

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

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КРИШКА
РАДІАТОРА»
08-26.МКР.11.000.000.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу,

групи 2ПМ-18м

спеціальності 131 –

«Прикладна механіка»

Келип С.М. _____

Керівник: к.т.н., доцент

Савуляк В.В. _____

Рецензент: к.т.н., доцент

Цимбал С.В. _____

Вінниця ВНТУ – 2019 року

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

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

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

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Келип Сергій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Підвищення якості виготовлення деталі «Кришка радіатора»

керівник МКР доц., к.т.н. Савуляк В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 2 » жовтня 2019 _ року № 254 _.

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі "Кришка радіатора", технологічний процес виготовлення деталі "Кришка радіатора", складальне креслення формувального штампа, програма випуску деталі N = 10000

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Принципи підвищення якості виготовлення деталі "кришка радіатора"; 2. Побудова моделі витягування та дослідження впливу геометричних параметрів на напружений стан та пошкодження матеріалу деталі; 3. Економічна частина; 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Креслення деталі "Кришка радіатора"; 2.Робочі креслення матриці і пуансону; 3. Схематичне зображення технологічного процесу виготовлення деталі "Кришка радіатора"; 4. Модель процесу формування деталі "Кришка радіатора". 5. План експериментальних досліджень та обробка результатів експерименту; 6. Результати моделювання та рекомендації

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Савуляк В.В. доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Кавецький В.В. доцент кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 4 » жовтня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2019	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	20.10.2019	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.10.2019	
4	Розв'язання поставлених задач	28.11.2019	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.12.2019	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	02.12.2019	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	02.12.2019	
8	Попередній захист МКР	6.12.2019	
9	Перевірка роботи на плагіат	4.12.2019	
10	Нормоконтроль МКР	12.12.2019	
11	Рецензування МКР	13.12.2019	
12	Захист МКР	18.12.2019	

Студент

(підпис)

Керівник МКР

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ABSTRACT	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ I. ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ "КРИШКА РАДІАТОРА"	11
1.1 Фактори, що впливають на якість виготовлення деталі "Кришка радіатора"	11
1.2 Типова технологія виготовлення	15
1.3 Одноопераційне витягування	17
1.4 Постановка задач	34
РОЗДІЛ II. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ВИТЯГУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН ТА ПОШКОДЖЕННЯ МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ	35
2.1 Встановлення основних геометричних характеристик матриці, пуансона і заготовки	35
2.2 Розробка та проектування моделі витягування в програмі «Deform-3D»	37
2.3. План експериментальних досліджень	44
2.4. Пошкодженість матеріалу заготовки	54
2.5 Висновки до розділу	57
РОЗДІЛ III. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	58
3.1 Оцінювання експертами потенціалу підвищення якості виготовлення кришки радіатора	58
3.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку нового технічного рішення	62
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів	66

розробки	
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	68
3.5 Висновки до розділу	70
РОЗДІЛ IV. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
	72
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці	72
4.2 Організаційно технічні рішення щодо забезпечення безпечності роботи	72
4.3 Техніка безпеки	79
4.4 Пожежна безпека	80
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях	82
4.6 Висновки до розділу	88
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	91
ДОДАТКИ	93

АНОТАЦІЯ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено та запропоновано рекомендації щодо вибору параметрів заготовки та елементів штампу операції витягування.

В роботі виконаний аналіз впливу на виготовлення деталей геометричних розмірів заготовки, матриці та пуансона, отримано закономірності між геометричними параметрами заготовки та інтенсивністю напружень, що виникають деталі, яка є елементом складальної одиниці "Кришка радіатора".

Проведені економічні розрахунки та було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технологічного процесу на його реалізацію та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, , плакати 3D-моделей деталі та конструктивних елементів витяжного штампу, послідовність створення моделі витягування в програмі «Deform-3D», графічні залежності отримані в результаті чисельних експериментів.

ABSTRACT

In the master's qualification work, the recommendations on the choice of the workpiece parameters and the elements of the stamp of the drawing operation were developed and offered.

The analysis of the influence on the manufacture of parts of the geometric dimensions of the workpiece, the matrix and the punch is performed, the regularities between the geometrical parameters of the workpiece and the intensity of stresses that arise are the details, which is an element of the assembly unit "Radiator cover".

Economic calculations were carried out and capital cost estimates for the development of a new technological process for its implementation and implementation were determined and estimated, and the economic efficiency of the innovative solution was evaluated.

The graphic part shows the working drawings of the workpiece, billets, posters of 3D models of the workpiece and structural elements of the exhaust die, the sequence of creation of the model of drawing in the program "Deform-3D", graphic dependencies obtained as a result of numerical experiments

ВСТУП

Виготовлення конкурентоздатних виробів вимагає високої якості комплектуючих, обладнання, складальних та виробничих процесів. Це, в свою чергу, ставить перед виробниками задачі з пошуку найбільш ефективних рішень. Основним ресурсом з підвищення якості виробів, що є підвищення якості технологічних процесів та впровадження принципів бездефектного виробництва, що передбачає детальну розробку параметрів технологічних процесів на всіх етапах проектування та виробництва.

Актуальність теми

Метою будь-якого промислового виробництва є виготовлення продукції для забезпечення потреб споживачів та отримання прибутків. В умовах високої конкуренції цього вдається досягти за рахунок забезпечення високої якості продукції при низькій її вартості для споживача. Одним з методів, що дозволяє вирішити таке завдання є обробки листових матеріалів тиском, зокрема штампування. Цей метод передбачає проектування заготовки та штампової оснастки, в тому числі і за допомогою емпіричних залежностей. Однак такі залежності не завжди дають прийнятний результат в реальному виробництві. Результатом чого є поява браку або дефектів на деталях. Тому при вивченні методів і засобів отримання заготовок холодним пластичним деформуванням (холодне штампування) особливу увагу слід приділити матеріалу заготовки, тиску що створює прес, та конструювання і оснащення штампів. Ці всі складові компоненти методів і засобів є найменш вивченим і в той же час важливим при виготовленні продукції, що свідчить про актуальність вибраної теми дослідження.

Метою роботи є зменшення кількості браку, що виникає в процесі холодного витягування вісесиметричної деталі з центральним отвором за рахунок уточнення геометричних параметрів заготовки та інструменту.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1. дослідити сучасний стан проблеми та виявити впливу основних параметрів на напружений стан виробу в процесі холодного витягування вісесиметричної деталі;
2. змодельовати процес витягування деталі «Кришка радіатора»;
3. встановити взаємозв'язок між геометричними параметрами заготовки, матриці і пуансона з пошкодженнями, які виникають на циліндричній частині деталі під час процесу холодного витягування.

Об'єкт дослідження: процеси холодного пластичного деформування.

Предмет дослідження: напружений стан заготовки в процесі холодного пластичного витягування.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження холодного пластичного деформування виконані за допомогою методу прикладної теорії пластичності. Експериментальні дослідження виконані на стандартному обладнанні на підприємстві ПрАТ "Вінницький завод "Маяк" та за допомогою програмного забезпечення «Deform-3D».

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено залежність напруженого стану деталі під час виготовлення від габаритних розмірів заготовки;
- отримано закономірності впливу радіуса заокруглення пуансона, зазору між пуансоном і матрицею на пошкодженість матеріалу заготовки.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблені рекомендації щодо вибору розмірів заготовки та геометричних параметрів пуансона та зазору між матрицею і пуансоном;
2. Отримано рівняння регресії, що пов'язує пошкодженість матеріалу і геометричні характеристики заготовки та штампу.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дослідження були отримані самостійно автором. Мета та завдання дослідження узгоджені з науковим керівником.

Апробація результатів. Основні матеріали роботи доповідались на XLVII науково-технічній конференції ВНТУ, регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників в науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області.

Публікації. Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах доповідей науково технічної інтернет-конференції "Молодих вчених ВНТУ" [1].

1 ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ "КРИШКА РАДІАТОРА"

1.1 Фактори, що впливають на якість виготовлення деталі "Кришка радіатора"

Деталь "Кришка радіатора" є складальною одиницею, а також є складовою "Корпуса радіатора", що входить у масло наповнений радіатор "Термія економ". Основним призначення деталі є формування внутрішнього об'єму в якому розташовуватиметься нагрівальний елемент у вигляді електричного теплонагрівача та мастило (рисунок 1.1 б). Вигляд радіатора показаний на рисунку 1.1 а.

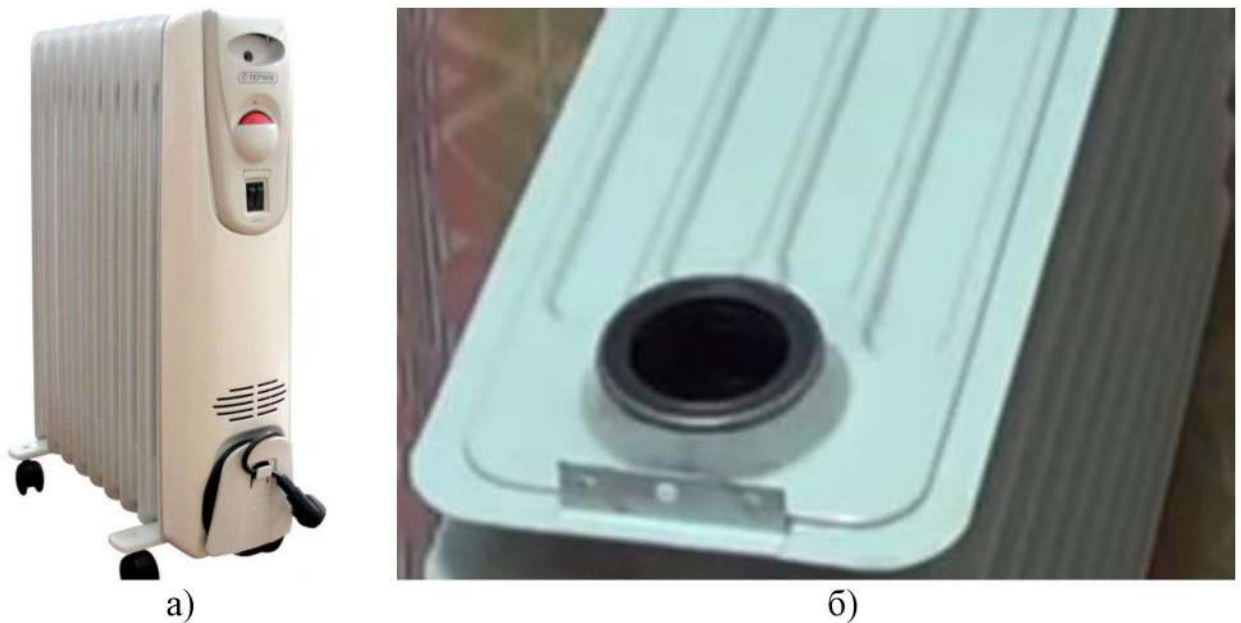


Рисунок 1.1 – Вигляд радіатора "Термія економ"

Якість електричного теплонагрівача "Термія економ" визначається набором його показників якості.

Загалом, всі показники якості можна представити такими групами:

1. Показники призначення або експлуатаційні показники. Вони характеризують властивості продукції, які визначають функції, для

виконання яких вона призначена та такі, що обумовлюють область її застосування.

2. Показники надійності (довговічності), які визначають довговічність, збережність продукції виходячи з ймовірності виникнення відмов (в тому числі руйнування, втрати властивостей), стійкості до корозії, строку служби, часу і умов зберігання.

3. Показники технологічності, які характеризують ефективність конструктивно-технологічних рішень для забезпечення високої продуктивності праці при виготовленні і ремонті продукції.

4. Ергономічні показники - характеризують зручність виготовлення, зберігання, транспортування, монтажу й експлуатації продукції (температурний режим, рівень токсичності, запиленості, вібрації).

5. Показники стандартизації та уніфікації, які характеризують ступінь використаних в продукції стандартизованих виробів та рівень уніфікації складових частин виробу.

6. Патентно-правові показники — характеризують рівень патентної захищеності виробу в країні і світі, а також патентну чистоту.

7. Економічні показники — відображають затрати на розробку, виготовлення і експлуатацію або споживання продукції, а також економічну ефективність експлуатації.

8. Показники безпеки – характеризують властивості виробу, які гарантують безпеку людини та інших об'єктів на всіх режимах його експлуатації під час обслуговування, транспортування і зберігання.

Технічний рівень якості відображають такі показники:

- призначення, що визначає спроможність продукції виконувати функції відповідно до проекту (міцність, жорсткість, тріщино-, вогне-, сейсмо-, морозо- та вологостійкість, стійкість до впливу сонячної радіації, теплоізоляція, звукоізоляція, світлопроникнення);

- конструктивність, що характеризує геометричні розміри, форму, склад, структуру і ступінь технічної досконалості та прогресивності продукції при застосуванні в різноманітних видах промисловості;
- надійність;
- ремонтпридатність (відновлюваність), що характеризує тривалість, трудомісткість і вартість відновлення при відмовах;
- технологічність, що встановлює трудомісткість виготовлення, матеріало- і енергоємність, ступінь механізації й автоматизації;
- транспортабельність, що включає масу, габарити, матеріало- та трудомісткість упаковки, можливість контейнеризації;
- сумісність, що характеризує взаємопоєднаність розмірів, а також погодженість термінів їхньої служби;
- ергономічність;
- естетичність.

Таким чином, якість електричного теплонагрівача залежить від якості виконання деталей та їх збирання. Важливим елементом надійності нагрівача є здатність утримувати електричний нагрівач в заданому положенні в корпусі радіатора. Електричний нагрівач установлюється безпосередньо в "Кришку радіатора". Загальний вид деталі "Кришка радіатора" та типові дефекти при виготовленні показані на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Загальний вид та типові дефекти деталі "Кришка радіатора"

Співвідношення дефективних деталей "Кришка радіатора" до обсягу середньої партії досягає 50%.

Розподіл типових дефектів по видам, що виявляються при виготовленні та контролі деталі "Кришка радіатора" представлений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Розподіл типових дефектів на 100 дефектних деталей

Дефект	Кількість появ	Відсоток
Тріщина	67	67%
Відсутність тіла деталі (недостатня товщина стінки) при нарізанні різі	18	28%
Невідповідність розмірів	3	3%
Відсутність проштампованих пуклей	2	2%

З таблиці 1.1 слідує, що найбільша кількість дефектів проявляється у вигляді тріщин на циліндричній частині деталі "Кришка радіатора". Відповідно до принципу Парето найбільш ефективними будуть заходи щодо усунення причин появи тріщин.

Фактичною причиною появи тріщини, є вичерпання ресурсу пластичності матеріалу, а в більш простому випадку її появу можна спрогнозувати на основі досягнення матеріалом границі міцності. В результаті неоднорідності геометрії матеріалу і його властивостей пластичність матеріалу також є величиною змінною. Визначення величини граничної деформації матеріалу відбувається шляхом випробувань. Основні фактори, що впливають на появу тріщин зображені на рисунку 1.3.

Фактично їх можна розділити на дві групи – пов'язані з матеріально-технічним забезпеченням і пов'язані з технологічним процесом.

Більш перспективними в економічному плані видаються зміни пов'язані з налаштуванням технологічного процесу, відтак основні дослідження причин появи тріщин та рекомендації щодо їх усунення будуть мати технологічний характер та базуватись на типовій технології виготовлення деталі та існуючій технологічній оснастці.

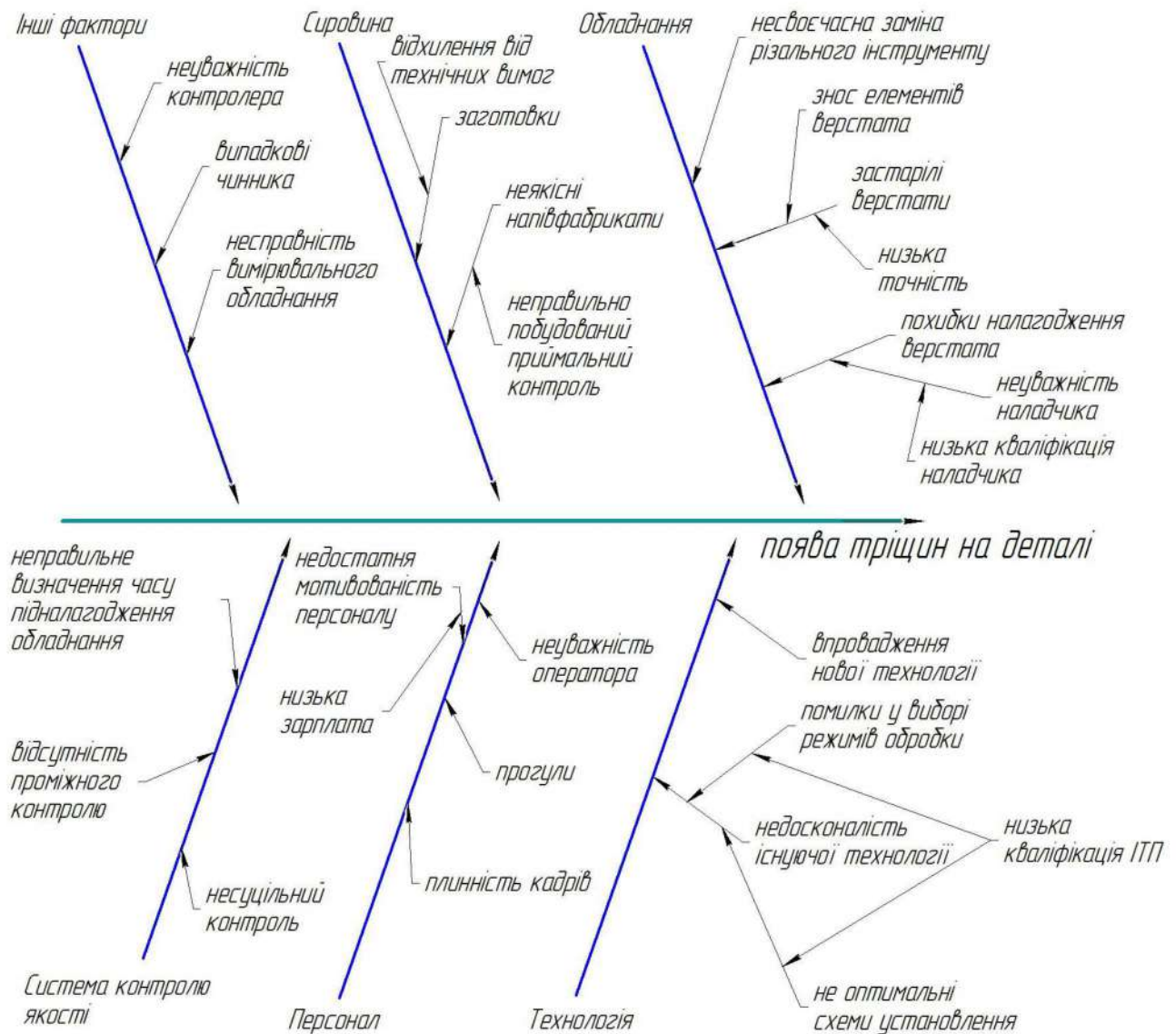


Рисунок 1.3 – Причинно-наслідкова діаграма аналізу появи тріщин на деталі "Кришка радіатора"

1.2 Типова технологія виготовлення

Розробка технологічних процесів складається з наступних етапів:

1. Аналіз технологічності форми і конструктивних елементів деталі;
З'ясування форми і розмірів заготовки, а також витрати матеріалу при найкращому його використанні;
2. Розробка найбільш раціонального технологічного процесу який буде забезпечувати виготовлення потрібних деталей;
3. Встановлення типу, потужності і габаритів потрібного обладнання;
4. Виявлення типу і технологічної схеми штампу (спосіб подачі заготовки і зняття деталі і т.д.);
5. З'ясування трудомісткості виготовлення деталей, а також кількість і розряду виробничих працівників;
6. З'ясування кількості обладнання і його загрузка на річну програму.

Основними технологічними ознаками, котрі впливають на вибір варіанту технологічного процесу є: механічні властивості і товщина матеріалу, складність конфігурації деталі і її габарити; точність деталі і т.д.

Оскільки деталь «Кришка радіатора» відноситься до типових деталей вісесиметричної форми, то і технологія виготовлення є також типовою. В основному, для виготовлення деталей такої форми застосовують наступні операції:

- Вирубання;
- Відбортування;
- Формування.

Для покращення параметрів технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка радіатора» була розглянута базова технологія виготовлення. Дана технологія представлена в таблиці 1.2.

Відповідно до рисунку 1.3 та таблиці 1.2 визначальною, з точки зору появи тріщини, є операція 015, яка за своєю структурою подібна до одноопераційного витягування. Ця подібність проявляється у формуванні вісесиметричної деталі за один хід з пласкої заготовки шляхом одночасного відсорткування та витягування частин деталі. Оскільки основна частина

дефектів зустрічається на частині деталі, що піддається витягуванню, то доцільно дослідити процес витягування та його параметри.

