердлильній і різенарізних операціях деталь базується по торцю і внутрішній циліндричній поверхні в спеціальних пристосуваннях – кондукторах і підставках. Затиск деталі здійснюється прихватами із кулачками.

3.6. Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу з вибором технологічного обладнання

В таблиці 3.6. виконано порівняння двох маршрутів механічної обробки деталі.

Таблиця 3.6 – Методи і маршрути обробки поверхонь деталі

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Торцева поверхня $43 \pm 0,5$	14	Ra12,5	Точіння торця напівчистове при поперечній подачі	–
2	Фаска внутрішня $1,5 \times 45^\circ$	14	Ra12,5	Розточування напівчистове	–
3	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 260H9^{(+0,130)}$	9	Ra2,5	1) Розточування напівчистове 2) Розточування чистове	–

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
4	Внутрішні циліндричні канавки $b=4; 1\pm 0,5$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
5	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 228$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
6	Внутрішній торець $1\pm 0,5$	14	Ra12,5	Точіння торця напівчистове при поперечній подачі	—
7	Торцева поверхня 21	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
8	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 208; R3$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 236$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
10	Фаска зовнішня $1\times 45^\circ$	14	Ra12,5	Точіння напівчистове	—
11	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 285$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 274$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
13	Зовнішня різева поверхня M210×3-8g	8 ступінь точності різі	Ra 6,3	1) Точіння напівчистове дворазове 2) Нарізання різі різцем	1) Точіння напівчистове дворазове 2) фрезерування різі
14	Зовнішня торцева поверхня $66\pm 0,5$	14	Ra12,5	Точіння торця напівчистове при поперечній подачі	—
15	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 191$	7 клас точності	Rz50	Не обробляється	—
16	Зовнішня канавка $2\times 45^\circ; \varnothing 205,5_{-1,0}$	14	Ra12,5	Точіння при поперечній подачі	Точіння при поздовжній подачі
17	Зовнішня канавка $6\times 45^\circ; \varnothing 205,5_{-1,0}$	14	Ra12,5	Точіння при поперечній подачі	Точіння при поздовжній подачі

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
18	Зовнішня торцева поверхня 38 _{-0,62}	14	Ra12,5	Точіння торця напівчистове при поперечній подачі	–
19... 22	Різьбові отвори М4-7Н; 13Н16; 45°±10'	7 ступінь точності різі	Ra 6,3	1) Свердління по кернях 2) Нарізання різі мітчиком	1) Свердління по кондуктору 2) Нарізання різі мітчиком
23... 26	Різьбові отвори М6-7Н; 13Н16; 45°±10'	7 ступінь точності різі	Ra 6,3	1) Свердління по кернях 2) Нарізання різі мітчиком	1) Свердління по кондуктору 2) Нарізання різі мітчиком

Розробку операційної технології проведемо для операцій 005 та 010 токарних з ЧПК. Для виконання цих операцій прийнятий токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3. Базами на 005 операції є торцева поверхня 1 і внутрішня циліндрична поверхня 3. На 010 операції базами є зовнішній торець 18 та внутрішній торець 7. В якості пристосування на 005 операції використовується трьохкулачковий самоцентрівний патрон з електрозатиском, на 010 токарній операції – в спеціальному патроні з електрозатиском.

005 Токарна з ЧПК

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Підрізати остаточно торець 14, витримуючи розмір 66,8±0,5.
3. Точити попередньо поверхню 13 з підрізкою торця 18, витримуючи розміри $\varnothing 211_{-1,0}$; 38_{-0,62}
4. Точити остаточно зовнішню поверхню 13 під різь, витримуючи розмір $\varnothing 209,79_{-0,44}$; 38_{-0,62}; точити остаточно зовнішню канавку 16, витримуючи розміри $2\pm 0,2 \times 45^\circ$; $\varnothing 205,5_{-1,0}$; точити остаточно зовнішню канавку 17, витримуючи розміри $6 \times 45^\circ$; $\varnothing 205,5_{-1,0}$ послідовно.
5. Нарізати різь 13, витримуючи розмір M210×3-8g ; 38_{-0,62}.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Зняти деталь.

Перевірити розміри: $66,8 \pm 0,5$; $6 \times 45^\circ$; $2 \pm 0,2 \times 45^\circ$; $\varnothing 205,5_{-1,0}$; M210×3-8g ;
38_{-0,62}. Контроль 30%

010 Токарна з ЧПК

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір $43 \pm 0,5$.

3. Розточити внутрішню фаску 2, витримуючи розмір $1,68 \times 45^\circ$; розточити попередньо внутрішню поверхню 3, витримуючи розмір $\varnothing 259,64^{+0,32}$; підрізати внутрішній торець 6, витримуючи розмір $1 \pm 0,5$ послідовно.

4. Розточити остаточно внутрішню поверхню 3, витримуючи розмір $\varnothing 260^{+0,130}$.

5. Зняти деталь.

Перевірити розміри: $\varnothing 260^{+0,130}$; $1 \times 45^\circ$; $1,5 \times 45^\circ$; $1 \pm 0,5$; $43 \pm 0,5$. Контроль 30%

015 Вертикально-свердлильна

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Свердлити чотири отвори під різь 18...21 M4 та чотири отвори під різь 22...25 M6 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; l=13H16, $\varnothing 4,95^{+0,26}$; l=13H16.

3. Зняти деталь.

4. Перевірити розміри: $\varnothing 3,3^{+0,16}$; l=13H16, $\varnothing 4,95^{+0,26}$; l=13H16. Контроль 30%

020 Різенарізна

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Нарізати різь 18...21 послідовно, витримуючи розміри M4-7H l=8min

3. Зняти деталь.

4. Перевірити розміри: M4-7H l=8min. Контроль 30%

025 Вертикально-свердлильна

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Свердлити отвір $\varnothing 6$, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,1}$; $l=10H14$.
3. Зняти деталь.
4. Перевірити розміри: $\varnothing 6^{+0,1}$; $l=10H14$. Контроль 30%

030 Різенарізна

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Нарізати різь 22...25 послідовно, витримуючи розміри М6-7Н $l=8\text{min}$.
3. Зняти деталь.
4. Перевірити розміри: М6-7Н $l=8\text{min}$. Контроль 30%.

Операція 035. Контроль.

В таблиці 3.7. представлено перелік технологічного обладнання та оснащення

Таблиця 3.7 – Вибір обладнання та оснащення

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
1	2	3	4
005	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3	Патрон трьохкулачковий важільно-клиновий з електрозатиском ГОСТ 24351-80
010	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3	Патрон спеціальний із затиском трьома прихватами по торцевій поверхні
015	Вертикально-свердлильна	Вертикально - свердлильний верстат мод. 2Н135	Кондуктор і багатошпindelна свердлильна головка спеціальні
025	Вертикально-свердлильна	Вертикально - свердлильний верстат мод. 2Н135	Кондуктор спеціальний із базуванням деталі по торцю та отвору із пневмозатиском
020, 030	Різенарізна	Різенарізний напівавтомат мод. 2056	Підставка цехова поворотна із базуванням деталі по торцю та отвору
035	Контроль		Стіл контролера

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7. Визначення припусків на оброблення і розмірів заготовки

Визначемо припуски розрахунково-аналітичним методом.

Для встановлення мінімальних операційних, проміжних припусків використовуємо формулу [8]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}). \quad (3.8)$$

Розрахунок проведемо для центрального отвору $\varnothing 260H9^{(+0,130)}$; Ra 2,5.

Обробка цієї поверхні включає такі технологічні переходи:

1. Розточування напівчистове до точності H11.
2. Розточування чистове до точності H9.

Заготовка деталі “Кільце” ЖИЦД 712442.019 виготовлена литвом під низьким тиском 7 класу точності. Обробка поверхні $\varnothing 260H9^{(+0,130)}$ виконується на 010 токарній операції в спеціальному патроні з пневмозатиском з базуванням по зовнішньому торцю 18 та внутрішньому торцю 7.

Складові формули для кожного переходу:

Для розточування напівчистового:

$$R_{z1} = 50 \text{ мкм} \quad T_{i1} = 100 \text{ мкм} \quad [8].$$

Із літератури [8] “Похибка установки заготовки в патроні по попередньо обробленій поверхні” буде складати: $\varepsilon_{y1} = 200 \text{ мкм}$.

Просторові відхилення литої заготовки під час установки в патроні по зовнішньому та внутрішньому торцю та зовнішньому діаметру визначаємо за формулою [8]:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\text{жол.}}^2 + \rho_{\text{зм.}}^2}, \quad (3.9)$$

$$\rho_{\text{зм.}} = \delta \cdot b, \quad (3.10)$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\delta = 0,7$ мм – допуск розміру b , мм;

$b = 12,5$ – товщина стінки, мм;

$$\rho_{зм.} = 0,7 \cdot 12,5 = 8,75 \text{ мм} = 8750 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{жол.} = \Delta k \cdot D, \quad (3.11)$$

де $\Delta k = 0,7$ мкм/мм; [8];

$D = 260$ – оброблюваний діаметр, мм;

$$\rho_{жол.} = 0,7 \cdot 260 = 182 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{182^2 + 8750^2} = 8752 \text{ мкм.}$$

Для розточування чистового:

$R_{zi-2} = 30$ мкм, $T_{i-2} = 40$ мкм. після розточування напівчистового [8] С. 20, табл. А 3.1.

Похибку установки при чистовій обробці [8]:

$$\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y1} \cdot K_y, \quad (3.12)$$

де $k_y = 0,05$ – коефіцієнт уточнення напівчистового розточування;

$$\varepsilon_{y2} = 105 \cdot 0,05 = 5,25 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення чистової обробки [8] :

$$\rho_{i-2} = \rho_{i-1} \cdot K_y, \quad (3.13)$$

де $k_y = 0,05$;

$$\rho_{i-2} = 182 \cdot 0,05 = 9,1 \text{ мкм.}$$

Мінімальні припуски для кожного переходу:

1. Для розточування напівчистового:

$$2Z_{1min} = 2 \cdot (50 + 70 + \sqrt{182^2 + 200^2}) = 2 \cdot 420 = 840 \text{ мкм} = 0,840 \text{ мм.}$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Для розточування чистового:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (30 + 40 + \sqrt{9,1^2 + 10^2}) = 2 \cdot 84 = 168 \text{ мкм} = 0,168 \text{ мм.}$$

Оозрахункові розміри для переходів [8]:

$$D_{p\ i-1} = D_{\max.\text{деталі}} - 2Z_{i\min}, \quad (3.14)$$

1. Для чистового розточування:

$$D_{p3} = D_{\max.\text{деталі}} = 260,13 \text{ мм.}$$

2. Для напівчистового розточування:

$$D_{p2} = D_{p3} - 2Z_{3\min} = 260,13 - 0,168 = 259,962 \text{ мм.}$$

3. Для заготовки:

$$D_{p\text{заг.}} = D_{p1} - 2Z_{1\min} = 259,962 - 0,84 = 259,122 \text{ мм.}$$

Допуски для переходів [1].

