

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____Олександр Сокольський

«_____» _____2024 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг пакування та пакувального обладнання»

зі спеціальності – 131 «Прикладна механіка»

на тему: Пакетоформувальна машина з модернізацією вузла зварювання

Студент IV к, групи ЛУ-11

(шифр групи)

_____Бондаренко Дмитро Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту:

_____асист. Герасименко Ю.Ю.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ:

д.т.н., проф. Щербина В.Ю.

ТЕХ. МАШ.:

ст. викл. Борщик С.О.

ОХОРОНИ ПРАЦІ:

ст. викл. Ковтун А.І.

РЕЦЕНЗЕНТ

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ 2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – *131 Прикладна механіка*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Олександр Сокольський**

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Бондаренку Дмитру Віталійовичу

1. Тема проекту «Пакетоформувальна машина з модернізацією вузла зварювання», керівник проекту Герасименко Юлія Юрівна асистент, затверджені наказом по університету від «20.04» 2025 р.

№ 1653-с

2. Термін подання студентом проекту 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту

Об'єкт розробки – пакетоформувальна машина, розміри машини: ширина – 1079мм, висота – 2252мм, довжина – 1076мм, маса машини – 600 кг, ширина запаювальних губок – 500мм, діаметр нагрівників: $D = 8\text{мм}$.

4. Зміст пояснювальної записки

Вступ. 1. Призначення та галузь застосування пакетоформувальної машини. 2. Технічна характеристика пакетоформувальної машини. 3. Опис конструкції, її основних частин та принципу дії. 4. Літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації пакетоформувальної машини. 5. Розрахунки. 6. Охорона праці та навколишнього середовища. 7. Технологія машинобудування. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Лінія для виготовлення гранульованих мінеральних добрив. 2. Загальний вигляд пакетоформуальної машини з модернізацією вузла зварювання. 3. Деталювання. 4. Креслення вузла модернізованого горизонтального вузла зварювання. 5. Плакат по 3D-моделюванню базової і модернізованої конструкції губки. 6. Плакат виконання числового розрахунку базової і модернізованої конструкції губки.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ	Щербина В.Ю., професор		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С.О., ст. викладач		
ОХОРОНА ПРАЦІ	Ковтун А.І., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 14.04.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Призначення та галузь застосування пакетоформуальної машини	14.04.25-17.04.25	
2	Технічна характеристика пакетоформуальної машини	18.04.25-20.04.25	
3	Опис конструкції, основних частин та принципу дії пакетоформуальної машини	21.04.25-22.04.25	
4	Літературно-патентний огляд для вибору варіанту модернізації пакетоформуальної машини	23.04.25-27.04.25	
5	Розрахунки	28.04.25-06.05.25	
6	Охорона праці та навколишнього середовища	07.05.25-08.05.25	
7	Технологія машинобудування	09.05.25-13.05.25	
8	Оформлення пояснювальної записки та креслень	14.05.25-18.05.25	

Студент

Дмитро БОНДАРЕНКО

Керівник проекту

Юлія ГЕРАСИМЕНКО

РЕФЕРАТ

Дипломний проект бакалавра на тему «Пакетоформувальна машина з модернізацією вузла зварювання».

Пояснювальна записка включає вступ, 7 розділів, висновок та додатки., загальний обсяг - 51 с ., 26 рис., 1 табл.

Метою роботи стало удосконалення конструкції зварювального вузла шляхом підвищення його енергоефективності, стабільності температурного режиму та спрощення процесу виготовлення.

Проект містить принцип дії, опис пакетоформувальної машини та її технічні характеристики. Розглядається конструкція та принцип дії зварювального вузла, розглядається лінія де використовується пакетоформувальна машина.

В ході проектування було проведено аналіз сучасних патентних рішень, та було обрано патент з модернізацією поперечного вузла зварювання.

Створені 3Д моделі в програмі Solidworks та потім розраховані в програмі ANSYS для підтвердження працездатності модернізації.

Також виконані розділи охорона праці та технологія машинобудування.

ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНА МАШИНА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЗВАРЮВАЛЬНІ ГУБКИ, ЧИСЛОВІ РОЗРАХУНКИ.

ABSTRACT

Bachelor's degree project on the topic “Package forming machine with modernization of the welding unit”.

The explanatory note includes an introduction, 7 chapters, conclusion and appendices, total volume - 51 p., 26 figures, 1 table.

The aim of the work was to improve the design of the welding unit by increasing its energy efficiency, temperature stability and simplifying the manufacturing process.

The project contains the principle of operation, description of the package forming machine and its technical characteristics. The design and principle of operation of the welding unit are discussed, and the line where the package forming machine is used is considered.

During the design, an analysis of modern patent solutions was conducted, and a patent with a modernized transverse welding unit was selected.

3D models were created in Solidworks and then calculated in ANSYS to confirm the modernization's feasibility.

The labor protection and engineering technology sections were also completed.

**PACKAGE FORMING MACHINE, MODERNIZATION, WELDING JAWS,
NUMERICAL CALCULATIONS.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

A – площа поршня, мм;

b – ширина зварного шва, мм;

c – теплоємність, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

K_3 – коефіцієнт запасу;

m – маса, кг;

P – тиск, Па;

p_s – тиск ущільнення, бар;

Q – кількість тепла, Дж;

S – хід поршня, м;

$S_{\text{осн}}$ – площа основи, м^2 ;

t_1 – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 – температура зварювання ПЕ плівки, $^{\circ}\text{C}$;

$V_{\text{шва}}$ – об'єм шва в зоні контакту плівки з зварювальною колодкою, м^3 ;

z_c, y_c, x_c – координати центру тяжіння, мм;

δ – товщина плівки, м.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	10
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	11
3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ... ..	12
3.1 ПРИНЦИП ДІЇ.....	13
3.2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИНИ.....	14
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДЛЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	16
4.1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ	18
5 РОЗРАХУНКИ.....	20
5.1 РОЗРАХУНОК БАЗОВИХ ПЛОЩИН І ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ УСТАНОВКИ МАШИНИ.....	20
5.2 РОЗРАХУНОК ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ	21
5.3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПОВЗДОВЖНЬОГО ЗВАРЮВАННЯ.....	22
5.4 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ДЛЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ГУБОК.....	23
5.5 РОЗРАХУНОК БАЗОВОЇ ДЕТАЛІ В ПРОГРАМІ ANSYS	24
5.6 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОЇ ДЕТАЛІ В ПРОГРАМІ ANSYS	29

					ЛУ11.025596.01-90 ПЗ							
Змн	Лис	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Бондаренко Д.В.			Пакетоформувальна машина з модернізацією вузла зварювання				Лит.	Лист	Листів	
Перевір.		Герасименко Ю.Ю.									7	51
Т. контр.									КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ			
Н. контр.												
Зав. каф.		Сокольський										

6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	34
6.1.	ПОВІТРЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ	34
6.2.	ВИРОБНИЧИЙ ШУМ.....	35
6.3.	РУХОМІ ЧАСТИНИ	35
6.4.	ОПІКИ ТА ГАРЯЧІ ЕЛЕМЕНТИ	35
6.5.	ПНЕВМОБЕЗПЕКА...	36
6.6.	ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	36
7	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	38
7.1.	ОПИС І ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ	38
7.2.	ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ..	49
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ...	50
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Історія розвитку пакетоформувальних машин бере початок з ручного пакування продукції, що домінувало до кінця XIX століття, коли потреба в масовому виробництві сприяла появі перших механізованих рішень [1]. Зі зростанням промислового виробництва в першій половині XX століття пакувальні машини зазнали значних змін: з'явилися автоматичні системи формування та герметизації пакетів, що забезпечили суттєве підвищення продуктивності [2]. У другій половині XX століття інтеграція електроніки та автоматичного керування дала змогу створювати більш точні та надійні машини для пакування [3]. Сучасні пакетоформувальні машини — це високотехнологічні комплекси, які поєднують у собі механічні вузли, сенсори, програмне забезпечення та елементи штучного інтелекту [4]. Новітні тенденції в галузі включають застосування біорозкладних та екологічних матеріалів, впровадження роботизованих маніпуляторів, а також розширення функціональності завдяки штучному інтелекту та машинному навчанню [5]. Крім того, сучасні стандарти висувають суворі вимоги до санітарії, надійності та безпеки експлуатації пакетоформувального обладнання [6].

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Пакетоформувальна машина призначена для автоматичного формування упаковки з рулонного матеріалу, її наповнення продукцією та герметичного запаювання. Основна задача такого обладнання — забезпечити стабільну та якісну упаковку продукції з мінімальним втручанням оператора. Завдяки цьому зростає продуктивність підприємства, знижується вплив людського фактора та підвищується точність дозування.

Найчастіше пакетоформувальні машини застосовуються в харчовій промисловості. Зокрема, вони використовуються для фасування круп, цукру, солі, чаю, кави, спецій, соусів, молочних продуктів, а також заморожених виробів. Однак сфера застосування не обмежується лише харчовими продуктами. Таке обладнання також ефективно використовується у фармацевтичній, косметичній та хімічній промисловостях — для пакування добрив, будівельних матеріалів, таблеток, порошків, кремів, гелів, шампунів, мийних засобів тощо.

Сучасні моделі пакетоформувальних машин мають модульну будову, що дозволяє адаптувати їх до різних типів продукції та умов виробництва. Наприклад, до стандартного функціоналу можуть додаватися модулі для друку дати, маркування упаковки, вирізання ручок, формування зіп-застібок тощо. Завдяки цьому машини можуть бути використані як на невеликих підприємствах, так і на великих автоматизованих лініях.

Таким чином, пакетоформувальні машини стали невід'ємною частиною сучасного виробництва, де важливими є швидкість, точність, збереження якості продукції та привабливий зовнішній вигляд упаковки. Їх широке застосування у різних галузях промисловості підкреслює універсальність і важливість таких систем у сучасних умовах ринку.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Техні характеристики пакетоформувальної машини наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики пакетоформувальної машини

Параметр	Значення
Швидкість роботи	До 60-80 пакетів на хвилину
Розміри упаковки	Ширина: 50-200 мм Висота: 50-300 мм
Типи продуктів	Сипучі, гранульовані
Типи матеріалів	Поліпропілен, ламіновані плівки, фольга тощо
Система керування	Мікропроцесорна
Потужність встановлена	3,5 кВт
Живлення	220 або 380 В, 50 Гц
Стиснене повітря	Тиск: 0,6-0,8 МПа (для пневмо привода)
Розміри машини	Висота: 2252 мм Ширина: 1079 мм Довжина: 1076 мм
Маса машини	600 кг

3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

На рис 3.1 зображено схему пакетоформувальної машини:

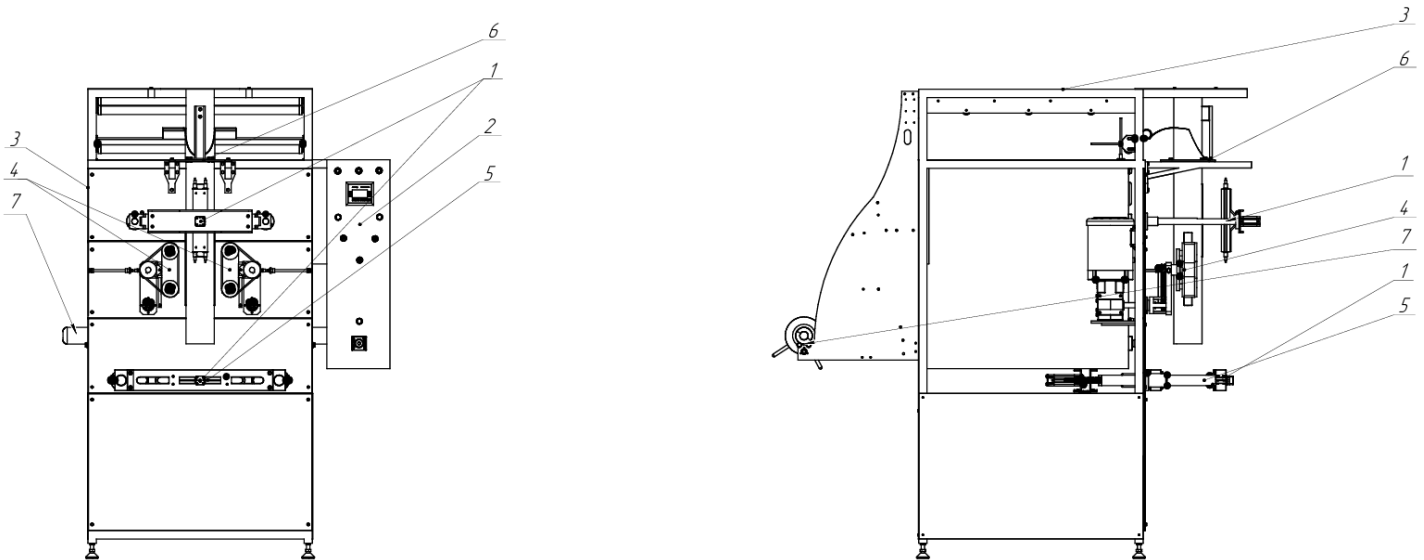


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення пакетоформувальної машини: 1 – система зварювання швів; 2 – контролер(панель керування); 3 – корпус; 4 – система протяжки; 5 – система різання; 6 – формуючий рукав; 7 – система подачі пакувального матеріалу

Базова конструкція пакетоформувальної машини включає декілька ключових вузлів, без яких неможлива її повноцінна робота.

Корпус являє собою основу машини, яка утримує всі механізми. Вона виготовляється зі сталі або алюмінію, має достатню жорсткість для роботи з вібраціями та навантаженнями. На ній кріпиться усе інше обладнання, включно з електронікою та механічними вузлами [7].

Система подачі пакувального матеріалу зазвичай це рулон плівки, який встановлюється на тримач, звідки плівка подається через систему роликів і натягувачів. Далі вона заходить у формуючий рукав.

Формуючий рукав (труба формування) тут відбувається «обгортання» плівки навколо продукту, формуючи майбутній пакет. На цьому ж етапі вертикальні губки зварюють задній шов упаковки.

Дозатор продукту він подає точну кількість продукції у сформовану упаковку.

Горизонтальні зварювальні губки вони створюють нижній шов майбутнього

пакета (а в попередньому циклі — верхній шов попереднього). У вбудовані нагрівальні елементи, які забезпечують необхідну температуру для зварювання плівки. Температура, час і сила стискання регулюються залежно від матеріалу плівки [8].