Таблиця 1.2 – Базова технологія виготовлення деталі "Кришка радіатора"

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Хід повзуна	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	Розрізати лист на полоси шириною 69×1250 мм	-	Ножиці листові кривошипні Н3118Б
010	Комбінована	Пробити отвір Ø62,4 під розбортовку і вирубати контур деталі	30	Прес КД2326
015	Формувальна	Формувати деталь, отвір під різь витримуючи розміри згідно ескізу	50	Прес К2330Б
020	Формувальна	Формувати 4 пуклі за 1 удар	40	Прес КД2322
025	Контрольна	Перевірити марку матеріалу та розміри		

1.3 Одноопераційне витягування

1.3.1. Види витягування

Витягування є перетворенням плоскої заготовки на порожнисту деталь будь-якої форми і виконується на витяжних штампах. На рисунку 1.4 зображена схема простого витягування циліндричного ковпачка діаметром d.

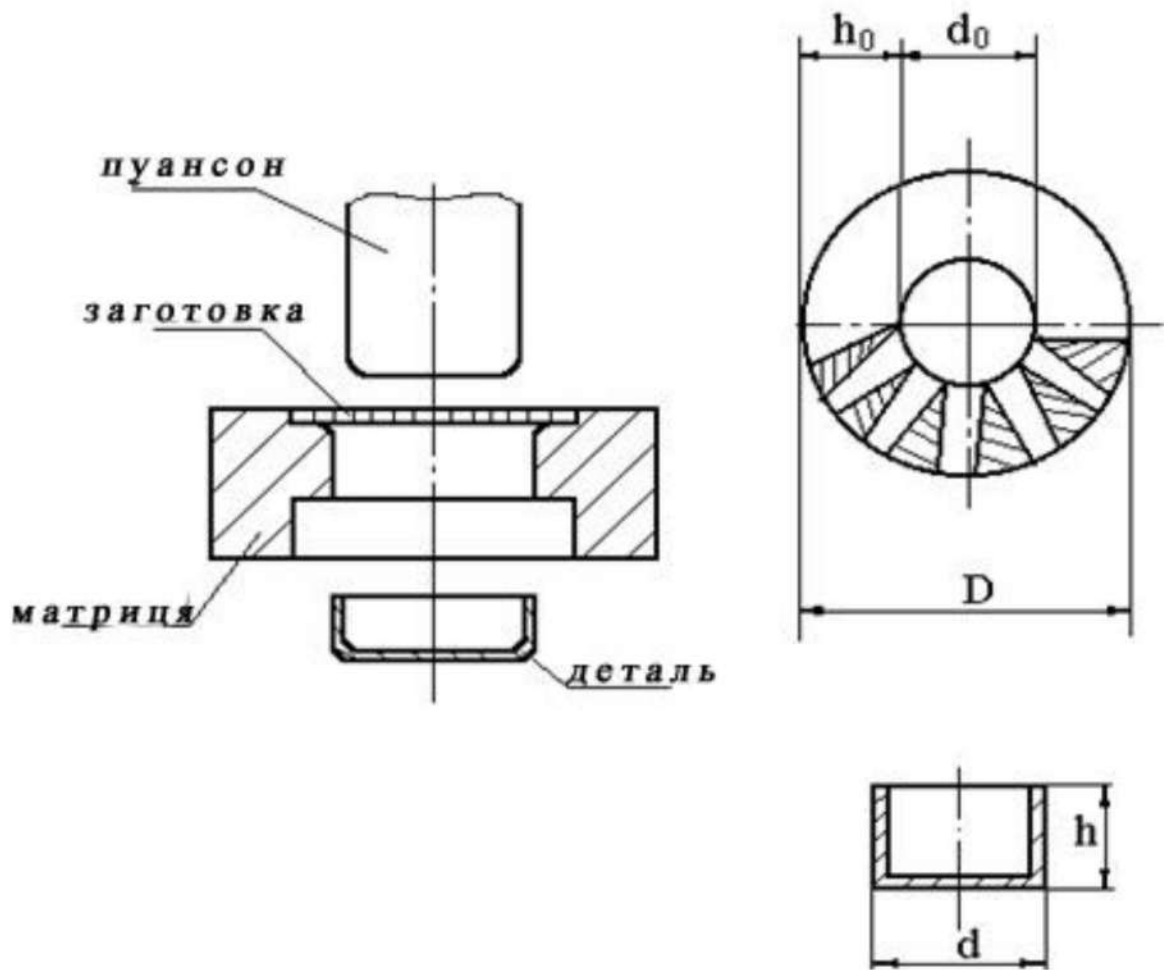


Рисунок 1.4 – Схема витягування ковпачка

В процесі витягування кільцева частина заготовки $D-d_0$ перетворюється в циліндр діаметром d і висотою h . Оскільки об'єм металу під час витягування постійний, то висота ковпачка h більше ширини кільцевої частини

$$h > \frac{D-d}{2}.$$

Таким чином витягування відбувається за рахунок пластичної деформації, яка супроводжується переміщенням суттєвого обсягу металу вгору. Цей об'єм умовно заштрихований у вигляді трикутників. Про характер змін можна зробити висновок шляхом порівняння структури різних ділянок заготовки зі структурою витягнутої частини ковпачка. В донній частині

структура не змінюється, зате на бічних стінках зерна набувають витягнуту форму. В деталі змінюється товщина і твердість внаслідок розтягуючи і стискаючих напружень. Степінь деформації під час витягування може бути записана:

$$V_{зм} = S \frac{\pi}{4} (D - d_0)^2 \quad (1.1)$$

$$E = \frac{V_{зм}}{V_{деф}} = \frac{(D - d_0)^2}{D^2 - d_0^2} = \frac{D - d}{D + d} \quad (1.2)$$

При великій степені деформування $V_{зм}$ (об'єм металу, який переміщується) є причиною складкоутворення (гофроутворення). З метою запобігання утворення гофр застосовують складкотримачі.

Витягуванням можна отримати деталі наступних типів: тіла обертання; коробчасті, трикутні і квадратні довільної форми; несиметричні; з різною товщиною стінки (рисунок 1.5).

Розрізняють витягування без навмисної зміни товщини стінки – витягування без потоншення (рисунок 1.6 а) і зі зміною товщини стінки – витягування з потоншенням (рисунок 1.6 б).

В першому випадку:

$$\begin{aligned} S_1 &= S_2 = S_3 = \dots = S_n \\ D &> d_1 > d_2 > d_3 > \dots > d_n \\ h_1 &< h_2 < h_3 < \dots < h_n \end{aligned} \quad (1.3)$$

В другому випадку:

$$\begin{aligned} S_1 &> S_2 > S_3 > \dots > S_n \\ D &> d_1 > d_2 > d_3 > \dots > d_n \\ h_1 &< h_2 < h_3 < \dots < h_n \end{aligned} \quad (1.4)$$

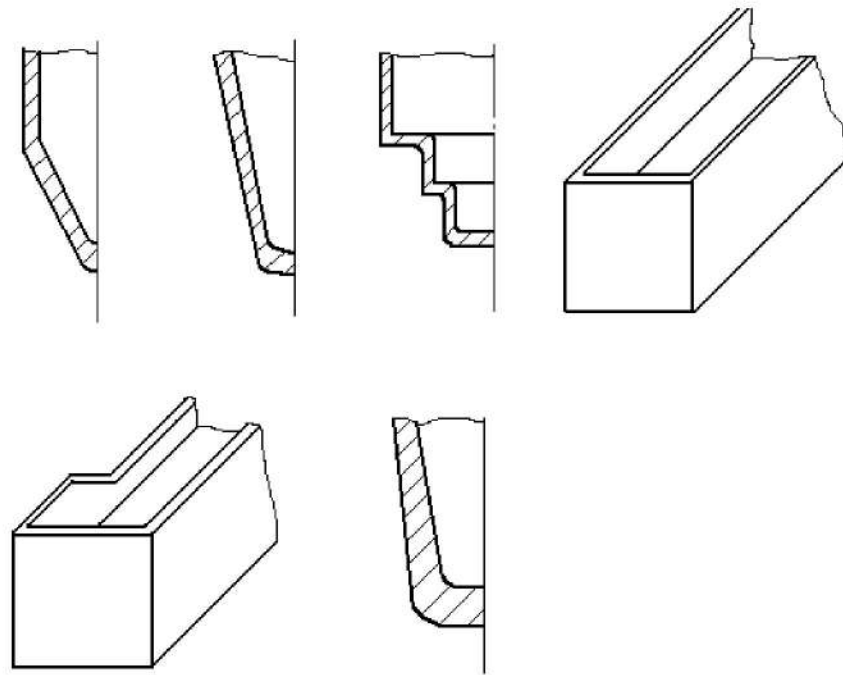


Рисунок 1.5 – Типи деталей, що можна отримати витягуванням

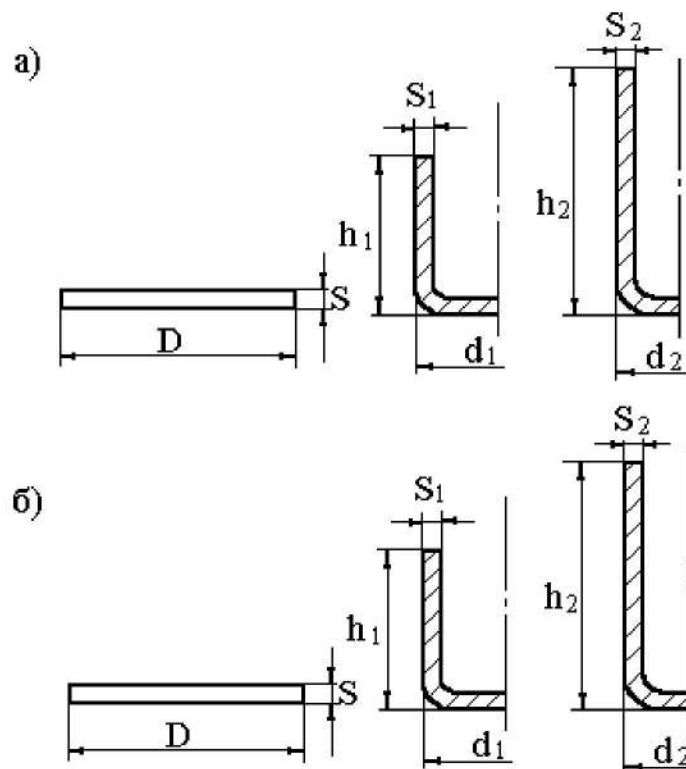


Рисунок 1.6 – Види витягування: а – без потоншення стінки; б – з потоншенням стінки

Очевидно, що у випадку витягування без потоншення зазор між матрицею і пуансоном має бути більшим від товщини матеріалу, а у випадку витягування з потоншенням – меншим. В цьому випадку відносне звуження виражається

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Розрізняють одно операційне і багатоопераційне витягування. Також виділяють наступні види витягування без потоншення стінки: 1) реверсивне; 2) з підігрівом фланця; 3) гідравлічне витягування для складних форм; 4) витягування гумою; 5) пульсуюче витягування.

1.3.2. Напружено-деформований стан

Під час витягування має місце складна пластична деформація, в процесі якої елемент плоскої заготовки (рисунок 1.7) змінює свої розміри (подовжується в радіальному і коротшає в тангенціальному напрямі), перетворюючись надалі на елемент бічної поверхні виробу. На початку першої операції витягування для елемента заготовки 1, що знаходиться близько до краю фланця, найбільшою за величиною є деформація тангенціального стиску, середньою – деформація подовження в радіальному напрямку, а найменшою – потовщення металу. В результаті деформації тангенціального стиску під час витягування тонкого матеріалу утворюються гофри. За тих же умов в товстому матеріалі таких гофр не виходить.

При переміщенні елемента до витяжного ребра матриці найбільшою деформацією стає деформація радіального напрямку (видовження), оскільки тангенціальний стиск зменшується. Під час переходу елемента через витяжне ребро матриці ця деформація елемента ускладнюється появою деформації просторового згину. Після цього елемент заготовки переходить в криволінійно-вертикальну стінку і отримує осьове видовження вздовж твірної при незначному потонненні матеріалу.

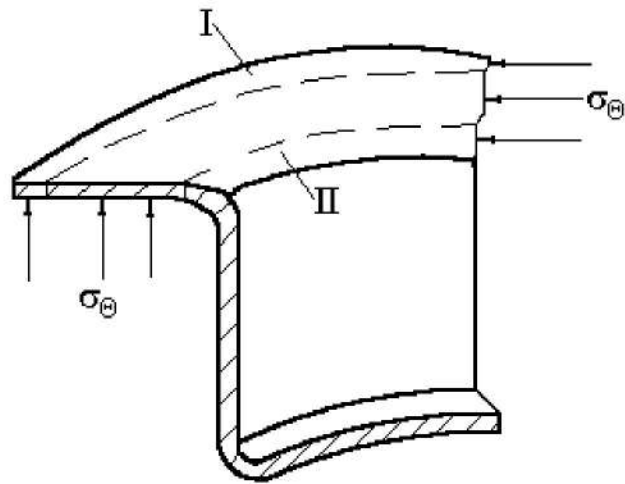


Рисунок 1.7 – Схема напружень, що діють під час витягування

Дно виробу піддається незначній дії сил, якою практично нехтують. Для наочності характеру деформації та визначення її величини застосовують метод ділільних сіток (наносять на заготовку прямокутну чи радіально-кільцеву сітку), а потім вивчають спотворення елементів сітки під час витягування. Спотворення показує, що деформація тангенційного стиску суттєво переважає величину деформації радіального розтягу.

Товщина матеріалу в місці переходу від дна до стінок зменшується при збільшенні степені деформації, пластичності металу тощо.

Крім цих напружень діють сили тертя. Від перерозподілу моментів сил відбувається збільшення товщини заготовки (рисунок 1.8). Ця зміна залежить від величини радіусів матриці і пуансона та складає 15-18% від початкової товщини.

$$S_1 = (1,15 - 1,18)S; \quad \frac{D}{d} = k = 2$$

В зоні радіусного переходу від бічних стінок до дна відбувається потоншення і товщина стінки становить 82-88% від початкової

$$S_2 = (0,82 - 0,88)S.$$

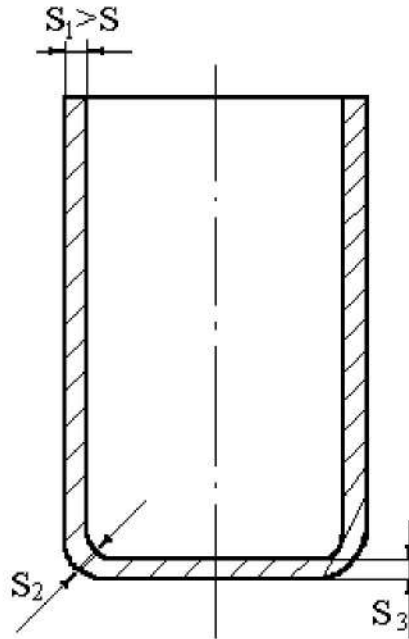


Рисунок 1.8 – Розподіл товщини заготовки по контуру

Товщина дна практично співпадає з товщиною вихідного матеріалу і визначається

$$S_3 = (0,97 - 0,98)S .$$

Зміна товщини залежить від:

- 1) радіуса закруглення робочої частини витяжної матриці : чим менше радіус закруглення робочої частини витяжної матриці, тим більше потоншення за усіх інших рівних умов;
- 2) мастило; наявність і правильний підбір рецепту мастила зменшують величину потоншення;
- 3) зазор між пуансоном і матрицею : зі зменшенням зазору потоншення збільшується;
- 4) степінь чистоти обробки робочих поверхонь;
- 5) степені деформації під час витягування. Чим менший коефіцієнт степені деформації, тим більші зміни в стінці;

б) швидкості витягування. Чим вища швидкість витягування, тим більше змінюється товщина стінки.

7) зусилля притиску заготовки; при витягуванні з притискачем надмірна величина притиску збільшує потоншення і може привести до відриву дна деталі.

При витягуванні без потоншення степінь деформації прийнято виражати коефіцієнтом. Коефіцієнт ступені при витягуванні – $m = \frac{d}{D}$,

коефіцієнт ступені витягування – $k = \frac{D}{d}$.

Чим менше m і чим більше k , тим більшими будуть стискаючі напруження. Різниця $D-d$ визначає степінь деформації. В результаті дії стискаючих напружень у фланці і переміщенні надлишкового об'єму може відбуватись втрата стійкості заготовки, що деформується, тобто складки, гофри.

При товстій стінці і великій різниці в діаметрах, зміщений об'єм розподіляється рівномірно і складки не утворюються. Для усунення складок застосовують притискачі. Необхідність застосування притискача визначається співвідношенням товщини стінки до діаметра заготовки (для однопереходної витяжки):

при $\frac{S}{D} \cdot 100 < 1,5$ і $m < 0,6$ застосовується притискач;

при $\frac{S}{D} \cdot 100 > 2,0$ і $m > 0,5$ притискач не застосовується;

$\frac{S}{D} \cdot 100 = 1,5 - 2$ – можливі обидва випадки. Все буде залежати від

мастила, матриці і пуансона. Чим вони більші, тим більша ймовірність гороутворення. При $D-d \geq (18-22)S$ потрібен притискач (відповідно до Л.А. Шофмана).

1.3.3. Зусилля витягування

На величину зусилля витягування і його характер впливають: 1) геометрія інструменту, тобто радіус на пуансоні і матриці, 2) зазор між пуансоном і матрицею, 3) характер і якість мастила, 4) якість обробки поверхні інструменту, 5) характер штампованого матеріалу, 6) від міри деформації при стисканні і витягування.

Найбільший вплив чинить радіус витяжного ребра матриці. Дослідами встановлено, що максимальне зусилля має місце, коли починає утворюватися вертикальна стінка деталі, тобто коли співпадають радіуси пуансона і матриці в одній площині (рисунок 1.9).

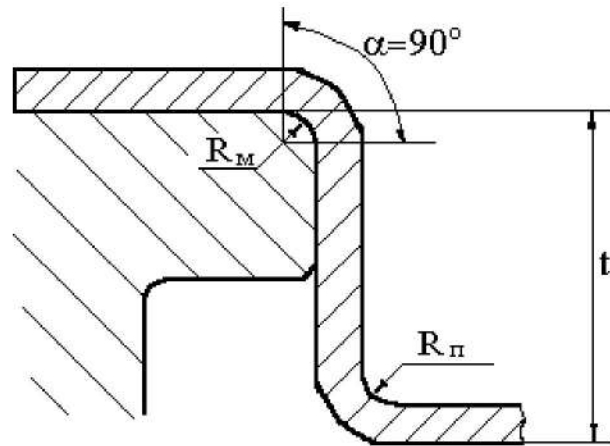


Рисунок 1.9 – Момент утворення вертикальної стінки деталі ($t = S + R_n + R_m$)

Коли співпадають R_n і R_m , зусилля максимальне і кут охоплення становить 90° . При такому куті величина максимального зусилля повністю проектується на вертикальну вісь. В інших випадках, коли $\alpha < 90^\circ$, зусилля витягування зменшується на величину $\sin \alpha$. В будь-який момент витягування радіальне напруження визначається виразом (1.6), а радіальна сила за формулою (1.7).

$$\sigma_r = 1,1\sigma_{mcp} \ln R + 1,1\sigma_{mcp} \ln R_n + \frac{\mu Q}{\pi R_n S} \quad (1.6)$$

$$P_R = 2\pi RS\sigma_r \quad (1.7)$$

де $\sigma_m = \sigma_{mcp} = \frac{(\sigma_{mo} + \sigma_m)}{2}$, σ_{mo} – межа текучості до деформації; σ_m –

межа текучості після деформації; μ – коефіцієнт тертя між заготовкою і матрицею (пуансоном); Q – зусилля притискання.

1.3.4. Зусилля притискання

Метою усунення можливості складкоутворення застосовують притискачі різних видів (рисунок 1.7).