Заготовка (7-тий клас точності розмірів) $\rightarrow \delta_{\text{заг.}} = 1,6 \text{ мм.}$

1. Розточування напівчистове Н11 $\rightarrow \delta_2 = 0,320 \text{ мм.}$

2. Розточування чистове Н9 $\rightarrow \delta_3 = 0,130 \text{ мм.}$

Граничні розміри між переходами:

Для чистового розточування:

$$D_{\max.2} = 260,13 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$D_{\max.1} = 259,96 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\max.\text{заг.}} = 259,1 \text{ мм.}$$

Граничні розміри за переходами [8] на основі рівняння:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\min,i} = D_{\max,i} - \delta_i \quad (3.15)$$

Для чистового розточування:

$$D_{\min,2} = 260,13 - 0,13 = 260 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$D_{\min,1} = 259,96 - 0,32 = 259,64 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\min,\text{заг.}} = 259,1 - 1,6 = 257,5 \text{ мм.}$$

Розрахункові граничні значення припусків із заокругленнями [8]:

$$2Z_{i \max} = D_{\min,i} - D_{\min,i-1}, \quad (3.16)$$

$$2Z_{i \min} = D_{\max,i} - D_{\max,i-1}, \quad (3.17)$$

Для чистового розточування:

$$2Z_{2 \max} = 260 - 259,64 = 0,36 \text{ мм;}$$

$$2Z_{2 \min} = 260,13 - 259,96 = 0,17 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{1 \max} = 259,64 - 257,5 = 2,14 \text{ мм;}$$

$$2Z_{1 \min} = 259,96 - 259,1 = 0,86 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2Z_{\text{заг. max.}} = \Sigma 2Z_{i \max.}, \quad (3.18)$$

$$2Z_{\text{заг. min.}} = \Sigma 2Z_{i \min.}, \quad (3.19)$$

$$2Z_{\text{заг. max.}} = 2,14 + 0,36 = 2,5 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{заг. min.}} = 0,86 + 0,17 = 1,03 \text{ мм.}$$

Загальний номінальні припуски із літератури [8]:

$$2Z_{\text{заг. ном.}} = 2Z_{\text{заг. min.}} + ES_{\text{заготовки}} - ES_{\text{деталі}} \quad (3.20)$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{заг.ном.}} = D_{\text{дет.ном.}} - 2Z_{\text{заг.ном.}} \quad (3.21)$$

Відповідно:

$$2Z_{\text{заг.ном.}} = 1,03 + 0,8 - 0,13 = 1,7 \text{ мм};$$

$$D_{\text{заг.ном.}} = 260 - 1,7 = 258,3 \text{ мм.}$$

Встановлюємо точність проведених розрахунків:

$$2Z_{\text{imax}} - 2Z_{\text{imin}} = \delta_{D_{i-1}} - \delta_{D_i} \quad (3.22)$$

Для чистового розточування:

$$0,36 - 0,17 = 0,19 \text{ мм};$$

$$0,32 - 0,13 = 0,19 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$2,14 - 0,86 = 1,28 \text{ мм};$$

$$1,6 - 0,32 = 1,28 \text{ мм.}$$

Висновок: розрахунки проведені правильно. Визначений номінальний діаметр заготовки $\varnothing 258,3 \pm 0,8$ використовуємо як розмір заготовки для розрахунків.

Заносимо всі визначені величини в розрахункову таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Розрахункові припуски і граничні розміри на механічну обробку поверхні $\varnothing 260\text{H9}^{(+0,130)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 260\text{H9}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\text{imin}}$, мкм	Розрахунковий розмір $D_{p,1}$, мм	Допуск δ_{D_i} , мм	Граничні розміри, мм		Розрахункові граничні припуски, мм	
	R_z	T	ρ	ε_y				D_{min}	D_{max}	$2Z_{\text{imin}}$	$2Z_{\text{imax}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (7 кл.точн.)	50	100	182			259,122	1,6	257,5	259,1		
Розточування напівчистове Н11	30	40	9,1	200	840	259,962	0,32	259,64	259,96	0,86	2,14
Розточування чистове Н9	10	–	–	10	168	260,13	0,13	260	260,13	0,17	0,36
Загальний припуск										1,03	2,5

Схему графічного розташування припусків для поверхні $\varnothing 260\text{H9}^{(+0,130)}$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представлено на рис. 3.1.

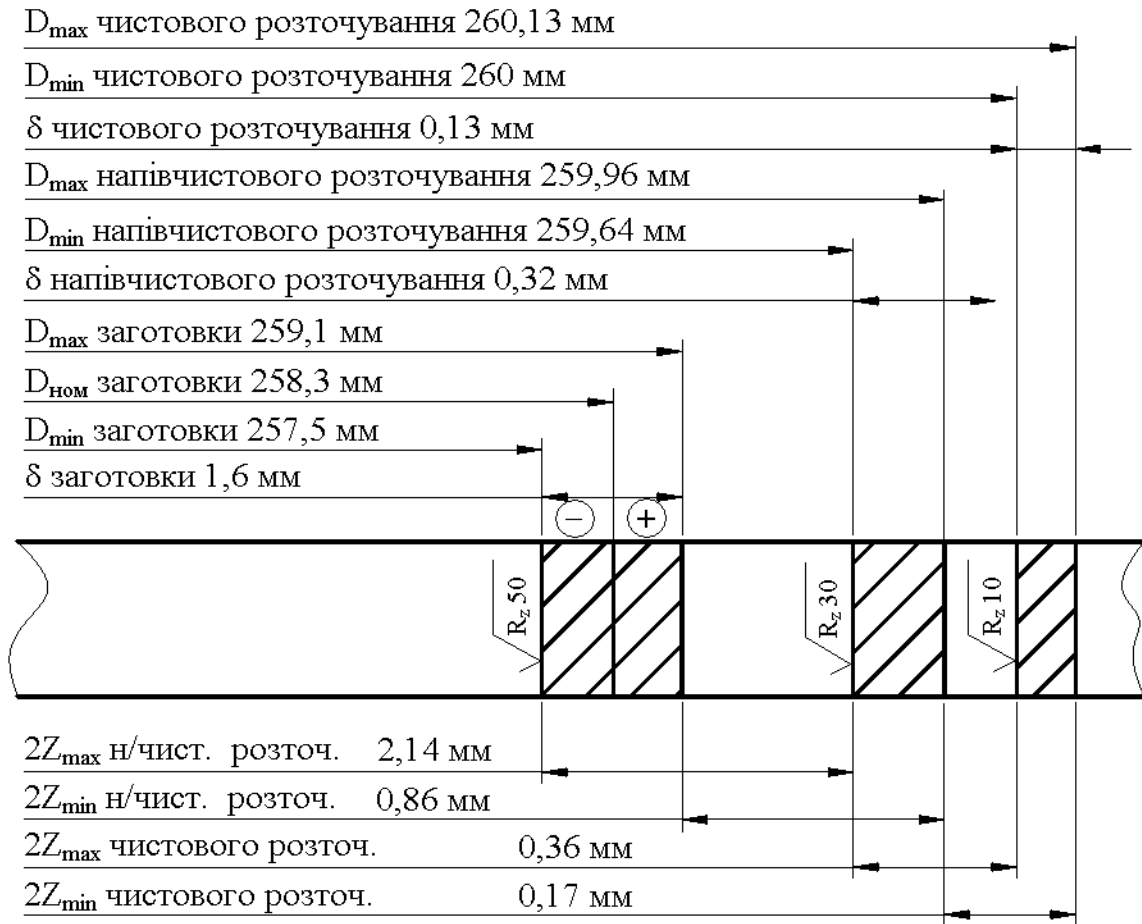


Рисунок 3.1 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 260H9^{(+0,130)}$

Таблиця 3.9 – Розрахункові припуски і розміри табличним методом на механічну обробку

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Зовнішня поверхня $\varnothing 209,79_{-0,44}$ під різь M210-8g					
Напівчистове точіння	12	Ra6,3	0,44	$0,605 \times 2 = 1,21$	$\varnothing 209,79_{-0,44}$
Чорнове точіння	14	Ra12,5	1,0	$1,1 \times 2 = 2,2$	$\varnothing 211_{-1,0}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	1,4	$1,705 \times 2 = 3,41$	$\varnothing 213,2 \pm 0,7$

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці 3.9

1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 43±0,5; Ra12,5					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	1,0	1,0	43±0,5
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	1,0		44±0,5
Торцева поверхня 38 _{-0,62} ; Ra12,5					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	0,62	1,0	38 _{-0,62}
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	0,9		37±0,45
Торцева поверхня 66±0,5; Ra12,5					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	1,0	1,2	66±0,5
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	1,1		67,2±0,55
Торцева поверхня 1±0,5; Ra12,5					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	1,0	0,8	1±0,5
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	0,5		1,8±0,25

3.8. Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання та інструменти представлено в додатках.

Результати розрахунків режимів різання зводимо та уточнюємо у вигляді таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S _с , мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна з ЧПК										
Перехід 2 Підрізати остаточно торець 14, витримуючи розмір 66,8±0,5	1,2	20	1	60	0,78	300	200,8	–	0,085	5,9
Перехід 3.										

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точити попередньо поверхню 13 з підрізкою торця 18, витримуючи розміри $\varnothing 211_{-1,0}$; $38_{-0,62}$	1,1	41	1	60	0,78	360	238,5	–	0,146	3,8
Перехід 4 Точити остаточно зовнішню поверхню 13 під різь, в розмір $\varnothing 209,79_{-0,44}$; $38_{-0,62}$; точити остаточно зовнішню канавку 16, в розміри $2 \pm 0,2 \times 45^\circ$; $\varnothing 205,5_{-1,0}$; точити остаточно зовнішню канавку 17, в розміри $6 \times 45^\circ$; $\varnothing 205,5_{-1,0}$ послідовно	0,605	41	1	60	0,6	455	300	–	0,15	4,6
Перехід 5										
Нарізати різь 13, в розмір $M210 \times 3-8g$; $38_{-0,62}$	1,624	41	7	60	3,0	265	174,7	–	0,361	2,53
010 Токарна з ЧПК										
Перехід 2 Підрізати остаточно торець 1, в розмір $43 \pm 0,5$	1	22,35	1	60	0,78	220	196,8	–	0,13	4,7
Перехід 3 Розточити внутрішню фаску 2, в розмір $1,68 \times 45^\circ$; розточити попередню внутрішню поверхню 3, в розмір $\varnothing 259,64^{+0,32}$; підрізати внутрішній торець 6, витримуючи розмір $1 \pm 0,5$	0,67	40	1	60	0,3	400	326	–	0,5	6,3
Перехід 4 Розточити остаточно внутрішню поверхню 3, витримуючи розмір $\varnothing 260^{+0,130}$	0,18	40	1	60	0,08	735	600	–	0,68	5,9
015 Вертикально-свердлильна										

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свердлити чотири отвори під різь 18...21 М4 та чотири отвори під різь 22...25 М6 одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=13H16$, $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=13H16$	1,65	15	4	20	0,1	450	4,66	–	0,5	5,8
020 Різенарізна										
Нарізати різь 18...21 послідовно, витримуючи розміри М4-7H $l=8\text{min}$	0,379	10	8	20	0,7	180	3	–	0,63	0,07
025 Вертикально-свердлильна										
Свердлити отвір $\varnothing 6$ витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,1}$; $l=10H14$	3,0	15	4	20	0,1	450	7	–	0,4	0,85
030 Різенарізна										
Нарізати різь 22...25 послідовно, витримуючи розміри М6-7H $l=8\text{min}$	0,541	11	8	20	1,0	180	3,4	–	0,489	0,1

Розрахунок технічних норм часу представлено в додатку В.

Результати розрахунку даного пункту зводимо в таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 – Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T_o , хв	Допоміжний час, T_d хв			$T_{оп}$, хв	Час обслуговування, $T_{об}$, хв			$T_{шт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	n, шт	$T_{шт.к.}$, хв
		T_y	$T_{пер.}$	$T_{вим.}$		$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$				
005 Токарна з ЧПК	1,2	0,16	0,5	0,372	2,025	0,14175			1,13	27,64	397	1,2
010 Токарна з ЧПК	1,31	–	–	–	–	–	–	–	–	–		2,59
015 Вертикально-свердлильна	1,33											2,29
020 Різенарізна	0,63											1,08
025 Вертикально-свердлильна	1,33											2,29
030 Різенарізна	0,489											0,84

3.9. Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання

Проектна кількість верстатів на кожній операції:

$$M_{p.} = \frac{T_{шт.} \cdot N_{пр.}}{\Phi_d \cdot 60}, \quad (3.23)$$

$$N_{пр.} = n_{пр.} \cdot 257, \quad (3.24)$$

де $n_{пр.} = 397$ шт – прийнята кількість деталей в партії.

$$N_{пр.} = 397 \cdot 257 = 100044 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{пр.} = 100\ 000$ шт.

