

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

Інженерно-Хімічний Факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Лінія для виготовлення полімерних труб з модернізацією екструзійної головки»

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ЛП-21мп
Травков Ростислав Володимирович _____

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Чемерис Андрій Олегович _____

Консультант з монтажу і експлуатації:

ст. викл. Борщик Сергій Олександрович _____

Консультант з модернізації:

д.т.н., проф. Щербина Валерій Юрійович _____

Консультант з автоматизації:

ст. викл. Жураковський Ярослав Юрійович _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-Хімічний Факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Травков Ростислав Володимирович

1. Тема дисертації «Лінія для виготовлення полімерних труб з модернізацією екструзійної головки», науковий керівник дисертації Чемерис Андрій Олегович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «01» ____ 11 ____ 2024 р. №5098-с
2. Термін подання студентом дисертації: 15.01.2024 р.
3. Об'єкт дослідження: Екструзійний агрегат для виготовлення полімерних труб.
4. Вихідні дані: Екструдер ЧП 125х20 для виробництва полімерних труб.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Магістерська дисертація включає в себе такі розділи: Вступ. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується. Технічна характеристика. Літературний огляд, патентний пошук. Обґрунтування модернізації. Розрахунок. Монтаж і експлуатація. Автоматизація. Стартап. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Модернізація головки екструдера. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Екструдер ЧП 125х20 (формат А1); Лінія для виготовлення полімерних труб з модернізацією екструзійної головки (формат А1); Редуктор циліндричний (формат А1); Модернізована формуюча головка (формат А3); Модернізована формуюча головка (формат А3); 3D-моделі формуючих

головок в SOLIDWORKS (формат A1); Розрахунки базової формуючої головки в ANSYS (формат A1); Розрахунки модернізованої формуючої головки в ANSYS (формат A1).

7. Орієнтовний перелік публікацій: 2 тези у збірнику доповідей XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції "ЕФЕКТИВНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ" (Київ, 20-21 грудня 2023 року).

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація	Борщик С.О., ст. викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., проф.		
Автоматизація	Жураковський Я.Ю., ст. викл.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується. Технічна характеристика.	1.11 – 10.11.2023	
3	Літературний огляд, патентний пошук. Обґрунтування модернізації	10.11 – 16.11.2023	
4	Розрахунок	16.11 – 20.11.2023	
5	Монтаж і експлуатація	20.11 – 27.11.2023	
6	Автоматизація	27.11 – 05.12.2023	
7	Стартап	05.12 – 12.12.2023	
8	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	12.12 – 16.12.2023	
9	Модернізація головки екструдера	16.12 – 31.12.2023	
10	Висновки. Список використаних джерел	01.01 – 05.01.2023	
11	Оформлення пояснювальної записки	05.01 – 11.01.2024	
12	Оформлення креслень	11.01 – 15.01.2024	

Студент

Ростислав ТРАВКОВ

Науковий керівник

Андрій ЧЕМЕРИС

РЕФЕРАТ

Виконано магістерську дисертацію на тему «Лінія для виробництва полімерних труб з модернізацією екструзійної головки»

Пояснювальна записка магістерської дисертації включає в себе вступ, 8 розділів, висновки, додатки, 32 джерел, 27 таблиць, 21 рисунка. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 88 сторінок, графічна частина складається з 9 креслень формату А1.

Метою магістерської дисертації є модернізація одного з вузлів лінії для виробництва полімерних труб, а саме формуючої головки, для підвищення ефективності виробництва та зменшення витрат на обслуговування.

У проекті було розглянуто схему технологічного процесу виготовлення полімерних труб. Був виконаний літературно-патентний огляд конструкцій формуючих головок, в результат чого було обрано модернізацію. Після цього було розроблено 3D-моделі базової та модернізованої формуючої головки і проведено розрахунки їх для того, щоб доказати доцільність використання даної модернізованої конструкції на практиці

Ключові слова: ЕКСТРУДЕР, ФОРМУЮЧА ГОЛОВКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПОЛІМЕРНІ ТРУБИ, ЛІНІЯ.

ABSTRACT

Completed master's thesis on the topic " The line for the production of polymer pipes with the modernization of the extrusion head "

The explanatory note of the master's thesis includes an introduction, 8 chapters, conclusions, appendices, 32 sources, 27 tables, 21 figures. The total volume of the explanatory note is 88 pages, the graphic part consists of 9 drawings in A1 format.

The purpose of the master's thesis is to modernize one of the nodes of the line for the production of polymer pipes, namely the forming head, to increase production efficiency and reduce maintenance costs.

The scheme of the technological process of manufacturing polymer pipes was considered in the project. A literature and patent review of the constructions of the forming heads was performed, as a result of which modernization was chosen. After that, 3D models of the basic and modernized forming head were developed and their calculations were carried out in order to prove the feasibility of using this modernized design in practice

Key words: EXTRUDER, FORMING HEAD, MODERNIZATION, POLYMER PIPES, LINE.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

D – діаметр черв'яка, мм;

d_1 – діаметр вала шнека у завантажувальній воронки, мм;

d_2 – діаметр вала шнека на початку напірної зони, мм;

d_3 – діаметр вала шнека в зоні дозування, мм;

L – загальна довжина черв'яка, мм;

L_z – довжина зони завантаження черв'яка, мм;

L_d – довжина зони дозування черв'яка, мм;

L_n – довжина зони пластикації черв'яка, мм;

t – крок нарізки витків, мм;

e – ширина витка, мм;

h_1 – глибина нарізки в зоні завантаження черв'яка, мм;

h_2 – глибина нарізки в зоні дозування черв'яка, мм;

h_3 – глибина нарізки в зоні пластикації черв'яка, мм;

δ – зазор між гребнем черв'яка і корпусом, мм;

φ – кут підйому гвинтової лінії нарізки, °;

ρ – густина, кг/мм³;

n – частота обертання черв'яка;

P – тиск розплаву, МПа;

η – ККД розплаву;

N – потужність, кВт;

Q – продуктивність, кг/год;

ν – Коефіцієнт Пуассона;

E – модуль пружності, МПа;

σ_T – границя текучості, МПа;

T – температура, °С;

α_k – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²К;

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується	5
1.1. Опис лінії та принцип її роботи.....	5
1.2. Опис основної машини.....	6
2. Технічна характеристика базової машини	9
3. Літературно огляд, патентний пошук.....	10
4. Обґрунтування модернізації.....	15
5. Розрахунок.....	18
5.1. Розрахунок геометричних параметрів черв'яка.....	18
5.2. Кінематичний розрахунок головки екструдера	20
5.3. Кінематичний розрахунок екструдера.....	23
5.4. Розрахунок корпусу екструдера на міцність.....	26
5.5. Тепловий розрахунок.....	27
5.6. Розрахунок працездатності модернізованого черв'яка.....	29
6. Спеціальні розділи	32
6.1. Монтаж і експлуатація	32
6.1.1. Креслення загального виду машини	32
6.1.2. Специфікація креслення загального виду машини	33
6.1.3. Креслення вузла	34
6.1.4. Специфікація креслення вузла	35

					ЛП21мп.257246.01-70			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Травков Р. В.			Лінія для виготовлення полімерних труб з модернізацією екструзійної головки	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чемерис А.О.					1	88
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.		Чемерис А.О.						

6.1.5. Схема збирання вузла	37
6.1.6. Операційна карта збирання вузла	38
6.1.7. Карта ескізів фундаменту і послідовності монтажу машини	41
6.1.8. Операційна карта монтажу машини на фундаменті	43
6.1.9. Схема змащення вузлів машини	45
6.1.10. Таблиця змащення вузлів машини	46
6.2. Автоматизація	46
6.2.1. Аналіз технологічного процесу виготовлення полімерних труб як об'єкта автоматизації	47
6.2.2. Опис розробленої схеми автоматизації лінії виробництва полімерних труб	50
6.2.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації	51
6.3. Стартап	52
6.3.1. Опис ідеї стартап-проекту	52
6.3.2. Технологічний аудит проекту	54
6.3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	54
6.3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	64
6.3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	67
6.3.6. Висновки	70
6.4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	71
6.4.1. Повітря робочої зони	71
6.4.2. Виробничий шум	72
6.4.3. Виробниче освітлення	73
6.4.4. Пожежна безпека	74
6.4.5. Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються	75
7. Модернізація головки екструдера	76
7.1. Розрахунок базової конструкції формуючої головки	76
7.2. Розрахунок модернізованої конструкції формуючої головки	80
7.3. Висновки	83

Висновки.....84

Список використаних джерел85

ДОДАТКИ

					ЛП21мп.257246.01-70	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

На сьогоднішній день пластикові труби є більш поширеними ніж труби зі сталі чи чавуну, завдяки деяким вагомим перевагам. В даному проекті матеріалом для труб був обраний полівінілхлорид. Одні із самих очевидних переваг труб із даного матеріалу: стійкість до корозії; вага труб в декілька разів (в 5-7 разів) менше, ніж в металевих трубах; дуже міцні; мають термін експлуатації до 50 років; більш зручні під час експлуатації; не вступають в реакцію з іншими речовинами. Тому виникає актуальне питання стосовно виготовлення полімерних труб.

Основою виробництва служить верстат для виробництва пластикових труб – екструдер, який вичавлює труби з розплавленого пластику [1].

Розрізняють такі види екструдерів: шнековий, безшнековий та комбінований.

В даному проекті було обрано перший тип екструдера, тобто шнековий.

Метою даної магістерської роботи є розробка черв'ячного екструдера для застосування його в лінії виготовлення полімерних труб, тому потрібно виконати параметричний та тепловий розрахунок. Також потрібно виконати розрахунки на міцність для деяких вузлів нашого екструдера, що підтвердять працездатність нашої екструзійної машини.

1. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується

Екструзія вважається найдешевшим і найпростішим способом виготовлення композитного або полімерного профілю. Складність виробленого виробу і характер сировини визначають необхідність вибору одно- або двошнекового екструдера [1].

Завдяки використанню такої методики можуть виконуватися найтонші панелі, листи, смуги, нитки, також профілі зі складною геометрією. Принцип роботи завжди однаковий. У деяких ситуаціях до полімерної суміші додаються різні домішки, що дозволяють створювати композитні матеріали всіякого призначення.

В даному проекті буде розглянуто черв'ячний прес на базі ЧП-125 з модернізацією формуючої трубної головки, яка призначення для виготовлення труб з полівінілхлориду. На сьогоднішній день пластикові труби успішно використовуються в усіх видах інженерних комунікацій, як житлово-комунального, побутового, так і промислового призначення - це водопостачання та водовідведення, системи теплофікації, зрошення та дренаж, системи газифікації, нафтовидобуток, шламо- і пульпопроводи, трубопроводи харчової промисловості, кабельні системи зв'язку, медицина та багато іншого.

1.1. Опис лінії та принцип її роботи

Лінія для виробництва труб, що проектується, призначена для виробництва труб з полівінілхлориду методом екструзії, який полягає у безперервному проштовхуванні розплаву полімерного матеріалу крізь формуючий кільцевий зазор трубної екструзійної головки [2]. Лінія може використовуватись на різноманітних підприємствах орієнтованих на переробку полімерних і будівельних матеріалів та на багатьох підприємствах хімічної промисловості (рис.1.1.).

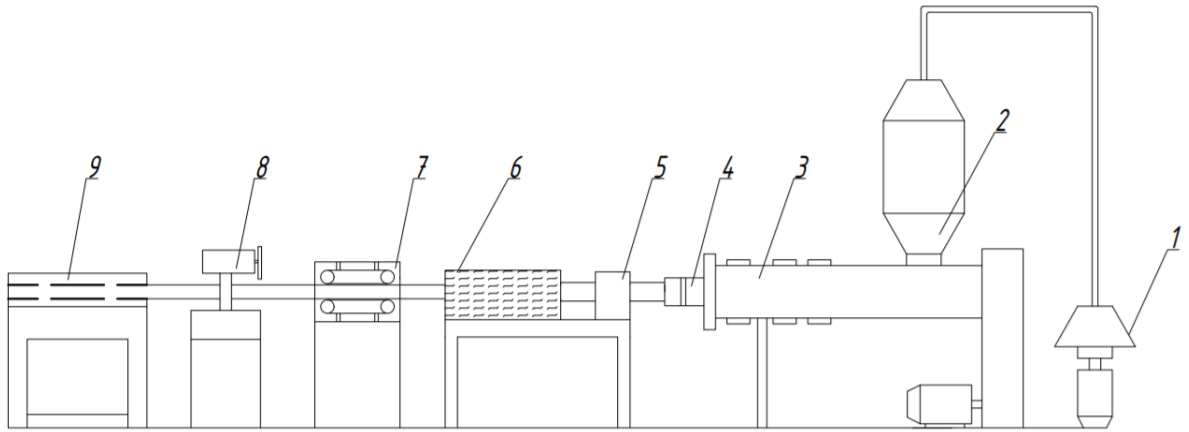


Рис. 1.1. Технологічна схема лінії екструзії для виготовлення гладких труб

1 – пневмо-або вакуумного завантажувача; 2 – бункер; 3 – екструдер; 4 – формуюча головка; 5 – калібрувальна насадка; 6 – охолоджувальна ванна; 7 – тягнучий пристрій; 8 – відрізний пристрій; 9 – пристрій зупинки.

Гранули полімеру завантажують у бункер 2 екструдера 3 за допомогою пневмо-або вакуумного завантажувача 1. З бункера матеріал самопливом потрапляє на витки черв'яка, де під дією теплоти дисипації і зовнішнього обігріву нагрівається і плавиться, стискається і гомогенізується. Далі розплав видавлюється через формуючу трубну головку 4. Трубчастий профіль надходить всередину калібрувальної насадки (гільзи) 5, де частково охолоджується і набуває необхідних розмірів по діаметру. Для притискання розплаву до стінок насадки, що калібрує, всередину труби підводиться стиснене повітря або створюється вакуум між трубою і насадкою. Остаточню труба охолоджується водою у ванні 6, та простягається пристроєм 7, що тягне, і розрізається дисками, фрезою або циркулярною пилою 8. Відрізані труби штабелюються в зоні 9.

1.2. Опис основної машини

Основним робочим органом екструдерів є товстостінний циліндричний корпус, у якому обертається і переміщує матеріал черв'як (шнек). Черв'яки, діаметр яких варіюється і може бути від 20 до 500 мм і більше, характеризуються геометрією (профілем) поперечного перерізу каналу, довжиною гвинтової нарізки, кроком, ступенем стиску і кількістю заходів нарізки. Під час обертання черв'яка

матеріал транспортується гвинтовим каналом, утвореним внутрішньою поверхнею циліндра і нарізкою черв'яка. Транспортування супроводжується інтенсивними деформаціями матеріалу та зростанням тиску.

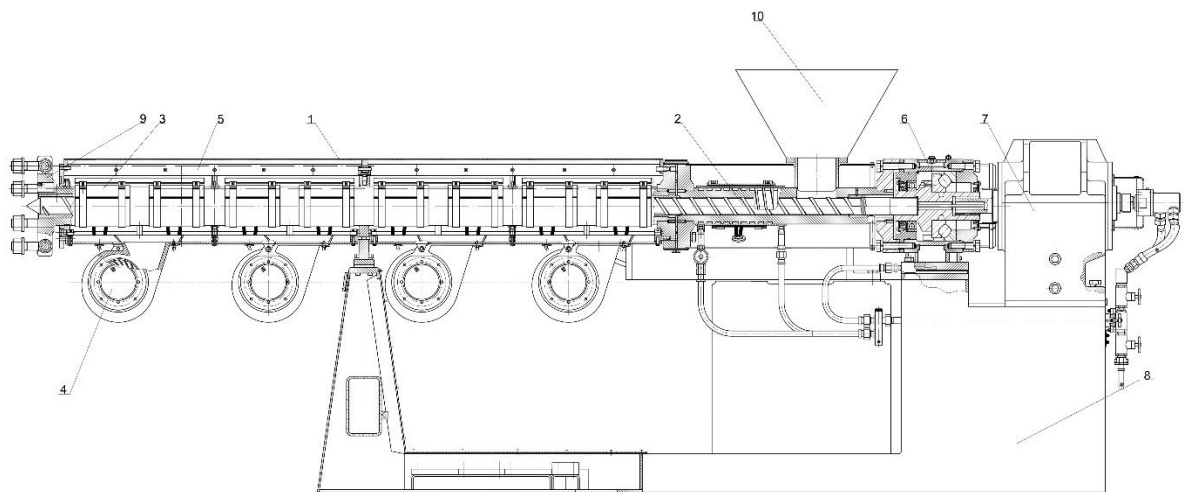


Рис. 1.2. Схема екструдера

1 – корпус; 2 – черв'як; 3 – нагрівачі; 4 – вентилятори; 5 – кожух; 6 – вузол опірного підшипника; 7 – редуктор; 8 – станина; 9 – фланець; 10 – бункер.

Також одночасно в екструдері відбуваються різні процеси: нагрівання матеріалу за рахунок енергії дисипації та енергії, яка підводиться від системи підігрівання циліндра; ініційовані зростаючим тиском та температурою фазові, хімічні та інші перетворення, ущільнення та гомогенізація сипких матеріалів; змішування різних компонентів; вилучення з матеріалів газоподібних та інших злоякісних домішок. У зоні живлення відбувається подача матеріалу з бункера, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для збільшення продуктивності зона завантаження виконується з більшим об'ємом гвинтового каналу черв'яка. У зоні пластикації проходить розплавлювання полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективного проведення вказаних процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом гвинтового каналу, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини, кроку гвинтової лінії або завдяки обох параметрів одночасно. У зоні дозування відбувається перемішування розплаву і утворюється тиск, під дією якого розплав продавлюється крізь формуючий головку [3]. Лійка завантажувальна

представляє собою товстостінний циліндр із завантажувальним отвором та водяною рубашкою. Складається ж вона із корпусу та вставної гільзи. До лійки завантажувальної за допомогою фланця кріпиться бункер з автоматичним заповненням матеріалом. Температура поверхні гільзи контролюється завдяки перетворювачеві термоелектричному, в комплекті із вторинним пристроєм. Корпус має форму товстостінного циліндра, який приєднаний фланцем до лійки завантажувальної. Корпус має чотири зони обігріву електронагрівниками опору. Охолодження зон корпусу здійснюється від чотирьох незалежних вентиляторів та за допомогою системи водяного охолодження. Для достатньо точного контролю температури корпусу на ньому встановлюють перетворювачі термоелектричні. Зони розділені між собою перегородками. Ззовні корпус закритий теплоізоляційним кожухом.

Черв'як завдяки шліцьовому з'єднанню кріпиться до перехідної втулки блоку радіально-упорних підшипників [3]. Цей вал завдяки шліцьовому з'єднанню приєднаний до тихохідного редуктора. Формуюча головка кріпиться до циліндра екструдера за допомогою фланцевого з'єднання. Корпус складається із завантажувальної і плавильної частини. Всі частини з'єднуються між собою за допомогою фланців. До завантажувальної частини, також за допомогою фланців, приєднується блок радіально-упорних підшипників. На плавильну частину корпусу встановлюються нагрівники, завдяки яким корпус нагрівається, та проходить розплавлення полімеру.

2. Технічна характеристика базової машини

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики черв'ячного пресу

№	Параметр	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	Діаметр черв'яка	D	125	мм
2	Відношення робочої частини черв'яка до його діаметру	L/D	20	-
2	Потужність	N	76	кВт
4	Частота обертів черв'яка	n	1,39	с ⁻¹
5	Продуктивність	Q	49,9	кг/год
	Габаритні розміри :			
6	довжина	-	4130	мм
7	ширина	-	3700	мм
8	висота	-	1800	мм
9	Маса	-	4400	кг

3. Літературно огляд, патентний пошук

В сучасних умовах розвитку промисловості та технологічних інновацій виробництво полімерних труб здобуває все більше уваги через свою значущість у різноманітних галузях вживання – від будівництва до водопостачання та енергетики. Однак, ефективне функціонування ліній з виробництва полімерних труб невіддільно пов'язане із застосуванням інноваційних технологій, зокрема, удосконаленням елементів та систем виробництва.

Цей розділ присвячений літературному огляду та патентному пошуку з питань модернізації формуючої головки на лінії виробництва полімерних труб. Він детально розглядає сучасний стан та тенденції розвитку виробництва полімерних труб, а також важливість впровадження інноваційних технологій у цьому сегменті виробництва. Літературний аналіз охоплює ключові аспекти функціонування формуючих головок, визначаючи недоліки та можливості для їх удосконалення. Патентний пошук спрямований на виявлення патентованих технічних рішень та інновацій, пов'язаних із модернізацією формуючих головок на лініях виробництва полімерних труб.

Цей аспект дослідження визначається актуальністю та перспективністю розвитку сучасних технологій у виробництві полімерних труб, а також важливістю покращення ключових елементів у виробництві для досягнення оптимальних результатів у якості та продуктивності.

Таблиця 3 – Розглянуті патенти

Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Сутність заявленого технологічного рішення і ціль його створення
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/20 UA94625U	В екструзійній головці для формування порожнистого виробу, що містить порожнистий корпус, розташований на його зовнішній поверхні щонайменше один нагрівник, а

		також розміщений у порожнині корпусу дорн, з'єднаний з корпусом за допомогою дорнотримача, згідно з пропонованою корисною моделлю, новим є те, що в дорнотримачі з боку зовнішньої поверхні корпусу виконано щонайменше один глухий отвір з розміщеною в ньому вставкою, коефіцієнт теплопровідності матеріалу якої більше за коефіцієнт теплопровідності матеріалу дорнотримача. У найприйнятнішому прикладі виконання головки вставку виконано з міді [10].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/14 UA82157U	В екструзійній головці, що містить корпус, матрицю та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву, новим є те, що матриця з'єднана з корпусом за допомогою принаймні одного пружного та принаймні одного демпфуючого елементів з можливістю зворотно-поступального руху [11].
Формуюча головка екструдера	<u>Китай</u> B21C25/02; B29C48/09; B29C48/325 CN115214106	Мета даного винаходу полягає в забезпеченні екструзійної головки з безперервно регульованим внутрішнім діаметром. Регулюючи випускний отвір та кінцевий конус оправки Внутрішній діаметр регулюється відповідно до

		положення, що відповідає фасонній площі, тим самим зменшуючи кількість форм та економлячи час виробництва. Безперервне виробництво трубчастих форм [12].
Формуюча головка екструдера	<u>Китай</u> B29C47/68; B29C48/30; B29C48/92 CN107351351	Екструзійна головка з двошаровим фільтром містить послідовно з'єднані корпус головки, опорну пластину дільника і головку, при цьому середня частина одного кінця корпусу забезпечена першою сіткою, що фільтрує, внутрішня частина стрижня забезпечена конусом на одному кінці наконечника, на зовнішній частині корпусу [13].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/00 UA4224U	В формуючій головці, яка має встановлені на осі з можливістю обертання матрицю і дорн з виконаною на ньому нарізкою, що утворюють робочий канал для течії розплаву, який переходить в вихідні канали, виконані в матриці і дорні, новим є те, що канал течії розплаву перед фільсами матриці і дорну утворює накопичувальну порожнину, куди виступають прилеглі вінці фільс і стінки якої виконані з послідовно розміщеними кільцевими виступами, а вихідні канали виконані зі зменшенням до виходу. Суміжні стінки вихідних каналів в матриці та дорні

		зближуються до мінімуму або з'єднуються між собою, а протилежні закінчуються плічками, що сходяться під тупим кутом [14].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/20 UA68120U	У екструзійній головці для формування порожнистого виробу, який включає корпус, розташований у його порожнині дорн із каналом для постачання повітря всередині формованого порожнистого виробу, згідно із запропонованою корисною моделлю, нововведенням є використання немагнітного матеріалу для виготовлення корпусу. Зовнішню частину корпусу на ділянці, де розташований дорн, обладнано котушкою індуктивності. Дорн виготовлено з магнітного матеріалу із точкою Кюрі, що відповідає температурі перебігу процесу формування [15].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/14 UA112311U	У кільцевій екструзійній головці, що складається з корпусу та дорна, встановленого на дорнотримачі для утворення формуючого каналу для протікання полімеру, інноваційним є те, що принаймні один дорнотримач обладнано щонайменше одним пристроєм додаткового живлення із каналом, вихідний отвір якого направлений в напрямку вихідного

		формуючого каналу. Вихідний отвір каналу пристрою додаткового живлення може бути обладнаний зворотнім клапаном. Слід зазначити, що пристрій додаткового живлення може мати можливість регулювання положення вихідного отвору вздовж висоти формуючого каналу [16].
Формуюча головка екструдера	<u>Японія</u> B29C47/20 B29C48/32 B29L23/22 JPН07148818	В екструзійній головці матриця закріплена на тримачі матриці, який використовується для регулювання центрування групи матриць і закріплений на рамі за допомогою регулювального гвинта. У рамці, в центрі видавлювального отвору матриці, що відокремлює внутрішню поверхню стінки із встановленим зазором від видавлювального отвору, вставлено штифт. Цей штифт призначений для вставки всередину штифтодержача рамки. Крім того, у центральній частині штифта створено просвіт, який з'єднується з атмосферою [17].