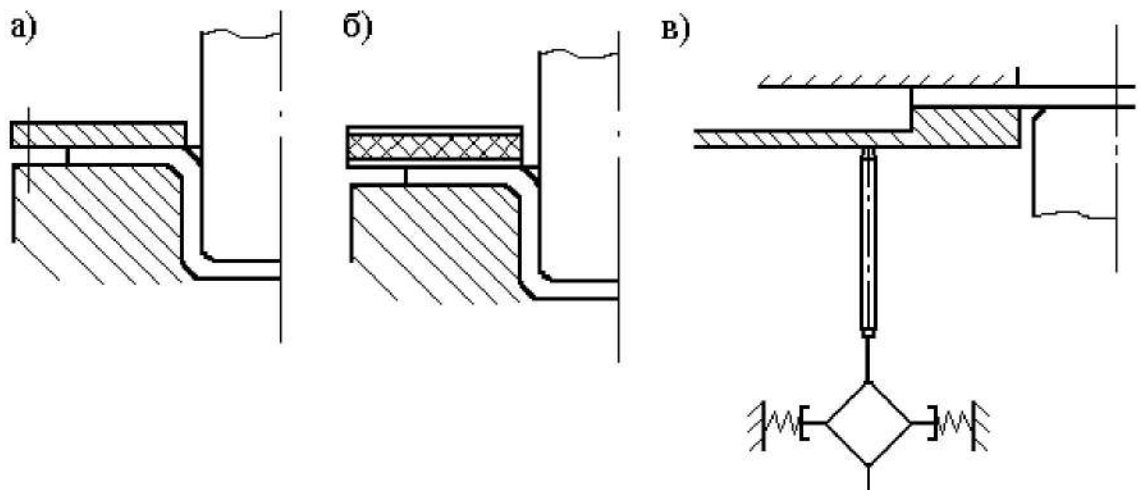


Рисунок 1.10 – Види притискачів:

а – жорсткий; б – гумовий (пружинний); в – пружинно-важільний

1. Жорсткий притискач у виглядів плити, який знаходиться від дзеркала матриці на відстані S і більше (рисунок 1.10 а). Плита притискається болтами. Основними недоліками є: 1) тривалий процес затискання-розтискання; 2) неможливість регулювати зусилля притискання; 3) зусилля притискання постійне під час всього процесу витягування, хоча в кінці процесу бажане зменшення зусилля притискання.

2. Гумовий складко тримач (рисунок 1.10 б) незручний тим, що зусилля притискача збільшується з наближенням кінця процесу по кривій, що

протиричить принципам гофроутворення. Крім того не забезпечує легкості регулювання сили притискання.

3. Пружинні складко тримачі забезпечують більш плавну криву зміни зусилля притискання. Різниця в силі притискання на початку і в кінці процесу дещо менша, оскільки усадка пружини менша.

4. Пневматичний буферний пристрій з подушкою Маркета на шпильках складний за конструкцією, але забезпечує постійне зусилля притискання. Можливе його точне регулювання.

5. Пружинно-важільний притискач (рисунок 1.10 в) забезпечує притискання за рахунок пружини через важелі. Сила притискання зменшується в процесі витягування, як і потрібно. Такий пристрій регулює силу притискання за рахунок попереднього підтискання пружин.

На рисунку 1.11 показаний характер зміни зусилля притискання для різноманітних конструкцій притискачів.

Тиск притискання здійснює значний вплив на процес витягування, чим він більший, тим швидше може бути досягнуто максимальне зусилля витягування і тим менша степінь деформації може бути отримана. Тиск притискання потрібно таким, щоб не було утворення складок і, щоб не зростало зусилля, яке призводить до розривів. Тиск притискання потрібно розподіляти по процесу таким чином, щоб його максимальне значення близько співпадало з моментом виникнення максимального зусилля витягування, що відбуваються приблизно при $R_{\text{н}} \approx 0,85R$.

Зусилля притискання прямо пропорційно залежить від площі притискання та питомого тиску притискання. В свою чергу, питомий тиск притискання може бути визначений за емпіричними виразами, або за таблицею 1.3.

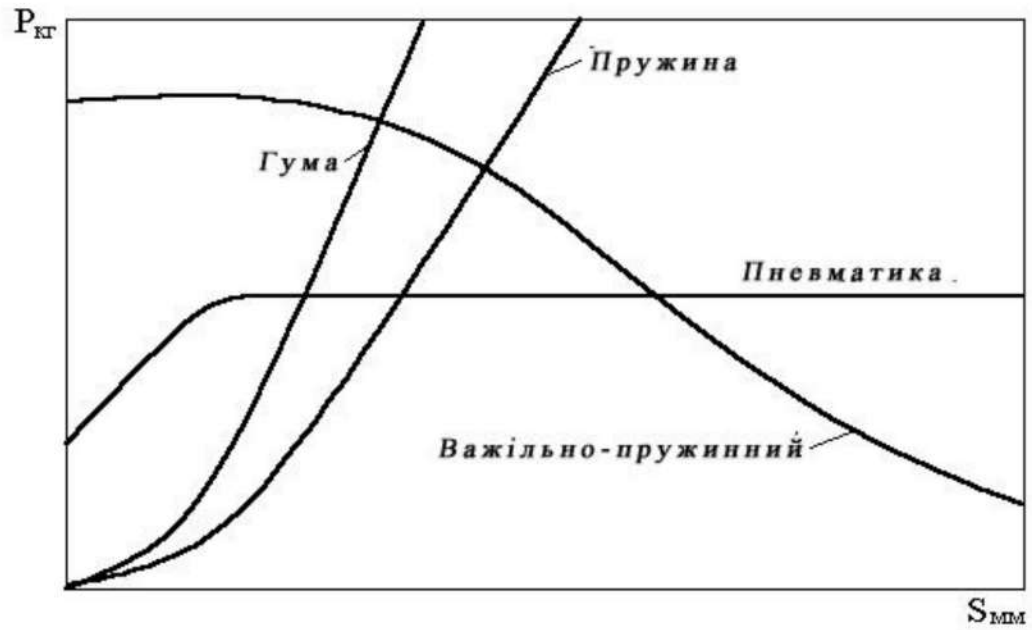


Рисунок 1.11 – Характер зміни зусилля притискачів для їх різних конструкцій

Таблиця 1.3 – Питомі тиски притискування для різноманітних матеріалів

Матеріал	Питомий тиск, МПа
Алюміній	0,8 – 1,2
Мідь	1,2 – 1,8
Латунь	1,5 – 2,0
Сталь (глибоке витягування)	
$S > 0,5 мм$	2,0 – 2,5
$S < 0,5 мм$	2,5 – 3,0
Аустенітні сталі	3,0 – 4,5

1.3.5. Вплив геометричних факторів на процес витягування

До основних геометричних факторів, що впливають на процес витягування відносять: 1) радіус витяжного ребра матриці (радіус округлення на матриці); 2) радіус округлення торця пуансона; 3) зазор між пуансоном і матрицею.

1. Вплив радіуса заокруглення матриці найбільш істотний, оскільки крайки заготовки переміщуються по ньому. Величина R_m характеризує

величину роботи, що витрачається на згин. Чим менше R_m , тим більша робота згинання. Зміна R_m призводить до зміни поверхні заготовки в процесі витягування за рахунок зміни товщини. Величина R_m впливає на: а) зменшення R_m призводить до потоншення стінки, а збільшення – до зменшення напружень і зусиль витягування; б) кількість переходів під час витягування; в) якість виробів та зусилля притискання. Збільшення R_m може призвести до косини виробів або складкоутворення. Для усунення останніх застосовують сферичні притискачі, які збільшують площу притискання і зменшують зусилля притискання. Як варіант також можуть застосовувати пороги або перетяжні ребра.

Характер зміни зусилля витягування від радіуса округлення матриці показано на рисунку 1.12.

Рекомендовані значення заокруглення радіусів матриці приведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Рекомендовані значення радіусів заокруглення матриці

S матеріала Тип матеріала	До 3 мм	3 – 6	6 – 20
	Значение R_m		
Сталь	$(10 - 6)S$	$(6 - 4)S$	$(4 - 2)S$
Мідь, латунь, алюміній	$(8 - 5)S$	$(5 - 3)S$	$(3 - 1.5)S$

Для першого витягування і більш тонкого матеріалу беруть більші значення, для наступних – менші.

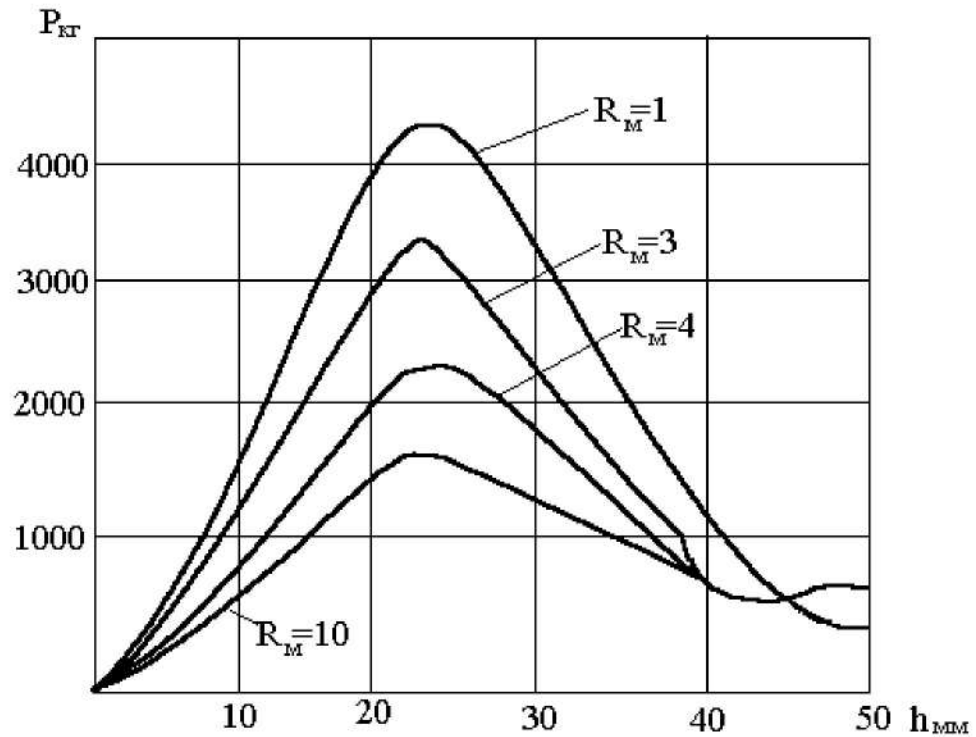


Рисунок 1.12 – Характер зміни зусилля витягування в залежності від

$$\text{радіуса матриці } R_m \left(S = 1\text{мм}, \frac{D}{d_n} = 1,6, z = 1,25 \right)$$

2. Вплив радіуса заокруглення торця пуансона (R_n) в цілому подібний до впливу радіуса заокруглення матриці, але проявляється суттєво слабше. Зі зменшенням R_n збільшується поверхня (відбувається потоншення), особливо в місці переходу стінки в дно.

3. При згортанні і витягуванні відбувається збільшення крайки заготовки, що вимагає збільшення зазору, в порівнянні з вихідною заготовкою. Виходячи з міркувань мінімальності зазору та нормальності зусилля Л.А. Шофман запропонував визначати зазор за виразом

$$z = S \left[1 + 0,05 \sqrt{\frac{10}{S}} \right]. \quad (1.8)$$

Ця залежність справедлива для випадку $k = \frac{D}{d} \leq 1,6$. Більш уточнена залежність має вигляд

$$z = S \left(1 + 0,05 \sqrt{\frac{10}{S}} \right) c \sqrt{k}. \quad (1.9)$$

де $c = 0,84-0,87$ (для сталі), $c = 0,8-0,82$ (для латуні).

1.3.6. Визначення розмірів і форми заготовки для витягування пустотілих тіл обертання

Для визначення розмірів заготовки при витягуванні пустотілих тіл існує п'ять основних методів: три аналітичні методи (метод рівності площ, метод рівності об'ємів, метод рівності ваг); два графічні методи (графоаналітичний і графічний методи).

1. Метод рівності площ (рисунок 1.12)

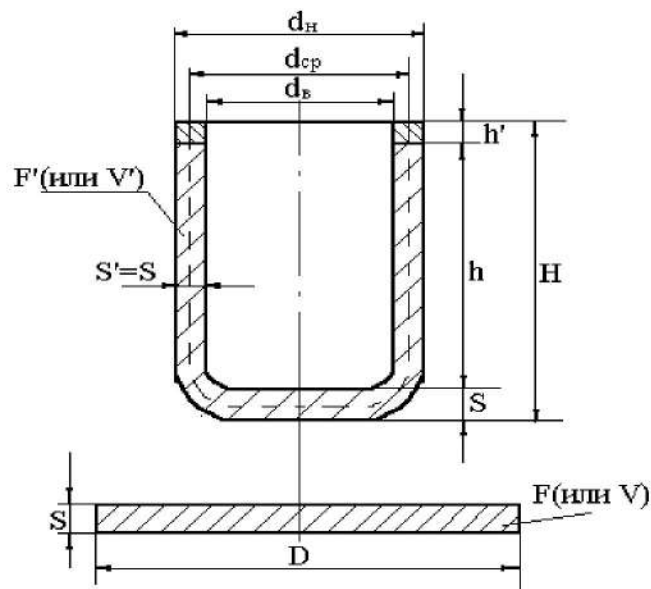


Рисунок 1.12 – Схема до розрахунку заготовки методом рівності площ та об'ємів

Цей спосіб є найбільш розповсюдженим в холодній штамповці та використовується для розрахунків процесу витягування без потоншення, коли початкова і кінцева площі та товщини співпадають. Виріб можна представити у вигляді двох фігур – порожнистого циліндра та диска. З геометричних міркувань отримаємо:

$$F' = F_{\delta} + F_{\sigma} = \frac{\pi d_{cp}^2}{4} + \pi d_{cp} (h + h'), \quad (1.10)$$

Враховуючи постійність площ та товщини отримаємо наближений розмір зовнішнього діаметра заготовки

$$D = \sqrt{d_{cp}^2 + 4d_{cp}(h + h')} = \sqrt{d_{cp}^2 + 4d_{cp}H'}. \quad (1.11)$$

де $H' = h + h'$, h' - висота деталі, що підлягає обрізанню або дефекації.

2. Метод рівних об'ємів (рисунок 1.12). Цей метод застосовують при витягуванні з потоншенням. Для випадку циліндра з дном і стінками різної товщини діаметр заготовки визначають (s' - товщина стінки виробу)

$$D = \sqrt{d_{cp}^2 + \frac{4d_{cp}(h + h')s'}{s}}. \quad (1.12)$$

3. Метод рівної ваги полягає в припущенні про незмінність ваги заготовки G і готового виробу G' . Для цього методу діаметр заготовки визначають

$$D = \sqrt{\frac{1,28G'}{s\gamma}} = 1,128 \sqrt{\frac{G'}{s\gamma}}, \quad (1.13)$$

де γ – щільність матеріалу заготовки.

Усі приведені методи для складних тіл обертання не застосовуються, оскільки це досить складно і вимагає багато часу. Краще користуватися для визначення розмірів заготовки в таких випадках графоаналітичним або графічним методом.

1.3.7 Мастила для операцій витягування

Для зниження зусилля витягування, за рахунок зменшення тертя між заготовкою і інструментом, та підвищення стійкості штампів в процесі витягування використовують різноманітні мастила. Мастило, що застосовується, повинно добре утримуватись на поверхні заготовки та витримувати значні тиски, легко видалятися з поверхні виробів, не викликати корозію заготовки та інструменту, бути дешевим та не шкідливим для працівників.

Розрізняють мастила з наповнювачем та без наповнювача. Переважно застосовують мастила з наповнювачем (крейдою, тальком, графітом), які дозволяють знизити коефіцієнт тертя в 2-3 рази.

В таблиці 1.5 вказані коефіцієнти тертя при витягуванні різних матеріалів з мастилом і без нього.

Таблиця 1.5 – Значення коефіцієнтів тертя μ

Умови витягування	Коефіцієнт тертя			
	Сталь 08пс	Алюміній	Дуралюмін ДЛ6М	Сталь 1Х18Н9Т
Без мастила	0,20 – 0,35			
З мастилом: мінеральне мастило з наповнювачем (крейда, графіт)	0,08 – 0,15			
Веретенне мастило	0,10 – 0,15			
Плівка ПВХ	0,05 – 0,075			

1.4 Постановка задачі

Таким чином, в зв'язку з появою значної кількості браку пов'язаної з формувальною операцією доцільним є визначення параметрів матриці, пуансона та заготовки, які дозволять отримати мінімальні напруження на циліндричній частині деталі "Кришка радіатора", а також запропонувати заходи щодо зменшення кількості браку. Для цього необхідно встановити залежності величини напружень від геометричних параметрів матриці та пуансону та заготовки.

2 ПОБУДОВА МОДЕЛІ ВИТЯГУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ

2.1. Встановлення основних геометричних характеристик матриці, пуансона і заготовки

Відповідно до виразу (1.13) та на основі вимірювання об'єму та маси деталі в програмі "Компас 3D" визначимо діаметр суцільної заготовки.

Об'єм деталі – 6770,7 мм³, маса деталі – 52,94 г, товщина листа – 2 мм.

$$D = \sqrt{\frac{1,28 * 52,94}{2 * 0,0078}} = 65,9(\text{мм}).$$

Але цей вираз застосовують у випадку суцільної заготовки і виробу у вигляді ковпачка. В нашому випадку виріб має центральний отвір діаметром 40 мм. Тоді проведемо перерахунок розмірів заготовки та представимо їх у вигляді таблиці 2.1.

Таблиці 2.1 – Внутрішні та зовнішні розміри заготовки визначені методом рівної ваги

Внутрішній діаметр, мм	10	15	20	25	30	35
Зовнішній діаметр, мм	59	60	62	63	65	67,9

Відповідно до технічної документації представленої ПрАТ "Вінницький завод "Маяк" внутрішній діаметр – 28,3 мм, а зовнішній –

62,7 мм, що приблизно відповідає розрахунковим даним представленим в таблиці 2.1, але дещо менше. Тобто в процесі виготовлення можливе потоншення стінки.

Зазор між пуансоном і матрицею визначаємо на основі виразу (1.9) та результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Величина зазору в залежності від розмірів заготовки

Зовнішній діаметр, мм	59	60	62	63	65	67,9
Зазор, мм	4,24	4,28	4,35	4,38	4,45	4,55

Для розмірів вказаних в технічній документації зазор становить 3,6 мм, що вказує на можливість защемлення заготовки і потоншення листа.

Рекомендованими радіусами заокруглення для сталі товщиною 2 мм для матриці є величини від 12 до 20 мм, що не відповідає розмірам вказаним на кресленні матриці і пуансона (рисунок 2.1).

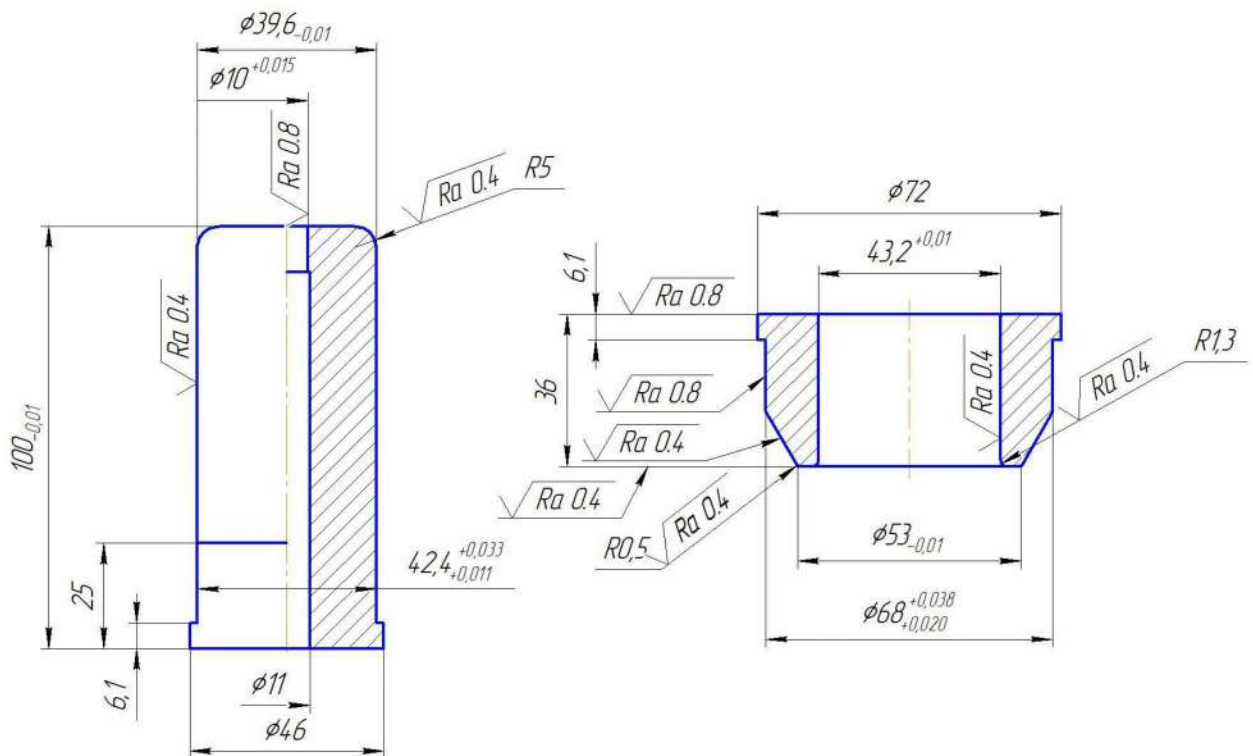


Рисунок 2.1 – Ескізи пуансона і пуансона-матриці

З метою виявлення причини дефектів під час формування загальної форми деталі "Втулка" проведемо дослідження впливу розмірів заготовки, радіусів заокруглення пуансона та зазору між матрицею та пуансоном.