Проектний варіант технологічного процесу

$$M_{p.005} = \frac{1,2 \cdot 100000}{4000 \cdot 60} = 0,5; \text{ Приймаємо } M_{пр.005} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.010} = \frac{2,59 \cdot 100000}{4000 \cdot 60} = 1,08; \text{ Приймаємо } M_{пр.010} = 2 \text{ верст.}$$

$$M_{p.015} = \frac{2,29 \cdot 100000}{4000 \cdot 60} = 0,95; \text{ Приймаємо } M_{пр.015} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.020} = \frac{1,08 \cdot 100000}{4000 \cdot 60} = 0,45; \text{ Приймаємо } M_{пр.020} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.025} = \frac{2,29 \cdot 100000}{4000 \cdot 60} = 0,95; \text{ Приймаємо } M_{пр.025} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.030} = \frac{0,84 \cdot 100000}{4000 \cdot 60} = 0,35; \text{ Приймаємо } M_{пр.030} = 1 \text{ верст.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання дільниці:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{з.о.} = \frac{M_{п.}}{M_{пр.}}, \quad (3.25)$$

Проектний варіант технологічного процесу

$$K_{з.о.005} = \frac{0,50}{1} = 0,50.$$

$$K_{з.о.010} = \frac{1,08}{2} = 0,54.$$

$$K_{з.о.015} = \frac{0,95}{1} = 0,95.$$

$$K_{з.о.020} = \frac{0,45}{1} = 0,45.$$

$$K_{з.о.025} = \frac{0,95}{1} = 0,95.$$

$$K_{з.о.030} = \frac{0,35}{1} = 0,35.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання технологічного процесу:

$$K_{з.о.сеп.} = \frac{\sum M_{п.}}{\sum M_{пр.}}, \quad (3.26)$$

Проектний варіант технологічного процесу:

$$K_{з.о.сеп.} = \frac{0,5 + 1,08 + 0,95 + 0,45 + 0,95 + 0,35}{1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 1} = \frac{4,28}{7} = 0,61.$$

Визначаємо графік завантаження обладнання для проектного технологічного процесу (рис. 3.2)

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

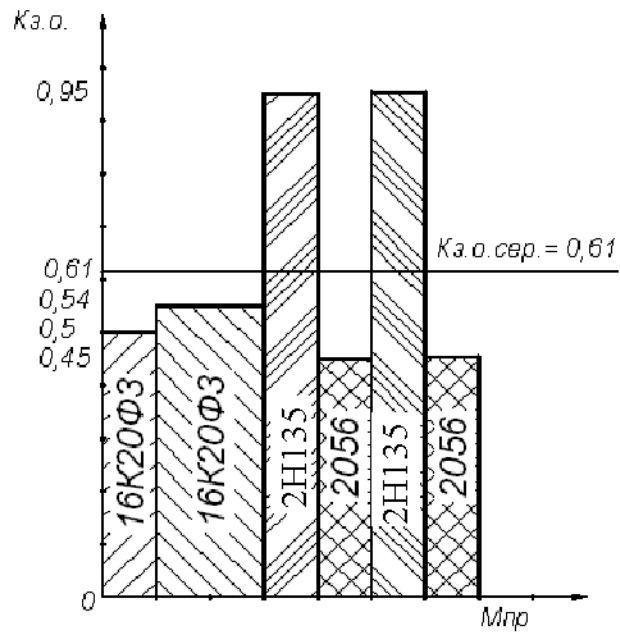


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок похибки встановлення деталі в запропонованому пристосуванні

Похибка установки деталі в пристосуванні обчислюється за формулою згідно [9] С.40:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (4.1)$$

«де $\Delta\varepsilon_6$ – похибка базування;»

« $\Delta\varepsilon_3$ – похибка закріплення;»

« $\Delta\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування.»

Для виконання точності розмірів в даному пристосуванні і на даній операції необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$\Delta\varepsilon_y \leq \Delta\varepsilon_{\text{у.доп.}}, \quad (4.2)$$

«де $\Delta\varepsilon_{\text{у.доп.}}$ – допустима похибка установки при виконанні даного розміру на даному обладнанні.»

Тобто, похибка установки розраховується для конкретного розміру, що отримується на даній операції.

На 010 токарній операції проводиться розточування отвору $\varnothing 260\text{H9}^{(+0,13)}$; $l=35$.

Приводимо схему (рисунок 4.1) для розрахунку похибки установки на токарній операції 010 з зазором по внутрішньому отвору патрона.

Похибка базування розраховується за формулою, визначеною в [12],

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>						
<i>Реценз.</i>					КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА ТДТУ, каф. ТМ гр. МТм-61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

$$\Delta\varepsilon_{\text{бр.}} = S_{\text{max}}, \quad (4.3)$$

де S_{max} – максимальний гарантований зазор.

“Максимальний гарантований зазор визначається за формулою:”

$$S_{\text{max.}} = D_{\text{max.пристос.}} - d_{\text{min.деталі}} \quad (4.4)$$

“де $D_{\text{max.пристос.}}$ – максимальний розмір базуючої поверхні пристосування (отвір патрона), мм;”

« $d_{\text{min.деталі}}$ – мінімальний розмір базуючої поверхні деталі, мм.”

$$D_{\text{max.пристос.}} = D_{\text{ном. пристос.}} + ES_{\text{пристос.}}, \quad (4.5)$$

“де $D_{\text{ном. пристос.}}$ – номінальний розмір пристосування (оправки), мм;”

« $ES_{\text{пристос.}}$ – верхнє відхилення розміру базуючої оправки, мм.”

$$d_{\text{min.деталі}} = d_{\text{ном. деталі}} + ei_{\text{деталі}}, \quad (4.6)$$

“де $d_{\text{ном. пристос.}}$ – номінальний розмір базуючої поверхні деталі, мм;”

« $ei_{\text{деталі}}$ – нижнє відхилення розміру базуючої поверхні деталі, мм.”

Базуючий отвір виготовлено з відхиленням $\varnothing 236\text{H}7(^{+0,046})$.

Базуючий зовнішній діаметр деталі – $\varnothing 236\text{h}9(-0,115)$.

Визначаємо максимальний зазор.

$$D_{\text{max.пристос.}} = 236 + 0,046 = 236,046 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{min.деталі}} = 236 + (-0,115) = 235,885 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{max.}} = 236,046 - 235,885 = 0,161 \text{ мм.}$$

Тоді, похибка базування буде складати:

$$\Delta\varepsilon_{\text{бр.}} = 0,141 \text{ мм} = 141 \text{ мкм.}$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час виготовлення патрона виконують припасування по існуючих дослідних зразках деталей. Тому похибка базування буде меншою в 2 рази, тобто $\Delta \varepsilon_{\text{б}} = 0,040$ мм

Похибка закріплення виникає в результаті зміщення оброблюваних поверхонь під дією сил затиску [8],: $\varepsilon_3 = 70$ мкм. при установці деталі на оправку жорстко закріплену у пристосуванні.

Похибка пристосування в інженерних розрахунках для пристосувань нормальної точності приймаємо $\varepsilon_{\text{пр}} = 120$ мкм.

Розраховуємо похибку установки:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{80^2 + 100^2 + 150^2} = 225 \text{ мкм.} = 0,197 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму похибку установки при виконанні розміру $\varnothing 260\text{H9}^{(+0,13)}$ за формулою:

$$\Delta \varepsilon_{\text{у.доп.}} = \delta + \Delta, \quad (4.7)$$

де δ – допуск розміру по кресленню, $\delta = 0,13$ мм;

Δ – допуск по таблицях економічної точності [7] $\Delta = \pm 0,08 = 0,07$ мм.

Тоді, $\Delta \varepsilon_{\text{у.доп.}} = 0,130 + 0,07 = 0,2$ мм.

Перевіряємо умову виконання точності розмірів в даному пристосуванні:

$$0,197 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм},$$

Отже, умова виконується, обробка на даному пристосування можлива, так як точність обробки отворів забезпечується.

4.3. Розрахунок і вибір приводу пристосування

Проведемо розрахунок сили затиску заготовки під час чорнового розточування отвору $\varnothing 260\text{H9}^{(+0,13)}$ на 010 токарній операції, оскільки при цьому

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виникає найбільша сила різання, а відповідно і найбільші навантаження на патрон.

Розрахункова схема пристрою для проточування Кільця ЖИЦД 712442.019 представлена на рисунку 4.2.

Для забезпечення стійкого положення заготовки при її обробці необхідно, щоб момент різання $M_{\text{різ}}$ був менший за момент тертя $M_{\text{тр}}$ від сил тертя при закріпленні.

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}}, \quad (4.8)$$

де K - коефіцієнт запасу.

Момент різання визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot r, \quad (4.9)$$

де P_z – сила різання, Н;

$r=98\text{мм}$ – радіус різання.

Момент тертя визначаємо із виразу:

$$\sum M_{\text{тр}} = Q \cdot R \cdot f_1 + \frac{2Qf_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)}, \quad (4.10)$$

де Q – сила затиску, Н;

$f_1=0,3$ – коефіцієнт тертя між деталлю і при хватом;

$f_2=0,3$ – коефіцієнт тертя між деталлю і базою;

$R_1=107\text{мм}$ – менший радіус основи кільця;

$R_2=114\text{мм}$ – більший радіус основи кільця;

$R=98\text{мм}$ – радіус затиску заготовки прихватами.

Підставляючи $M_{\text{тр}}$ у рівняння рівноваги, одержуємо:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot r}{f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^3 - R_1^3)}} \quad (4.11)$$

Коефіцієнт запасу K вибирається згідно [6]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4.12)$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,6.$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (4.13)$$

де $C_p = 40$ – коефіцієнт, який впливає на силу різання [6];

$x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$ – показники степені [6];

$t = 0,67$ мм – глибина різання;

$S = 0,3$ мм/об – подача різання;

$V = 400$ м/хв – швидкість різання;

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання [6]:

$$K_p = K_{mp}, \quad (4.14)$$

“де $K_{mp} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки. Для алюмінію при НВ 50;”

$$K_p = 1,0.$$

Підставляємо отримані значення в формулу (4.13) та отримуємо значення сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0,67^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 400^0 \cdot 1 = 108,6 \text{ Н.}$$

Підставляючи дані у формулу (4.11), одержимо:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{2,6 \cdot 108,6 \cdot 130}{0,3 \cdot 98 + 2 \cdot 0,3 \cdot \frac{114^3 - 107^3}{3 \cdot (114^2 - 107^2)}} = 610,14 \text{ Н.}$$

Діаметр циліндра визначаємо по формулі:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (4.15)$$

де Q – сила затиску, Н;

p – тиск повітря 4 МПа;

η – К.К.Д. механізму, $\eta=0,9$;

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{610,14}{4 \cdot 0,9}} = 14,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D=20$ мм.

Отже умова затиску заготовки забезпечена.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Застосування систем автоматизованого проектування для вирішення задач дипломної роботи і сучасного виробництва

Система автоматизованого проектування (САПР) - це комплекс засобів автоматизації проектування, взаємозв'язаних з колективом фахівців (користувачів системи), що виконують автоматизоване проектування.

В Гостах по автоматизації проектування дається більш розгорнене, але менш точне формулювання цього визначення. Там, зокрема, мовиться, що "САПР- це організаційно-технічна система, взаємозв'язана з підрозділами проектної організації...". Насправді ж САПР більше програмно-технічний комплекс, ніж організаційний, і взаємозв'язаний він, частіше всього, не з підрозділами проектних організацій, яких в чистому вигляді залишилося вже зовсім мало, а з групою користувачів. Тим паче, що останнім часом все частіше пропагується нових підхід до проектування, який полягає в заміні послідовного процесу наскрізної розробки виробу з передачею результатів проектування від одного підрозділу до іншого на інтегрований, паралельний процес створення виробу на основі концепції "робочих груп". Ця концепція припускає створення на підприємстві багатoproфільних робочих груп у складі різних фахівців по конструюванню, технологічній підготовці виробництва, питанням якості, покупки, продажу, маркетингу і т.д. З'явився навіть спеціальний термін "Середовище паралельної технології випуску виробів", який, як і майже все, що стосується комп'ютерних технологій, прийшов до нас із заходу. По-англійськи цей термін пишеться як CAPE (Concurrent Art-to-Product Enviroment). Застосовують ще один термін - Concurrent Engineering, який позначає засоби реалізації паралельного

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА		
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Пашивода</i>						
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>					ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		

проектування, під якими, в першу чергу, розуміються програмні засоби.

CAD – computer Aided Design (САПР)

Загальний термін для позначення всіх аспектів проектування з використанням засобів обчислювальної техніки. Звичайно охоплює створення геометричних моделей виробу. (Твердотільні, 3D). А також генерацію креслярських виробів і їх супроводів. Слід відрізняти, що термін САПР по відношенню до промислових системам має більш широке тлумачення ніж CAD. Він включає як CAD так і CAM і CAE.

CAM – Computer Aided Manufacturing. Загальний термін для позначення системи автоматизованої підготовки виробництва, загальний термін для позначення підготовки інформації для верстатів з ЧПК. Традиційно початковими даними для таких систем були геометричні моделі деталей, отриманих з систем CAD.

CAE – Computer Aided Engineering. Система автоматичного аналізу проекту. Загальний термін для позначення інформаційного забезпечення умов автоматизованого аналізу проекту, має на меті виявлення помилок (розрахунки на міцність) або оптимізація виробничих можливостей.

