

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 тримача АФКА 731151.047 з дослідженням процесу
оброблення різьбових отворів**

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

131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	_____ (підпис)	<u>Процик М.Г.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	_____ (підпис)	<u>Паливода Ю.Є.</u> (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 тримача АФКА 731151.047 з дослідженням процесу оброблення різьбових отворів”.

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

У другому розділі представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра. Досліджено динаміку нарізання різьби мітчиком. Встановлено динамічні навантажень на елементи системи інструмент-патрон-верстат під час нарізання різьби мітчиком та характер переміщення її складових. Сформовано диференціальні рівняння руху системи із вимушеними крутильними коливаннями, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду. Побудовано графічні залежності зміни кута деформації мітчика відносно патрона в часі, швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі, динамічного моменту на мітчику в часі, кута деформації патрона відносно шпинделя в часі, швидкості деформації патрона відносно шпинделя в часі. Підібрано обладнання та мітчики для нарізання різьби в попередньо просвердлених отворах. Проведено експериментальні дослідження крутного моменту при нарізанні різьби в заготовках із сталі 45 мітчиками від зміни трьох основних факторів: кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика.

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,

					<i>ДР 18-535.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>						
<i>Реценз.</i>					РЕФЕРАТ ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

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 пристрою для обробки деталі на агрегатному верстаті, розраховано його точність та силові параметри.

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

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 456000 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 124 сторінки.

Графічна частина представлена на 12 аркушах формату А1.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У масовому та серійному виробництві автоматизованому виробництві різьбу в малих отворах в основному нарізають машинними мітчиками і зігнутими для гайок мітчиками. Частка інших типів мітчиків не перевищує 10%. Одним із головних параметрів процесу нарізання різьби мітчиками є крутний момент, при дії якого відбувається деформація інструмента, зміна його форми, в наслідок чого збільшується тертя ріжучих зубів та підвищується їх зношування, при досягненні граничних значень відбувається руйнування мітчика. Існують різноманітні залежності для визначення моменту різання мітчиками. Основними параметрами цих залежностей є конструкційні параметри різьби, що нарізається, та параметри мітчика: його діаметр, кількість зубів, головний кут в плані та інші. Також момент різання безпосередньо впливає на потужність різання та енерговитрати. Тому встановлення такого взаємозв'язку експериментальним шляхом є актуальним завданням.

Використання прогресивних високопродуктивних методів механічної обробки, які забезпечують високу точність, якість поверхонь деталей машин, збільшують ресурс роботи деталей, застосування прогресивних форм організації та економіки виробничих процесів – все це направлено на вирішення завдань дипломної роботи: збільшення ефективності виробництва тримача АФКА 731151.047, що входить до складу світильника, який призначений для загального освітлення промислових, складських приміщень.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</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

Згідно даних літератури [22] “основні вимоги до різей і різьбових з’єднань визначаються: ГОСТ 24705-2004 (ИСО 724:1993) (Резьба метрическая. Основные размеры); ДСТУ 2497-94 (Основні норми взаємозамінності. Різьба і різьбові з’єднання. Терміни та визначення); ГОСТ 8724-81 (Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги); ГОСТ 9150-81 (Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль); ISO 262:1998 (Різи ISO метричні загального призначення) ISO 261:1998 (Різи метричні ISO загального призначення. Загальний вигляд); ISO 965-1:1998 (Різи метричні ISO загального призначення. Допуски. (в 5 частинах)).”

Мітчики для нарізання різьби або калібрування різьби в отворах за конструкцією поділяються на такі основні типи [23]:

1. “Ручні - для нарізання різьби вручну, складаються вони зазвичай з одного, двох або трьох штук в комплекті.”
2. “Машинні - для нарізання різьби в різних деталях на верстатах або за допомогою пневматичних або електричних дрелів.”
3. “Гайкові - для нарізання різьби в гайках на гайконарізних верстатах, які виготовляються з короткими або довгими хвостовиками.”
4. “Плашечні та маточні - для нарізання і калібрування різьби в плашках.
5. “Трубні – для нарізання трубної різьби в трубах і муфтах.”
6. “Конічні - для нарізання конічної різьби.”
7. “Мітчики збірної конструкції, регульовані, нерегульовані та самовідклучні (різьбонарізні головки для внутрішньої різьби).”

					<i>ДР 18-535.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Процук</i>				АНАЛІТИЧНА 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>		

8. “Калібрувальні - для калібрування і зачистки різьби в різних деталях, попередньо вже нарізаних іншими різьбонарізними інструментами.”

9. “Спеціальні - здвоєнні, ступінчасті, з перервною різьбою для різьби трапецеїдальної, прямокутної та інших видів профілю.

Основними конструктивними елементами мітчика (рис. 1.1) є [24]: “ріжуча і калібруюча частини, кількість, профіль і напрямок канавок, кути різання, елементи різьби, комплектність, хвостова частина. Ріжуча частина є важливим конструктивним елементом мітчика, так як виконує основну роботу формування профілю різьби. Для розподілення роботи різання на більшу кількість окремих різців ріжуча частина оформляється у вигляді конуса і її довжина має вплив на продуктивність нарізання, стійкість інструмента та точність нарізання різьби. Фінішне формування різьби закінчується після проходу першого калібруючого витка, що має повну висоту профілю різьби, а наступні витки не беруть участь в калібруванні різьби і служать лише для направлення в роботі і забезпечення переміщення мітчика за подачею (самозатягування).”

У роботі [22] сказано, що “по мірі затушення першого повного витка мітчик переточується і наступний виток стає калібрувальним, а тому калібруюча частина виконує роль резерву для переточування мітчика.”

Значне поширення одержали комбіновані мітчики (рис. 1.2.a). У роботі [22] сказано, що “як правило такі мітчики використовуються для свердління наскрізних отворів у стінках невисокої товщини з подальшим нарізанням різьби. Тому ці комбіновані мітчики є, як правило, комбінованими свердлами-мітчиками.

Завдання щодо нарізання різьби в отворах в Україні вирішували і вирішують вчені і фахівці Тернопільської, Київської, Севастопольської та інших шкіл. У Національному технічному університеті України «КПІ» ім. Ігоря Сікорського цим завданням приділяють увагу Добрянський С.С. Пуховський С.С., Сердюк А.В., Радченко С.Г., Таурин Г.Е. та інші. У Тернопільському національному технічному університеті ім. Івана Пулюя Нагорняк С.Г., Луців

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отворів та нарізання в них різьби присвячені наукові роботи Жаркова І.Г., Везуба М.В., Глоби О.В., Равської Н.С., Пасічника В.А., Зеленцова В.В., Кривого П.Д., Тарасюка А.П., Нагорняка С.Г., Кобельника В.Р., Arola D., Доброскок В.Л., Aspinwall D.K., Campbl F.C., Boehnke D., Bhatnagar N., Chen D., Brinksmeier E., Cong W.L., Chen W., Zhang H., Weiss R.A. та багатьох інших. Значний внесок у вивчення питання теоретичного і експериментального дослідження нарізання різьби мітчиками представлено в працях Васіна С.О., Кушнера В.С., Полетіки М.Ф., Зорева Н.Н., Гуревича Я.Л., Данієляна А.М., Подураєва В.І., Бурмістрова Є.В., Розенберга Ю.О., Резникова Н.І., Кривоухова В.А., Верещаки О.С. та інших науковців.

У патенті України №51159 [25] вказано “недоліком мітчиків є те, що у них, теоретично розраховані діаметри отворів під різьбу визначаються дробними числами з точністю до тисячних частин міліметра. Оскільки підібрати свердла для виготовлення отворів під різьбу з такими точними розмірами практично неможливо, то ці розміри округляють до десятих долей міліметра. Якщо розмір отвору під різьбу менший теоретичного, то різьба руйнується при нарізанні різьби, а якщо діаметр отвору під різьбу більший теоретичного, то різьба має меншу міцність та надійність і руйнується під час експлуатації різьби.”

В основу винаходу [25] поставлено задачу “удосконалити метричні та дюймові мітчики шляхом зміни конструкції кінцевої частини мітчиків і при цьому забезпечити технічний результат, який полягає в тому, щоб уникнути випадки руйнування різьби при нарізанні та забезпечити міцність та надійність різьби під час її експлуатації. Суть винаходу полягає в тому, що цей технічний результат досягається за рахунок того, що в метричних та дюймових мітчиках, які мають циліндричну різьбову частину та конічну різьбову частину, згідно з винаходом, кінцева частина мітчиків виконана у вигляді свердла з його циліндрично частиною та конічною частиною, при чому діаметр циліндричної частини свердла дорівнює теоретично розрахованому діаметру отвору під різьбу.” На рис. 1.3 схематично зображений мітчик [25] “Мітчик 1 має

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циліндричну різбову частину 2 та конічну різбову частину 3, згідно з винаходом кінцева частина мітчика 1 виконана у вигляді свердла 4 з його циліндричною частиною 5 та конічною частиною 6, при чому діаметр циліндричної частини 5 свердла 4 дорівнює теоретично розрахованому діаметру D_i отвору під різьбу.”

У патенті [25] відмічено: “працює мітчик наступним чином: в отвір з діаметром заздалегідь меншим ніж теоретично розрахований діаметр D_i отвору під різьбу, вставляється мітчик 1 і при його обертанні своїм свердлом 4 з конічною 6 та циліндричною частиною 5 розсвердлює отвір до діаметра D_i під різьбу і одночасно своєю конічною 3 та циліндричною 2 різбовою частиною нарізує в цьому отворі різьбу. Оскільки діаметр циліндричної частини 5 свердла 4 дорівнює теоретично розрахованому діаметру D_i отвору під різьбу без округлення розмірів згідно з Держстандартами на різьбу, то різьба після нарізування виходить повноцінною без пошкоджень і руйнацій, чим і досягається технічний результат.”

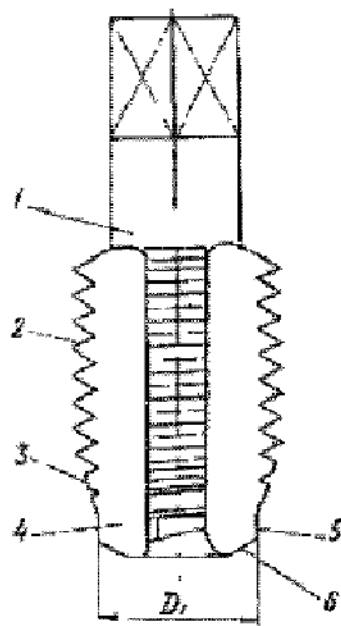


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення мітчика (патент України №51159 [25])

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задачею корисної моделі № 64950 [26] (рис. 1.4) є “створення пристрою, що дозволяє досягти підвищення якості обробки різей за рахунок поєднання різання і пластичної деформації в межах ширини одного пера.”

Технічний результат патенту [26] “досягається за рахунок того, що на забірній частині мітчика виконані зуби, які поєднують в собі ріжучі і деформуючі елементи, а канавки на забірній частині симетрично розширюються від початку калібруючої частині до початку забірної частини мітчика.”

Також у патенті [26] відмічено “мітчик складається з забірної частини 1, калібруючої 2 і хвостовика 3. Перо забірної частини 1 містить ріжучі зуби 4 і пластично деформуючі зуби 5, на калібруючій частині 2 розташовані лише пластично деформуючі зуби 6. Пропонована конструкція отримана шляхом виконання на заготовці мітчика пластично деформуючих зубів 6, що відповідають зубам калібруючої частини 2. Потім на довжині, відповідній довжині забірної частини 1, виконані стружкові канавки так, щоб кожне перо забірної частини містило ріжучий зуб 4, затилований за всім профілем на величину $k_i=h_i$, де h_i - висота i -го зуба, i пластично-деформуючий зуб 5, виконаний з висотою $H_i=h_i+\delta_i$, де δ_i - товщина деформованого шару i -м пластично-деформуючим зубом забірної частини. Величини h і H збільшуються, починаючи від першого зуба забірної частини, до наступних. Запропонований мітчик працює таким чином.”

У патенті [26] сказано “Мітчику надають обертання і узгодженого з ним осьового переміщення. Ріжучий зуб 4 забірної частини здійснює при цьому чорнове формоутворення різі методом зняття стружки на глибину Δ_i .”

У патенті [26] зроблено висновки “Розташований послідовно на цьому ж пері на одній гвинтовій лінії з ним пластично-деформуючий зуб 5 здійснює пластичну деформацію профілю на величину δ_i . Наступні зуби забірної частини так само обробляють частину різевого профілю, що залишилася. Зуби калібруючої частини 2 здійснюють остаточне формоутворення різі методом пластичної деформації і виконують роль напрямних елементів. Запропонована

Арк.

ДР 18-535.00.00

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

конструкція дозволяє підвищити точність нарізаних різей у важкооброблюваних матеріалах і сплавах і спростити процес різьотворення.”

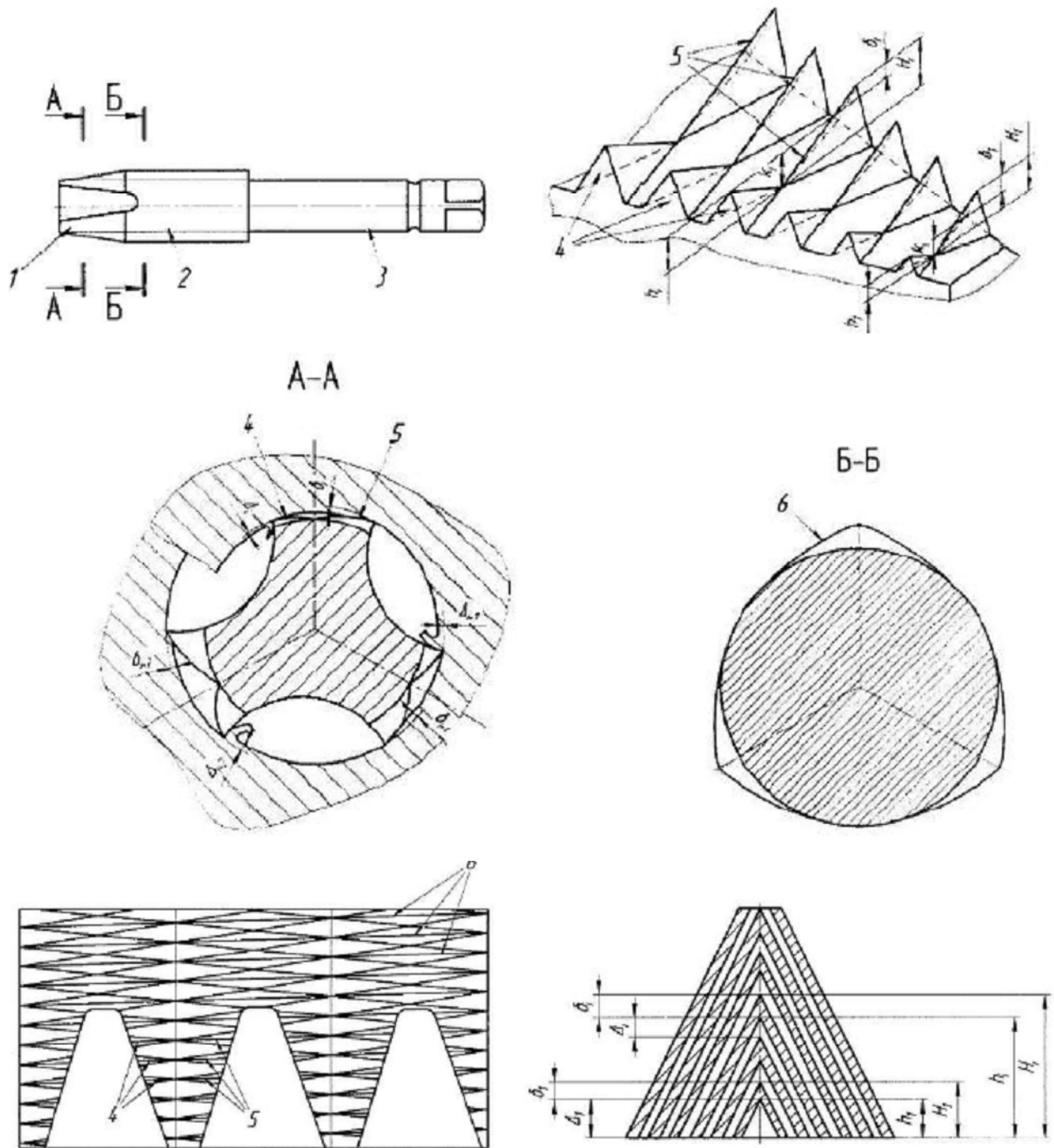


Рисунок 1.4 – Схематичне зображення мітчика (патент України № 64950 [26])

У патенті України № 66082 [27] відмічено “конструкція зуба мітчика запобігає ризику попадання стружки, однак значна частина енергії витрачається на подолання сил тертя, що виникають на бокових поверхнях різьби при вигвинчуванні мітчика в результаті залишкових поверхневих напружень обробленого шару. Це в свою чергу приводить до інтенсивного зносу зубів мітчика і зниження якості нарізваної різьби.

Технічний результат у патенті України № 66082 [27] (рис. 1.5) досягається тим, “що на робочій частині n-гранного мітчика з непарною кількістю граней ($n \geq 3$) виконано стружкових канавок з найбільшою кутовою шириною.”

“Мітчик містить ріжучі зуби 1, деформуючі зуби 2 і зуби зворотного різання 3. Запропонована геометрія робочої частини мітчика, наприклад тригранного ($n=3$), M10, може бути отримана таким чином. На поверхні робочої частини заготовки мітчика нарізується основна 1 різьба на токарно-гвинторізному верстаті. Потім на витках основної різьби здійснюється нарізання ($n+1$) - західної (чотиризахідної) правої різьби і ($n-1$) - західної (двозахідної) лівої різьби з кроком основної різьби мітчика. Величини зміщення правих і лівих різьб вибираються, як і числа заходів, за відомим способом, де n - число граней мітчика (непарне ≥ 3).”

Потім патенті України № 66082 [27] вказано “на фрезерному верстаті виконується формоутворення стружкових канавок. Після цього здійснюється заточування ріжучого зуба 1 і зворотного ріжучого зуба 3 на величину переднього кута, значення якого вибирається по таблицях, виходячи з властивостей матеріалу деталі. Таке виконання робочої частини мітчика забезпечує наявність в поперечному перерізі ріжучих зубів 1, деформуючих - 2 і зубів зворотного різання 3. Ріжучі зуби 1 здійснюють формоутворення різьби із зняттям стружки, зуби 2 і 3 - пластичну деформацію різьби і центрування мітчика в нарізованому отворі. При вигвинчуванні мітчика із отвору вступають в роботу зуби 3, які видаляють релаксаційний шар оброблюваного матеріалу і стружки, що залишилися недорізнаними при робочому ході зубами 1. Зуби 1 і 2

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при вигвинчуванні забезпечують надійне центрування в оброблюваному отворі. Пропоновані конструктивні елементи значно збільшують стійкість мітчика, при цьому підвищується якість нарізаної різьби.”

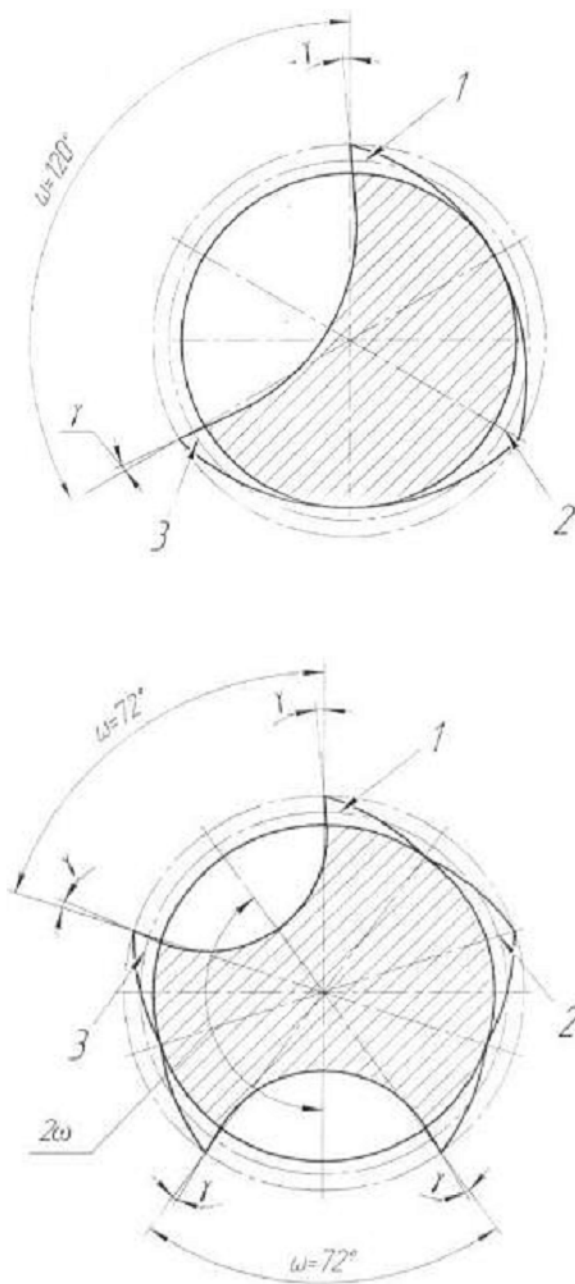


Рисунок 1.5 – Креслення елементів мітчика у патенті України № 66082 [27]

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задачею пропонованого пристрою у патенті України № 66484 [28] рис. 1.6 є підвищення стійкості інструменту.

Поставлена задача у патенті [28] вирішується тим, “що мітчик має змінну геометрію з профілем основної різьби на вершинах зубів та з зменшеним профілем у передній та задній частинах зубів мітчика, крім того, зуби мітчика переходять з ромба в основі в шестикутники до вершин, утворюючи на бокових поверхнях зубів майданчики в формі трикутників з вершиною у основи зуба.”

На кресленні у патенті [28] позначені “виток 1 основної різьби; витки 2 правої затилуючої різьби, витки 3 лівої затилуючої різьби; кут α повного профілю різьби, кут α_1 профілю перетину передньої і задньої частин зуба, рівновіддалених від перетину повного профілю на відстань a . Пропонована геометрія робочої частини мітчика може бути отримана на токарно-гвинторізному верстаті з використанням різьбових різців таким чином. На поверхні робочої частини заготовки мітчика нарізана основна різьба 1 (M10×1) з кутом профілю α ($\alpha=60^\circ$). Потім різьбовим різцем, що має кут при вершині α_1 ($\alpha-\alpha_1=5\dots 10^\circ$, $\alpha_1=50\dots 55^\circ$) здійснюється на витках основної різьби нарізання (n+1) - західної правої різьби 2 і (n-1) - західної лівої різьби 3 з кроком основної різьби мітчика.

Пропонована конструкція зубів мітчика у патенті [28] має наступні переваги: “- дана форма зуба сприяє полегшенню процесу пластичної деформації при різьбонарізанні, оскільки перебіг металу відбувається рівномірно за всім профілем;”

- “підвищена міцність мітчика, оскільки його поперечний перетин у формі круга володіє великим моментом опору, відсутнє спотворення профілю і забезпечується можливість обробляти різьби в глухих отворах; пропонований мітчик простий у виготовленні, оскільки всі операції здійснюються на звичайному токарно-гвинторізному верстаті.”