Встановимо розміри заготовки відповідно до таблиці 2.1, радіуси заокруглення пуансона – 2 - 8 мм з кроком 1 мм, зазор між матрицею і пуансоном в межах 3-5 мм з кроком 0,5 мм.

2.2 Розробка та проектування моделі витягування в програмі «Deform-3D»

Deform-3D являється системою кінцево-елементного моделювання, яка призначена для аналізу тривимірної текучості металу при різних процесах обробки металів тиском. Дана програма є практичним і ефективним інструментом, який дозволяє прогнозувати характер формоутворення при операціях обробки металів тиском без суттєвих затрат на експериментальне дослідження. Операції, які можливо змоделювати в програмі Deform-3D:

- Кування;
- Видавлювання;
- Протягування;
- Механічна обробка;
- Висадка;
- Пресування;
- Прокатка;
- Витягування;
- Усадка.

За допомогою системи Deform-3D можливо моделювати також роздільні операції і механообробку. Таким чином, даний продукт являється програмним комплексом, який має можливість проводити всеохоплюючий аналіз металообробки, починаючи з операцій розділу прокату на заготовки, закінчуючи операціями кінцевої механообробки.

Робоче вікно програми Deform-3D має вид показаний на рисунку 2.2.

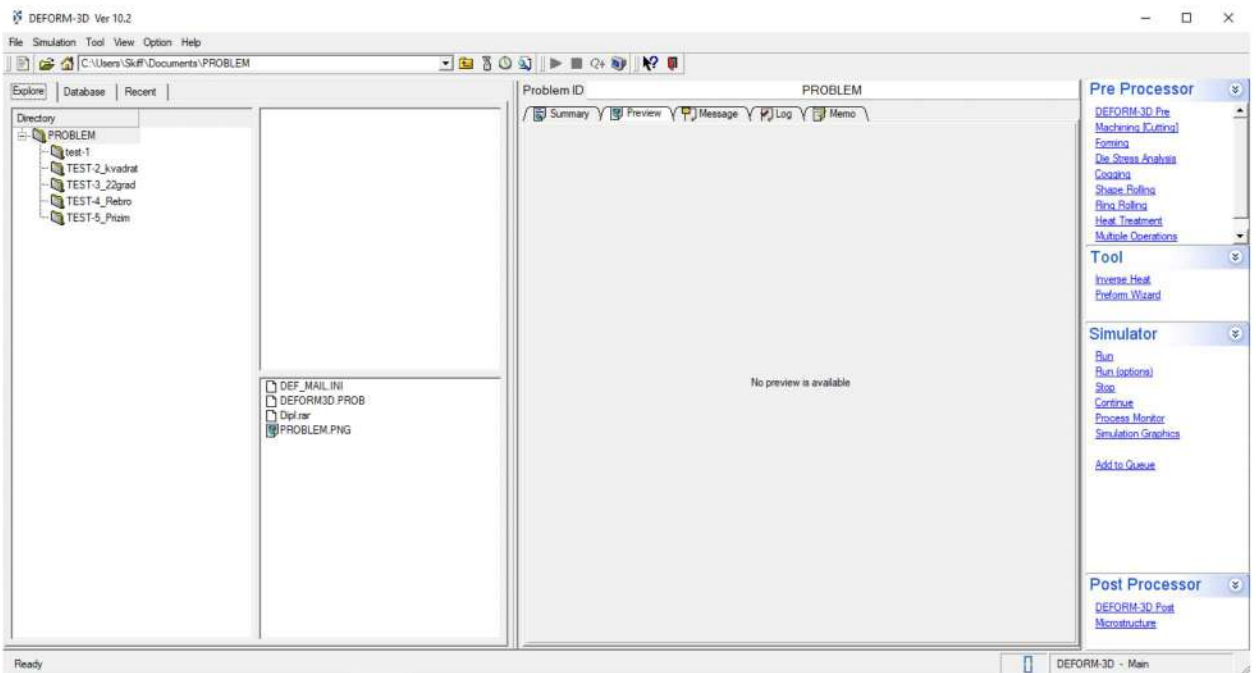


Рисунок 2.2 – Головне меню програми Deform-3D

Для того, щоб створити модель витягування потрібно створити насамперед заготовку та інструмент. Оскільки дефекти виникають на циліндричній частині деталі, то для спрощення моделювання прийемо, що пуансон і матриця мають циліндричну форму, а притискання заготовки не відбувається. Так як дана програма не призначена для створення інструменту важкої конфігурації, то краще буде застосувати допоміжну CADсистему – КОМПАС-3Д. Створені 3Dмоделі інструментів представлені на рисунку 2.3.

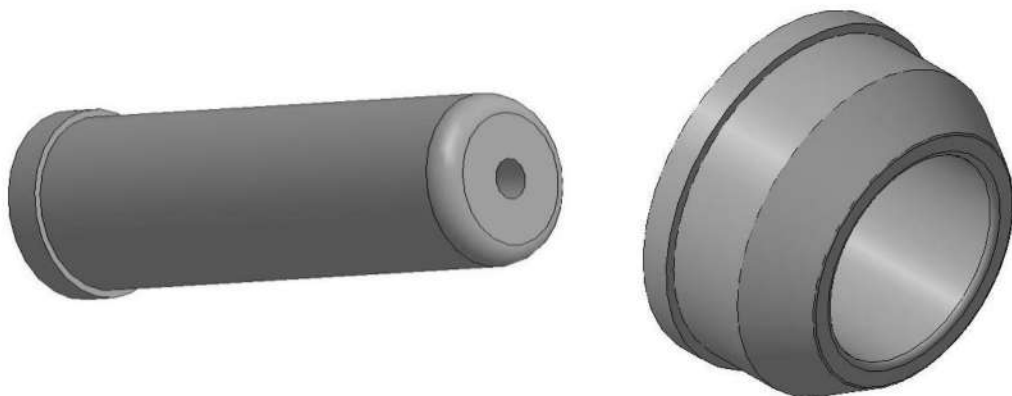


Рисунок 2.3 – Тривимірні моделі пуансона і матриці

Тепер, як створено тривимірні моделі інструменту, то є можливість внести їх в програму Deform-3D для створення симуляції процесу витягування. Тривимірну модель заготовки створювати в САД-системі Компас-3D немає необхідності, так як примітивні конструктивні елементи є можливість створювати в Deform-3D.

Вносимо моделі інструментів в Deform-3D та створюємо модель формувальної операції (рисунки 2.4-2.5). При цьому, оскільки основною зоною появи тріщин і дефектів є циліндрична частина, то в моделі більша точність у відтворенні приділялась саме їй.

Тепер створену заготовку потрібно налаштувати, а саме: обрати матеріал, температуру та створити розрахункову сітку, яка буде показувати всі зміни матеріалу під час симуляції витягування.

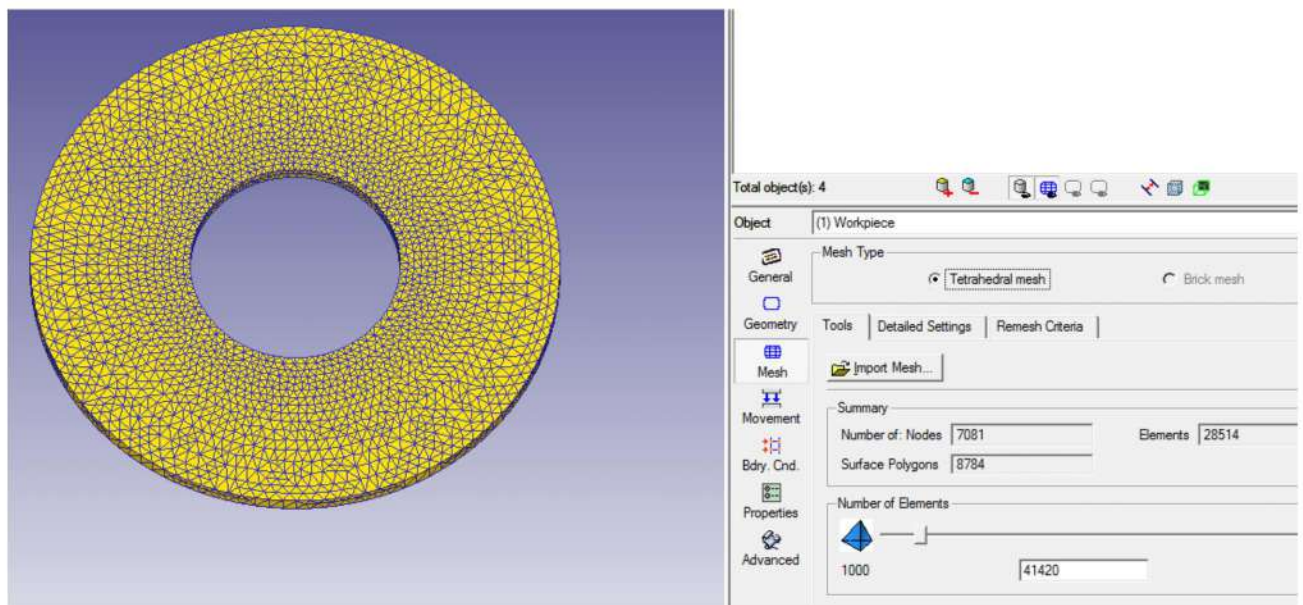


Рисунок 2.4 – Тривимірна модель заготовки з розбиттям на скінченні елементи

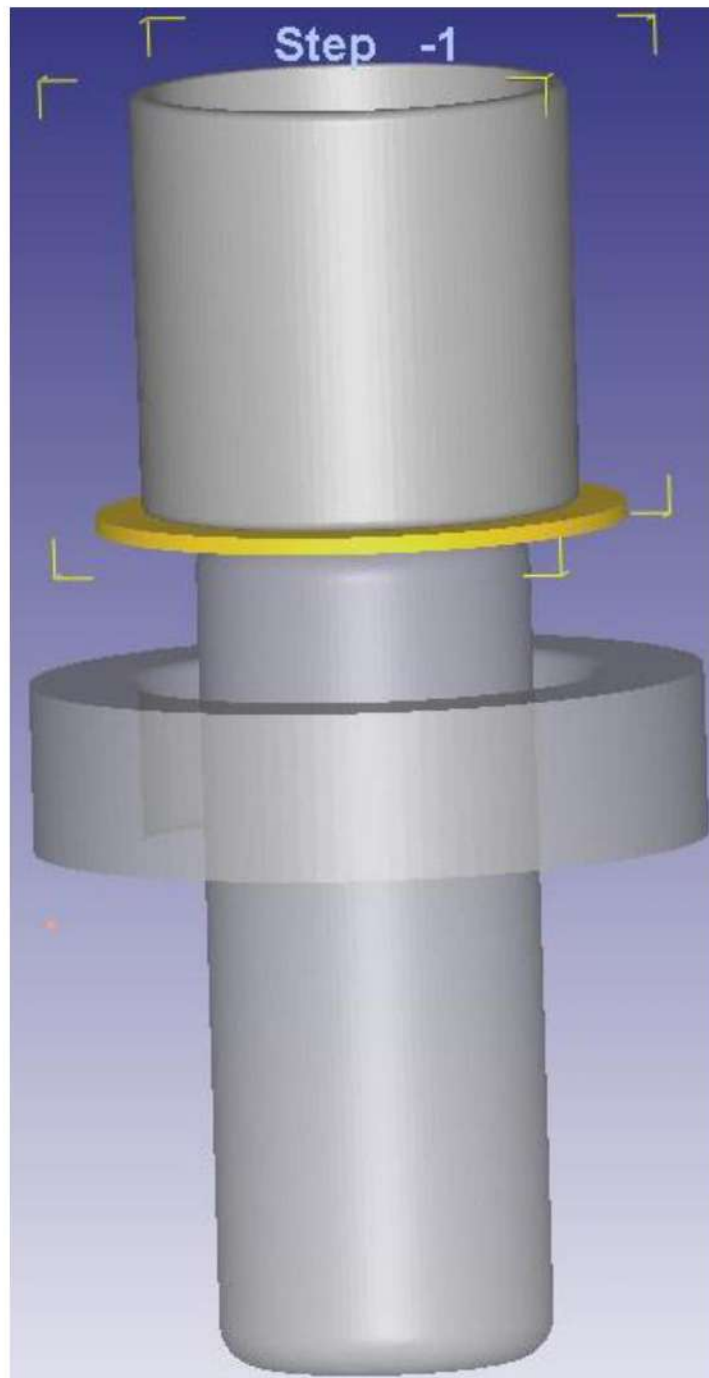


Рисунок 2.5 – Спрощена модель формувальної операції в Deform-3D

Матеріал заготовки обираємо в діалоговому вікні «Workpiece». Приймаємо матеріал AISI-1008 COLD так як заготовка виготовлена з матеріалу 08кп і буде оброблятися холодним штампуванням. Температуру вказано середню, а саме – 20°C. Також в даних параметрах задаємо, що об'єм

даної заготовки не буде змінний тому, що при симуляції витягування не було помилок, надлишків чи розривів.

1. Тепер в модель потрібно додати інструмент (пуансон, матриця, притискач), та приєднати їх до заготовки, тому що дана програма буде створювати симуляцію витягування деталі «Кришка радіатора» з того моменту, коли на обладнанні пуансон і притискач мають контакт з заготовкою, але ще не деформували її. Також вказуємо, що головним елементом інструменту буде матриця-пуансон, а всі решта – допоміжні.
2. Далі потрібно вказати, що всі елементи інструменту є абсолютно жорстким тілами, а заготовка є пластичною.
3. В налаштуваннях пуансону та притискача вказуємо, що обробка буде вестись на гідравлічному пресі, режими обробки зазначаємо відповідно до технологічного процесу вЖРІ.712161.004.

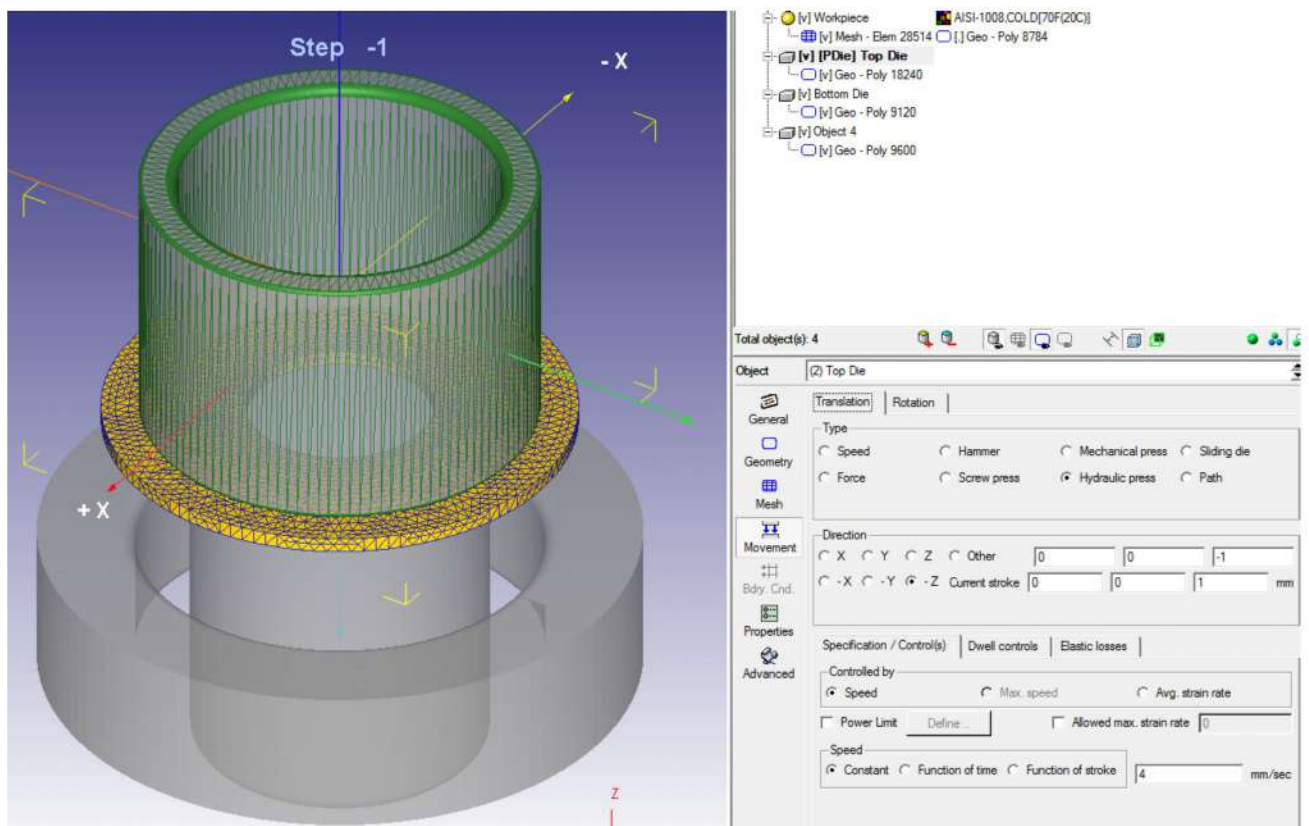


Рисунок 2.7 – Встановлення режиму руху матриці-пуансона

4. Далі в вкладці “Inter-object” перевіряємо, чи система обрахувала і прийняла контакт інструменту з заготовкою. В даному випадку в діалоговому вікні показано що контакт присутній. Також, в даному розділі встановлюємо тертя. Так як програмно забезпечено визначення коефіцієнтів, то обираємо обробку холодним штампуванням і коефіцієнт автоматично обраний – 0.12, що повністю відповідає рекомендаціям, наведеним в таблиці 1.5.

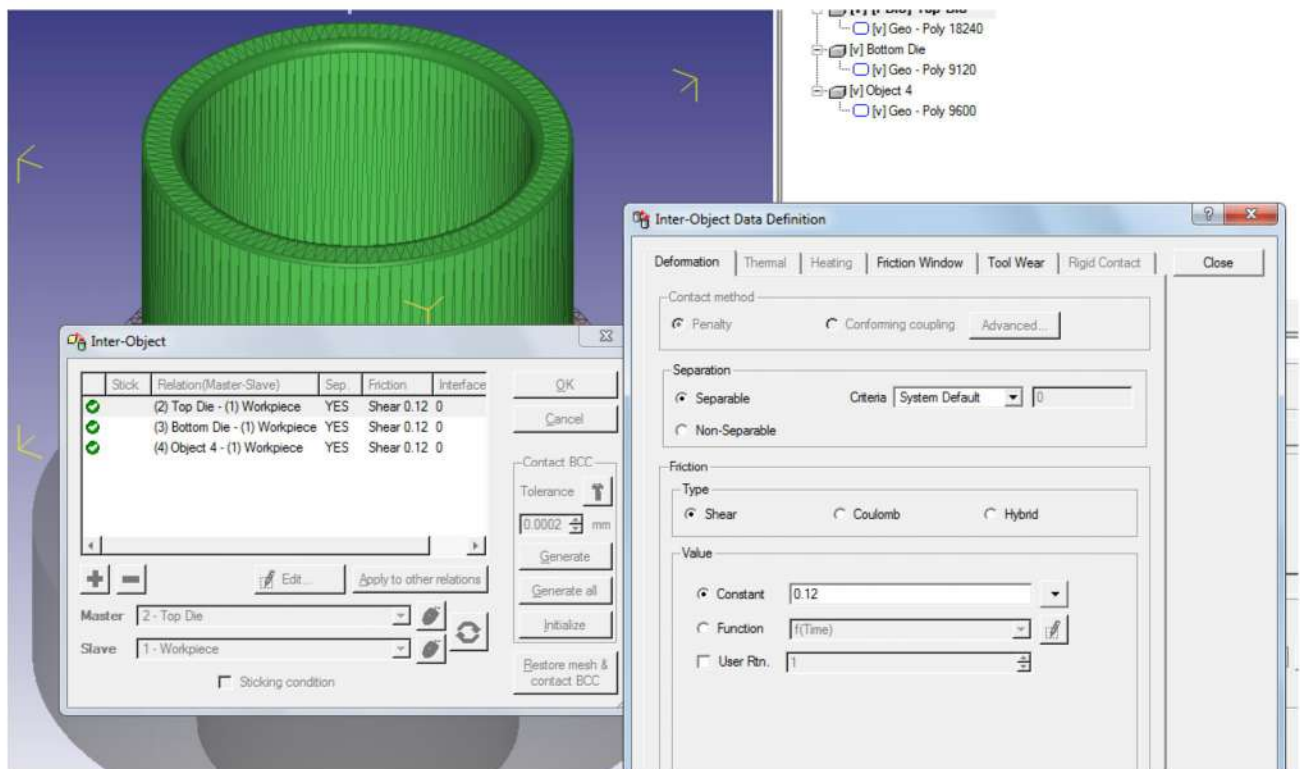


Рисунок 2.8 – Контакти та сила тертя

5. Наступний крок – здійснення перевірки встановлених параметрів. Якщо були вказані помилкові дані чи дані, при яких неможливо створити систему моделі витягування, то в спливаючому вікні будуть вказані помилки. Проте в нашому випадку всі дані були вказані вірно і база даних симуляції процесу витягування була створена.
6. Далі запускаємо створену систему для обрахунків. В вкладці «Message» показані переходи обчислень та кроки розрахунків.