4. Обґрунтування модернізації

Перший патент [13] був вибраний завдяки своєму підходу до вирішення проблем, пов'язаних з накопиченням гранульованих матеріалів у фільтрі екструзійної головки при виробництві труб. У звичайних умовах, таке накопичення призводить до засмічення фільтра, що вимагає частого очищення, і, відповідно, підвищує витрати на обслуговування та знижує ефективність виробництва.

Патентована екструзійна головка із двошаровим фільтром вирішує цю проблему шляхом використання послідовно з'єднаних корпусу головки, опорної пластини діляника і головки, що обладнана двома сітками фільтрації. Перша сітка знаходиться в середній частині корпусу, фільтруючи матеріал на етапі входу, а друга розташована на перехідній пластині, забезпечуючи додаткову фільтрацію перед виходом. Цей двошаровий підхід дозволяє зменшити частоту очищення та збільшити час ефективної роботи фільтра.

Крім того, патент включає в себе розташування багатьох нагрівальних трубок та зміювика всередині перехідної пластини, що сприяє рівномірному нагріванню розплавленого матеріалу. Це не лише покращує якість екструзійного лиття, але і забезпечує нормальний перебіг розплаву пластику в головці, підвищуючи загальну ефективність виробництва.

Такий підхід до конструкції екструзійної головки не тільки зменшує витрати на обслуговування, але й робить процес більш доступним та зручним у використанні, що важливо для підприємств, які мають обмежені ресурси. Усе це робить цей патент привабливим вибором для оптимізації виробництва труб у промислових умовах..

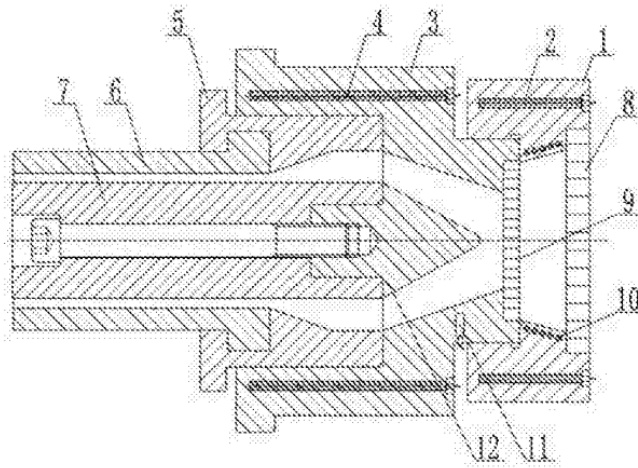


Рис. 4.1. Перший варіант модернізованої формуючої головки

1 – приєднувальний фланець, 2 – перша нагрівальна трубка, 3 – корпус матриці головки, 4 – друга нагрівальна трубка, 5 – корпус головки, 6 – матриця, 7 – дорн, 8 – другий фільтр, 9 – перший фільтр, 10 – нагрівальний елемент, 11 – датчик температури, 12 – піноль

Розглянемо другу запропоновану модернізацію.

На рис. 4.2. показаний схематичний розріз головки екструдера, що втілює даний винахід, і матриця 1, оснащена штифтом 5, може бути прикріплена до тримача матриці 2 екструзійної рами 4 і від'єднана від неї за допомогою кріпильного гвинта 3.

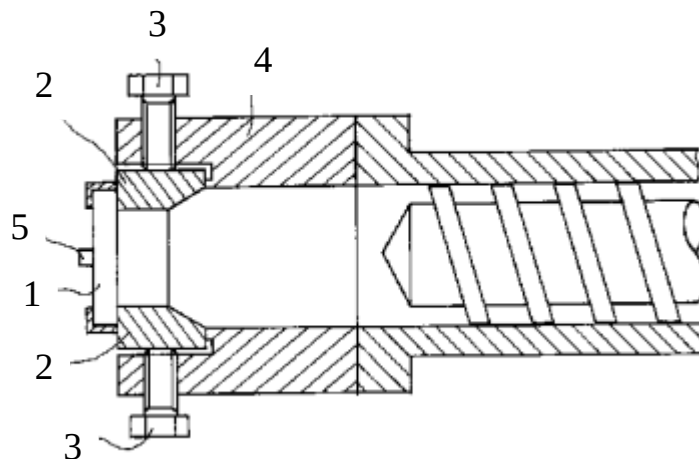


Рис. 4.2. Другий варіант модернізованої формуючої головки

1 – матриця, 2 – тримач матриці, 3 – кріпильний гвинт, 4 – корпус, 5 – штифт

Обрання даного патенту [17] обґрунтовано через метод з'єднання матриці та штифта у головці екструдера. Винахід використовує засіб зчеплення, який передбачає заздалегідь центрування матриці та штифта без необхідності спеціальних робіт з регулювання центрування. Застосування знімного засобу зачеплення дозволяє легко модифікувати наявні головки екструдера на рамі, не вимагаючи значних зусиль та часу для центрування штифта щодо матриці.

Такий підхід має такі переваги: легкість встановлення та центрування завдяки тому, що матриця та штифт з'єднуються через засоби зчеплення, це робить процес встановлення та центрування швидким та простим; можливість модифікації існуючих головок, адже завдяки знімному засобу зачеплення можна легко модифікувати наявні головки екструдера без необхідності перебудовувати всю головку, що забезпечує економію часу та витрат; універсальність використання, адже процес з'єднання матриці та штифта може виконати будь-хто, що робить цей винахід зручним та доступним для широкого кола користувачів.

Отже, обрання цього патенту мотивоване його простотою, ефективністю та можливістю використання в існуючих виробничих умовах без суттєвих модифікацій.

5. Розрахунок

5.1. Розрахунок геометричних параметрів черв'яка

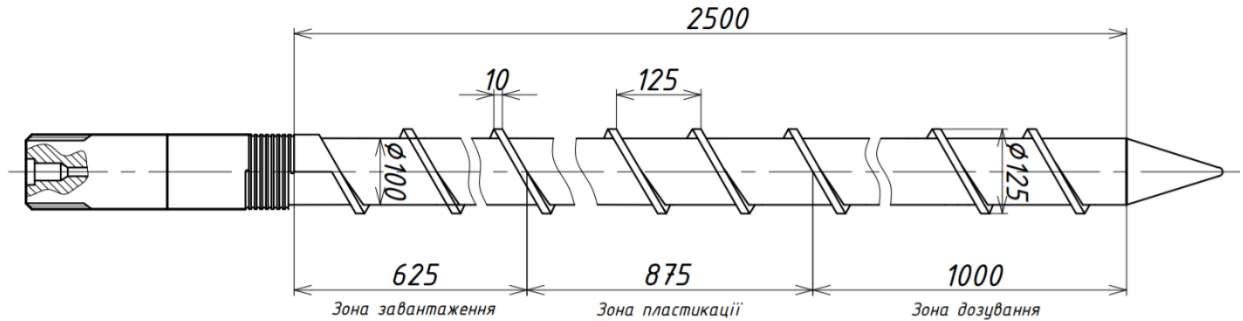


Рис. 5.1. Технологічні зони черв'яка

Загальна довжина червяка:

$$L = D \cdot L/D = 20 \cdot 125 = 2500 \text{ мм}$$

Довжина зони дозування:

$$L_d = 0,4 \cdot L = 0,4 \cdot 2500 = 1000 \text{ мм}$$

Довжина зони завантаження:

$$L_z = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 2500 = 625 \text{ мм}$$

Довжина зони пластикації:

$$L_{\pi} = 0,35 \cdot L = 0,35 \cdot 2500 = 875 \text{ мм}$$

Глибина нарізки в зоні завантаження:

$$h_1 = 0,1 \cdot D = 0,1 \cdot 125 = 12,5 \text{ мм}$$

Глибина нарізки в зоні дозування:

$$\begin{aligned} h_3 &= 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[125 - \sqrt{125^2 - \frac{4 \cdot 12,5}{2} \cdot (125 - 12,5)} \right] = 7 \text{ мм} \\ i &= 2 \end{aligned}$$

Глибина спірального каналу в зоні пластикації:

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L} L_0 = 12,5 - \frac{12,5 - 7}{2500} \cdot 1250 = 9,75 \text{ мм}$$

$$L_0 = L - L_H = 2500 - 1250 = 1250 \text{ мм}$$

$$L_H = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 2500 = 1250 \text{ мм}$$

Середня глибина нарізки в напірній зоні шнека:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_2 + h_3}{2} = \frac{9,75 + 7}{2} = 8,375 \text{ мм}$$

Радіальний зазор між внутрішньою поверхнею матеріального циліндра і зовнішньою поверхнею витка шнека:

$$\delta = 0,003D = 0,003 \cdot 125 = 0,375 \text{ мм}$$

Крок нарізки витків:

$$t = 1 \cdot D = 1 \cdot 125 = 125 \text{ мм}$$

Ширина витка:

$$e = 0,08 \cdot D = 0,08 \cdot 125 = 10 \text{ мм}$$

Кут підйому гвинтової лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{t}{\pi D}\right) = \arctg\left(\frac{125}{3,14 \cdot 125}\right) = 17,6^\circ$$

Діаметр вала шнека у завантажувальній воронки:

$$d_1 = D - 2h_1 = 125 - 2 \cdot 12,5 = 100 \text{ мм}$$

Діаметр вала шнека на початку напірної зони:

$$d_2 = D - 2h_2 = 125 - 2 \cdot 9,75 = 105,5 \text{ мм}$$

Діаметр вала шнека в зоні дозування [8]:

$$d_3 = D - 2h_3 = 125 - 2 \cdot 7 = 111 \text{ мм}$$

5.2. Кінематичний розрахунок головки екструдера

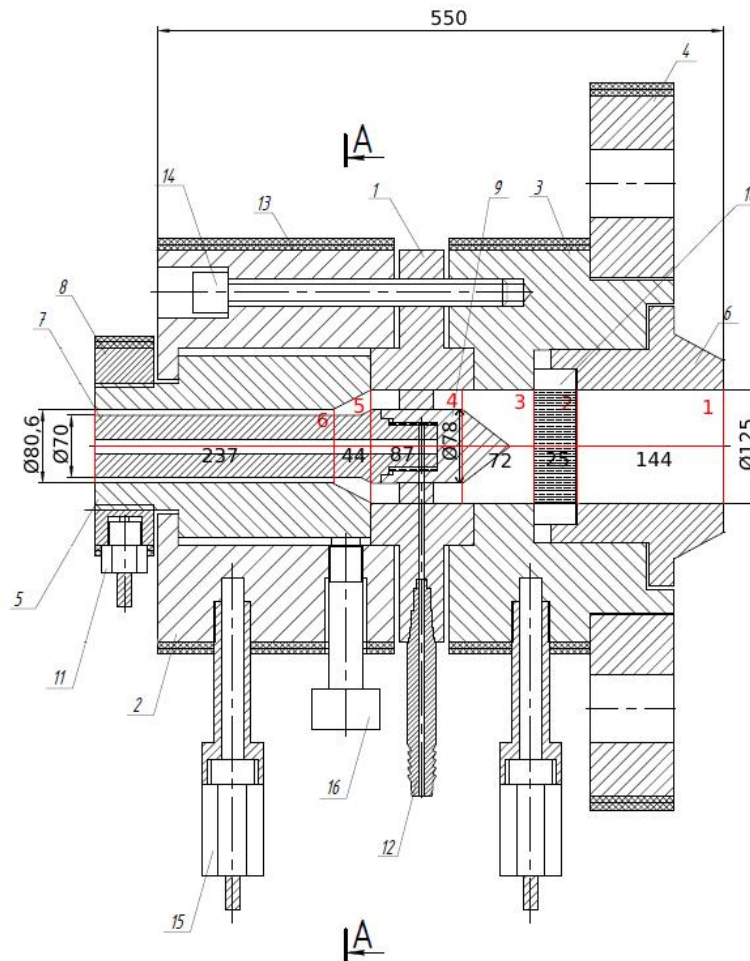


Рис. 5.2. Канали головки екструдера

1) ділянка циліндрична: круглий канал з діаметром на вході; $d = 125$ мм; $L = 144$ мм; коефіцієнт опору знаходимо за формулою :

$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 125^4}{128 \cdot 144} = 41590 \text{ мм}^3$$

2) ділянка решітки: товщину решітки приймаємо рівною $\delta_p = 25$ мм (1/5 діаметра шнека); число отворів в решітці приймаємо $z = 50$, діаметр отворів $d_o = 5$ мм; коефіцієнт опору решітки розраховується за формулою:

$$K_2 = \frac{\pi z d_o^4}{128 \delta_p} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 5^4}{128 \cdot 25} = 30,6 \text{ мм}^3$$

3) кільцевий конічний канал з великим діаметром на виході: товщина щілини на вході $\delta_1 = 62,5$ мм, на виході $\delta_2 = 62,5 - 39 = 23,5$ мм; середній радіус

конуса: на вході $R_1 = 62,5/2 = 31,25$ мм, на виході $R_2 = 39 + 23,5/2 = 50,75$ мм; $L = 72$ мм; коефіцієнт опору каналу розраховується за формулою:

$$K_3 = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6Lm} = \frac{3,14(31,25 \cdot 23,5 - 50,75 \cdot 62,5)}{6 \cdot 72 \cdot (-0,0011)} = 16106 \text{ мм}^3$$

$$m = \frac{2,3(R_1 - R_2)^2}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)^2} \lg\left(\frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1}\right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} =$$

$$= \frac{2,3(31,25 - 50,75)^2}{(31,25 \cdot 23,5 - 50,75 \cdot 62,5)^2} \cdot \lg\left(\frac{31,25 \cdot 23,5}{50,75 \cdot 62,5}\right) -$$

$$- \frac{(31,25 - 50,75)(62,5 - 23,5)}{(31,25 \cdot 23,5 - 50,75 \cdot 3) \cdot 62,5 \cdot 23,5} - \frac{62,5^2 - 23,5^2}{2 \cdot 62,5^2 \cdot 23,5^2} =$$

$$= -0,0011$$

4) кільцевої циліндричний канал: $R_B = 39$ мм, $R_H = 62,5$ мм, $L = 87$ мм; коефіцієнт опору каналу розраховується за формулою:

$$K_5 = \frac{\pi}{8L} \left[R_H^4 - R_B^4 - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{\ln\left(\frac{R_H}{R_B}\right)} \right] = \frac{3,14}{8 \cdot 87} \left[62,5^4 - 39^4 - \frac{(62,5^2 - 39^2)^2}{\ln\left(\frac{62,5}{39}\right)} \right]$$

$$= 3976,4 \text{ мм}^3$$

5) кільцевої конічний канал з великим діаметром на вході: товщина щілини на вході $\delta_1 = 23,5$ мм, на виході $\delta_2 = (80,6 - 70) / 2 = 5,3$ мм; середній радіус конуса: на вході $R_1 = 50,75$ мм, на виході $R_2 = 35 - 5,3 / 2 = 37,65$ мм; $L = 44$ мм; коефіцієнт опору каналу знаходимо за формулою:

$$K_5 = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6Lm} = \frac{3,14(50,75 \cdot 5,3 - 37,65 \cdot 23,5)}{6 \cdot 44 \cdot (-0,0143)} = 512 \text{ мм}^3$$

$$m = \frac{2,3(R_1 - R_2)^2}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)^2} \lg\left(\frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1}\right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} =$$

$$= \frac{2,3(50,75 - 37,65)^2}{(50,75 \cdot 5,3 - 37,65 \cdot 23,5)^2} \cdot \lg\left(\frac{50,75 \cdot 5,3}{37,65 \cdot 23,5}\right) -$$

$$- \frac{(50,75 - 37,65)(23,5 - 5,3)}{(50,75 \cdot 5,3 - 37,65 \cdot 23,5) \cdot 23,5 \cdot 5,3} -$$

$$- \frac{23,5^2 - 5,3^2}{2 \cdot 23,5^2 \cdot 5,3^2} = -0,0143$$

6) формуючий кільцевої циліндричний канал: $R_H = 40,3$ мм, $R_B = 35$ мм, $L = 237$ мм; коефіцієнт опору каналу розраховується за формулою:

$$K_6 = \frac{\pi}{8L} \left[R_H^4 - R_B^4 - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{\ln\left(\frac{R_H}{R_B}\right)} \right] = \frac{3,14}{8 \cdot 237} \left[40,3^4 - 35^4 - \frac{(40,3^2 - 35^2)^2}{\ln\left(\frac{40,3}{35}\right)} \right]$$

$$= 12,38 \text{ мм}^3$$

7) загальний коефіцієнт опору головки:

$$K_r = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{41590} + \frac{1}{30,6} + \frac{1}{16106} + \frac{1}{3976,4} + \frac{1}{512} + \frac{1}{12,38}} = 8,65 \text{ мм}^3$$

Швидкість зсуву на ділянці:

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 13327,4}{3,14 \cdot 125^3} = 0,06 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{32Q}{\pi z d_p^3} = \frac{32 \cdot 13327,4}{3,14 \cdot 50 \cdot 5^3} = 21,7 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_3 = \frac{22,3Q}{4\pi(R_1 + R_2) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22,3 \cdot 13327,4}{4 \cdot 3,14 \cdot (31,25 + 50,75) \cdot (62,5 + 23,5)^2}$$

$$= 0,03 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_4 = \frac{6Q}{\pi(R_H + R_B) \cdot (R_H - R_B)^2} = \frac{6 \cdot 13327,4}{3,14 \cdot (62,5 + 39) \cdot (62,5 - 39)^2} = 0,45 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_5 = \frac{22,3Q}{4\pi(R_1 + R_2) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22,3 \cdot 13327,4}{4 \cdot 3,14 \cdot (50,75 + 37,65) \cdot (23,5 + 5,3)^2} =$$

$$= 0,32 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_6 = \frac{6Q}{\pi(R_H + R_B) \cdot (R_H - R_B)^2} = \frac{6 \cdot 13327,4}{3,14 \cdot (40,3 + 35) \cdot (40,3 - 35)^2} = 12 \text{ с}^{-1}$$

Ефективна в'язкість:

$$\eta_1 = 151780,6 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\eta_2 = 1863,3 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\eta_3 = 154654,8 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\eta_4 = 121459,4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\eta_5 = 118603,7 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\eta_6 = 3824,59 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Розрахунок перепаду тиску у головці:

$$\Delta P_i = \frac{Q \cdot \eta}{K_i}$$

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \eta}{K_1} = \frac{13327,4 \cdot 151780,6}{41590} = 0,05 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_2 = \frac{Q \cdot \eta}{K_2} = \frac{13327,4 \cdot 1863,3}{30,6} = 7 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_3 = \frac{Q \cdot \eta}{K_3} = \frac{13327,4 \cdot 154654,8}{16106} = 0,1 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_4 = \frac{Q \cdot \eta}{K_4} = \frac{13327,4 \cdot 121459,4}{3976,4} = 0,4 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_5 = \frac{Q \cdot \eta}{K_5} = \frac{13327,4 \cdot 118603,7}{512} = 3,1 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_6 = \frac{Q \cdot \eta}{K_6} = \frac{13327,4 \cdot 3824,59}{12,38} = 4,4 \text{ МПа}$$

Сумарний перепад тиску в головці:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 = \\ &= 0,05 + 0,8 + 7 + 0,4 + 3,1 + 4,4 = 15,05 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Втрати тиску укладаються в допустимий інтервал [6]:

$$15 \text{ МПа} < \Delta P < 25 \text{ МПа}$$

5.3. Кінематичний розрахунок екструдера

Обчислюємо коефіцієнти геометричних параметрів шнека по формулами[6]:

$$\begin{aligned} \sigma &= 1 - \frac{6,9D}{2(h_2 - h_3)} \lg \frac{h_2}{h_3} + \frac{D^2}{2h_2h_3} = 1 - \frac{6,9 \cdot 125}{2(9,75 - 7)} \lg \frac{9,75}{7} + \frac{125^2}{2 \cdot 9,75 \cdot 7} \\ &= 92,9 \frac{1}{\text{мм}^2} \end{aligned}$$

$$a = \frac{\pi^2}{h_2h_3} \left[\frac{D(h_2 + h_3)}{2h_2h_3} - 1 \right] = \frac{3,14^2}{9,75 \cdot 7} \left[\frac{125 \cdot (9,75 + 7)}{2 \cdot 9,75 \cdot 7} - 1 \right] = 2,07 \frac{1}{\text{мм}^2}$$

$$b = \frac{2,3}{(h_2 - h_3)D^3} \lg \frac{h_2(D + d_3)}{h_3(D + d_1)} + \frac{2h_2h_3 + (h_2 + h_3)D}{2D^2h_2^2h_3^2} =$$

$$= \frac{2,3}{(9,75 - 7) \cdot 125^3} \lg \frac{9,75 \cdot (125 + 111)}{7 \cdot (125 + 100)} + \frac{2 \cdot 9,75 \cdot 7 + (9,75 + 7) \cdot 125}{2 \cdot 125^2 \cdot 9,75^2 \cdot 7^2}$$

$$= 1,54 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{мм}^4}$$

Визначаємо постійні потоків:

1) Прямого:

$$A_1 = \frac{\pi^3(t - \lambda e)\sigma}{a + t^2b} = \frac{3,14^3 \cdot (125 - 1 \cdot 10) \cdot 92,9}{2,07 + 125^2 \cdot 1,54 \cdot 10^{-5}} = 143143 \text{ мм}^3$$

2) Зворотного:

$$B_1 = \frac{\pi t(t - \lambda e)\sigma}{12L_H(a + t^2b)} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot (125 - 1 \cdot 10) \cdot 92,9}{12 \cdot 1250 \cdot (2,07 + 125^2 \cdot 1,54 \cdot 10^{-5})} =$$

$$= 120,9 \text{ мм}^3$$

3) Потоків витоків:

$$C_1 = \frac{\pi D \delta^3 t^2}{10eL_H \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 0,375^3 \cdot 125^2}{10 \cdot 10 \cdot 1250 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 125^2 + 125^2}} =$$

$$= 0,0063 \text{ мм}^3$$

Обчислюємо продуктивність екструдера:

Об'ємна:

$$Q = \frac{A_1 K}{K + B_1 + C_1} n = \frac{143143 \cdot 8,65}{8,65 + 120,9 + 0,0063} \cdot 1,39 = 13327,4 \frac{\text{мм}^3}{\text{с}}$$

$$= 800 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}}$$

$$n_{\text{кр}} = \frac{42,4}{60\sqrt{D}} = \frac{42,4}{60\sqrt{0,125}} = 1,99$$

$$n = 0,7n_{\text{кр}} = 0,7 \cdot 1,99 = 1,39 \text{ с}^{-1}$$

Масова:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60Q\rho}{10^6} = \frac{60 \cdot 800 \cdot 1021}{10^6} = 49 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

де ρ - густина розплаву ПВХ на виході з екструдера при температурі розплаву 150 °C.

$$\rho = 1021 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Обчислення потужності приводу екструдера:

Потужність, споживана екструдером, витрачається на пересування маси матеріалу уздовж спірального каналу до голівки і далі, а також на зріз матеріалу (розплаву) в зазорі між гребнем шнека і внутрішньою стінкою циліндра[6]:

$$N = N_1 + N_2 = 54 + 22 = 76 \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 9,8 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{\pi^3(t-e)LJ\eta_1}{t} n^2 + A_1 \Delta P n \right) = \\ &= 9,8 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{3,14^3 \cdot (12,5 - 1) \cdot 250 \cdot 5551 \cdot 686,47}{12,5} \cdot 1,39^2 + 143,143 \cdot 15,05 \right. \\ &\quad \left. \cdot 10^6 \cdot 1,39 \right) = 54 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= 9,8 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\pi^3 d^3 e L \eta_2}{\delta t} n^2 = \\ &= 9,8 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{3,14^3 \cdot 12,5^3 \cdot 1 \cdot 250 \cdot 367,75}{0,0375 \cdot 12,5} \cdot 1,39^2 = 22 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Коефіцієнт:

$$\begin{aligned} J &= \frac{\pi^2 d^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(d + d_3)^3 - (d + d_2)^3}{3(d_3 - d_2)} + \frac{2,3\pi^2 d^5 \ln \frac{h_2}{h_3}}{(t^2 + \pi^2 \cdot d^2)(h_2 - h_3)} = \\ &= \frac{3,14^2 \cdot 12,5^2 - 4 \cdot 12,5^2}{3,14^2} + \frac{(12,5 + 11,1)^3 - (12,5 + 10,55)^3}{3 \cdot (11,1 - 10,55)} + \\ &\quad + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 12,5^5 \cdot \ln \frac{0,975}{0,7}}{(12,5^2 + 3,14^2 + 12,5^2) \cdot (0,975 - 0,7)} = 5551 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Швидкість зсуву для N_1 :

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{\pi^2(d - h_{\text{cp}})(d - 2h_{\text{cp}})n}{h_{\text{cp}} \sqrt{\pi^2(d - 2h_{\text{cp}})^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot (125 - 8,375) \cdot (125 - 2 \cdot 8,375) \cdot 2}{8,375 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot (125 - 2 \cdot 8,375)^2 + 125^2}} \\ &= 82,1 \text{ с}^{-1} \end{aligned}$$

Швидкість зсуву для N_2 :

$$\gamma_2 = \frac{\pi^2 d^2 n}{\delta \sqrt{\pi^2 d^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 125^2 \cdot 2}{0,375 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 125^2 + t^2}} = 1994,6 \text{ с}^{-1}$$

Ефективна в'язкість для N_1 :

$$\eta_1 = 686,47 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Ефективна в'язкість для N_2 :

$$\eta_2 = 367,75 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

5.4. Розрахунок корпусу екструдера на міцність

Вихідні дані:

Внутрішній тиск преса P , МПа:	50;
Допустиме напруження для Сталі 38Х2МЮА, МПа:	665;
Внутрішній діаметр корпусу D , м:	0,125;
Зовнішній діаметр корпусу D_3 , м:	0,132 ;
Технологічна прибавка C_3 , м:	0,0003;
Швидкість корозії J , м/рік:	0,0001;
Термін використання t , років:	13,5;
Розрахункова товщина стінки:	

$$S_r = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - 1,73P}} - 1 \right) = \frac{125}{2} \left(\sqrt{\frac{665}{665 - 1,73 \cdot 50}} - 1 \right) = 4,5 \text{ мм}$$

$$S = S_r + C_1 + C_2 + C_3 = 0,0045 + 0,00135 + 0,05S + 0,0003$$

Округлюємо товщину стінки S з точністю 5 мм в більшу сторону.

$$S = 0,0064 \text{ м} \approx 7 \text{ мм}$$

$$C_1 = \nu\tau = 0,0001 \cdot 13,5 = 0,00135 \text{ м}$$

$$C_2 = 0,05S$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,00135 + 0,05 \cdot 0,0064 + 0,0003 = 0,00197 \text{ м}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 665 \cdot 1,54 \cdot (6,4 - 1,97)}{125 + 6,4 - 1,97} = 70,1 \text{ Мпа}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi D} = \operatorname{arctg} \frac{13,5}{3,14 \cdot 0,125} = 1,54$$

Перевіряємо умову міцності корпусу:

$$P < [P]$$
$$50 < 70,1$$

Запас міцності:

$$n = \frac{[P]}{P} = \frac{70,1}{50} = 1,4$$

5.5. Тепловий розрахунок

Мета розрахунку: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами [3].

Вихідні дані:

- Потужність, встановлена електродвигуном, $N = 76$ кВт;
- Продуктивність ПВХ: $G_M = 0,014$ кг/с = 49,9 кг/год;
- Початкова температура матеріалу: $T_{\Pi} = 20$ °С;
- Кінцева температура матеріалу: $T_K = 180$ °С;
- Температура поверхні кожуха: $T_{\text{кож}} = 45$ °С;
- Температура повітря: $T_{\text{пов}} = 20$ °С;
- Ширина теплообмінної поверхні: $B = 0,3$ м;
- Довжина теплообмінної поверхні: $L = 1,5$ м;
- ККД приводу преса: $\eta_1 = 0,6$;
- ККД електродвигуна: $\eta_2 = 0,9$.

1) Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{\Pi}) + Q_{\text{втр}},$$

де Q_N - кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності і визначене:

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 76 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 41 \text{ кВт}$$

2) $Q_{\text{втр}}$ - втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}},$$

де Q_K - втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}}),$$

де F - площа теплообмінної поверхні кожуха:

$$F = B \cdot L = 1,5 \cdot 0,3 = 0,45 \text{ м}^2$$

α_K - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпуса в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{B},$$

де Nu - критерій Нуссельта,

λ_M - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n,$$

де Gr - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_M^2}$$

Розрахункова температура:

$$T_p = \frac{T_{\text{кож}} + T_{\text{пов}}}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

$\lambda_M = 2,692 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності;

$\nu_M = 18,95 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості;

$Pr = 0,7$ – критерій Прандтля;

$$\beta = \frac{1}{273 + 32,5} = 0,0033$$

За формулою знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_M^2} = \frac{0,0033 \cdot 0,3^3 \cdot 9,8 \cdot (45 - 20)}{(18,95 \cdot 10^{-6})^2} = 60,79 \cdot 10^6$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (60,79 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 42,55 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n = 0,54 \cdot (42,55 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 43,61$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{B} = \frac{43,61 \cdot 2,692 \cdot 10^{-2}}{0,3} = 3,91 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}}) = 3,91 \cdot 0,45 \cdot (45 - 20) = 43,99 \text{ Вт}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$\begin{aligned} Q_{\text{випр}} &= 5,67 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = \\ &= 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,45 \cdot \left(\left(\frac{305,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 20,5 \text{ кВт} \end{aligned}$$

де $\varepsilon = 0,6$ - степінь чорноти матеріала кожуха, $T_1 = 305,5 \text{ К}$ - абсолютна температура кожуха, $T_2 = 293 \text{ К}$ - абсолютна температура оточуючого середовища.

Втрати тепла в оточуюче середовище визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = 43,99 + 20500 = 26 \text{ кВт}$$

3) Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$\begin{aligned} Q_{Q_1} &= G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{\text{П}}) + Q_{\text{втр}} - Q_N = \\ &= 49,9 \cdot 2,3 \cdot (180 - 20) + 26000 - 41000 = 3,4 \text{ кВт} \end{aligned}$$

5.6. Розрахунок працездатності модернізованого черв'яка

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги;
- обертальний момент.

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 72}{120} = 6048,34 \text{ Нм}$$

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 6048,34}{0,125} = 96,8 \text{ кН}$$

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{L} = \frac{9,81 \cdot 236,4}{2,5} = 927,6 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де G - маса черв'яка, кг;

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot L = \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} \cdot 7710 \cdot 2,5 = 236,4 \text{ кг}$$

$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot 927,6 \cdot 2,5^2 = 2898,8 \text{ Нм}$$

Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{\pi \cdot 0,1^3 (1 - 0,95^4)}{32} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Нм}$$

$$\alpha = \frac{d_1}{d_2} = \frac{0,1}{0,1055} = 0,95,$$

де d_1 – діаметр вала шнека у завантажувальній воронки:

$$d_1 = D - 2h_1 = 125 - 2 \cdot 12,5 = 100 \text{ мм}$$

d_2 – діаметр вала шнека на початку напірної зони:

$$d_2 = D - 2h_2 = 125 - 2 \cdot 9,75 = 105,5 \text{ мм}$$

Стискне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{96,8 \cdot 10^3}{7,7 \cdot 10^{-4}} + \frac{2898,8}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 286,8 \text{ МПа}$$

де F - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2 (1 - \alpha^2)}{4} = \frac{\pi \cdot 0,1^2 (1 - 0,95^2)}{4} = 7,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{6048,34}{2,8 \cdot 10^{-5}} = 224 \text{ МПа}$$

Полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{\pi \cdot 0,1^3 (1 - 0,95^4)}{16} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{286,8^2 + 4 \cdot 224^2} = 532 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу не повинен перевищувати допустиме значення:

Матеріал червяка сталь 38Х2МЮА для якої $[\sigma] = 660 \text{ МПа}$.

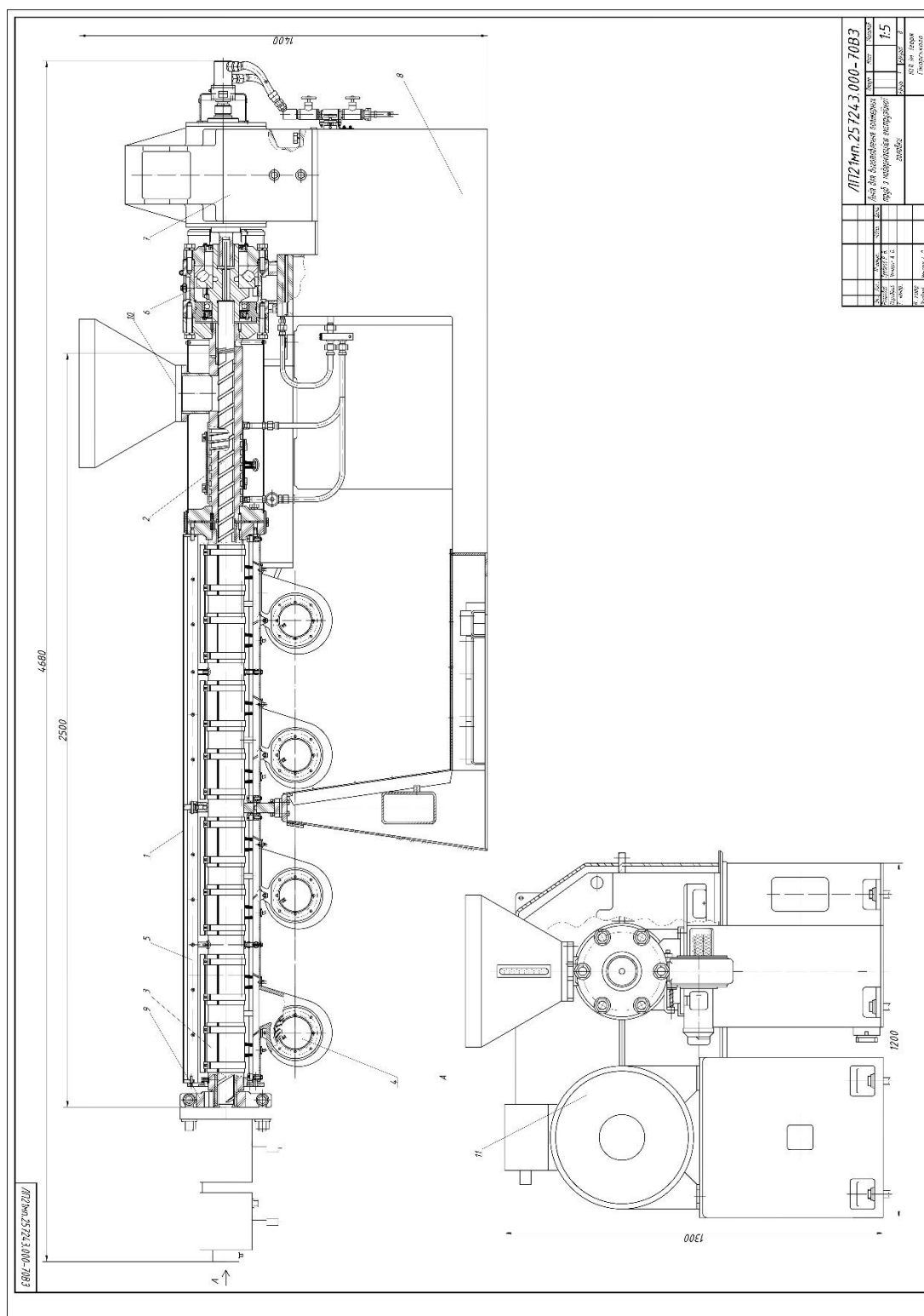
$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{660}{532} = 1,24$$

Отже, умова міцності нашого черв'яка виконується, що підтверджує працездатність машини.

6. Спеціальні розділи

6.1. Монтаж і експлуатація

6.1.1. Креслення загального виду машини

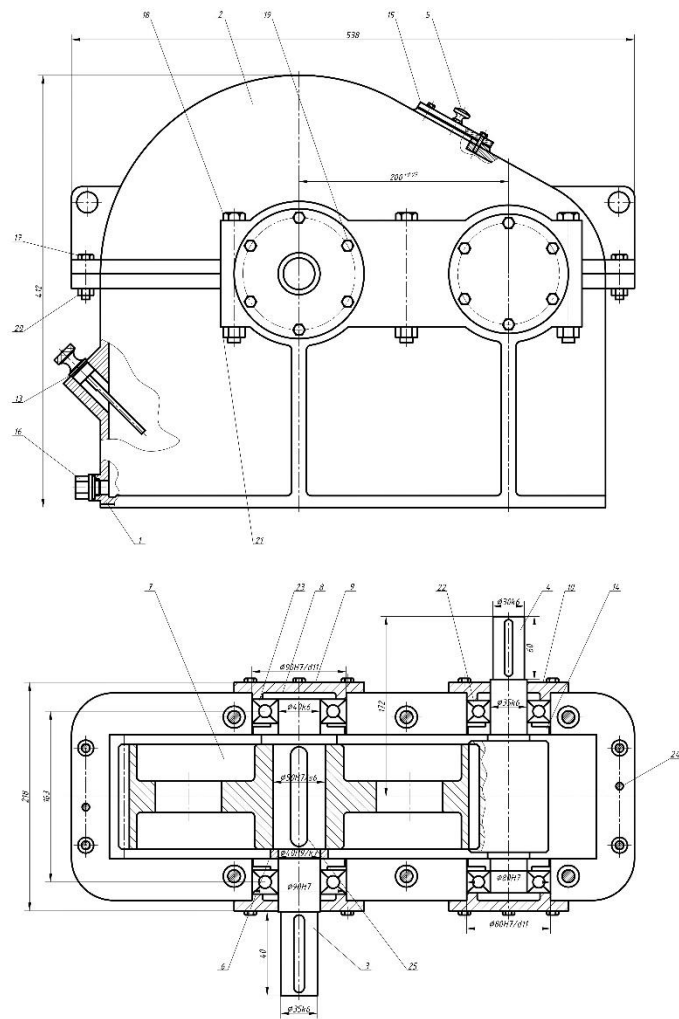


6.1.2. Специфікація креслення загального виду машини

[illegible]

6.1.3. Креслення вузла

11721mn.257242.002-70CK



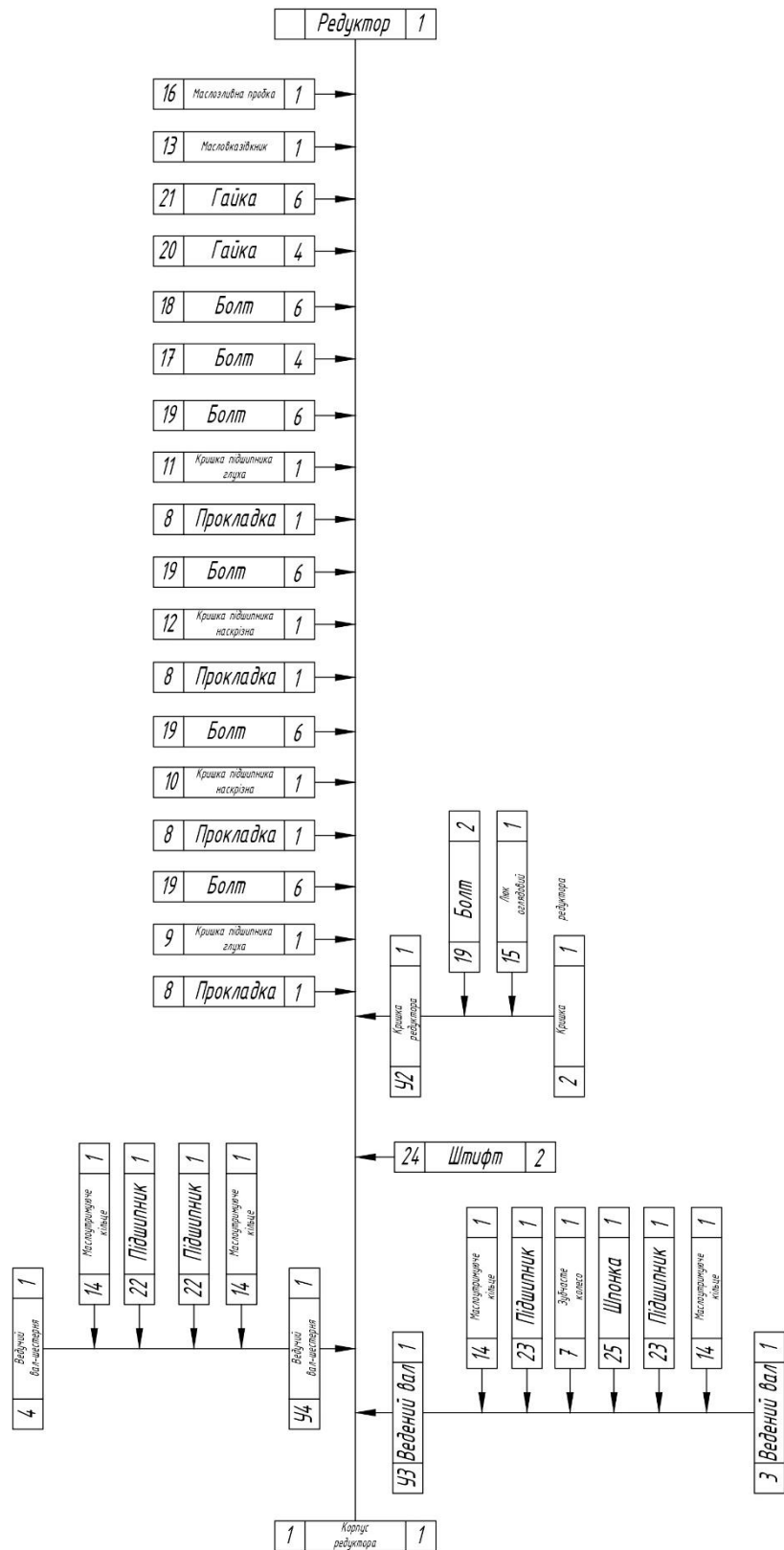
				ЛП21мп.257242.002-70СК			
				Редуктор			
				циліндричний			
				Діаметр		Поворот	
				100		180°	
				100		1:2	
				Діаметр		Поворот	
				100		180°	
				КПВ м. Ізюм			
				Сокільнячівка			

6.1.4. Специфікація креслення вузла

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП21мп.257246.003-70СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Кришка редуктора	1	
		3		Ведений вал	1	
		4		Ведучий вал-шестерня	1	
		5		Віддушина	1	
		6		Втулка	1	
		7		Зубчасте колесо	1	
		8		Прокладка	4	
		9		Кришка підшипника глуха	1	
		10		Кришка підшипника наскрізна	1	
		11		Кришка підшипника глуха	1	
		12		Кришка підшипника наскрізна	1	
		13		Масловказівник	1	
		14		Маслоутримуюче кільце	4	
		15		Оглядовий люк	1	
		16		Пробка	1	
			ЛП21мп.257242.002-70			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Редуктор циліндричний	
Розробив		Травков Р. В.				
Перевірив					Літера	Аркуш
						Аркушів
						1 2
Н. контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Затверд.		Чемерис А. О.				

[illegible]

6.1.5. Схема збирання вузла



6.1.6. Операційна карта збирання вузла

Інд. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
НТУУ "КПІ"		Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт		
№	№	Найменування операції		
		Збирання редуктора		
№	№	Зміст переходу		
1		Беремо вал вихідний 3 та запресовуємо шпонку 25, напресовуємо зубчасте колесо 7, напресовуємо масловідбійне кільце 14, напресовуємо підшипник 23. Вал у зборі встановлюємо в корпус редуктора 1.		
		Технологічний режим	Кіл.	Інструмент (код та найменування)
		вал вихідний 3	1	
		шпонка 25	1	
		зубчасте колесо 7	1	
		масловідбійне кільце 14	2	
		підшипник 23	2	
		корпус редуктора 1	1	
2		Беремо вхідний вал-шестерню 4 напресовуємо масловідбійне кільце 14, напресовуємо підшипник 22. Вал у зборі встановлюємо в корпус редуктора 1.		
		вал-шестерня 4	1	
		масловідбійне кільце 14	2	
		підшипник 22	2	
		корпус редуктора 1	1	
3		Встановити в корпус редуктора 1 у зборі штифти 24 та згодом встановити кришку редуктора 2 на штифти 24.		
		штифт 24	2	
		кришка редуктора 2	1	
		Розроб.	Травков Р. В.	Арк.
		Перевір.	Борщук С. О.	3
		Н.контр.		Арк.
		Дата		1

Інд. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
		Номер операції		
Зміст переходу				
Номер переходу	Технологічний режим	Кіл.	Пристоювання (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)
	корпус редуктора 1	1		
4	Встановити болти 17, 18 в кришку редуктора 2, встановити гайки 20, 21 на болти 17, 18.	4		
	болт 17	4		
	болт 18	6		
	кришка редуктора 2	1		
	гайка 20	4		
	гайка 21	6		
5	Встановити прокладку 8 та кришку глуху 9 в корпус редуктора 1, закрутити гвинти 19 в кришку глуху 9.	1		
	прокладка 8	1		
	кришка глуха 9	1		
	корпус редуктора 1	1		
	гвинт 19	6		
6	Встановити прокладку 8 та кришку наскрізну 10 в корпус редуктора 1, закрутити гвинти 19 в кришку наскрізну 10.	1		
	прокладка 8	1		
	кришка наскрізна 10	1		
	корпус редуктора 1	1		
				Арк
				2

Інд. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
		Номер операції		
Зміст переходу				
Номер переходу	Технологічний режим	Кіл.	Прийомування (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)
	гвинт 19	6		
8	Встановити прокладку 8 та кришку глуху 11 в корпус редуктора 1, закрутити гвинти 19 в кришку глуху 11.	1		
		1		
		1		
		6		
9	Встановити прокладку 8 та кришку наскрізну 12 в корпус редуктора 1, закрутити гвинти 19 в кришку наскрізну 12.	1		
		1		
		1		
		6		
10	Встановити люк 15 та закрутити гвинти 19 в люк 15.	1		
		2		
11	Встановити пробку рівня 13.	1		
12	Встановити маслозливну пробку 16.	1		
				Арк
				3