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

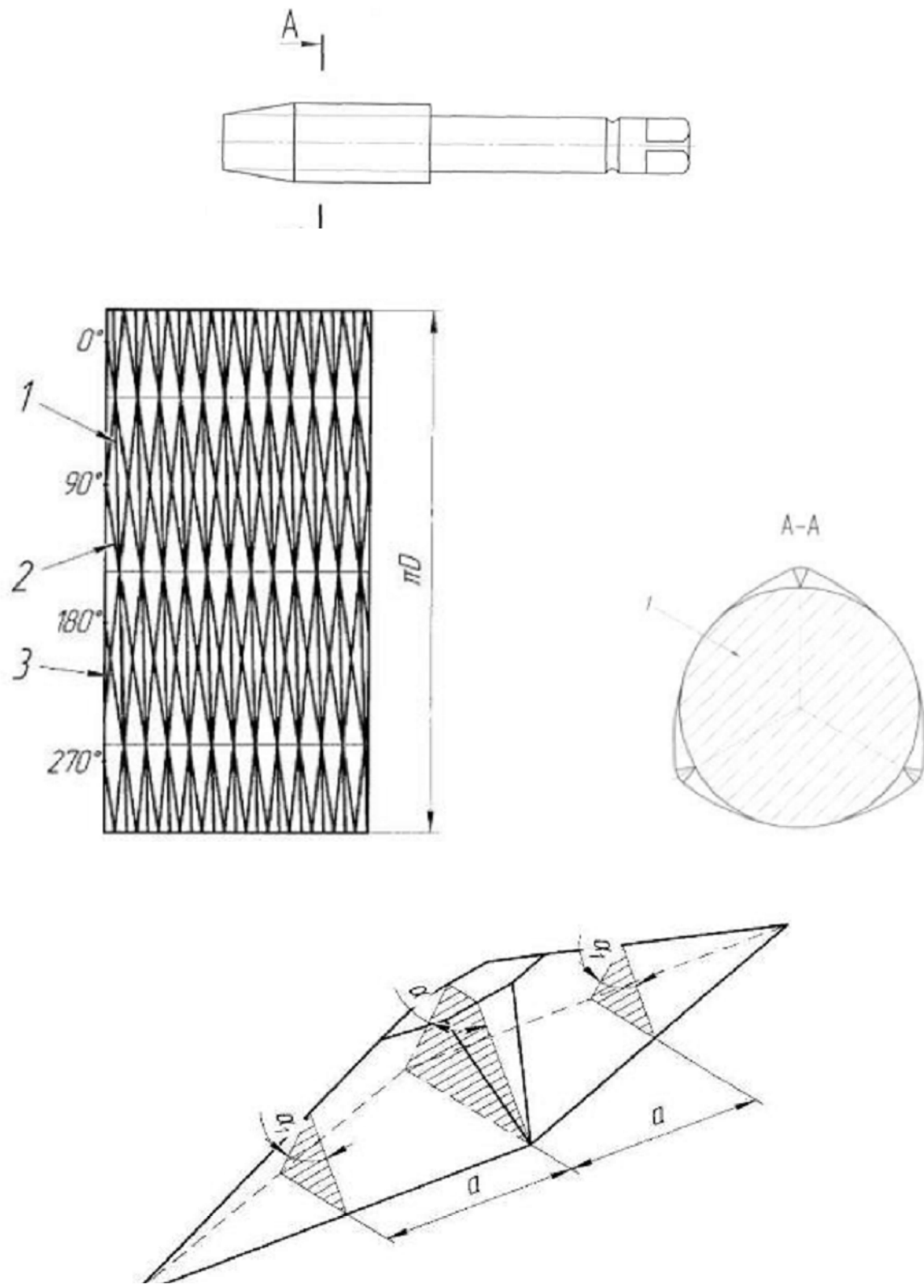


Рисунок 1.5 – Схема мітчика у патенті України № 66484 [28]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

Задача запропонованої корисної моделі патенту України № 67831 [29] – “спрощення конструкції мітчика і підвищення точності накатуваної різьби.”

Поставлена задача у патенті [29] вирішується тим, “що на робочих вершинах зубів забірної частини виконані плоскі лиски, нахилені в бік задніх поверхонь зубів під гострим кутом ψ до осьових площин, що проходять через вершини робочих граней зубів, а кут осьового нахилу кожної з 20 лисок визначається зі співвідношення $\varphi = 0,1\psi$, де величина ψ знаходиться в діапазоні $50\div 75^\circ$. Зуби такого мітчика формують різьбу з профільною схемою і мають малу площу контакту бічних поверхонь і оброблюваного матеріалу, що знижує знос робочих елементів.”

У патенті [29] також описано конструкцію: “мітчик складається з забірної 1, калібруючої частин 2 і хвостовика 3. На забірній частині 1, перетинаючи робочі виступи 4, розташовані плоскі лиски 5, нахилені під гострим кутом ψ до осьових площин, проходять через вершини робочих виступів 4 в сторону, протилежну напрямку обертання мітчика в процесі накатування різьби. При виконанні на робочій частині мітчика плоских лисок 5 формується забірна частина 6, зуби якої розташовані під кутом φ до осі мітчика. Середня величина кута φ може визначатися в залежності від кута нахилу плоских лисок ($\psi = 50\div 75^\circ$) співвідношенням $\varphi = 0,1\psi$.”

У патенті [29] зроблено висновки “пропонована конструкція мітчика забезпечує можливість накатування різьб підвищеної точності в результаті виконання забірної частини мітчика з профільною схемою, яка виключає помилку по кроку при переході від забірної частини мітчика до калібруючої, а також спрощується процес виготовлення мітчика і поліпшуються умови його роботи внаслідок утворення на робочих виступах плоских лисок.”

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

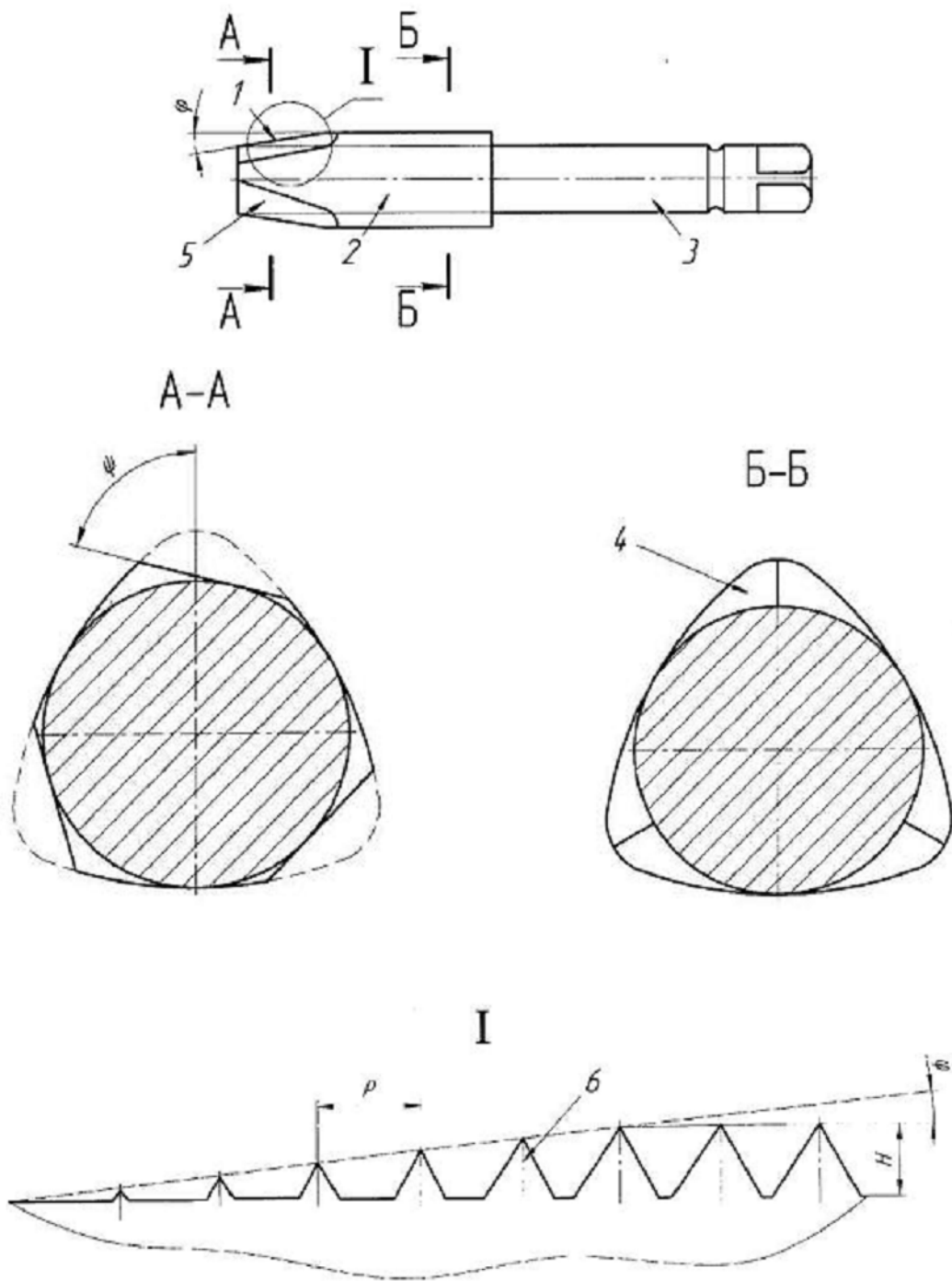


Рисунок 1.6 – Зображення мітчика у патенті України № 67831 [29]

У масовому та серійному виробництві для нарізання різьби в середньовуглецевих сталях найбільше використовується генеративна схема різання. При автоматизованому виробництві різьбу в малих отворах в основному нарізають машинними мітчиками і зігнутими для гайок мітчиками. Частина інших типів мітчиків не перевищує 10%.

					ДР 18-535.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із головних параметрів процесу нарізання різьби мітчиками є крутний момент M , при дії якого відбувається деформація інструмента, зміна його форми, в наслідок чого збільшується тертя ріжучих зубів та підвищується їх зношування, при досягненні граничних значень відбувається руйнування мітчика. Існують різноманітні залежності для визначення моменту різання мітчиками. Основними параметрами цих залежностей є конструкційні параметри різьби, що нарізається, та параметри мітчика, його діаметр, кількість зубів, головний кут в плані та інші. Також момент різання безпосередньо впливає на потужність різання та енерговитрати. При визначенні залежностей крутного моменту використовуються експериментальні дані досліджень та регресійний аналіз одержаних результатів, при цьому в основному враховують діаметр мітчика d , крок різьби, що нарізається P , головний кут в плані φ та кількість зубів z . [30, 31, 32, 33]:

$$M = 27d^{1,4}P^{1,5}; \quad (1.1)$$

$$M = 2,5d^2P^{1,5}; \quad (1.2)$$

$$M = 27d^{1,25}P^{1,75}; \quad (1.3)$$

$$M = 15d^{1,25}P^{1,75} \frac{z^{0,2}}{\operatorname{tg}\varphi^{0,2}}. \quad (1.4)$$

У роботі [34] за формулами (1.1 - 1.4) для однакових параметрів мітчика ($z = 3$, $\varphi = 20^\circ$, $P = 1,5$ мм, оброблюваний матеріал сталь 45) проведено розрахунок крутного моменту для нарізання різьби, результати представлено у вигляді графіка (рис. 1.7).

Із графіків на рис. 1.7 видно, що відхилення одержаних значень крутного моменту різання мітчиком досягає 200%, що обмежує використання цих залежностей при інженерних розрахунках. Ця відмінність у графіках зумовлена використанням обмеженої кількості змінних факторів, коефіцієнти враховують

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тільки певні обмежені особливості процесу різання. Обмежена кількість факторів пояснюється технічними труднощами, пов'язаними із великими об'ємами проведення експериментів, вартістю матеріалів та інструментів, забезпеченням точних параметрів мітчиків.

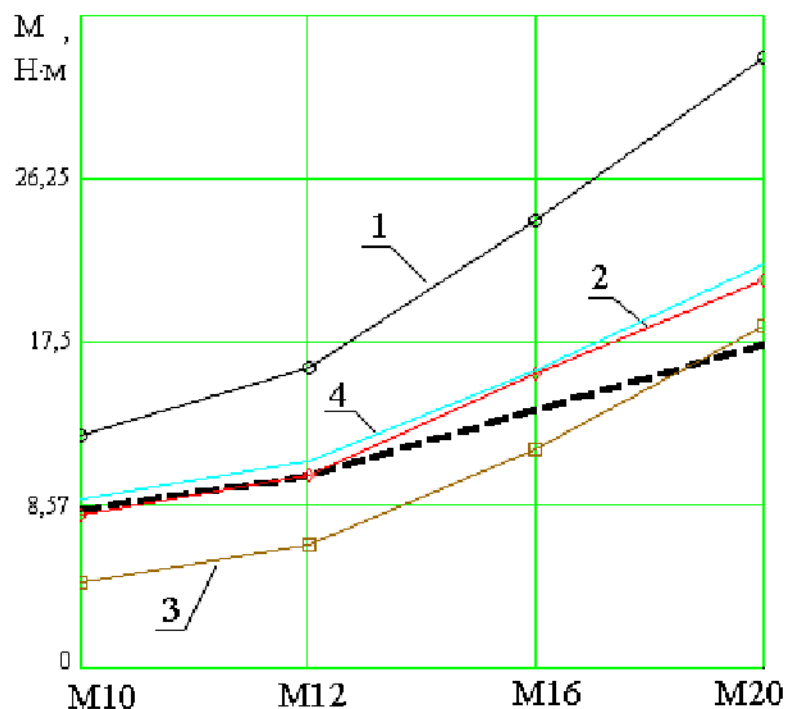


Рисунок 1.7 – Графіки розрахункових залежностей крутного моменту від діаметрів мітчиків ($z = 3$, $\varphi = 20^\circ$, $P = 1,5$ мм, оброблюваний матеріал сталь 45)

----- – розрахункова залежність автора [34];

— 1, 2, 3, 4 – дані з робіт [30, 31, 32, 33] відповідно

Кут в плані φ впливає на товщину шару металу, що зрізається і відповідно на сили різання, що виникають на ріжучих кромках інструмента. В роботі [35] представлено розрахункові та експериментальні дані, які вказують на те, що при зміні головного кута в плані φ від 6° до 20° радіальна сила різання P_r та осьова сила P_x зростають на 250% та 300% відповідно, тому головний кут в плані впливає на динамічні та експлуатаційні характеристики мітчика.

Для різних значень головного кута в плані [36] побудовано графіки зміни

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тисків p_b на опорних поверхнях ріжучих зубів мітчика, а також графіки величини розбивання Δ різьбового отвору (рис. 1.8) на середньому діаметрі різьби.

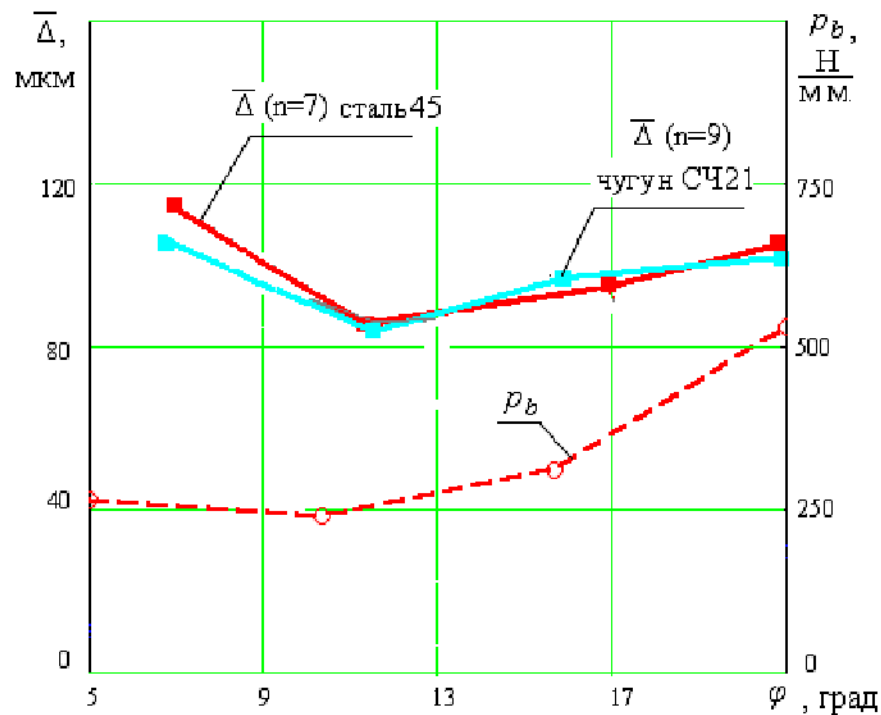


Рисунок 1.8 – Графіки залежності величини розбиття отвору Δ та питомого тиску p_b на ріжучих кромках зубів, залежно від головного кута в плані φ (мітчик М12, $V=10\text{м/хв}$) [36]

1.2. Висновки та постановка задач на дипломну роботу магістра

У масовому та серійному виробництві для нарізання різьби мітчиками в середньовуглецевих сталях найбільше використовується генеративна схема різання. При автоматизованому виробництві різьбу в малих отворах в основному нарізають машинними мітчиками і зігнутими для гайок мітчиками. Частка інших типів мітчиків не перевищує 10%. Одним із головних параметрів процесу нарізання різьби мітчиками є крутний момент M , при дії якого відбувається деформація інструмента, зміна його форми, в наслідок чого збільшується тертя ріжучих зубів та підвищується їх зношування, при досягненні граничних

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значень відбувається руйнування мітчика. Існують різноманітні залежності для визначення моменту різання мітчиками. Основними параметрами цих залежностей є конструкційні параметри різьби, що нарізається, та параметри мітчика, його діаметр, кількість зубів, головний кут в плані та інші. Також момент різання безпосередньо впливає на потужність різання та енерговитрати. Тому встановлення такого взаємозв'язку експериментальним шляхом є актуальним завданням.

У дипломній роботі слід вирішити такі завдання:

1. Дослідити динаміку нарізання різьби мітчиком. Встановити динамічні навантажень на елементи системи інструмент-патрон-верстат під час нарізання різьби мітчиком та характер переміщення її складових. Сформувані диференціальні рівняння руху системи із вимушеними крутильними коливаннями, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду.

2. Побудувати графічні залежності зміни кута деформації мітчика відносно патрона в часі, швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі, динамічного моменту на мітчику в часі, кута деформації патрона відносно шпинделя в часі, швидкості деформації патрона відносно шпинделя в часі.

3. Підібрати обладнання та мітчики для нарізання різьби в попередньо просвердлених отворах.

4. Провести експериментальні дослідження крутного моменту при нарізанні різьби в заготовках із сталі 45 мітчиками від зміни трьох основних факторів: кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика.

5. Вдосконалити існуючий технологічний процес виготовлення тримача АФКА 731151.047.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження динаміки нарізання різьби мітчиком

Під час нарізання різьби в отворах виникають складні процеси, що супроводжуються пластичними, пружними, температурними деформаціями мітчика та не менш складний процес різання.

В процесі нарізання різьби в отворах як описано в літературі [22] “одним із важливих параметрів, який впливає на точність середнього діаметру, кроку та шорсткості поверхні утвореної різьби є кут деформації мітчика в наслідок динамічних навантажень. Чим більший кут деформації, тим більша похибка обробки. Особливо це важливо при нарізанні різьби малого діаметра з великим кроком, коли жорсткість мітчика є порівняно низькою.”

В процесі нарізання різьби виникають динамічні навантаження, що спричиняють руйнування мітчика, коли кути відносного повертання між мітчиком і затискним патроном перевищує допустимий, що визначається із умови міцності матеріалу мітчика. При цьому відомо, що величина кута відносного повертання мітчика при динамічних навантаженнях перевищує ту, яка виникає при статичних навантаженнях.

Тому виникає необхідність у дослідженні динамічних навантажень на елементи системи інструмент-патрон-верстат під час нарізання різьби та характер переміщення її складових. Ці переміщення доцільно знайти за допомогою вирішення диференціальних рівнянь руху. Для спрощення розрахунків здійснено ідеалізацію системи інструмент-патрон-верстат, не враховуючи другорядні фактори.

Розрахункову схему системи мітчик-патрон-верстат для нарізання різьби в отворі представлено на рис. 2.1. Ця розрахункова модель представлена у

					<i>ДР 18-535.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Процук</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>							
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА							

вигляді зосереджених мас, що з'єднані пружними зв'язками. Пружні зв'язки прийнято невагомими, що характеризуються постійними коефіцієнтами жорсткості. Місцевими напруженнями і деформаціями в місцях з'єднання окремих елементів знехтувано.

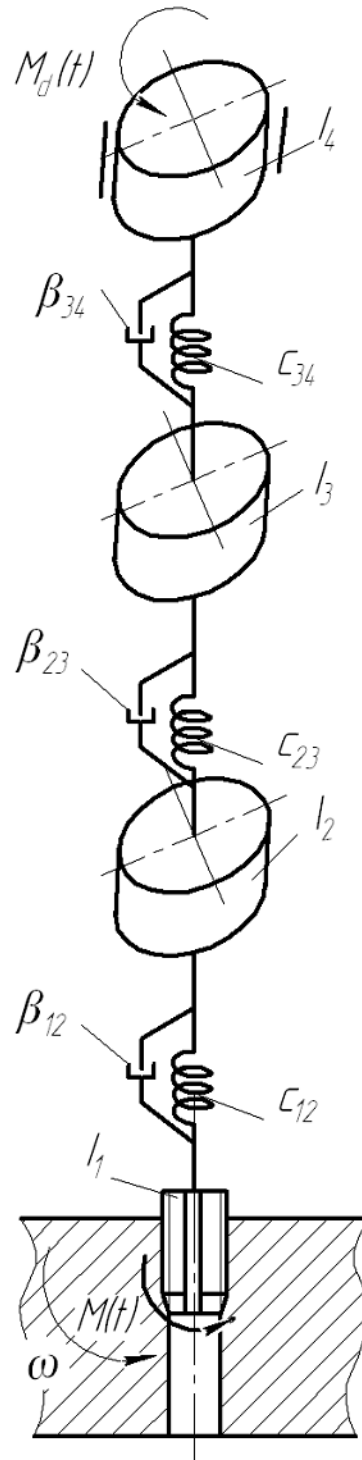


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема системи мітчик-патрон-верстат для нарізання різьби в отворі

До зосереджених мас віднесено: I_1 – момент інерції мітчика; I_2 – момент інерції патрона для затиску мітчика; I_3 – приведені моменти інерції шпинделя та коробки швидкостей; I_4 – момент інерції ротора двигуна. Крім цього, на рисунку 1 показано C_{12} – приведена жорсткість з'єднання між мітчиком та патроном, C_{23} – приведена жорсткість шпинделя та коробки швидкостей, C_{34} – приведена жорсткість ротора двигуна, β_{12} – коефіцієнт демпфування між мітчиком і патроном, β_{23} – коефіцієнт демпфування шпинделя та коробки швидкостей; β_{34} – коефіцієнт ротора двигуна.

У статті [37] відмічено “при нарізанні різьби виникає момент різання $M(t)$. Вивченню впливу конструктивних і геометричних параметрів мітчика на усталений момент різання M_{pi3} присвячено велику кількість досліджень, які носять переважно експериментальний характер і враховують в основному три фактори – номінальний діаметр, крок різьби та матеріал гайки. Тому момент різання M_{pi3} при досягненні усталеного процесу різання можна записати за формулою” [6]:

$$M_{pi3} = 10C_m D^q P^y k_p. \quad (2.1)$$

Для дослідження приймемо мітчик із трьома канавками та забірною конусною частиною, тому для такого процесу врізання і різання можна виділити етапи:

- ударна взаємодія між мітчиком та заготовкою;
- врізання першого зуба;
- врізання другого зуба та усталене різання першим зубом;
- врізання третього зуба та усталене різання першим і другим зубом.
- одночасне усталене нарізання різьби трьома зубами.