PDM – Product Data Management. Система управління виробничою інформацією. Інструментальний засіб, який допомагає адміністраторам, інженерам, конструкторам і так далі управляти як даними так і процесами розробки виробу на сучасних виробничих підприємствах або групі суміжних підприємств.

CAD/CAM/CAE/PDM = САПР

Прогрес науки і техніки, потреби суспільства, що розвивається, в нових промислових виробках обумовлено необхідність виконання проектних робіт. Вимога до якості проектів, до термінів їх виконання стають все більш жорсткими у міру збільшення складності проєктованих об'єктів. Крім того, темпи морального застаріння виробів сьогодні такі, що поставлені на конвейер нові зразки часто вже не відповідають сучасним вимогам.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Здійснення цих вимог стало можливим на основі широкого застосування засобів ЕОМ на всіх етапах виробництва:

- Контроль проектування, де зароджується початкова модель виробу, технологічного проектування.
- Проектування організації управління виробництвом з формуванням даних про матеріальні і інформаційні потоки виробництва.
- Виготовлення виробів шляхом виконання операцій над матеріальним об'єктом на основі створеної на попередніх етапах інформації.
- Оцінки якості виробу на основі порівняння необхідних і реальних характеристик. До числа найефективніших технологій САПР і АСТПП.

Зараз терміном САПР позначають процес проектування з використанням складних засобів машинної графіки, підтримуваних пакетами прикладних програм для вирішення на комп'ютерах аналітичних, кваліфікаційних, економічних і ергономічних проблем, пов'язаних з проектною діяльністю.

Переваги САПР:

1. Більш швидке виконання креслень (до 3 разів). Дисципліна роботи з використанням САПР прискорює процес проектування в цілому, дозволяє в стислі терміни випускати продукцію і швидше реагувати на зміну ринкових кон'єктур.

2. Підвищення точності виконання. На кресленнях, побудованих за допомогою системи САПР, місце будь-якої крапки визначено точно, а для збільшення достатнього перегляду елементів є засіб, так званий наїзд, або zooming, дозволяюче збільшувати або зменшувати будь-яку частину даного креслення в будь-яке число раз. На зображення, над яким виконується наїзд, не накладається практично ніяких обмежень.

3. Підвищення якості.

4. Можливість багатократного використання креслення. Креслення, що збережене, може бути використано повторно для проектування, коли до складу креслення входить ряд компонентів, що мають однакову форму. Пам'ять

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
						72
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

комп'ютера є також ідеальним засобом зберігання бібліотек, символів, стандартних компонентів і геометричних форм.

5. САПР володіє креслярськими засобами (сплайни, сполучення, шари).

6. Прискорення розрахунків і аналізу при проектуванні. В даний час існує велика різноманітність ПЗ, яке дозволяє виконувати на комп'ютерах частину проектних розрахунків наперед. Потужні засоби комп'ютерного моделювання, наприклад, метод кінцевих елементів, звільняють конструктора від використання традиційних форм і дозволяють проектувати нестандартні геометричні форми.

7. Пониження витрат на оновлення. Засоби аналізу і імітації в САПР, дозволяють різко скоротити витрати часу і грошей на тестування і удосконалення прототипів, які є дорогими етапами процесу проектування;

8. Інтеграція проектування з іншими видами діяльності. Інтегровані обчислювальні засоби забезпечують САПР більш тісну взаємодію з інженерними підрозділами.

5.2. Підготовка вихідних даних для автоматизованого проектування технологічного процесу

Для проектування технологічних процесів виготовлення деталей і складання виробів можна використовувати систему "Техно Про" .

Для формування маршруту механічної обробки деталі використано її повний опис. Цей опис оформлено у вигляді таблиці 5.1., в яку занесено дані про матеріал, масу деталі і заготовки, а також розміри поверхонь, які обробляються.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Таблиця 5.1 – Вихідна інформація для автоматизованого проектування

Позначення тех. процесу	Деталь		
	Позначення	Назва	Маса, кг
50148.00118	ЖИЦД 712442.019	Кільце	2,5
Матеріал	Заготовка		
	Вид	Профіль і розміри	Маса, кг
Сплав АК 12 ГОСТ 1583-89	Виливок	Ø285±0,8×102,2±0,55	2,856

Приклад частини сформованого технологічного процесу виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 представлено на рис. 5.1., 5.2.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ГОСТ 3.1404-86										Форма 1		САПР			
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
ТехноПро										Крупс світильника		1			
Разраб.	Бартошик														
Проверил	Паливода	ВЕКТОР													
Нормир.		ЖИЦД 712442.019													
Метролог															
Н.контр.	Дячун	Кільце													
М 1 Сплав АК12 ГОСТ 1583-89															
Код		ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки		Профиль и размеры			КД	МЭ		
М 2			12.5				відливка						12.856		
А		Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа							
В		Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
Р		ШИ	Д	или	В	Л	Т	і	S	N	V	О	То/мин	Тв/мин	
A01	24	17	8		005	Токарно-револьверна									
O2															
B03	Токарно-револьверний верстат 1П365														
O4						1520	13							55	5.22
T05	ПР. Приспосіблення 7172-4008														
O07	1 Розточити отвір в розмір 1, 2														
O8															
T09	ВИ. Державка 6300-4040; РИ. Різець Т15К6 2136-0707 ГОСТ 18875-73														
O10															
R11							3.25	1	0.17			44.4			
O12															
O13	2 Точити поверхню в розмір 1 4														
O14															
T15	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець Т15К6 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89														
O16															
R17							1	1	0.17		188	29.8			
O18															
O19	3 Підрізати торць в розмір 3														
O20															
T21	РИ. Різець Т15К6 2128-4024; СИ. Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89														
O22							3	1	0.12		188	51.9			
R23															
КТП															

Рисунок 5.1 – Перша сторінка технологічного процесу виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 в системі “Техно Про”

6 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

6.1. Уточнення розгорнутої програми виробництва на дільниці

Згідно літератури [37] “виробничу програму дільниці визначають виходячи з виробничої програми заводу з урахуванням встановленого проценту запасних частин. При цьому необхідно мати на увазі, що часто деталі та складальні одиниці виготовляють заводи-суміжники.”

Таблиця 6.1 – Подетальна річна виробнича програма

№ П/П	№ креслення		Назва деталі	Марка матеріалу	Вид заготовки	Кількість деталей на виріб	% на запасні частина	Кількість деталей			Маса, кг		Маса на програму, т	
	вузла	деталі						на основну програму	на запасні частини	всього	Заготовки	деталі	заготовок	деталей
1	ЖИЦД 814.765.987	ЖИЦД.712.442 .019	Кільце	АК 12	Виливок	1	10	12000	1200	13200	2,856	2,5	34,3	30

6.2. Розрахунок трудомісткості і верстатомісткості виготовлення виробів

Згідно рекомендацій [37] “трудомісткість механічної обробки при детальному проектуванні визначається за технологічним процесом, як сума штучних часів по всіх операціях” :

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>						
<i>Реценз.</i>					ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							
ПРОЕКТНА ЧАСТИНА							

$$T_M = \sum T_{шт.} \quad (6.1)$$

$$T_M = 1,2 + 2,59 + 2,29 + 1,08 + 2,29 + 0,84 = 10,29 \text{ хв.}$$

6.3. Визначення річної потреби в технологічному обладнанні. Складання зведеної відомості обладнання

Перелік основного технологічного обладнання на дільниці механічного цеху виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Перелік основного технологічного обладнання на дільниці механічного цеху виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019

№ п/п	Тип і модель верстата	M _{пр.} , шт.	K _{з.о.}	Потужність, кВт		Габаритні розміри (l×b), мм.
				одного	всіх	
1	2	3	4	5	6	10
1	16К20Ф3	1	0,50	10	10	3000×1600
2	16К20Ф3	2	0,54	10	20	3000×1600
3	2Н135	1	0,95	4,0	4,0	1030×825
4	2056	1	0,45	1,3	1,3	870×590
5	2Н135	1	0,95	4,0	4,0	1030×825
6	2056	1	0,35	1,3	1,3	870×590
	Всього:	7	0,61	30,6	40,6	

Крім основного на дільниці ще розміщується допоміжне обладнання:

- контрольний стіл.
- установка для промивання деталей;

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4. Вибір типу вантажопідійомних і транспортних засобів

Для потреб ділянки у якості транспорту приймемо електрокари вантажопідійомністю 0,5 т. з підйомною платформою

Визначимо кількість електрокарів [37]:

$$E = \frac{Q \cdot k_n \cdot T_{пр}}{Q_e \cdot k_v \cdot F_d \cdot 60}, \quad (6.2)$$

“де Q – річний вантажообіг,” $Q = 2,856 \cdot 13200 = 37699$ кг $\approx 37,7$ т;

“ k_n – коефіцієнт нерівномірності виконання рейсів”, $k_n = 1,25$;

“ $T_{пр}$ – загальний час пробігу одиниці транспортного обладнання”, $T_{пр} \approx 20$ хв.;

“ Q_e – вантажопідійомність одного транспортного засобу”, $Q_e = 0,5$ т.;

“ k_v – коефіцієнт використання вантажопідійомності транспорту”, $k_v = 0,8$;

“ F_d – дійсний річний фонд часу роботи транспортного засобу”, $F_d = 4015$ год.

$$E = \frac{37,7 \cdot 1,25 \cdot 20}{0,5 \cdot 0,8 \cdot 4015 \cdot 60} = 0,01 \text{ шт.}$$

– отже, за розрахунками приймаємо 1 електрокар.

Для переміщення деталей між операційними позиціями механічної обробки застосовується “підвісний ланцюговий конвеєр з вантажопідійомністю однієї каретки 250 кг і швидкістю транспортування 10 м/хв.”

Згідно рекомендацій [37] “кількість підйомних кранів для складальних робіт може визначатися розрахунковим методом, але доцільніше кількість підйомних засобів приймати на основі графіків складання, у яких наводиться тривалість роботи крана на кожній операції.”

Кількість мостових кранів можна визначити за формулою [37]:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{N \cdot i \cdot T_{кр}}{m \cdot T_{зм}}, \quad (6.3)$$

“де N – кількість деталей, що транспортуються за зміну”, N = 2809 шт.;

“i – середня кількість транспортних операцій на одну деталь”, i = 3;

“T_{кр} – загальний час пробігу крана”, T_{кр} = 25 хв.;

“T_{зм} – тривалість зміни”, T_{зм} = 480 хв.;

“m – кількість деталей, що переміщуються одночасно”, m = 150 шт.

$$K = \frac{3850 \cdot 3 \cdot 25}{200 \cdot 480} = 3 \text{ шт.}$$

Укрупнено кількість кранів приймають[37]: “для механічних цехів один кран на 40...80 м довжини прольоту; в складальних цехах – на 30...50 м.”

6.5. Визначення розмірів основних і допоміжних площ цеху

Визначення загальної площі механоскладального цеху ґрунтується на числових даних про трудомісткість робіт за готовими технологічними процесами виготовлення деталей вузла світильника в умовах базового підприємства. Вихідні дані:

- загальна кількість верстатів цеху – 90 шт.;
- кількість верстатів заточувальної дільниці – 5 шт.;
- кількість верстатів цехової ремонтної бази – 3 шт.;
- кількість верстатів дільниці ремонту спорядження – 7 шт.;
- кількість контрольних столів – 14 шт.;
- габарити всіх верстатів – малі і середні.

Виробничу площу дільниці визначають за питомою площею на одиницю обладнання із норм технологічного проектування:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_M = N \cdot S_{II}, \quad (6.4)$$

“де N – кількість верстатів в цеху, шт.,”

“ S_{II} – питома площа на один верстат”, $S_{II} = 18...25 \text{ м}^2$.

$$S_M = 90 \cdot 25 = 2250 \text{ м}^2.$$

Площа складально-випробувального відділення згідно рекомендацій [37]:
 “приймається в межах 30...40% від площі механічного відділення.” Приймаємо
 30% від 2250 м^2 , що дорівнює 675 м^2 .

Допоміжна площа [37] “складається з площ, зайнятих допоміжними
 відділеннями.”

– відділення заточування інструменту;

Кількість заточувальних верстатів – 5, питома площа – $8...10 \text{ м}^2$. Отже,
 площа заточного відділення дорівнює 50 м^2 .

– цехова ремонтна база;

Кількість верстатів ЦРБ – 3, питома площа – 30 м^2 , отже загальна
 площа дорівнює 90 м^2 .