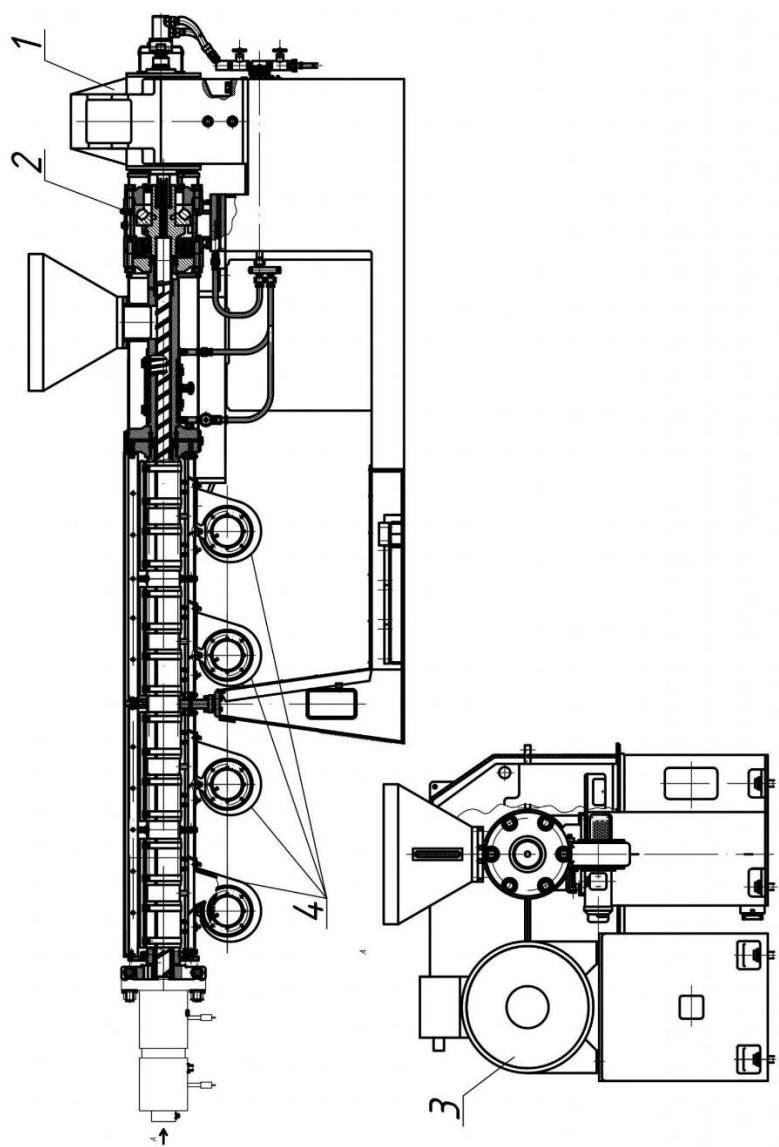
Інв.№Підп.	Підпис та дата	Взон.інв.№	Інв.№зудл.	Підпис та дата
Карта ескізів				
Літера				
Номер операції				
1	2	3	4	5
The technical drawing contains five numbered sketches: Sketch 1: A side view of a mechanical assembly with labels 1, 2, and 3 pointing to different parts. Sketch 2: A cross-sectional view of a component with labels 4 and 5. Sketch 3: A top-down view of a rectangular component with label 6. Sketch 4: A detailed side view of a complex assembly with label 8. Sketch 5: Another side view of a similar assembly with label 9.				
Студент	Травков Р. В.	Лист		
Консульт.	Борщук С. О.	Листів		
	Прізвище І.Б.	Підп.	Дата	

6.1.8. Операційна карта монтажу машини на фундаменті

Інд. № дубл.		Підпис і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата		
НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”				Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт						
№ п/п		№ участ.		№ черг.		Найменування операції				Обладнання (найменування, модель)
Монтаж черв'ячного преса										
Номер переходу		Зміст переходу								
1		Застропити і підняти станину 1 екструдера. Наживити фундаментні болти на станину 1 і опустити підставку за місцем. Повторити цю операцію з станиною 2 редуктора 4 та станиною 3 електродвигуна 6.			Технологічний режим		Кіл.	Приспособування (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)	T ₀
					станина 1,2,3 фундаментний болт 11		16			
							1			
2		Застропити стіл 5 за монтажні петлі і опустити на станину 2. Вставити болти 12 в отвори стола і наживити їх. Застропити редуктор 4 за монтажні петлі і опустити на стіл 5, вставити болти 13 в отвори корпусу редуктора 4 і столу 5 і наживити їх.			стіл 5		1	Кран підйомний	Гайковий ключ	
					редуктор 4		1			
					болт 12, 13		8			
					станина 2		1			
3		Застропити стіл 7 за монтажні петлі і опустити на станину 3. Вставити болти 14 в отвори стола і наживити їх. Застропити електродвигун 6 чалками і опустити на стіл 7, вставити болти 15 в отвори лап двигуна і столу 7 та наживити їх.			стіл 7		1	Кран підйомний	Гайковий ключ	
					електродвигун 6		1			
					болт 14, 15		8			
					станина 3		1			
4		Застропити екструдер 8 за монтажні петлі і опустити на станину 1. Вставити болти 16 в отвори екструдера 8 і наживити їх.			екструдер 8		1	Кран підйомний	Гайковий ключ	
					болт 16		6			
								Розроб.	Травков Р. В.	Арк.
								Перевір.	Борщик С. О.	2
								Дата		Арк.
		Вим.		Арк.		№ докум.		Підпис	№ докум.	1

6.1.9. Схема змащення вузлів машини

Інв.№Підп.	Підпис та дата	Взон.інв.№	Інв.№зудл.	Підпис та дата
Карта ескізів				
Літера				
Номер операції				
1				
2				
3				
4				



Студент	Травко Р. В.	Лист
Консульт.	Борщук С. О.	Листів
	Прізвище І.Б.	Дата

6.1.10. Таблиця змащення вузлів машини

Таблиця 6.1 – Змащення

№ п/п	Змащуванні місця	Кількість точок змащення	Змазка	Метод Змащування	Періоди Змащування
1	Редуктор	5	Солідол М та мастило індустріальне 30, ГОСТ 20799-75	Підшипники редуктора змащуються за допомогою прес-мастилок, для змащування зубчастих коліс мастило заливається у порожнину редуктора крізь оглядове вікно	Перший раз після місячної експлуатації, потім 1 раз в 6 місяців
2	Вузол опірною підшипника	3	Мастило ТАП -15 ГОСТ23652-79	До місць змащування мастило потрапляє по системі вимушеного змащування від насоса типу 12С76-НМ	Перший раз після місячної експлуатації, потім 1 раз в 4 місяці
3	Підшипники електродвигуна	Згідно інструкції заводу-виробника			
4	Підшипники електродвигунів вентиляторів	Згідно інструкції заводу-виробника			

6.2. Автоматизація

Автоматизація технологічних процесів є ключовим аспектом сучасного виробництва, особливо у галузі виробництва полімерних труб. Це дозволяє підвищити продуктивність, знизити виробничі витрати та покращити якість продукції.

Зростаючий попит на полімерні труби у різних секторах, таких як будівництво, комунальні послуги та промисловість, робить важливим

впровадження автоматизованих ліній виробництва. Автоматизація забезпечує більш стабільний і ефективний процес виробництва.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва полімерних труб, який включає в себе різні стадії від подачі сировини до кінцевого продукту.

Предметом дослідження є лінія з виробництва полімерних труб, з особливим акцентом на екструдер, який є ключовим елементом у виробництві цих труб.

Завдання:

Аналіз поточного стану технологічного процесу виробництва полімерних труб.

Визначення можливостей для впровадження автоматизації на різних етапах виробництва.

Розробка рекомендацій щодо оптимізації та автоматизації процесу, зокрема ефективності роботи екструдера.

Короткий аналіз особливостей ведення технологічного процесу:

Технологічний процес виробництва полімерних труб включає кілька ключових етапів: підготовку сировини, екструзію, охолодження, відрізання на задану довжину та контроль якості. Особлива увага повинна бути приділена екструдеру, який відіграє вирішальну роль у формуванні труби.

Ефективність екструдера залежить від його здатності точно підтримувати задані параметри, такі як температура, тиск та швидкість подачі матеріалу. Автоматизація цього процесу може значно підвищити якість труб, скоротити час виробництва та знизити витрати на сировину та енергію.

6.2.1. Аналіз технологічного процесу виготовлення полімерних труб як об'єкта автоматизації

Аналіз технологічного процесу виробництва полімерних труб з акцентом на екструдер як об'єкт автоматизації вимагає розгляду різних аспектів цього складного процесу. Починаючи з підготовки сировини, важливо зосередитися на точному контролі її подачі та змішування, оскільки це безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту. Автоматизація цього етапу дозволяє забезпечити

консистентність властивостей полімеру, що є критично важливим для ефективного процесу екструзії [19].

Сам процес екструзії є серцем виробництва полімерних труб. Тут важливим є точне управління температурою, тиском та швидкістю екструзії. Автоматизація цього процесу, за допомогою сучасних систем PLC і датчиків, дозволяє точно регулювати ці параметри, що забезпечує високу однорідність та якість труб. Наприклад, підтримка стабільної температури впливає на в'язкість полімеру, що є вирішальним для формування правильного профілю труби.

Далі, процеси охолодження та різання труб є також важливими для автоматизації. Точне охолодження забезпечує правильне затвердіння полімеру, а автоматизоване різання гарантує, що труби мають потрібні розміри і форму.

Використання автоматизаційних технологій, які включають сенсори для неперервного моніторингу важливих параметрів і інтерфейси НМІ для спрощення управління процесом, є ключовим для підвищення ефективності та зниження виробничих витрат. Це не лише підвищує якість кінцевого продукту, але й забезпечує більшу гнучкість у виробництві, дозволяючи швидко адаптуватися до змінних вимог ринку.

Для оформлення таблиці, яка описує параметри регулювання та контролю в процесі виробництва полімерних труб, можна побачити в наступній таблиці.

Таблиця 6.2.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1.	Підготовка сировини - Змішувач	Температура сировини	50-60°C ±5°C	Автоматичний контроль та регулювання, сигналізація при відхиленні
2.	Екструдер - Головка машини	Тиск екструзії	150-200 бар ±10 бар	Автоматичний контроль та регулювання, аварійна сигналізація

3.	Екструдер - Головка машини	Температура екструзії	180-220°C ±5°C	Автоматичний контроль та регулювання, сигналізація при відхиленні
4.	Охолодження - Охолоджувальний басейн	Температура води	20-25°C ±2°C	Автоматичний контроль, регулювання температури
5.	Відрізання - Різальний пристрій	Довжина труби	3 м ±0.1 м	Автоматичний контроль довжини, автоматизоване різання

Обґрунтування вибору параметрів контролю, керованих параметрів, і керувальних впливів для процесу автоматизації виробництва полімерних труб включає ретельний аналіз різних аспектів виробничого процесу. Важливість цих параметрів впливає з необхідності підтримання високої якості та ефективності виробництва.

Починаючи з температури сировини та екструзії, ці параметри мають критичне значення для забезпечення однорідності та якості полімеру. Контроль температури дозволяє уникнути дефектів у трубах, таких як нерівномірна товщина стінок або внутрішні напруження. Точне регулювання температури впливає на в'язкість полімеру, що є ключовим для формування труби відповідного діаметру та товщини стінок.

Тиск екструзії також має велике значення. Він впливає на рівномірність стінок труби, і його регулювання забезпечує високу якість кінцевого продукту. Надмірний або недостатній тиск може призвести до серйозних дефектів, знижуючи міцність та довговічність труби.

Температура охолодження відіграє ключову роль у процесі затвердіння полімеру. Її регулювання дозволяє досягти оптимальної швидкості охолодження, забезпечуючи необхідну міцність та гнучкість труби, а також запобігаючи деформаціям.

6.2.2. Опис розробленої схеми автоматизації лінії виробництва полімерних труб

1-1, 1-2 – первинний Г-113 і проміжний Р-1813 перетворювачі електронного дистанційного тахометра типу К-1803; 1-3 – вторинний показувальний і реєструвальний прилад РП-160; 1-4 – мікропроцесорний регулятор МІК-2; 1-5 – трипозиційний підсилювач потужності У24; 2-1– 4-1 – термоперетворювачі опору ТОП або ТОМ градування 50П, 50М тощо; 2-2 – мікропроцесорний терморегулятор МТР-8 восьмиканальний двопозиційний, дозволяє підключати вісім ТОМ (НСХ 100М) або ТОП (НСХ 100П) за три- або чотирипровідними схемами; 2-3 – 4-3 – підсилювач потужності аналоговий У13Н (призначений для керування потужністю електронагрівників і забезпечує лінійне перетворення вхідного сигналу постійного струму 0–5 мА чи постійної напруги 0–10 В у вихідну потужність у режимі фазоімпульсного керування); ТЕН1 – ТЕН3 – електронагрівники трубчасті [20].

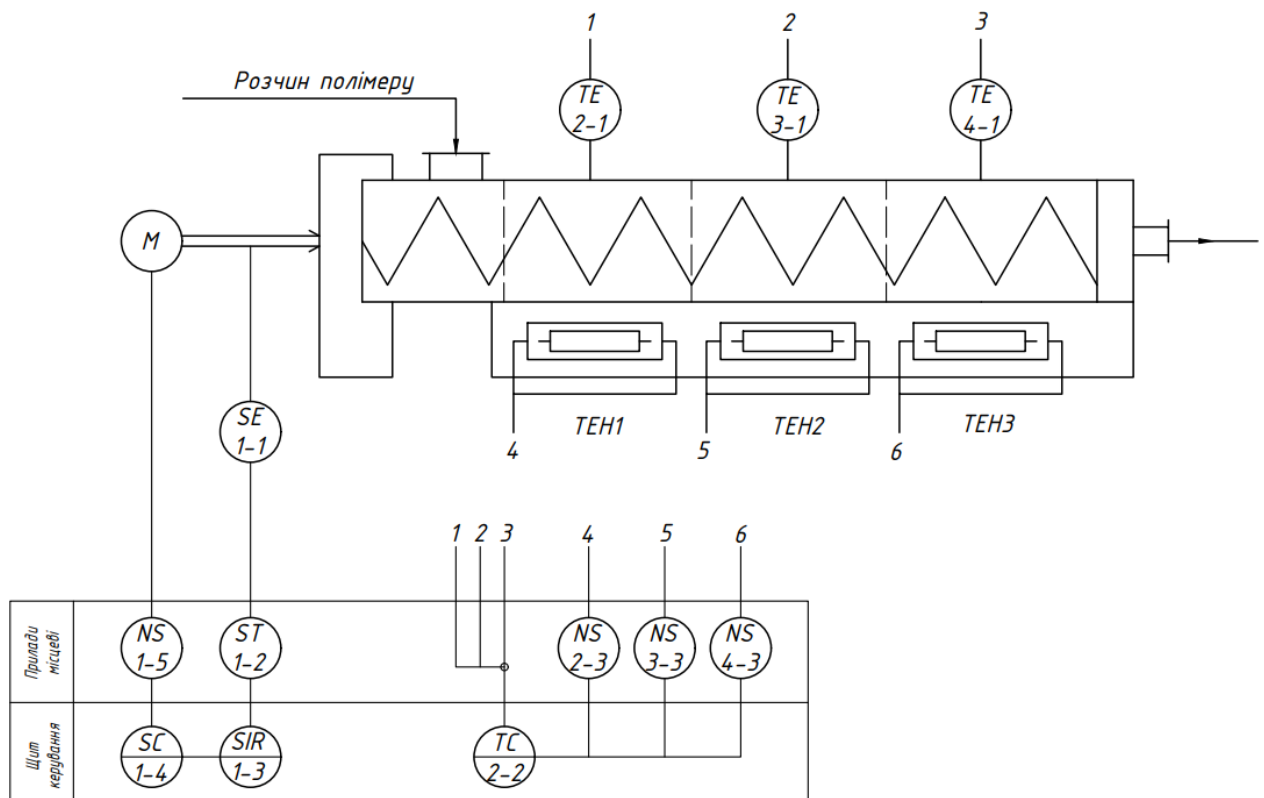


Рис 6.2. Система керування 3-зонним шнековим екструдером

6.2.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації

1. Підвищення ефективності виробничого процесу:

Реалізація автоматизації в лінії виробництва полімерних труб значно підвищила ефективність процесів. Через автоматичний контроль та регулювання критичних параметрів, таких як температура та тиск у процесі екструзії, вдається досягти високої однорідності та якості продукції. Це в свою чергу знижує відсоток браку та підвищує загальну продуктивність.

2. Забезпечення високої якості продукції:

Автоматизація критичних процесів, особливо на стадії екструзії, забезпечила стабільність і точність у виробництві труб. Точне підтримання температури, тиску та швидкості подачі матеріалу гарантує високу якість кінцевого продукту, що є критично важливим для задоволення вимог споживачів та стандартів якості.

3. Підвищення гнучкості виробництва:

Автоматизована система забезпечує велику гнучкість у виробництві, дозволяючи швидко адаптуватися до змін у виробничих вимогах. Це включає можливість швидко змінювати параметри виробництва для виготовлення труб різних розмірів і специфікацій, відповідаючи змінним потребам ринку.

4. Зниження виробничих витрат:

Автоматизація дозволила знизити витрати на виробництво за рахунок зменшення втрат сировини, енергії та часу. Ефективне управління ресурсами та оптимізація процесів призводить до зниження загальних виробничих витрат.

5. Підвищення безпеки роботи:

Автоматизація також покращила безпеку робочого процесу. Зниження необхідності безпосереднього втручання операторів у небезпечні процеси, такі як високотемпературна екструзія, зменшує ризик виробничих травм.

В цілому, автоматизація технологічних процесів на лінії виробництва полімерних труб значно підвищила загальну ефективність, якість та безпеку виробництва, водночас знижуючи виробничі витрати та підвищуючи гнучкість відповіді на ринкові потреби.

6.3. Стартап

6.3.1. Опис ідеї стартап-проекту

Ідея стартапу EcoPipeTech полягає в розробці та впровадженні екологічно чистого та інноваційного підходу до виробництва полімерних труб з використанням вторинної сировини та вдосконаленої екструзійної технології та взаємопов'язана з дослідженням, проведеним у дипломному дослідженні, де акцент був зроблений на вдосконаленні формуючої головки для екструзійної технології. Впровадження цього удосконалення може визначити високу якість труб і створити технологічну перевагу для EcoPipeTech у виробництві полімерних виробів з вторинної сировини.

Стартап пропонує створення ефективної виробничої лінії для виготовлення полімерних труб із використанням переробленої пластмаси. Наша технологія включає в себе інноваційні методи очищення та обробки вторинної сировини, забезпечуючи високу якість труб і одночасно різко зменшуючи негативний вплив на довкілля (табл. 6.3.1).

Таблиця 6.3.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовлення полімерних труб	Будівництво та інфраструктура	Висока якість полімерних труб для стійкості та довговічності
	Енергетика	Труби для теплових мереж та транспортування енергії
	Інноваційні технології	Використання виробів у високотехнологічних системах
	Сільське господарство	Системи поливу для оптимізації використання води

Опис ідеї стартап-проекту вказує на перспективність ініціативи у виготовленні полімерних труб, орієнтованої на будівництво, енергетику, інноваційні технології та сільське господарство, яка передбачає вигоди для користувачів у вигляді високої якості, стійкості та широкого спектру застосувань в різних галузях.

Проведемо аналіз технічних та економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів (табл. 6.3.2) [23]:

Таблиця 6.3.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	Концепції конкурентів				W	N	S
		EcoPipe Tech	Polymir	Євротруб пласт	Інстал пласт			
1.	Використання вторинної сировини	+	+	-	+			+
2.	Виробництво устаткування	-	-	-	+	+		
3.	Наукові дослідження	+	+	+	-		+	
4.	Транспортування виробу	+	-	+	-			+
5.	Продуктивність	100000 т/рік	300000 т/рік	300000 т/рік	250000 т/рік	+		

Сильні техніко-економічні сторони проекту EcoPipeTech:

1. Використання вторинної сировини дозволяє зменшити екологічний вплив та знижує витрати на закупівлю первинних матеріалів.
2. Акцент на наукових дослідженнях свідчить про інноваційний підхід та потенційно високу якість продукції.
3. Технологічно вдосконалене транспортування виробу сприяє зниженню витрат на логістику.

Слабкі техніко-економічні сторони проекту EcoPipeTech:

1. Виробництво устаткування потребує значних витрат, що може покластися на вартість проекту.
2. Середня продуктивність може бути меншою порівняно з конкурентами, що може обмежити обсяг виробництва.

6.3.2. Технологічний аудит проекту

В даному розділі було проведено аналіз технологічних характеристик проекту (табл. 6.3.3) [23].

Таблиця 6.3.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п\п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Виробництво полімерних труб	Методом екструзії, який полягає у безперервному прошовуванні розплаву полімерного матеріалу крізь формуючий кільцевий зазор трубної екструзійної головки	Дані технологія існує	Всі технології доступні для виробництва
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: модернізація трубної екструзійної головки				

Ідея проекту EcoPipeTech, спрямована на виробництво полімерних труб за допомогою методу екструзії та модернізації трубної екструзійної головки, виявляє високу технологічну здійсненність.

6.3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкових можливостей для стартап-проекту включає вивчення розміру та динаміки ринку полімерних труб, конкурентного середовища,

ідентифікацію потенційних клієнтів та їх потреб, а також оцінку глобальних та регіональних трендів, регулятивних аспектів та можливостей входження на міжнародні ринки. Цей аналіз служить основою для розробки стратегії впровадження та позиціонування продукції на ринку. Проведемо попередню характеристика потенційного ринку стартап-проекту (табл. 6.3.4) [23].

Таблиця 6.3.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	7
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ISO, ДСТУ
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70%

Ринок для входження є привабливим, оскільки існує попит на екологічно чисті полімерні труби, виготовлені з вторинної сировини та застосовуючи інноваційні технології. Такі фактори, як сприятливе законодавство, потенціал росту та можливість вирізнення від конкурентів, підтримують привабливість ринку для розвитку бізнесу.

Проведемо аналіз потенційних клієнтів стартап-проекту та визначимо їх характеристику (табл. 6.3.5).

Таблиця 6.3.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Вимоги споживачів до товару	Вимоги споживачів до компанії
1.	Сучасні технології та екологічна чистота у	Будівельні компанії, сільгосппідприємства, енергетичні компанії	Висока якість, стійкість до корозії, використання вторинної	Екологічна відповідальність, інноваційний підхід, гнучкість виробництва

	виробництві полімерних труб		сировини, енергоефективність	
2.	Зменшення впливу на довкілля та оптимізація використання ресурсів	Муніципальні органи, промислові підприємства	Збільшена стійкість до агресивних середовищ, можливість рециклінгу, зменшення витрат на виробництво	Сертифікація екологічної чистоти продукції, ефективне використання вторинної сировини
3.	Енергоефективність у виробництві та використанні	Компанії, що прагнуть зменшити витрати енергії	Мінімізація втрат тепла, оптимізація процесів охолодження та обігріву	Впровадження енергозберігаючих технологій, партнерство з екологічно орієнтованими постачальниками енергії

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту полягає в тому, що для забезпечення успішної взаємодії з ринком, підприємству необхідно акцентувати увагу на розробці продукту, який відповідає високим стандартам якості та вимогам споживачів, враховуючи їхню екологічну відповідальність, інноваційний підхід та гнучкість виробництва [23].

Після попереднього аналізу складемо таблиці факторів, що можуть сприяти або завадити впровадженню проекту на ринок (табл. 6.3.6 – 6.3.7).

Таблиця 6.3.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Загроза нових конкурентів на ринку	Поява нових конкурентів в галузі, які можуть конкурувати за ресурси та клієнтів	Розширення мережі партнерів, удосконалення продуктів, зниження цін для збереження ринкової частки

2.	Економічна загроза	Економічна нестабільність та зміни у споживчому попиті	Адаптація цін на продукцію до змін у ринкових умовах та попиті споживачів
3.	Військова загроза	Можливість виникнення військових конфліктів або загроза втручання у виробничий процес	Створення резервних планів по забезпеченню безпеки виробництва, співпраця з органами влади та військовими структурами для мінімізації ризиків
4.	Міграційна загроза	Зміни у міграційних процесах, що можуть вплинути на кадровий потенціал	розвиток стратегій залучення та утримання талановитих співробітників, адаптація процесів рекрутингу до змін у ринкових умовах
5.	Природні катастрофи	Можливість виникнення природних лих, таких як землетруси, повені, пожежі	Розробка та впровадження систем ризик-менеджменту, включаючи плани евакуації, страхування та відновлення бізнес-процесів

Завдяки даному аналізу майбутня компанія EcoPipeTech зможе активно реагувати на різноманітні фактори загроз, такі як поява нових конкурентів, економічна нестабільність, військові загрози, міграційні труднощі та природні катастрофи, шляхом вдосконалення продуктів, розширення мережі партнерів та розробки систем ризик-менеджменту.