Враховуючи те, що на початку взаємодії мітчика та заготовки відбувається короткочасне ударне навантаження, використовуємо допоміжну безрозмірну алгебологічну функцію для опису удару:

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_i(t) = \left(\frac{t_K}{2} - \left| \frac{t_K}{2} - (t - t_i) \right| \right) \cdot k_2, \quad (2.2)$$

де k_2 - коефіцієнт, що визначає кут нахилу лінії зміни сили удару P_u .

t_i – момент часу, коли проходить зіткнення між мітчиком та заготовкою.

Також на початку зони різання, коли відбувається врізання зубів проходить зміна величини глибини різання, тому цих ділянках момент різання $M_1(t)$ для кожного зуба представимо зростаючими лінійними залежностями.

Зростання моменту різання $M_1(t)$ для кожного зуба представлено функцією [22]:

$$M_1(t) = \frac{M_{pis}}{zt_v} (t - (z - 1)t_1), \quad (2.3)$$

“де z – кількість зубів на мітчику.”

“ t_1 – час між проміжками врізання попереднього і наступного зубів, с.”

« t_v – час, на протязі якого проходить поступове врізання зуба мітчика, с.»

Час між проміжками врізання попереднього і наступного зубів визначають за формулою[22]:

$$t_1 = \frac{2\pi}{z \cdot \omega}, \quad (2.4)$$

де ω – кутова швидкість обертання мітчика, рад/с.

На основі рівнянь (2.1) та (2.3), моменти різання описано алгебро-логічною функцією [22]:

$$M_z(t) = \frac{M_1(t) + M_{pis} - |M_1(t) - M_{pis}| + |M_1(t) + M_{pis} - |M_1(t) - M_{pis}||}{4} \quad (2.5)$$

Момент різання знаходимо за формулою[22]:

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M(t) = \sum_{z=1}^z M_z(t). \quad (2.6)$$

Ударну взаємодію мітчика із заготовкою представимо залежністю:

$$P_{ui}(t) = \frac{F_i(t) + P_u - |F_i(t) - P_u| + |F_i(t) + P_u - |F_i(t) - P_u||}{4}. \quad (2.7)$$

Момент удару

$$M_{ui}(t) = P_{ui}(t) \frac{D}{2}, \quad (2.8)$$

де D – діаметр мітчика.

Зміну моменту різання $M(t)$ у часі та удару $P_{ui}(t)$ представлено у вигляді графіків на рис. 2.2

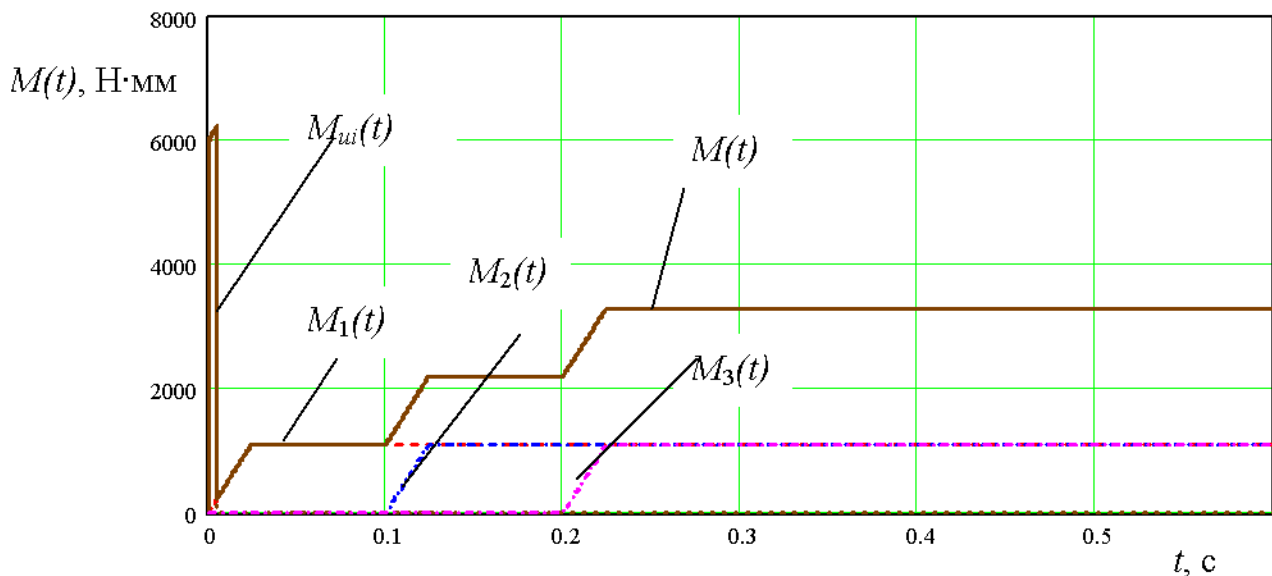


Рисунок 2.2 - Графік зміни моменту різання $M(t)$, моменту удару $M_{ui}(t)$ та моментів різання на кожному зубі мітчика $M_z(t)$ у часі

За узагальнені координати вибрано кути повороту інерційних мас $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$.

Кінетична енергія системи:

					ДР 18-535.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{I_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{I_2 \cdot \dot{\varphi}_2^2}{2} + \frac{I_3 \cdot \dot{\varphi}_3^2}{2} + \frac{I_4 \cdot \dot{\varphi}_4^2}{2}. \quad (2.9)$$

Потенціальна енергія системи:

$$\Pi = \frac{C_{12} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)^2}{2} + \frac{C_{23} \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2}{2} + \frac{C_{34} \cdot (\varphi_4 - \varphi_3)^2}{2}. \quad (2.10)$$

Функція розсіювання:

$$\Phi = \frac{\beta_{12} \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1)^2}{2} + \frac{\beta_{23} \cdot (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2)^2}{2} + \frac{\beta_{34} \cdot (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_3)^2}{2}, \quad (2.11)$$

де β_{ij} - коефіцієнти демпфування.

Сформуємо диференціальні рівняння руху системи із вимушеними крутильними коливаннями, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\varphi}_n} = M(t) + M_{ui}(t). \quad (2.12)$$

На основі рівняння Лагранжа другого роду (2.12) система диференціальних рівнянь для схеми на рисунку 2.1 буде такою:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) &= M(t) + P_{ui}(t) \frac{D}{2}; \\ I_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 + C_{12} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) + C_{23} \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) + \beta_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) &= 0; \\ I_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 + C_{23} \cdot (\varphi_3 - \varphi_2) + C_{34} \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) + \beta_{23} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2) + \beta_{34} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) &= 0; \\ I_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 + C_{34} \cdot (\varphi_4 - \varphi_3) + \beta_{34} (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_3) &= -M_d(t), \end{aligned} \right\} (2.13)$$

де $M_d(t)$ – крутний момент на двигуні, Н·мм.

Крайові умови для системи рівнянь (2.13) прийнято з наступних міркувань. При нарізанні різьби до моменту зіткнення мітчика із заготовкою, від якого і виконуємо відлік часу, не відбувається деформації пружних елементів системи

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструмент-патрон-верстат. Тому, початкові відносні координати і швидкості прийнято рівними нулю. Подальша деформація відбувається за рахунок дії зовнішніх сил. Отже, для $t = 0$ маємо:

$$\begin{aligned} \varphi_1(0) = 0, \varphi_2(0) = 0, \varphi_3(0) = 0, \varphi_4(0) = 0, \\ \dot{\varphi}_1(0) = 0, \dot{\varphi}_2(0) = 0, \dot{\varphi}_3(0) = 0, \dot{\varphi}_4(0) = 0. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Розв'язок системи нелінійних диференціальних рівнянь (2.13) проведено на комп'ютері із застосуванням чисельного методу Рунге-Кутта.

Величину деформації в місцях з'єднання мітчика із патроном визначено за формулою:

$$\Psi_1 = \Phi_1 - \Phi_2. \quad (2.15)$$

Величину деформації в місцях з'єднання патрона з шпинделем визначено за формулою:

$$\Psi_2 = \Phi_2 - \Phi_3. \quad (2.16)$$

За результатами досліджень зображено графічні залежності зміни кута деформації мітчика відносно патрона в часі (рис. 2.3), швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі (рис. 2.4), динамічного моменту на мітчику в часі (рис. 2.5), кута деформації патрона відносно шпинделя в часі (рис. 2.6), швидкості деформації патрона відносно шпинделя в часі (рис. 2.7).

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

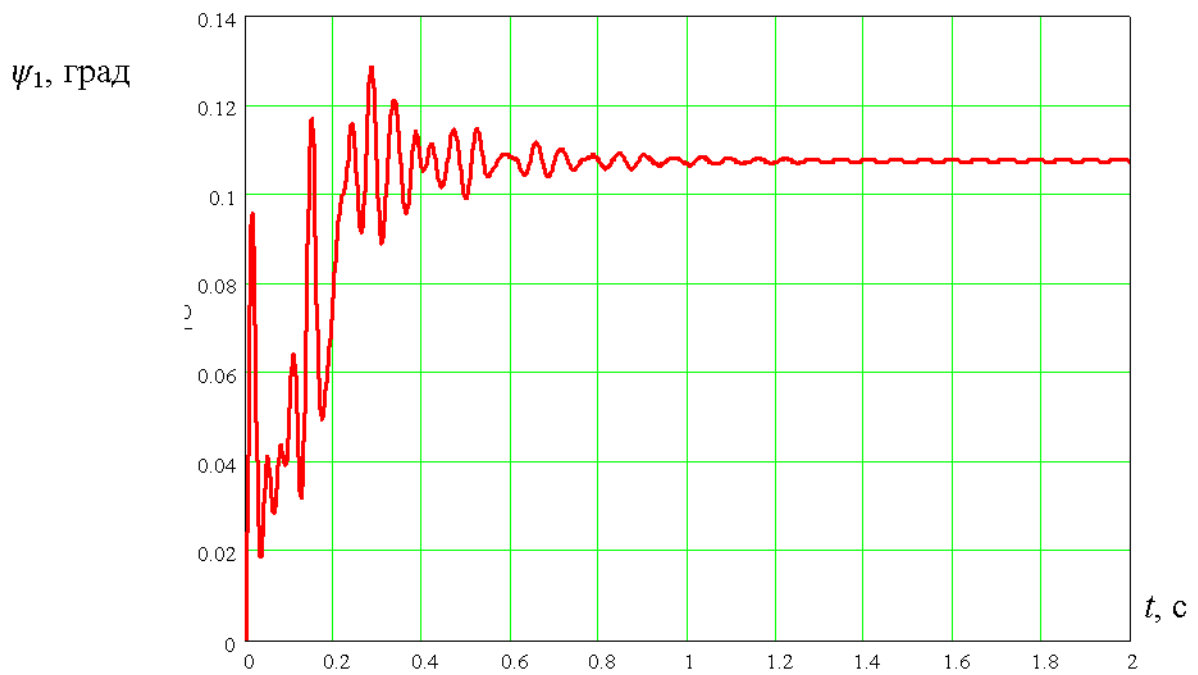


Рисунок 2.3 - Графік зміни кута деформації мітчика відносно патрона в часі

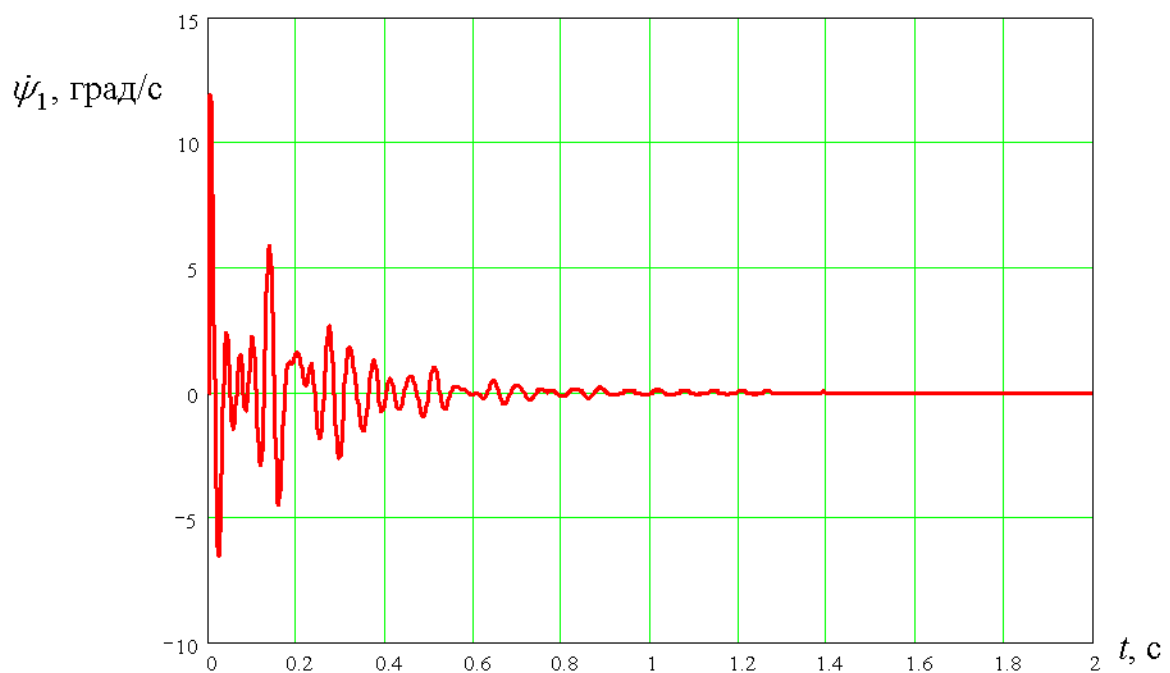


Рисунок 2.4 - Графік зміни швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі

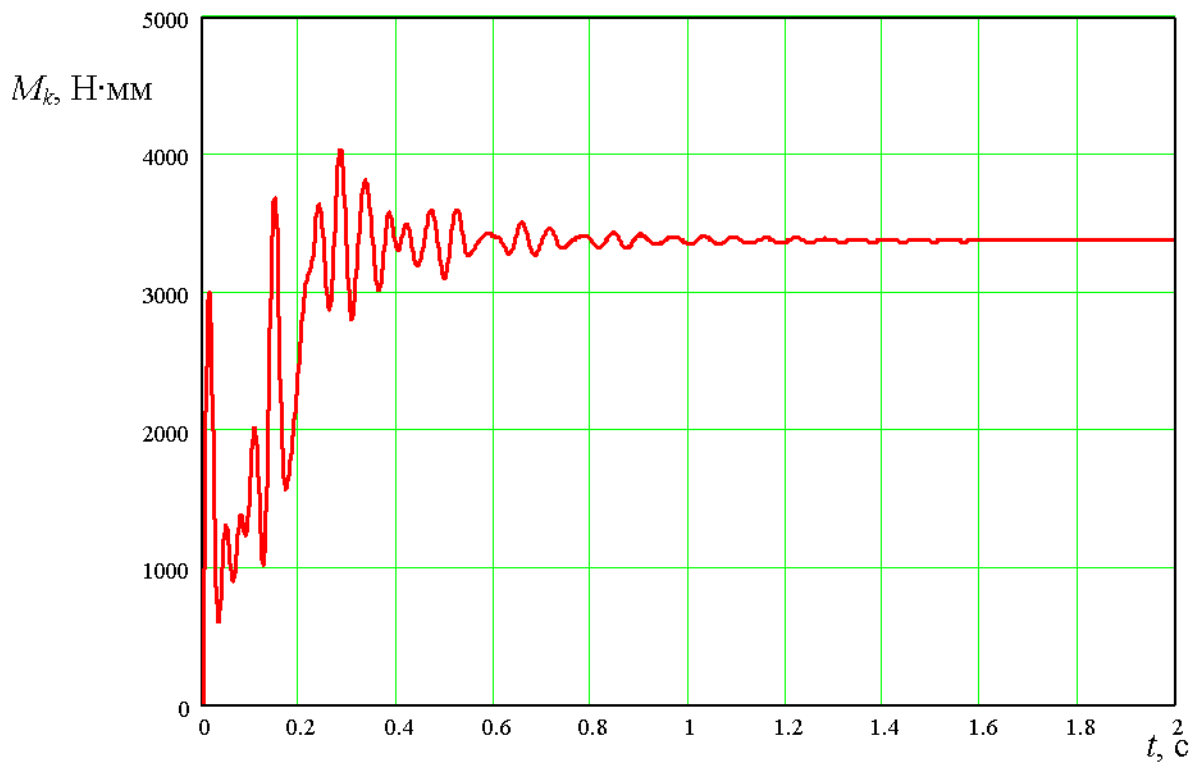


Рисунок 2.5 - Графік зміни динамічного моменту на мітчику в часі

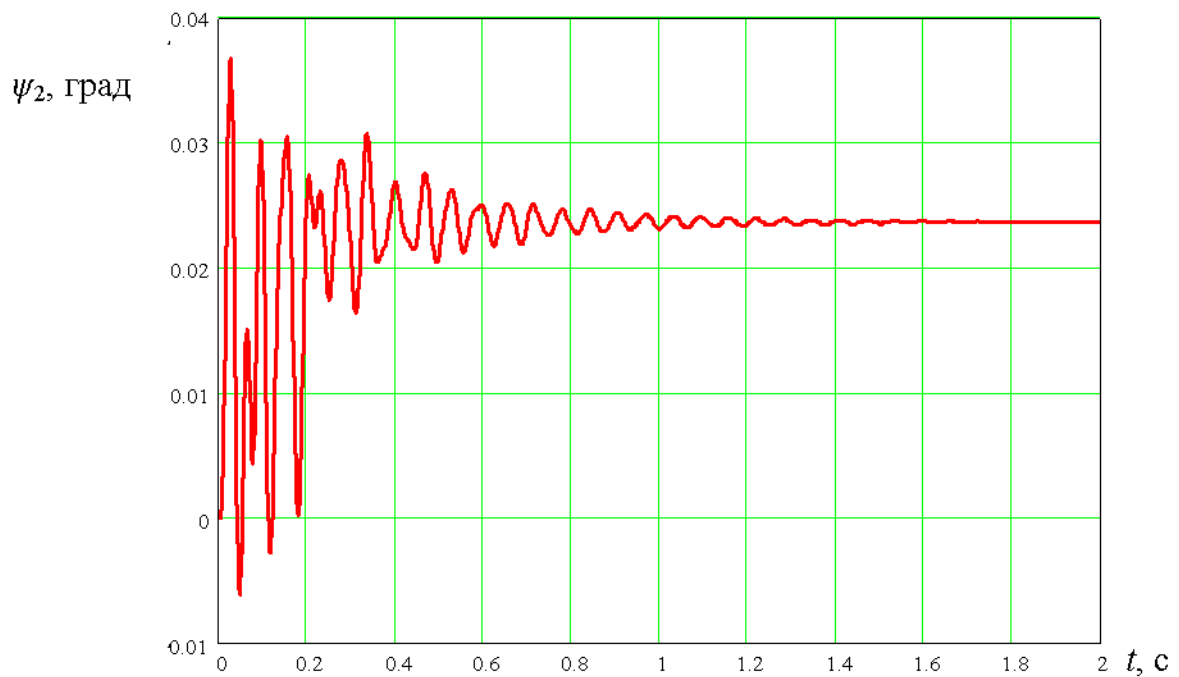


Рисунок 2.6 - Графік зміни кута деформації патрона відносно шпинделя в часі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

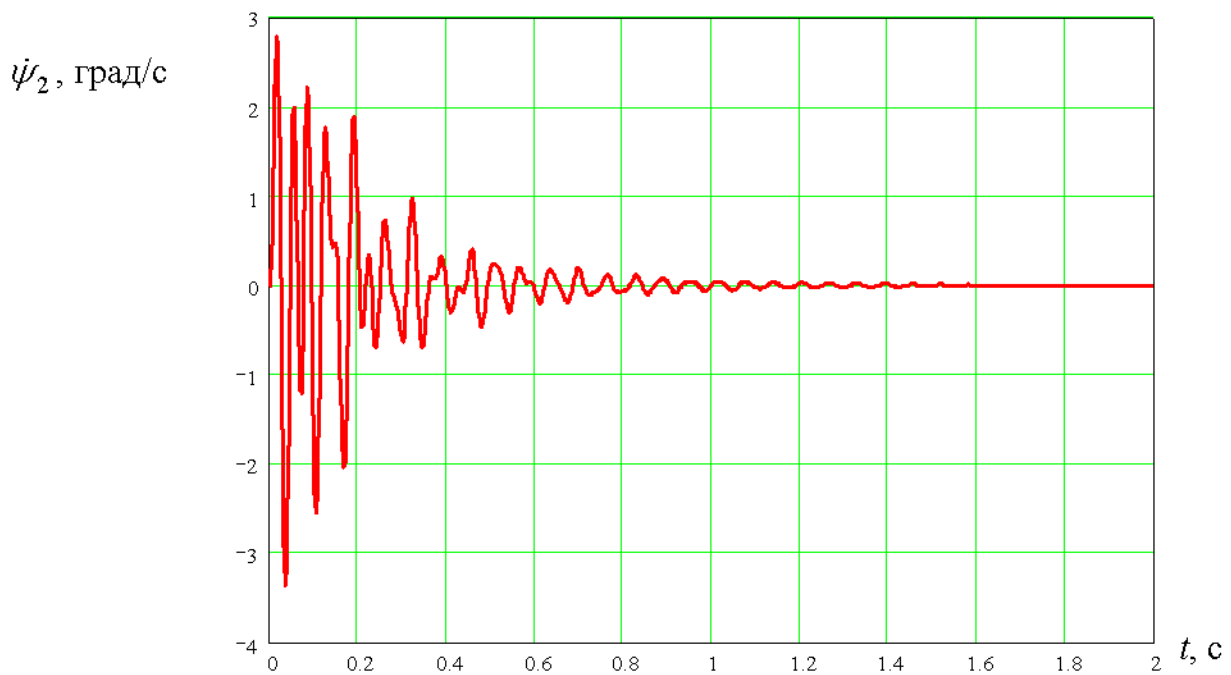


Рисунок 2.7 - Графік зміни швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі

Усі складові запропонованої системи диференціальних рівнянь (2.13) визначалися експериментально, а моменти інерції на основі комп'ютерного моделювання. Із представлених графічних залежностей видно, що кут деформації мітчика в часі спочатку різко зростає після удару, спадає, потім досягає максимуму 0,125 град, після цього стабілізується при куті деформації 0,15 град, коли відбувається усталений режим різання. Динамічний момент різання досягає максимуму 4000 Н·мм. Деформація мітчика і максимальний динамічний момент знаходяться в межах допустимих значень, тому руйнування мітчика під час нарізання різьби відбуватись не буде. Запропоновані диференціальні рівняння та одержані числовим методом графіки дозволяють прогнозувати роботу мітчика при різних режимах роботи.

2.2. Експериментальні дослідження крутного моменту при нарізанні різьби мітчиком

Згідно поставлених завдань, теми і мети дипломної роботи, а також проведеного літературного та патентного огляду, програма експериментальних досліджень включала такі етапи:

1. Підібрати обладнання та мітчики для нарізання різьби в попередньо просвердлених отворах.

2. Провести експериментальні дослідження крутного моменту при нарізанні різьби в заготовках із сталі 45 мітчиками від зміни трьох основних факторів: кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика.