7. Після розрахунку моделі в пункті «Post-Processor» є можливість обирання симуляції обробки по крокам і показом пошкоджень накопичених заготовкою (рисунок 2.9).

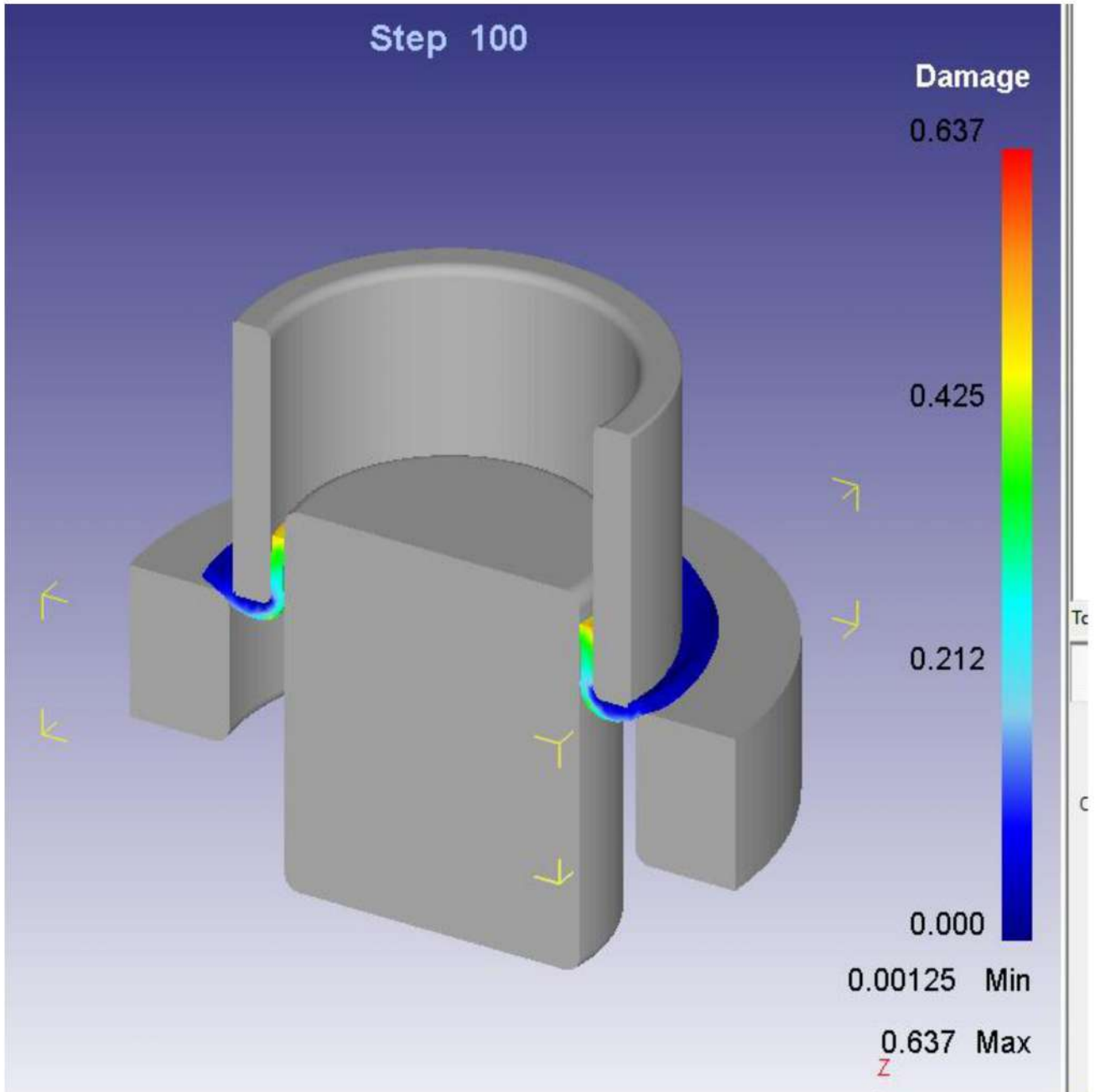


Рисунок 2.9 – Результати моделювання процесу витягування заготовки з розподілом пошкоджень по її об'єму

В результаті побудови в програмі Deform 3D отримали робочу модель процесу формування деталі "Кришка радіатора". Для проведення досліджень використаємо регресійну модель повного трифакторного експеримента.

2.3. План експериментальних досліджень

2.3.1 Експериментальні дослідження та їх перевірка на адекватність

Як зазначалось раніше, основними факторами, які розглядатимуться з точки зору впливу на якість формування деталі "Кришка радіатора" є діаметр отвору заготовки d_3 , радіус заокруглення пуансона $R_{\text{п}}$ та зазор між пуансоном та матрицею z . Радіус заокруглення матриці не приймаємо в якості змінної, оскільки він забезпечує форму деталі та є величиною незмінною.

Всі вибрані фактори відповідають вимогам керованості, незалежності і сумісності по відношенню один до одного.

Вибрані фактори d_3 , $R_{\text{п}}$, z відповідно позначено через x_1 , x_2 , x_3 .

Перед початком досліду встановлено верхній і нижній рівні факторів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Рівні факторів

Рівні факторів	d_3 , мм	$R_{\text{п}}$, мм	z , мм
	x_1	x_2	x_3
Основний	22,5	5	3
Інтервал варіювання	12,5	3	1
Верхній	35	8	4
Нижній	10	2	2

Для зручності запису умов досліду і обробки експериментальних даних виконано кодування факторів, тобто переведено натуральні значення рівнів факторів в кодові безрозмірні величини за формулою

$$x_i = (x_i - x_{i0}) / \Delta x_i,$$

де x_i – кодове значення i -го фактора; x_i – натуральне значення i -го фактора; x_{i0} – початковий (основний) рівень фактора; Δx_i – інтервал

варіювання i -го фактора.

Тут $x_{i\max}$ і $x_{i\min}$ – поточні значення верхнього і нижнього рівнів факторів.

Після кодування рівні факторів приймають значення -1 або $+1$.

Рівні факторів і їх кодові значення наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Кодові значення рівнів факторів

Рівні факторів	Кодове позначення	d_3 , мм	R_{II} , мм	z , мм
		x_1	x_2	x_3
Основний	0	22,5	5	3
Інтервал варіювання	не позначається	12,5	3	1
Верхній	+	35	8	4
Нижній	-	10	2	2

Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу в якості моделі використано поліном першого ступеня

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{12\dots k}x_1x_2\dots x_k. \quad (2.1)$$

Поліном лінійний відносно невідомих коефіцієнтів, що спрощує обробку експериментальних даних. Для трьох факторів математична модель має вигляд

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (2.2)$$

Кількість дослідів, необхідних для реалізації всіх можливих комбінацій рівнів факторів, визначається за залежністю $N = 2^k$, де N – число дослідів; k – число факторів; 2 – число рівнів (верхній і нижній).

Для проведення експерименту прийнято матрицю планування (таблиця 2.5), в якій рядки відповідають різним незалежним дослідом, а стовпці – рівням факторів.

Таблиця 2.5 – Матриця планування експерименту

Номер дослід	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
1	+	-	-	-	+	+	+	-
2	+	+	-	-	-	-	+	+
3	+	-	+	-	-	+	-	+
4	+	+	+	-	+	-	-	-
5	+	-	-	+	+	-	-	+
6	+	+	-	+	-	+	-	-
7	+	-	+	+	-	-	+	-
8	+	+	+	+	+	+	+	+

В таблиці 2.5 наведено кодові значення факторів +1 і -1. Для спрощення записів одиниці опускаються.

В матрицю введений стовпець ефективної змінної x_0 , яка у всіх випадках приймає тільки значення «+» і використовується для розрахунку вільного члена b_0 . Стовпці подвійної і потрійної взаємодії отримуються перемноженням стовпців x_1 , x_2 , x_3 і призначені для розрахунку відповідних коефіцієнтів рівняння (2.1).

Для проведення кожного з 8 дослідів фактори задано у відповідності з матрицею планування (таблиця 2.5) на верхньому (+) або нижньому (-) рівні.

З метою підвищення точності заміру рівня пошкодженості матеріалу (параметра оптимізації) проведено 3 паралельних заміри при незмінних режимах. Результати імітаційного моделювання показані в таблиці 2.6.

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначено за формулою

$$\bar{y}_j = \sum_u^r y_{ju} / r, \quad (2.3)$$

Таблиця 2.6 – Рівні пошкодженості матеріалу деталі "Кришка радіатора" при різних параметрах процесу витягування (діаметр пуансону – 39,6 мм, товщина листа заготовки – 2 мм, хід матриці-пуансону – 20 мм)

№ п/п	Внутрішній діаметр заготовки, мм	Зовнішній діаметр заготовки, мм	Радіус заокруглення пуансону, мм	Зазор між матрицею і пуансоном, мм	Пошкодженість матеріалу заготовки	Максимальна інтенсивність напружень, МПа	Відповідність формі деталі
1	2	3	4	5	6	7	8
1	10	59	5	1,8	0,134	567	деталь не сформована
2	15	60	5	1,8	0,413	524	деталь не сформована
3	20	62	5	1,8	0,482	557	деталь практично сформована
4	25	63	5	1,8	0,551	564	деталь сформована
5	30	65	5	1,8	0,318	496	деталь сформована

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8
6	35	67	5	1,8	0,186	462	форма деталі не відповідає заданій
7	25	63	2	1,8	0,565	571	деталь сформована
8	25	63	3	1,8	0,55	562	деталь сформована
9	25	63	4	1,8	0,527	557	деталь сформована
10	25	63	6	1,8	0,503	553	деталь сформована
11	25	63	7	1,8	0,515	556	деталь сформована
12	25	63	8	1,8	0,518	556	деталь сформована
13	25	63	5	2	0,508	556	деталь сформована

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8
14	25	63	5	2,5	0,501	553	деталь сформована
15	25	63	5	3	0,509	552	деталь сформована
16	25	63	5	3,5	0,553	567	деталь неправильної форми (овальність)
17	25	63	5	4	0,481	546	деталь неправильної форми (овальність)
18	35	67,9	8	4	0,164	441	деталь не відповідає заданій формі
19	10	59	8	4	0,218	450	деталь не сформована

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8
20	35	67,9	2	4	0,198	446	деталь сформована
21	10	59	2	4	0,223	468	деталь не сформована
22	35	67,9	8	2	0,169	460	деталь сформована
23	10	59	8	2	0,246	452	деталь не сформована
24	35	67,9	2	2	0,345	460	деталь сформована
25	10	59	2	2	0,212	476	деталь не сформована
Розрахунок заготовки з заводськими та модернізованими параметрами							
26	28,3	62,7	5	1,8	0,423	524	деталь сформована
27*	29	64	5	2	0,313	484	деталь сформована

де r – число паралельних дослідів; u – номер паралельного досліду; y_{ju} – значення параметра оптимізації в u -му паралельному досліді j -ої стрічки матриці.

Для оцінки відхилень параметра оптимізації від середнього його значення обчислено дисперсію паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r (y_{ju} - \bar{y}_j)^2 / (r-1). \quad (2.4)$$

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевірено по G -критерію Кохрена, що представляє собою відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій

$$G_p = S_{j_{\max}}^2 / \sum_{j=1}^N S_j^2. \quad (2.5)$$

Гіпотеза про однорідність дисперсії підтверджується, якщо розрахункове значення критерію не перевищує табличного [6].

Рівень значущості всіх розглядуваних критеріїв $\alpha = 0,05$. При цьому вірогідність P істинної відповіді складе $P = 1 - 0,05 = 0,95$ або 95%.

Розрахункове значення критерію порівняне з табличним [6] для ступенів свободи чисельника $f_1 = r - 1 = 3 - 1 = 2$ і знаменника $f_2 = N = 8$. Оскільки $G_{\text{табл}} = 0,5157 > G_p = 0,37$, то гіпотеза про однорідність паралельних дослідів приймається.

Визначено дисперсію відтворюваності за формулою

$$S^2(y) = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N = 1,98 / 8 = 0,25. \quad (2.6)$$

Помилка експерименту складе

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = 0.5. \quad (2.7)$$

Далі проведено розрахунок коефіцієнтів математичної моделі (2.1).

Члени регресії обчислено за формулами

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{y}_j}{N} = 7,34, \quad b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} \bar{y}_j}{N} = 0,35, \quad b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -0,53,$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} \bar{y}_j}{N} = -0,36, \quad b_{12} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -0,54, \quad b_{13} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,12,$$

$$b_{23} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = -0,58, \quad b_{123} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,18.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (2.1) отримано

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 + 0,12x_1x_3 - 0,58x_2x_3 + 0,18x_1x_2x_3. \quad (2.8)$$

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів виконано за t -критерієм Стьюдента. Для повного факторного експерименту помилки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються за формулою

$$S(b_i) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 0.1 \quad (2.9)$$

Далі визначено довірчий інтервал довжиною $2\Delta b_i$

$$\Delta b_i = \pm t_{\text{кр}} \cdot S(b_i) = \pm 0.216 \quad (2.10)$$

Критичне значення $t_{\text{кр}} = 2,12$ прийняте згідно [6] для числа ступенів свободи $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$ (при $\alpha = 0,05$).

Коефіцієнт є значимим, якщо $|b_i| \geq \Delta b_i$.

Якщо в рівнянні (2.8) є статистично незначущі коефіцієнти ($|b_i| < \Delta b_i$), то їх можна усунути без перерахунку інших.

Нехтуючи статистично незначущими коефіцієнтами, рівняння (2.8) набуло вигляду

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 - 0,58x_2x_3. \quad (2.11)$$

Отримане рівняння перевірено на адекватність по критерію Фішера:

$$F_p = S_{ag}^2 / S^2(y). \quad (2.12)$$

Тут дисперсія адекватності

$$S_{ag}^2 = r \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 / (N - \lambda), \quad (2.13)$$

де λ – число значимих коефіцієнтів рівняння; \bar{y}_j – середнє арифметичне значення параметра оптимізації в j -му досліді; \hat{y}_j – значення параметра оптимізації, яке обчислене по моделі для умов j -го досліді (по рівнянню 2.11 і матриці планування експерименту таблиця 2.5).

Якщо виконується умова

$$F_p \leq F_{табл}, \quad (2.14)$$

то розроблена модель є адекватною.

За виразом (2.13) дисперсія адекватності – 0,152.

Критерій Фішера (розрахунковий) – 0,86.

Згідно [6] визначено критичне значення критерія Фішера для ступеня вільності 1 та 16 становить 4,49. Оскільки розрахунковий критерій Фішера менший від табличного, то модель є адекватною.

2.4 Пошкодженість матеріалу заготовки

За результатами випробувань побудуємо залежності впливу параметрів досліджень на пошкодженість матеріалу (рисунки 2.10, 2.11, 2.12).



Рисунок 2.10 – Залежність пошкодженості матеріалу від внутрішнього діаметра заготовки

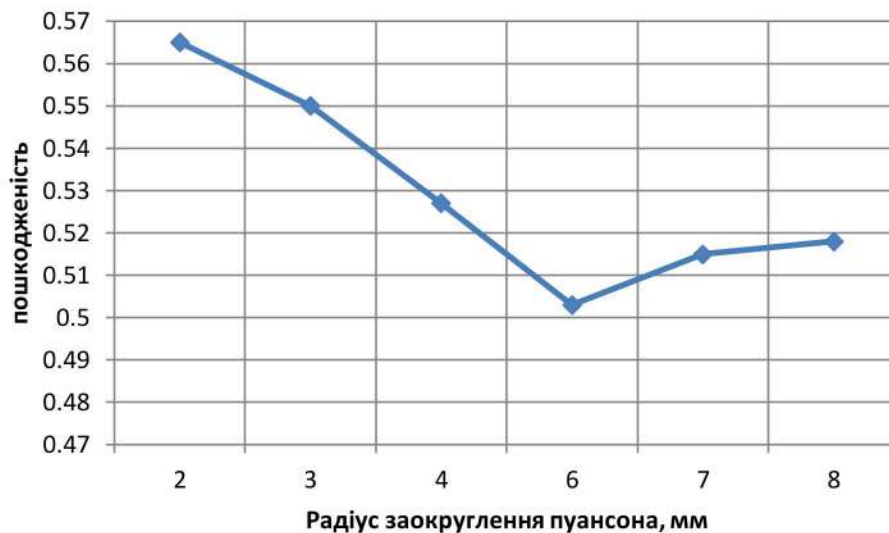


Рисунок 2.11 – Залежність пошкодженості матеріалу від радіуса заокруглення пуансона

З рисунку 2.10 слідує, що найбільший рівень пошкодженості матеріалу спостерігається в діапазоні внутрішніх діаметрів заготовки 22–28 мм, яким відповідають зовнішні діаметри заготовки 62–64 мм. Разом з тим, при

збільшенні внутрішнього діаметра заготовки більше 30 мм величина пошкодженості різко зменшується водночас з втратою деталлю необхідної геометричної форми. Таким чином, для зменшення пошкодженості доцільно обирати внутрішній діаметр заготовки близько 30 мм, а зовнішній – 63 мм.

Рисунок 2.11 демонструє мінімум пошкодженості за умови застосування радіусів заокруглення пуансона в межах 4-7 мм.

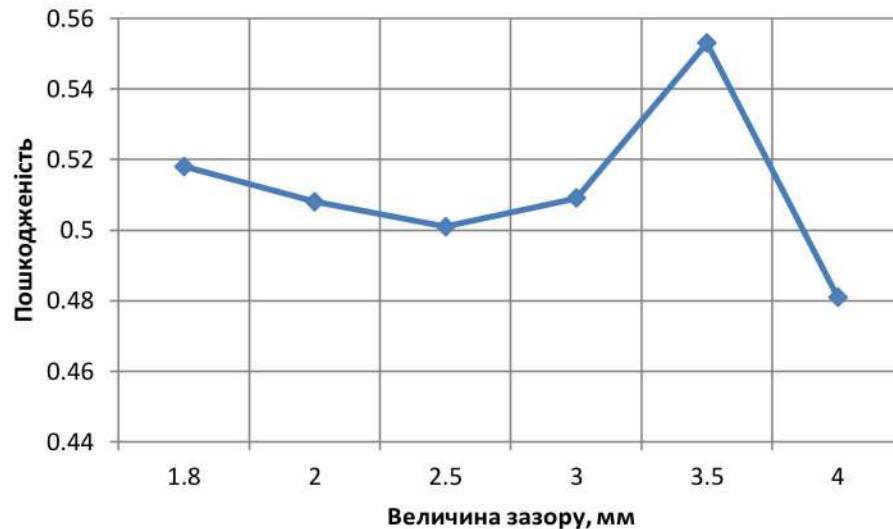


Рисунок 2.12 – Залежність пошкодженості матеріалу від зазору між матрицею і пуансоном

Рисунок 2.12 показує, що збільшення зазору до 4 мм призводить до різкого зменшення пошкодженості матеріалу, проте випробування показали, що при таких зазорах втрачається форма деталі. Відтак більш доцільним є використання зазорів до 3 мм.

На основі вище наведених міркувань та розрахунків рекомендованими до використання на заводі, з урахуванням наявного технологічного процесу та оснащення, є заготовка з зовнішнім діаметром 64 мм, внутрішнім діаметром – 29 мм.

Відповідно до ГОСТ 9045-80 розсіювання параметрів міцності(пластичності) сталі 08кп становить близько 30%. На основі [7,8] та величини інтенсивності деформацій ($\epsilon_n=0,5$) можна сказати, що розсіювання

величини пошкодженості буде становити близько 0,6 ($\pm 0,3$). Це означає, що частина деталей партії з середнім рівнем пошкоджень близьким до 0,7 обов'язково матимуть тріщини та дефекти.

Для визначення кількості дефектних деталей у партії, та з метою врахування пошкоджень матеріалу (мікротріщини, надриви) після попередньої операції вирубування вважатимемо, що граничною величиною пошкоджень, які призводять до появи видимих дефектів і браку буде величина пошкоджень 0,8. Оскільки немає домінуючих факторів, що впливають на пластичність матеріалу, його міцність та рівень пошкодженості вважатимемо, що пошкодженість деталі в партії розподілиться за нормальним законом. Визначення кількості браку, у частинах, здійснюється на основі формули закону розподілу Гауса.