Таблиця 6.3.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Технологічні інновації	Зміни та розвиток технологій, які	Інвестування в дослідження та

		можуть покращити виробництво	розробку, оновлення обладнання та систем
2.	Зміни в законодавстві	Зміни в законодавстві, які можуть відкривати нові можливості або полегшувати ведення бізнесу	Аналіз і впровадження змін у виробничих процесах, які відповідають новим стандартам
3.	Зростання попиту	Збільшення попиту на продукцію	Розширення виробництва, запуск нових продуктів
4.	Збільшення інфраструктурних проектів	Участь у великих будівельних та інфраструктурних проектах.	Розширення виробництва та забезпечення високоякісних рішень для великих інфраструктурних клієнтів.
5.	Зростання екологічної свідомості	Попит на екологічно стійкі матеріали та технології.	Вдосконалення маркетингової стратегії, підкреслення екологічної стійкості продукції.
6.	Збільшення числа грантів та фінансової підтримки	Залучення додаткових ресурсів для досліджень та розвитку.	Активна участь у конкурсах та програмах надання грантів, партнерство із науковими установами для отримання фінансової підтримки.

В таблиці 6.3.7 наведено фактори можливостей, завдяки яким компанія буде впевнено використовувати можливості ринку, такі як технологічні інновації, зміни в законодавстві, зростання попиту, інфраструктурні проекти, збільшення екологічної свідомості та отримання фінансової підтримки.

Проведемо аналіз конкуренції на рику, щоб дізнатися характеристики конкуренції на ринку (табл. 6.3.8) [24].

Таблиця 6.3.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - олігополія	На ринку існують декілька великих виробників, які мають значний вплив на ціни та стратегічно взаємодіють	Акцентувати увагу на розробці та маркетингу унікальних характеристик свого продукту
2. За рівнем конкурентної боротьби - національний	Конкуренція розгортається на національному рівні, охоплюючи велику аудиторію або географічний регіон	Участь в рекламній та маркетинговій кампанії для залучення уваги споживачів і розширення своєї клієнтської бази
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Конкуренція відбувається в межах однієї галузі або схожого виду бізнесу	вивчення стратегії конкурентів у галузі та намагання впровадити покращення чи інновації
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Конкуренція базується на схожості властивостей чи характеристик товарів	Розробка унікальних аспектів свого продукту
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Конкурентні переваги базуються на нецінових чинниках, таких як якість, інновації, обслуговування тощо	Активні інвестиції в дослідження, створення інноваційних продуктів, а також вдосконалення обслуговування клієнтів
6. За інтенсивністю - марочна	Компанії звертають увагу на створення та утримання власних брендів, відмінних від інших	Акцентувати увагу на побудові сильного бренду та вивчати власні переваги над конкурентами

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку полягає в тому, що конкурентне середовище визначається типом конкуренції, рівнем конкурентної боротьби,

галузевою ознакою, конкуренцією за видами товарів, характером конкурентних переваг та інтенсивністю, що вимагає від підприємства акцентувати увагу на розробці унікальних характеристик, рекламі, стратегічних партнерствах та побудові сильного бренду для забезпечення конкурентоспроможності [23]..

Наступним кроком проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в даній сфері (табл. 6.3.9).

Таблиця 6.3.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Підприємства, які займаються виготовленням полімерних виробів	Підприємство яке укладе угоду з технічними вузами	Постачальники не мають великого впливу на проект	Клієнти мають значний вплив на кінцевий продукт	—
Висновки	Інтенсивність конкурентної боротьби для даного стартапу визначається високою конкуренцією на ринку	Будь-який інвестор може виступити як потенційний конкурент, взаємодіючи з технічними установами і маючи достатньо коштів	Від постачальника залежить ціна на сировину та час доставки	Характеристика продукту залежить від того чого потребує споживач	Проект передбачає надання різноманітного комплексу послуг

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером свідчить, що інтенсивність конкурентної боротьби для даного стартапу визначається високою конкуренцією на ринку. Потенційні конкуренти можуть виступити інвестори, укладаючи угоди з технічними установами та маючи достатньо коштів. Вплив постачальників на проект є невеликим, тоді як клієнти мають значний вплив на кінцевий продукт. Проект передбачає надання різноманітного комплексу послуг.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 6.3.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 6.3.1), вимог споживачів до товару (табл. 6.3.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 6.3.6 – 6.3.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності [23]. Аналіз проведено в таблиці 6.3.10.

Таблиця 6.3.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим
1.	Технологічна інноваційність	Використання передових технологій у виробництві, інтелектуальне управління та використання вторсировини. Забезпечення високої якості та ефективності продукції, що привертає споживачів і підвищує конкурентоспроможність.
2.	Екологічність	Зменшення впливу на довкілля, використання вторинної сировини, сертифікація екологічної чистоти продукції. Сучасні споживачі віддають перевагу екологічно чистим та сталій продукції, що може стати вирішальним фактором при виборі.
3.	Енергоефективність	Мінімізація витрат електроенергії та оптимізація енергоефективних технологій у виробництві полімерних труб. Зменшення витрат допомагає не лише економії, але й підвищує привабливість продукції для споживачів та інвесторів.
4.	Гнучкість в виробництві	Можливість виготовлення різноманітних типів труб для задоволення специфічних потреб

		клієнтів, гнучкість в замовленнях та реагування на ринкові зміни. Висока гнучкість виробництва дозволяє задовольняти різноманітні потреби ринку та пристосовуватися до змін у вимогах споживачів.
5.	Використання вторинної сировини	Здатність використовувати вторинну сировину та враховувати ефективність процесів переробки виробів для збереження ресурсів. Споживачі віддають перевагу продукції, яка сприяє використанню вторинних ресурсів та зменшенню відходів.
6.	Цінова конкурентоспроможність	Оптимізація виробничих витрат та конкурентоспроможні ціни на продукцію у порівнянні з аналогічними ринковими пропозиціями. Правильна цінова політика дозволяє привертати клієнтів та забезпечувати стабільні продажі.

Як висновок стартап проект може демонструвати високий рівень конкурентоспроможності завдяки факторам наведених у таблиці 6.3.10.

Після визначених факторів конкурентоспроможності (табл. 6.3.10), проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 6.3.11).

Таблиця 6.3.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Технологічна інноваційність	17			1	2	3		
2	Екологічність	18		1,3	2				
3	Енергоефективність	15				1	2,3		
4	Гнучкість в виробництві	16			1,3		2		
5	Використання вторинної сировини	17		2	1	3			
6	Ціна	14					1,2	3	

1 – Polymir

2 – Євротрубпласт

3 – Інсталпласт

Отже, сильними сторонами є екологічність, якість виробу, асортимент, інноваційність. Слабкою стороною є ціна, оскільки матеріали дорогі.

Проведемо SWOT-аналіз (табл. 6.3.12).

Таблиця 6.3.12 – SWOT-аналіз

СИЛЬНІ СТОРОНИ	СЛАБКІ СТОРОНИ
1. Інноваційні технології 2. Екологічність 3. Гнучкість в виробництві 4. Використання вторинної сировини 5. Висока ефективність 6. Довговічність продукції 7. Акцент на наукових дослідженнях 8. Транспортування виробу	1. Високі початкові витрати 2. Конкуренція на ринку 3. Залежність від вторинної сировини 4. Необхідність стандартизації 5. Середня продуктивність
МОЖЛИВОСТІ	ПРОБЛЕМИ
1. Технологічні інновації 2. Зміни в законодавстві 3. Зростання попиту 4. Збільшення інфраструктурних проєктів 5. Зростання екологічної свідомості 6. Збільшення числа грантів та фінансової підтримки	1. Загроза нових конкурентів на ринку 2. Економічна загроза 3. Військова загроза 4. Міграційна загроза 5. Природні катастрофи

Отже, проаналізувавши таблицю 6.3.12 бачимо, що налічено більше сильних сторін в даному проєкті, ніж слабких.

Після проведення SWOT-аналізу (табл. 6.3.12) розробимо альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту (табл. 6.3.13) [23].

Таблиця 6.3.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
-------	--	--------------------------------	-------------------

1.	Залучення інвестицій та фінансова підтримка для швидкого входу на ринок	Висока	6-12 місяців
2.	Укладання стратегічних партнерств із вже існуючими гравцями на ринку	Середня	6-12 місяців

Обрана альтернатива залучення інвестицій та фінансова підтримка для швидкого входу на ринок, через її можливість ефективно залучити широке коло інвесторів та одночасно вести маркетингову кампанію для підтримки ідеї.

Нам необхідно створити привабливу та інформативну презентацію проекту для платформи краудфандингу. Визначення цілей фінансування та структури інвестицій. Вибір популярної та довіреної платформи для проведення кампанії. Заповнення всіх необхідних документів та реєстрація проекту. Розробка маркетингової стратегії для залучення інвесторів. Проведення рекламних кампаній через соціальні мережі, PR та інші канали. Активна комунікація з потенційними інвесторами через коментарі, електронну пошту та вебінари. Після успішного збору коштів розпочнеться реалізація проекту відповідно до обіцянок, поданих під час кампанії.

Цей підхід може дозволити залучити швидкі фінансові ресурси, зберігаючи при цьому контроль над компанією та заохочуючи ранніх прихильників проекту.

6.3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Для розробки ринкової стратегії нашого проекту насамперед визначимо стратегії завоювання ринку: вибір цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.3.14) [24].

Таблиця 6.3.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції сегменті	Простота входу у сегмент
-------	--	---	---	------------------------------------	--------------------------

1.	Будівельні компанії	Висока	Високий	Висока	Висока
2.	Енергетичні компанії	Висока	Високий	Висока	Висока
3.	Муніципальні органи	Середня	Середній	Висока	Висока
4.	Промислові підприємства	Висока	Високий	Висока	Висока

Цільові групи, такі як будівельні компанії, енергетичні компанії, муніципальні органи та промислові підприємства, виявляють високий рівень готовності приймати продукт і мають значний попит. Однак, у зв'язку з високою інтенсивністю конкуренції в цих сегментах, важливо вдосконалити стратегії маркетингу та продажу для успішного входу на ці ринки.

На основі результатів таблиці 6.3.14 визначимо базову стратегії розвитку для роботи в обраних сегментах (табл. 6.3.15).

Таблиця 6.3.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто- спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
	Введення нових продуктів на ринок	Укладання стратегічних партнерств з іншими компаніями для спільного розвитку.	Міжнародна сертифікація екологічної чистоти продукції. Інноваційні технології	Стратегія диференціації

Обрана стратегія диференціації дозволяє стартапу виділитися на ринку завдяки новаторським технологіям та високим екологічним стандартам. Укладання стратегічного партнерства підсилює можливості спільного розвитку і сприяє введенню нових продуктів. Міжнародна сертифікація є додатковим підтвердженням високої якості та екологічної чистоти продукції, що сприяє конкурентоспроможності на світовому ринку [24].

Тепер оберемо стратегію конкурентної поведінки (табл. 6.3.16).

Таблиця 6.3.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринці?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
	Ні	Буде шукати нових споживачів	Так. Величина діаметра, робоча температура та тиск	Стратегія наслідування лідера

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки свідчить про те, що проект не є «першопрохідцем» на ринку, компанія спрямована на пошук нових споживачів, планує забирати існуючих у конкурентів та використовувати стратегію наслідування лідера, копіюючи основні характеристики товару конкурента, такі як величина діаметра, робоча температура та тиск.

Відповідно до вимог споживачів до компанії та її продукту (табл. 6.3.5), а також основі обраної стратегії розвитку та конкурентної поведінки (табл. 6.3.15 – 6.3.16) визначимо стратегію позиціонування (табл. 6.3.17).

Таблиця 6.3.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
	Довговічність, стійкість до агресивних середовищ, відповідність	Стратегія диференціації	Сертифікація продукції як екологічно чистої, Розробка продуктів, які	Довговічність Екологічність Інноваційність

	екологічним стандартам		відповідають стандартам якості	
--	---------------------------	--	-----------------------------------	--

Стратегія диференціації дозволяє виділити продукцію EcoPipeTech на ринку через її унікальні якості та відповідність високим стандартам. Сертифікація та розробка продуктів відповідають потребам екологічно свідомих споживачів, а обрані асоціації створюють позитивний образ компанії та продукції. Такий підхід сприяє формуванню унікального та конкурентоспроможного обличчя стартапу на ринку [24].

6.3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Насамперед необхідно сформуванати маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 6.3.18 визначимо ключові переваги потенційного товару.

Таблиця 6.3.18 – Визначення ключових переваг потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Міцність та довговічність	Гарантований довгий термін служби та стійкість до агресивних середовищ.	Тестування продукції на відповідність стандартам та нормам якості.
2.	Гнучкість у виробництві	Можливість виготовлення продукції різних розмірів та конфігурацій.	Гнучкість виробництва для задоволення індивідуальних потреб клієнтів

Ці переваги становлять основу конкурентного позиціонування стартапу на ринку, підсилюючи його привабливість для споживачів та роблячи його унікальним в порівнянні з іншими гравцями у галузі.

Другим кроком стане розробка трирівневої маркетингової моделі товару (табл. 6.3.19).

Таблиця 6.3.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепту), її основної функціональної вигоди: надання високоякісних полімерних труб для різноманітних будівельних проєктів. Основна функціональна вигода товару полягає в забезпеченні стійкості, міцності та екологічної чистоти труб, що гарантує надійність та тривалий термін служби будівельних об'єктів, а також відповідає вимогам екологічно свідомих споживачів.		
II. Товар в реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/ Е/Ор
	Міцність та довговічність	м	тх
	Універсальність використання	нм	-
	Екологічність	нм	-
	Інноваційність	нм	-
	Якість: продукція відповідає найвищим стандартам та нормативам якості, піддана ретельному контролю, включаючи параметри тестування, такі як міцність матеріалу, стійкість до термічних та механічних навантажень, відповідність геометричним характеристикам, та інші визначальні характеристики.		
	Пакування ретельно розроблене для забезпечення безпеки та цілісності продукції під час зберігання та транспортування		
	Марка: назва та логотип компанії, технічні характеристики труби		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: консультації з вибору продукції, надання технічної інформації		
	Після продажу: консультації з експлуатації, технічна підтримка		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: товар буде захищено від копіювання завдяки комбінації інтелектуальної власності,			

технічних інновацій, стратегій диференціації та унікальних технологічних рішень, що ускладнюють його відтворення конкурентами.

Ці три рівні моделі товару об'єднуються для створення комплексного продукту, який не лише задовольняє базові потреби споживачів, але і надає високоякісні та інноваційні рішення у галузі.

Наступним кроком є визначення цінових меж товару (табл. 6.3.20).

Таблиця 6.3.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	200000 - 400000 грн	175000 - 200000 грн	200000грн	Верхня: 250000грн Нижня: 150000грн

Як висновок можемо сказати, що цей крок є важливим етапом у визначенні цінової стратегії для стартапу, дозволяючи встановити конкурентоспроможні та прибуткові ціни для продукту.

Тепер необхідно визначити оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 6.3.21).

Таблиця 6.3.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Економічна вигода	Надання фінансових обґрунтувань ефективності виробництва	Нульового рівня	Власна

Таблиця 6.3.21 є основою для розробки ефективної системи збуту, спрямованої на задоволення потреб цільових клієнтів та забезпечення економічної вигоди для стартапу.

Останнім кроком стане розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 6.3.22).

Таблиця 6.3.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, яким й користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Технічна комунікація, спеціалізована технічна інформація щодо матеріалу	Промислові виставки, інженерні конференції	Екологічність, технічна надійність	Науковий та технічний підхід, з фокусом на екології та інноваціях	Науковий та технічний підхід, з фокусом на екології та інноваціях

Таблиця 6.3.22 надає важливу інформацію щодо концепції маркетингових комунікацій. Ця інформація є важливою складовою для розвитку маркетингових комунікацій, спрямованих на цільовий сегмент стартапу[24].

6.3.6. Висновки

Отже узагальнюючи всю інформацію з попередніх пунктів можемо зробити такі висновки:

- Існує попит на екологічно чисті полімерні труби, виготовлені з вторинної сировини та інноваційними технологіями.
- Динаміка ринку позитивна, особливо якщо продукція відповідає вимогам екологічно свідомих споживачів.
- Бар'єри входження можуть включати високі витрати на виробництво та конкуренцію на ринку полімерних труб.

- Розглянуті альтернативні варіанти впровадження, таких як розширення асортименту продукції, удосконалення технологічних процесів чи розширення географії продажів.
- З урахуванням попиту, конкуренції та технічних переваг, імплементація проекту є доцільною за умови ретельного управління витратами та ефективною маркетинговою стратегією.

6.4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Даний розділ у магістерській роботі є важливим, оскільки він спрямований на забезпечення безпеки працівників під час експлуатації обладнання. Цей розділ визначає потенційні ризики, розробляє заходи для їх управління та відзначає важливі аспекти відповідності стандартам та нормативам безпеки, враховуючи професійну етику та підтримку сталого розвитку. Врахування аспектів охорони праці дозволяє не лише оптимізувати функціональність агрегату, але і забезпечує високий ступінь безпеки та відповідальності в процесі дослідження та розробки. Тому необхідно створити комфортні та безпечні умови для персоналу під час виробництва, також необхідно провести заходи щодо виявлення можливих шкідливих та небезпечних факторів.

Тема дипломного проекту «Лінія для виготовлення полімерних труб з модернізацією екструзійної головки». Встановлення параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор лінії. Пульти оператора знаходяться у виробничому приміщенні загальною площею $S = 1200 \text{ м}^2$ і об'ємом $V = 3500 \text{ м}^3$.

Шкідливими та небезпечними виробничими факторами є:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум;
- виробниче освітлення;
- пожежна безпека;
- безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються.

6.4.1. Повітря робочої зони

Робота оператора по обслуговуванню даної лінії відноситься до категорії робіт середньої важкості II а за ДСН 3.3.6.042-99 (енерговитрати 151-200 ккал/год).

Таблиця 6.4 - Оптимальні та фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/сек	
		Опт.	Факт.	Опт.	Факт.	Опт.	Факт.
Холодний	Середня - II а	19-21	19-20	60-40	45-55	0,1	0,1
Теплий		21-23	21-22	60-40	45-55	0,3	0,2

Системи кондиціонування повітря будуть забезпечувати відповідні метеорологічні параметри та чистоту повітря у приміщенні відповідно до норм, визначених в Державних будівельних нормах ДСН 3.3.6.042. Це стосується як теплих, так і холодних періодів року, і враховує задані параметри зовнішнього повітря.

Для захисту органів дихання від впливу небезпечних речовин, пилу та парів використовують респіратори, промислові протигази та ізолюючі дихальні апарати [32]. Ці засоби забезпечують очищення повітря від шкідливих речовин до рівня, який не перевищує гранично допустимих концентрацій (ГДК), відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88.

6.4.2. Виробничий шум

На екструзійній лінії по виготовленню труб можуть існувати такі джерела шуму, як редуктор, системи охолодження та вентиляції, екструдер, пневматичні та гідравлічні системи. Шум такого роду устаткування може досягати до 100 дБА. Тому необхідно забезпечити певними заходами зменшення шумового впливу цих джерел [32].

Для зменшення виробничого шуму вжиті такі заходи:

- змащення всіх поверхонь що труться;
- використання звукопоглинальних конструкцій;
- використання персоналом засобів індивідуального захисту від шуму (наприклад ППН-Б, які призначені для захисту органів слуху від дії середньо частотних та високочастотних шумів з рівнем до 115 дБА);
- використання кожухів, екранів.

Також є певні джерела вібрації, які можуть негативно впливати на працездатність людини і на стан її здоров'я. Джерелами вібрацій можуть бути електродвигуни та різні частини лінії, що обертаються.

Для зменшення вібрацій необхідно своєчасно проводити обслуговування та ремонт устаткування.

6.4.3. Виробниче освітлення

Освітлення на підприємстві екструзійного виробництва полімерних труб є критично важливим для забезпечення безпеки працівників, покращення якості виробництва, підвищення ефективності виробництва та зменшення помилок та браку.

Ефективне освітлення також сприяє зниженню ризиків травм та нещасних випадків, підвищуючи загальний рівень безпеки на робочому місці. Крім того, використання енергоефективних технологій освітлення може сприяти зменшенню енергоспоживання, що важливо для сталого виробництва та зниження витрат на електроенергію на підприємстві. Таким чином, належне освітлення в екструзійному виробництві полімерних труб має комплексний позитивний вплив на працівників та виробничий процес загалом.

Згідно з санітарними нормами, важливо максимально використовувати природне освітлення в приміщеннях для забезпечення оптимальних умов для організму. Це сприяє захисту здоров'я та нормалізації роботи різних систем. Протягом денного часу виробничі приміщення освітлюються природним світлом, і для цього використовується бокове освітлення через світлові прорізи в зовнішніх стінах або вікна.

Обслуговування устаткування віднесено до VI розряду зорових робіт, тобто загальне спостереження за технологічним процесом.. Згідно рекомендацій, необхідно забезпечити освітленість приміщень виробничого цеху на рівні $E_n = 200$ лк. Для штучного освітлення обрано стандартну лампу – ДРІ - 400 (діаметр: 390 мм; висота: 550 мм; потужність: 250 Вт; кількість 8 штук; світловий потік: $\Phi = 19000$ Лм; $E_{\text{факт}} = 300$ лк). Дане освітлення відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

6.4.4. Пожежна безпека

Згідно з приміщенням для еструзійної лінії для вироблення полімерних труб воно відноситься до категорії пожежної небезпеки В (за ДСТУ Б В.1.1 – 36:2016), клас П-Па зони пожежонебезпеки, II ступінь вогнестійкості (ДБН В 1.1 – 7:2016).

Можливі причини виникнення пожежі включають:

- коротке замикання внаслідок перевантаження електричних кабелів;
- несправність електроприладів;
- куріння в місцях, де це не дозволено;
- непрацездатність ізоляції електропроводів.

Заходи щодо попередження пожежі включають в себе вибір вогнетривких матеріалів та впровадження організаційних заходів. Для сповіщення в разі пожежі використовують ручні або автоматичні сповіщувачі. Для гасіння пожежі застосовують порошкові вогнегасники САМ – 9 (90 шт.). Для випадків пожеж у ввімкнених електромережах використовують порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.).

На верхній сферичній частині кожного балона обов'язково нанесено таврування з такими даними [32]:

- номер балона згідно з системою нумерації підприємства-виробника;
- товарний знак заводу-виробника;
- дата виготовлення (випробування) та рік наступного випробування;
- вид термообробки;
- об'єм балона;
- робочий тиск та пробний гідравлічний тиск;

- маса балона;
- клеймо ОТК.

У разі виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація за допомогою теплових пристроїв оповіщення типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить на приймальну станцію. В разі пожежі люди повинні негайно залишити приміщення. Згідно з СН.П 2.09.02-85, у приміщенні розташовано два евакуаційних виходи. Сам цех розташований на першому поверсі, шляхи евакуації мають ширину не менше одного метра, а двері на шляху евакуації – не менше 0,8 м.

6.4.5. Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються

Захист від можливого впливу рухливих або обертаючихся частин є надзвичайно важливою аспектом безпеки на робочому місці. До механізмів, які можуть обертатися в процесі роботи, належать муфти, шестерні та вали. Ці механізми становлять потенційну небезпеку, оскільки існує ризик механічних травм для працівників[32].

З метою запобігання травмам використовуються заходи безпеки, такі як огороження та корпуси, які закривають рухомі елементи. Особливу увагу приділяють заходам безпеки на електродвигунах, де встановлені аварійні вимикачі. Ці вимикачі призначені для негайного відключення електродвигуна в разі аварії або небезпеки.

Додатково до використання аварійних вимикачів, на лініях передбачаються аварійні кнопки відключення, які можуть бути швидко та ефективно використані для аварійної зупинки всієї лінії. Це забезпечує додатковий рівень безпеки та швидкої реакції в надзвичайних ситуаціях.

7. Модернізація головки екструдера

Для підтвердження модернізації необхідно розробити дві 3D-моделі формуючої головки, перша буде базової конструкції, інша модернізованої конструкції. Згодом необхідно буде провести ряд певних розрахунків і порівняти два варіанти формуючих головок між собою та зробити висновки стосовно працездатності запропонованої модернізації. Проводити розрахунки будемо в програмному забезпеченні ANSYS та SOLIDWORKS.

7.1. Розрахунок базової конструкції формуючої головки

Спочатку створимо 3D-модель базової конструкції в програмному забезпеченні SOLIDWORKS (рис. 7.1-7.2).