Система протяжки у пакетоформувальній машині відповідає за переміщення пакувального матеріалу (плівки) через формуючий рукав і далі по машині. Його основна задача це рівномірно протягувати плівку після кожного циклу зварювання, щоб наступний пакет формувався на правильній довжині. Зазвичай система протяжки складається з пари притискних роликів, один з яких приводиться в рух двигуном (часто з редуктором), а інший притискається до нього з певним зусиллям. Це забезпечує надійне зчеплення з плівкою без її пошкодження. Робота цього вузла синхронізується з іншими частинами машини наприклад, він активується тільки після завершення запаювання попереднього пакета.

3.1 Принцип Дії

Робота пакетоформувальної машини проходить у кілька послідовних етапів:

1. Рулон плівки розмотується і подається через ролики у формуючий рукав.
2. Плівка огортає рукав, утворюючи трубку. Вертикальний зварювальний вузол запаює поздовжній шов упаковки.
3. Далі горизонтальні зварювальні губки формують дно пакета.
4. Через рукав у сформований пакет подається доза продукту.
5. Після наповнення губки закриваються вдруге, запаюючи верх пакета та одночасно формуючи дно для наступного.
6. Пакет відрізається й падає в накопичувач або на конвеєр.

Усе це відбувається автоматично, за чіткою послідовністю, що задається програмою керування. Синхронізація між вузлами є критично важливою неправильний час відкривання чи зварювання може призвести до браку [6].

3.2 Технологічна лінія з використанням машини

Технологічна лінія для виготовлення гранульованих мінеральних добрив із застосуванням пакетоформувальної машини на рис 3.1

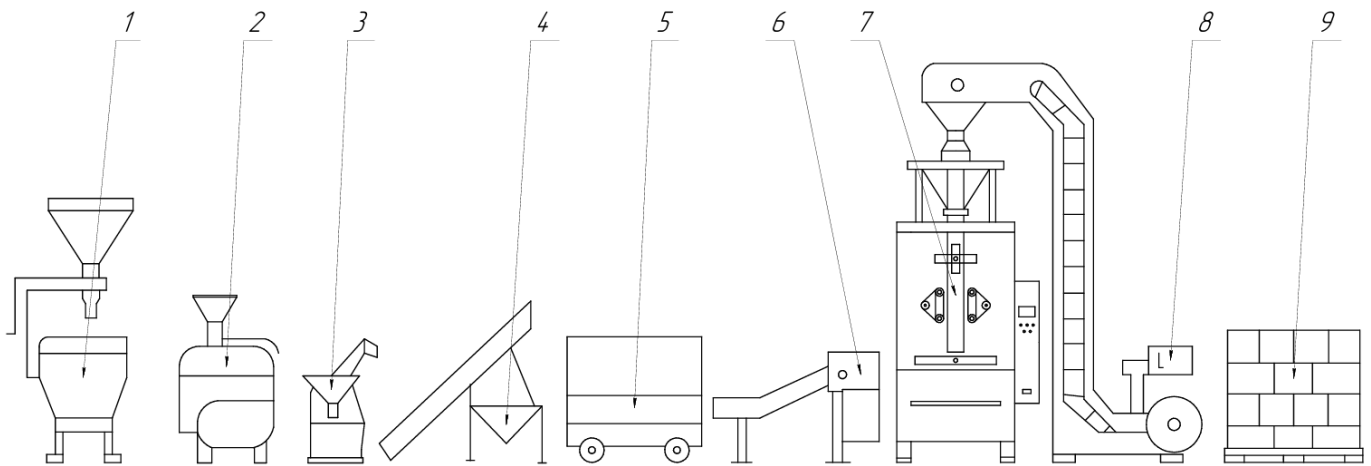


Рисунок 3.2 - технологічна лінія для виготовлення гранульованих мінеральних добрив

1 – Бункер завантаження сировини; 2 – Міксер/гомогенізатор; 3 – Диспергатор/ подрібнювач; 4 – Вібросито/сортувальник фракцій; 5 – Буферна ємність/проміжне зберігання; 6 – Дозуючий транспортер; 7 – пакетоформувальна машина; 8 – Маркувальник/ етикетувальник; 9 – Палетування/складування

Технологічна лінія з виробництва гранульованих мінеральних добрив складається з дев'яти основних етапів, кожен з яких виконує важливу функцію у формуванні кінцевого продукту високої якості.

На першому етапі сировина (аміачна селітра, суперфосфат, калійні солі та мікродобавки згідно з рецептурою) подається до завантажувального бункера. Тут здійснюється початкове дозування та змішування компонентів для забезпечення рівномірності суміші. Далі сировина надходить до змішувача інтенсивної дії, де відбувається більш глибоке перемішування. Цей етап забезпечує отримання однорідної маси, що є важливим для подальшого гранулювання. Після змішування маса потрапляє до гранулятора. У ньому, шляхом обертання диска та додавання зв'язувального середовища (води або пароаміачної суміші), формуються вологі гранули діаметром 2–5 мм. На цьому етапі вологість суміші зазвичай становить 10–16 %. Гранули з підвищеною

вологістю передаються до сушильного барабана або конвеєра, де під дією гарячого повітря відбувається зниження вологості до рівня 1–2 %. Такий показник є оптимальним для тривалого зберігання та подальшої логістики. Висушені гранули накопичуються у буферному бункері, що дозволяє вирівняти потоки між обладнанням та уникнути перевантаження наступного обладнання. Далі продукція подається в охолоджувач, де температура гранул знижується до +25...30 °С. Це необхідно для запобігання злежуванню та деформації при пакуванні, а також для забезпечення безпечних умов зберігання. Після охолодження гранули потрапляють до пакувальної машини вертикального типу, яка здійснює фасування готової продукції в мішки масою 5, 10 або 25 кг. Машина забезпечує точне дозування та герметичне пакування. Запаковані мішки транспортуються стрічковим транспортером до зони складування. На завершальному етапі продукція розміщується на піддони (палетування) і зберігається на складі за умов низької вологості до моменту її відвантаження кінцевому споживачу.

Завдяки автоматизації ключових процесів - змішування, гранулювання, сушіння, охолодження та пакування - дана технологічна лінія забезпечує стабільну якість гранульованих добрив при високій продуктивності та мінімальних втручаннях оператора.

4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДЛЯ ВИРОБУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Проведено пошук та аналіз патентних джерел, пов'язаних із конструкціями пакетоформувальних машин з метою покращення будови конструкції машини та виправлення недоліків.

У патенті [9] розглянуто конструкцію пакетоформувальної машини з покращеним зварювальним вузлом, яка дозволяє підвищити якість зварювання плівки при вертикальному зварюванні продукту. Основною особливістю винаходу є роздільна робота двох горизонтальних зварювальних губок, які здатні окремо регулювати температуру, тиск та час притискання, що дозволяє забезпечити більш рівномірний і герметичний шов. Крім того, передбачено автоматичну систему адаптації, яка в реальному часі коригує параметри зварювання в залежності від вхідних сигналів про поточні умови (температура навколишнього середовища, товщина плівки). Це рішення зменшує кількість браку, покращує зовнішній вигляд упаковки та робить процес більш енергоефективним.

У патенті [10] розглянуто інноваційне рішення, яке стосується конструкції вертикальної пакетоформувальної машини, а саме - впровадження модульного формуючого вузла (extension unit), який дозволяє розширити функціональність базової машини без повного її перепроєктування. Суть полягає в тому, що до звичайної формуючої частини машини додається окремий блок, що має власний форм-шувальтер, приводи, датчики і вузол зварювання. Така модульність дозволяє легко адаптувати машину для виробництва спеціалізованих типів упаковки - наприклад, пакетів із застібками- зіп, клапанами, ручками чи іншими додатковими елементами. Перевагою цього підходу є гнучкість налаштування: додатковий модуль може бути встановлений лише за потреби, не порушуючи загальної синхронізації машини. Завдяки електромеханічній інтеграції, модуль можна повністю керувати з основної панелі управління машини. Це рішення особливо актуальне для виробництв із широким асортиментом продукції, де потрібно швидко переходити між різними форматами упаковки.

У патенті [11] описується технічне рішення, спрямоване на покращення точності й чистоти запаювання плівки у вертикальних пакетоформувальних

машинах. Зокрема, йдеться про вдосконалений вузол горизонтального зварювання, де реалізовано спеціальну систему очищення зони шва від залишків продукту. У класичних пакетоформуваючих машинах часто трапляється проблема потрапляння дрібних частинок або порошку у місце зварювання, що призводить до неякісного або негерметичного шва. У цьому винаході застосовано так звані "strippers" - механічні елементи, які перед моментом стискання плівки губками злегка піднімають або видують надлишок продукту зі зони зварювання. Це суттєво підвищує якість пакету, зменшує кількість браку і дозволяє працювати з більш "примхливими" видами продукції, такими як сипучі порошки, гранули або дрібнорізані вироби. Крім того, конструкція губок дозволяє змінювати їх профіль під різні типи плівки. Таким чином, патент демонструє важливу конструктивну перевагу - підвищення стабільності процесу зварювання без ускладнення основного механізму.

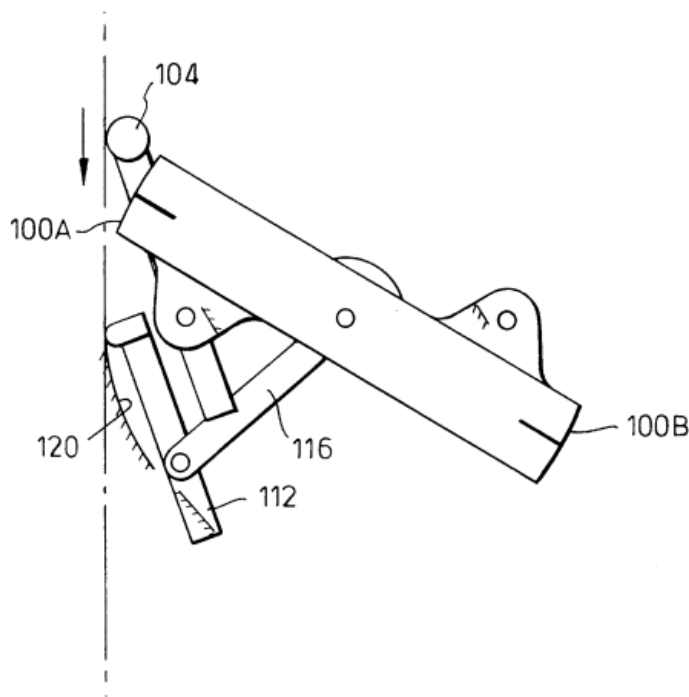


Рисунок 4.1 – Схематичне зображення вузла з елементами, які забезпечують очищення зони шва

Патент [12] пропонує рішення для вертикальних пакувальних машин, які використовуються для виготовлення пакетів із застібкою типу "zipper". Основна ідея винаходу полягає у створенні швидкозмінного модуля, який дозволяє без складних переналаштувань перейти від стандартного формату пакета до пакетів із зіп застібкою. Це дуже зручно для виробництв, які працюють із різними типами упаковки і потребують оперативного переходу між форматами без тривалих

простоїв. У конструкції передбачено модуль формування, пристрій подачі та зварювання застібки, а також автоматичне узгодження роботи з основною пакетоформувальною машиною. Під час переходу на пакети із застібкою оператор просто замінює стандартний формуючий рукав на новий модуль, без втручання в інші частини машини. Завдяки інтеграції з контролером (PLC), усі параметри - від довжини пакета до температури запаювання - автоматично синхронізуються. Таким чином, патент реалізує ідею модульності й гнучкості виробництва, що є однією з ключових вимог сучасного пакувального бізнесу. Це дозволяє значно знизити витрати на обладнання та збільшити варіативність продукції без інвестування в додаткові машини.

Патент [13] описує апарат для виготовлення та пакування пакетів, який має вдосконалену систему термозварювання. Його головна мета підвищити ефективність запаювання плівки та зменшити енергоспоживання.

4.1 Обґрунтування вибору варіанту модернізації

Після проведення огляду науково патентних джерел обрано модернізацію для удосконалення вузла зварювання, яка наведена в патенті[13].

Головна ідея патента EP2308669A2 у вдосконаленні горизонтального зварювального вузла. Щоб зменшити споживання електроенергії і зменшити можливість перегрівання.

У патенті автори акцентують увагу на кількох характерних недоліках традиційних пакетоформувальних машин, зокрема - у конструкції зварювального вузла. Найважливішим із них є високе споживання електроенергії, яке виникає через те, що нагрівачі в губках постійно працюють і гріють не лише зону зварювання, а й інші частини конструкції, що не беруть участі у формуванні шва. Друга суттєва проблема це втрати тепла в небажаних напрямках, які знижують ефективність зварювання та вимагають застосування потужніших і енергозатратніших нагрівачів. Саме ці недоліки і стали початком для технічного вдосконалення, описаного в цьому патенті.

Модернізована конструкція пакетоформувальної машини, запропонована в патенті, передбачає комплексне вдосконалення зварювального вузла з метою зменшення енергоспоживання та покращення якості запаювання плівки. Основною інновацією є використання призматичних нагрівачів, які

встановлюються між зварювальними губками та теплоізолюючими елементами, що дозволяє ефективно спрямовувати тепло лише на зону формування шва та зменшити теплові втрати в інших напрямках. Кожна губка складається з двох частин: активної (що безпосередньо контактує з плівкою) та ізолюючої (що блокує відтік тепла назад). Така конструкція забезпечує більш рівномірне прогрівання шва, зменшення споживаної потужності та швидше охолодження після зварювання. Додатково, у зварювальний вузол інтегровано систему притискання з пневматичним приводом, яка дозволяє забезпечити рівномірний тиск по всій довжині шва під час зварювання. У конструкції також передбачена можливість встановлення декількох нагрівачів по ширині шва, кожен з яких можна регулювати окремо для досягнення максимально рівного температурного розподілу.