Для нарізання різьби використовувались стандартні машинні мітчики. Формування кута в плані проведено додатковим шліфуванням західної частини мітчиків. Крутний момент вимірювався на основі одержаних значень сили струму та напруги, які подаються до двигуна шпинделя різьонарізного верстата, застосовуючи частотний перетворювач Altivar.

Також проводилась візуальна перевірка поверхні нарізаної різьби та мітчиків на наявність будь-яких ознак їх руйнування.

Для визначення впливу конструктивних параметрів мітчика та нарізуваної різьби (незалежних факторів x_i) на крутний момент при нарізанні отворів у заготовках із сталі 45 (параметр оптимізації M) проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення крутного моменту від зміни трьох основних факторів: кроку різьби P , діаметра мітчика D та кута в плані мітчика φ , тобто $M=f(P,D,\varphi)$.

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з використанням загальновідомих методик регресійного аналізу [22].

Функцію відгуку, тобто крутний момент при нарізанні різьби в заготовках $M=f(P,D,\varphi)$, встановлену експериментальним методом, представлено у вигляді

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

математичної моделі повного квадратичного полінома. Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 2.1.

Побудову вихідної таблиці проведено таким чином. Вхідними змінними факторами було прийнято:

- крок різьби P , який кодували індексом x_1 ;
- діаметр мітчика D , який кодували індексом x_2 ;
- кут в плані мітчика φ , який кодували індексом x_3 .

Таблиця 2.1 - Результати кодування факторів та рівні їх варіювання при дослідженні моменту різання мітчиком

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур.(кодовані)		
	натур.	код.				
Крок різьби	P , мм	x_1	0,5	2,5 (+1)	2,0 (0)	1,5 (-1)
Діаметр мітчика	D , мм	x_2	4	20 (+1)	16 (0)	12 (-1)
Кут в плані мітчика	φ , град	x_3	5	10 (+1)	15 (0)	20 (-1)

Встановлені невідомі коефіцієнти рівняння регресії і отримані значення коефіцієнтів регресії представлено у табл. 2.2.

Загальний вигляд рівняння регресії крутного моменту при нарізанні різьби мітчиками залежно від зміни кроку різьби P , діаметра мітчика D та кута в плані мітчика φ , тобто $M_{(x_1, x_2, x_3)} = f(P, D, \varphi)$ за результатами проведених ПФЕ 3^3 у кодованих величинах дорівнює:

- під час нарізання різьби в отворах заготовки із сталі 45:

$$M_{(x_1, x_2, x_3)} = 30,3 + 11,38x_1 + 10,67x_2 + 3,2x_3 + 3,91x_1x_2 + 1,18x_1x_3 + 1,11x_2x_3 + 0,72x_1^2 + 0,53x_2^2 - 0,37x_3^2, \quad (2.17)$$

де x_1 - кодоване значення кроку різьби; x_2 - кодоване значення діаметра мітчика; x_3 - кодоване значення кута в плані мітчика.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коеф.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Сталь 45	30,3	11,38	10,67	3,2	3,91	1,18	1,11	0,72	0,53	-0,37

Усі коефіцієнти рівняння регресії (2.17) є значущими.

Відповідно у натуральних величинах після перетворення та спрощення виразів рівняння регресії (2.17) прийнято в кінцевому вигляді:

- під час нарізання різьби в отворах заготовки із сталі 45:

$$M_{(P,D,\varphi)} = 39,21 - 27,12P - 3,14D - 0,74\varphi + 1,92PD + 0,47P\varphi + 0,055D\varphi + 2,88P^2 + 0,033D^2 - 0,015\varphi^2. \quad (2.18)$$

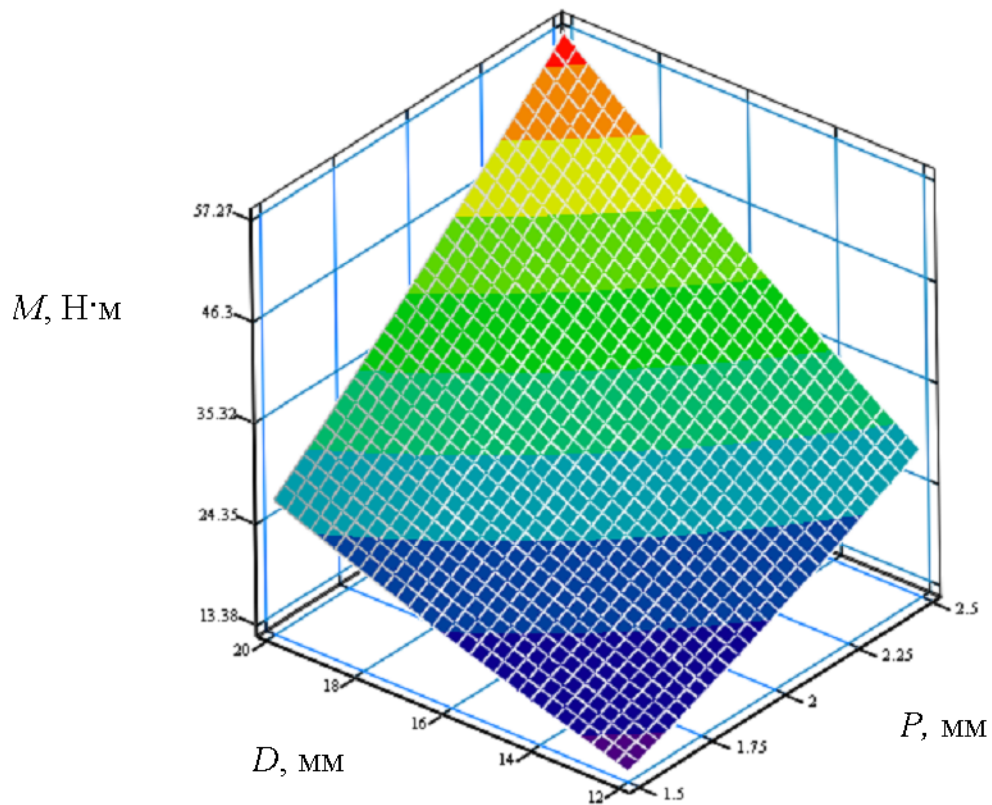
Одержані рівняння регресії (2.17) та (2.18) можуть бути використані для прогнозування крутного моменту M під час нарізання різьби мітчиками в отворах заготовки із сталі 45 залежно від міни кроку різьби P , діаметра мітчика D та кута в плані мітчика φ у таких межах зміни вхідних факторів:

$$1,5 \leq P \leq 2,5 \text{ (мм)}; 12 \leq D \leq 20 \text{ (мм)}; 10 \leq \varphi \leq 20 \text{ (град)}.$$

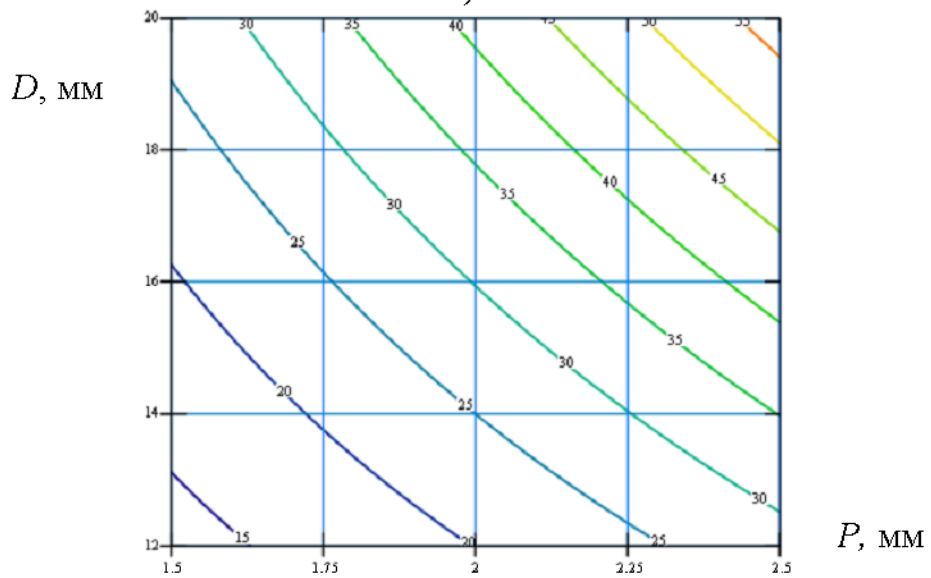
За допомогою програмного забезпечення побудували графічно квадратичні поверхні відгуку та їх двомірні перерізи крутного моменту M під час нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$.

Графічні значення результатів залежності крутного моменту нарізання різьби, одержаного з використанням програмного забезпечення, наведено на рис. 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



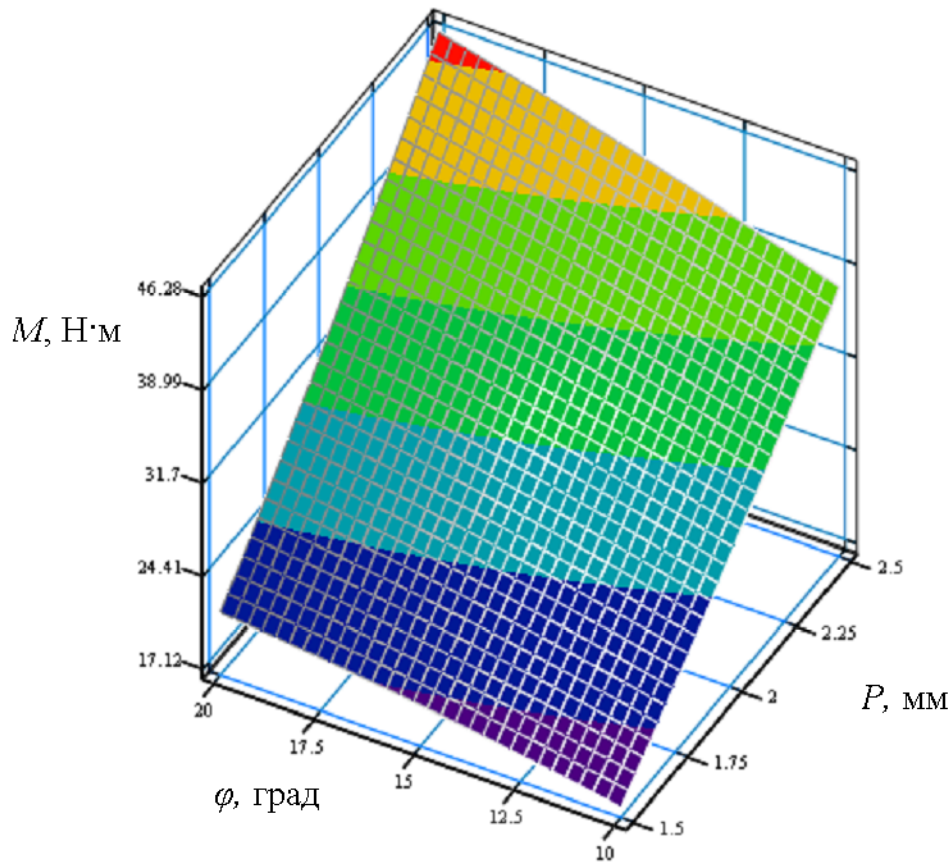
б)

Рисунок 2.8 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту нарізання різьби мітчиками в отворах заготовки із сталі 45 від кроку різьби P та діаметра мітчика D ($\varphi=15$ град)

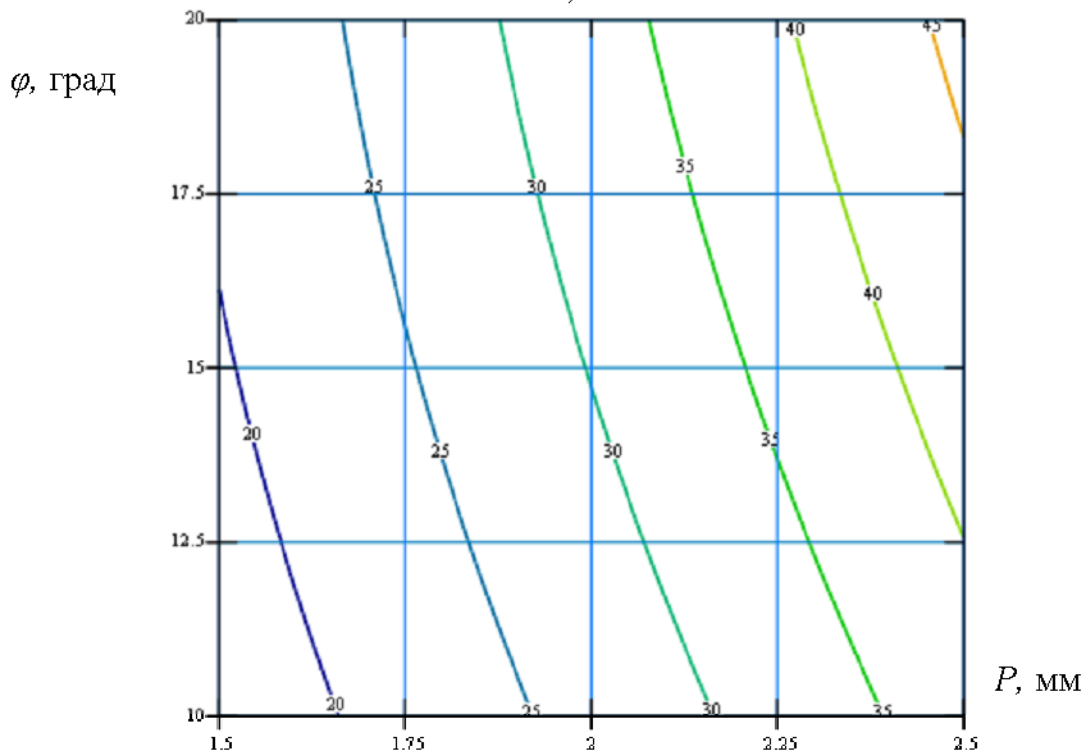
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.



а)



б)

Рисунок 2.9 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту нарізання різьби мітчиками в отворах заготовки із сталі 45 від кроку різьби P та кута в плані мітчика φ ($D = 16$ мм)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

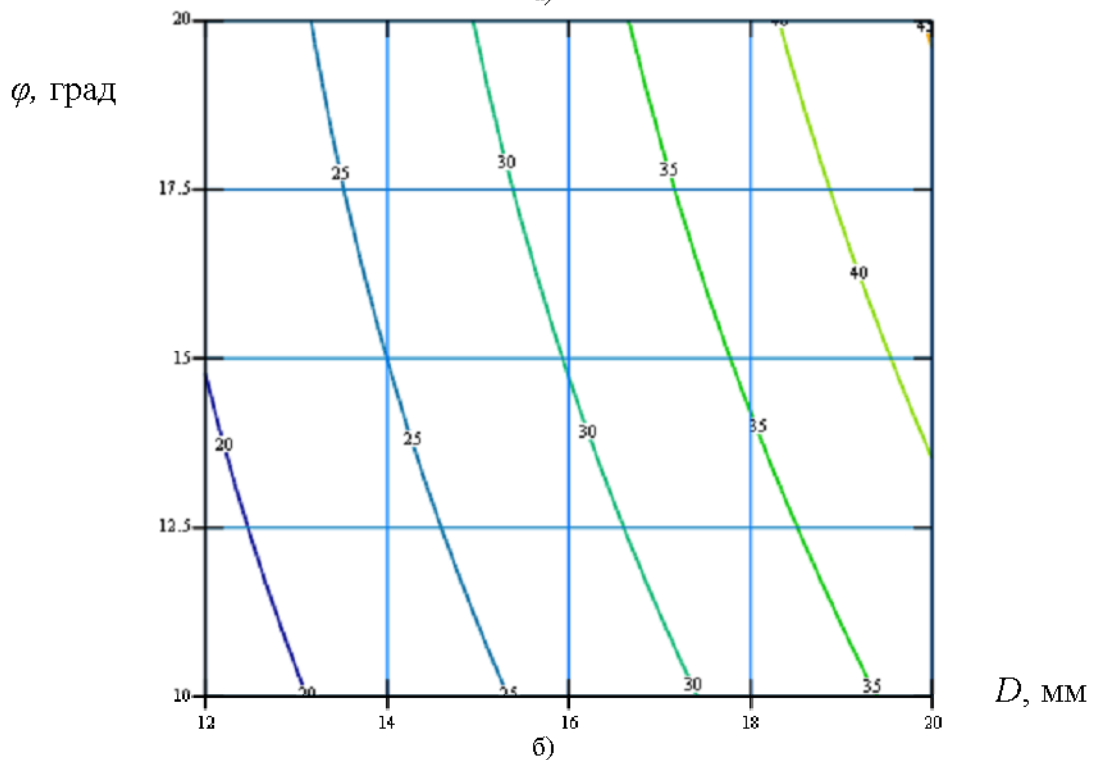
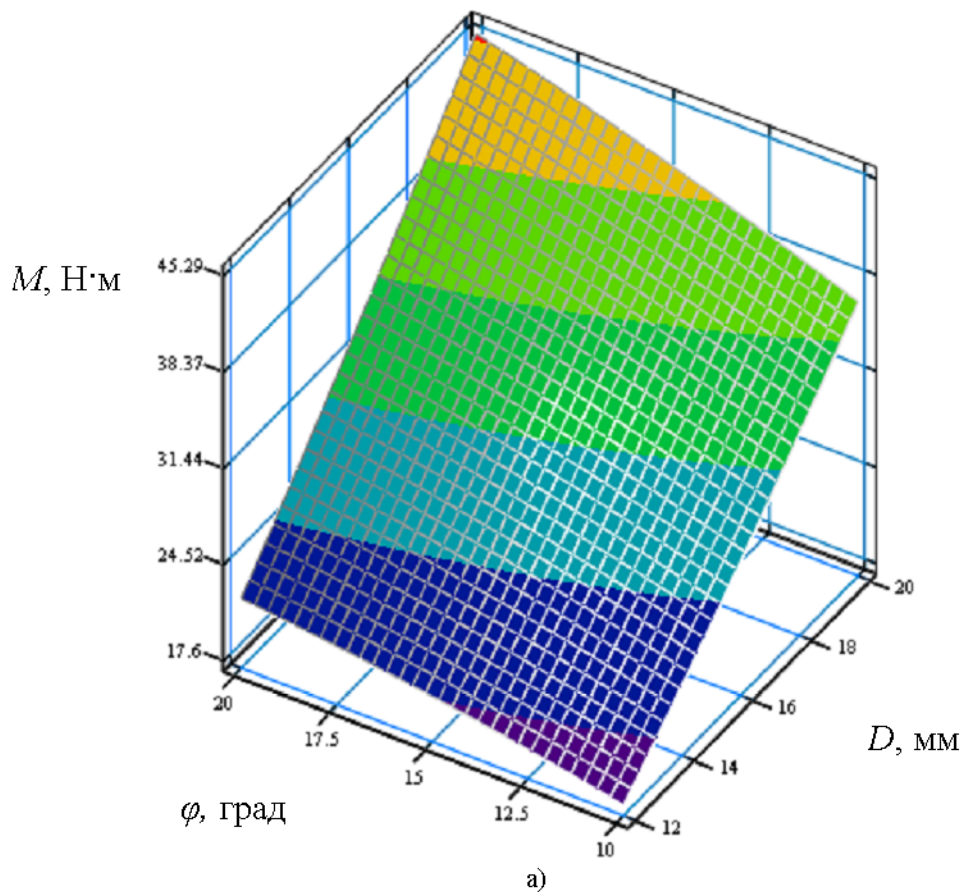


Рисунок 2.10 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту нарізання різьби мітчиками в отворах заготовки із сталі 45 від діаметра мітчика D та кута в плані мітчика ϕ ($P=2$ мм)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

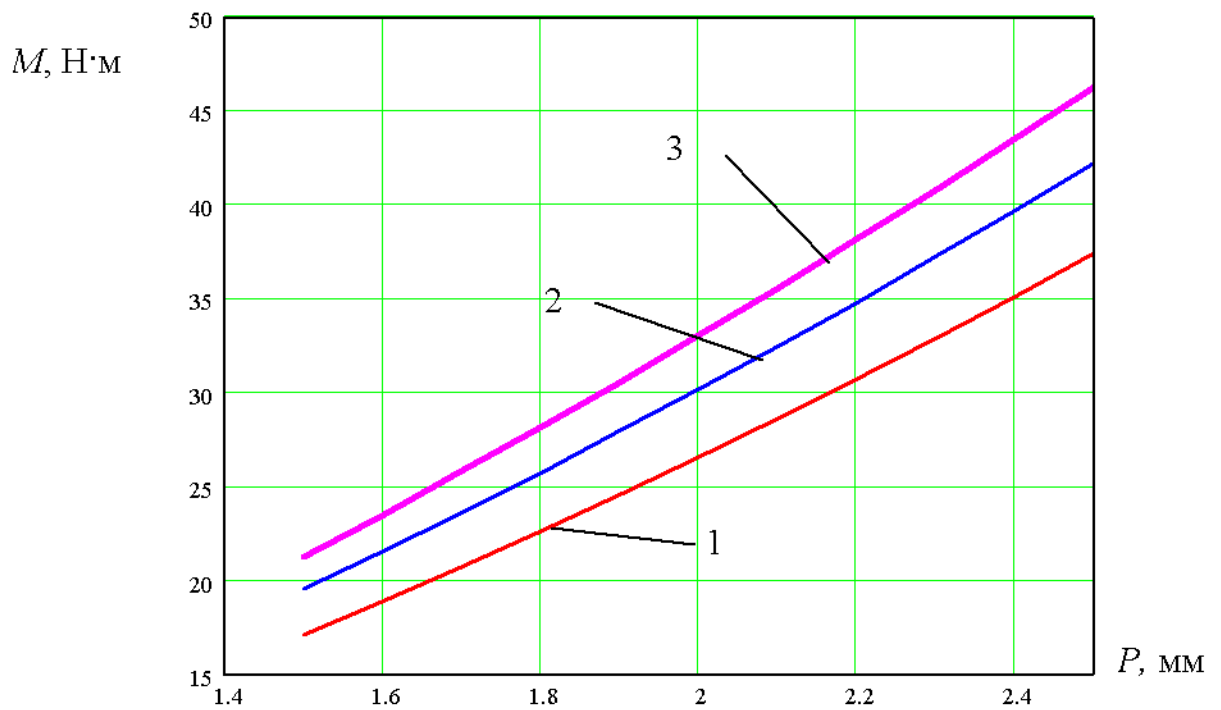


Рисунок 2.11 – Графіки залежності крутного моменту нарізання різьби мітчиками в отворах заготовки із сталі 45 від кроку різьби P , $D=16$ мм:

1) $\varphi=10$ град; 2) $\varphi=15$ град; 3) $\varphi=20$ град

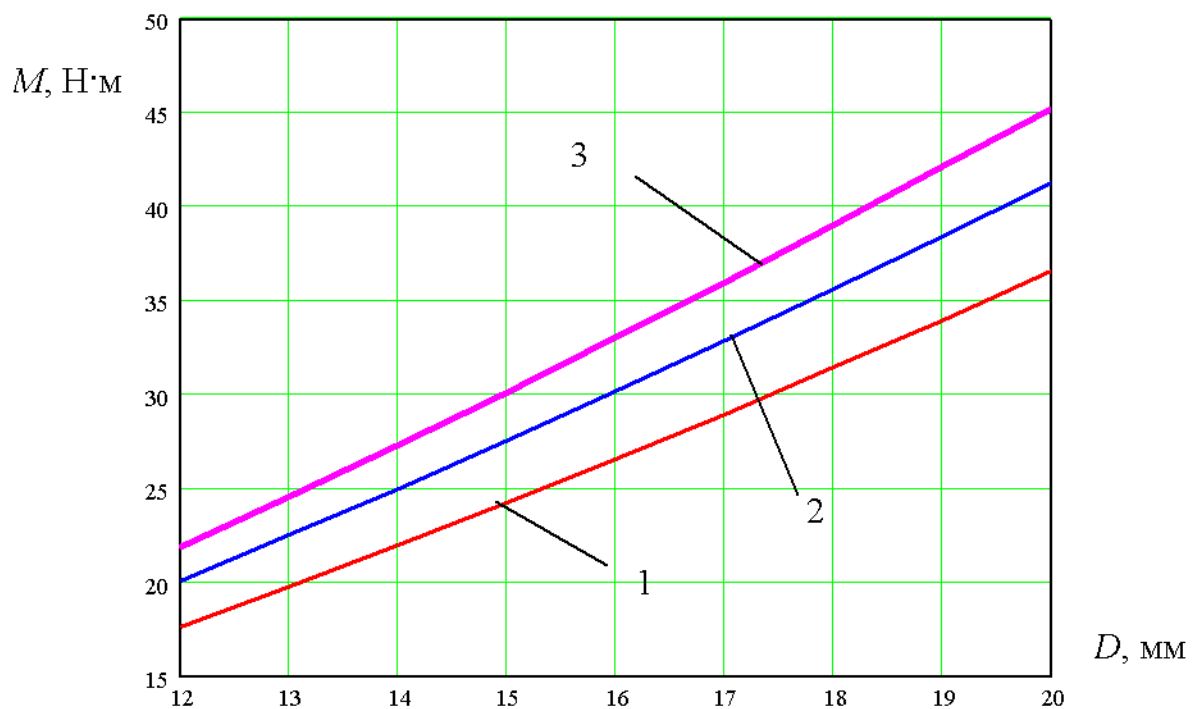


Рисунок 2.12 – Графіки залежності крутного моменту нарізання різьби мітчиками в отворах заготовки із сталі 45 від діаметра мітчика D , $P=2$ мм:

1) $\varphi=10$ град; 2) $\varphi=15$ град; 3) $\varphi=20$ град

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

Аналіз представлених рівнянь регресії показує, що основними факторами, які впливають на збільшення крутного моменту нарізання різьби є: фактори x_1 , x_3 , (P, D) та комбінації цих факторів.