Виконавши твердотільну модель екструзійної головки можемо в цьому є самому програмному забезпеченні розробити і симулювати течію в каналах формуючої головки (рис.7.3).

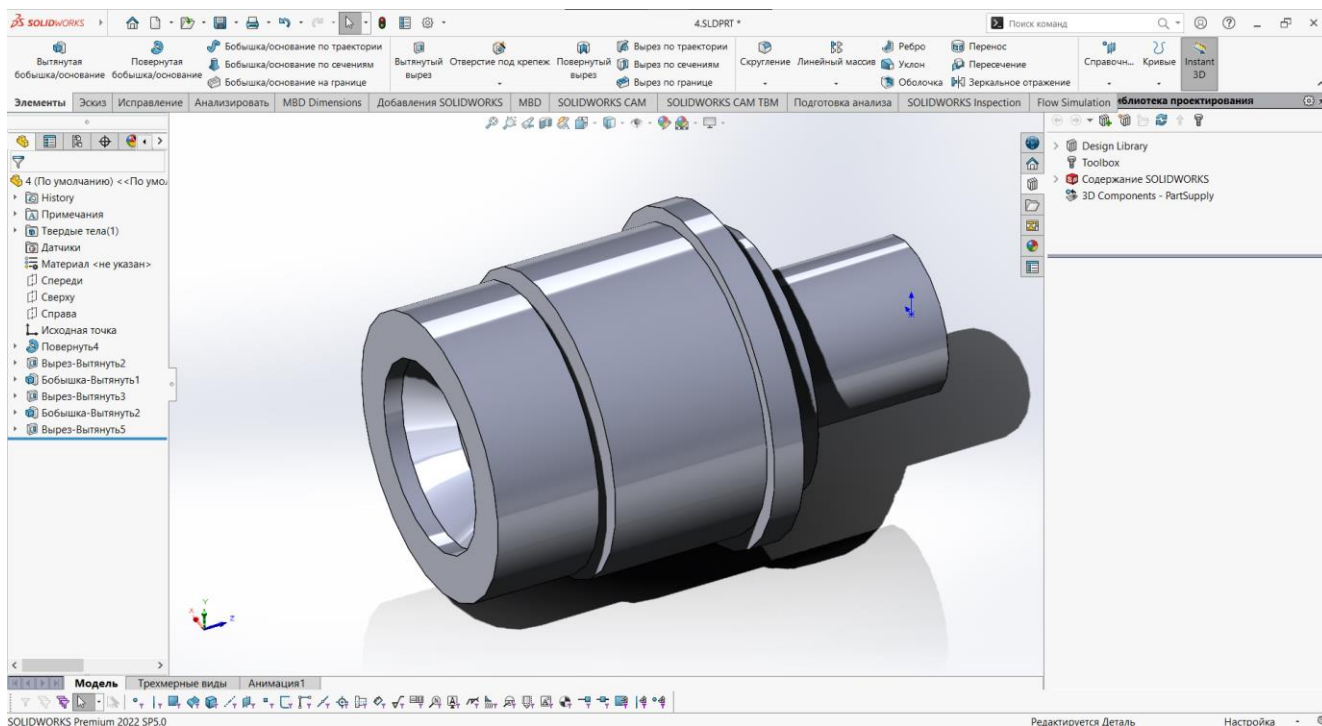


Рисунок 7.1 – 3D-модель базової конструкції формуючої головки

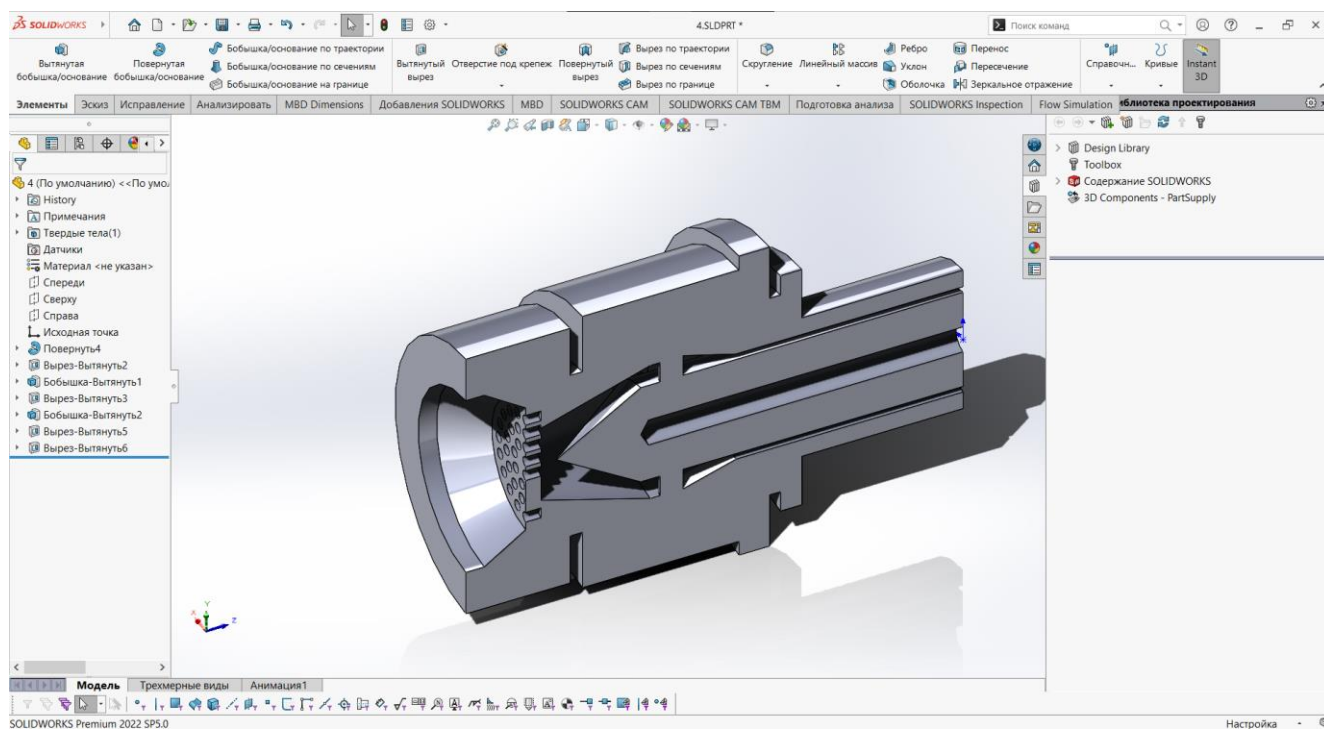


Рисунок 7.2 – 3D-модель базовой конструкции формующей головки в разрезе

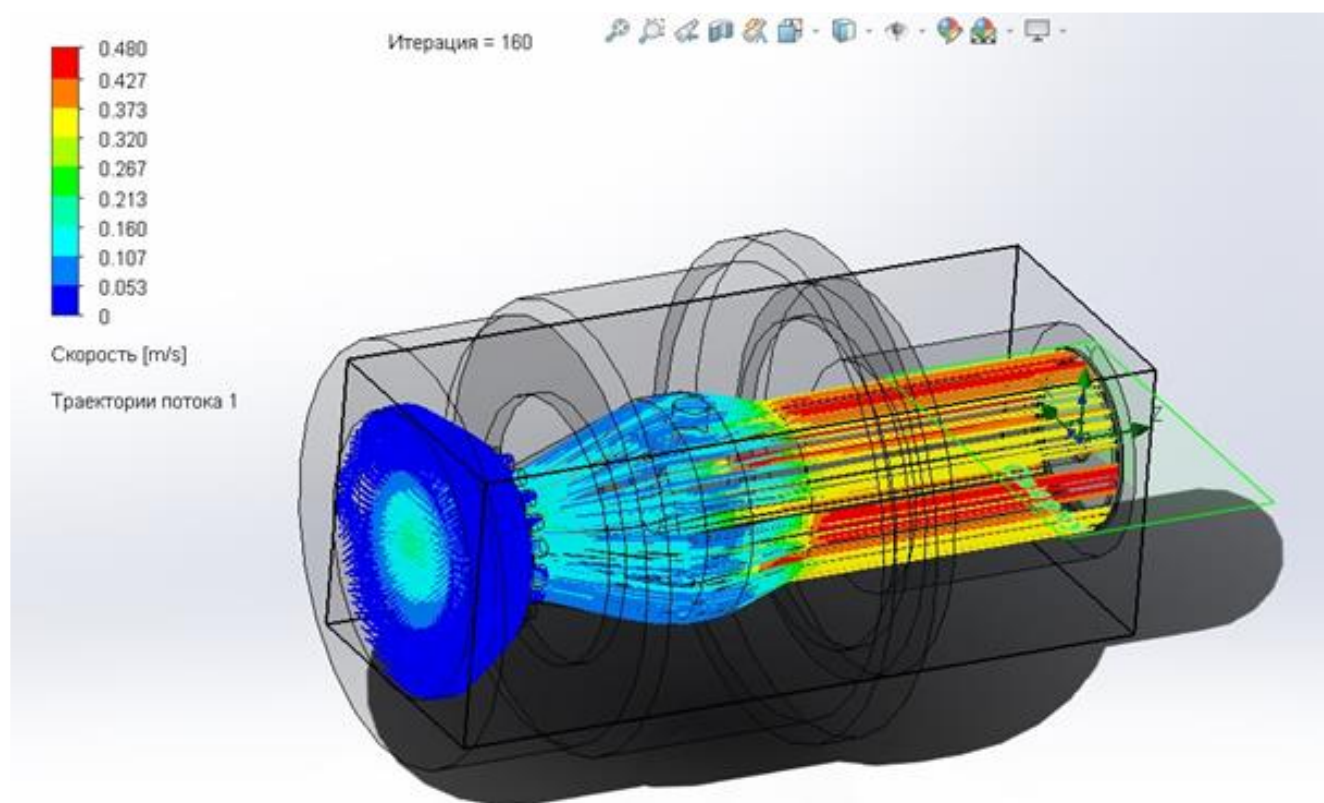


Рисунок 7.3 – 3D-модель течи расплаву полимера в базовой конструкции формующей головки

Тепер можемо експортувати нашу модель до програмного забезпечення ANSYS, потім створюємо сітку моделі і задаємо необхідні навантаження (рис.7.4).

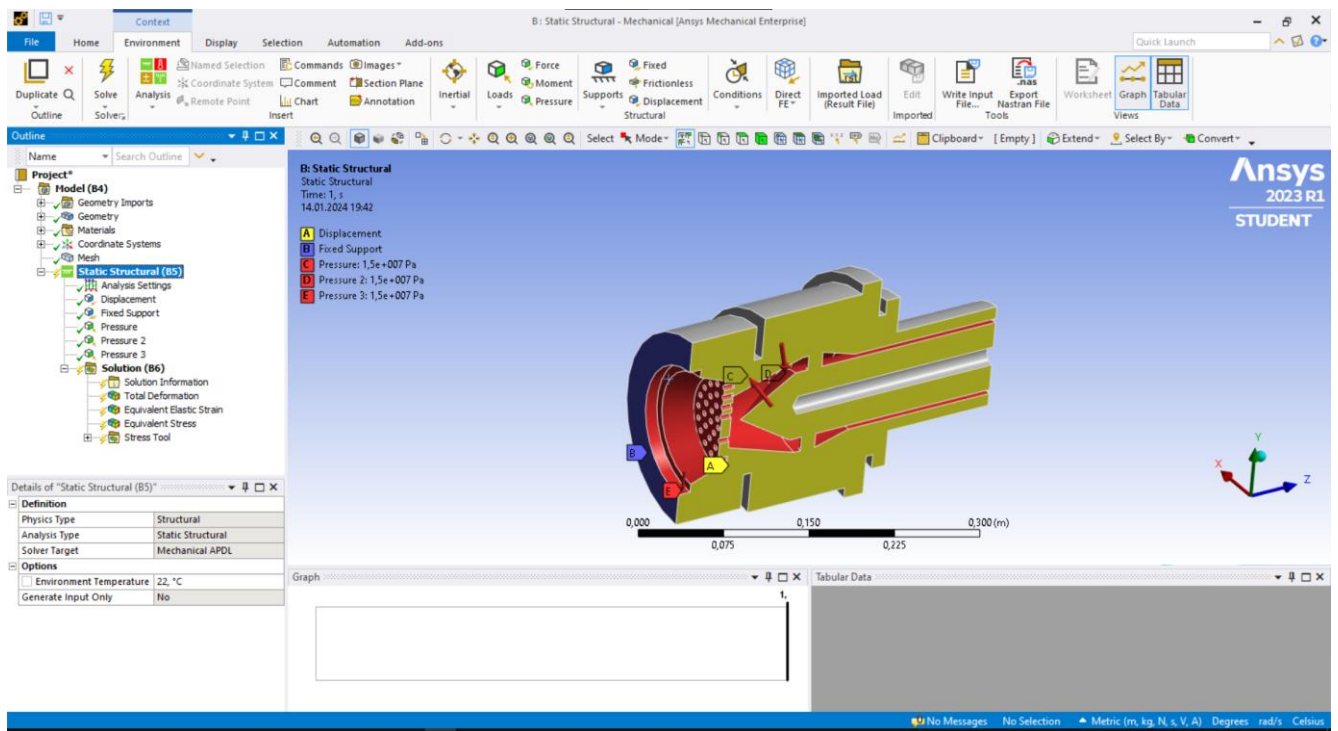


Рисунок 7.4 – Схема навантажень моделі

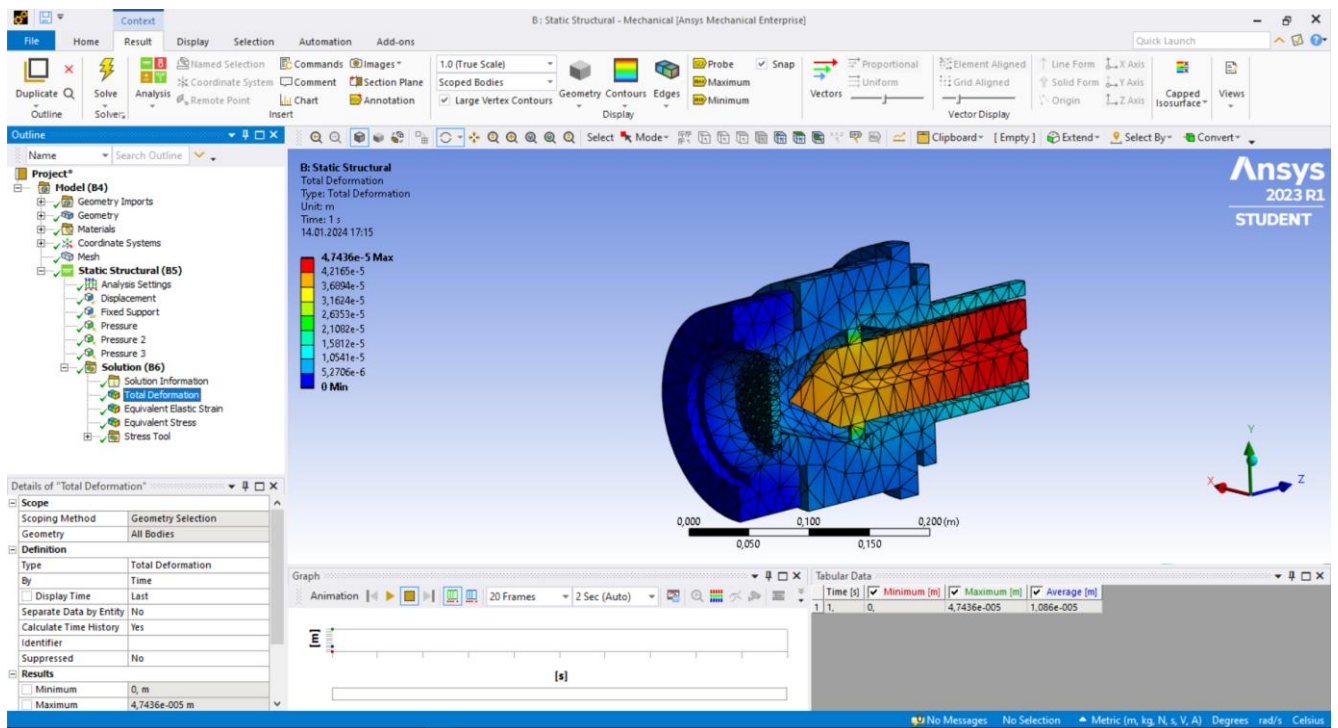


Рисунок 7.5 – Розподіл загального переміщення (м) в стандартній моделі

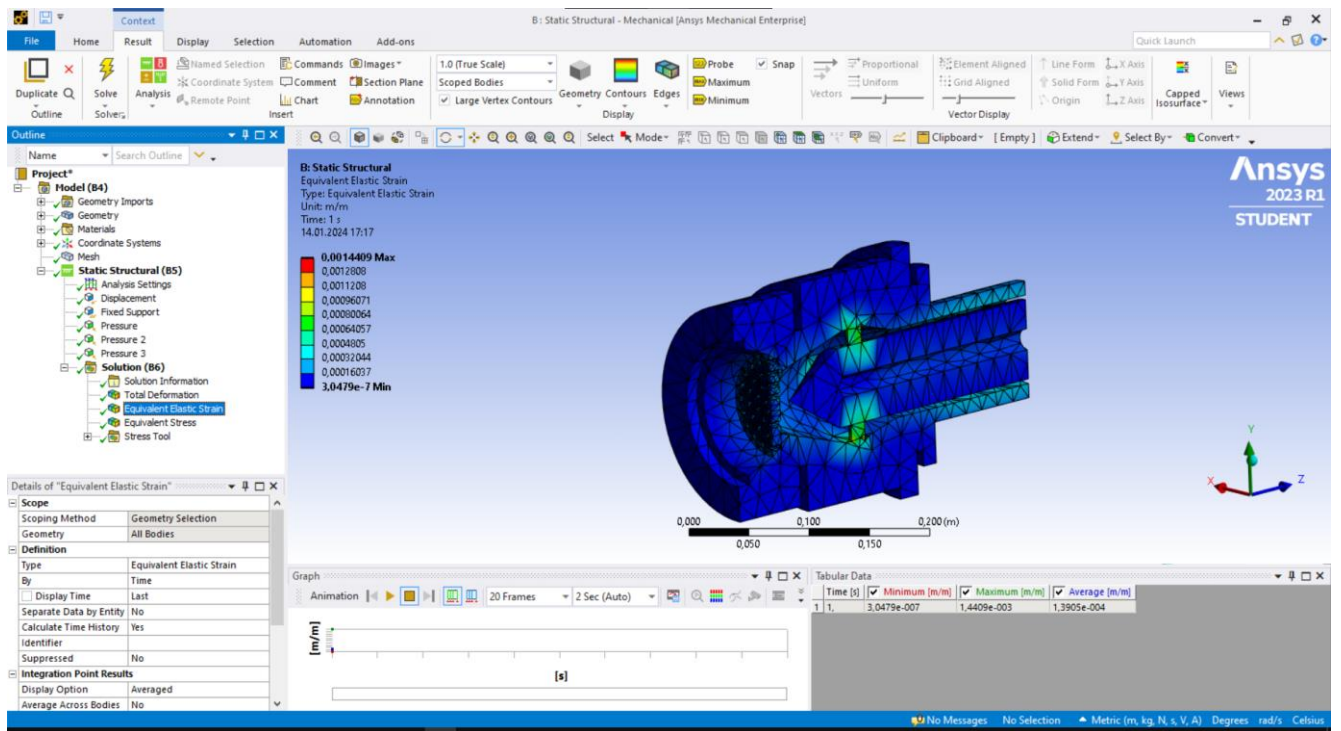


Рисунок 7.6 – Розподіл еквівалентних деформацій (м/м) в стандартній моделі

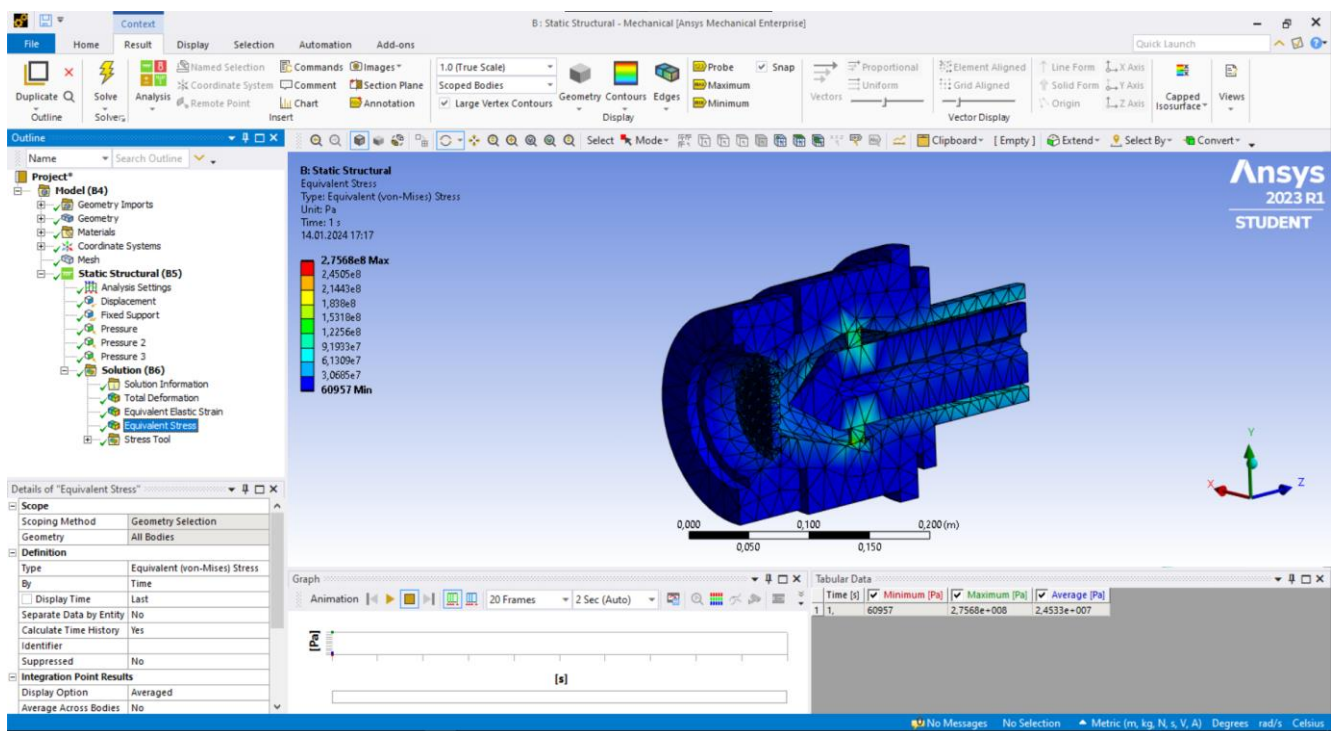


Рисунок 7.7 – Розподіл еквівалентних напружень (Па) в стандартній моделі

7.2. Розрахунок модернізованої конструкції формуючої головки

Виконуємо аналогічні дії підпункту 7.1 для розрахунку модернізованої конструкції формуючої головки