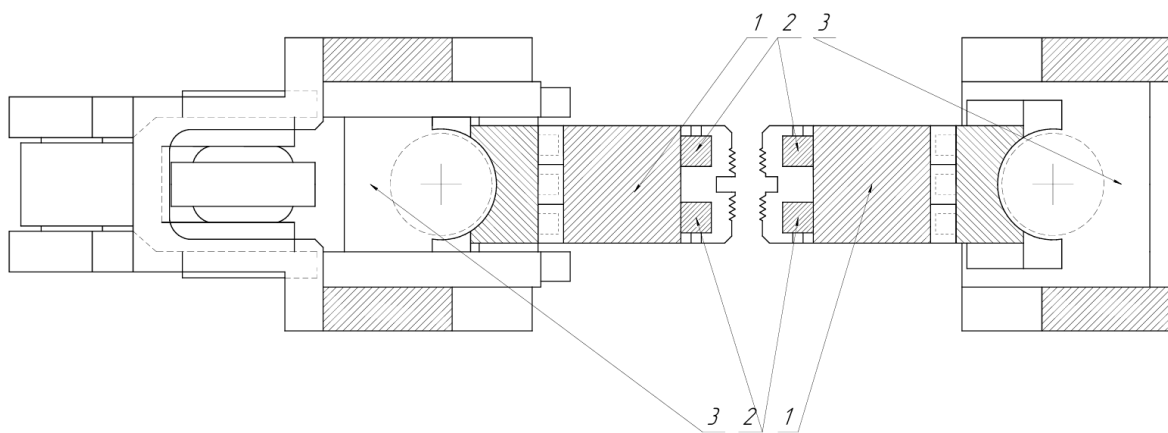


Рисунок 4.2 – Модернізований вузол зварювання: 1 – теплоізоляційна частина; 2 – нагрівачі; 3 – корпус;

Усе це разом дозволяє не лише покращити якість запаювання пакету, а й знизити витрати електроенергії, що особливо важливо для енергоефективного сучасного виробництва.

5 РОЗРАХУНКИ

5.1 Розрахунок базових площин і параметрів для установки машини

1) Габаритні площини установки:

Розміри основи: За допомогою креслення, вимірюються довжина, ширина та висота машини.

- Довжина L: 1079 мм;

- Ширина W: 1076 мм;

- Висота H: 2255 мм;

Площа основи для монтажу:

$$S_{\text{осн}} = 1079 \cdot 1076 = 1\,161\,004 \text{ мм}^2 = 1161 \text{ м}^2$$

Площа основи становить 1161 м²

2) Центр тяжіння

Оскільки висота машини H = 2255 мм, потрібно забезпечити правильний баланс для стійкості.

Зазвичай центр тяжіння машини розташовується приблизно на 1/3 висоти від основи:

$$z_c = \frac{H}{3} = \frac{2255}{3} = 751,67 \text{ мм}$$

Орієнтовно центр тяжіння знаходиться на висоті 752 мм від основи.

Для забезпечення стійкості перевіряємо умову: центр тяжіння має бути всередині основи машини.

Координати центру тяжіння:

$$x_c = \frac{L}{2} = \frac{1079}{2} = 539,5 \text{ мм}; \quad y_c = \frac{W}{2} = \frac{1076}{2} = 538 \text{ мм}$$

Центр тяжіння знаходиться всередині основи, що підтверджує стійкість.

3) Простір для обслуговування:

Для забезпечення зручності доступу до машини потрібно передбачити вільний простір:

Спереду $d_{\text{перед}}$: 1200 мм;

Ззаду $d_{\text{ззаду}}$: 700 мм;

По боках $d_{\text{боку}}$: 700 мм.

Отже, загальний простір для установки машини:

$$(L + 2 \cdot d_{\text{збоку}}) \cdot (W + d_{\text{перед}} + d_{\text{ззаду}}) = (1079 + 2 \cdot 700) \cdot (1076 + 1200 + 700) \\ = 7\,377\,104 \text{ мм}^2 = 7377 \text{ м}^2$$

Для розміщення машини та обслуговування потрібна площа 7377 м².

5.2 Розрахунок пневматичної системи

Вихідні данні:

Ширина зварювання(Довжина губок) L: 500 мм

Ширина зварного шва b: 10 мм

Тиск ущільнення (РЕ-плівка) p_s : 0.3 МПа = 3 бар

Кількість губок: 2

Кількість циліндрів: 1 на кожную губку

1) Розрахунок зусилля ущільнення:

$$F_{\text{заг}} = L \cdot b \cdot p_s$$

$$F = 0,5 \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 10^6 = 15000 \text{ Н} = 15 \text{ кН}$$

Це сумарна сила з обох сторін, потрібна для якісного зварювання.

2) Розрахунок площі поршня:

Нехай один пневмоциліндр повинен забезпечити половину сили:

$$F_{\text{один}} = \frac{15000}{2} = 7500 \text{ Н}$$

Нехай тиск у системі:

$$P = 0,6 \text{ МПа} = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Площа поршня:

$$A = \frac{F}{P} = \frac{7500}{6 \cdot 10^5} = 0.0125 \text{ м}^2$$

Розрахунок діаметра поршня:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0125}{3,14}} \approx 126 \text{ мм}$$

3) Об'єм повітря на один цикл:

Припустимо, хід поршня $S = 10 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$

$$V = A \cdot S = 0.0125 \cdot 0.1 = 0.00125 \text{ м}^3 = 1.25 \text{ л}$$

Для двох циліндрів подвійно:

$$V_{\text{заг}} = 2.5 \text{ л на 1 цикл}$$

5.3 Тепловий розрахунок повздовжнього зварювання

Розрахунок виконано відповідно до методики [14]

Кількість теплоти, потрібна для зварювання плівки, подається через поверхню накладки. Нагрівання відбувається за рахунок електричних нагрівальних елементів.

Зварювання виконується нагріванням поліетиленової плівки до температури зварювання. Першим ділом нам потрібно підібрати електричний нагрівальний елемент:

Запишемо умову тепловіддачі від електронагрівального елемента до плівки:

$$Q_2 = K_3 \cdot Q_1,$$

де, K_3 - коефіцієнт запасу $K_3 = 0,7 \dots 0,8$;

Q_1 - к-ть теплоти, що виділяється від електричного нагрівального елемента;

Q_2 - к-ть тепла, необхідного для зварювання ПЕ-плівки;

Знайдемо к-ть тепла, яка необхідна для зварювання ПЕ-плівки:

$$Q_2 = m_{\text{шва}} \cdot c \cdot (t_2 - t_1),$$

де, $m_{\text{шва}}$ – маса зварювального шва в зоні контакту плівки зі зварювальною колодкою;

c - теплоємність матеріалу зварювальної накладки сталі 40х10 0,8 $\text{кДж} / \text{кг} \cdot \text{К}$;

t_1 - температура навколишнього середовища $t_1 = 25^\circ$;

t_2 - температура зварювання ПЕ плівки $t_2 = 200^\circ$;

Знаходимо масу шва в області контакту плівки з зварювальним майданчиком:

$$m_{\text{шва}} = V_{\text{шва}} \cdot \rho,$$

Де, $V_{\text{шва}}$ - об'єм шва в зоні контакту плівки з зварювальною колодкою:

$$V_{\text{шва}} = 2 \cdot \delta \cdot h_{\text{шва}} \cdot b_{\text{шва}} = 2 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,14 \cdot 0,005 = 70 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3,$$

де, δ - товщина плівки, м;

$h_{\text{шва}}$ - висота шва, м;

$b_{\text{шва}}$ - довжина контакту плівки зі зварювальною колодкою, м.

$$m_{\text{шва}} = V_{\text{шва}} \cdot \rho = 70 \cdot 10^{-9} \cdot 0,96 \cdot 10^{-3} = 0,067 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$$

$$Q_2 = m_{\text{шва}} \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 0,067 \cdot 10^{-9} \cdot 0,8 \cdot (200 - 25) = 9,38 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

Знайдемо к-ть теплоти, котра вивільняється від електричного нагрівального елемента:

$$Q_1 = \frac{Q_2}{K_3} = \frac{9,38 \cdot 10^{-3}}{0,8} = 1,17 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$$

Тепер знайдемо опір електричного нагрівального елемента використовуючи формулу Джоуля-Ленца:

$$Q_1 = I^2 \cdot R \cdot t \rightarrow R = \frac{Q_1}{I^2 \cdot t} = \frac{1,17 \cdot 10^{-2}}{0,5^2 \cdot 1} = 0,047 \text{ Ом}$$

Для нагрівання роликів використаємо ніхромову пластину:

«Електронагрівач» 15,6/8,5(0,8)Т24(2,0)

Знайдемо довжину пластини:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \rightarrow l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{0,047 \cdot 5,7 \cdot 10^{-6}}{0,98 \cdot 10^{-6}} = 0,273 \text{ м.}$$

5.4 Тепловий розразунок для зварювальних губок за допомогою програмної мови C++

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
```

```
int main() {
```

```
    // Вихідні дані
```

```
    double L = 0.5;      // довжина зварювання, м
```

```
    double b = 0.01;     // ширина зварної смуги, м
```

```
    double h = 0.0001;   // товщина плівки, м
```

```
    double rho = 920;     // густина поліетилену, кг/м³
```

```
    double c = 2300;      // питома теплоємність, Дж/(кг·°C)
```

```
    double T0 = 25;       // початкова температура, °C
```

```
    double T = 180;       // температура зварювання, °C
```

```
    // Обчислення об'єму
```

```
    double V = L * b * h;
```

```
    // Обчислення маси
```

```
    double m = rho * V;
```

```

// Обчислення кількості тепла для однієї плівки
double Q = m * c * (T - T0);

// Для подвійного шару
double Q_total = 2 * Q;

// Вивід результатів
cout << "Об'єм плівки в зоні зварювання: " << V << " м^3" << endl;
cout << "Маса плівки в зоні зварювання: " << m << " кг" << endl;
cout << "Кількість тепла для нагріву однієї плівки: " << Q << " Дж" << endl;
cout << "Кількість тепла для подвійного шару: " << Q_total << " Дж" << endl;

return 0;
}

```

Результати розрахунку:

```

Об'єм плівки в зоні зварювання: 5e-07 м^3
Маса плівки в зоні зварювання: 0.00046 кг
Кількість тепла для нагріву однієї плівки: 163.99 Дж
Кількість тепла для подвійного шару: 327.98 Дж

```

Рисунок 5.1 – Результати розрахунку

5.5 Розрахунок базової деталі в програмі ANSYS

Відкриваємо програму, обираємо алгоритм «Transient Thermal».

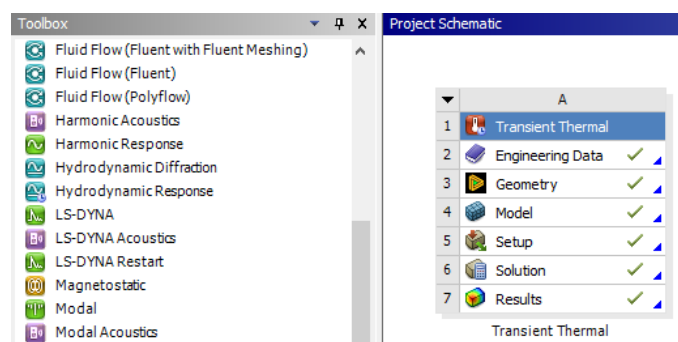


Рисунок 5.2 – Обрання алгоритму «Transient Thermal»

Виконуємо імпорт готової 3D фігури(в форматі STEP) в Geometry.

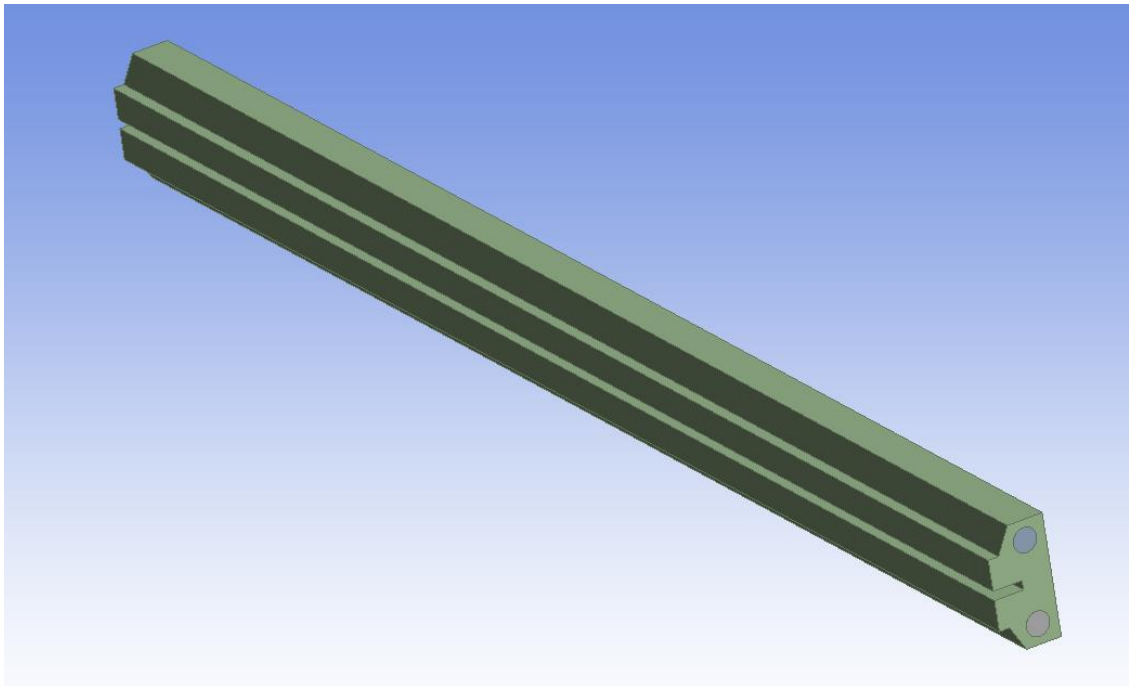
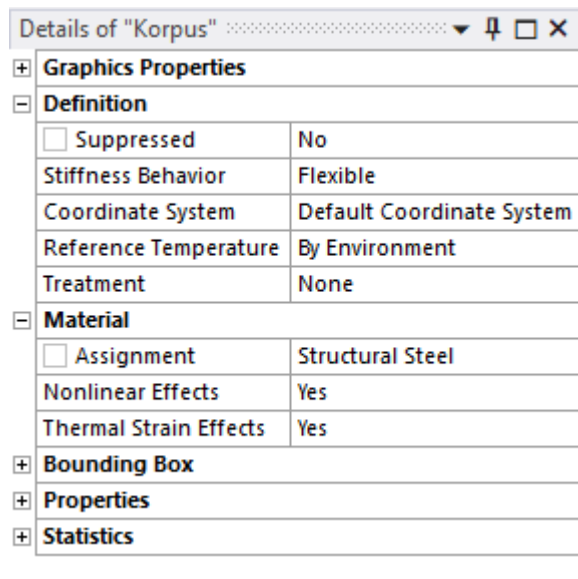


Рисунок 5.3 – Геометрія базової деталі

В розділі Model задаємо матеріали для нагрівників (алюміній) та корпусу (сталь).

Details of "NagrivVerh" ▾ 🔍 □ × <table border="1"> <tr><td colspan="2">+ Graphics Properties</td></tr> <tr><td colspan="2">- Definition</td></tr> <tr><td>☐ Suppressed</td><td>No</td></tr> <tr><td>Stiffness Behavior</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Coordinate System</td><td>Default Coordinate System</td></tr> <tr><td>Reference Temperature</td><td>By Environment</td></tr> <tr><td>Treatment</td><td>None</td></tr> <tr><td colspan="2">- Material</td></tr> <tr><td>☐ Assignment</td><td>Aluminum Alloy</td></tr> <tr><td>Nonlinear Effects</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>Thermal Strain Effects</td><td>Yes</td></tr> <tr><td colspan="2">+ Bounding Box</td></tr> <tr><td colspan="2">+ Properties</td></tr> <tr><td colspan="2">+ Statistics</td></tr> </table>	+ Graphics Properties		- Definition		☐ Suppressed	No	Stiffness Behavior	Flexible	Coordinate System	Default Coordinate System	Reference Temperature	By Environment	Treatment	None	- Material		☐ Assignment	Aluminum Alloy	Nonlinear Effects	Yes	Thermal Strain Effects	Yes	+ Bounding Box		+ Properties		+ Statistics		Details of "NagrivNiz" ▾ 🔍 □ × <table border="1"> <tr><td colspan="2">+ Graphics Properties</td></tr> <tr><td colspan="2">- Definition</td></tr> <tr><td>☐ Suppressed</td><td>No</td></tr> <tr><td>Stiffness Behavior</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Coordinate System</td><td>Default Coordinate System</td></tr> <tr><td>Reference Temperature</td><td>By Environment</td></tr> <tr><td>Treatment</td><td>None</td></tr> <tr><td colspan="2">- Material</td></tr> <tr><td>☐ Assignment</td><td>Aluminum Alloy</td></tr> <tr><td>Nonlinear Effects</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>Thermal Strain Effects</td><td>Yes</td></tr> <tr><td colspan="2">+ Bounding Box</td></tr> <tr><td colspan="2">+ Properties</td></tr> <tr><td colspan="2">+ Statistics</td></tr> </table>	+ Graphics Properties		- Definition		☐ Suppressed	No	Stiffness Behavior	Flexible	Coordinate System	Default Coordinate System	Reference Temperature	By Environment	Treatment	None	- Material		☐ Assignment	Aluminum Alloy	Nonlinear Effects	Yes	Thermal Strain Effects	Yes	+ Bounding Box		+ Properties		+ Statistics	
+ Graphics Properties																																																									
- Definition																																																									
☐ Suppressed	No																																																								
Stiffness Behavior	Flexible																																																								
Coordinate System	Default Coordinate System																																																								
Reference Temperature	By Environment																																																								
Treatment	None																																																								
- Material																																																									
☐ Assignment	Aluminum Alloy																																																								
Nonlinear Effects	Yes																																																								
Thermal Strain Effects	Yes																																																								
+ Bounding Box																																																									
+ Properties																																																									
+ Statistics																																																									
+ Graphics Properties																																																									
- Definition																																																									
☐ Suppressed	No																																																								
Stiffness Behavior	Flexible																																																								
Coordinate System	Default Coordinate System																																																								
Reference Temperature	By Environment																																																								
Treatment	None																																																								
- Material																																																									
☐ Assignment	Aluminum Alloy																																																								
Nonlinear Effects	Yes																																																								
Thermal Strain Effects	Yes																																																								
+ Bounding Box																																																									