В загальному для зменшення крутного моменту нарізання різьби необхідно зменшувати кут в плані мітчика.

З рисунків 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 та на основі аналізу рівняння регресії (2.18) видно, що із збільшенням кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика крутний момент нарізання різьби зростає.

Максимальний крутний момент нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 складає 63,08 Н·м, а мінімальний – 11,65 Н·м. Збільшення кроку різьби P від 1,5 мм до 2,5 мм призводить до зростання крутного моменту в 2,25 рази. При цьому збільшення діаметра мітчика D від 12 мм до 20 мм надає приросту крутного моменту в 2,04 рази, а збільшення кута в плані мітчика ϕ від 10 до 20 градусів призводить до зростання крутного моменту в 1,27 рази.

2.3. Висновки

У розділі проведено дослідження динаміки нарізання різьби мітчиком. Із представлених графічних залежностей видно, що кут деформації мітчика в часі спочатку різко зростає після удару, спадає, потім досягає максимуму 0,125 град, після цього стабілізується при куті деформації 0,15 град, коли відбувається усталений режим різання. Динамічний момент різання досягає максимуму 4000 Н·мм. Деформація мітчика і максимальний динамічний момент знаходяться в межах допустимих значень, тому руйнування мітчика під час нарізання різьби відбуватись не буде. Запропоновані диференціальні рівняння та одержані числовим методом графіки дозволяють прогнозувати роботу мітчика при різних режимах роботи.

Представлено програму та методику експериментальних досліджень

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 та їх результати у вигляді рівнянь регресії та графіків. Встановлено, що момент нарізання різьби визначаються конструктивними параметрами мітчика та нарізуваної різьби. Змінюючи головний кут в плані мітчика, можна керувати крутним моментом різання.

Максимальний крутний момент нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 складає 63,08 Н·м, а мінімальний – 11,65 Н·м. Збільшення кроку різьби P від 1,5 мм до 2,5 мм призводить до зростання крутного моменту в 2,25 рази. При цьому збільшення діаметра мітчика D від 12 мм до 20 мм надає приросту крутного моменту в 2,04 рази, а збільшення кута в плані мітчика φ від 10 до 20 градусів призводить до зростання крутного моменту в 1,27 рази.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

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

Деталь «Тримач» АФКА 731151.047 входить до складу світильника, який призначений для загального освітлення промислових приміщень (виробничі цехи, шахти, транспортні системні будівлі).

Основне призначення деталі «Тримач» АФКА 731151.047 – кріплення деталі до елементів навісних систем.

У відповідності із класифікатором ЄСКД [2] деталь «Тримач» АФКА 731151.047 відноситься до класу 72 – “тіла обертання із елементами зубчастого зачеплення; зігнуті із листів, стрічок; тіла обертання корпусні, опорні, емкісні; підшипників, тощо”.

Основними поверхнями деталі для службового призначення є: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 52H9^{(+0,074)}$; Ra 2,5, яка призначена для кріплення корпуса; торцеві поверхні $100h14_{(-0,87)}$; Ra12,5, що використовуються для точного суміщення корпуса та сальника; різеві отвори М8-7Н; Ra6,3 використовуються для загвинчування фіксуючих гвинтів, різеві отвори М4-7Н; Ra6,3 – кріпильні отвори ущільнюючої системи та корпуса; кільцева канавка $\varnothing 55H14^{(+0,74)}$, 7, Ra 12,5 використовується для встановлення манжети. Фаски використовують як допоміжні елементи, для підвищення технологічності процесу складання світильника.

Всі решта поверхонь є другорядними.

Результати аналізу з присвоєними номерами поверхонь зводимо в таблицю 3.1.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Процук</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 конструкторських технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Торцева поверхня 100h14 _(-0,87)	14	Ra12,5
2	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 52H9^{(+0,074)}$	9	Ra2,5
3	Внутрішня кільцева канавка $\varnothing 55H14^{(+0,74)}$, 7	14	Ra 12,5
4, 5	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5
6	Торцева поверхня 100h14 _(-0,87)	14	Ra12,5
7, 8	Отвір під різь М8-7Н	12	Ra6,3
9, 10, 11, 12	Отвір під різь М4-7Н	12	Ra6,3
13, 14, 15, 16	Отвір під різь М4-7Н	12	Ra6,3
17, 18	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5
19, 20, 21, 22	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5
23, 24, 25, 26	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5
27, 28	Внутрішня різева поверхня М8-7Н	12	Ra6,3
29, 30, 31, 32	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3
33, 34, 35, 36	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3

Деталь «Тримач» АФКА 731151.047 виготовляється з сплаву АК12 ГОСТ 1583-93. на основі алюмінію [3] “За призначенням цей сплав відноситься до

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

У таблицях приведено хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі згідно [3] С. 224, табл. 98.

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

Для розрахунку показників технологічності у кількісному вираженні використано дані таблиці 3.1.

Коефіцієнт точності обробки

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

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{15 \cdot 15 + 12 \cdot 10 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 10}{36} = 11,8;$$

$$K_{Т.ч} = 1 - \frac{1}{11,8} = 0,92.$$

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При $K_{тч} = 0,92 > 0,8$ тримач технологічний.

Коефіцієнт шорсткості.

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

$$B_{сп} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 20 + 3 \cdot 15}{36} = 3,61,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,61} = 0,28.$$

При $K_{ш} = 0,28 > 0,16$ тримач технологічний.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів.

$$K_{у.е.} = \frac{N_{у.е.}}{N_e} = \frac{34}{36} = 0,94, \quad (3.3)$$

Оскільки $K_{у.е.} = 0,94 > 0,6$, то тримач технологічний.

Висновок: деталь є технологічною і не потребує корекції.

3.3. Аналіз типу та організаційної форми виробництва

Попередньо тип виробництва визначаємо із літератури за таблицями, зокрема для 100 000 шт. і маси деталі $m = 0,45$ кг тип виробництва крупно серійний.

3.4. Вибір способу одержання заготовки

У дипломній роботі проводимо порівняння двох методів одержання заготовки:

- 1) литво в піщані форми із машинним формуванням дерев'яними моделями;

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) литво під тиском.

Згідно таблиці [7] С. 57, табл. Е 8.2 визначаємо характеристики заготовок згідно ГОСТ 26645-85.”

Отже, для литво в піщані форми із машинним формуванням дерев’яними моделями [7]: “клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3. Для литва під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1.”

Під час розрахунку маси заготовки встановлюємо її розміри, а дані про загальні припуски записуємо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Дані про 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) лиття в піщані форми при машинній формовці дерев’яними моделями: клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3.				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 52H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	4,0	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 42 \pm 2,0$
Торцева поверхня $100h14_{(-0,87)}$	Ra12,5	4,4	$6,0 \times 2 = 12,0$	$112 \pm 2,2$
Зовнішня поверхня 100	Rz50	4,4	–	$100 \pm 2,2$
Зовнішня поверхня 71	Rz50	4,4	-	$71 \pm 2,2$
Зовнішня поверхня 14	Rz50	2,8	-	$14 \pm 1,4$
2) лиття під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 52H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	1,0	$1,5 \times 2 = 3,0$	$\varnothing 49 \pm 0,5$
Торцева поверхня $100h14_{(-0,87)}$	Ra12,5	1,1	$1,2 \times 2 = 2,4$	$102,4 \pm 0,55$
Зовнішня поверхня 100	Rz50	1,1	-	$100 \pm 0,55$
Зовнішня поверхня 71	Rz50	1,1	-	$71 \pm 0,55$
Зовнішня поверхня 14	Rz50	0,7	-	$14 \pm 0,35$

Об'єм та масу заготовок визначено за відомими формулами:

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

$q = 0,45$ – маса деталі, кг.

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

де ρ – густина матеріалу.

Для циліндричної форми об'єми припусків:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}, \quad (3.6)$$

Розраховуємо об'єм припусків для вибраних методів одержання заготовок.
– литво в піщані форми із машинним формуванням дерев'яними моделями:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (57^2 - 42^2) \cdot 6}{4} = 6995 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (52^2 - 42^2) \cdot 98}{4} = 72314 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 4^2 \cdot 25}{4} = 1256 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{4\pi \cdot 4^2 \cdot 9}{4} = 452 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{4\pi \cdot 8^2 \cdot 7}{4} = 1407 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 100 \cdot 71 \cdot 6 - 95 \cdot 66 \cdot 6 = 4980 \text{ мм}^3;$$

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

$$V_{\text{пр}} = 6995 + 72314 + 1256 + 452 + 1407 + 4980 = 87404 \text{ мм}^3 = 87,4 \text{ см}^3.$$

– литво під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (57^2 - 49^2) \cdot 1,2}{4} = 799 \text{ мм}^3;$$

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (52^2 - 49^2) \cdot 98}{4} = 23310 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 4^2 \cdot 25}{4} = 1256 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{4\pi \cdot 4^2 \cdot 9}{4} = 452 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{4\pi \cdot 8^2 \cdot 7}{4} = 1407 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 100 \cdot 71 \cdot 1,2 - 95 \cdot 66 \cdot 1,2 = 996 \text{ мм}^3;$$

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

$$V_{\text{пр}} = 799 + 23310 + 1256 + 452 + 1407 + 996 = 28220 \text{ мм}^3 = 28,2 \text{ см}^3.$$

Маса припусків для вибраних методів одержання заготовок:

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

$$m_{\text{пр1}} = 87,4 \cdot 2,6 = 227 \text{ г} = 0,227 \text{ кг.}$$

– литво під тиском:

$$m_{\text{пр2}} = 28,2 \cdot 2,6 = 73,3 \text{ г} = 0,073 \text{ кг.}$$

Маса вибраних заготовок:

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

$$Q_1 = 0,45 + 0,227 = 0,677 \text{ кг.}$$

– литво під тиском:

$$Q_2 = 0,45 + 0,073 = 0,523 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу для вибраних заготовок:

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

де $q = 0,45 \text{ кг}$ – маса деталі.

– для литва в піщані форми:

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,45}{0,677} = 0,66.$$

– для литва під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,45}{0,523} = 0,86.$$

Таблиця 3.5 – Порівняльна таблиця методів отримання заготовок

Назва позиції	Перший варіант	Другий варіант
K _{в.м.}	0,66	0,86

Таким чином, другий варіант заготовки приймаємо для подальшого розроблення технологічного процесу.

3.5. Вибір методів оброблення і технологічних баз

При обробці деталі “Тримач” АФКА 731151.047 на 005 вертикально-фрезерній операції в якості пристосування використовується спеціальний затискний пристрій із базуванням деталі по торцю і зовнішній циліндричній поверхні з орієнтацією по виступу.

На 010 токарно-револьверній операції деталь базується по торцю і внутрішній циліндричній поверхні в спеціальному затискному патроні.

На 015 токарній напівавтоматній операції деталь базується по торцю і зовнішній циліндричній поверхні в спеціальному двокулачковому патроні.

На 020, агрегатній операції деталь базується по торцю і внутрішній циліндричній поверхні з орієнтацією по виступу. Затиск деталі на операціях 005 020 здійснюється призмами, що приводяться в дію пневмоприводом.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

В даному підрозділі назначаємо для кожної поверхні методи обробки, а дані заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Методи 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 100h14 _(-0,87)	14	Ra12,5	Напівчистове підрізання торця поперечною подачею	–
2	Внутрішня циліндрична поверхня Ø52H9 ^(+0,074)	9	Ra2,5	1) Напівчистове розточування 2) Чистове розточування	–
3	Внутрішня кільцева канавка Ø55H14 ^(+0,74) , 7	14	Ra 12,5	Розточування	Фрезерування
4, 5	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5	Розточування	Зенкування
6	Торцева поверхня 100h14 _(-0,87)	14	Ra12,5	Напівчистове підрізання торця поперечною подачею	Фрезерування торцевою фрезою чорнове
7, 8	Отвір під різь М8-7Н	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1) Центрування 2) Свердління
9, 10, 11, 12	Отвір під різь М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1) Центрування 2) Свердління

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
13, 14, 15, 16	Отвір під різь М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1) Центрування 2) Свердління
17, 18	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні або утворення при centruванні
19, 20, 21, 22	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні або утворення при centruванні
23, 24, 25, 26	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні або утворення при centruванні
27, 28	Внутрішня різева поверхня М8-7Н	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—
29, 30, 31, 32	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—
33, 34, 35, 36	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—

В проектному варіанті запропоновано операцію 015 токарно-гвинторізню, що виконується на токарно-гвинторізному верстаті, замінити на 015 токарну напівавтоматну, а всі решта різенарізні та вертикально-свердлильні операції виконувати на агрегатному верстаті замість малопродуктивного універсального обладнання.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 005. Вертикально-фрезерна

Фрезерування плоскої поверхні 6 на вертикально-фрезерному верстаті мод. ЛГ-27.

Операція 010. Токарно-револьверна

Підрізання остаточне торця 1 та розточування фаски 4 з револьверної головки одночасно на токарно-револьверному верстаті 1341.

Операція 015. Токарна напівавтоматна

1. Розточування попереднє отвору 2 з розточуванням фаски 5 з поздовжнього супорта.

2. Розточування канавки 3 з поздовжнього супорта.

3. Розточування остаточне отвору 2 з поздовжнього супорта на токарному чотиришпindelному напівавтоматі 1Б240П-4К.

Операція 020. Агрегатна

Позиція II. Свердління чотирьох отворів 13, 14, 15, 16 з формуванням чотирьох фасок 23, 24, 25, 26 одночасно з силової головки IIa; свердління двох отворів 7, 8 з формуванням двох фасок 17, 18 одночасно з силової головки IIб.

Позиція III. Свердління чотирьох отворів 9, 10, 11, 12 з формуванням чотирьох фасок 19, 20, 21, 22 одночасно з силової головки IIIa.

Позиція IV. Нарізання різі 33, 34, 35, 36 в чотирьох отворах одночасно з силової головки IVa; нарізання різі 27, 28 в двох отворах одночасно з силової головки IVб.

Позиція V. Нарізання різі 29, 30, 31, 32 в чотирьох отворах одночасно з силової головки Va.

На спеціальному агрегатному верстаті мод. ЗХА3727.

Операція 025 Контроль.

Вибираємо з обґрунтуванням технологічне обладнання та оснащення та оформляємо у вигляді таблиці 3.9.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Вибір запропонованого обладнання та оснащення

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат мод. ЛГ-27	Пристрій спеціальний із базуванням деталі по зовнішній циліндричній поверхні на призми із упором в торець з пневмозатиском
010	Токарно-револьверна	Токарно-револьверний верстат мод. 1341	Патрон спеціальний з прихватами із базуванням деталі по внутрішній циліндричній поверхні із упором в торець з пневмозатиском
015	Токарна напівавтоматна	Токарний горизонтальний чотиришпindelний напівавтомат мод. 1Б240П-4К	Патрон спеціальний з гідрозатиском із базуванням деталі по зовнішній циліндричній поверхні з упором в торець
020	Агрегатна	Агрегатний верстат мод. 3ХА3727	Пристрій спеціальний з пневмозатиском із базуванням по внутрішній циліндричній поверхні з упором в торець
025	Контроль		Стіл контролера

3.7. Визначення припусків на оброблення і розмірів заготовки

Мінімальні операційні, проміжні припуски можна знайти за відомою формулою[8]:

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

Визначимо припуск для отвору $\varnothing 52H9(+0,074)$; Ra 2,5.

При обробці отвору використовуються такі переходи:

1. Розточування напівчистове, з квалітетом H11.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розточування чистове, з квалітетом Н9.

Заготовка деталі “Тримач” АФКА 731151.047 виготовляється литвом під тиском 7 класу точності. Оброблення поверхні $\varnothing 52H9(+0,074)$ виконано на 015 токарній напівавтоматній операції в спеціальному патроні з гідроприводом та базуванням тримача по зовнішній циліндричній поверхні та торець.

Складові формули для кожного переходу:

Для розточування напівчистового [8]:

$$T_{i-1} = 100 \text{ мкм}, R_{z-1} = 50 \text{ мкм}$$

Похибка встановлення заготовки в патроні з гідроприводом та чорновій поверхні буде [8] С. 21, табл. А4.1.: $\varepsilon_{y1} = 150 - 150 \cdot 0,2 = 120 \text{ мкм}$.

За формулою [8] С. 25, табл. А5: “просторові відхилення ливарної заготовки при встановленні в патроні по зовнішньому торцю та зовнішньому діаметру” визначаємо

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

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

$$\rho_{\text{зм.}} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мм} = 1200 \text{ мкм.}$$

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

де $\Delta k = 0,7 \text{ мкм/мм}$;

$D = 52$ – діаметр отвору після обробки, мм;

$$\rho_{\text{жол.}} = 0,7 \cdot 52 = 36,4 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{36,4^2 + 1200^2} = 1201 \text{ мкм.}$$

Для розточування чистового:

Після розточування напівчистового [8]: $R_{z-2} = 30 \text{ мкм}$, $T_{i-2} = 40 \text{ мкм}$.

Похибка установки заготовки [8] С. 25, табл. А5:

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

де $K_y = 0,05$;

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{y2} = 120 \cdot 0,05 = 6 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення чистового оброблення [8]:

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

де $K_y = 0,05$;

$$\rho_{i-2} = 1201 \cdot 0,05 = 60 \text{ мкм.}$$

Мінімальні розрахункові припуски для кожного вказаного переходу:

1. Для розточування напівчистового:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 100 + \sqrt{1201^2 + 120^2}) = 2 \cdot 1360 = 2720 \text{ мкм} = 2,72 \text{ мм.}$$

2. Для розточування чистового:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (30 + 40 + \sqrt{60^2 + 6^2}) = 2 \cdot 130 = 260 \text{ мкм} = 0,26 \text{ мм.}$$

Розрахункові розміри для всіх визначених переходів [8]:

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

1. Для чистового розточування:

$$D_{p3} = D_{\max.деталі} = 52,074 \text{ мм.}$$

2. Для напівчистового розточування:

$$D_{p2} = D_{p3} - 2Z_{3\min} = 52,074 - 0,260 = 51,814 \text{ мм.}$$

3. Для заготовки:

$$D_{p\text{заг.}} = D_{p1} - 2Z_{1\min} = 51,814 - 2,72 = 49,094 \text{ мм.}$$

Встановлюємо допуски для переходів [1].

Заготовка $\delta_{\text{заг.}} = 1,1 \text{ мм.}$

1. Розточування напівчистове з якітетом Н11 $\delta_2 = 0,190 \text{ мм.}$
2. Розточування чистове з якітетом Н9 $\delta_3 = 0,074 \text{ мм.}$

Розраховуємо граничні розміри переходів, заокруглюючи дані.

Для чистового розточування:

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\max.2} = 52,074 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$D_{\max.1} = 51,81 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\max.зг.} = 49,1 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні розміри кожного переходу [8]:

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

Для чистового розточування:

$$D_{\min.2} = 52,074 - 0,074 = 52 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$D_{\min.1} = 51,81 - 0,19 = 51,62 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\min.зг.} = 49,1 - 1,1 = 48 \text{ мм.}$$

Розраховуємо розрахункові крайні значення одержаних припусків для кожного переходу [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:

$$2Z_{2 \max} = 52 - 51,62 = 0,38 \text{ мм;}$$

$$2Z_{2 \min} = 52,074 - 51,81 = 0,264 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{1 \max} = 51,62 - 48 = 3,62 \text{ мм;}$$

$$2Z_{1 \min} = 51,81 - 49,1 = 2,71 \text{ мм.}$$

Загальні припуски заготовок:

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

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$2Z_{\text{заг. max.}} = 3,62 + 0,38 = 4,0 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{заг. min.}} = 2,71 + 0,264 = 2,974 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний припуск та номінальний розмір заготовки [8]:

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

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

Відповідно:

$$2Z_{\text{заг. ном.}} = 2,974 + 0,55 - 0,074 = 3,45 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{заг. ном.}} = 52 - 3,45 = 48,55 \text{ мм.}$$

Перевіряємо розрахунки:

$$2Z_{i \text{ max.}} - 2Z_{i \text{ min.}} = \delta_{D_{i-1}} - \delta_{D_i} \quad (3.22)$$

Для чистового розточування:

$$0,38 - 0,264 = 0,116 \text{ мм;}$$

$$0,19 - 0,074 = 0,116 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$3,62 - 2,71 = 0,91 \text{ мм;}$$

$$1,1 - 0,19 = 0,91 \text{ мм.}$$

Точність розрахунків забезпечено. Номінальний діаметр заготовки $\varnothing 48,55 \pm 0,55$ використано у наступних розрахунках.