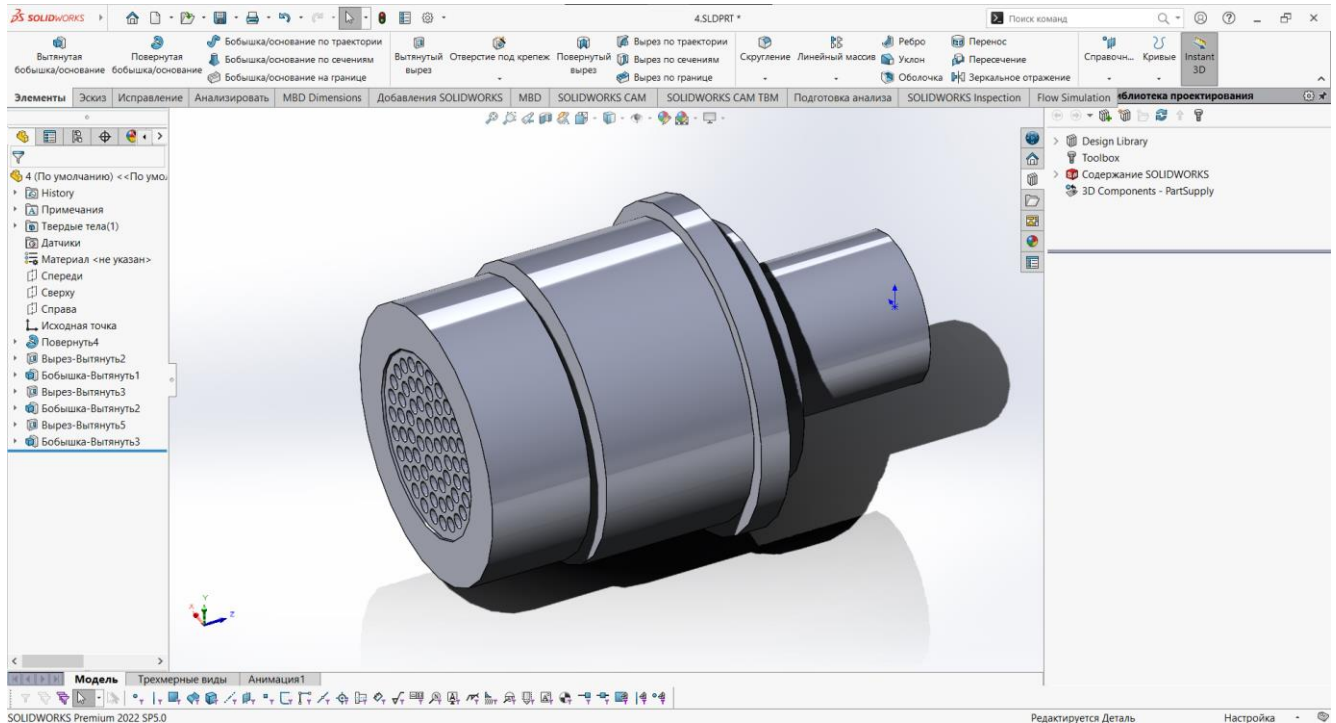


Рисунок 7.8 – 3D-модель модернізованої конструкції формуючої головки

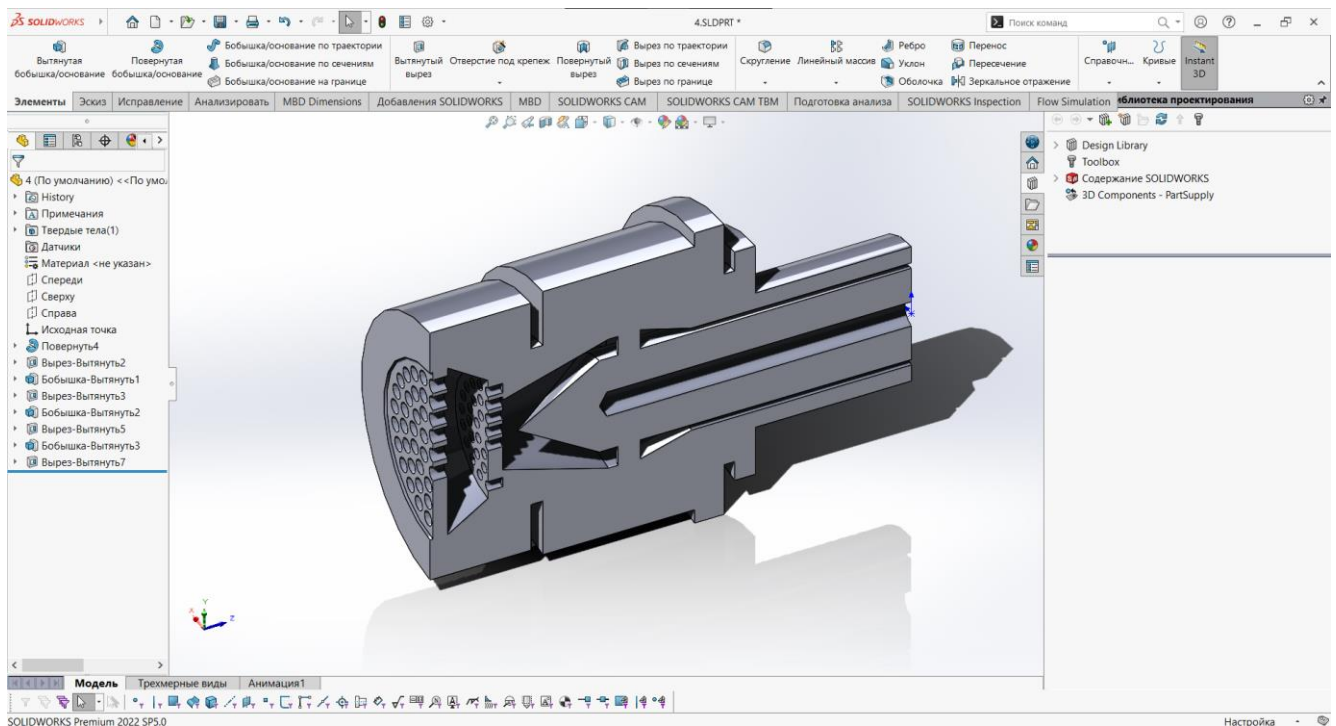


Рисунок 7.9 – 3D-модель модернізованої конструкції формуючої головки в розрізі

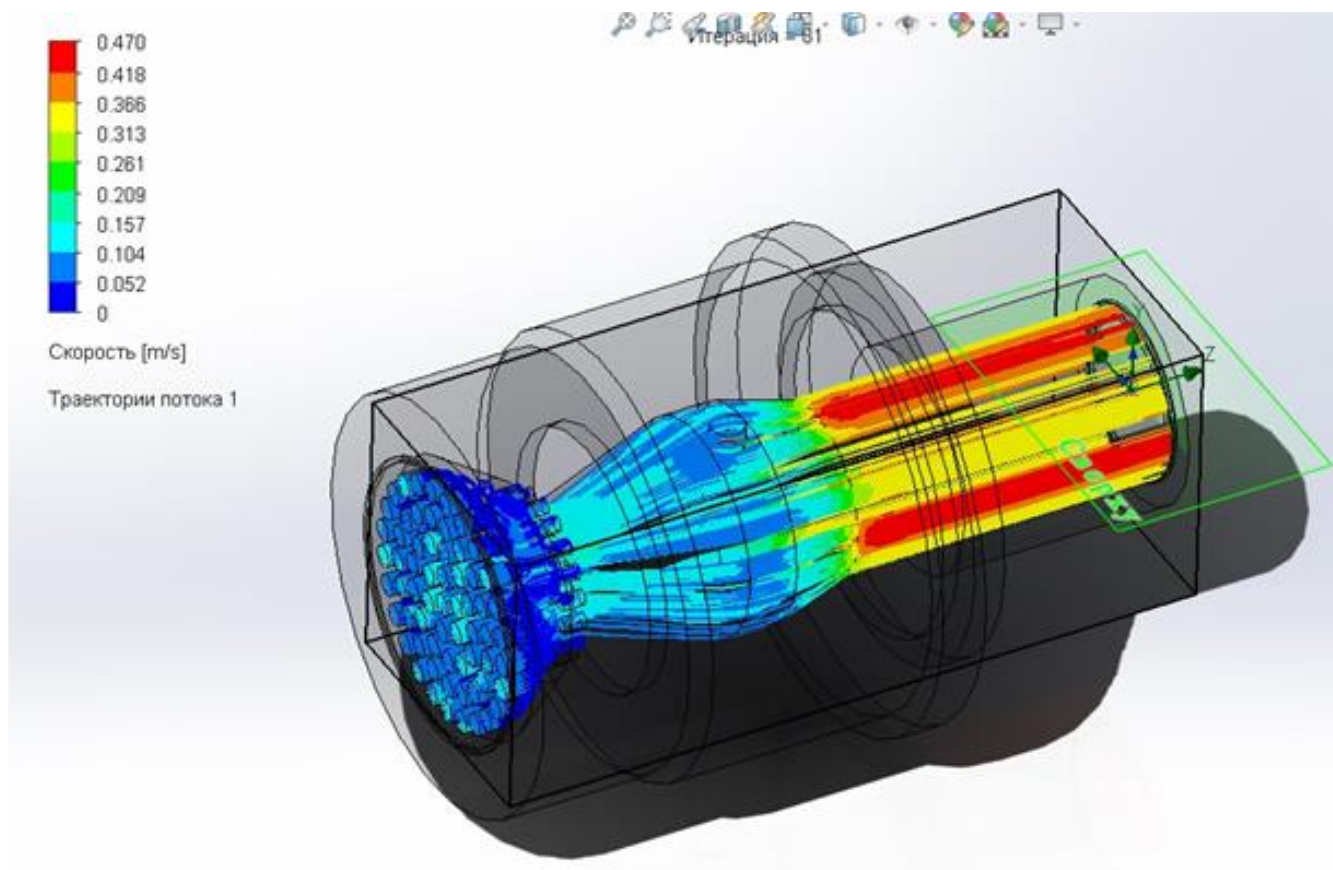


Рисунок 7.10 – 3D-модель течії розплаву полімеру в модернізованій конструкції формуючої головки

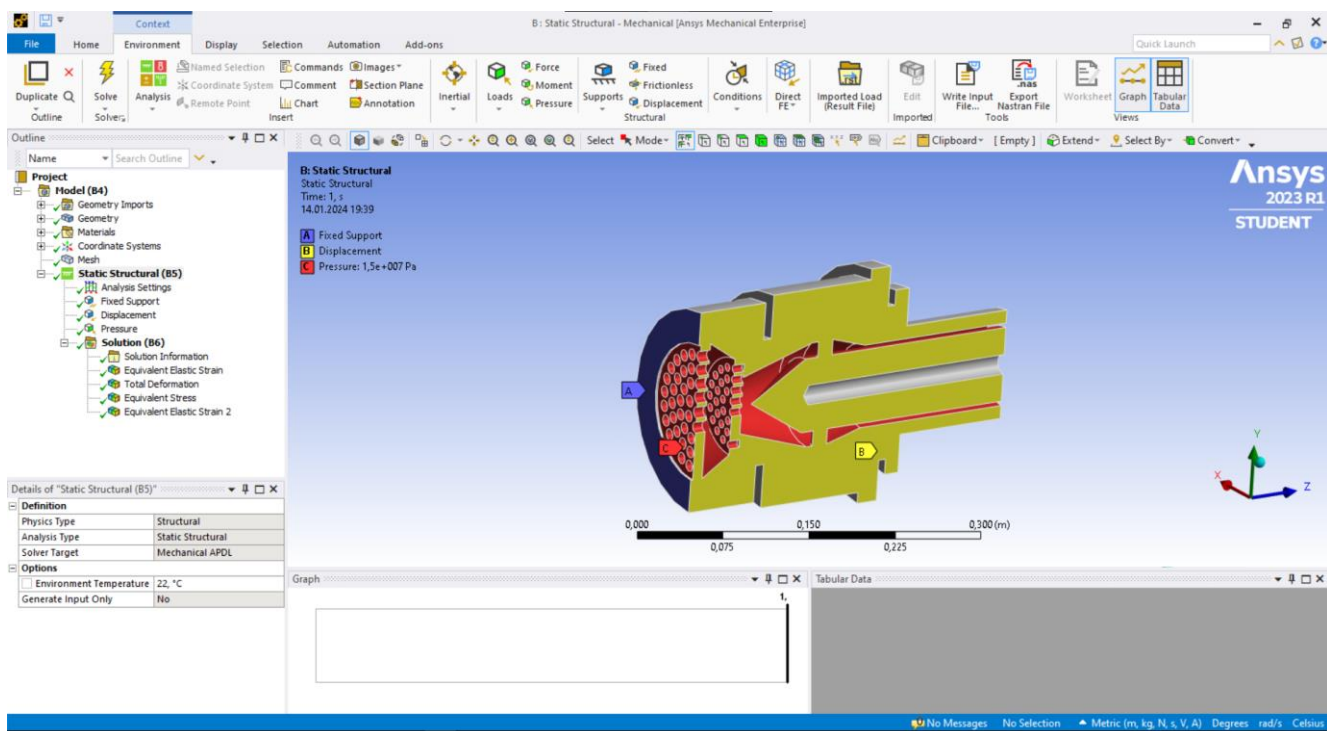


Рисунок 7.11 – Схема навантажень моделі

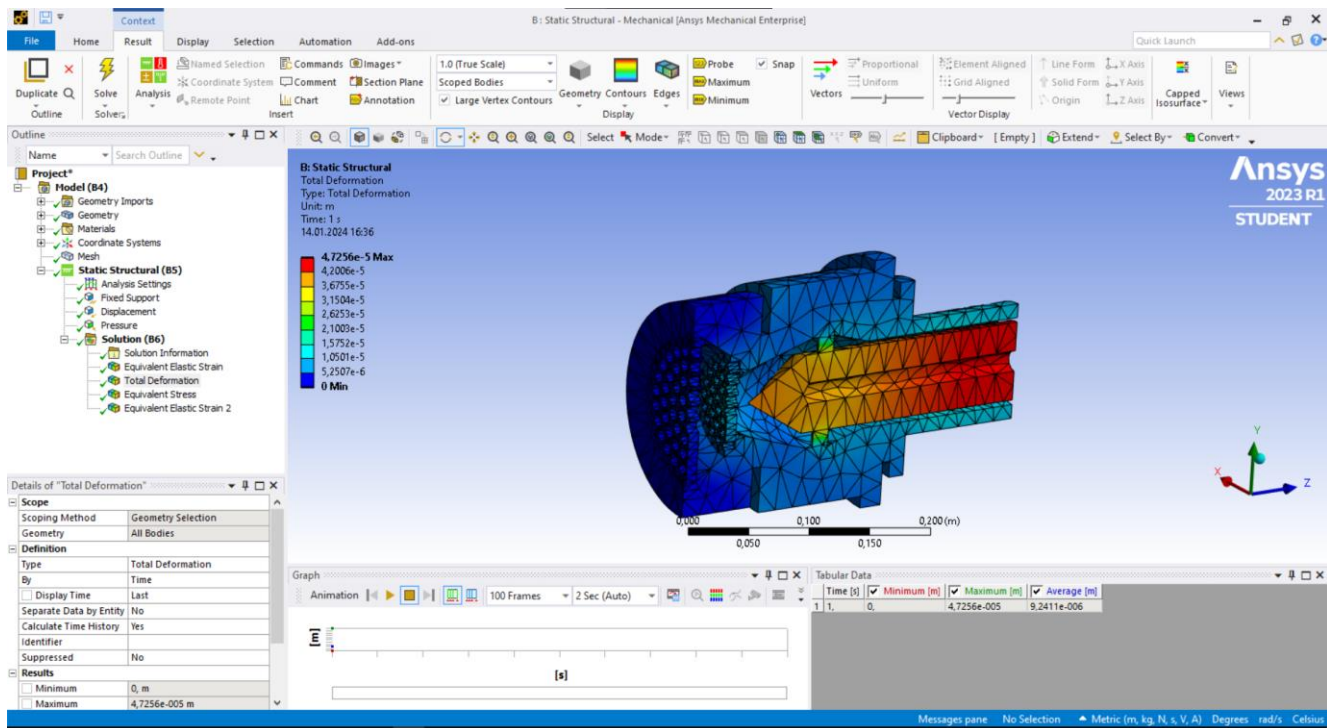


Рисунок 7.12 – Розподіл загального переміщення (м) в модернізованій моделі

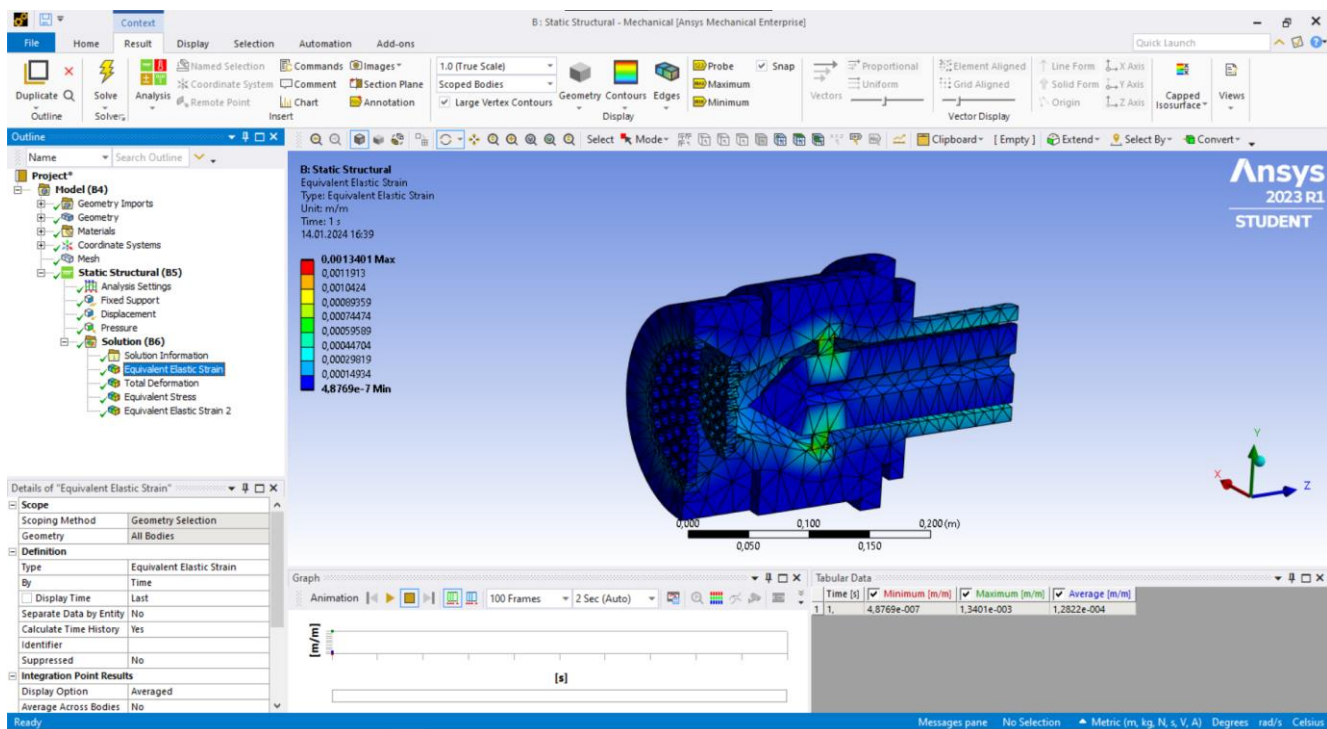


Рисунок 7.13 – Розподіл еквівалентних деформацій (м/м) в модернізованій моделі

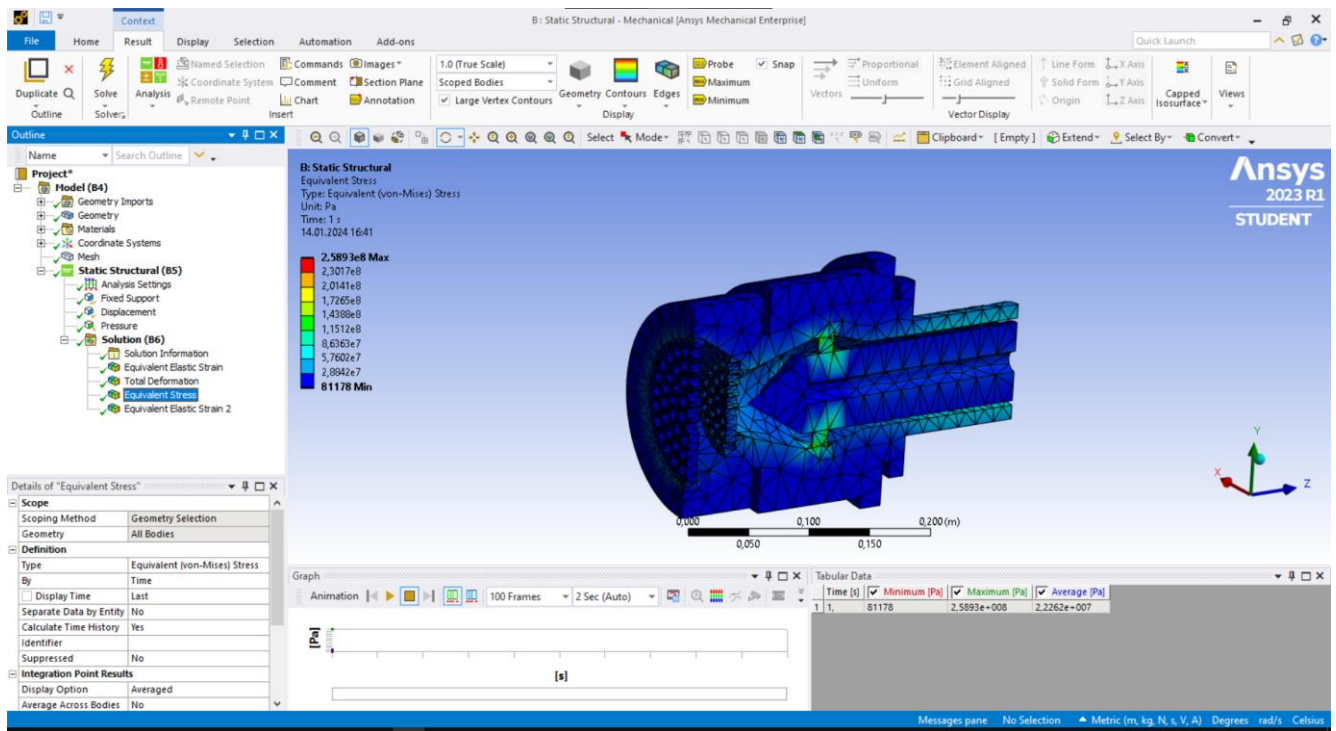


Рисунок 7.14 – Розподіл еквівалентних напружень (Па) в модернізованій моделі

7.3. Висновки

Симуляція течії розплаву полімеру в базовій та модернізованій конструкції показала, що встановлення додаткової решітки суттєво не впливає на швидкість руху розплаву в каналі. Аналіз результатів розрахунків в ANSYS показав, що в модернізованій моделі формуючої головки, порівняно з базовою моделлю, напруження і переміщення змінюються не суттєво. Умови міцності виконуються: $\sigma_{\max} = 275 \text{ МПа} < [\sigma] = 665$ для базової моделі, $\sigma_{\max} = 290 \text{ МПа} < [\sigma] = 665$ – для модернізованої моделі).

В запропонованій модернізації було вирішено проблему, швидкого засмічення фільтра в формуючій головці, тим самим підвищивши ефективність виробництва та зменшивши витрати на обслуговування фільтра. Числове моделювання підтвердило працездатність модернізованої конструкції, та показало що траєкторія та швидкість потоку розплаву полімеру суттєво не змінились.

Висновки

В магістерській дисертації на тему «Лінія для виготовлення полімерних труб з модернізацією екструзійної головки» було виконано ряд певних розрахунків, а саме: параметричний, розрахунок головки екструдера, кінематичний розрахунок екструдера, розрахунок корпусу екструдера на міцність, розрахунок працездатності черв'яка та тепловий розрахунок. За результатами розрахунків було доведено працездатність установки.

Було проведено патентно-літературний огляд в результаті якого, було обрано патент для кого виконали модернізацію, сутність якої полягає в встановленні додаткового фільтра для зменшення швидкості засмічення фільтра в формуючій головці. Провели певні розрахунки в програмних забезпеченнях ANSYS та SOLIDWORKS та переконалися в доцільності та працездатності даної модернізації формуючої головки

Також в магістерській дисертації виконані розділи: монтаж і експлуатація, стартап-проект, автоматизація та охорона праці, які підтверджують доцільність використання екструзійної лінії для виготовлення полімерних труб.

За темою магістерської дисертації було написано та опубліковано 2 тези у збірнику доповідей XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції "ЕФЕКТИВНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ" (Київ, 20-21 грудня 2023 року).