+ Properties																																																									
+ Statistics																																																									

a)



б)

Рисунки 5.4 – Задані матеріали: а)Алюміній для нагрівників, б)Сталь для корпусу

Накладаємо Internal Heat Generation, Convection та Initial Temperature для деталі.

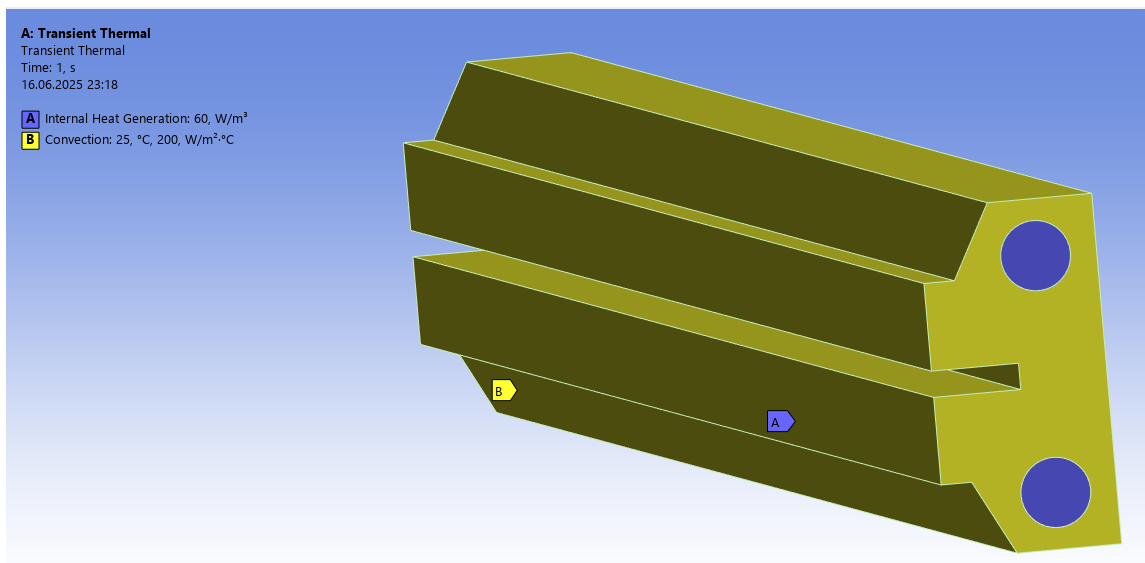


Рисунок 5.5 – Задання Internal Heat Generation та Convection

Далі додаємо розрахунок, який нам треба – temperature.

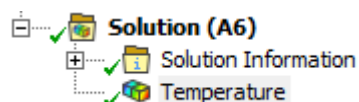


Рисунок 5.6 – Задання розрахунку

Проводимо розрахунок температури базової губки.

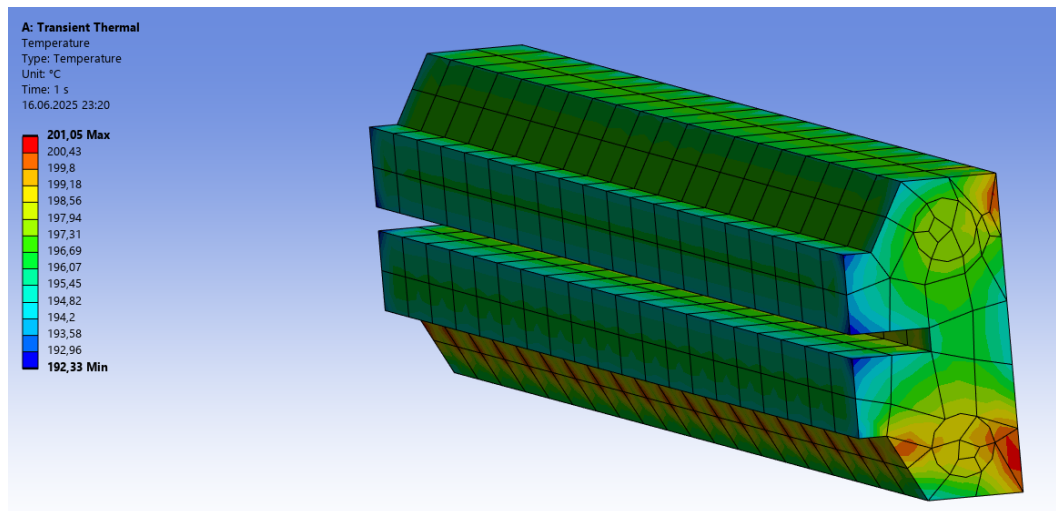


Рисунок 5.7 – Отриманий результат температури базової деталі
 Створюємо новий алгоритм Static Structural та імпортуємо до нього данні.

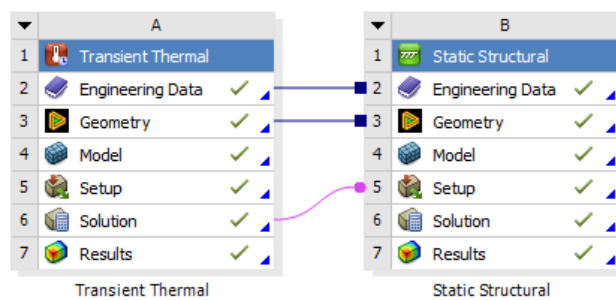


Рисунок 5.8 – Додавання нового алгоритму та імпорт даних
 Додаємо закріплення та навантаження на базову губку.

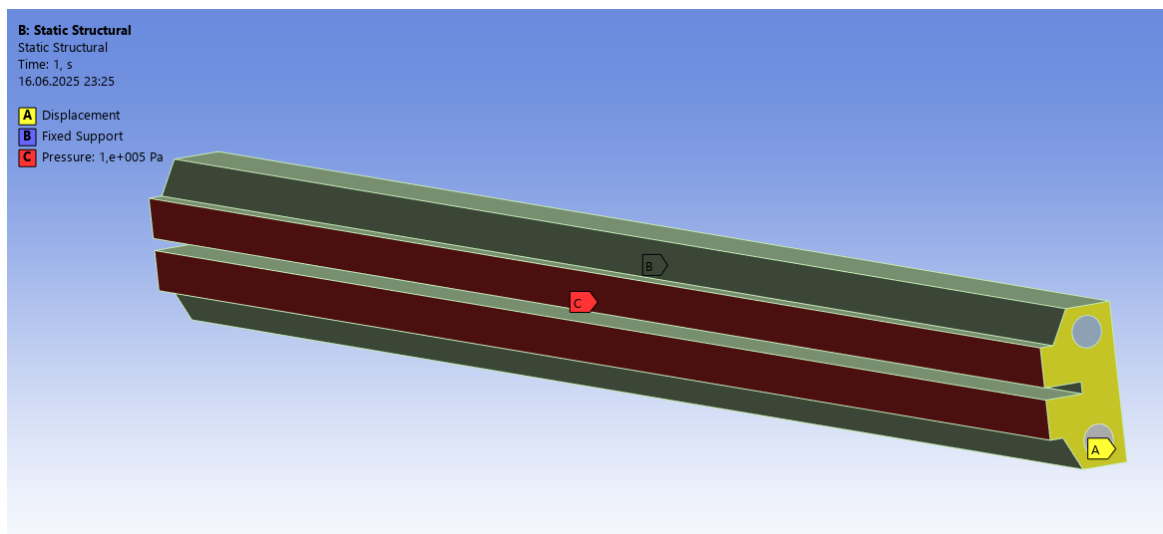


Рисунок 5.9 – Задання закріплень та навантаження

Додаємо розрахунки, які нам потрібні: Total Deformation, Equivalent Stress, Safety Factor.

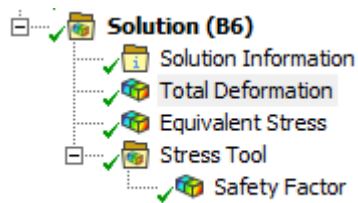
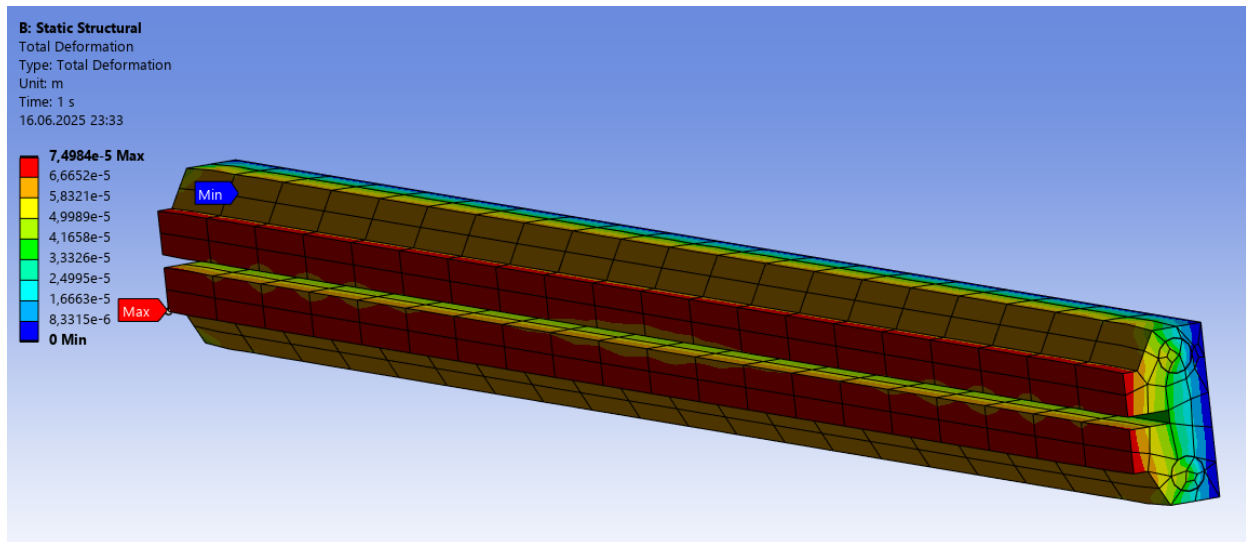
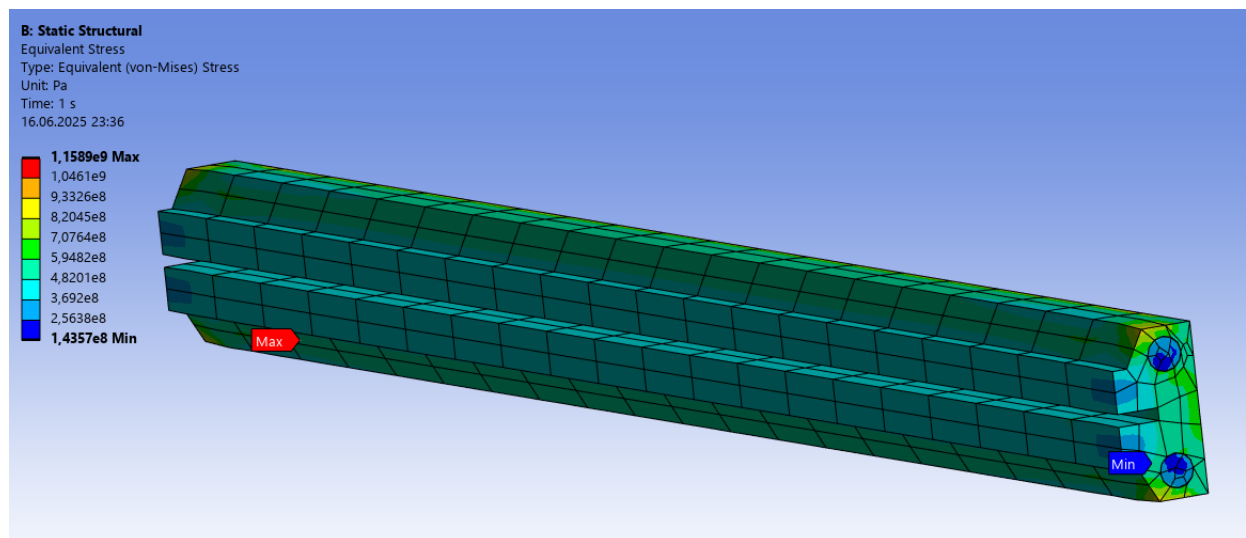


Рисунок 5.10 – Задання розрахунків

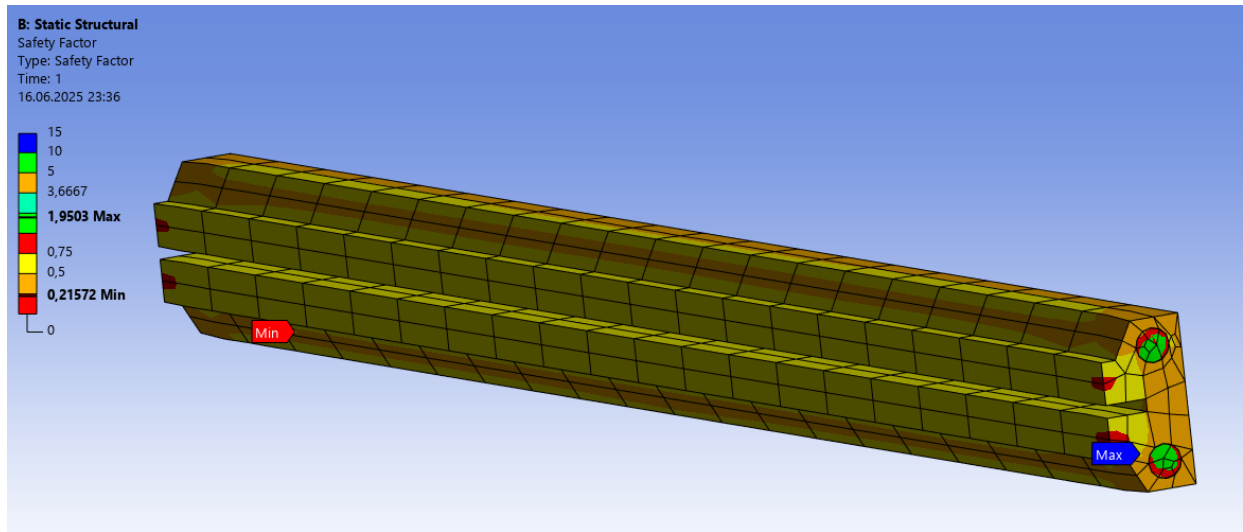
Проводимо розрахунки для базової губки.



a)



б)



в)

Рисунки 5.11 – Отримані результати базової деталі: а)Total Deformation, б)Equivalent Stress, в) Safety Factor

5.6 Розрахунок модернізованої деталі в програмі ANSYS

Відкриваємо програму, і обираємо алгоритм «Steady-State Thermal».

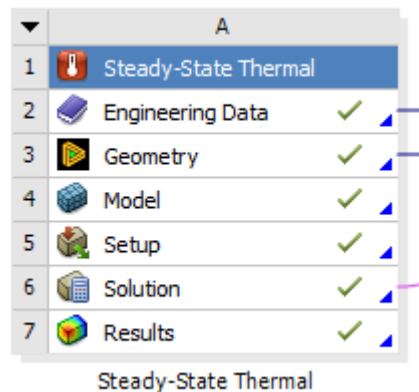


Рисунок 5.12 – Обрання алгоритму «Steady-State Thermal»

Виконуємо імпорт готової 3D фігури(в форматі STEP) в Geometry.

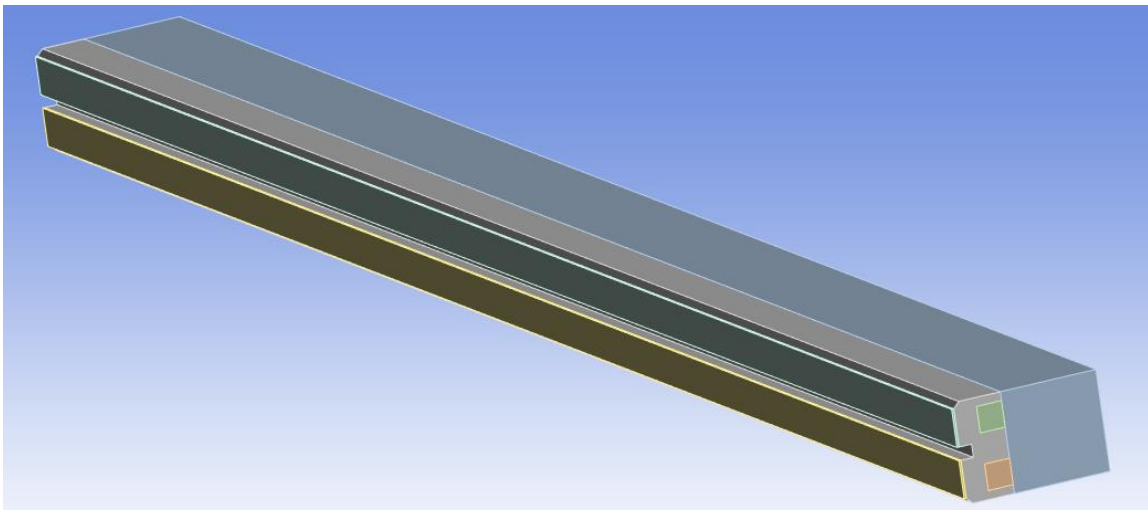
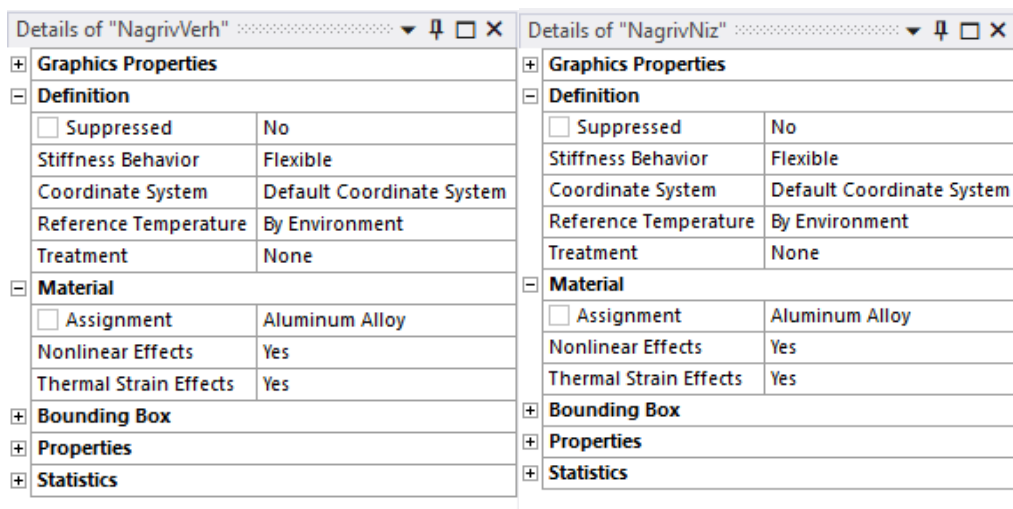
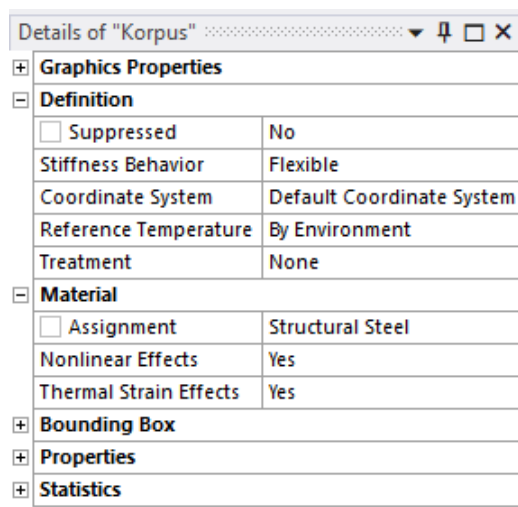


Рисунок 5.13 – Геометрія модернізованої деталі

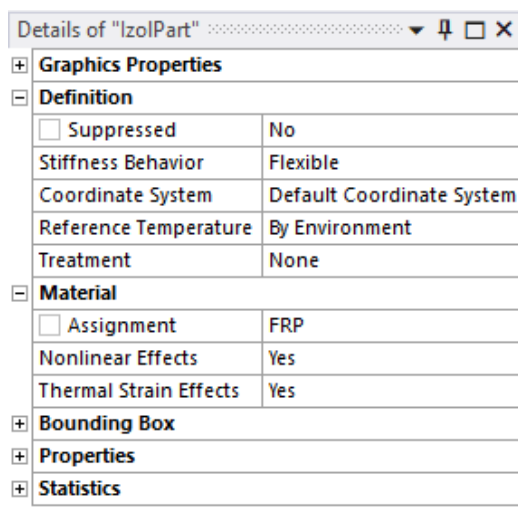
Задаємо матеріали для нагрівників (алюміній), корпусу (сталь) та теплоізоляційної частини (FRP).



a)



6)



B)

Рисунки 5.14 – Задані матеріали: а)Алюміній для нагрівників, б)Сталь для корпусу, в)FRP для теплоізоляційної частини

Накладаємо Internal Heat Generation, Convection та Initial Temperature для модернізованої деталі.

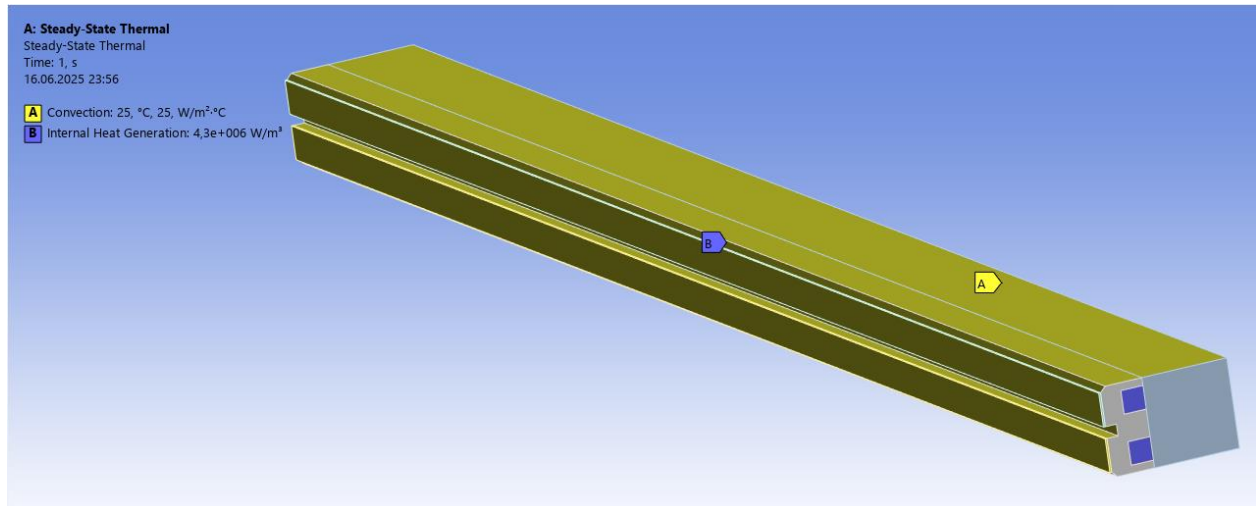


Рисунок 5.15 – Задання Internal Heat Generation та Convection

Далі додаємо розрахунок, який нам треба – temperature

Проводимо розрахунок температури модернізованої губки.

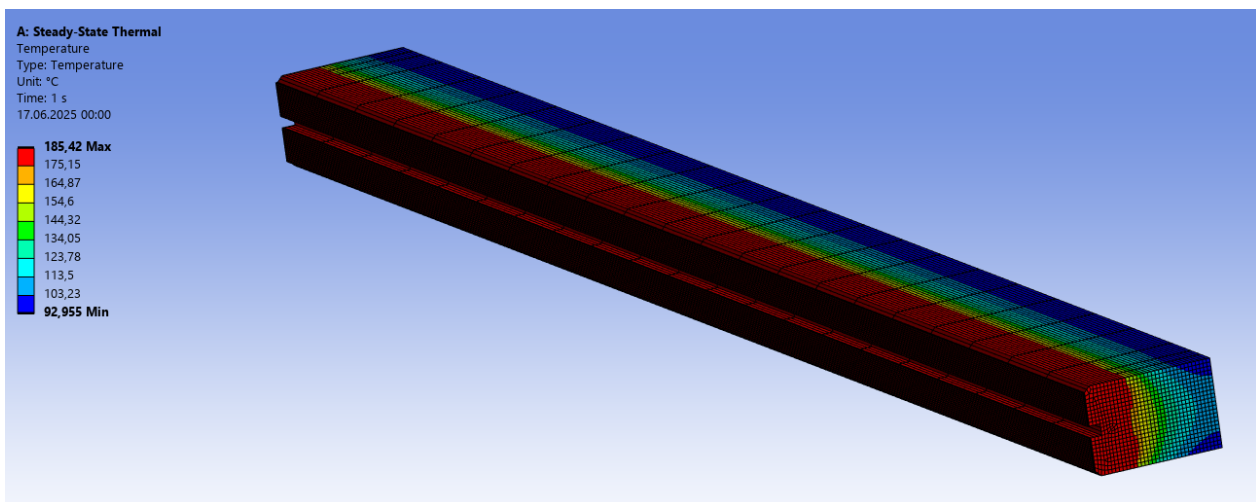


Рисунок 5.16 – Отриманий результат температури модернізованої деталі

Створюємо новий алгоритм Static Structural та імпортуємо до нього данні.

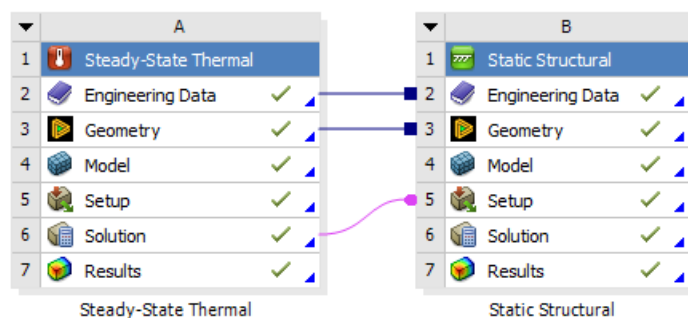


Рисунок 5.17 – Додавання нового алгоритму та імпорт даних

Додаємо закріплення та навантаження на модернізовану губку.

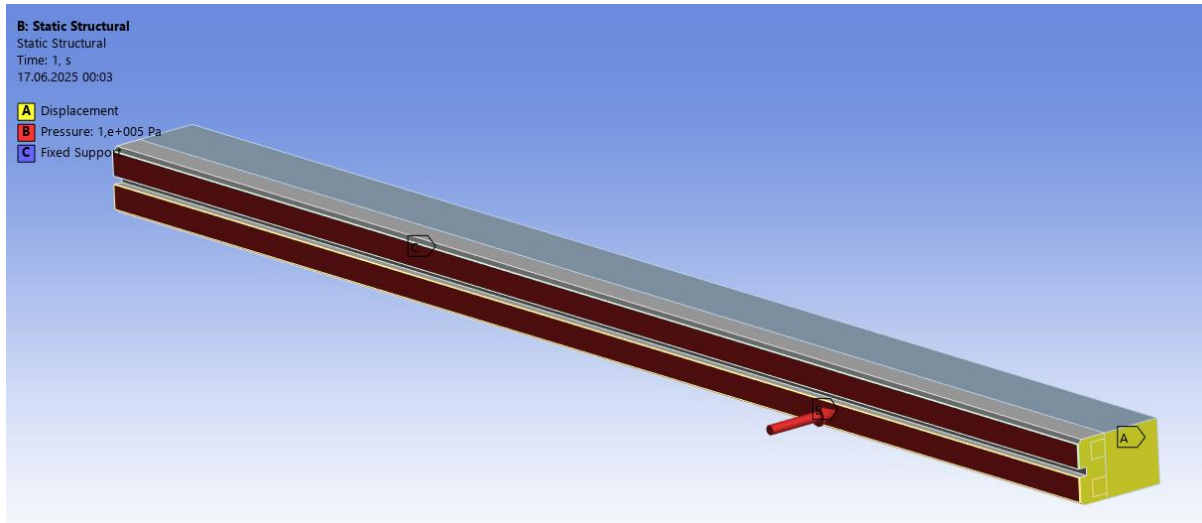
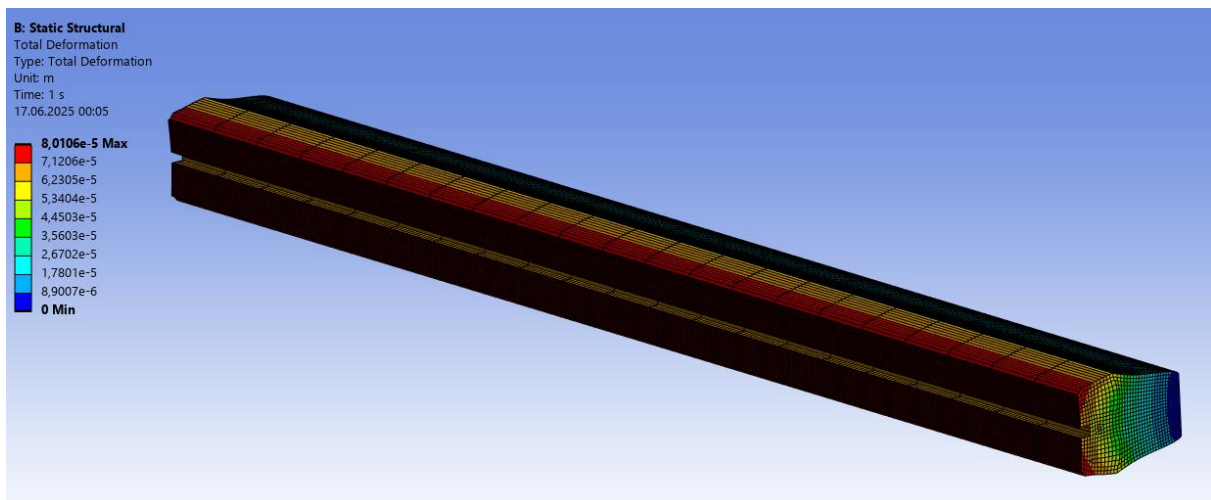


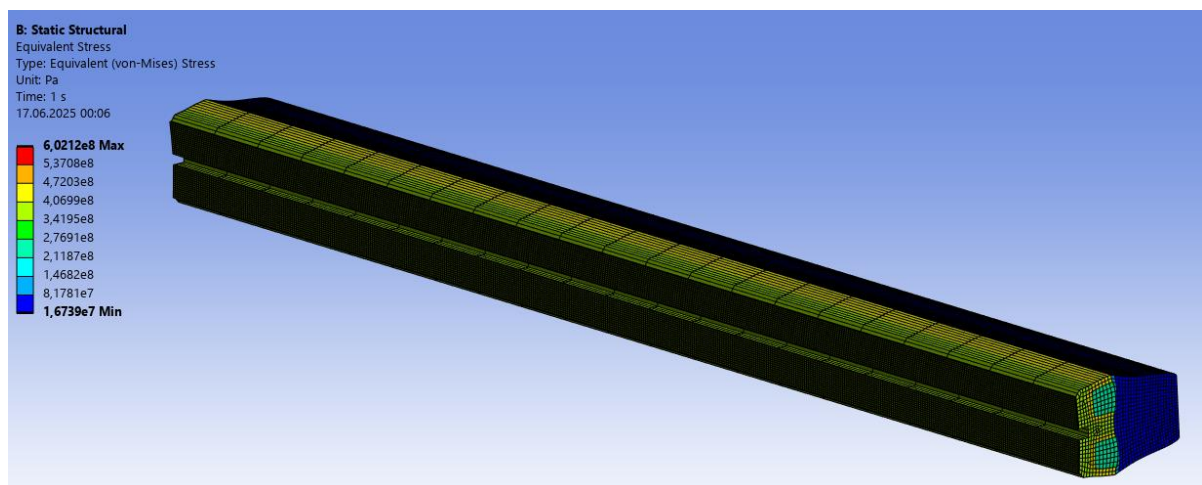
Рисунок 5.18 – Задання закріплень та навантаження на губку

Додаємо розрахунки, які нам потрібні: Total Deformation, Equivalent Stress, Safety Factor(рис. 5.9).

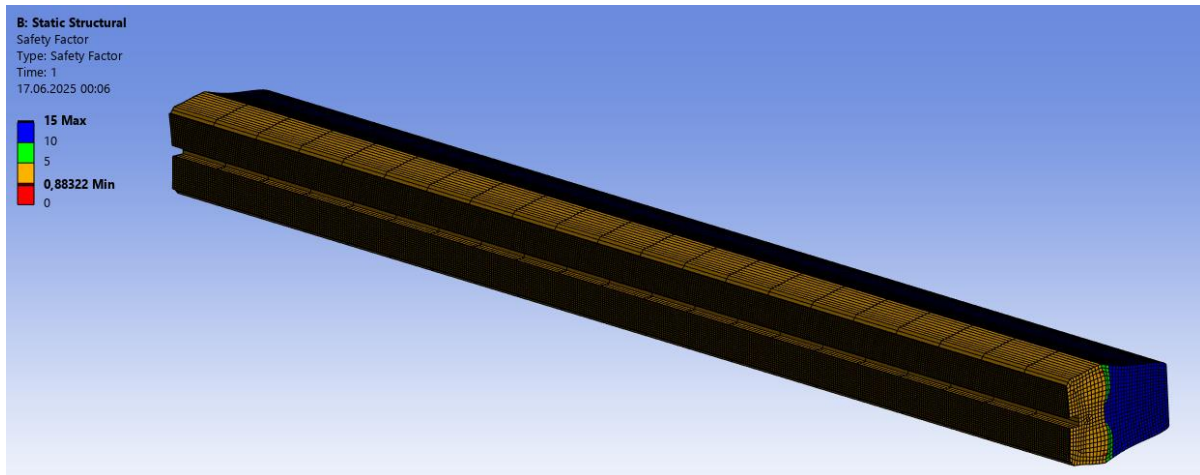
Проводимо розрахунки для модернізованої губки.



a)



б)



в)

Рисунок 5.19 – Отримані результати модернізованої деталі: а) Total Deformation, б) Equivalent Stress, в) Safety Factor

Рахуємо об'єм нагрівника модернізованої деталі:

$$V = 0,5 \cdot 0,006 \cdot 0,006 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Рахуємо потужність нагрівника модернізованої деталі:

$$P = q \cdot V = 4,3 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} = 77,4 \text{ Вт}$$

Рахуємо у скільки разів зменшилось енергоспоживання:

$$\frac{200}{77,4} = 2,58$$

Енергоспоживання зменшилось у 2,58 рази.

Висновки

В результаті ми можемо дізнатися, що завдяки встановленню теплоізоляційної частини корпус перестане перегріватися(розрахунок в ансіс) і ми дізналися, що енергоспоживання з модернізацією зменшилось у 2,58 рази.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Закон України «Про охорону праці» встановлює основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на захист їхнього життя і здоров'я під час трудової діяльності. Він регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за участю відповідних державних органів.

У рамках дипломного проєкту на тему «Пакетоформувальна машина з модернізацією вузла зварювання» розглядаються заходи з організації безпечної праці при експлуатації пакувального обладнання, зокрема горизонтального зварювального вузла. Робоче місце оператора розташоване у виробничому приміщенні площею 60 м². Під час роботи оператор може зазнавати дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що потенційно призводять до травматизму або професійних захворювань. До цих факторів належать:

- Повітря робочої зони;
- Виробничий шум;