Всі визначені значення розміщено у таблиці 3.8.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

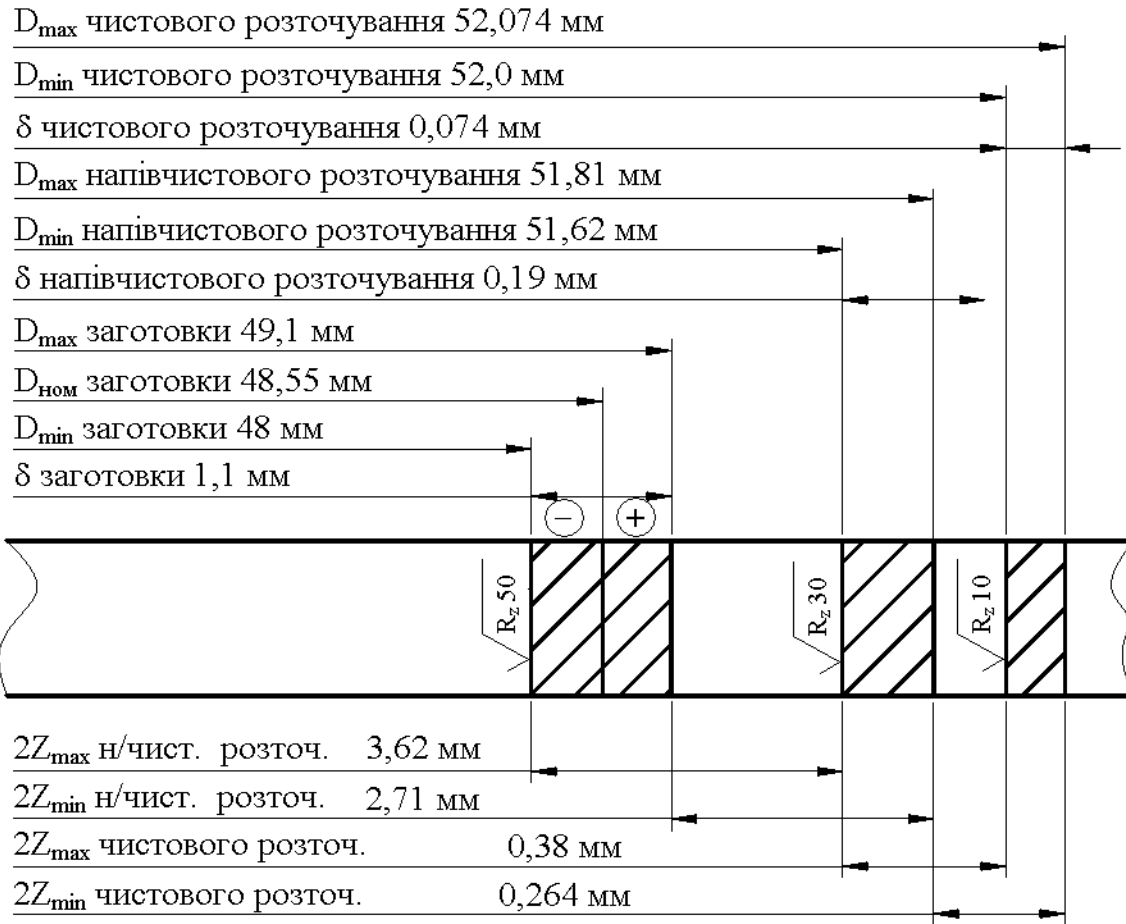


Рисунок 3.1 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 52H9^{(+0,074)}$

Габаритні розміри заготовки: $100 \pm 0,55 \times 102,4 \pm 0,55 \times 71 \pm 0,55$.

3.8. Визначення режимів різання та технічних норм часу

Інструменти та приклади розрахунку режимів різання представлено в додатках.

Кінцеві результати після розрахунків представлено таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, 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 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати остаточно плоску поверхню 6, витримуючи розмір 101,2 _{0,87}	1,2	365	1	120	0,2 мм/ зуб	600	1910	3820	0,1	3,2
010 Токарно-револьверна										
Перехід 2 Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір 100 _{0,87} , розточити фаску 4, витримуючи розмір 2,5×45° з револьверної головки одночасно	1,2 2,5	15	1	100	0,21	623	154,8	135,36	0,1	1,14
015 Токарна напівавтоматна										
Перехід 2 Розточити попередньо отвір 2 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 51,62^{+0,19}$ розточити фаску в розмір 1,5×45° одночасно	1,535 1,5	110	1	120	0,15	824	140,3	123,6	0,8	1,4
Перехід 3 Розточити остаточно канавку 3 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 55^{+0,74}$, l = 7, L = 14	7	15	1	120	0,1	824	140,3	82,4	0,18	1,2
Перехід 4 Розточити остаточно отвір 2 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 52^{+0,074}$	0,19	110	1	120	0,15	824	141	123,6	0,8	0,08
020 Агрегатна										

Арк.

ДР 18-535.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція 2 Свердлити чотири отвори 13, 14, 15, 16 з формуванням чотирьох фасок 23, 24, 25, 26 витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$; $1 \times 45^\circ$; $89 \pm 0,2$, $60 \pm 0,2$ одночасно з силової головки Па; свердлити два отвори 7, 8 з формуванням двох фасок 17, 18, витримуючи розміри $\varnothing 6,8^{+0,26}$; $1 \times 45^\circ$; $45 \pm 0,1$ одночасно з силової головки ПБ	1,65 3,4	14 17	1	88	0,07 0,1	1919	20 32,9	154,3 192,8	0,09 0,11	0,24 0,31
Позиція 3 Свердлити чотири отвори 9, 10, 11, 12 з формуванням чотирьох фасок 19, 20, 21, 22 витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$; $1 \times 45^\circ$; $47 \pm 0,2$, $41 \pm 0,2$ одночасно з силової головки ПІа	1,65	30	1	84	0,08	1929	20	154,3	0,19	0,24
Позиція 4 Нарізати різь 33, 34, 35, 36 в чотирьох отворах, витримуючи розміри М4-7Н одночасно з силової головки ІVa; нарізати різь 27, 28 в двох отворах, витримуючи розмір М8-7Н одночасно з силової головки ІVБ.	0,38 0,45	12 17	1	150	0,7 1,25	220 123	3	579,6 1035	0,18 0,22	0,08 0,2
Позиція 5 Нарізати різь 29, 30, 31, 32 в чотирьох отворах, витримуючи розміри М4-7Н одночасно з силової головки Va	0,38	20	1	150	0,7	220	3	471	0,26	0,08

Технічних норми часу визначено за стандартними методиками і представлено в додатках, а також оформлені у вигляді таблиці 3.11.

Арк.

ДР 18-535.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 3.11 – Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстага, T _ц хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт.} , хв.	T _{п.з.} , хв.	n, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _{у.}	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Вертикально-фрезерна	0,1											1946	0,21
010 Токарно-револьверна	0,11												0,25
015 Токарна напів-автоматна	0,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–			1,68
020 Агрегатна	0,26	0,06	0,01	0,231	0,08	0,35	0,0054	0,0084	0,021	0,395	70		0,43

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

На кожній операції визначаємо розрахункову кількість верстатів M_{пр.}:

$$M_{пр.} = \frac{T_{шт.} \cdot N_{пр.}}{\Phi_{д} \cdot 60}, \quad (3.47)$$

За ведучу прийнято операцію 015 токарну напівавтоматну T_{шт.} = 0,8 хв.

Розрахункове значення N_{пр.} заокруглюється до цілої величини, зручної для наступних розрахунків.

$$N_{пр} = \frac{4000 \cdot 0,8 \cdot 60}{0,8 \cdot (1 + 0,08)} = 222222 \text{ шт.}$$

Приймаємо N_{пр.} = 222 000 шт.

Річний об'єм випуску N_{річн.} = 100 000 шт.

Проектний варіант

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{p.005} = \frac{0,1 \cdot 222000}{4000 \cdot 60} = 0,093; \text{ Приймаємо } M_{пр.005} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.010} = \frac{0,11 \cdot 222000}{4000 \cdot 60} = 0,1; \text{ Приймаємо } M_{пр.010} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.015} = \frac{0,8 \cdot 222000}{4000 \cdot 60} = 0,74; \text{ Приймаємо } M_{пр.015} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.020} = \frac{0,26 \cdot 222000}{4000 \cdot 60} = 0,24; \text{ Приймаємо } M_{пр.020} = 1 \text{ верст.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання, що використовується у технологічному процесі:

$$K_{з.о.} = \frac{M_{p.}}{M_{пр.}}, \quad (3.49)$$

$$K_{з.о.005} = \frac{0,093}{1} = 0,093.$$

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

$$K_{з.о.015} = \frac{0,74}{1} = 0,74.$$

$$K_{з.о.020} = \frac{0,24}{1} = 0,24.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання, що використовується в технологічному процесі:

$$K_{з.о.сеп.} = \frac{\sum M_{p.}}{\sum M_{пр.}}, \quad (3.50)$$

Проектний варіант

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{з.о.ср.} = \frac{0,093 + 0,1 + 0,74 + 0,24}{4} = 0,47.$$

Після розрахунків будемо графік завантаження проектного обладнання (рис. 3.2).

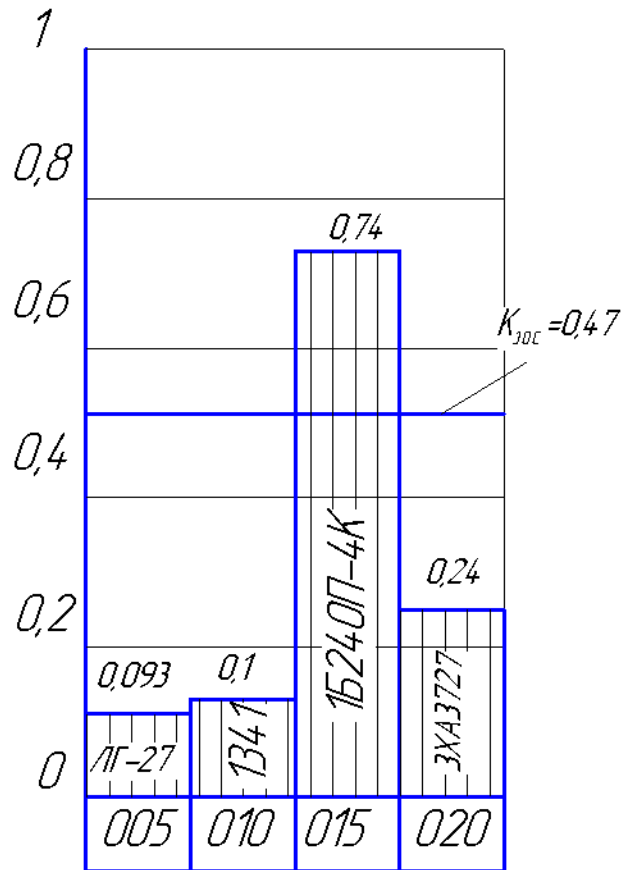


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок похибки встановлення деталі в запропонованому пристосуванні

Похибка установки заготовки в пристосуванні обчислюється згідно [9].

$$\Delta \epsilon_y = \sqrt{\Delta \epsilon_6^2 + \Delta \epsilon_3^2 + \Delta \epsilon_{\text{пр}}^2}, \text{ мм.} \quad (4.1)$$

де $\Delta \epsilon_6$ – похибка базування;

$\Delta \epsilon_3$ – похибка закріплення;

$\Delta \epsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування.

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

$$\Delta \epsilon_y \leq \Delta \epsilon_{y,\text{доп.}}, \quad (4.2)$$

де $\Delta \epsilon_{y,\text{доп.}}$ – допустима похибка установки при виконанні даного розміру на даному обладнанні.

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

На операції 015 агрегатній проводиться обробка різевих отворів, основною вимогою з точки зору точності є їх взаємне розміщення, та розміщення відносно конструктивних елементів корпусу. Точність їх взаємного розміщення визначається точністю багатшпіндельної насадки для свердління і кондуктора.

Виходячи з конструкції пристосування та схеми базування, похибка базування $\Delta \epsilon_{61}$ буде дорівнювати зазору між заготовкою та базою. Оскільки база виготовляється із розміром $\varnothing 52f7_{-0,06}^{-0,03}$ а розмір базової поверхні

					<i>ДР 18-535.00.00</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Процик				Літ.	Аркуш	Аркуше
Перевір.	Паливода						
Реценз.					КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА ТНТУ, каф. ТМ гр. МТм-61		
Н. контр.							
Затв.							

$\varnothing 52H9^{+0,074}$, то похибка базування в радіальному напрямку дорівнює максимальному зазару $\Delta\varepsilon_{61}=0,134\text{мм}$.

Точність розміщення отворів відносно конструктивних елементів визначається розміром $41\pm 0,2$ мм і складає допуск $0,4\text{мм}$.

Похибка базування в осьовому напрямку визначається допуском торцевої поверхні $100h14_{-0,87}$: $\Delta\varepsilon_{62}=0,87\text{мм}$

Похибка закріплення, що виникатиме через зміщення технологічної бази при прикладанні сили Q вибираємо по [12] С.82, табл. 40.

При установці заготовки в затискне пристосування із пневмозатиском на литі поверхні під тискомі поверхні із найбільшим поперечним розміром до 80 мм похибка закріплення складе $\Delta\varepsilon_3 = 50$ мкм.

Похибка пристосування $\varepsilon_{\text{пр}}$ виникає за рахунок похибок виготовлення та похибок зношення опорних елементів пристосування. Для середньої точності пристосувань приймаємо: $\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = 0,04$ мм.

Таким чином, похибка установки на розмір $41\pm 0,2$ буде становити:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,134^2 + 0,05^2 + 0,04^2} = 0,149\text{мм}$$

Допустима похибка установки $\Delta\varepsilon_{y,\text{доп}}$ при виконанні розмірів розміщення отворів буде дорівнювати допуску на їх розміщення:

$$\Delta\varepsilon_{y,\text{доп}} = 0,4 \text{ мм}$$

Отже, $\Delta\varepsilon_y = 0,149$ мм < $\Delta\varepsilon_{y,\text{доп}} = 0,4$ мм., відповідно обробка можлива із заданою точністю.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Розрахунок і вибір приводу пристосування

Для розрахунку сили закріплення заготовки на агрегатній операції 020 приводимо розрахункову схему (рис. 4.1) при свердлінні одночасно 4 отв. $\varnothing 3,3\text{мм}$ та 2 отв. $\varnothing 6,8\text{мм}$, коли виникає максимальний момент різання.

Заготовка базується на базу внутрішньою циліндричною поверхнею $\varnothing 52\text{H9}^{+0,074}$ і торцем; закріплення здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 57\text{мм}$. Деталь у пристрої закріплюють від пневмоциліндром через важелі двома призмами та клин. На заготовку при свердлінні діє момент різання, який намагається повернути її.

Сила для затиску заготовки у пристрої із літератури [6]:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (4.3)$$

Момент різання визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ1,2}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (4.4)$$

де D – діаметр обробки, $D = 6,8\text{ мм}$; $D = 3,3\text{ мм}$

S – подача при свердлінні; $S = 0,1\text{ мм/об}$, $S = 0,08\text{ мм/об}$.

$$K_p = K_{\text{мр}}, \quad K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22.$$

$$\text{Отже, } M_{\text{різ1}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 6,8^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,22 = 0,45 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{різ2}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1,22 = 0,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент різання:

$$M_{\text{різ}} = 2M_{\text{різ1}} + 4M_{\text{різ2}};$$

$$M_{\text{різ}} = 2 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,09 = 1,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт запасу визначаємо за відомою формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4.5)$$

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

$$\text{Отже, } P_3 = \frac{2,6 \cdot 1,26}{0,057 \cdot \left(\frac{0,16}{\sin 45} \right)} = 255 \text{ Н.}$$

Перевірочний розрахунок при умові:

$$P_{\text{затл}} \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i, \quad (4.6)$$

Враховуючи базову конструкцію пристосування нами був вибраний “стандартний одинарний пневмоциліндр двохсторонньої дії за ГОСТ 21821-76 діаметром циліндра $D = 100$ мм, діаметром штоку $d = 32$ мм.” Пневмоциліндри даного типу призначені [14] “для роботи на стисненому повітрі при тиску 0,4 МПа; 0,63 МПа; температурі від $+5^\circ$ до 50° із швидкістю переміщення штоку не більше 0,5 м/с.”

Для даних пневмоциліндрів тягова сила на штоці буде визначатися за формулою згідно [14] С. 222:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (4.7)$$

$$D_{\text{ц}} = 0,1 \text{ м; } d_{\text{шт}} = 0,032 \text{ м; } ; p = 0,4 \text{ МПа; } \eta = 0,9.$$

$$\text{Тоді } F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,032^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2536 \text{ Н.}$$

Передаточне відношення, враховуючи конструкцію пристосування силового механізму і затискного пристрою. Сила тяги пневмоциліндра:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}}}{2 \text{tg}(\beta + \varphi)} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (4.8)$$

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\beta=12^\circ$; $\varphi=14^\circ$; $l_1 = 62$ мм ; $l_2 = 64$ мм ; , $\eta = 0,9$.

$$\text{Тоді } W = \frac{2536}{2\text{tg}(12+14)} \frac{62}{64} \cdot 0,9 = 2267 \text{ Н.}$$

Для надійності закріплення необхідна умова:

$$W > Q.$$

В нашому випадку $W = 2267 \text{ Н} > P_{\text{зат}} = 255 \text{ Н}$.

Висновок: заготовка надійно буде закріплена при свердлінні на 020 агрегатній операції.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Можливості розроблення та моделювання конструкції різця для обробки на адаптивному токарному верстаті, застосовуючи комп'ютерне моделювання

Під час комп'ютерного моделювання можна розробити конструкцію різця для адаптивної токарної обробки, що може вимірювати силу різання з точністю до 1 Н, а також може використовуватись для контролю режимів різання.

Моделювати конструкцію різця можна із застосуванням програмного забезпечення COMSOL, при якому можливі дослідження та аналіз різних фізичних явищ. Це дозволяє поєднати фізику п'єзоелектрики з механічними властивостями різця.

Метод моделювання різних фізичних явищ приймає до уваги в одному середовищі розрахунків аналізу конструкції, механіки, фізики та електроніки, включаючи аналіз методом кінцевих елементів, модальний аналіз, структурні деформації, моделювання п'єзоелектричного ефекту. При моделюванні різних фізичних явищ можна розробити конструкцію різця для адаптивної токарної обробки, яку можна проаналізувати та оптимізувати у віртуальному середовищі.

Моделювання можна розділити на дві головні частини: механічну та електричну. При цьому враховуються сили різання та заряди електронів. Аналіз різних фізичних явищ при проектуванні різця для адаптивної обробки необхідний для синхронізації п'єзоелектричного датчика з електронним підсилювачем.

Моделювання конструкції інструменту і відповідний аналіз можна провести, використовуючи програмне забезпечення COMSOL, яке дозволяє виконувати оптимальне проектування інструмента, що має необхідну роздільну

					<i>ДР 18-535.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА		
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Пашивода</i>						
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>					ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		

здатність для сприйняття сили різання, точність та діапазон частот.

У такому різці використовують послідовне конструювання, при якому вихідною механічною величиною є сила різання. Механічна система різця діє як демпфер на сили різання та передає переміщення системи на електромеханічний перетворювач (датчик), що перетворює ці рухи на електричні сигнали, які покращуються та підсилюються мікропроцесором.

Ця електромеханічна система має важливу роль у виробничому процесі. На відмінно від традиційної схеми, ріжучий інструмент може виконувати декілька функцій. Превагою такої системи є наявність зворотного зв'язку в реальному часі, що дозволяє уникати браку під час протікання процесу.

Моделювання можна провести з метою дослідження структурних деформації інструмента а також зміни електричних сигналів на п'єзоелектричних датчиках. При моделюванні використовують статичні сили з метою дослідження ефективності та стабільності конструкції. При цьому вершина інструмента є точкою прикладання навантаження, а нижня та задня поверхні державки, а також отвори під гвинти повинні бути зафіксованими. Датчики із п'єзоелектричної кераміки можна розмістити між верхньою та нижньою частинами різця, а також у спеціальному пазу зверху.

Хоча власні частоти різця для адаптивної токарної обробки при відсутності п'єзоелектричної пластини є вищими ніж необхідні в процесі різання (менше ніж 200 Гц), все ще є необхідність розглядати власну частоту різця з встановленими п'єзоелектричними пластинами.

При моделюванні можна прикладати сили різання від 100 до 1000 Н в точці різання. Для визначення виходу заряду у вольтах із датчика, що відповідають механічним деформаціям також можна використовувати програму COMSOL. При цьому сили різання можна прикладати в напрямках осей X, Y та Z із кроком 100 Н. В подальшому одержані результати напруги у вольтах можна використовувати для вимірювання відповідних сил різання у запропонованому різці.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Підготовка вихідних даних для автоматизованого проектування технологічного процесу

Для формування маршруту механічної обробки деталі в системі “Техно Про” 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.