Список використаних джерел

1. Коваленко, І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв.: навч.посібник/ І.В Коваленко, В.В. Малиновський. К.: «Воля-Інрес», 2006. – 100 с.
2. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас : навч. посіб. / О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, І. О. Мікульонок – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 130 с.
3. Мікульонок І. О. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с.
4. Щербина В.Ю., Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с.
[URL:http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669](http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669)
5. Сокольський О.Л., Сівецький В.І. Конструювання та розрахунок формуючого інструменту і оснастки для переробки пластмас. – К.: СПД Січкара, 2010. – 104 с.
6. Литвінець Ю. И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией / Ю. И. Литвінець. – Екатеринбург: Министерство образования и науки Российской Федерации, 2010. – 56 с.
7. Торнер Р. В. Оборудование заводов по переработке пластмасс / Р. В. Торнер, М. С. Акутин. – Москва: Издательство Химия, 1986. – 400 с.
8. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. – Москва: Издательство Химия, 1986. – 488 с.
9. Радченко Л. Б., Сівецький В. І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів.– К.: Політехніка, 2002.– 146 с.
10. Патент UA94625U Україна, МПК В29С47/20 (2006.01). Екструзійна головка для формування порожнистого виробу. Мікульонок І. О., Письменний О. С. – и 2014 05233; заявл. 19.05.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. №22.

11. Патент UA82157U Україна, МПК В29С47/14 (2006.01). Головка екструзійна. Сівецький В. І., Сокольський О. Л., Рослов О. В., Коваленко К. Г., Івіцький І. І. – u 2013 00518; заявл. 15.01.2013; опубл. 25.07.2013, Бюл. №14.
12. Формуюча трубна головка з регулюванням товщини каналу: пат. CN115214106A. № 202210863319.1; заявл. 08.09.2017; опуб. 17.11.2017.
13. Формуюча головка з двошаровим фільтром: пат. CN107351351A. № 201710806267.3; заявл. 22.07.2020; опуб. 21.10.2022.
14. Патент UA4224U Україна, МПК В29С47/00 (2006.01). Формуюча головка екструдера. Новицька Т. М., Хцинський Р. Р., Лукашова В. В. – 2004031956; заявл. 16.03.2004; опубл. 17.01.2005, Бюл. №1.
15. Патент UA68120U Україна, МПК В29С47/20 (2006.01). Екструзійна головка для формування порожнистого виробу. Мікульонок І.О., Гончаренко В. В., Мартиненко Н. М. – u 2011 11769; заявл. 05.10.2011; опубл. 12.03.2014 Бюл. №5.
16. Патент UA112311U Україна, МПК В29С47/40 (2006.01). Кільцева екструзійна. Сівецький В. І., Куриленко В. М., Сокольський О. Л., Івіцький І. І., Гаращук В. І. – u 2016 06440; заявл. 13.06.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. №23.
17. Екструзійна головка: пат. JPH07148818 (А). № JP19930298600 19931129; заявл. 29.11.1993; опуб. 13.06.1995.
18. <https://megaobuchalka.ru/7/47213.html>
19. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230–231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2. Гриф МОН України.
20. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.: У 2 кн. Книга 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Хімічна технологія та інженерія». – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2012. – 336 с. : іл. – Бібліогр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-530-9. – Гриф МОН України.

21. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.: У 2 кн. Книга 2. Керування хімікотехнологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Хімічна технологія та інженерія». – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2012. – 336 с. : іл. – Бібліогр.: с. 330–331. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-531-6. – Гриф МОН України.

22. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів [Текст] : ДСТУ Б А.2.4–3:2009. Чинний від 23.01.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.

23. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

24. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

25. Yudina. N. Economic “Butterfly” and Futurology of the War in Ukraine. Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2022. №23 (2022). PP. 77-82. URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/264637>

26. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

27. Yudina Nataliya. Business Forecasting of Marketing Activity Riskiness of Companies in Markets. *Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine*

"Kyiv Polytechnic Institute". №17(2020). P. 372-383. URL: <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/216380/>

28. Nataliya Yudina, Olena Pidlisna Marketing Perception Of Technological Uncertainty By Decision-Makers. *Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*. Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2021. №18 (2021). PP. 1-10 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/238105>

29. Nataliya Yudina Future Study Implementation Into Marketing Activity Of Companies. *Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*. Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2021. №18 (2021). PP. 1-9 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/240315>

30. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. *Економічний Вісник НТУУ «КПІ»*. №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

31. Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондляр О.В. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних виробів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>

32. Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондляр О.В. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 131с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45734>

ДОДАТКИ

Таблиця розглянутих патентів

Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Сутність заявленого технологічного рішення і ціль його створення
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/20 UA94625U	В екструзійній головці для формування порожнистого виробу, що містить порожнистий корпус, розташований на його зовнішній поверхні щонайменше один нагрівник, а також розміщений у порожнині корпуса дорн, з'єднаний з корпусом за допомогою дорнотримача, згідно з пропонованою корисною моделлю, новим є те, що в дорнотримачі з боку зовнішньої поверхні корпуса виконано щонайменше один глухий отвір з розміщеною в ньому вставкою, коефіцієнт теплопровідності матеріалу якої більше за коефіцієнт теплопровідності матеріалу дорнотримача. У найприйнятнішому прикладі виконання головки вставку виконано з міді [10].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/14 UA82157U	В екструзійній головці, що містить корпус, матрицю та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву, новим є те, що матриця з'єднана з корпусом за допомогою принаймні одного пружного та принаймні одного демпфуючого

		елементів з можливістю зворотно-поступального руху [11].
Формуюча головка екструдера	<u>Китай</u> B21C25/02; B29C48/09; B29C48/325 CN115214106	Мета даного винаходу полягає в забезпеченні екструзійної головки з безперервно регульованим внутрішнім діаметром. Регулюючи випускний отвір та кінцевий конус оправки Внутрішній діаметр регулюється відповідно до положення, що відповідає фасонній площі, тим самим зменшуючи кількість форм та економлячи час виробництва. Безперервне виробництво трубчастих форм [12].
Формуюча головка екструдера	<u>Китай</u> B29C47/68; B29C48/30; B29C48/92 CN107351351	Екструзійна головка з двошаровим фільтром містить послідовно з'єднані корпус головки, опорну пластину діляника і головку, при цьому середня частина одного кінця корпусу забезпечена першою сіткою, що фільтрує, внутрішня частина стрижня забезпечена конусом на одному кінці наконечника, на зовнішній частині корпусу [13].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/00 UA4224U	В формуючій головці, яка має встановлені на осі з можливістю обертання матрицю і дорн з виконаною на ньому нарізкою, що утворюють робочий канал для течії розплаву, який переходить в вихідні канали, виконані в матриці і дорні, новим є те, що канал

		течії розплаву перед фільєрами матриці і дорну утворює накопичувальну порожнину, куди виступають прилеглі вінці фільєр і стінки якої виконані з послідовно розміщеними кільцевими виступами, а вихідні канали виконані зі зменшенням до виходу. Суміжні стінки вихідних каналів в матриці та дорні зближуються до мінімуму або з'єднуються між собою, а протилежні закінчуються плічками, що сходяться під тупим кутом [14].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/20 UA68120U	У екструзійній головці для формування порожнистого виробу, який включає корпус, розташований у його порожнині дорн із каналом для постачання повітря всередині формованого порожнистого виробу, згідно із запропонованою корисною моделлю, нововведенням є використання немагнітного матеріалу для виготовлення корпусу. Зовнішню частину корпусу на ділянці, де розташований дорн, обладнано котушкою індуктивності. Дорн виготовлено з магнітного матеріалу із точкою Кюрі, що відповідає температурі перебігу процесу формування [15].
Формуюча головка екструдера	<u>Україна</u> B29C47/14 UA112311U	У кільцевій екструзійній головці, що складається з корпусу та дорна, встановленого на дорнотримачі для

		утворення формуючого каналу для протікання полімеру, інноваційним є те, що принаймні один дорнотримач обладнано щонайменше одним пристроєм додаткового живлення із каналом, вихідний отвір якого направлений в напрямку вихідного формуючого каналу. Вихідний отвір каналу пристрою додаткового живлення може бути обладнаний зворотнім клапаном. Слід зазначити, що пристрій додаткового живлення може мати можливість регулювання положення вихідного отвору вздовж висоти формуючого каналу [16].
Формуюча головка екструдера	<u>Японія</u> B29C47/20 B29C48/32 B29L23/22 JPН07148818	В екструзійній головці матриця закріплена на тримачі матриці, який використовується для регулювання центрування групи матриць і закріплений на рамі за допомогою регулювального гвинта. У рамці, в центрі видавлювального отвору матриці, що відокремлює внутрішню поверхню стінки із встановленим зазором від видавлювального отвору, вставлено штифт. Цей штифт призначений для вставки всередину штифтодержача рамки. Крім того, у центральній частині штифта створено

		просвіт, який з'єднується з атмосферою [17].
--	--	--

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Модернізація головки екструдера для виготовлення полімерних труб

Травков Р.В., студ., Чемерис А.О., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано модернізацію головки екструдера для виготовлення полімерних труб. Метою даної модернізації є вдосконалення формуючої головки завдяки додатковому фільтру, який зменшить витрати на використання та обслуговування і підвищить ефективність виробництва.

Ключові слова: екструдер, модернізація, формуюча головка, фільтр

Вступ. Екструзійна головка екструдера – це пристрій, який використовується в процесі екструзії для формування матеріалу, у певну форму або профіль. Екструзійні головки можуть мати різні конструкції в залежності від конкретного застосування і типу матеріалу. Наприклад, у виробництві пластикових труб екструзійні головки можуть мати спеціальні форми для формування труб різних розмірів і діаметрів. У виробництві плівок або листів екструзійні головки можуть бути призначені для створення плоских або пухких форм.

Зазвичай між циліндром екструдера і формуючою головкою встановлюють фільтр. Основне його призначення – очищення розплаву, що надходить в голівку, від випадкових включень [1]. Окрім ефективного фільтрування домішок, фільтр змінює напрямок і швидкість потоку матеріалу, перетворюючи спіральний рух пластикового розплаву в лінійний рух, і формувати певний тиск, що вигідно для формування труб.

Однак при фактичному використанні, оскільки пластиковий розплав містить більші гранульовані матеріали, тривале накопичення легко може призвести до засмічення фільтра, що вимагає регулярного очищення. Витрати на використання та обслуговування є високими, що додатково призводить до низької ефективності виробництва. Тому запропоновано встановити додатковий фільтр 8 на рис. 1, що допоможе знизити частоту очищення фільтру і підвищити ефективність виробництва.

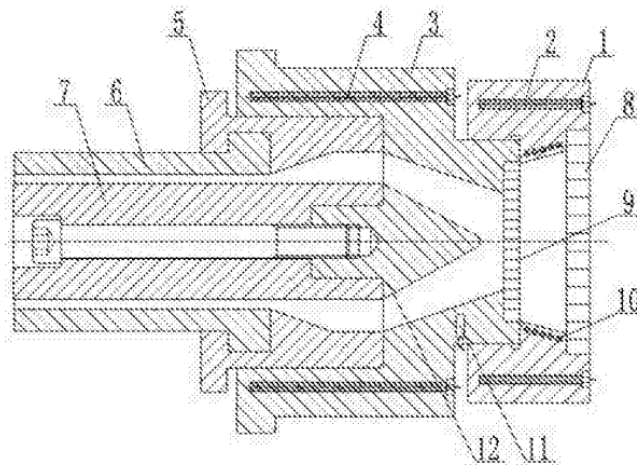


Рисунок 1 – Схема модернізованої формуючої головки екструдера:

- 1 – приєднувальний фланець, 2 – перша нагрівальна трубка, 3 – корпус матриці головки, 4 – друга нагрівальна трубка, 5 – корпус головки, 6 – матриця, 7 – дорн, 8 – другий фільтр, 9 – перший фільтр, 10 – нагрівальний елемент, 11 – датчик температури, 12 – піноль

Екструзійна головка з двошаровим фільтром містить послідовно з'єднані корпус головки, опорну пластину дільника і головку, при цьому середня частина одного кінця корпусу забезпечена першою сіткою, що фільтрує, внутрішня частина стрижня забезпечена конусом на одному кінці наконечника, на зовнішній частині корпусу. На зовнішньому торці перехідної

пластини розташована друга сітка, що фільтрує. Багато перших нагрівальних трубок рівномірно розташовані всередині перехідної пластини, внутрішній нагрівальний змійовик розташований навколо внутрішньої сторони перехідної пластини кільцеподібної форми, для пластику використовуються перша нагрівальна трубка і електронагрівальний дріт. Подальший нагрівання розплаву забезпечує нормальний перебіг розплаву пластику в головці та покращує якість екструзійного лиття [2].

Для підтвердження модернізації була розроблена 3D-модель модернізованої формуючої головки, та проведені розрахунки в програмному забезпеченні ANSYS та SOLIDWORKS. Результати розрахунків зображенні на рис. 3, 4, 5.

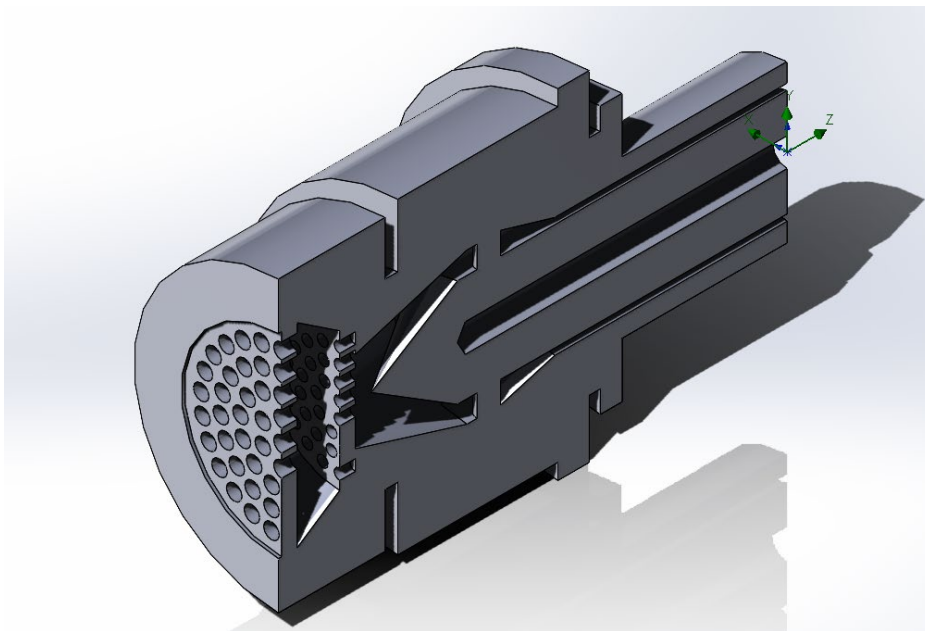


Рисунок 2 – 3D-модель модернізованого вузла

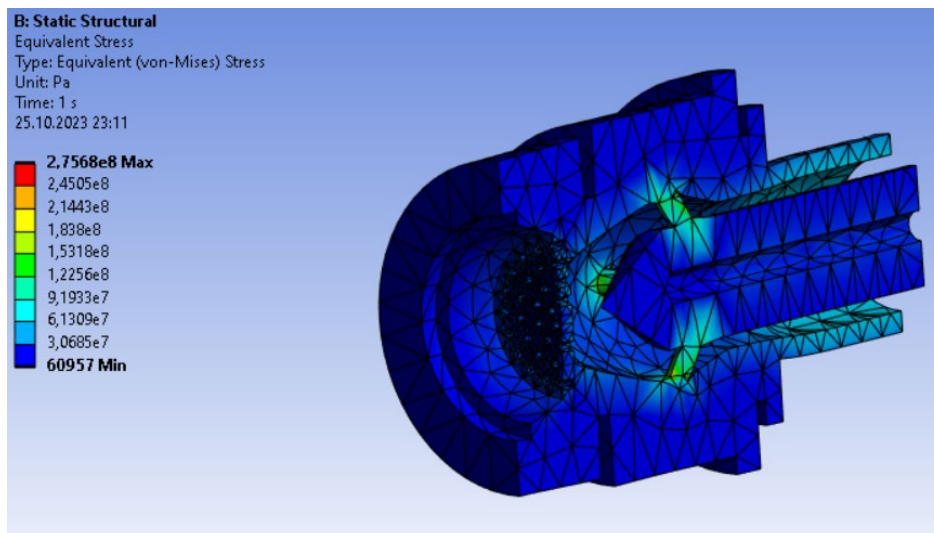


Рисунок 3 – Розподіл поля еквівалентних напружень (Па) в формуючій головці

Аналіз результатів розрахунків головки показав, що умова міцності виконується:
 $\sigma_{\max}=276 \text{ МПа} < [\sigma]=665$.

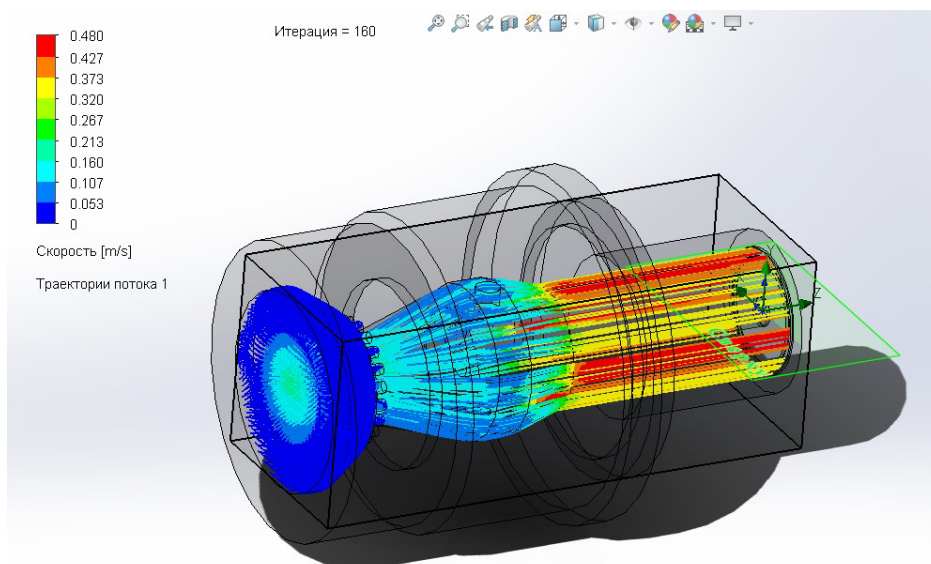


Рисунок 4 – 3D-модель течії розплаву полімеру в базовій конструкції формуючої головки

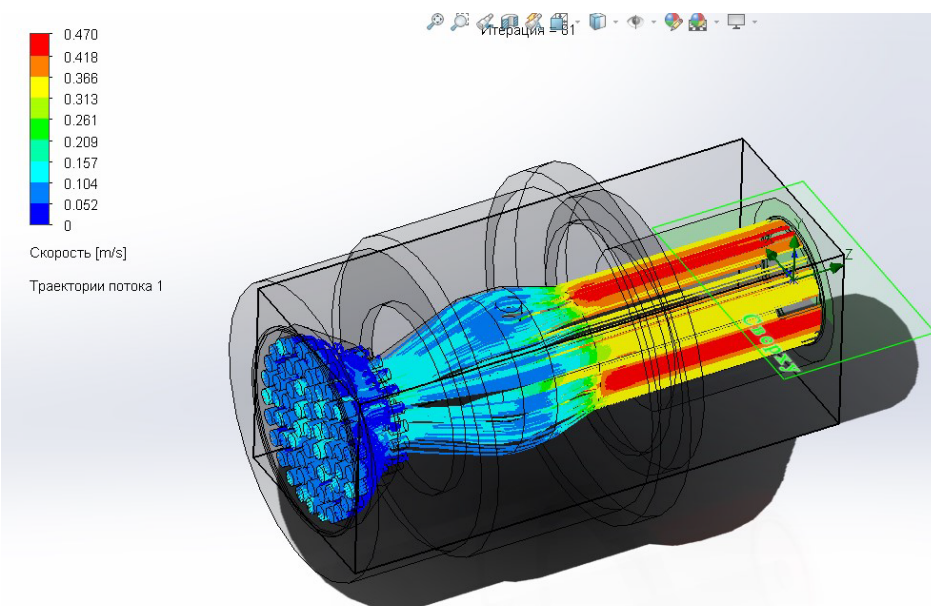


Рисунок 5 – 3D-модель течії розплаву полімеру в модернізованій конструкції формуючої головки

Симуляція течії розплаву полімеру в базовій та модернізованій конструкції показала, що встановлення додаткової решітки суттєво не впливає на швидкість руху розплаву в каналі.

Висновки. В запропонованій модернізації було вирішено проблему, швидкого засмічення фільтра в формуючій головці, тим самим підвищивши ефективність виробництва та зменшивши витрати на обслуговування фільтра. Числове моделювання підтвердило працездатність модернізованої конструкції, та показало що траєкторія та швидкість потоку розплаву полімеру суттєво не змінились.

Перелік посилань

1. Сокольський О. Л., Сівецький В. І., Мікульонок І. О. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 131 с.
2. Формуюча головка з двошаровим фільтром: пат. CN107351351A. № 201710806267.3; заявл. 08.09.2017; опуб. 17.11.2017.

Модернізація головки екструдера для виготовлення полімерних труб

Травков Р.В., студ., Чемерис А.О., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано модернізацію головки екструдера для виготовлення полімерних труб. Метою даної модернізації є вдосконалення елементів калібрування матриці.

Ключові слова: модернізація, екструдер, екструзійна головка, матриця

Вступ. Для виробництва більшості видів труб і шлангів використовують прямотечійні кільцеві, які мають просту конфігурацію й симетричність форми, що забезпечує майже абсолютну рівність швидкостей по поперечному перерізу каналу. Проте дефекти виробу можуть виникнути внаслідок перекосів конструкції, сил тяжіння або нерівномірності температури. Тому в трубних головках зазвичай передбачають пристрій радіального переміщення матриці для корегування рівнотовщинності в коловому напрямку, наприклад радіально розташовані болти, якими надається певний ексцентриситет матриці відносно дорна [1]. Однак є проблеми з процесом калібрування матриці, який вимагає достатній рівень кваліфікації персоналу та часу.

Тому даний винахід пропонує матрицю та штифт з'єднати через засоби зчеплення, що дозволить заздалегідь центрувати їх. Таким чином, центрування можна легко виконати без будь-яких спеціальних робіт з регулювання, і, зібравши це на рамі головки, модифікувати наявні її конструкцію. Тобто, в запропонованій модернізації, матриця та штифт з'єднані як єдине ціле за допомогою знімного засобу зачеплення. Будь-хто може легко виконати цей процес центрування, і навіть якщо необхідно модифікувати наконечник наявної головки екструдера, це можна зробити легко та недорого без необхідності перебудовувати всю головку. Передбачається можливість екструзії на одній головці труб різних розмірів, для цього виконують швидкозмінні мундштуки [2].

На рис. 1 показаний схематичний розріз головки екструдера, що втілює даний винахід, і матриця 1, оснащена штифтом 5, може бути прикріплена до тримача матриці 2 екструзійної рами 4 і від'єднана від неї за допомогою кріпильного гвинта 3.

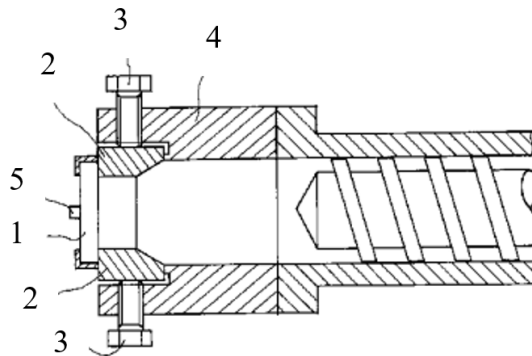


Рисунок 1 – Схема модернізованої формуючої головки екструдера (пояснення в тексті)

Висновки. В запропонованій модернізації було вдосконалено елемент калібрування матриці, завдяки чому будуть зменшені вимоги до рівня кваліфікації персоналу, який займається калібруванням, скорочено час центрування матриці та надана можливість швидко змінювати матрицю, що в свою чергу дозволяє на одній головці виготовляти труби різних розмірів.

Перелік посилань

1. Сокольський О. Л., Сівецький В. І., Мікульонюк І. О. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 131 с.
2. Екструзійна головка: пат. JPН07148818 (А). № JP19930298600 19931129; заявл. 29.11.1993; опуб. 13.06.1995.