– відділення ремонту спорядження та інструменту;

Для даної кількості верстатів (7 шт.) при питомій площі $20...22 \text{ м}^2$ площа
 відділення буде 140 м^2 .

– контрольне відділення;

Площа відділення “визначається із розрахунку $5...6 \text{ м}^2$ на одного
 контролера, отже площа контрольного відділення” – $5 \times 14 = 70 \text{ м}^2$.

– склади матеріалів і заготовок;

Площа складу матеріалів та заготовок знаходимо за залежністю [37]:

$$F_3 = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (6.5)$$

“де M_{Σ} – маса матеріалу і заготовок річного об’єму випуску,” $M_{\Sigma} = 2360 \text{ т.};$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

“t – кількість робочих днів зберігання заготовок на складі,” t = 6;

“q – допустиме навантаження на 1 м² площі підлоги складу,” q = 1,4 т/м²;

“k_в – коефіцієнт використання площі складування, k_в = 0,3...0,4.”

$$F_3 = \frac{2360 \cdot 6}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,39} = 100 \text{ м}^2.$$

– проміжний склад;

Проміжний склад [37] “призначений для міжопераційного нагромадження вузлів і деталей і його площа визначається за формулою 6.5.”

$$F_3 = \frac{2360 \cdot 1}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,3} = 22 \text{ м}^2.$$

– відділення для приготування і роздачі охолоджуючих рідин, склад масел;

Знаходимо площу цього відділення із рекомендацій [37] “в залежності від кількості верстатів і приймається рівною 50 м².”

– відділення для збирання і переробки стружки;

Площа цього відділення визначається [37] “аналогічно до попереднього і приймається рівною 100 м².”

– інструментально-роздавальна комора;

Згідно рекомендацій [37] “норми для розрахунку площі цього відділення залежать від кількості верстатів механічного відділення.” Приймаємо площу рівною 54 м².

“Площа службово-побутових приміщень приймається рівною 25...30% площі цеху.” Приймаємо площу рівною 24%, а отже – 1128 м².

Площа дільниці для виготовлення кільця ЖИЦД 712442.019 залежить від [37] “розмірів та маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах 14...18 м², для середніх – 18...22 м², для важких – 22...30 м²”.

Таблиця 6.3 – Площа дільниці для виготовлення кільця

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЖИЦД 712442.019

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м ²
Токарний з ЧПК	16К20Ф3	3000×1600	середній	22
Токарний з ЧПК	16К20Ф3	3000×1600	середній	22
Вертикально-свердлильний	2Н135	2445×1000	середній	22
Різенарізний	2056	870×590	легкий	18
Вертикально-свердлильний	2Н135	2445×1000	середній	22
Різенарізний	2056	870×590	легкий	22
Слюсарний верстак	—	1500×1000	—	6
Промивочна машина	—	1500×1000	—	6
Контрольний стіл	—	2000×1000	—	6
Місця склад. заг. і дет.	—	—	—	19
Загальна площа ділянки механічної обробки				165

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

7.1. Визначення економічної ефективності прийнятих в проекті рішень

Організаційно-економічна частина дипломної роботи передбачає розрахунок кількості основного технологічного обладнання та кількісного складу працюючих в цеху на основі даних, отриманих в технологічній частині, визначення розмірів всіх грошових затрат на будівництво, оснащення цеху (дільниці) та його експлуатацію. Розрахунки, які виконують, дозволяють зробити висновки про технічну доцільність і економічну ефективність розробок. При цьому визначають: величину капітальних вкладень; втрати виробництва; собівартість одиниці продукції; величину нормованих оборотних засобів; техніко-економічні показники цеху. Усі розрахунки проводимо за загально відомою методикою [38].

Вихідними даними для розрахунку є: річна програма випуску; тип виробництва; кількість операцій механічної обробки; характеристика операцій: штучний час, потужність, вартість і категорія ремонтної складності обладнання, розряд робіт; маса деталі, вид заготовки, вартість матеріалу та відходів; ціни на електроенергію, воду, пару, стиснене повітря.

Результати розрахунків представлено в додатку А.

Характеристику варіантів технологічного процесу і склад технологічного обладнання оформляють у вигляді таблиць А.1, А.2.

Розрахункову кількість робочих місць визначають за формулою:

$$C_p = T / t_B \quad (7.1)$$

де T – трудомісткість механічної обробки;

					<i>ДР 18-375.00.00</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>								
<i>Консульт</i>					ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ				
<i>Н. контр.</i>				ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61					
<i>Затв.</i>									

t_B – такт випуску, визначений в технологічній частині.

Отримане розрахункове значення округляють до найближчого більшого цілого і на основні цих даних визначають коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість основних виробничих робітників визначають за формулою:

$$P_c = \frac{C_n \cdot \Phi_o \cdot k_3}{\Phi_{op} \cdot k_6}, \quad (7.2)$$

де C_n – прийнята кількість обладнання;

k_3 – коефіцієнт завантаження обладнання;

Φ_o – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

Φ_{op} – дійсний річний фонд часу роботи робітників;

k_6 – коефіцієнт багатостатного обслуговування.

Результати розрахунків представлені в таблиці А.3

Розрахунок капітальних витрат на основні виробничі фонди виконують за групами:

- а) будівлі виробничого, допоміжного і адміністративно-побутового призначення;
- б) споруди і передавальні пристрої;
- в) обладнання (виробниче, допоміжне, енергетичне, піднімально-транспортне і контрольно-вимірювальне);
- г) цінні інструменти і пристрої;
- д) виробничий і господарський інвентар.

Витрати на будівлі визначають за вартістю 1 м² площі з врахуванням усіх комунікацій: вентиляції, опалювання, водопроводу і каналізації. Вартість будівель виробничого, допоміжного та адміністративно-побутового призначення розраховують за питомою вартістю 1 м³ об'єму будівлі або 1 м² площі.

Внутрішню виробничу площу цеху (дільниці, лінії) визначають за питомою площею (м²), яка припадає на одиницю обладнання і приймають за

					ДР 18-375.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

даними розрахунків, виконаних в проектній частині.

Питому вартість м² площі будівель виробничого призначення приймають за даними базових підприємств.

Площу допоміжних приміщень та адміністративно-побутових приміщень та висоту промислової будівлі приймають за даними розрахунків, які виконані в проектній частині.

Вартість споруд і передавальних пристроїв приймають укрупнено в розмірі 5...7% від вартості будівель.

Вартість виробничого обладнання визначається згідно виконаних раніше розрахунків. Вартість силових машин і обладнання, з врахуванням витрат на їх транспортування, монтаж і налагодження приймають за даними базового підприємства.

Вартість піднімально-транспортних засобів при укрупнених розрахунках може бути прийнята в розмірі 10...15% від вартості технологічного (виробничого) обладнання або за даними базового підприємства.

Витрати на контрольно-вимірювальне обладнання приймають в межах 2...5% від вартості виробничого обладнання. Витрати на інструмент і пристрої приймають: в масовому виробництві 25...30% від вартості виробничого обладнання; в серійному виробництві – 15...20% і в одиничному виробництві – 6...15% від вартості вказаного обладнання. З цієї суми в основні виробничі фонди включають 55...60%, а інші 40...45% витрат призначені для придбання малоцінного інструменту (пристроїв) і включають в статтю «Зношення малоцінного інструменту» витрат на утримання та експлуатацію обладнання.

Вартість виробничого і господарського інвентарю становить 1...2% від вартості виробничого обладнання.

Розрахунок амортизаційних відрахувань проводять за кожною групою основних виробничих фондів шляхом множення їх балансової вартості на норму амортизації. Норми амортизації за групами основних фондів встановлені чинним законодавством.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Результати розрахунку капітальних витрат за варіантами зводять в табл. А.4.

Річний фонд прямої зарплати основних виробничих робітників при відрядній системі оплати праці визначають за формулою:

$$\Phi_{н.в.} = C_1 \cdot K_c \cdot T_{ум} \cdot N_{в.}, \quad (7.3)$$

де C_1 – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду відповідної професії, грн.;

$T_{ум}$ – сумарна трудомісткість оброблення одного виробу (деталі) за всіма технологічними операціями процесу, нормо-годин.

Річний фонд основної зарплати виробничих робітників-відрядників визначають за формулою:

$$\Phi_{ов.} = \Phi_{н.в.} + D_{в.}, \quad (7.4)$$

де $D_{в.}$ – сумарні річні доплати до прямої заробітної плати робітників-відрядників (грн.), які орієнтовно приймають 30...35% від тарифного заробітку (прямої зарплати).

Річний фонд прямої зарплати робітників-погодинників (допоміжних робітників) визначають на основі дійсного (ефективного) фонду робочого часу одного робітника і прийнятої кількості робітників:

$$\Phi_{н.п.} = P \cdot C_1 \cdot K_{сд} \cdot \Phi_{еф.}, \quad (7.5)$$

де P – середня чисельність допоміжних робітників, чол.

Річний фонд основної зарплати робітників-погодинників визначають за формулою:

$$\Phi_{он.} = \Phi_{н.п.} + D_{п.}, \quad (7.6)$$

де $D_{п.}$ – сумарні річні доплати до прямої заробітної плати робітників-

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

погодинників, грн., які орієнтовно приймають в розмірі 25...30% від тарифного заробітку.

Річний фонд заробітної плати робітників кожної з категорій визначають за формулою:

$$\Phi_{zn} = \Phi_o + \Phi_{dod}, \quad (7.7)$$

де Φ_o – річний фонд основної заробітної плати робітників за категоріями;

Φ_{dod} – додаткова заробітна плата за категоріями робітників, грн.

До складу додаткової заробітної плати входять оплати чергових і додаткових відпусток, учбових відпусток, оплата часу виконання державних і суспільних обов'язків та інше. Величину додаткової заробітної плати можна визначити у відсотках від основного фонду заробітної плати. Орієнтовно для основних і допоміжних робітників вона становить 3...10% від основної заробітної плати.

Річний фонд заробітної плати інженерно-технічних працівників (ІТП), службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) визначають згідно посадових окладів:

$$\Phi_{zn.k} = O \cdot P_k \cdot 12, \quad (7.8)$$

де O – місячний оклад працівника відповідної категорії;

P_k – кількість працівників певної категорії, чол.

Посадові оклади ІТП, службовців і МОП включають в себе основну і додаткову заробітну плату.

Витрати на виробництво продукції крім річного фонду заробітної плати включають ще й соціальні нарахування. Нормативи нарахувань на заробітну плату приймають згідно норм чинного законодавства.

Результати розрахунку річного фонду заробітної плати та нарахувань зводять в таблицю А.5.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Витрати на кожен вид сировини і матеріалу розраховують на основі норм їх витрат на одиницю продукції, річної програми випуску даної продукції та відповідних цін за формулою:

$$B_m = H_m \cdot N_{\text{зст}} \cdot C_m, \quad (7.9)$$

де H_m – норма витрат певного виду сировини або матеріалу на одиницю продукції (кг);

C_m – ціна одиниці сировини чи матеріалу, грн.

Із визначеної загальної вартості сировини і матеріалів вираховують вартість повернутих відходів, які підлягають реалізації. До одержаного результату слід додати транспортно-заготівельні витрати, що дорівнюють 6...10% від вартості сировини і матеріалів.

Потребу в допоміжних матеріалах визначають, виходячи з встановлених норм їх витрат на один верстат або одного робітника в процентному відношенні від вартості основних матеріалів (1.5...2%).

Результати розрахунку витрат на сировину і матеріали оформляють у вигляді таблиці А.6.

Витрати на електроенергію для технологічних потреб розраховують на основі часу роботи обладнання та загальної встановленої потужності споживачів:

$$B_{\text{ем}} = \frac{P_{\text{вст}} \cdot \Phi_{\text{д.о.}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{п}}}{\eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{м}}} \cdot C_e, \quad (7.10)$$

де $P_{\text{вст}}$ – сумарна встановлена на ділянці потужність електрообладнання, кВт;

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт, який враховує завантаження електроприводів по часу (0,4...0,7);

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, який враховує завантаження електроприводів за потужністю (0,5...0,8);

$\eta_{\text{д}}$ – коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0,9...0,96);

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

η_m – коефіцієнт, який враховує втрати в електромережах (0.86...09);

C_e – ціна однієї кВт/год. електроенергії, грн.