Відповідно до прийнятих допущень, розрахункова кількість браку для заводської деталі "Кришка радіатора" визначатиметься виразом

$$P_{\text{браку}} = 0,5 - \Phi((0,5 - 0,423)/0,1) = 0,5 - 0,28 = 0,22.$$

Тобто очікується 22% браку.

Для модернізованого варіанту

$$P_{\text{браку}} = 0,5 - \Phi((0,5 - 0,313)/0,1) = 0,5 - 0,465 = 0,035.$$

Таким чином, в покращеному технологічному процесі очікувана кількість браку становитиме 3,5%.

2.5 Висновки до розділу

1. Розглянута методика досліджень та принципіальні схеми холодного пластичного деформування, які використовуються при витягуванні вісесиметричних деталей;

2. Розроблена методика математичного моделювання та розрахунок параметрів заготовки за допомогою програми «Deform-3D», яка дозволила виконати дослідження процесів витягування деталей вісесиметричних деталей.

3. На основі математичного моделювання процесу витягування деталі «Кришка радіатора» запропоновано модернізувати розміри заготовки та елементи штампової оснастки – внутрішній діаметр заготовки 29 мм, зовнішній діаметр заготовки 64 мм, радіус заокруглення пуансону - 5 мм, зазор між матрицею і пуансоном – 1,8 мм.

4. В результаті зміни розмірів заготовки очікувана кількість браку зменшується з 22% до 3,5%.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання експертами потенціалу підвищення якості виготовлення кришки радіатора

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена за результатом науково-технічної діяльності.

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

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

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

Продовження таблиці 3.1

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження таблиці 3.1

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка документів та отримання дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Отримання документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Отримання документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	2
2	2	1	1
3	2	1	2
4	1	2	1
5	3	3	2
6	1	2	2
7	3	3	4
8	1	2	2
9	4	3	3
10	3	2	2
11	4	4	2
12	4	2	3
Сума балів	СБ ₁ =30	СБ ₂ =28	СБ ₃ =26

Продовження таблиці 3.2

Середньоарифметична сума балів \overline{CB}	$\overline{CB} = \frac{\sum_1^3 CB_i}{3} = \frac{30 + 28 + 26}{3} = 28$
---	---

Згідно таблиці 3.2 розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті виготовляти деталі з нових міцних матеріалів.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

При впровадженні заходів з підвищення якості виготовлення деталі «Кришка радіатора» як таких прибутків не буде, а збільшення економічного ефекту буде лише за рахунок зменшення браку під час виготовлення деталі «Кришка радіатора» унаслідок вдосконалення режимів роботи обладнання та підбору заготовки.

За умов вільної конкуренції з двох однакових товарів покупці завжди вибирають найдешевший, а за однакових цін – найякісніший. Під якістю розуміють сукупність властивостей і характеристик продукції (послуг), що дають можливість задовольнити відповідні потреби. Міра придатності товару задовольнити певну потребу споживача оцінюється за допомогою спеціальних показників якості – кількісних характеристик однієї або декількох властивостей продукції за конкретних умов її створення чи використання.

3.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку нового технічного рішення

Капітальні витрати на розробку нового конструкторського рішення складаються з відповідних витрат і розраховуються за формулою:

$$K = Z_0 + Z_p + Z_{\text{доп}} + Z_n + A_{\text{обл}} + M + K_e + B_{\text{ел}} + I_e \quad (\text{грн.}) \quad (3.1)$$

де Z_0 - основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p - основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{\text{доп}}$ - основна заробітна плата робітників, грн.;

Z_n - нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$A_{\text{обл}}$ - амортизація обладнання та приміщень для розробки, грн.;

M - витрати на матеріали, грн.;

K_e - витрати на комплектуючі, грн.;

$B_{\text{ел}}$ - витрати на електроенергію для розробки технічного рішення, грн.;

I_e - інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховують за формулою:

$$Z_0 = \frac{M \cdot t}{T_p} \quad (\text{грн.}) \quad (3.2)$$

де M_{ni} - місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i - число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p - середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 21 \dots 23$ дні.

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10...12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}}(Z_o + Z_p) = 0,12 \cdot 18440 = 2212,8 \text{ (грн.)} \quad (3.3)$$

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	15000	714	10	7140
Інженер-конструктор	10000	416	2	832
Науковий співробітник	15000	714	10	7140
Інженер-технолог	10000	416	8	3328
Всього				18440

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників розраховується як 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn} = (18440 + 2212,8) \cdot 0,22 = 4543,6 \text{ (грн.)} \quad (3.4)$$

Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання та приміщенням можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою.

$$A_{\text{обл}} = \frac{Ц_B}{T_B} \cdot \frac{t_k}{12} \quad (3.5)$$

де $Ц_B$ – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, (грн.);

T_B – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці;

t_k – термін користування обладнання, місяці.

Таблиця 3.4 - Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	170000	20	1	708
Комп'ютери з графічною системою виведення інформації	23500	5	1	392
Всього:				1100

Витрати на матеріали, у вартісному вираженні розраховуємо окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (3.6)$$

де H_j - норма витрат матеріалу j -го найменування, кг; n - кількість видів матеріалів;

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

K_j - коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1 \dots 1,15$);

B_j - маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} - вартість відходів j -го найменування, грн./кг.

Таблиця 3.5 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Канцтовари (папір, тонер, накопичувачі)	-	-	-	-	500
Всього					500

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{II}, \quad (3.7)$$

де B – вартість 1 (кВт/год.) електроенергії. $B \approx 2,25$ (грн./кВт);

$П$ – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин,

K_{II} – коефіцієнт використання потужності; $K_{II} < 1$.

Таблиця 3.6 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт.	Тривалість роботи, год.	Коефіцієнт використання потужності	Сума, грн.
Комп'ютерна та офісна техніка	1.5*2	80	0,7	378
$B_e = 378$				

Інші виробничі витрати доцільно прийняти як 200% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення. Величину витрат розраховують за формулою:

$$B_{ин} = 2 \cdot (Z_0 + Z_p) = 2 \cdot 18440 = 36880 \text{ (грн.)} \quad (3.8)$$

Загальні витрати на виконання даної розробки.

$$B = 18440 + 2212,8 + 4543,6 + 1100 + 500 + 378 + 36880 = 64054,4 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за $B_{заг}$ формулою:

$$B_{заг} = \frac{B_{ин}}{\alpha}, \quad (3.9)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, в даному випадку $\alpha = 0.9$.

Тоді :

$$B_{\text{заг}} = \frac{64054,4}{0,9} = 71171 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи. Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} \quad ЗВ = \frac{71171}{0,7} = 101673 \text{ (грн.)}, \quad (3.10)$$

де $\beta = 0.7$ - коефіцієнт, який характеризує етап (стадії розробки промислового зразка) виконання даної роботи.

3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

За приблизними розрахунками на виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів, а також отримання прибутків необхідно 6 місяців. Проте, дане інноваційне рішення проектується і буде використовуватись лише на одному підприємстві під час виготовлення деталі типу «Кришка радіатора», то основний економічний ефект не буде складати прибуток від продажу даної деталі, а буде виражений через зменшення браку під час виготовлення даної деталі.

Позитивний ефект прогнозується одразу після впровадження розробки у виробництво, і за рахунок досить якісної зміни характеристик у порівнянні із аналогами актуальність нової розробки буде мати упродовж, мінімум, п'яти років.

В результаті впровадження результатів наукової розробки економічний ефект буде розрахований і виражений за допомогою розрахунку різниць

виготовлення браку між базовою технологією виготовлення і новою, а кількість одиниць реалізованої продукції збільшиться: протягом першого року – на 3000 шт., протягом другого року – ще на 2500 шт., протягом третього року – ще на 1500 шт., протягом четвертого року – ще на 1000 шт., протягом п'ятого року – ще на 500 шт.

Розрахунок проводимо за формулою:

$$\Delta E = (N_i \times b_i \times S_i) - (N_n \times b_n \times S_n), \quad (3.11)$$

де N_i ; N_n – кількість одиниць реалізованої продукції протягом певного часу, котра виготовлена базовою і новою технологією відповідно;

b_i ; b_n – відсоток браку за базовою і новою технологіями відповідно;

S_i ; S_n – собівартість розробки за базовою і новою технологією відповідно.

Збільшення економічного ефекту протягом першого року (значення ділимо на два, оскільки прибуток отримується із середини року):

$$\Delta E_1 = (7000 * 0,5 * 20) - (7000 * 0,05 * 20) = 63000 \text{ (грн.)}$$

Збільшення економічного ефекту протягом другого року:

$$\Delta E_2 = (9500 * 0,5 * 20) - (9500 * 0,05 * 20) + \Delta E_1 = 148500 \text{ (грн.)}$$

Збільшення економічного ефекту протягом третього року:

$$\Delta E_3 = (11000 * 0,5 * 20) - (11000 * 0,05 * 20) + \Delta E_2 = 247500 \text{ (грн.)}$$

Збільшення економічного ефекту протягом четвертого року:

$$\Delta E_4 = (12000 * 0,5 * 20) - (12000 * 0,05 * 20) + \Delta E_3 = 355500 \text{ (грн.)}$$

Збільшення економічного ефекту протягом п'ятого року:

$$\Delta E_5 = (12500 * 0,5 * 20) - (12500 * 0,05 * 20) + \Delta E_4 = 468000 \text{ (грн.)}$$

3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт:

Розраховують теперішню вартість інвестицій PV, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів дослідження, що складає 101673 (грн.).

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$.

Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (3.12)$$

де ПП – приведена вартість економічного ефекту, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ЗВ$, грн.

У свою чергу, приведена вартість економічного ефекту ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^m \frac{\Delta E_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (3.13)$$

де ΔE – збільшення економії у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, (грн.);

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

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

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

Якщо $E_{\text{абс}} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{\text{абс}} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Домовимося, що ставка дисконтування τ дорівнює 0,1.

Отримаємо:

$$ПП = \frac{63000}{(1+0,1)^1} + \frac{148500}{(1+0,1)^2} + \frac{247500}{(1+0,1)^3} + \frac{355500}{(1+0,1)^4} + \frac{468000}{(1+0,1)^5} = 899353 \text{ (грн.)}$$

$$\text{Тоді } E_{\text{абс}} = 899353 - 101673 = 797680 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Відносна (щорічна) ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складе:

$$E_{\epsilon} = T_{\text{ж}} \sqrt[5]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{797680}{101673}} - 1 = 0,54 \text{ або } 54 \%., \quad (3.16)$$

Оскільки $E_{\text{в}} = 54\% > \tau_{\text{мін}} = 0,3 = 30\%$, то інвестора може бути зацікавлений у вкладенні грошей в дану наукову розробку.

Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_{\text{в}}}. \quad (3.17)$$

Якщо $T_{\text{ок}} < 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування.

Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ складе:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{0,54} = 1,83 \text{ року,}$$

що свідчить про можливу доцільність фінансування даної наукової розробки.

3.5 Висновки до розділу

1. На основі економічних розрахунків було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на вдосконалення параметрів технологічного процесу що складає 64054 грн., на його реалізацію та впровадження – 101673 грн., а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення – 197%.

2. Визначено капітальні витрати на розробку нового технологічного процесу, витрати на основну заробітну плату розробників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію та матеріали, що складає 27254 грн..

3. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, спрогнозовано комерційний ефект від впровадження результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності.

4. За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно виправданою, тому що ефективність вкладених інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складає 54% – тому інвестор буде зацікавлений у вкладанні грошей в розробку, а також термін окупності вкладених у розробку і реалізацію проекту інвестицій складає приблизно 1,83 року, що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

В даній роботі розглядаються основні принципи конструювання робочого місця, де виконувалась робота. До обладнання для роботи входять робочі столи та обчислювальна техніка.

Можливий вплив на працівників небезпечних та шкідливих виробничих факторів. До небезпечних виробничих факторів відносять фактори, вплив яких на працюючих приводять до травм, а до шкідливих – фактори, які приводять до захворювання.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за природою дії на фізичні, хімічні, психофізіологічні та біологічні.

В приміщенні на працівників діють тільки дві групи небезпечних та шкідливих виробничих факторів - фізичні та психофізіологічні.

До групи фізичних небезпечних факторів відносять такі підгрупи небезпечної дії:

- підвищена чи понижена температура повітря, вологість повітря, рухомість повітря;

- недостатність природного освітлення освітлення робочого місця.

Групу психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів по характеру дії поділяють на такі підгрупи: фізичні та нервово-психічні перевантаження. До фізичних перевантажень відносять – статичне ; до нервово-психічних – монотонність праці, розумові навантаження, емоційні перевантаження.

4.2 Виробнича санітарія

Визначається як система організаційних, технічних засобів, які запобігають або зменшують дію на робітників шкідливих факторів.

По санітарним нормам на одного працюючого повинно припадати не менше $S = 6 \text{ м}^2$ виробничої площі та $V = 15 \text{ м}^3$ об'єму, при кількості персоналу до 20 чоловік.

Без врахування обладнання в нашій аудиторії на одну людину припадає $S = 5 \text{ м}^2$ та $V = 14 \text{ м}^3$, без врахування обладнання. Враховуючи площу обладнання, одержимо $S = 4,4 \text{ м}^2$ та $V = 12,8 \text{ м}^3$.

4.2.1 Мікроклімат

Показниками, які характеризують мікроклімат згідно ГОСТ 12.1.005-88 є: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційно для робочих місць.

Категорія робіт: легка 1б. До даної категорії відноситься робота, що виконується сидячи і не потребує переміщення ваги. Витрата енергії складає: $(150-200 \text{ ккал/год})$ Робоче місце постійне.

Таблиця 4.1 – Нормалізовані значення кліматичних показників у приміщенні згідно ГОСТ 12.1.005-88

Період року	Категорії праці	Температура					Відносна вологість		Швидкість руху	
		оптимальна	max		min		оптимальна	допустима не більше	оптимальна не більше	допустима не більше
			пост.	непост.	пост.	непост.				
Холодний	Легка 1б	21-23	25	27	20	17	40-60	75	0,1	0,2
Теплий	Легка 1б	22-24	28	29	21	18	40-60	24° С-75 25° С-70 26° С-65 27° С-60 28° С-55	0,2	0,1-0,3

Інтенсивність теплового випромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлювальних пристроїв на

постійних робочих місцях не повинна перевищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні 25% поверхні тіла.

Температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочому місці приміщення повинна відповідати нормам, вказаним в таблиці 4.1.

В приміщенні повинні підтримуватись оптимальні параметри мікроклімату. Так як робота пов'язана з нервово-емоційною напругою.

В холодну пору року в приміщенні застосовується комбіноване опалення.

Системи опалення, вид і параметри теплоносія передбачаються з урахуванням теплової інерції огорожуючи конструкцій і у відповідності з характером і призначенням споруд і будівель по СНіП 11-33-75. Згідно цього вибираємо водяне опалення, для даного приміщення розташування радіаторів приймаємо на стінах або в нішах стін, коли стіни не несуть основних навантажень.

Для очищення повітря в приміщенні застосовується вентиляційна система – природна (неорганізована).

При природній вентиляції повітрообмін проходить внаслідок різниці температур повітря в приміщенні і зовні, а також в результаті дії повітря. В якості природної вентиляції використовуємо неорганізовану вентиляцію при якій попадання або видалення повітря проходить через нещільності і пори зовнішніх огорожень, через вікна.

4.2.2 Освітлення

Освітлення в приміщенні аудиторії природне та штучне. Природне освітлення через бокові вікна розмірами $1,5 \times 2,5 \text{ м}$.

Вимоги та норми освітлення встановлюються СНіП II-4-79. При виконанні в приміщенні робіт IIб розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E = 2000 \text{ (лк)}$.

Характеристика зорової роботи – високої точності; найменший розмір об'єкту від 0,15 (мм) до 0,3 (мм); розряд та під розряд зорової роботи IIб; освітленість при комбінованому освітленні 2000 (лк)

Місцеве освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого освітлення повинно складати 10(%) від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовуються для місцевого освітлення. При цьому найменші і найбільші значення освітленості приймаються згідно таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Норми штучного освітлення в приміщенні

Лампи	Освітленість від світла заг. освітл. в системі комбінов.,лк	
	Найбільша	найменша
Газорозрядні	500	150
Розжарювання	100	50

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити, як правило, газорозрядні лампи незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення. При проектуванні загального освітлення (незалежно від системи освітлення) на підставі техніко-економічних розрахунків, слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинно перевищувати для робіт I - III розрядів при люмінесцентних лампах 1,5; при інших джерелах світла – 2.

Розрахунок природного освітлення.

Попередній розрахунок площі світлових проїомів проводимо по бічному освітленні приміщення за формулою:

$$S_0 = \frac{e_n \cdot K_3 \cdot K_{зд} \cdot \xi_0 \cdot S_n}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, [M^2] \quad (4.1)$$

де S_0 – площа світлових проїомів, (M^2);

$S_n = 20 \cdot 40 = 800 (M^2)$ – площа полу приміщення;

K_3 – коефіцієнт запасу, приймається $K_3 = 1,3$, та як роботи виконуються в приміщенні;

ξ_0 – світлова характеристика вікна, приймаємо $\xi_0 = 20,5$, так як відношення $l_n / B = 40 / 6 = 6.7$;

$K_{зд}$ – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон навпроти стоячими будівлями, приймаємо $K_{зд} = 1.1$, так як затемнення вікон навпроти стоячими будівлями $P/H_{зд} = 2$;

$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$ - коефіцієнт світлопропускання;

τ_1 - коефіцієнт світло пропускання матеріалу, приймаємо $\tau_1 = 0,9$, так як вид світлопропускаючого матеріалу - органічне прозоре скло.

τ_2 - коефіцієнт, що враховує витрати світла в рамках світло прийому; приймаємо $\tau_2 = 0,6$, так як рами для вікон та фонарів подвійні (розділені);

τ_3 - коефіцієнт, що враховує витрати світла у несучих конструкціях, $\tau_3 = 1$ при бічному освітленні;

τ_4 - коефіцієнт, що враховує витрати світла у сонцезахисних пристроях, $\tau_4 = 1$ при регулюючих жалюзях і шторах;

τ_5 - коефіцієнт, що враховує витрати світла у запитній сітці, $\tau_5 = 0,9$. r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО, приймаємо $r_1 = 4.45$.

Отже, $\tau_0 = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,486$.

$$S_0 = \frac{1,26 \cdot 1,3 \cdot 20,5 \cdot 1,1}{0,486 \cdot 4,45 \cdot 100} \cdot 800 = 59 (M^2).$$

Розрахунок коефіцієнта природного освітлення при бічному освітленні виконуємо за формулою:

$$e_p^B = (E_{\delta} \cdot q + E_{зд} \cdot R) \cdot r \cdot \frac{\tau_0}{K_3} \quad (4.2)$$

де E_{δ} – геометричний КЕО, який враховує пряме світло неба: $E_{\delta} = 0,01 (n_1 - n_2)$,

де n_1 – кількість променів на поперечному перерізі, по графіку І А.М. Данилюка $n_1 = 0,5$;

n_2 - кількість променів у плані приміщення, $n_2 = 33$;

q – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість захмареного неба, приймаємо $q = 0,5$. $E_{зд}$ - геометричний КЕО, що враховує світло, яке відбивається від навпроти стоячих будівель: $E_{зд} = 0,01(n_1 - n_2)$,

де n_1 – кількість променів від навпроти стоячої будівлі на поперечному перерізі, за графіком І А.М. Данилюка приймаємо $n_1 = 0,2$;

n_2 – кількість променів у плані приміщення, за графіком ІА.М. Данилюка приймаємо $n_2 = 25$;

R – коефіцієнт, що враховує відносну яскравість навпроти стоячої будівлі; в залежності від оздоблювального матеріалу фасаду навпроти стоячої будівлі (цегла) та її індексу в плані:

$$Z_1 = \frac{Hl}{(h+l)h_1} = \frac{4 \cdot 19}{(10 + 19) \cdot 4} = 0,65. \quad (4.3)$$

де коефіцієнт $R = 0,205$. Отже: $E = 0,01 \cdot (0,5 \cdot 33) = 1,05 (\%)$;

$E = 0,01(0,2 \cdot 25) = 0,5 (\%)$; $e_p^B = (1,05 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,255) \cdot 4,45 \frac{0,468}{1,3} = 1,4 (\%)$.

Таким чином:

$e_p^B = 1,4 (\%) > e_n = 1,26 (\%)$, отже вибрані розміри світлових проїомів забезпечують вимоги нормативів по природному освітленню приміщення.