Таблиця 5.1 – Вихідна інформація для автоматизованого проектування

Позначення тех. процесу	Деталь		
	Позначення	Назва	Маса, кг
4162.5982	АФКА 731151.047	Тримач	0,45
Матеріал	Заготовка		
	Вид	Профіль і розміри	Маса, кг
Сплав АК12 ГОСТ 1583-79	Виливок	100±0,55×102,4±0,55× 71±0,55	0,523

Для розв’язку диференціальних рівнянь науково-дослідної частини використано математичний пакет прикладних програм, частина вікон розрахунків представлено на рис. 5.1., 5.2.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l:=0.005 d:=1 Fct:=6000 x:=0,0.00015 k:=45000000 r:=0.0

$$F3(x) := \frac{\left[\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k + Fct \right] - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k - Fct + \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k + Fct - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k - Fct}{4}$$

l:=3 d:=1 Fct:=1100 k:=0,0.00015 k:=45000 r:=0.1

$$F1(x) := \frac{\left[\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k + Fct \right] - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k - Fct + \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k + Fct - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k - Fct}{4}$$

r:=0.1

$$F2(x) := \frac{\left[\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - x \right) \cdot k + Fct \right] - \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - x \right) \cdot k - Fct + \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - x \right) \cdot k + Fct - \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - x \right) \cdot k - Fct}{4}$$

r:=0.2

$$F4(x) := \frac{\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k + Fct - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k - Fct + \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k + Fct - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} - (x-r) \right] \cdot k - Fct}{4}$$

$$F5(x) := F1(x) + F2(x) + F3(x) + F4(x)$$

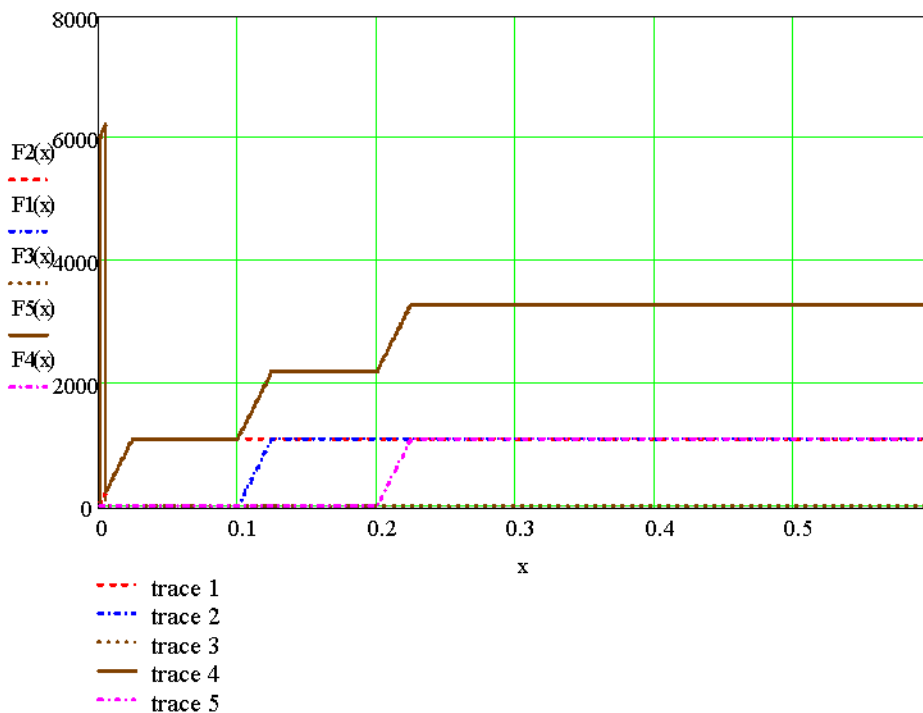


Рисунок 5.1 – Вікно математичного пакету прикладних програм із вихідними силовими факторами для розв'язку диференціальних рівнянь науково-дослідної частини

$$c12 := 1.8 \cdot 10^6$$

$$c23 := 9 \cdot 10^6$$

$$c34 := 11 \cdot 10^6$$

$$M := 6000$$

$$b12 := 1000 \quad I1 := 100$$

$$b23 := 1000 \quad I2 := 450$$

$$I3 := 1500$$

$$b34 := 10000$$

$$I4 := 1500$$

$$\text{inx} := 0$$

$$\text{finx} := 2$$

$$N := 1000$$

$$\text{in} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$D(x, F) :=$$

$$\begin{bmatrix} F_4 \\ F_5 \\ F_6 \\ F_7 \\ \frac{-c12(F_0 - F_1) + (F5(x)) + -b12(F_4 - F_5)}{I1} \\ -c12(F_1 - F_0) + -c23(F_1 - F_2) + -b12(F_5 - F_4) - b23(F_5 - F_6) \\ \frac{\quad}{I2} \\ -c23(F_2 - F_1) + -c34(F_2 - F_3) + -b34(F_6 - F_7) - b23(F_6 - F_5) \\ \frac{\quad}{I3} \\ -c34(F_3 - F_2) + -b34(F_7 - F_6) - M \\ \frac{\quad}{I4} \end{bmatrix}$$

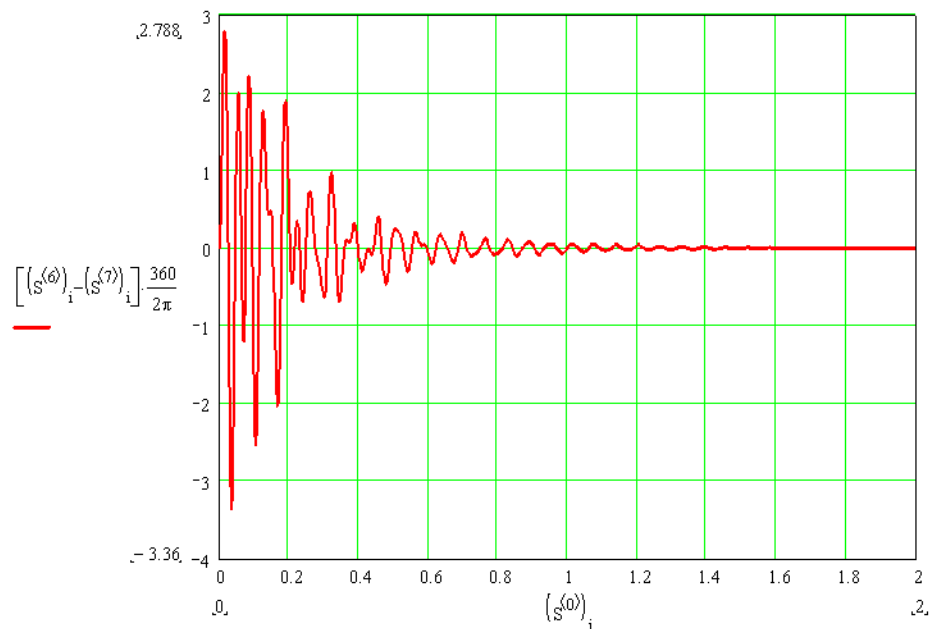
$$S := \text{rkfixe}(\text{in}, \text{inx}, \text{finx}, N, D)$$


Рисунок 5.2 – Вікно математичного пакету прикладних програм із розв'язком диференціальних рівнянь науково-дослідної частини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

6 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

6.1. Визначення річної потреби в технологічному обладнанні. Складання зведеного переліку обладнання

Специфікація основного технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення тримача АФКА 731151.047 наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Специфікація основного технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення тримача АФКА 731151.047

№ з/п	Тип і модель верстата	М _{пр.} , шт.	К _{з.о.}	Потужність, кВт		Габаритні розміри (l×b), мм.
				одного	всіх	
1	2	3	4	5	6	7
1	ЛП-27	1	0,093	7,5	7,5	2510×2660
2	1341	1	0,1	5,5	5,5	3000×1200
3	1Б240П-4К	1	0,74	14,0	14,0	4330×1600
4	ЗХА3727	1	0,24	5,0	5,0	2857×2553
	Всього:	4	0,47	32	32	

Крім основного на дільниці розміщується допоміжне обладнання:

- установка для промивання деталей;
- контрольний стіл.

6.2. Вибір типу і розрахунок кількості вантажопідйомних і транспортних засобів

В даному випадку для потреб дільниці в якості міжопераційного транспорту приймемо електрокари з підйомною платформою

					<i>ДР 18-535.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Паливода</i>						
<i>Реценз.</i>					ПРОЕКТНА ЧАСТИНА ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

вантажопідйомністю 0,5 т.

Визначимо кількість електрокарів [41]:

$$E = \frac{Q \cdot k_n \cdot T_{пр}}{Q_e \cdot k_v \cdot F_d \cdot 60}, \quad (6.1)$$

де Q – річний вантажообіг, $Q = 95$ 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 – вантажопідйомність одного транспортного засобу, $Q_e = 0,5$ т.;

k_v – коефіцієнт використання вантажопідйомності транспорту, $k_v = 0,8$;

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

$$E = \frac{95 \cdot 1,25 \cdot 20}{0,5 \cdot 0,8 \cdot 4015 \cdot 60} = 0,025 \text{ шт.}$$

– отже, приймаємо 1 електрокар.

Для переміщення деталей між позиціями механічної обробки використовуються підвісний ланцюговий конвеєр з вантажопідйомністю однієї каретки 250 кг і швидкістю транспортування 10 м/хв.

Згідно рекомендацій [41] 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.

У нашому випадку кількість мостових кранів можна визначити за формулою [41]:

$$K = \frac{N \cdot i \cdot T_{кр}}{m \cdot T_{зм}}, \quad (6.2)$$

де N – кількість деталей, що транспортуються за зміну, $N = 1946$ шт.;

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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, $m = 110$ шт.

$$K = \frac{1946 \cdot 3 \cdot 25}{110 \cdot 480} = 2,76 \approx 3 \text{ шт.}$$

Укрупнено кількість кранів можна приймати [41]: для механічних цехів один кран на 40...80 м довжини прольоту; в складальних цехах – на 30...50 м.

6.3. Проектування допоміжних відділень цеху

Площа складу матеріалів та заготовок визначається за залежністю [41]:

$$F_3 = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (6.3)$$

де M_{Σ} – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, $M_{\Sigma} = 95$ т.;

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_B – коефіцієнт використання площі складування, $k_B = 0,3 \dots 0,4$.

$$F_3 = \frac{95 \cdot 6}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,3} = 5,22 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $F_3 = 20 \text{ м}^2$.

– проміжний склад;

Проміжний склад [41] призначений для міжопераційного нагромадження вузлів і деталей і його площа визначається за формулою 6.3.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_3 = \frac{95 \cdot 1}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,3} = 0,87 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $F_3 = 10 \text{ м}^2$.

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

Площа цього відділення визначається за рекомендаціями в залежності від кількості верстатів і приймається рівною 55 м^2 .

– відділення для збирання і переробки стружки;

Площа цього відділення визначається аналогічно до попереднього і приймається рівною 95 м^2 .

– інструментально-роздавальна комора;

Норми для розрахунку площі цього відділення залежать від кількості верстатів механічного відділення. Приймаємо площу рівною 35 м^2 .

Площа службово-побутових приміщень приймається рівною 25...30% площі цеху. Приймаємо площу рівною 25%, а отже – 740 м^2 .

Площа ділянки для виготовлення тримача АФКА 731.151.047 залежить від [41] розмірів та маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах $14...18 \text{ м}^2$, для середніх – $18...22 \text{ м}^2$, для важких – $22...30 \text{ м}^2$.

Таблиця 6.2 – Площа ділянки для виготовлення тримача АФКА 731.151.047

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м^2
1	2	3	4	5
Вертикально-фрезерний напівавтомат	ЛГ-27	2510×2660	середній	20
Токарно-револьверний верстат	1341	3000×1200	середній	19

Арк.

ДР 18-535.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці 6.2

1	2	3	4	5
Токарний горизонтальний шестишпindelний напівавтомат	1Б240П-4К	4330×1600	важкий	24
Агрегатний верстат	3ХА3727	2857×2553	середній	22
Слюсарний верстак	—	1500×1000	—	6
Промивочна машина	—	1500×1000	—	6
Контрольний стіл	—	2000×1000	—	6
Місця склад. заг. і дет.	—	—	—	19
Загальна площа дільниці механічної обробки				122

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

7.1. Визначення економічної ефективності прийнятих в проекті рішень

Для проведення розрахунків використано загальновідому методику [42]. 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.

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:

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

					<i>ДР 18-535.00.00</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</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>										

де T – трудомісткість механічної обробки;

t_B – такт випуску, визначений в технологічній частині.

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

Кількість основних виробничих робітників визначають за формулою:

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

де C_n – прийнята кількість обладнання;

k_3 – коефіцієнт завантаження обладнання;

Φ_δ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\Phi_{\delta p}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітників;

k_6 – коефіцієнт багатостатного обслуговування.

Результати розрахунків представлені в таблиці А.3

Розрахунок капітальних витрат на основі 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

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

питомою площею (м²), яка припадає на одиницю обладнання і приймають за 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 контроль-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

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

законодавством.

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:

$$\Phi_{n.e.} = C_1 \cdot K_c \cdot T_{um} \cdot N_e, \quad (7.3)$$

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

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

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

$$\Phi_{o.e.} = \Phi_{n.e.} + D_e, \quad (7.4)$$

де D_e – 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:

$$\Phi_{n.n.} = P \cdot C_1 \cdot K_{cd} \cdot \Phi_{ef}, \quad (7.5)$$

де P – середня чисельність допоміжних робітників, чол.

Річний фонд основної зарплати робітників-погодинників визначають за формулою:

$$\Phi_{o.n.} = \Phi_{n.n.} + D_n, \quad (7.6)$$

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D_n – сумарні річні доплати до прямої заробітної плати робітників-погодинників, грн., які орієнтовно приймають в розмірі 25...30% від тарифного заробітку.

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

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

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

$\Phi_{\text{доп}}$ – 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

					ДР 18-535.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зводять в таблицю А.5.

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:

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

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:

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

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);

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η_{∂} – коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0.9...0.96);

$\eta_{м}$ – коефіцієнт, який враховує втрати в електромережах (0.86...0.9);

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:

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

де 1.05 – коефіцієнт, який враховує контрольне освітлення;

H_{ee} – 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: 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

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунках можна прийняти для пневматичних патронів – 1.5...2 м³/год., для пневматичних підйомників – 3,5 м³/год., для пневматичних пристосувань – 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: витрати 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,

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

фінансування науково-дослідних робіт, створення фонду освоєння нових виробів та ін) та примаються в розмірі 3...6.5 % від виробничої собівартості.

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

					ДР 18-535.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначають за формулою:

$$B = C_{од} - K, \quad (7.15)$$

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

Рентабельність виробництва P_{ϵ} (в %):

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

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

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

$H_{оз}$ – 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.

$$E = (48,49 - 43,93) \cdot 100000 = 456000 \text{ грн.}$$

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1. Розробка заходів для боротьби із статичною електрикою

Основні заходи, що використовуються для захисту від статичної електрики виробничого походження включають методи, що виключають або зменшують інтенсивність генерації зарядів, і методи, що знімають утворені заряди. Інтенсивність генерації зарядів можна зменшити відповідним підбором пар тертя або змішуванням матеріалів таким чином, що в результаті тертя один із змішаних матеріалів створює заряд одного знаку, а інший – протилежного. В даний час створений комбінований матеріал з нейлону і дакрону, що забезпечує захист від статичної електрики за цим принципом.

Зміною технологічного режиму обробки матеріалів також можна добитися зниження кількості зарядів, що генеруються (зменшення швидкостей обробки, швидкостей транспортування і зливу діелектричних рідин, зменшення сил тертя).

При заповненні сипкими речовинами або рідинами (діелектриками) резервуарів на вході в них застосовують ємності релаксацій, частіше всього у вигляді заземленої ділянки трубопроводу збільшеного діаметра, що забезпечує стікання всього заряду статичної електрики в землю.

Заряди утвореної статичної електрики усувають частіше всього шляхом заземлення електропровідних частин виробничого обладнання. Опір такого заземлення повинен бути не більше 100 Ом. При неможливості встановлення пристрою заземлення практикується підвищення відносної вологості повітря в приміщенні. Також збільшують об'ємну провідність діелектрика, для чого в нього вносять графіт, ацетиленову сажу, алюмінієву пудру, а в рідкі

					<i>ДР 18-535.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</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>		

діелектрики – спеціальні добавки. Для ряду машин і агрегатів знайшли застосування нейтралізатори статичної електрики (коронного розряду, радіоізотопні, аеродинамічні і комбіновані). У всіх типах цих пристроїв шляхом іонізації повітря поблизу елемента конструкції, що накопичує заряд статичної електрики, утворюються іони, у тому числі із знаком, протилежним знаку заряду, що і викликає його нейтралізацію.

До засобів індивідуального захисту від статичної електрики відносяться електростатичні халати і спеціальне взуття, підошва якого виконана з шкіри або електропровідної гуми, а також антистатичні браслети.

Значно більшу небезпеку представляє атмосферна статична електрика, ефективним засобом захисту від якого є захист від блискавок. Вона включає комплекс заходів і пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, запобіганню вибухів, загорянь і руйнувань будівель, споруд, обладнання і матеріалів від вибухів, можливих при дії блискавок.

Для всіх будівель і споруд, не пов'язаних з виробництвом і зберіганням вибухових речовин, а також для ліній електропередач і контактних мереж проектування і виготовлення захисту від блискавок повинне виконуватися згідно «Інструкції по захисту від блискавок будівель і споруд» РД 34.21.122–87.

Для створення зон захисту застосовують одиночний стрижньовий громовідвід; подвійний стрижньовий громовідвід; багатократний стрижньовий громовідвід; одиночний або подвійний тросовий громовідвід. Контроль за засобами забезпечення електробезпеки, і зокрема за відповідністю їх вимогам безпеки, покладений на службу головного енергетика і електриків підрозділів.

8.2. Характеристика стихійних лих та їх наслідки

Стихійні лиха – природне явище (землетрус, потоп, снігові лавини, урагани, циклони, тайфуни, пожеги, виверження вулканів і інші), які носять надзвичайний характер і які призводять до порушення нормальної діяльності населення, смерті людей, руйнування і знищення матеріальних цінностей.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Стихійні лиха можуть виникати як незалежно один від одного, так і в взаємозв'язку: одне з них може притягнути за собою інше. Деякі з них часто виникають в результаті не завжди розумної діяльності (лісові і торф'яні пожежі, виробничі вибухи в гірській місцевості і т.п.).

Незалежно від джерела виникнення стихійні лиха характеризуються значними масштабами і різною тривалістю – від декілька секунд і хвилин (землетруси, снігові лавини) до декількох годин, днів (оповзні) і місяців (потопи).

Землетруси – це сильні коливання земної кори, які викликані тектонічними чи вулканічними причинами і які призводять до руйнувань будівель, приміщень, пожеж і людських втрат.

Основними характеристиками є: глибина джерела, магнітуда та інтенсивність енергії на поверхні землі.

Глибина джерела землетрусу зазвичай знаходиться в границях від 10 до 30 км, в ряді випадків вона може бути значно більшою.

Землетруси викликають і інші стихійні лиха, такі, як оповзні, лавини, цунамі, потопи (через прорив дамб), пожежі (при ушкодженні нафтосховищ і розриву газопроводів), ушкодження комунікацій, ліній енерго-, водопостачання і каналізацій, аварій на хімічних виробництвах з витоком (розливом) СДОР, а також на АТС з витоком (викидом) ртутних речовин в атмосферу та інші.

Для захисту від землетрусів виявляються сейсмічно небезпечні зони в різних регіонах, проводяться так звані сейсмічні районування. У таких зонах передбачають різні міри захисту, починаючи з виконання вимог і правил при побудові і реконструкції будівель та інших об'єктів до призупинення дії небезпечних виробництв (хімічних заводів, АТС і ін.).

Повінь – це значні затоплення місцевості в результаті підйому рівня води в річці, озері, водосховищах, які викликані різними причинами (опади, руйнування дамб і т.п.). Повеніносять великої матеріальної шкоди і призводять до людських жертв.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпосередня матеріальна шкода від повені заключається в пошкодженні і руйнуванні будинків, трас, ліній електропередач, пошкоджень сільськогосподарських угідь і т.п.

Повені можуть супроводжуватися пожежами внаслідок обривів і коротких замикань електрокабелів і проводів, а також розривами водопровідних і каналізаційних труб, електричних, телевізійних і телеграфних кабелів, які знаходяться в землі, із-за наступних нерівномірних осадків ґрунту.

Основні напрямки боротьби з повенями складається в зменшенні максимального розходу води в річці шляхом перерозподілу стоків (посадка лісозахисних смуг, виорювання землі впоперек схилів, і т.п.).

Поповзні – це сповзаюча суміш мас гірських порід вниз по схилу, які виникають через порушення рівноваги, яка викликана різними причинами (підмиванням породи водою, послаблення їх міцності внаслідок опадів, систематичними поштовхами, нерозумною сільськогосподарською діяльністю людини та інше).

Найдієвішим захистом від поповзнів є їх попередження. З комплексу попереджувальних заходів слід відмітити збір і відвід поверхневих вод, штучне перетворення рельєфу (в зоні можливого відриву землі зменшують навантаження на схили), фіксацію схилу за допомогою будівельних опорних стінок.

Снігові лавини відносяться до поповзнів і виникають так як і інші зміщення. Сили зчеплення снігу переходять визначену границю, і гравітація викликає зміщення снігових мас по схилу. Снігова лавина представляє собою суміш кристалів снігу і повітря. Габаритні лавини виникають на схилах 25-60°. Гладкі трав'янисті схили найбільш лавинонебезпечні. Кущі, великі камені і інші перешкоди затримують лавини, які виникли. У лісі лавини утворюються дуже рідко.

Снігові лавининосять матеріальну шкоду і супроводжуються смертю людей. Захист від лавин може бути пасивний і активний. При пасивному

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захисту уникають використання лавинонебезпечних схилів чи ставлять на них загороджуючі щити. При активному захисті робиться обстріл лавинонебезпечних схилів, викликаючи зміщення невеликих небезпечних лавин, перешкоджаючи таким чином накопиченню критичних мас снігу.

Буревії – це вітри силою 12 балів по шкалі Бофорта, тобто вітри, швидкість яких перевищує 32,6 м/с (117,3 км/год).

Буревії називають також і тропічними циклонами, які виникають в Тихому океані поблизу берегів Центральної Америки; на Дальньому Сході і в районах Індійського океану буревії носять назву тайфуни. Підчас тропічних циклонів швидкість вітру часто сягає 50 м/с. Циклони і тайфуни супроводжуються зазвичай інтенсивними проливними дощами.

Буревії на суходолі руйнують будівлі, лінії зв'язку і електропередач, пошкоджують комунікації і мости, ламають і виривають з коренями дерева; при розповсюдженні над морем викликають великі хвилі висотою 10-12 м і більше, пошкоджують чи навіть призводять до знищення суден.

Сучасні методи прогнозу погоди дозволяють за декілька годин і навіть дів попереджувати населення про насування буревіїв (штормів), а служба ЦО може надати необхідну інформацію про можливу обстановку і необхідні дії в ситуаціях, які виникли.

Найбільш надійний захист населення від буревіїв – використання захисних будівель (метро, сховища, підземних переходів, підвалів будинків і т.п.) при цьому необхідно враховувати можливе затоплення ділянок і вибирати захисні сховища на підвищених ділянках місцевості.

Пожежі – це не контрольований процес горіння, який тягне за собою смерть людей і знищення матеріальних цінностей.

Причинами виникнення пожеж є недбалість, необережність з вогнем, порушення правил пожежної безпеки, таке явище природи, як блискавки, самозапалювання сухих рослин і торфу.

Основними видами пожеж як стихійних, захвачуючих, як правило, великі

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

території в декілька сотень, тисяч і навіть мільйонів гектарів, є ландшафтні пожежі – лісові (низовини, верховини, підземні) і степові (польові). Лісові пожежі по інтенсивності горіння поділяються на слабкі, середні і сильні, а по характеру горіння – низові і верхові пожежі – біжучі і стійкі.

Лісові низові пожежі характеризуються горінням лісового настилу, ґрунту і низу дерев. Швидкість руху фронту низової пожежі складає від 0,3-1 м/хв. (при не сильній пожежі) до 16 м/хв. (1 км/год) (при сильній), висота полум'я – 1-2 м, максимальна температура досягається 900⁰С.

Лісові пожежі розвиваються, як правило, знизу і характеризуються горінням верхівок дерев. При біглій верховій пожежі полум'я розповсюджується з верхівки на верхівку з швидкістю 8-25 км/год, залишаючи іноді цілі ділянки нешкодженого вогнем лісу. При стійкій верхній пожежі вогнем захоплені не тільки верхівки, але і стовбури дерев. Полум'я розповсюджується з швидкістю 5-8 км/год, охоплюючи весь ліс від кореня і до верхівки дерева.

Підземні пожежі виникають як продовження низьких і високих пожеж і розповсюджуються по торф'яному шарі, який знаходиться в землі на глибині до 50см і більше. Горіння іде повільно, майже без доступу повітря, із швидкістю 0,1-0,15 м/хв. з виділенням великої кількості диму і утворенням вигорівших пустот. Тому підходять до підземної пожежі з великою обережністю, постійно прощупуючи ґрунт щупом. Горіння може продовжуватися довгий час навіть і зимою під шаром снігу.

Степові (польові) пожежі виникають на відкритих місцевостях при наявності сухої трави чи дозрілої пшениці. Вони носять сезонний характер і часто бувають літом по мірі дозрівання трави (хлібів), рідше весною і практично відсутні зимою. Швидкість їх розповсюдження може досягати 20-30 км/год.

Основними способами боротьби з лісовими низовими пожежами є: поглинання кромки вогню, засипання його землею, zalивання водою (хімікатами), утворення загороджуючих і мінералізованих полос, пуск зустрічного вітру.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

9 ЕКОЛОГІЯ

9.1. Прояви шкідливого впливу на довкілля в процесі експлуатації верстатів на проектованій ділянці

Верстати, що використовуються в технологічному процесі виготовлення тримача АФКА 731151.047, здійснюють певний шкідливий вплив на навколишнє середовище. При проектуванні цей вплив потрібно проаналізувати та прийняти всі необхідні заходи для його мінімізації.

Значну шкоду довкіллю приносять викиди масла, які відбуваються під час проведення планових ремонтів у процесі експлуатації верстатів та під час аварій. Викиди масла відбуваються також безпосередньо на підстанціях у трансформаторах, на гідростанції, яка забезпечує подачу води під тиском до системи охолодження. Крім цього, під час роботи верстатів відбуваються чималі викиди розпиленого масла з пневматичних систем, що несе негативний вплив не тільки на оточуюче середовище, але й на організм людини.

Забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами є одним з найбільш небезпечних забруднень екосистеми, що приносять величезну шкоду рослинному і тваринному світу. В кінцевому результаті нафтопродукти стічними водами потрапляють у водойми. Масло, що міститься у стічних водах, частково плаває на поверхні, а частково емульговане. Розчинність мінеральних масел в воді дуже мала і практично нею можна знехтувати. Кількість в стоках плаваючого масла коливається від кількох міліграмів до сотень грам на літр води і залежить від організації технологічного процесу, стану обладнання і трубопроводів, загальної культури виробництва і т. д. Основна частина такого масла видаляється з води за допомогою відстійників та нафтовловлювачів.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>		
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЕКОЛОГІЯ		
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Пашивода</i>						
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Зав. каф.</i>					ТНТУ каф. ТМ гр. МТм-61		

Також у процесі ремонтів верстатів відбувається забруднення атмосферного повітря. Різноманітні, в тому числі дуже шкідливі для здоров'я людини, забруднення поступають в атмосферу під час процесів зварювання та паяння. Зварювання супроводжується виділенням парів оксидів заліза і цинку, аерозолями марганцю, кремнію і міді, а також фторидів, озону і оксиду азоту. Паяння з використанням олов'яно-свинцевих припоїв і каніфольних флюсів супроводжується попаданням в повітряне середовище аерозолів свинцю, продуктів згорання ізоляції проводів і забруднення на поверхнях з'єднувальних деталей.

Для зменшення негативного впливу вищенаведених факторів на навколишнє середовище необхідно вжити наступні заходи.

Для запобігання потрапляння масла в довкілля необхідно обладнати верстати очисними елементами (фільтрами, відстійниками) а трансформатори - резервуарами для стоку масла. Фільтрування стічних вод призначене для очищення їх від тонкодисперсних механічних забруднень з невеликою концентрацією. В останні роки в промисловості знаходить використання методу електрофлотації. Переваги цього методу визначаються в тому, що окисно-відновні процеси, які відбуваються електрофлотації, забезпечують додаткове очищення стічних вод. Крім цього використання алюмінієвих або залізних електродів зумовлює перехід іонів алюмінію і заліза в розчин, що сприяє коагулюванню найдрібніших частинок забруднень, що містяться у стічній воді.

Для запобігання виходу в атмосферу розпиленого масла внаслідок акустичного хлопка, пневматичні системи слід обладнати спеціальними глушниками, пневмофільтрами, пилевловлювачами різних типів.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

9.2. Методи захисту від електромагнітних полів на дільниці виготовлення деталі

Основними джерелами випромінювання електромагнітних полів в проєктованому цеху є плавильні печі, нагрівальні індуктори із генераторами струмів високої частоти, що використовуються в інструментальному господарстві для гартування робочих поверхонь інструментів та технологічного оснащення, що використовується для виготовлення тримача АФКА 731151.047,. Також джерелами випромінювання є лінії високої напруги, трансформатори та відкриті розподільчі станції для підведення струму до верстатів, що використовуються в проєктному технологічному процесі.

Основні заходи захисту від дії електромагнітних випромінювань: зменшення випромінювання безпосередньо біля джерела (досягається збільшенням відстані між джерелом направленої дії і робочим місцем, зменшенням потужності випромінювання генератора); раціональне розміщення установок струмів високої частоти (діючі установки потужністю більше 10 Вт розміщуються в приміщеннях з капітальними стінами і перекриттями, покритими радіопоглинаючими матеріалами, шлакобетоном); дистанційний контроль і управління передавачами в екранованому приміщенні (для візуального спостереження за передавачами обладнуються оглядові вікна, захищені металевою сіткою); екранування джерел випромінювання і робочих місць (застосування заземлених екранів, у вигляді листа або сітки з металу, що володіє високою електропровідністю - алюмінію, міді, латуні, сталі); організаційні заходи (проведення дозиметричного контролю інтенсивності електромагнітних випромінювань - не рідше одного разу на 6 місяців; медогляд - не рідше одного разу на рік; додаткова відпустка, скорочений робочий день, допуск осіб не молодших 18 років без захворювань центральної нервової системи, серця, очей); застосування засобів індивідуального захисту (спецодяг, захисні окуляри і ін.).

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Біля індукційних плавильних печей і нагрівальних індукторів допускається напруженість поля до 20 В/м. Межа для магнітної напруженості поля повинна бути 5 А/м. Напруженість ультрависокочастотних електромагнітних полів (середні і довгі хвилі) на робочих місцях не повинна перевищувати 5 В/м. Кожна промислова установка забезпечується технічним паспортом, в якому вказана електрична схема, захисні пристосування, місце застосування, діапазон хвиль, допустима потужність і т.д. По кожній установці ведуть експлуатаційний журнал, в якому фіксують стан установки, режим роботи, виправлення, заміну деталей, зміни напруженості поля. Перебування персоналу в зоні дії електромагнітних полів обмежується мінімально необхідним для проведення операцій часом.

Нові установки вводять в експлуатацію після їх приймання, при цьому встановлюють виконання вимог і норм охорони праці, норм по обмеженню полів і радіоперешкод, а також реєстрації їх в державних контролюючих органах. Генератори струмів високої частоти встановлюють в окремих вогнестійких приміщеннях, машинні генератори в звуконепроникних кабінах. Для установок потужністю до 30 кВт відводять площу не менше 40 м², із більшою потужністю - не менше 70 м². Відстань між установками повинна бути не менше 2м, приміщення екранують, в загальних приміщеннях установки розміщують в екранованих боксах. Обов'язкова загальна вентиляція приміщень, а за наявності шкідливих виділень і місцева. Приміщення високочастотних установок забороняється захищувати металевими предметами. Найпростішим і ефективним методом захисту від електромагнітних полів є «захист відстанню».

Екранування - найефективніший спосіб захисту. Електромагнітне поле ослабляється екраном внаслідок створення в товщі його поля протилежного напрямку. Ступінь ослаблення електромагнітного поля залежить від глибини проникнення високочастотного струму в товщу екрану. Чим більше магнітна проникність екрану і вища частота поля, що екранується, тим менше глибина проникнення і необхідна товщина екрану. Екранують або джерело

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

випромінювань, або робоче місце. Для захисту працюючих від електромагнітних випромінювань застосовують заземлені екрани, кожухи, захисні козирки, що встановлюються на шляху випромінювання. Засоби захисту (екрани, кожухи) з радіопоглинаючих матеріалів виконують у вигляді тонких гумових килимків, гнучких або жорстких листів поролону, феромагнітних пластин.

Для захисту від електричних полів надвисокої напруги необхідно збільшувати висоту підвісу фазних дротів ліній електропередач. Для відкритих розподільних пристроїв рекомендуються заземлені екрани (стаціонарні або тимчасові) у вигляді козирків, навісів і перегородок з металевої сітки біля комутаційних апаратів, шаф управління і контролю. До засобів індивідуального захисту від електромагнітних випромінювань відносять переносні парасольки, комбінезони і халати з металізованої тканини, здійснюючі захист організму людини за принципом заземленого сітчастого екрану.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі у аналітичній та науково-дослідній частині проведено аналіз стану питання щодо дослідження процесу оброблення різьбових отворів. Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра. Досліджено динаміку нарізання різьби мітчиком. Встановлено динамічні навантажень на елементи системи інструмент-патрон-верстат під час нарізання різьби мітчиком та характер переміщення її складових. Сформовано диференціальні рівняння руху системи із вимушеними крутильними коливаннями, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду. Побудовано графічні залежності зміни кута деформації мітчика відносно патрона в часі, швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі, динамічного моменту на мітчику в часі, кута деформації патрона відносно шпинделя в часі, швидкості деформації патрона відносно шпинделя в часі. Підібрано обладнання та мітчики для нарізання різьби в попередньо просвердлених отворах. Проведено експериментальні дослідження крутного моменту при нарізанні різьби в заготовках із сталі 45 мітчиками від зміни трьох основних факторів: кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика.

Встановлено, що кут деформації мітчика в часі спочатку різко зростає після удару, спадає, потім досягає максимуму 0,125 град, після цього стабілізується при куті деформації 0,15 град, коли відбувається усталений режим різання. Динамічний момент різання досягає максимуму 4000 Н·мм. Деформація мітчика і максимальний динамічний момент знаходяться в межах допустимих значень, тому руйнування мітчика під час нарізання різьби відбуватись не буде. Запропоновані диференціальні рівняння та одержані числовим методом графіки дозволяють прогнозувати роботу мітчика при

					<i>ДР 18-535.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</i>				ВИСНОВКИ	<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>								
						ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		

різних режимах роботи.

Представлено програму та методику експериментальних досліджень нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 та їх результати у вигляді рівнянь регресії та графіків. Встановлено, що момент нарізання різьби визначаються конструктивними параметрами мітчика та нарізуваної різьби. Змінюючи головний кут в плані мітчика, можна керувати крутним моментом різання.

Максимальний крутний момент нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 складає 63,08 Н·м, а мінімальний – 11,65 Н·м. Збільшення кроку різьби P від 1,5 мм до 2,5 мм призводить до зростання крутного моменту в 2,25 рази. При цьому збільшення діаметра мітчика D від 12 мм до 20 мм надає приросту крутного моменту в 2,04 рази, а збільшення кута в плані мітчика φ від 10 до 20 градусів призводить до зростання крутного моменту в 1,27 рази.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Куцак 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 18-535.00.00</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
<i>Розроб.</i>	<i>Процик</i>							<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>										
					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. Марчук Н. М. Обґрунтування параметрів та синтез інструментів для оброблення різьбових отворів: дис. ... кандидата техн. наук : 05.03.01. Іернопіль, 2018. 173 с.

23. Фрумин Ю.Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент. М.: Машиностроение, 1977. 183 с.

24. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – Киев: Вищ. Шк., 1974. 399 с.

25. Пат. №51159 Україна, В23G5/06, В24В3/18. Мітчик / Сторчевой М.М.; заявник і патентовласник Сторчевой М.М., – № 2002010529; заявл. 21.01.02;

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опубл. 15.11.02, Бюл. № 11.

26. Пат. №64950 Україна, МПК (2011.01) B23G 5/00. Мітчик / Канарєєв Ф.М., Харченко О.О., Новіков П.А.; заявник і патентовласник Севастопольський національний технічний університет – № u201104661; заявл. 15.04.11; опубл. 25.11.11, Бюл. № 22.

27. Пат. №66082 Україна, МПК (2011.01) B23G 5/00. Мітчик / Канарєєв Ф.М., Харченко О.О., Новіков П.А.; заявник і патентовласник Севастопольський національний технічний університет – № u201106176; заявл. 17.05.11; опубл. 26.12.11, Бюл. № 24.

28. Пат. №66484 Україна, МПК (2011.01) B23G 5/00. Мітчик / Канарєєв Ф.М., Харченко О.О., Новіков П.А.; заявник і патентовласник Севастопольський національний технічний університет – № u201106173; заявл. 17.05.11; опубл. 10.01.12, Бюл. № 1.

29. Пат. №67831 Україна, МПК (2012.01) B23G 5/00. Мітчик / Канарєєв Ф.М., Харченко О.О., Новіков П.А.; заявник і патентовласник Севастопольський національний технічний університет – № u 2011 08783; заявл. 12.07.11; опубл. 12.03.12, Бюл. № 5.

30. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. 303 с.

31. Рождественский Л.А. Определение крутящего момента при нарезании резьбы метчиком. Резание металлов: сб. статей. М.: Машгиз, 1951. С. 113-137.

32. Матвеев В.В. Основы повышения точности обработки резьбовых поверхностей деталей многолезвийными мерными инструментами: автореф. дис. доктора техн. наук. М., 1971. 35 с.

33. Филоненко С.Н. Резание металлов. Киев: Техніка, 1975. 229 с.

34. Иванина И.В. Влияние угла в плане на крутящий момент при формообразовании резьб по генераторной схеме резания. Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2015. Vol. 3, no. 4. С. 27-30.

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

35. Иванина И.В. Имитационная модель резьбонарезания по генераторной схеме. Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. 2002. №4. С. 56-68.

36. Иванина И.В. Влияние давления на опорных поверхностях режущих профилей на точность нарезаемой резьбы. Наука и образование. 2013. №8. С. 41-48.

37. Hevko B. Djachun A., Marchuk N. The study of the dynamics of a device for screw thread turning. Motrol. Commission of motorization and energetic in agriculture. Lublin-Rzeszow, 2016. Vol. 18, № 1. P. 87–93.

38. Процик М. Синтез відрізних різців / 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. 136.

39. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

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

41. 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.

42. 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 18-535.00.00</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	105263	0.43	0,007	736,841	3
010	105263	1.55	0,026	2736,838	3
015	105263	0.3	0,005	526,315	3
020	105263	0.33	0,006	631,578	3
025	105263	0.52	0,009	947,367	3
030	105263	0.43	0,007	736,841	3
035	105263	0.2	0,003	315,789	3
040	105263	0.4	0,007	736,841	3
045	105263	0.4	0,007	736,841	3
050	105263	0.35	0,006	631,578	3
055	105263	0.55	0,009	947,367	3
060	105263	0.47	0,008	842,104	3
Сума		5,93	0,1	10526,3	
Проектний варіант					
005	105263	0.21	0,004	421,052	3
010	105263	0.25	0,004	421,052	3
015	105263	1.68	0,028	2947,364	3
020	105263	0.43	0,007	736,841	3
Сума	105263	2,57	0,043	4526,309	3

<i>ДР 18-535.00.00</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Процик			
Перевір.	Паливода			
Реценз.				
Н. контр.				
Затв.				
ДОДАТОК А			Літ.	Аркуш
			1	10
			ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61	

Таблиця А.2 - Склад технологічного обладнання

№ п/п	Кількість місць	Потужність електро- двигуна 1-го верстага, кВт	Потужність електро- двигунів всіх верстагів,	Вартість 1-го верстага, грн	Вартість всіх верстагів, 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	3	3	50000	50000	4000	54000	10
010	1	11	11	60000	60000	4800	64800	10
015	1	11	11	60000	60000	4800	64800	10
020	1	2,2	2,2	30000	30000	2400	32400	10
025	1	2,2	2,2	30000	30000	2400	32400	10
030	1	2,2	2,2	30000	30000	2400	32400	10
035	1	2,2	2,2	30000	30000	2400	32400	10
040	1	2,2	2,2	30000	30000	2400	32400	10
045	1	2,2	2,2	30000	30000	2400	32400	10
050	1	4,3	4,3	35000	35000	2800	37800	10
055	1	4,3	4,3	35000	35000	2800	37800	10
060	1	4,3	4,3	35000	35000	2800	37800	10
Сума	12		51,1		455000	36400	491400	10
Проектний варіант								
005	1	7,5	7,5	80000	80000	6400	86400	14
010	1	5,5	5,5	70000	70000	5600	75600	14
015	1	14	14	250000	250000	20000	270000	14
020	1	5	5	500000	500000	40000	540000	14
Сума	4		32		900000	72000	972000	14

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

2

Таблиця А.3 - Зведена відомість складу працюючих

№ п/п	Категорія працюючих	Кількість	Процентне відношення
1	2	3	4
Базовий варіант			
1	Виробничі робітники	13	-
2	Допоміжні робітники	6	42
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	2	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		23	
Проектний варіант			
1	Виробничі робітники	5	-
2	Допоміжні робітники	3	42
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	1	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		11	

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	216,4	1,64	1640	0,02
	б) допоміжні приміщення	75,74	0,58	580	0,01

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Закінчення таблиці А.4

1	2	3	4	5	6
	в) адмін.-побутові	88,55	0,67	670	0,01
	ВСЬОГО:	380,69		2890	0,04
2	Споруди і передаючі пр.	19,0345	0,14	140	0
3	Обладнання:				
	а) виробниче	491,4	3,73	3730	0,04
	б) енергетичне	3,8325	0,03	30	0
	в) транспортне	49,14	0,37	370	0
	г) контр.-вимірювальне	24,57	0,19	190	0
	ВСЬОГО:	568,9425		4320	0,04
4	Інструмент і пристрої	58,968	60	35380,8	0,35
5	Виробн. і госп. інвентар	4,914	24	1179,36	0,01
	ВСЬОГО:	1032,549		43910,16	0,44
Проектний варіант					
1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	75,6	0,57	570	0,01
	б) допоміжні приміщення	26,46	0,2	200	0
	в) адмін.-побутові	42,35	0,32	320	0
	ВСЬОГО:	144,41		1090	0,01
2	Споруди і передаючі пр.	7,2205	0,05	50	0
3	Обладнання:				
	а) виробниче	972	7,39	7390	0,07
	б) енергетичне	2,4	0,02	20	0
	в) транспортне	97,2	0,74	740	0,01
	г) контр.-вимірювальне	48,6	0,37	370	0
	ВСЬОГО:	1120,2		8520	0,08
4	Інструмент і пристрої	116,64	60	69984	0,7
5	Виробн. і госп. інвентар	9,72	24	2332,8	0,02
	ВСЬОГО:	1398,1905		81976,8	0,81

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

4

Таблиця А.5 - Зведена відомість річного фонду зарплати

Категорії працюючих	Основна зарплата, тис. грн	Доплата, тис. грн	Всього фонд основної зарплати,	Додаткова зарплата, тис. грн	Річний фонд зарплати, тис. грн	Нарахування на зарплату, тис. грн	Всього витрати на зарплату, тис. грн	Середньо-місячна зарплата одного
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовий варіант								
Робітники:								
- основні	80,32	24,096	104,416	4,8192	109,24	30,5216	139,7616	7700,26
- допоміжні	83,73	20,9325	104,6625	5,0238	109,69	31,8174	141,5074	5523,47
ІТП	30,73	7,6825	38,4125	1,8438	40,26	11,6774	51,9374	7677,5
ЛКП	13,95	3,4875	17,4375	0,837	18,27	5,301	23,571	5522,5
МОП	13,95	3,4875	17,4375	0,837	18,27	5,301	23,571	5522,5
ВСЬОГО:	222,68	59,686	282,366	13,3608	295,73	84,6184	380,3484	
Проектний варіант								
Робітники:								
- основні	30,1	9,03	39,13	1,806	40,94	11,438	52,378	7682,33
- допоміжні	36,21	9,0525	45,2625	2,1726	47,44	13,7598	61,1998	5317,78
ІТП	13,29	3,3225	16,6125	0,7974	17,41	5,0502	22,4602	5450,83
ЛКП	12,07	3,0175	15,0875	0,7242	15,81	4,5866	20,3966	5317,5
МОП	12,07	3,0175	15,0875	0,7242	15,81	4,5866	20,3966	5317,5
ВСЬОГО:	103,74	27,44	131,18	6,2244	137,41	39,4212	176,8312	

Арк.

ДР 18-535.00.00

5

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	0,523	55,05	2862600	229008	13647,14	3077960,86
2	Допоміжні матеріали	0,009	0,96	50095,5	4007,64	238,82	53864,32
Проектний варіант							
1	Основні матеріали	0,523	55,05	2862600	229008	13647,14	3077960,86
2	Допоміжні матеріали	0,009	0,96	50095,5	4007,64	238,82	53864,32

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	4,32	8,52
2	Експлуатація обладнання		
	а) допоміжні матеріали	53,86	53,86
	б) електроенергія	0,01	0
	в) стиснуте повітря	0,026	0,009
	г) вода для виробничих потреб	1,289	0,476
	д) пара для виробничих потреб	9,11	9,11
	е) зарплата основна і додаткова	139,76	52,38

Арк.

ДР 18-535.00.00

6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці А.7

1	2	3	4
3	Черговий ремонт		
	а) обладнання	24,57	48,6
	б) цінний інструмент	8,85	17,5
4	Внутрішні переміщення вантажів	2,46	4,86
5	Зношення малоцінного і швидкозношуваного інструменту	39,31	77,76
6	Інші витрати	11,99	23,72
	ВСЬОГО по розділу А:	295,555	296,795
	А. ЗАГАЛЬНОЦЕХОВІ ВИТРАТИ		
1	Утримання апарату управління цехом		
	а) ІТП	51,9374	22,4602
	б) службовці (ЛКП)	23,571	20,3966
2	Утримання решти цехового персоналу		
	а) МОП	23,571	20,3966
	б) доп.робітники, не вказанні в розд. А	84,9	36,72
3	Амортизація будівель та інвентаря	4,21	3,47
4	Утримання будівель, споруд та інвентаря		
	а) електроенергія для освітлення	119,89	41,88
	б) пара для опалення	75,162	26,258
	в) вода для побутових потреб	6,04525	2,77225
	г) матеріальні та інші витрати	4	1,52
	д) інвентаря	4,91	9,72
5	Черговий ремонт будівель, споруд, інвентаря	12,14	4,84
6	Випробування, досліди та дослідження, раціоналізація і винахідництво	4,19	1,57
7	Охорона праці	11,18	4,19
8	Зношення малоцінного та швидкозношуваного інвентаря	1,97	3,89
9	Інші витрати	8,55	4

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-535.00.00

Арк.

7

Закінчення таблиці А.7

1	2	3	4
	ВСЬОГО по розділу Б:	436,23	204,08
	ВСЬОГО цехових (побічних) витрат	731,785	500,875

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 врахуванням відходів	3077,96	3077,96
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	104,42	39,13
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	4,82	1,81
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	30,52	11,44
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	295,56	296,8
6	Загальноцехові витрати	436,23	204,08
	Всього цехова собівартість	3949,51	3631,22
7	Загальнозаводські витрати	104,54	42,2
	Всього виробнича собівартість	4054,05	3673,42
8	Позавиробничі витрати	162,16	146,94
	Всього повна собівартість	4216,21	3820,36
9	Плановий прибуток	632,43	573,05
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	4848,64	4393,41

					<i>ДР 18-535.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

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	30,78	30,78
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	1,04	0,39
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	0,05	0,02
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	0,31	0,11
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	2,96	2,97
6	Загальноцехові витрати	4,36	2,04
	Всього цехова собівартість	39,5	36,31
7	Загальнозаводські витрати	1,05	0,42
	Всього виробнича собівартість	40,54	36,73
8	Позавиробничі витрати	1,62	1,47
	Всього повна собівартість	42,16	38,2
9	Плановий прибуток	6,32	5,73
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	48,49	43,93

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.	100000	100000
	б) у вартісному вираженні	грн.	4848640	4393410
2	Капітальні затрати:			

Закінчення таблиці А.10

1	2	3	4	5
	а) загальні	тис. грн.	1032,55	1398,19
	б) питомі	грн./шт.	10,33	13,98
	в) виробнича площа загальна	кв. м.	541	189
	г) кількість верстатів	шт.	12	4
	д) енергопотужність обладнання	кВт	51,1	32
3	Оборотні засоби, що нормуються	тис. грн.	245,23	332,07
4	Загальна чисельність працюючих	чол.	23	11
5	Річний фонд зарплати	тис. грн.	380,3484	176,8312
6	Середньомісячна зарплата:			
	а) виробничих робітників	грн.	7700,26	7682,33
	б) ІТР	грн.	7677,5	7450,83
7	Виріток на одного працюючого	грн./чол.	210810,5	399401,27
8	Випуск продукції:			
	а) на один грн. основних фондів	грн.	4942,95	3307,59
	б) на один квадратний метр площі	грн.	8962,37	23245,58
9	Завантаження верстатів	%	0,17	0,07
10	Собівартість деталі	грн.	48,49	43,93
11	Побічні витрати цеху	грн.	162160	146940
12	Рівень рентабельності виробу	%	14,99	15
13	Рівень рентабельності цеху	%	53,73	35,95