- Рухомі частини зварювального вузла;
- Опіки та гарячі елементи;
- Пневмобезпека;
- Пожежна безпека.

6.1 Повітря робочої зони

У процесі зварювання пакувального виробу в зоні зварювальних губок відбувається локальне нагрівання, що може викликати виділення летких сполук із плівкового матеріалу. Особливо це важливо для матеріалів, які містять полімери (наприклад, поліетилен чи поліпропілен). При надмірному нагріванні можливе утворення шкідливих з'єднань, таких як формальдегід, акролеїн, бензол тощо. Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, температура, вологість і швидкість руху повітря повинні підтримуватись у межах, безпечних для здоров'я працівника. Роботи, що виконуються на пакетоформувальній машині, належать до категорії ПА за енерговитратами - це роботи середньої важкості, з витратою енергії в межах 172–232 Вт. Для таких умов особливо важливо

дотримуватись вимог до повітрообміну, мікроклімату і вентиляції.

Для захисту персоналу потрібно передбачити - місцеву витяжну вентиляцію в зоні зварювання, використання витяжних шаф або капотів і у випадку потреби застосовувати респіратори.

6.2 Виробничий шум

Рухливі елементи пакетоформувальної машини, враховуючи вузол горизонтального зварювання та пневмоприводи породжують шумове навантаження. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99, допустимий рівень шуму не мусить перебільшувати 65 дБА. Довга дія великого рівня шуму здатна спричинити головний біль, стомлюваність та зменшення концентрації.

Одним із методів зменшення рівня шуму є використання шумоізолюючих кожухів на вузли машин або цілої машини. Їх виробляють зі сталевих листів із внутрішнім облицюванням з повсті, пінополіуретану чи шлаковати. Кожухи монтують на віброізолюючі прокладки з азбесту, повсті або гуми. Використання кожухів знижує шум на 30 дБ. Ще для запобігання шуму можна видати оператору протишумові навушники(Dnipro-M Profi зі зниженням рівня шуму 32 Дб, 3М Peltor Optime II(31Дб)) чи перевести оператора на дистанційне керування.

6.3 Рухомі частини зварювального вузла

У вузлі зварювання наявні рухливі деталі губок, нагрівачі, різці та пневмоприводи, що здатні бути небезпечними для защемлення чи ушкодження рук оператора. Для уникнення защемлень та ушкоджень потрібно аби усі рухливі частини були захищені кожухами, щоб монтаж та обслуговування здійснювались виключно при вимкненому живленні та як варіант передбачити попереджувальні наклейки та механічні блокування.

6.4 Опіки та гарячі елементи

Нагрівальні губки можуть нагріватися до температури понад 250 °С, і це створює чималий ризик термічних опіків при ненавмисному дотику.

Запобіжні заходи можуть бути такі - встановлення теплоізоляційного

кожуха, попереджувальні таблички типу «Обережно! Гаряча поверхня» та забезпечення оператора захисними рукавичками з термостійкого матеріалу

6.5 Пневмобезпека

Машина використовує пневмоприводи для зварювання та подачі сировини. У разі розгерметизації та різкого стрибка тиску можливе раптове спрацювання вузлів, гучний викид повітря або механічне травмування.

Із потрібних заходів безпеки є застосування редукторів тиску і запобіжні клапани, техобслуговування пневмосистеми згідно з графіком виробництва, навчання персоналу правилам роботи з пневматикою.

6.6 Пожежна безпека

Пакетоформувальні машини, зокрема ті, що оснащені вузлом термозварювання, працюють з легкозаймистими пакувальними матеріалами на основі всіляких полімерів(поліетилен, поліпропілен, лавсан тощо), які при нагріванні отримують здатність до розкладання, плавлення та навіть займання. Температура зварювальних губок найчастіше становить приблизно 150 - 250 °C, що створює постійне джерело тепла у робочому середовищі.

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, виробниче приміщення, де встановлена пакетоформувальна машина з нагрівальними елементами, належить до категорії пожежної небезпеки В - приміщення, де можуть зберігати або використовувати горючі речовини у вигляді твердих матеріалів, які легко займаються або підтримують горіння. З урахуванням джерела тепла та використання горючої упаковки, приміщення може бути віднесене до зони класу П-І відповідно до ПУЕ, яка включає простори з наявністю легкозаймистих матеріалів, здатних до займання при температурі спалаху понад +61°C.

У процесі роботи вузла термозварювання можуть виникати ситуації, які несуть ризик пожежі. До таких належать, наприклад, перегрів нагрівальних елементів або їх несправність, коротке замикання в електропроводці, накопичення залишків плівки біля гарячих частин, а також порушення вентиляції чи охолодження. Якщо, наприклад, вийде з ладу терморегулятор або

«залипне» реле, температура може значно перевищити норму. В такому випадку плівка починає плавитись, а розігрітий пластик, що стікає на інші елементи обладнання, може ще деякий час горіти самостійно.