4.2.3 Шум

Походження шумів у даному приміщенні пов'язано з роботами у прилеглих приміщеннях. Дані в таблиці 4.4 відповідають виду трудової діяльності, що потребує сконцентрованості над виконанням всіх видів робіт на постійних робочих місцях.

Таблиця 4.4 – Граничні значення звукового тиску відповідно до ГОСТ 12.1.003 - 83

Рівні звукового тиску в октавним полосах з середньо-геометричними частотами									Еквівалентні рівні звуку в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
93	76	70	63	59	54	51	50	40	60

Для захисту від шуму у приміщенні аудиторії, який виникає від неякісної роботи оргтехніки слід застосувати столи з спеціальним відділенням для встановлення системних блоків.

Зниження шуму на шляху його розповсюдження в значній мірі досягається проведенням будівельне акустичних заходів з застосуванням звукоізолюючих перегородок між приміщеннями.

4.2.4 Вібрації (ГОСТ 12.1.012-90)

Причиною збудження вібрацій в приміщенні є вібрації, виникаючі при роботі обчислювальних машин і агрегатів, які знаходяться в прилеглих приміщеннях.

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому приміщенні присутня вібрація типу - Зв. Тобто це вібрація на робочих місцях працівників розумової праці і персоналу, що не зайняті фізичною працею. Дані характеристики наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика вібраційних умов праці

Категорія вібрації по санітарним нормам і критеріям	Характеристики умов праці	Приклад джерел вібрації
Зв комфорт	Вібрація на робочих місцях працівників розумової праці, персоналу, що не зайняті розумовою працею	Обладнання прилеглих приміщень

Для зменшення шкідливої дії вібрації слід встановлювати джерела виникнення вібрації на віброізолюючі опори, а також гнучкі вставки в комунікаціях повітроводів.

4.3 Техніка безпеки

В приміщенні проводять наукові роботи, різного роду розробки, розрахунки, виконують креслення та інше.

Робочі місця мають розташовуватись так, щоб забезпечити зручні умови праці працюючих. Проходи повинні бути достатньої ширини, щоб можна було пройти не заважаючи працівникам.

Для притоку свіжого повітря використовується природна вентиляція. В холодний період року використовується система водяного опалення з радіаторами.

4.3.1 Електробезпека

В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори:

- а) наявність електричних розеток;
- б) наявність освітлювальних пристроїв;
- в) наявність оргтехніки.

Виходячи з перелічених факторів згідно ГОСТ 2.1.030-81 вибираємо спосіб захисту – занулення.

Вимоги до електрообладнання: обладнання занулене, що забезпечує захист від ураження електричним струмом. Відповідністю з ПУЕ занулення застосовується і являється ефективною мірою захисту електрообладнання.

4.4 Пожежна безпека

По пожежонебезпеці приміщення відноситься до категорії Д. До категорії Д належать всі приміщення, а також механічні майстерні, цехи холодної обробки металу, повітрорудувні станції, склади металу.

По ступені вогнестійкості відповідно до СНиП 2.01.02-85 будівля відноситься до II ступені вогнестійкості. Це будівлі із несучими і конструкціями, захищають, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону з застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів у покриттях будинків припускається використовувати незахищені сталеві конструкції. У залежності від ступеня вогнестійкості будинків і споруджень встановлені мінімальні межі вогнестійкості будівельних матеріалів і максимальні межі поширення вогню. В таблиці 4.6 вказані мінімальні границі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні границі розповсюдження вогню по них.

Таблиця 4.6 – Мінімальні границі вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості споруди	Мінімальний границі вогнестійкості будівельних конструкцій, год; максимальні границі розповсюдження вогню по ним, м				
	Стіни		Колони	Плити, настили	Балки, ферми, арки, рамки
	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі	Несучі		
II	0,25/0	0,25/0	2,0/0	0,75/0	0,25/0

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу з приміщення безпосередньо назовні приведена в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Максимальна відстань до найближчого евакуаційного проходу

Розміщення виходу	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості споруди	Відстань, м, при щільності людського потоків в загальному проході, люд/м ²			
			до 2	від 2 до 3	від 3 до 4	від 4 до 5
Між двома виходами назовні або сходовими клітками	Д	II	180	140	120	100
Із глухого коридора			30	25	20	15

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщенні споруди, через евакуаційні виходи.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Кількість евакуаційних виходів і будівель слід приймати не менше двох.

Засоби гасіння пожеж:

- вогнегасник;
- водопровід з високим тиском води;
- обладнані протипожежні крани.

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.3.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

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

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

Специфічність дії іонізуючого випромінювання полягає в тому, що інтенсивність хімічних реакцій, індукованих вільними радикалами, підвищується, й у них втягуються багато сотень і тисячі молекул, не порушених опроміненням. Таким чином, ефект дії іонізуючого випромінювання зумовлений не кількістю поглинутої об'єктом, що опромінюється, енергії, а формою, в якій ця енергія передається. Ніякий інший вид енергії (теплова, електрична та ін.), що поглинається біологічним об'єктом у тій самій кількості, не призводить до таких змін, які спричиняє іонізуюче випромінювання.

4.3.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

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

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{7,5} = 1,24 \text{ мР}, \quad (4.4)$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

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

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

$K_{\text{noc}}=7,5$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації:

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,75 \cdot 7,5}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,72 \text{ мР / год} \quad (4.5)$$

Оскільки можлива доза опромінення $D_M > D_{\text{доп}} (1,24 > 0,75)$ та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\text{max}} > p_{\text{гр}} (1,2 > 0,72)$ перевищують допустимі норми, тому робота в режимі 2 зміни по 12 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

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

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} = \frac{0,75 \cdot 7,5}{1,33 \cdot 1,2} = 3,52 \quad (4.6)$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_{\text{п}} = 1$ год. Для 1-ї скороченої зміни: $t_{\text{п1}} = 1$ год,

Час закінчення роботи зміни:

$$t_{k1} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 7,5 + 1,33 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,2} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,4 \approx 7 \text{ год} . \quad (4.7)$$

Тривалість роботи зміни:

$$t_{\text{п1}} = t_{k1} - t_{\text{п1}} = 7 - 1 = 6 \text{ (год)}. \quad (4.8)$$

Можлива доза опромінення зміни:

$$D_{\text{м1}} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot \left(\sqrt[4]{7^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)}{7,5} = 0,725 \text{ мР} . \quad (4.9)$$

Для 2-ї зміни:

$$t_{п2} = t_{п1} + t_{р1} = 1 + 6 = 7 \text{ (год)}.$$

Час закінчення роботи зміни:

$$t_{к2} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{п2}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 7,5 + 1,33 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[4]{7^3}}{1,33 \cdot 1,2} \right)^{\frac{4}{3}} = 15,43 \approx 15 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни:

$$t_{р2} = t_{к2} - t_{п2} = 15 - 7 = 8 \text{ (год)}.$$

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м2} = \frac{1,33 \cdot p_{1max} \cdot (\sqrt[4]{t_{к2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3})}{K_{носп}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot (\sqrt[4]{15^3} - \sqrt[4]{7^3})}{7,5} = 0,73 \text{ мР}.$$

Для 3-ї зміни:

$$t_{п3} = t_{п2} + t_{р2} = 7 + 8 = 15 \text{ (год)}.$$

Час закінчення роботи зміни:

$$t_{к3} = \left(\frac{D_{дон} \cdot K_{нос} + 1,33 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_{п3}^3}}{1,33 \cdot p_{1max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 7,5 + 1,33 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[4]{15^3}}{1,33 \cdot 1,2} \right)^{\frac{4}{3}} = 24,69 \approx 24,5 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни:

$$t_{р3} = t_{к3} - t_{п3} = 24,5 - 15 = 9,5 \text{ (год)}.$$

Можлива доза опромінення зміни:

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot (\sqrt[4]{24,5^3} - \sqrt[4]{15^3})}{7,5} = 0,74 \text{ мР}.$$

Для 4-ї зміни:

$$t_{п4} = t_{п3} + t_{р3} = 15 + 9,5 = 24,5 \text{ (год)}.$$

Час закінчення роботи зміни:

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 7,5 + 1,33 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[4]{24,5^3}}{1,33 \cdot 1,2} \right)^{\frac{4}{3}} = 35,1 \approx 35 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни:

$$t_{р4} = t_{k4} - t_{п4} = 35 - 24,5 = 10,5 \text{ (год)}.$$

Можлива доза опромінення зміни:

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot (\sqrt[4]{35^3} - \sqrt[4]{24,5^3})}{7,5} = 0,74 \text{ мР}.$$

Для 5-ї зміни:

$$t_{п5} = t_{п4} + t_{р4} = 24,5 + 10,5 = 35 \text{ (год)}.$$

Час закінчення роботи зміни:

$$t_{k5} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 7,5 + 1,33 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[4]{35^3}}{1,33 \cdot 1,2} \right)^{\frac{4}{3}} = 46,42 \approx 46 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни:

$$t_{p5} = t_{k5} - t_{п5} = 46 - 35 = 11 \text{ (год)}.$$

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{п5}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot (\sqrt[4]{46^3} - \sqrt[4]{35^3})}{7,5} = 0,735 \text{ мР}.$$

Для 6-ї зміни:

$$t_{п6} = t_{п5} + t_{p5} = 35 + 11 = 46 \text{ год}.$$

Час закінчення роботи зміни:

$$t_{k6} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 7,5 + 1,33 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[4]{46^3}}{1,33 \cdot 1,2} \right)^{\frac{4}{3}} = 58,03 \approx 58 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни:

$$t_{p6} = t_{k6} - t_{п6} = 58 - 46 = 12 \text{ год}.$$

Можлива доза опромінення зміни:

$$D_{m6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{п6}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,2 \cdot (\sqrt[4]{58^3} - \sqrt[4]{46^3})}{7,5} = 0,75 \text{ мР}.$$

Згідно проведеного розрахунку роботу в дві зміни на підприємстві можна буде розпочинати через 35 год. після радіоактивного забруднення.

Крім того для захисту працівників в таких умовах роботи доцільно вжити такі додаткові заходи: незайнятих на виробництві працівників евакуювати; укрити зміну, що знаходиться на відпочинку в сховищі; забезпечити працівників засобами індивідуального захисту; систематично

проводити прибирання у виробничих приміщеннях; провести герметизацію виробничого приміщення та встановити протипилові фільтри у вентиляційну систему; провести йодну профілактику персоналу; максимально обмежити пересування працівників по відкритій місцевості.

4.6 Висновки до розділу

1. Виконано аналіз умови праці, основні принципи конструювання робочого місця та створення сприятливого мікроклімату. Визначено можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів та їх класифікацію.

2. Приведені заходи по техніці безпеки, їх класифікація та можливі наслідки. Проаналізовано вимоги до обладнання, виробничої санітарії та сприятливого мікроклімату робочого місця. Приведені розрахунки, які визначили ступінь освітленості робочого місця.

3. Проаналізовано вплив вібрацій, причини виникнення, методи та засоби боротьби з шкідливим фактором. Визначено ступінь пожежної безпеки, евакуаційні виходи та засоби гасіння при надзвичайній ситуації.

4. Розглянуто вплив іонізуючого випромінювання на організм людини, небезпечні фізико-хімічні процеси, які впливають на характер подальшої життєдіяльності людини.

5. Проведенні розрахунки режимів радіаційного захисту, визначено допустиму дозу радіаційного опромінення та заходи боротьби з небезпечним ураженням.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено сучасний стан проблеми підвищення якості виготовлення деталі "Кришка радіатора" на операції витягування. Побудовано модель процесу та визначено основні параметри операції. Встановлено взаємозв'язок між геометричними параметрами заготовки, матриці, пуансона та пошкодженням матеріалу деталі.

Розроблена методика математичного моделювання за допомогою програми «Deform-3D», яка дозволила виконати дослідження процесів витягування деталей коробчастих форм.

На основі математичного моделювання процесу витягування деталі «Кришка радіатора» запропоновано модернізувати розміри заготовки та елементи штампової оснастки – внутрішній діаметр заготовки 29 мм, зовнішній діаметр заготовки 64 мм, радіус заокруглення пуансону – 5 мм, зазор між матрицею і пуансоном – 1,8 мм.

В результаті зміни розмірів заготовки очікувана кількість браку зменшується з 22% до 3,5%.

На основі економічних розрахунків було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на вдосконалення параметрів технологічного процесу що складає 64054 грн., на його реалізацію та впровадження – 101673 грн., а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення – 197%.

Визначено капітальні витрати на розробку нового технологічного процесу, витрати на основну заробітну плату розробників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію та матеріали, що складає 27254 грн..

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, спрогнозовано комерційний ефект від впровадження результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності.

За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно виправданою, тому що ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складає 54% – тому інвестор буде зацікавлений у вкладанні грошей в розробку, а також термін окупності вкладених у розробку і реалізацію проекту інвестицій складає приблизно 1,83 року, що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

Виконано аналіз умови праці, основні принципи конструювання робочого місця та створення сприятливого мікроклімату. Визначено можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів та їх класифікацію.

Приведені заходи по техніці безпеки, їх класифікація та можливі наслідки. Проаналізовано вимоги до обладнання, виробничої санітарії та сприятливого мікроклімату робочого місця. Приведені розрахунки, які визначили ступінь освітленості робочого місця.

Проаналізовано вплив вібрацій, причини виникнення, методи та засоби боротьби з шкідливим фактором. Визначено ступінь пожежної безпеки, евакуаційні виходи та засоби гасіння при надзвичайній ситуації.

Розглянуто вплив іонізуючого випромінювання на організм людини, небезпечні фізико-хімічні процеси, які впливають на характер подальшої життєдіяльності людини.

Проведенні розрахунки режимів радіаційного захисту, визначено допустиму дозу радіаційного опромінення та заходи боротьби з небезпечним ураженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Келип С. М. Виготовлення вісесиметричної деталі з центральним отвором і відбортовкою. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/viewFile/6272/5173>
2. Демьяненко Е.Г., Попов И.П. Технология листовой штамповки. Ч.І. Учебник для вузов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 112 с.
3. Ильин Л.Н., Семенов И.Е. Технология листовой штамповки: Учебник для вузов. — М.: Дрофа, 2009. — 475 с.
4. Скрипачев А.В. Вытяжка листового материала: Учебно-методическое пособие. — Тольятти: ТГУ, 2016. — 51 с.
5. Беляев В.А. Холодная листовая штамповка: Учебное пособие. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2008. - 128 с
6. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 118 с.
7. Писаренко В. Г. Вплив різнотовщинності листових зразків для випробувань на розтяг на поверхню граничних деформацій [Текст] / В. Г. Писаренко, В. В. Савуляк, В. Є. Білічкіна // Проблеми трибології. – 2014. – № 4. – С. 106–111.
8. Савуляк В. В. Оцінка розсіювання значення використаного ресурсу пластичності для процесів обробки тиском листових матеріалів / В. В. Савуляк, В. Г. Писаренко, Р. О. Мордач, М. О. Мордач // Наукові нотатки. - 2016. - Вип. 54. - С. 268-272. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_54_50
9. Козловський В.О. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75 с.

10. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении / Е. Я. Юдин. М.: Машиностроение, - 1983. – 432 с.

11. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах (друге видання). Навчальний посібник./ В. Ф. Сакевич, М. А. Томчук – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 141 с.

ДОДАТКИ

**Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту**

**Магістерська кваліфікаційна робота
на тему
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КРИШКА РАДІАТОРА»
08-26.МКР.11.000.000.ПЗ**

**Виконав: студент 2 курсу,
групи 2ПМ-18м
спеціальності 131 –
«Прикладна механіка»
Келип С.М.
Керівник: к.т.н., доцент
Савуляк В.В.**

Вінниця ВНТУ 2019

Метою роботи є зменшення кількості браку, що виникає в процесі холодного витягування вісесиметричної деталі з центральним отвором за рахунок уточнення геометричних параметрів заготовки та інструменту.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- дослідити сучасний стан проблеми та виявити впливу основних параметрів на напружений стан виробу в процесі холодного витягування вісесиметричної деталі;
- змоделювати процес витягування деталі «Кришка радіатора»;
- встановити взаємозв'язок між геометричними параметрами заготовки, матриці і пуансона з пошкодженнями, які виникають на циліндричній частині деталі під час процесу холодного витягування.

Об'єкт дослідження: процеси холодного пластичного деформування.

Предмет дослідження: напружений стан заготовки в процесі холодного пластичного витягування.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження холодного пластичного деформування виконані за допомогою методу прикладної теорії пластичності. Експериментальні дослідження виконані на стандартному обладнанні на підприємстві ПрАТ "Вінницький завод "Маяк" та за допомогою програмного забезпечення «Defor3D».

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено залежність напруженого стану деталі під час виготовлення від габаритних розмірів заготовки;
- отримано закономірності впливу радіуса заокруглення пуансона, зазору між пуансоном і матрицею на пошкодженість матеріалу заготовки.

Практичне значення одержаних результатів:

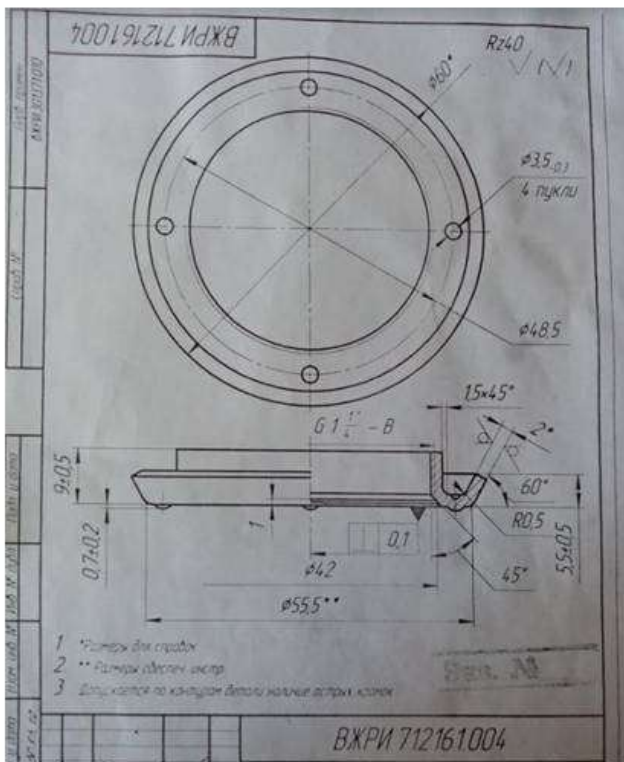
- Розроблені рекомендації щодо вибору розмірів заготовки та геометричних параметрів пуансона та зазору між матрицею і пуансоном;
- Отримано рівняння регресії, що пов'язує пошкодженість матеріалу і геометричні характеристики заготовки та штампу.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дослідження були отримані самостійно автором. Мета та завдання дослідження узгоджені з науковим керівником.

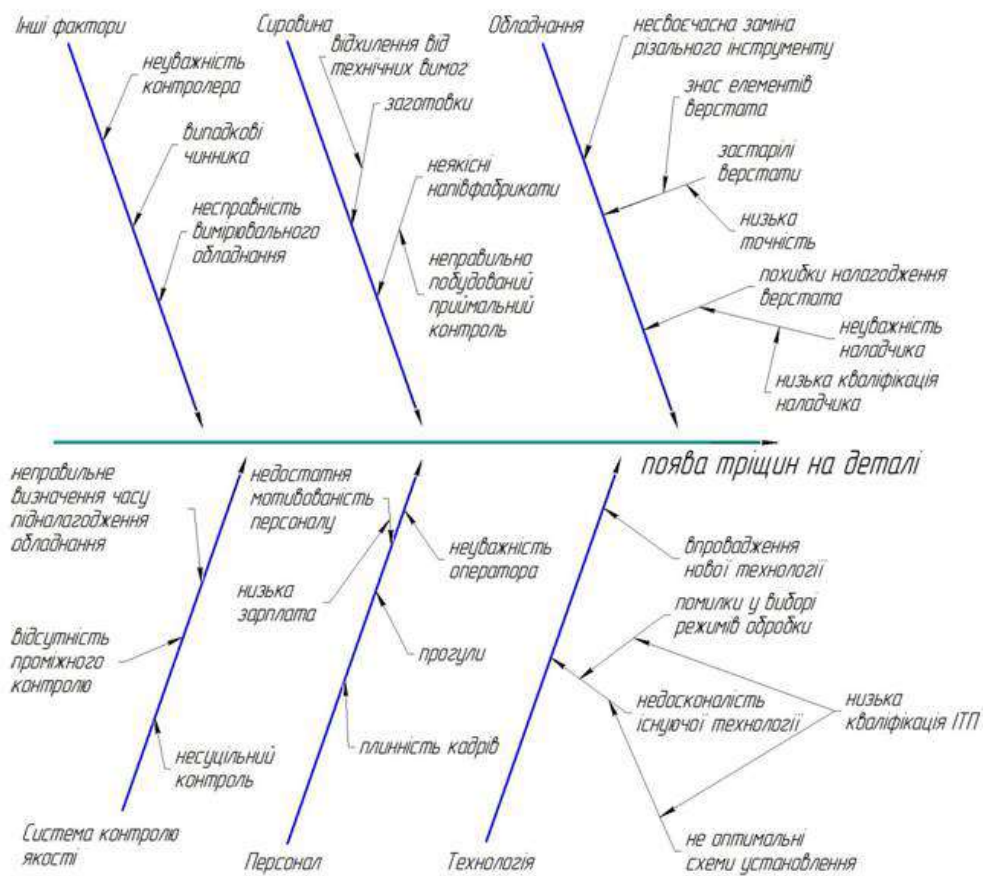
Апробація результатів. Основні матеріали роботи доповідались на XLVII науково-технічній конференції ВНТУ, регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників в науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області.