Витрати на освітлення визначають, виходячи з розміру площі, які освітлюється, питомих норм витрат електроенергії на освітлення одного м² і тривалості освітлення:

$$B_{eo} = \frac{1.05 \cdot H_{ve} \cdot T_{ocv} \cdot S_m \cdot C_e}{1000} \quad (7.11)$$

де 1.05 – коефіцієнт, який враховує контрольне освітлення;

H_{ve} – питомі витрати електроенергії на освітлення м² площі (13...16Вт/год.);

T_{ocv} – тривалість освітлювального періоду за рік в годинах;

S_m – розмір площі, яка освітлюється, м².

Вода в цеху витрачається на виробничі і побутові потреби. Середні витрати води для приготування ЗОР становлять 14...18 м³ за рік на один верстат при двозмінній роботі. Витрати води в миючих машинах становлять 0.15...0.5 м³ на 1 тону деталей, що промиваються.

Розрахунок витрат води на побутові потреби проводять на основі таких норм: для господарсько-побутових потреб – 25л на кожного працюючого в зміну; для душових – 40л гарячої води на кожного, хто користується душем. Вартість 1 м³ холодної і гарячої води приймають згідно діючих тарифів.

Усереднені витрати пари приймають на рівні: а) на сушіння 1т деталей в сушильних камерах періодичної дії – 80...100 кг/год., в конвеєрних – 45...75 кг/год.; б) для нагрівання води в миючих машинах – 60...90 кг/год. на 1 т деталей.

Витрати на опалення приміщень визначають згідно з питомими нормами витрат та тривалістю опалювального сезону.

Усереднені питомі норми витрат стиснутого повітря при укрупнених розрахунках можна прийняти для пневматичних патронів – 1.5...2 м³/год., для пневматичних підйомників – 3,5 м³/год., для пневматичних пристосувань –

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

0,9 м³/год.

Вартість кошторису цехових витрат викликана необхідністю розрахунку проектної цехової собівартості одиниці продукції. В залежності від характеру утворення затрат, цехові витрати поділяють на дві групи: а) витрати на утримання та експлуатацію обладнання; б) загальноцехові витрати. Кошторис цехових витрат оформляють у вигляді таблиці А.7.

Загальновиробничі витрати включають: витрати на управління виробництвом; витрати на утримання і експлуатацію обладнання; витрати на вдосконалення технології та організації виробництва; витрати на обслуговування виробничого процесу; витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища; інші витрати: втрати від браку, оплата простоїв тощо.

До адміністративних витрат належать загальногосподарські витрати, які спрямовані на обслуговування та управління підприємством: загальні корпоративні витрати; витрати на службові відрядження і утримання апарату управління підприємством та іншого загальногосподарського персоналу; витрати на утримання основних засобів, інших матеріальних необоротних активів загальногосподарського використання (страхування майна, амортизація, ремонт, опалення, освітлення, водопостачання, охорона); винагороди за юридичні, аудиторські і т.п. послуги; витрати на зв'язок; амортизація нематеріальних активів загальногосподарського використання; витрати на врегулювання суперечок в судових органах та інші витрати загальногосподарського призначення.

Адміністративні витрати допускається приймати в розмірах 50...60 % від суми основної і додаткової заробітної плати основних робітників.

Позавиробничі витрати включають витрати на збут продукції та інші операційні витрати (оплату торгово-збутової та рекламної діяльності, фінансування науково-дослідних робіт, створення фонду освоєння нових виробів та ін) та примаються в розмірі 3...6.5 % від виробничої собівартості.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Собівартість річного випуску та одиниці продукції визначають на основі проведених вище розрахунків. Для річного випуску складається кошторис за елементами витрат (таблиця А.8), а для визначення собівартості одиниці продукції розрахунок проводять за статтями калькуляції (таблиця А.9).

Калькуляцію собівартості одиниці продукції оформляють у вигляді табл. А.10.

Основним показником, який характеризує економічну ефективність виробництва і ступінь використання всіх ресурсів підприємства, є прибуток, який визначається шляхом зменшення суми скоригованого валового доходу за звітний період на суму валових витрат та амортизаційних відрахувань.

Прибуток визначають за спрощеною методикою як різницю між доходами та витратами підприємства за рік:

$$П = Д - В, \quad (7.12)$$

де $Д$ – дохід від реалізації продукції, грн.;

$В$ – витрати підприємства на виготовлення і реалізацію продукції, грн.

За умови, що підприємство реалізувало всю випущену за рік продукцію, дохід визначають за формулою:

$$Д = Ц - К, \quad (7.13)$$

де $Ц$ – ціна одиниці продукції, грн.

$$Ц = (1.1 \dots 1.15) - C_{од.min}, \quad (7.14)$$

де $C_{од.min}$ – менша з двох повних собівартостей (базова або проектна) одиниці продукції.

Витрати підприємства на виготовлення та реалізацію продукції визначають за формулою:

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

$$B = C_{од} - K, \quad (7.15)$$

де $C_{од}$ – повна собівартість одиниці продукції, грн.

Рентабельність виробництва P_e (в %):

$$P_e = \frac{\Pi}{\Phi_{e.ос} + H_{ос}} \cdot 100\%, \quad (7.16)$$

де Π – прибуток підприємства до виплати податків, грн.;

$\Phi_{e.ос}$ – середньорічна вартість основних фондів, грн.;

$H_{ос}$ – середньорічна вартість нормованих оборотних, грн.

Рентабельність продукції $P_{прод}$ (в %):

$$P_{пр} = \frac{\Pi_{од}}{C_{од}} \cdot 100\%, \quad (7.17)$$

де $\Pi_{од}$ – прибуток, отриманий від реалізації одиниці продукції, грн.

Величина приведеної річної економії – економічний ефект на програму визначається за формулою:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N, \quad (7.18)$$

де C_1 , C_2 – собівартості деталей, виготовлених за базовим і проектним варіантами технологічних процесів.

$$E = (251,9 - 241,95) \cdot 12000 = 119400 \text{ грн.}$$

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1. Розробка заходів конструкторського і організаційного плану для боротьби із шумом

Боротьба із шумом на виробництві є однією з найскладніших проблем, оскільки джерела шуму різноманітні й потребують комплексу заходів технічного, організаційного і медичного характеру на всіх стадіях проектування, будівництва, експлуатації машин і устаткування. Відомі три основні напрямки боротьби з шумом:

1. Зменшення рівня шуму у джерелі виникнення, застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів.
2. Звукоізоляція устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо.
3. Використання засобів індивідуального захисту.

Дуже часто як супутній фактор шуму на робочих місцях виникає вібрація, тому система профілактичних засобів зниження шуму є комплексною проблемою загального захисту працюючих від механічних коливань.

Технологічні заходи охоплюють характеристику і розміщення устаткування і машин, вимоги до розрахунку характеристик шуму на стадії проектування, обмеження шуму звукопоглинаючих конструкцій і екранів, фільтровентиляційних установок, заміну технологічних процесів і механізмів на менш шумні, обладнання звукоізолюючих кабін операторів, дистанційне керування обладнанням, автоматизацію виробничих процесів зі зменшенням кількості операторів тощо.

Планувальні заходи передбачають ізоляцію шумних цехів від тихих приміщень, збільшення відстані між ними (на стадії проектування виробництва), розташування шумних цехів з підвітряного боку і торцем до фасаду інших будівель. Зелені насадження навколо шумних цехів і

					<i>ДР 18-375.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Консульт.</i>								
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

шумозахисна зона так само сприяють поглинанню шуму.

У виробничих умовах поряд із звукоізоляцією широко застосовують засоби звукопоглинання. З метою поглинання шуму приміщеннями цехів малого об'єму (400—500 м³) їх оздоблюють пористими матеріалами. Позитивний ефект звукопоглинання дає застосування мінеральних плит, матів з базальтового волокна, штукатурки пінистої або зернистої структури тощо. У приміщеннях великого об'єму ефективні звукопоглинаючі бар'єри і об'ємні поглиначі (куби, конуси тощо), які підвішують над шумними агрегатами для зниження рівня шуму на 5-12 дБ. Застосування звукопоглинаючих матеріалів у комплексі із заміною устаткування в окремих випадках знижує рівень шуму до нормативного (ткацькі цехи).

У боротьбі з аеродинамічним шумом (вихлопи і всмоктування повітря пневматичними інструментами, компресорами, вентиляторами тощо) застосовують глушники різної конструкції, які поглинають шум вихлопу або всмоктування повітря, газів і парів. Вибір типу глушника залежить від рівня і спектрального складу шуму. Для гасіння високочастотного шуму застосовують активні глушники, в основу яких покладено принцип звукової енергії, для гасіння низькочастотного шуму — реактивні глушники, що працюють як акустичний фільтр. Якщо немає змоги забезпечити дотримання вимог технічного характеру, важливого значення набувають організаційно-профілактичні заходи — застосування індивідуальних засобів захисту органів слуху.

Засоби індивідуального захисту від шуму — протишуми використовують тоді, коли технічні засоби не забезпечують його зниження до безпечного рівня. Тип засобу протишуму вибирають за рівнем і спектром шуму. Застосовують десятки варіантів вкладишів (втулки, тампони тощо), навушники і шоломи для ізоляції зовнішнього слухового ходу від шуму різного спектрального складу. До протишумових вкладишів, які вставляють у слуховий хід, належать заглушки у вигляді тампонів, гумові ковпачки, циліндри із спеціального пінопласту, пластичні вкладиші (виготовлені індивідуально за формою слухового ходу), а також вкладиші одноразового використання. Ефективними вважаються

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вкладиші із суміші волокон органічної бактерицидної вати і ультратонких полімерних волокон — беруши.

Зручними щодо експлуатації і гігієни є протишумові навушники. Протишумові шоломи — громіздкі й дорогі, їх використовують при дуже високих рівнях шуму в комбінації з навушниками і протишумовими костюмами. Використання засобів протишуму дає змогу уникнути не тільки зниження слуху, а й порушення функцій нервової системи.

Зменшення тривалості контакту з шумом, застосування раціонального режиму праці та відпочинку, періодичного короткочасного відпочинку від шуму протягом робочого дня, суміщення професій в умовах шуму і його відсутності значно знижують негативний вплив шуму. Для профілактики несприятливого впливу імпульсного шуму рекомендується заповнювати паузи між імпульсами рівним фоновим шумом. При цьому різниця між рівнями фону та імпульсного шуму не повинна перевищувати 20 дБ. З метою підготовки працівника до чергового імпульсу шуму використовують світлові застережні сигнали.

8.2. Причини виникнення аварійних ситуацій на підприємстві

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Результатами великих виробничих аварій можуть бути пожежі, вибухи, руйнування і обвали будівель, загазованість і зараженість ядовитими речовинами і іншими небезпечними явищами, внаслідок яких можливі різні ураження людей. Виробничі аварії виникають досить часто, що пояснюється розвитком промисловості, великим науково-технічним прогресом і швидкістю у зв'язку з цією зміною технології виробництва.

Виробничі аварії можуть бути досить різними. Їх характер визначається

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

причинами виникнення, масштабами і собівартістю виробництва.

Причинами виникнення аварій є:

- недоліки проектування підприємств, недотримання техніки безпеки, а також відсутність постійного контролю за станом виробництва і особливо при використанні легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;

- виникнення аварій на сусідніх підприємствах чи на енергетичних і газових мережах;

- стихійні лиха, які викликають аварії;

- виникнення аварій внаслідок невідомих науці явищ, які проявляються на підприємствах, які використовують різні хімічні речовини.

Аварії мають різні наслідки, які залежать від характеру виробництва.

Найбільш типовими проявами аварій можуть бути:

- вибухи, які призводять до руйнувань промислових будівель;

- інтенсивні пожежі;

- отруєння людей ядовитими рідинами і газами;

- ураження людей електричним струмом;

- затоплення підприємств разом з людьми, які знаходяться там;

- зараження місцевості сильнодіючими ядовитими і радіоактивними речовинами.

Ліквідація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру

- проведення комплексу заходів, які включають аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, що здійснюються у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зон надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Роботу потрібно починати зразу, щоб не дати можливості аварії розростися до катастрофічних розмірів. Чим швидше почнуться рятувальні роботи, тим більше людей вдається врятувати.

Послідовність виконання ліквідацій аварій залежить від характеру руйнувань будівель і споруд, аварій комунікаційних, енергетичних і

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

технологічних мереж і степені радіаційного і хімічного зараження території об'єкту, пожеж і інших умов, які впливають на дії формувань.

Дуже важливо забезпечувати загальний порядок, що дає можливість вільному прибуттю формувань цивільної оборони (ЦО) до місця аварії. Служба формування охорони загального порядку повинна приступити до виконання своїх обов'язків в першу чергу.