Щоб не допустити таких ситуацій, потрібно дотримуватись низки організаційних та технічних заходів. По-перше, регулярно проводити технічне обслуговування зварювального вузла і перевіряти стан нагрівальних елементів. По-друге, дуже бажано встановити термодатчики і обмежувачі температури, які автоматично вимикають нагрів, якщо температура перевищує допустимий рівень.

Також важливо налагодити нормальну вентиляцію в місцях, де проводиться зварювання - це допоможе виводити гаряче повітря та шкідливі пари. Робоче місце повинне бути чистим, без залишків пакувальної плівки, бо вона легко може зайнятись. І ще - заборонено працювати на машинах, в яких пошкоджені або відсутні теплоізоляційні елементи.

Крім цього, у виробничому приміщенні обов'язково мають бути засоби пожежогасіння згідно з вимогами НАПБ А.01.001-2014. Серед них: хоча б один вогнегасник (порошковий або вуглекислотний типу ОП-5 чи ОУ-5), пожежний щит із піском, совком і ломом, чітко позначені шляхи евакуації (шириною не менше 1,5 метра), план евакуації, а також аварійні кнопки вимкнення електроживлення поблизу машин.

Усі працівники, які працюють із пакетоформувальною машиною, обов'язково мають пройти інструктаж з пожежної безпеки. Бажано, щоб вони не лише прослухали теорію, а й мали практичні навички — наприклад, як користуватись вогнегасником у реальній ситуації.

Враховуючи те, що зварювання відбувається при високих температурах, а сама система включає електричне керування, дуже важливо приділяти увагу пожежній безпеці на кожному етапі — від проектування і до щоденної експлуатації обладнання.

7 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

7.1 Опис і призначення деталі

Ролик (рис. 7.1) – це частина системи протяжки. Ця деталь забезпечує передачу обертового руху від двигуна на інші ролики через ремінь.

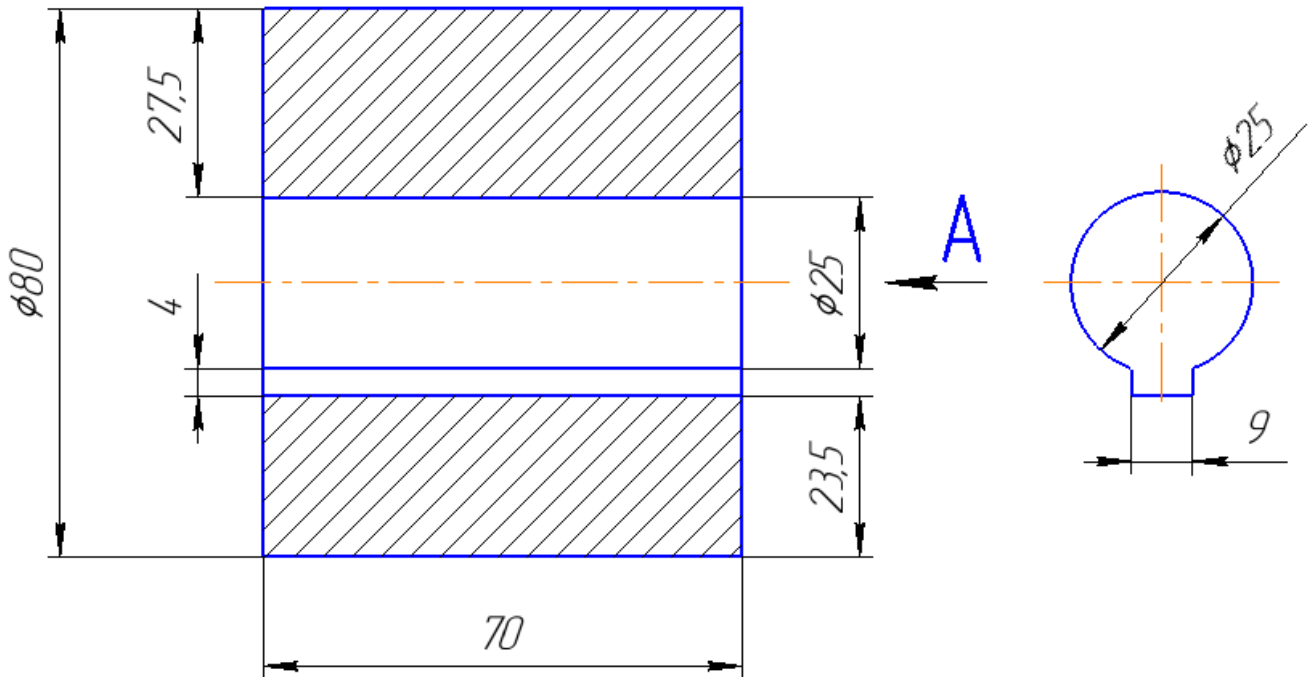


Рисунок 7.1 – Ескіз ролика

Матеріал деталі: сталь 45 (ГОСТ 1050-2013)

Заготовка деталі (рис. 7.2) має прості геометричні елементи, які легко формуються у формі перед відлиттям і не заважають її вийманню. Під час обробки всі неточності відлитка будуть виправлені за допомогою різання.

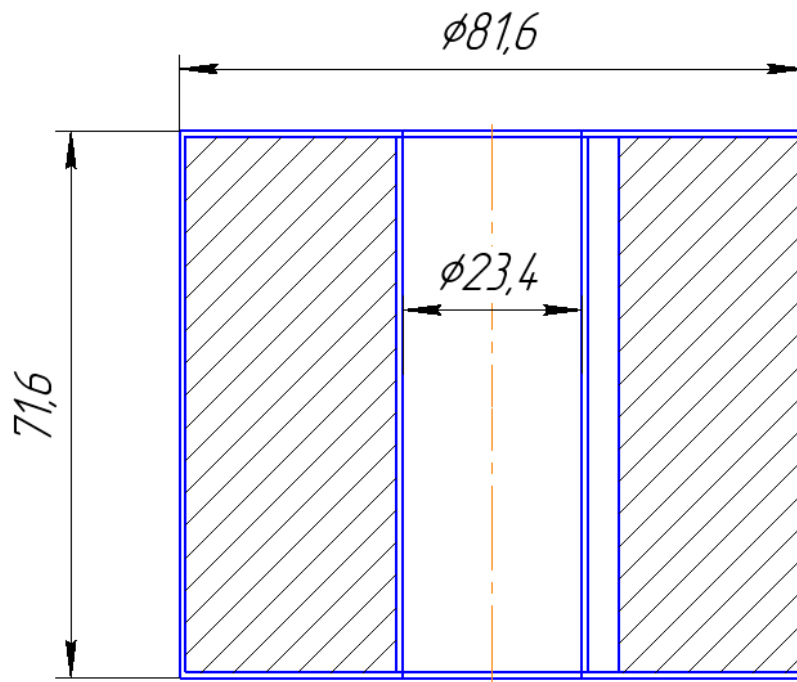


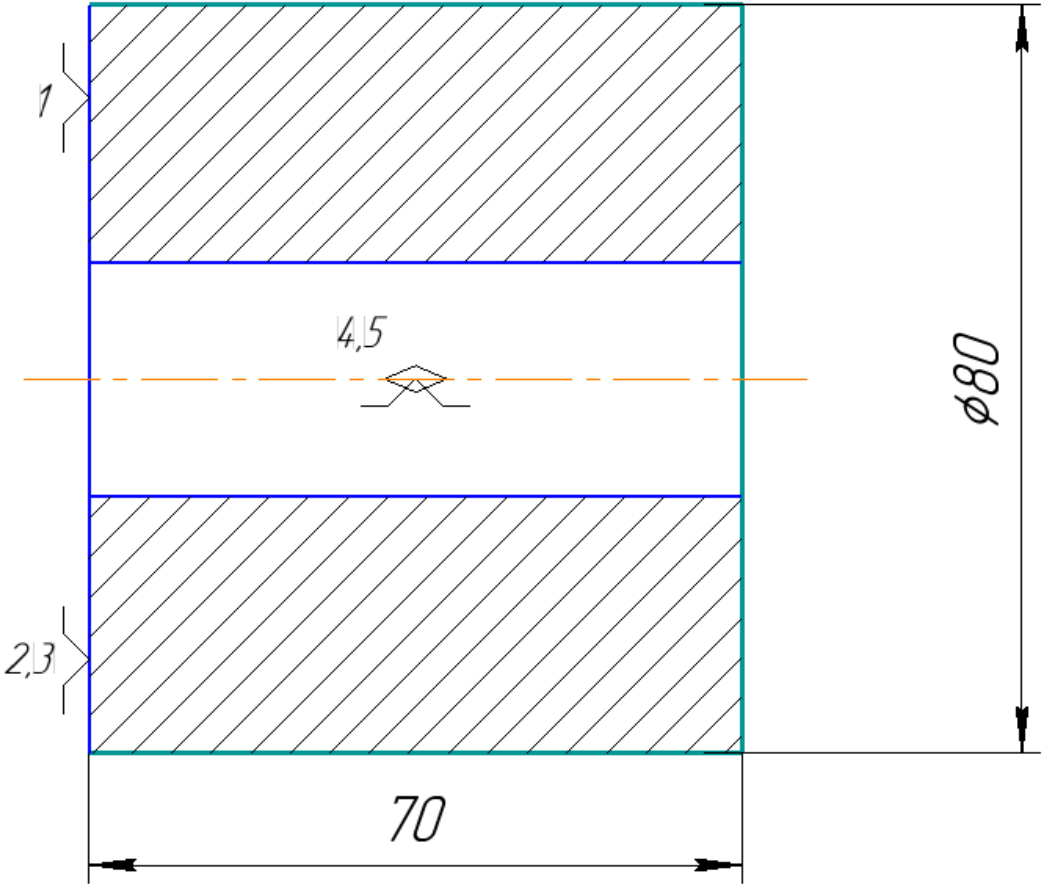
Рисунок 7.2 – Заготовка ролика

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Розроблений технологічний процес виготовлення ролика складається з токарних, протяжних та шліфувальних операцій. Детально описаний у МК, КЕ, ОК.

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Розробив	Бондаренко Д.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		005			
Перевірів	Борщук С.О.								
				РОЛИК			Н		
Н. контр.									



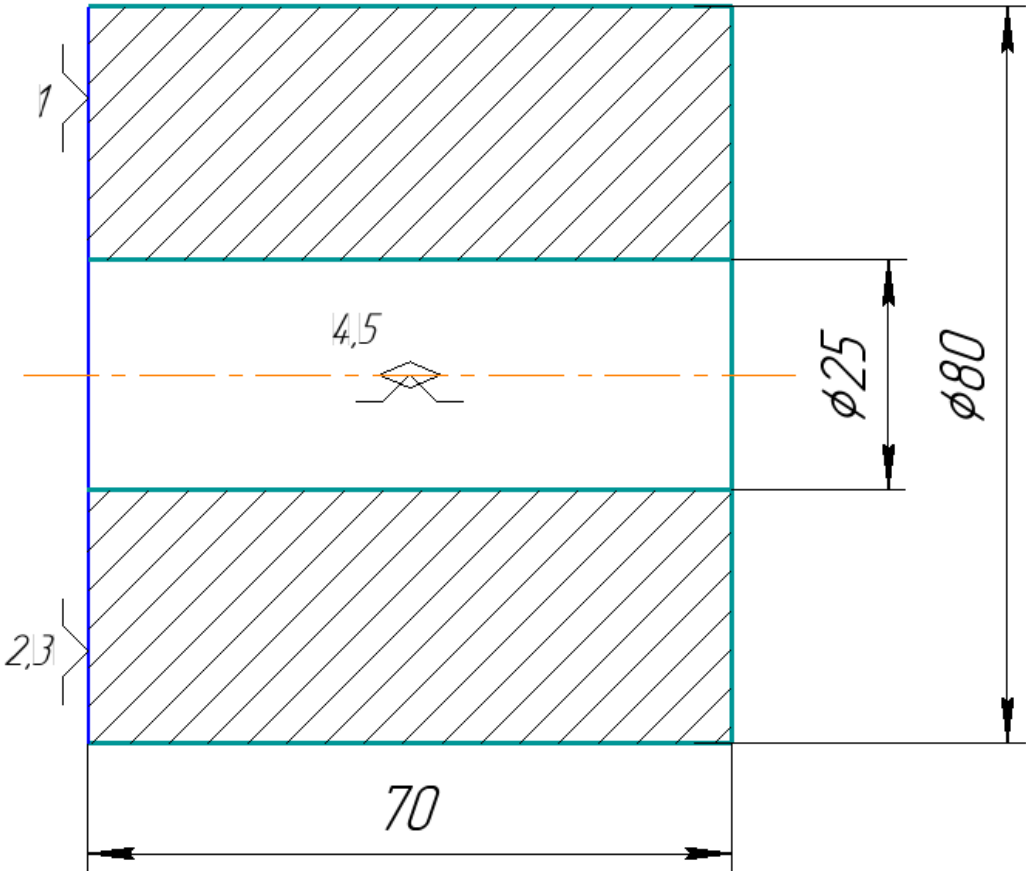
KE

Обробка різанням

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

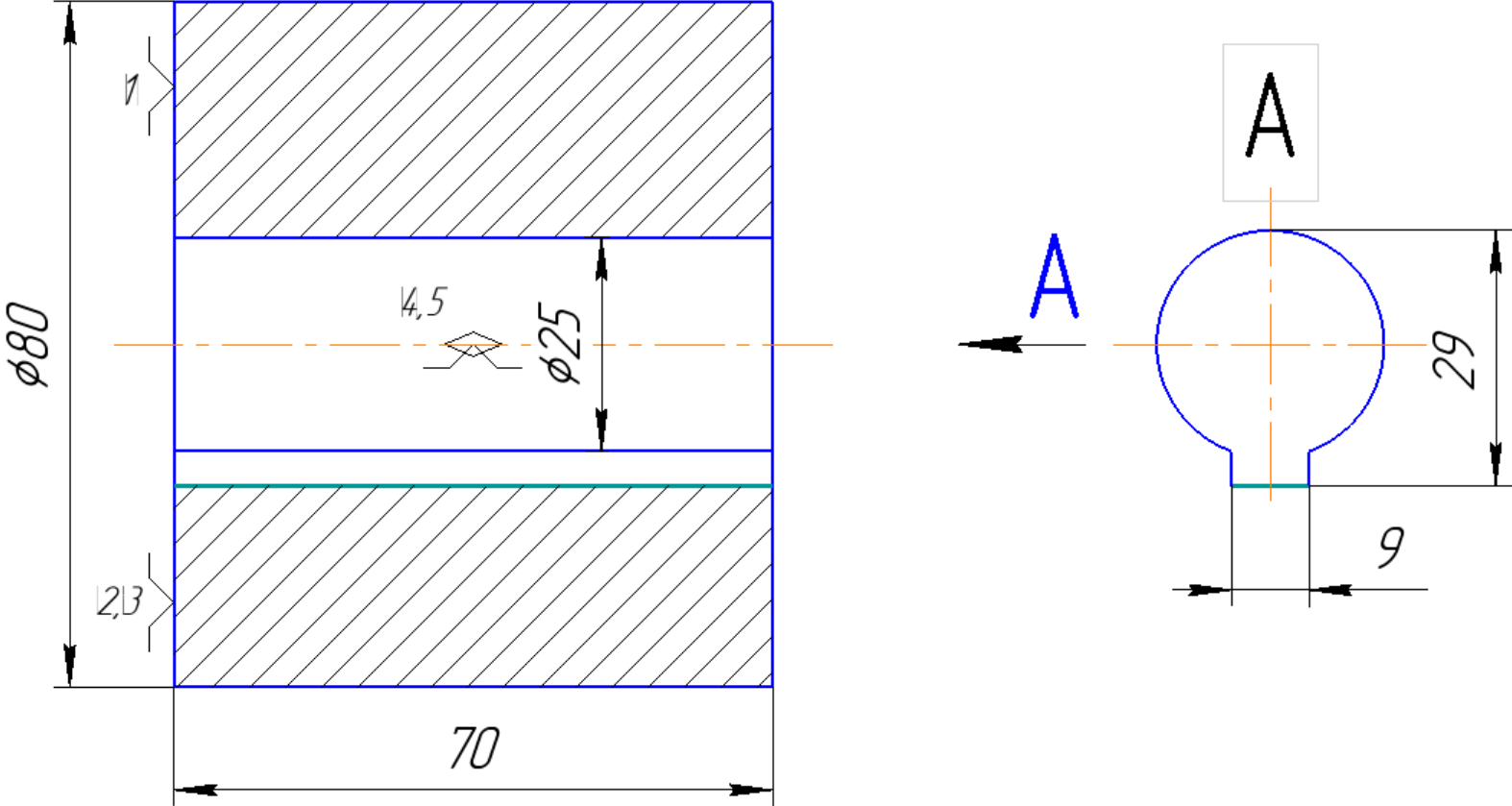
Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Бондаренко Д.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		010		
Перевірів	Борщик С.О.							
				РОЛИК			Н	
Н. контр.								



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Розробив	Бондаренко Д.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		015			
Перевірів	Борщик С.О.								
				РОЛИК			Н		
Н. контр.									

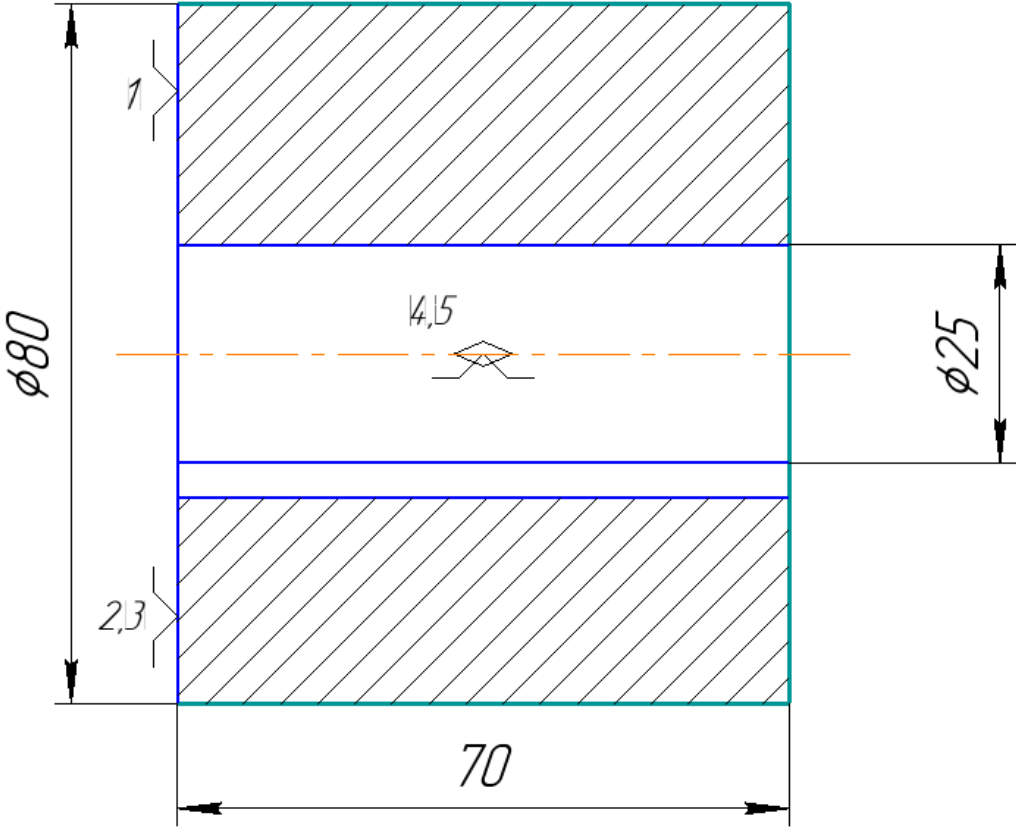


КЕ

Обробка різанням

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Розробив	Бондаренко Д.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		020			
Перевірів	Борщик С.О.								
				РОЛИК			Н		
Н. контр.									



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

<i>Зм</i>	<i>Ар</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

--	--	--

Розробив	Бондаренко Д.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		
Перевірів	Борщик С.О.					

				РОЛИК	Н		015
Н. контр.							

Technical drawing of a mechanical part. The left part is a front view showing a rectangular block with a central hole. The outer diameter is 80 mm, the inner hole diameter is 25 mm, and the total width is 70 mm. The top and bottom sections are hatched. The right part is a side view showing a semi-circular profile with a radius of 29 mm and a base width of 9 mm. A section line A-A is indicated.

[illegible]

OK	Обробка різанням
----	------------------

Форма 2

[illegible]

7.2 Призначення пристосування для обробки деталі

Токарний патрон є надзвичайно важливим компонентом токарного верстата, адже він відповідає за надійне закріплення заготовки на шпинделі. Конструктивно він містить: корпус, кулачок, система для зведення кулачків, спіралеподібний диск, рейку кулачка. Детальний перелік цих складових схематично показаний на (рис7.3).

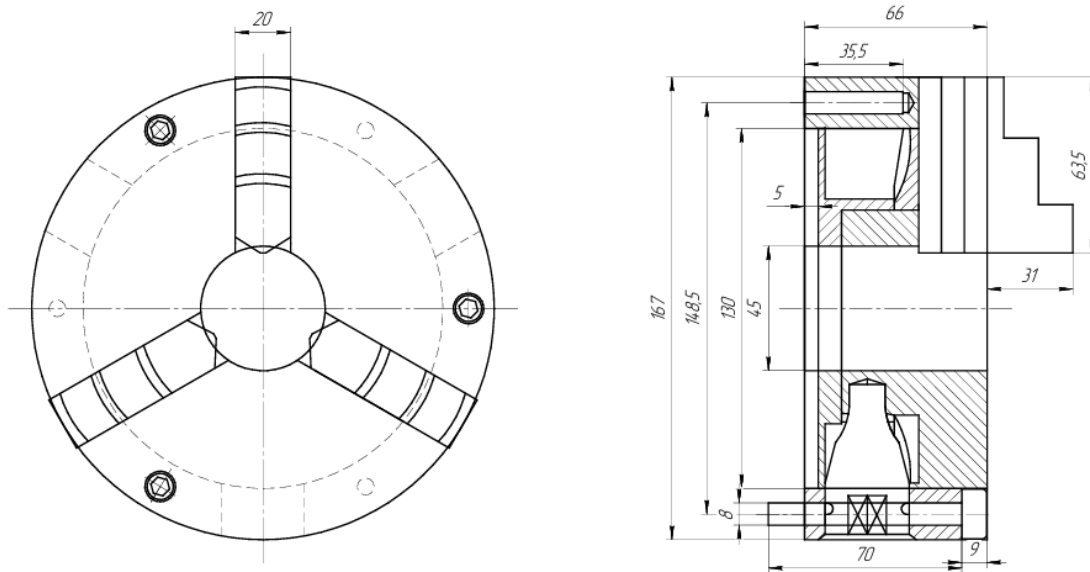


Рисунок 7.3 – Креслення трьохкулачкового патрону

За допомогою спеціального ключа приводиться в дію механізм, який зводить кулачки. Під час цього починає деформуватися спіралеподібний диск, що, у свою чергу, передає зусилля на рейкову частину кулачка. У результаті кулачок переміщується до центру або від нього, залежно від напрямку обертання ключа.