Публікації. Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах доповідей науково-технічної інтернет-конференції "Молодих вчених ВНТУ" [5].

Заводське креслення, 3Д-модель та фотографія реальної деталі “Кришка радіатора”



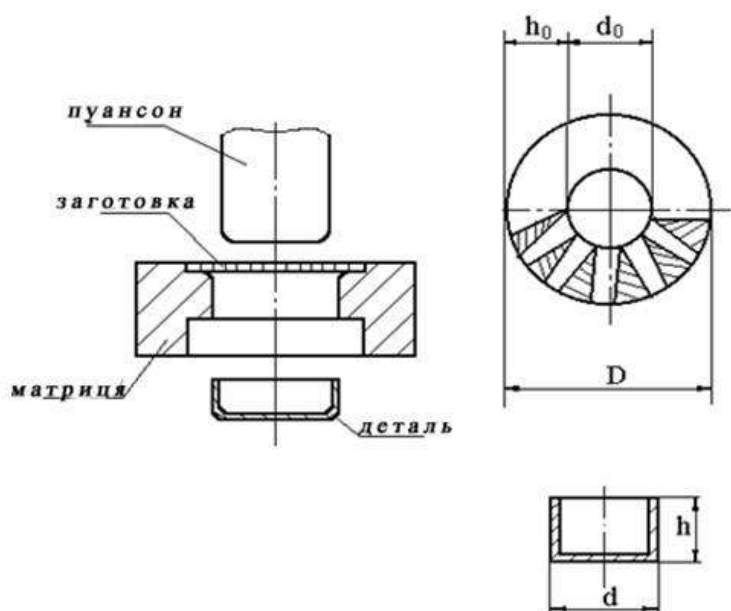
Причинно-наслідкова діаграма аналізу появи тріщин на деталі "Кришка радіатора"



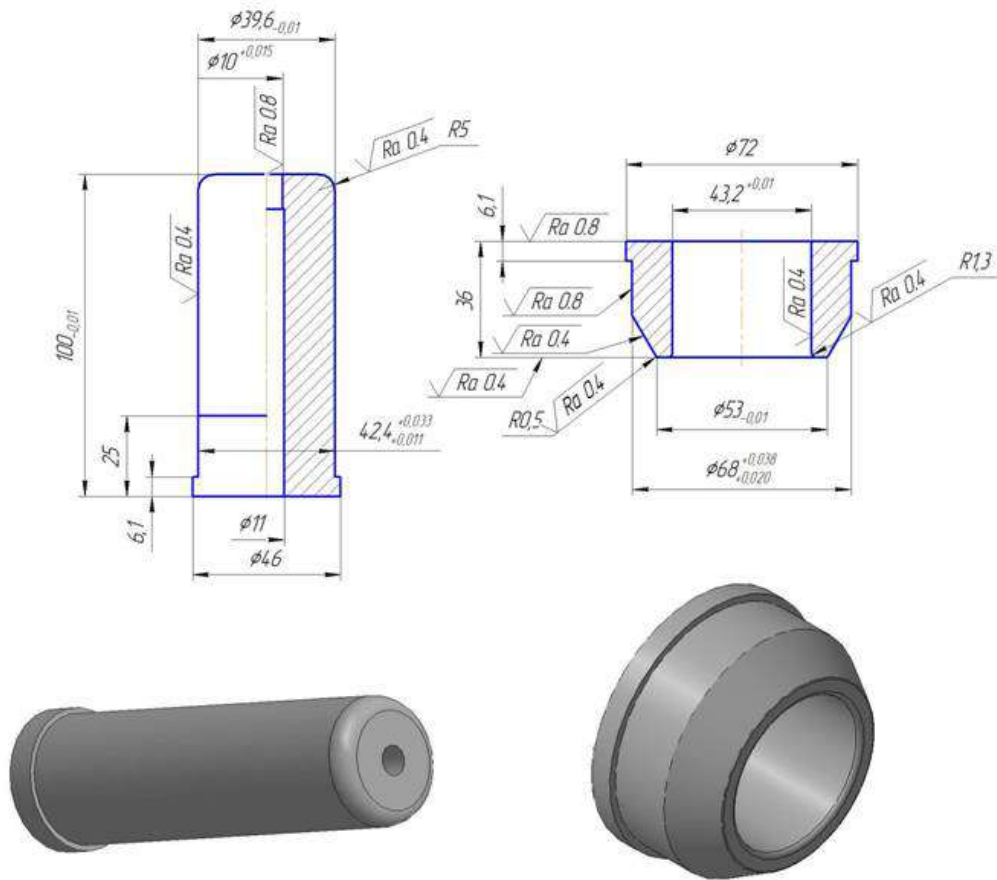
Базовий технологічний процес

Загальна схема витягування коробчастих деталей

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Хід повзуна	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	Розрізати лист на полоси шириною 69×1250 мм	-	Ножиці листові кривошипні НЗ118Б
010	Комбінована	Пробити отвір Ø62,4 під розбортовку і вирубати контур деталі	30	Прес КД2326
015	Формувальна	Формувати деталь, отвір під різь витримуючи розміри згідно ескізу	50	Прес К2330Б
020	Формувальна	Формувати 4 пукці за 1 удар	40	Прес КД2322
025	Контрольна	Перевірити марку матеріалу та розміри		



Ескізи та тривимірні моделі пуансона і пуансона-матриці, які використовують в базовій технології



Спрощена модель деформування заготовки

Скінчено-елементна модель заготовки

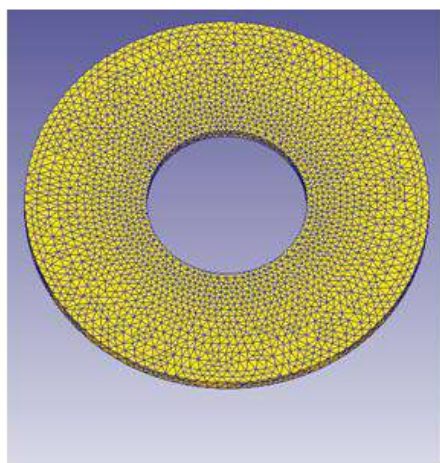
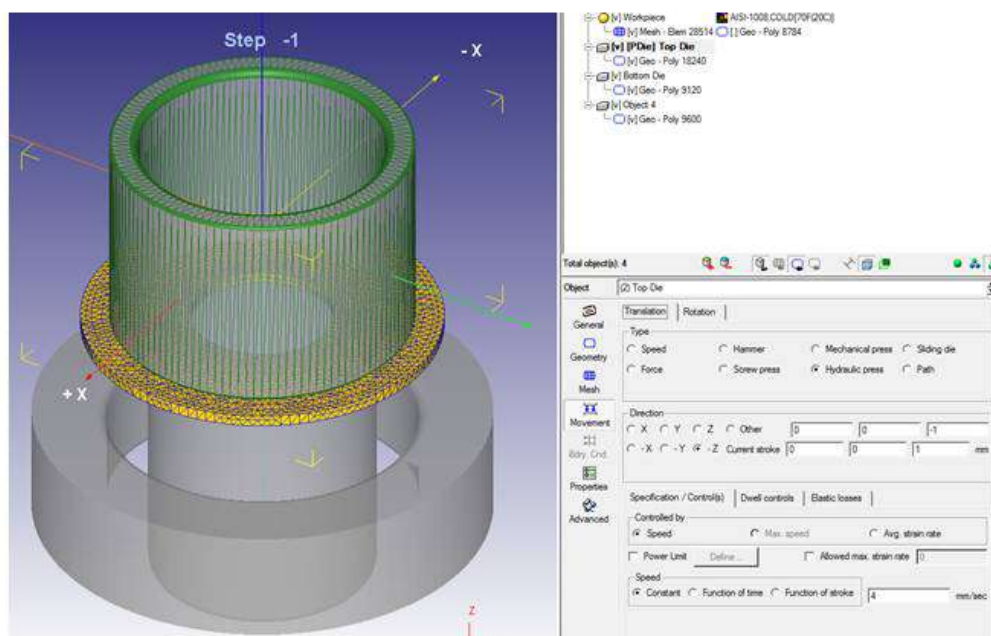


Схема задання руху матриці-пуансона



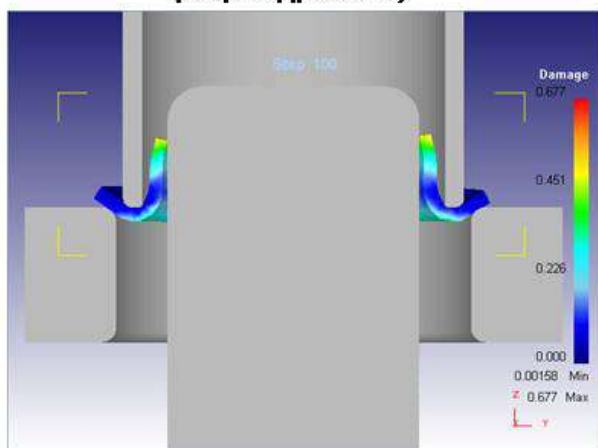
Результати імітаційних розрахунків пошкодженості матеріалу деталі "Кришка радіатора" при різних параметрах процесу витягування (діаметр пуансону – 39,6 мм, товщина листа заготовки – 2 мм, хід матриці-пуансону – 20 мм)

№ п/п	Внутрішній діаметр заготовки, мм	Зовнішній діаметр заготовки, мм	Радіус заокруглення пуансону, мм	Засор між матрицею і пуансоном, мм	Пошкодженість матеріалу заготовки	Максимальна інтенсивність напружень, МПа	Відповідність формі деталі
1	2	3	4	5	6	7	8
1	10	59	5	1,8	0,134	567	деталь не сформована
2	15	60	5	1,8	0,413	524	деталь не сформована
3	20	62	5	1,8	0,482	557	деталь практично сформована
4	25	63	5	1,8	0,551	564	деталь сформована
5	30	65	5	1,8	0,318	496	деталь сформована
6	35	67	5	1,8	0,186	462	форма деталі не відповідає заданій
7	25	63	2	1,8	0,565	571	деталь сформована
8	25	63	3	1,8	0,55	562	деталь сформована
9	25	63	4	1,8	0,527	557	деталь сформована
10	25	63	6	1,8	0,503	553	деталь сформована
11	25	63	7	1,8	0,515	556	деталь сформована
12	25	63	8	1,8	0,518	556	деталь сформована
13	25	63	5	2	0,508	556	деталь сформована

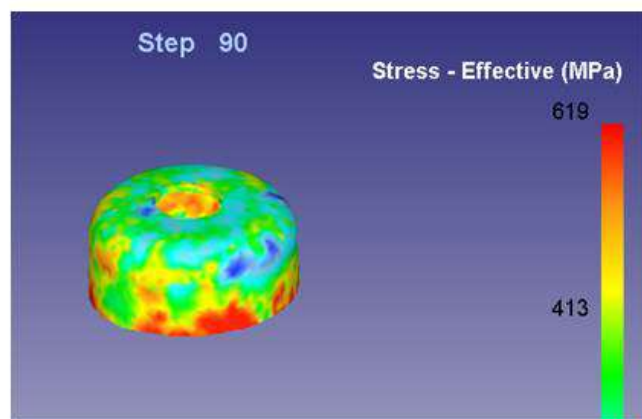
1	2	3	4	5	6	7	8
14	25	63	5	2,5	0,501	553	деталь сформована
15	25	63	5	3	0,509	552	деталь сформована
16	25	63	5	3,5	0,553	567	деталь неправильної форми (овальність)
17	25	63	5	4	0,481	546	деталь неправильної форми (овальність)
18	35	67,9	8	4	0,164	441	деталь не відповідає заданій формі
19	10	59	8	4	0,218	450	деталь не сформована
20	35	67,9	2	4	0,198	446	деталь сформована
21	10	59	2	4	0,223	468	деталь не сформована
22	35	67,9	8	2	0,169	460	деталь сформована
23	10	59	8	2	0,246	452	деталь не сформована
24	35	67,9	2	2	0,345	460	деталь сформована
25	10	59	2	2	0,212	476	деталь не сформована
Розрахунок заготовки з заводськими та модернізованими параметрами							
26	28,3	62,7	5	1,8	0,423	524	деталь сформована
27*	29	64	5	2	0,313	484	деталь сформована

Приклади деталей отриманих в результаті імітаційного моделювання

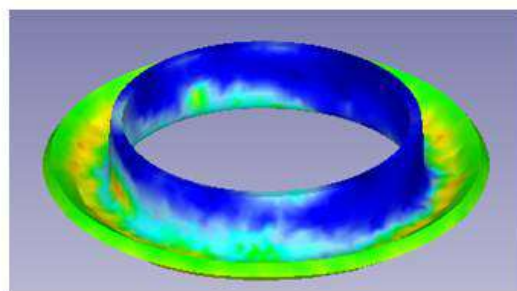
Деталь сформована з відхиленням від форми
(нециліндричність)



Не сформована деталь з торцевою частиною

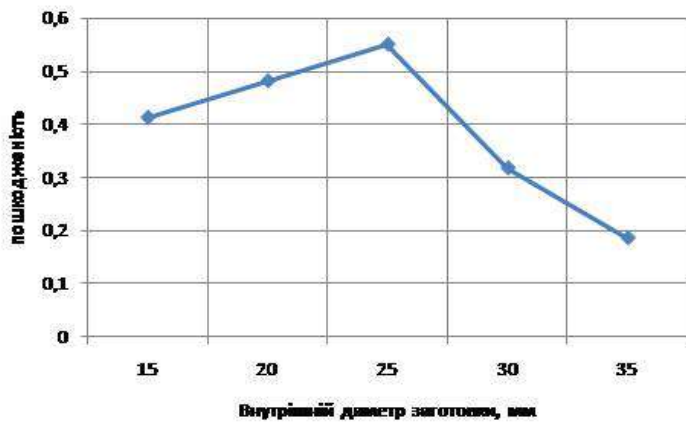


Деталь, що відповідає вимогам по формі

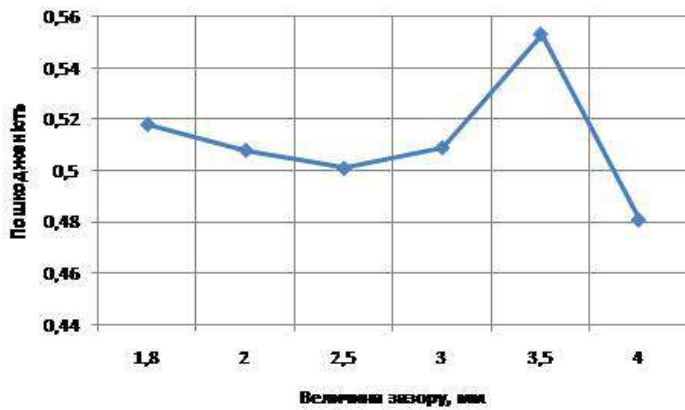
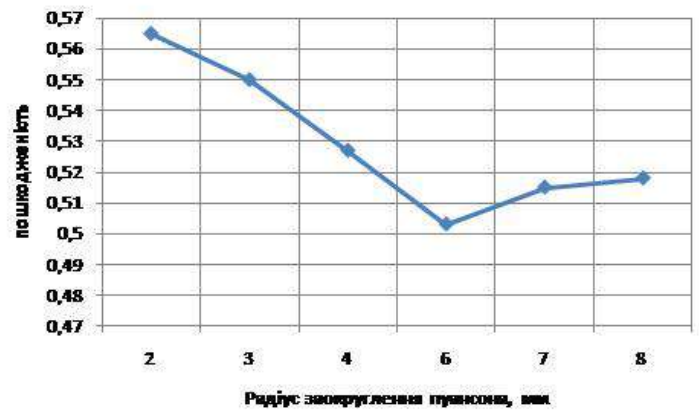


Отримані залежності пошкодженості матеріалу від геометричних параметрів пуансона і заготовки

Залежність пошкодженості матеріалу від внутрішнього діаметра заготовки



Залежність пошкодженості матеріалу від радіуса заокруглення пуансона



Залежність пошкодженості матеріалу від величини зазору між пуансоном і матрицею

На основі вище наведених міркувань та розрахунків рекомендованими до використання на заводі, з урахуванням наявного технологічного процесу та оснащення, є заготовка з зовнішнім діаметром 64 мм, внутрішнім діаметром – 29 мм.

Відповідно до ГОСТ 9045-80 розсіювання параметрів міцності(пластичності) сталі 08кп становить близько 30%. На основі [7,8] та величини інтенсивності деформацій ($\epsilon_p=0,5$) можна сказати, що розсіювання величини пошкодженості буде становити близько 0,6 ($\pm 0,3$). Це означає, що частина деталей партії з середнім рівнем пошкоджень близьким до 0,7 обов'язково матимуть тріщини та дефекти.

Для визначення кількості дефектних деталей у партії, та з метою врахування пошкоджень матеріалу (мікротріщини, надриви) після попередньої операції вирубання вважатимемо, що граничною величиною пошкоджень, які призводять до появи видимих дефектів і браку буде величина пошкоджень 0,8. Оскільки немає домінуючих факторів, що впливають на пластичність матеріалу, його міцність та рівень пошкодженості вважатимемо, що пошкодженість деталі в партії розподілиться за нормальним законом. Визначення кількості браку, у частинах, здійснюється на основі формули закону розподілу Гауса.

Відповідно до прийнятих допущень, розрахункова кількість браку для заводської деталі "Кришка радіатора" визначатиметься виразом

$$P_{\text{браку}} = 0,5 - \Phi((0,5 - 0,423)/0,1) = 0,5 - 0,28 = 0,22.$$

Тобто очікується 22% браку.

Для модернізованого варіанту

$$P_{\text{браку}} = 0,5 - \Phi((0,5 - 0,313)/0,1) = 0,5 - 0,465 = 0,035.$$

Таким чином, в покращеному технологічному процесі очікувана кількість браку становитиме 3,5%.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено сучасний стан проблеми підвищення якості виготовлення деталі "Кришка радіатора" на операції витягування. Побудовано модель процесу та визначено основні параметри операції. Встановлено взаємозв'язок між геометричними параметрами заготовки, матриці, пуансона та пошкодженням матеріалу деталі.

Розроблена методика математичного моделювання за допомогою програми «Defogin-3D», яка дозволила виконати дослідження процесів витягування деталей коробчастих форм.

На основі математичного моделювання процесу витягування деталі «Кришка радіатора» запропоновано модернізувати розміри заготовки та елементи штампової оснастки – внутрішній діаметр заготовки 29 мм, зовнішній діаметр заготовки 64 мм, радіус заокруглення пуансона – 5 мм, зазор між матрицею і пуансоном – 1,8 мм.

В результаті зміни розмірів заготовки очікувана кількість браку зменшується з 22% до 3,5%.

На основі економічних розрахунків було визначено та розраховано юпілорис капітальних витрат на вдосконалення параметрів технологічного процесу що складає 64054 грн., на його реалізацію та впровадження – 101673 грн., а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення – 197%.

Визначено капітальні витрати на розробку нового технологічного процесу, витрати на основну заробітну плату розробників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію та матеріали, що складає 27254 грн..

За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно виправданою, тому що ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складає 54% – тому інвестор буде зацікавлений у вкладанні грошей в розробку, а також термін окупності вкладених у розробку і реалізацію проекту інвестицій складає приблизно 1,83 року, що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

Виконано аналіз умови праці, основні принципи конструювання робочого місця та створення сприятливого мікроклімату. Визначено можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів та їх класифікацію.

Приведені заходи по техніці безпеки, їх класифікація та можливі наслідки. Проаналізовано вимоги до обладнання, виробничої санітарії та сприятливого мікроклімату робочого місця. Приведені розрахунки, які визначили ступінь освітленості робочого місця.

Проаналізовано вплив вібрацій, причини виникнення, методи та засоби боротьби з шкідливим фактором. Визначено ступінь пожежної безпеки, евакуаційні виходи та засоби гасіння при надзвичайній ситуації.

Розглянуто вплив іонізуючого випромінювання на організм людини, небезпечні фізико-хімічні процеси, які впливають на характер подальшої життєдіяльності людини.