Проводяться роботи розчищення проїзду до зруйнованих захисних споруд, пошкоджених і зруйнованих будівель, де можуть знаходитися люди, а також у місцях аварій, які перешкоджають чи ускладнюють проведення рятувальних робіт.

Дуже важливі дії аварійно-технічних формувань, які зразу відключають ще не пошкоджені енергетичні і комунікаційно-технічні мережі і локалізують аварії.

Рятувальні формування ЦО повинні як можна швидше приступити до виконання роботи із рятування людей, діючи разом з формуваннями ЦО медичної служби.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

9 ЕКОЛОГІЯ

9.1. Засоби, які забезпечують очищення повітря від пилу в проєктованому цеху

Очищення повітря від пилу може здійснюватися як при подачі зовнішнього повітря в приміщення, так і при видаленні з нього запиленого повітря. У першому випадку забезпечується захист працюючих у виробничих приміщеннях, а в другому – захист навколишньої атмосфери.

Універсальних пиловловлюючих пристроїв, придатних для будь-яких видів пилу і для будь-яких початкових концентрацій, не існує. Кожен з цих пристроїв придатний для визначеного виду пилу, початкової концентрації і необхідного ступеня очищення.

Важливим показником роботи пиловловлюючого устаткування є коефіцієнт очищення повітря, що визначається за формулою :

$$K_{\phi} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100\%,$$

де q_1 і q_2 – вміст пилу до і після очищення, мг/м³.

Очищення повітря від пилу може бути грубим, середнім і тонким. При грубому очищенні повітря затримується великий пил (розміром часток > 100 мкм). Таке очищення можна використовувати, наприклад, як попереднє очищення для сильно запиленого повітря при багатоступінчастому очищенні. При середньому очищенні затримується пил з розміром часток до 100 мкм, а його кінцевий вміст не повинний бути більшим 100 мг/м³. Тонке очищення, при якій затримується дуже дрібний пил (до 10 мкм) з кінцевим вмістом у повітрі

					<i>ДР 18-375.00.00</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				ЕКОЛОГІЯ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Пашивода</i>							
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Зав. каф.</i>								
						ТНТУ каф. ТМ гр. МТм-61		

до 1 мг/м³.

Устаткування для очищення повітря поділяється на пиловловлювачі і фільтри.

Пиловловлювачі – це пристрої, дія яких ґрунтується на використанні інерційних сил для осадження часток пилу, що відокремлюють пил від повітряного потоку при зміні швидкості (у пилоосаджуючих камерах) і напрямку його руху (одиничні і батарейні циклони, інерційні і ротаційні пиловловлювачі).

Пиловловлювачі застосовують при вмісті пилу в повітрі, більш 150 мг/м³.

Пилоосаджуючі камери застосовують для осадження великого і важкого пилу з розміром часток більше 100 мкм. Швидкість запиленого повітря в поперечному перерізі камери приймається невеликою – близько 0,5 м/с для того, щоб пил міг осісти в камері раніше, ніж залишить її. Тому габарити камер виходять досить значними, що обмежує їхнє застосування, незважаючи на очевидні переваги – дешевизна і простота експлуатації.

Ефективність очищення можна збільшити (до 80-95%), якщо камеру виконати лабіринтного типу, хоча це спричиняє збільшення гідравлічного опору.

Циклони. Їх застосовують для грубого і середнього очищення від сухого не волокнистого пилу, що злипається. Пилозбірник в циклонах побудовано на принципі відцентрової сепарації. Потрапляючи в циклон по дотичній через вхідний патрубок, повітряний потік набуває обертового руху по спіралі, і опустившись до дна конічної частини, виходить назовні через центральну трубу. Під дією відцентрових сил частки пилу відкидаються до стінки циклона і захоплюються повітряним потоком, опускаються на дно циклона, а звідти видаляються в пилозбірник. Ефективність очищення збільшується (до 90%) при зменшенні розмірів циклона, оскільки величина відцентрової сили обернено пропорційна відстані між частками пилу до осі циклона. Тому замість одного циклона великого розміру ставлять паралельно два чи більше циклонів менших розмірів – так звані батарейні циклони.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		106

Через можливе загоряння і вибухи пилу в циклонах їх встановлюють поза виробничими приміщеннями.

Для очищення повітря з великим змістом пилу використовують циклони з водяною плівкою, яка створюється на його внутрішній поверхні.

Ротаційні пиловловлювачі представляють собою відцентровий вентилятор, що одночасно з переміщенням повітря очищає його від великих часток пилу (> 10 мкм) завдяки силам інерції, що виникають при обертанні робочого колеса. Вони знаходять застосування в запилених виробництвах, наприклад у ливарному. Вони забезпечують порівняно високу ефективність очищення: для часток пилу від 8 до 20 мкм – 83%, а для більших – до 97%.

Фільтри – це пристрої, у яких запилене повітря пропускається через пористі, сітчасті матеріали, а також через конструкції, здатні затримувати чи осаджувати пил.

У якості фільтруючих матеріалів застосовують скловату, гравій, кокс, металеву стружку, пористий папір чи тканину, тонку металеву сітку, порцелянові чи металеві порожні кільця.

Паперові фільтри. Фільтруючим матеріалом у них є гофрований, пористий папір (целюлозна вата) чи так званий шовковий (шовковистий пористий папір), складений в 4-10 аркушів і закладений в спеціальні касети. Такі касети встановлюються в металеві каркаси. Ефективність очищення паперових фільтрів дуже висока – до 98-99%. Ці фільтри використовують для очищення повітря, яке подається в приміщення.

Для того щоб касети періодично звільнялися від частини пилу, що осаджується, роблять струшування фільтру.

Масляні фільтри. Такі фільтри застосовують для очищення повітря, яке подається в приміщення при малих концентраціях пилу (до 20 мг/м³).

Ряд конструкцій представляють собою касету, обтягнуту сіткою і заповнену порцеляновими чи мідними кільцями, гофрованими сітками. Ця касета перед установкою в мережу опускається у вазелінову олію.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		107

Частки пилу, проходячи з повітрям через лабіринт отворів, утворених кільцями чи сітками, затримується на їхній змоченій поверхні. Ефективність очищення сягає 95-98%.

В даний час широке застосування одержали самоочисні масляні фільтри, у яких фільтрація здійснюється двома полотнами з металевої сітки, які безупинно рухаються. Нижня частина полотна на 150 мм занурена в масло, що знаходиться у ванні.

При забрудненні масляних фільтрів кільця і сітки промивають у содовому розчині.

Електричні фільтри застосовують для очищення повітря і газу від дрібнодисперсного пилу. При проходженні запиленого газу чи повітря через фільтр відбувається іонізація часток пилу, тобто утворення позитивних і негативних іонів. Пил, що одержав заряд від негативного електрода, прагне осісти на позитивному електроді, яким є заземлені стінки фільтра і спеціальні осаджуючі електроди. Ці електроди періодично струшуються за допомогою спеціального механізму а осілий пил збирається в бункері, звідки видаляється.

Ультразвуковий фільтр використовується для тонкого очищення, під впливом ультразвуку високої інтенсивності відбувається коагуляція дрібних часток пилу. Великі частки, що утворюються, осаджуються в звичайних пиловловлювачах, наприклад, у циклонах. Ефективність очищення складає 90% при дії ультразвуку протягом 3-5 с.

Якщо необхідна ефективність очищення досягається в одному пиловловлювачі чи фільтрі, то таке очищення називається одноступінчатим. Для одержання необхідної чистоти використовують двоступінчасте очищення. Наприклад, якщо першою ступінню очищення повітря є циклон, то в якості другої може служити масляний фільтр і т.д.

Правильна експлуатація фільтрів (своєчасне очищення, промивання і т.п.) має велике значення для ефективної роботи вентиляції.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		108

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз стану питання щодо дослідження параметрів та оснащення процесу розточування отворів. Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра. проведено дослідження деформації розточної оправки в процесі різання при дії неврівноваженої сили різання. Встановлено, що збільшення довжини розточної оправки l призводить до збільшення величини її деформації в напрямку осі y , а зменшення діаметра розточної оправки d призводить до збільшення величини її деформації в напрямку осі y . Найбільше значення деформації досягає 0,1 мм для оправки довжиною 250 мм, а найменше – 0,04 мм для оправки довжиною 170 мм.

У часі деформація оправки носить коливний характер, при цьому період коливання розточної оправки залежить від частоти її обертання. В загальному деформації досягають досить значних величин, тому в процесі використання розточних оправок доцільно мінімізувати неврівноважену силу різання за рахунок використання декількох ріжучих кромки і точного виставлення розточної оправки відносно отвору, що обробляється.

Також проведено 3-D моделювання розточної оправки з різцями, генерування кінцево-елементної сітки, накладання граничних умов, при яких розточна оправка закріплювалась консольно, формування навантаження силами різання на одному та на двох різцях. В результаті отримували графічне відображення деформацій та напружень, що виникають у розточній оправці та різцях.

На основі аналізу результатів моделювання методом кінцевих елементів встановлено, що при використанні одного різця на розточній оправці виникають значно більші напруження (при основі оправки) та деформації (на

					<i>ДР 18-375.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Бартошик</i>				ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ, каф ТМ гр. МТМ-61</i>		

вільній стороні оправки) ніж при використанні двох різців на розточній оправці. Це зумовлено частковим взаємним зрівноваженням сил різання при використанні оправки із двома різцями. Найбільші напруження та деформації виникають на різці, до якого прикладені більші сили різання.

Вдосконалено відомий технологічний процес обробки кільця
ЖИЦД 712442.019.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.	Бартошик						
Перевір.	Паливода						
Реценз.							
Н. контр.							
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, каф. ТМ гр. МТМ-61		

13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.

14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.

15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. М.: Высш. школа, 1969. 480 с.

21. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. К.: Вища шк., 1991. 247 с.

22. Оборський Г. О. Наукові основи забезпечення параметричної надійності та динамічної якості технологічних систем прецизійної обробки : автореф. дис... д-ра техн. Наук. К., 2006. 36 с.

23. Савуляк В. І., Заболотний С. А. Температурні похибки при розточуванні отворів. Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. 2009. № 6. С. 83-85.

24. Крупа В.В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис... к-та техн. наук: 05.03.01. Тернопіль., 2015. 272 с.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Линчевский П. А. Тонкое растачивание в структуре технологических операций обработки точных отверстий : автореф. дис... д-ра техн.наук: 05.02.08. О., 1993. 25 с.

26. Джугурян Т. Г. Технологічні основи керування точністю та якістю обробки при прецизійному розточуванні : автореф. дис...д-ра техн. наук : 05.02.08. Х., 2001. 36 с.

27. Fluat Atabey. Modeling of mechanics and dynamics of boring. A thesis master of applied science, The University of British Columbia, 2001, 182 p.

28. Шендеров И. Б. Модель формообразования отверстия при растачивании. Вестник машиностроения. 1998. №3. С. 22-25.

29. Бабаков И.М. Теория колебаний. М. : Наука, 1965. 560 с.

30. Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Дячун А. Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів : монографія. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 280 с.

31. Зайцев В. Ф., Полянин А. Д. Метод разделения переменных в математической физике. СПб., 2009. 92 с.

32. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М. : Наука, 1976. 608 с.

33. Капаціла Ю.Б., Комар Р.В., Дячун А.Є. Механоскладальні дільниці та цехи. Методичні вказівки до практичних та самостійних занять студентів всіх форм навчання напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» та спеціальності 131 «Прикладна механіка». Тернопіль, 2016. 40 с.

34. Бартошик Ю. Дослідження впливу точності розточної оправки на процес різання / II Міжнародна студентська науково-технічна конференція “Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання”: 25-26 квітня 2019 р. : тези доп. – Тернопіль : вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – С. 118.

35. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» /

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

36. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

37. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : методичні вказівки до курсової роботи для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія». Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.

38. Пилипець М. І., Данильченко Л. М., Ткаченко І. Г : методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2018. 60 с.