Цей метод дає змогу легко та надійно фіксувати деталі, гарантуючи їх стійке утримання під час роботи. Застосування кулачкового патрона сприяє отриманню високої точності та чудової якості обробки елементів на токарному верстаті.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи розглянуто конструкцію, принцип дії та особливості роботи пакетоформувальної машини вертикального типу. На основі аналізу літературних і патентних джерел сформовано загальне уявлення про сучасний стан пакувального обладнання, його технічні особливості, а також основні напрямки удосконалення. Обґрунтовано доцільність модернізації зварювального вузла з акцентом на підвищення енергоефективності та стабільності роботи, з урахуванням реальних експлуатаційних умов.

Окрему увагу приділено аналізу технічних рішень з реальних патентів, які стали основою для обґрунтування удосконаленої конструкції. Запропоновано конструктивне вдосконалення вузла термозварювання, що дозволяє зменшити втрати тепла, рівномірніше розподіляти температуру по довжині шва та знизити загальне енергоспоживання машини.

Розглянули техніку безпеки, енергоощадні аспекти експлуатації, а також реальні приклади впроваджених рішень, що вже використовуються в сучасному виробництві. Отримані знання та результати можуть бути використані для подальших розробок або практичного впровадження модернізованих вузлів у серійні пакетоформувальні машини.

Загалом, виконана робота дозволила не тільки вирішити поставлені інженерні задачі, а й здобути практичний досвід роботи з патентною документацією, технічним моделюванням, розрахунками та оформленням проєктної документації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Yam, K. L. (2009). Encyclopedia of Packaging Technology (3rd ed.). John Wiley & Sons.
2. Soroka, W. (2002). Fundamentals of Packaging Technology (3rd ed.). Institute of Packaging Professionals.
3. Emblem, A., & Emblem, H. (2012). Packaging Technology: Fundamentals, Materials and Processes. Woodhead Publishing.
4. Selke, S. E. M., Culter, J. D., & Hernandez, R. J. (2004). Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications, and Regulations. Hanser Gardner Publications.
5. Brody, A. L., & Marsh, K. S. (2013). The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. Wiley.
6. Robertson, G. L. (2016). Food Packaging: Principles and Practice (3rd ed.). CRC Press.
7. Мельниченко В.Ф. Основи пакувального обладнання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2018. – 35 с.
8. ГОСТ 19917-93. Машины пакувальні. Терміни та визначення.
9. Патент № KR101990843B1.
10. Патент № EP3599177A1.
<https://patents.google.com/patent/EP3599177A1/de?oq=EP3599177A1>
11. Патент № WO1998042576A1.
<https://patents.google.com/patent/WO1998042576A1/en?oq=WO1998042576A1>
12. Патент № US6935086B2.
<https://patents.google.com/patent/US6935086B2/en?oq=US6935086B2>
13. Патент № EP2308669A2.
[https://patents.google.com/patent/EP2308669A2/en?q=\(B65B51%2f306\)&page=7](https://patents.google.com/patent/EP2308669A2/en?q=(B65B51%2f306)&page=7)
14. <https://dspace.nuft.edu.ua/bitstreams/add99dc4-b46e-4bf6-b536-0465fac3a643/download>

ДОДАТКИ

Таблиця розглянутих патентів

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Мета заявленого технологічного рішення і спосіб його виконання
1	Запаювальний вузол пакетофор- мувальної машини	Південна Корея, патент KR101990843B1 B65B9/20, 2017; Hyun-Ki Hong, та ін.	Мета винаходу – Підвищення якості термозварювання плівки під час пакування. Покращений вузол нагріву у вертикальній пакетоформувальній машині, що забезпечує рівномірне нагрівання та охолодження зварювальних губок.
2	Пакетофор- мувальна машина	Європейський, патент EP3599177A1 B65B9/20, 2020; Bruno Gerfried BAUMEISTER	Мета винаходу - Гнучка адаптація машини під нові типи упаковки без зміни основної конструкції. Модульний розширювач із формуєчим рукавом, що дозволяє адаптувати машину до різних форматів упаковки (зіп застібки, ручки тощо).

3	Зварювальний вузол пакетоформувальної машини	Патент WO1998042576 B65B51/306, 1998; Ivan Yehudi Hirsh, Malcolm Charles Kerry, David Robert Seaward	Мета винаходу - Зменшення браку та покращення герметичності швів при пакуванні сипучих продуктів. Вдосконалений механізм горизонтального зварювання із системою видалення залишків продукту (strippers).
4	Пакетоформувальна машина	США, патент US6935086B2 B65B9/2042, 2005; Frank Mathew Brenkus, Anthony Robert Knoerzer, Garrett William Kohl, Steven Kenneth Tucker	Мета винаходу - Швидке переналаштування машини для випуску альтернативних форматів упаковки. Модуль для швидкої заміни формуючого вузла під пакети-стояки із застібкою типу zip-lock.
5	Зварювальний вузол пакетоформувальної машини	Європейський, патент EP2308669A2 B29C65/18, 2011; Yusuke Kiyota, Hideshi Miyamoto	Мета винаходу – зменшити енергозатратність, зменшити нагрів на корпус та покращити нагрів губок. Покращити губки додавши теплоізолюючий блок, який зменшить нагрів корпусу. Нагрівники між теплоізолюючий блоком та запаювальною частиною.

Додаток Б

[illegible]

[illegible]

[illegible]