					<i>ДР 18-375.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ДО ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Таблиця А.1 - Характеристика варіантів технологічного процесу

№ п/п	Програма запуску, шт	Тшт, хв	Тр/місткість на деталь, н-год	Тр/місткість на програму, н-год	Розряд робітника
1	2	3	4	5	6
Базовий варіант					
005	12631	4.77	0,08	1010,48	3
010	12631	3.14	0,052	656,812	3
015	12631	2.29	0,038	479,978	3
020	12631	0.46	0,008	101,048	3
025	12631	1.08	0,018	227,358	3
030	12631	2.29	0,038	479,978	3
035	12631	0.46	0,008	101,048	3
040	12631	0.84	0,014	176,834	3
Сума		15,33	0,256	3233,536	
Проектний варіант					
005	12631	1.2	0,02	252,62	3
010	12631	2.59	0,043	543,133	3
015	12631	2.29	0,038	479,978	3
020	12631	1.08	0,018	227,358	3
025	12631	2.29	0,038	479,978	3
030	12631	0.84	0,014	176,834	3
Сума		10,29	0,171	2159,901	

					<i>ДР 18-375.00.00</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Бартошик				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Паливода						10
Реценз.					ДОДАТОК А ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
Н. контр.							
Затв.							

Таблиця А.2 - Склад технологічного обладнання

№ п/п	Кількість місць	Потужність електро-двигуна 1-го верстата, кВт	Потужність електро-двигунів всіх верстатів,	Вартість 1-го верстата, грн	Вартість всіх верстатів, грн	Витрати на перевезення і монтаж, грн	Сума всіх витрат, грн	Категорія ремонтної складності
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовий варіант								
005	1	10	10	50000	50000	4000	54000	14
010	1	10.0	10	50000	50000	4000	54000	14
015	1	4.5	4,5	35000	35000	2800	37800	14
020	1	4.5	4,5	35000	35000	2800	37800	14
025	1	1.3	1,3	30000	30000	2400	32400	14
030	1	4.5	4,5	35000	35000	2800	37800	14
035	1	4.5	4,5	35000	35000	2800	37800	14
040	1	1.3	1,3	30000	30000	2400	32400	14
Сума	8		40,6		300000	24000	324000	14
Проектний варіант								
005	1	10	10	100000	100000	8000	108000	20
010	1	10.0	10	100000	100000	8000	108000	20
015	1	4.0	4	30000	30000	2400	32400	20
020	1	1.3	1,3	30000	30000	2400	32400	20
025	1	4	4	30000	30000	2400	32400	20
030	1	1.3	1,3	30000	30000	2400	32400	20
Сума	6		30,6		320000	25600	345600	20

Таблиця А.3 - Зведена відомість складу працюючих

№ п/п	Категорія працюючих	Кількість	Процентне відношення
1	2	3	4
Базовий варіант			
1	Виробничі робітники	9	-
2	Допоміжні робітники	3	30
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	2	10-13

					ДР 18-375.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Закінчення таблиці А.3

1	2	3	4
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		16	
Проектний варіант			
1	Виробничі робітники	7	-
2	Допоміжні робітники	3	30
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	1	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		13	

Таблиця А.4 - Капітальні витрати по основних фондах

№ п/п	Назва основних фондів	Вартість, тис. грн	Норма амортизації	Сума амортизації, тис. грн	Питома вага в заготовках
1	2	3	4	5	6
Базовий варіант					
1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	146	9,25	1110	0,09
	б) допоміжні приміщення	51,1	3,24	388,8	0,03
	в) адмін.-побутові	61,6	3,9	468	0,04
	ВСЬОГО:	258,7		1966,8	0,16
2	Споруди і передаючі пр.	12,935	0,82	98,4	0,01
3	Обладнання:				
	а) виробниче	324	20,52	2462,4	0,21
	б) енергетичне	3,045	0,19	22,8	0
	в) транспортне	32,4	2,05	246	0,02
	г) контр.-вимірювальне	16,2	1,03	123,6	0,01
	ВСЬОГО:	375,645		2854,8	0,24

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці А.4

1	2	3	4	5	6
4	Інструмент і пристрої	33,048	60	19828,8	1,65
5	Виробн. і госп. інвентар	3,24	24	777,6	0,06
	ВСЬОГО:	683,568		25526,4	2,12
Проектний варіант					
1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	110,8	7,02	842,4	0,07
	б) допоміжні приміщення	38,78	2,46	295,2	0,02
	в) адмін.-побутові	50,05	3,17	380,4	0,03
	ВСЬОГО:	199,63		1518	0,12
2	Споруди і передаючі пр.	9,9815	0,63	75,6	0,01
3	Обладнання:				
	а) виробниче	345,6	21,89	2626,8	0,22
	б) енергетичне	2,295	0,15	18	0
	в) транспортне	34,56	2,19	262,8	0,02
	г) контр.-вимірювальне	17,28	1,09	130,8	0,01
	ВСЬОГО:	399,735		3038,4	0,25
4	Інструмент і пристрої	35,2512	60	21150,72	1,76
5	Виробн. і госп. інвентар	3,456	24	829,44	0,07
	ВСЬОГО:	648,0537		26612,16	2,21

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця А.5 - Зведена відомість річного фонду зарплати

Категорії працюючих	Основна зарплата, тис. грн	Доплата, тис. грн	Всього фонд основної зарплати, тис. грн	Додаткова зарплата, тис. грн	Річний фонд зарплати, тис. грн	Нарахування на зарплату, тис. грн	Всього виграї на зарплату,	Середньо-місячна зарплата
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовий варіант								
Робітники:								
- основні	24,02	7,206	31,226	1,4412	32,67	9,1276	41,7976	7602,5
- допоміжні	40,36	10,09	50,45	2,4216	52,87	15,3368	68,2068	5468,61
ІТП	29,62	7,405	37,025	1,7772	38,8	11,2556	50,0556	7616,67
ЛКП	13,45	3,3625	16,8125	0,807	17,62	5,111	22,731	5468,33
МОП	13,45	3,3625	16,8125	0,807	17,62	5,111	22,731	5468,33
ВСЬОГО:	120,9	31,426	152,326	7,254	159,58	45,942	205,522	
Проектний варіант								
Робітники:								
- основні	15,52	4,656	20,176	0,9312	21,11	5,8976	27,0076	7251,31
- допоміжні	38,85	9,7125	48,5625	2,331	50,89	14,763	65,653	5413,61
ІТП	14,26	3,565	17,825	0,8556	18,68	5,4188	24,0988	7556,67
ЛКП	12,95	3,2375	16,1875	0,777	16,96	4,921	21,881	5413,33
МОП	12,95	3,2375	16,1875	0,777	16,96	4,921	21,881	5413,33
ВСЬОГО:	94,53	24,4085	118,9385	5,6718	124,6	35,9214	160,5214	

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця А.6 - Відомість витрат на матеріали

№ п/п	Матеріали	Розхід на деталь, кг	Річна витрата, т.	Вартість, грн.	Загальні тр. витрати, грн.	Загальна вартість відходів, грн.	Загальна вартість матеріалу, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Базовий варіант							
1	Основні матеріали	2,86	36,12	1878240	150259,2	24031,74	2004467,46
2	Допоміжні матеріали	0,05	0,63	32869,2	2629,54	420,56	35078,18
Проектний варіант							
1	Основні матеріали	2,86	36,12	1878240	150259,2	24031,74	2004467,46
2	Допоміжні матеріали	0,05	0,63	32869,2	2629,54	420,56	35078,18

Таблиця А.7 - Кошторис цехових витрат

№ з/п	Найменування статей витрат	Витрати, тис. грн. Базовий варіант	Витрати, тис. грн. Проектний варіант
1	2	3	4
А. НА УТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБЛАДНАННЯ			
1	Амортизація обладнання	2,85	3,04
2	Експлуатація обладнання		
	а) допоміжні матеріали	35,08	35,08
	б) електроенергія	0,03	0,01
	в) стиснуте повітря	0,017	0,013
	г) вода для виробничих потреб	0,859	0,655
	д) пара для виробничих потреб	5,977	5,977
	е) зарплата основна і додаткова	41,8	27,01

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці А.7

1	2	3	4
3	Черговий ремонт		
	а) обладнання	16,2	17,28
	б) цінний інструмент	4,96	5,29
4	Внутрішні переміщення вантажів	1,62	1,73
5	Зношення малоцінного і швидкозношуваного інструменту	22,03	23,5
6	Інші витрати	7,79	8,31
	ВСЬОГО по розділу А:	139,213	127,895
	А. ЗАГАЛЬНОЦЕХОВІ ВИТРАТИ		
1	Утримання апарату управління цехом		
	а) ІТП	50,0556	24,0988
	б) службовці (ЛКП)	22,731	21,881
2	Утримання решти цехового персоналу		
	а) МОП	22,731	21,881
	б) доп. □обітники, не вказанні в розд. А	40,92	39,39
3	Амортизація будівель та інвентаря	2,84	2,42
4	Утримання будівель, споруд та інвентаря		
	а) електроенергія для освітлення	80,88	61,38
	б) пара для опалення	50,71	38,484
	в) вода для побутових потреб	4,25	3,43175
	г) матеріальні та інші витрати	2,72	2,1
	д) інвентаря	3,24	3,46
5	Черговий ремонт будівель, споруд, інвентаря	8,25	6,39
6	Випробування, досліди та дослідження, раціоналізація і винахідництво	1,25	0,81
7	Охорона праці	3,34	2,16
8	Зношення малоцінного та швидкозношуваного інвентаря	1,3	1,38
9	Інші витрати	5,9	4,59

Закінчення таблиці А.7

1	2	3	4
	ВСЬОГО по розділу Б:	301,12	233,86
	ВСЬОГО цехових (побічних) витрат	440,333	361,755

Таблиця А.8 - Кошторис витрат на виробництво продукції

№ з/п	Найменування статей витрат	Базовий варіант сума, тис. грн.	Проектний варіант сума, тис. грн.
1	2	3	4
1	Основні матеріали з врахуванням транспортних витрат та з вирахуванням відходів	2004,47	2004,47
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	31,23	20,18
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	1,44	0,93
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	9,13	5,9
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	139,21	127,9
6	Загальноцехові витрати	301,12	233,86
	Всього цехова собівартість	2486,6	2393,24
7	Загальнозаводські витрати	40,84	34,37
	Всього виробнича собівартість	2527,44	2427,61
8	Позавиробничі витрати	101,1	97,1
	Всього повна собівартість	2628,54	2524,71
9	Плановий прибуток	394,28	378,71
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	3022,82	2903,42

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця А.9 - Калькуляція собівартості одиниці продукції

№ з/п	Найменування статей витрат	Базовий варіант Сума, грн.	Проектний варіант Сума, грн.
1	2	3	4
1	Основні матеріали з врахуванням транспортних витрат та з вирахуванням відходів	167,04	167,04
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	2,6	1,68
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	0,12	0,08
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	0,76	0,49
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	11,6	10,66
6	Загальноцехові витрати	25,09	19,49
	Всього цехова собівартість	207,22	199,44
7	Загальнозаводські витрати	3,4	2,86
	Всього виробнича собівартість	210,62	202,3
8	Позавиробничі витрати	8,43	8,09
	Всього повна собівартість	219,04	210,39
9	Плановий прибуток	32,86	31,56
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	251,9	241,95

Таблиця А.10 - Калькуляція собівартості одиниці продукції

№ з/п	Нормативні показники	Одиниця виміру	Величина показника базового варіанту	Величина показника проектного варіанту
1	2	3	4	5
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	шт.	12000	12000
	б) у вартісному вираженні	грн.	3022820	2903420
2	Капітальні затрати:			

Закінчення таблиці А.10

1	2	3	4	5
	а) загальні	тис. грн.	683,57	648,05
	б) питомі	грн./шт.	56,96	54
	в) виробнича площа загальна	кв. м.	365	277
	г) кількість верстатів	шт.	8	6
	д) енергопотужність обладнання	кВт	40,6	30,6
3	Оборотні засоби, що нормуються	тис. грн.	162,35	153,91
4	Загальна чисельність працюючих	чол.	16	13
5	Річний фонд зарплати	тис. грн.	205,522	160,5214
6	Середньомісячна зарплата:			
	а) виробничих робітників	грн.	7602,5	7251,31
	б) ІТР	грн.	5616,67	5556,67
7	Виріток на одного працюючого	грн./чол.	188926,31	223339,73
8	Випуск продукції:			
	а) на один грн. основних фондів	грн.	4654,87	4716,01
	б) на один квадратний метр площі	грн.	8281,7	10481,65
9	Завантаження верстатів	%	0,43	0,29
10	Собівартість деталі	грн.	251,9	241,95
11	Побічні витрати цеху	грн.	101100	97100
12	Рівень рентабельності виробу	%	15	15
13	Рівень рентабельності цеху	%	50,6	51,26

Арк.

ДР 18-375.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата