

**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
_____ О.Л.Сокольський
« ____ » _____ 2024 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 виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки»

Виконав:

студент II курсу, групи ЛП-21мп
Северенчук Дмитро Павлович _____

Науковий керівник:

к.т.н., проф. Сівецький Володимир Іванович _____

Консультант з ТМ та Е:

ст. викл. Борщик Сергій Олександрович _____

Консультант з модернізації:

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

Консультант з автоматизації

ст. викл. Жураковський Ярослав Юрійович _____

Рецензент:

ас. Швачко Денис Григорович _____

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

Студент _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Северенчуку Дмитру Павловичу

1. Тема дисертації «Лінія для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки», науковий керівник дисертації Сівецький Володимир Іванович, к.т.н., проф., затверджені наказом по університету від «01» листопада 2023 р. № 5098-с.
2. Термін подання студентом дисертації: 23 січня 2024 року.
3. Об'єкт дослідження: лінія для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки.
4. Вихідні дані: Діаметр черв'яка $D=90\text{мм}$, загальна довжина черв'яка 30D, матеріал, що переробляється – ПЕНТ, максимальна продуктивність 300 кг/год, встановлена потужність ЧП 90х30 75 кВт, число обертів ел.дв. 1500 об/хв.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації, розрахунки працездатності машини, монтаж та експлуатація обладнання, автоматизація черв'ячного преса, стартап-проект, охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, модернізація вузла установки та очікувані механіко-економічні показники, висновки.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
ЛП21мп.217243.000-70ВЗ – Прес черв'ячний ЧП90х30.
ЛП21мп.217245.001-70ТС – Лінія для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки
ЛП21мп.217242.002-70СК – Базова головка для виробництва рукавної плівки.
ЛП21мп.217242.003-70СК – Модернізована головка для виробництва рукавної плівки

ЛП21мп.217242.004-70СК – Модернізована головка для виробництва рукавної плівки

ЛП21мп.217247.005-70ТС – Функціональна схема автоматизації

ЛП21мп.217240.006-70ПЛ – Моделювання НДС модернізованої екструзійної головки

ЛП21мп.217240.007-70ПЛ – Побудова та тестування втулки екструзійної головки

ЛП21мп.217240.008-70ПЛ – Розрахунок на міцність корпусу рукавної екструзійної головки.

7. Орієнтовний перелік публікацій: XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція: «Удосконалення конструкції пристрою регулювання перерізу формуючої щілини головки»; «Модернізація формуючої головки для виробництва високоякісної плівки та листових виробів з використанням оригінальної розрізної втулки».

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж та експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст. викл		
Автоматизація обладнання	Жураковський Я.Ю., ст. викл		
Модернізація	Щербина Валерій Юрійович, д.т.н., проф.		
Перевірка на плагіат	Щербина Валерій Юрійович, д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання 4 вересня 2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис конструкцій базового обладнання, основних вузлів та принципу дії лінії виробництва рукавної плівки	20.10.2023	
2	Технічні характеристики базової машини	25.10.2023	
3	Патентно-літературний огляд та вибір двох модернізацій	13.11.2023	
4	Розрахунки працездатності машини	02.12.2023	
5	Спеціальні розділи	16.12.2023	
6	Модернізація вузла установки	20.12.2023	
7	Очікувані механіко-економічні показники	04.01.2024	
8	Висновки. Перелік посилань. Додатки	11.01.2024	

Студент

Дмитро СЕВЕРЕНЧУК

Науковий керівник

Володимир СІВЕЦЬКИЙ

РЕФЕРАТ

УДК 66.661

Магістерська дисертація на тему «Лінія для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки» / Д. П. Северенчук КПІ ім. Ігоря Сікорського; н. керівник В. І. Сівецький. Робота містить: 126с., 31 рис., 14 табл., 4 дод., 33 посилань.

Об'єкт дослідження: лінія для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки.

Предмет дослідження: технічні та технологічні параметри формуючої головки агрегата для виробництва рукавної плівки.

Мета роботи: розробка та впровадження модернізаційних заходів для формуючої головки агрегата з метою підвищення ефективності виробництва рукавної плівки, поліпшення її якості та зменшення витрат сировини та енергії.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в таких аспектах:

1. В розробці нової конструкції формуючої головки з метою підвищення точності формування та одержання рукавної плівки з покращеними експлуатаційними характеристиками.
2. У вивченні впливу параметрів модернізованої формуючої головки на якість та властивості плівки.
3. У визначенні конструктивних параметрів формуючої головки, з метою зменшення витрат енергії та сировини, а також зниження впливу на довкілля.
4. У розробці рекомендацій для практичного впровадження модернізованої формуючої головки в промислове виробництво плівки.

Отже, це дослідження спрямоване на удосконалення конструкції формуючої головки і покращення технології виробництва плівки з метою зменшення енергетичних витрат та сировини, покращення екологічних показників виробництва.

Практична цінність: полягає в удосконаленні конструкції формуючої головки для виробництва рукавної плівки, що має важливе практичне значення для

промислових підприємств, які займаються виробництвом рукавної плівки. Запропонована модернізація формуючої головки забезпечить поліпшення якості плівки, зменшення витрат сировини та енергії, а також оптимізації виробничих процесів. Це не лише забезпечить економічну вигоду для підприємства, але й позитивно вплине на якість та конкурентоспроможність їхньої продукції.

Обґрунтованість: дослідження ґрунтується на літературному аналізі, в якому враховані результати попередніх досліджень у галузі виробництва плівки та модернізації обладнання. Використання аналітичних методів, експериментів та математичного моделювання сприяло обґрунтуванню вибору конкретних параметрів для модернізації формуючої головки. Це забезпечує високий рівень достовірності та об'єктивності отриманих результатів.

Достовірність результатів: використання різноманітних методів дослідження, таких як експерименти з використанням спеціалізованого обладнання, статистична обробка даних та математичне моделювання, гарантує достовірність отриманих результатів. Впровадження наукових методів дослідження дозволяє уникнути спотворення даних та забезпечити надійність висновків, що є ключовим для використання отриманих результатів у практиці промислового виробництва рукавної плівки.

АГРЕГАТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РУКАВНОЇ ПЛІВКИ, ФОРМУЮЧА ГОЛОВКА,
МОДЕРНІЗАЦІЯ, ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ,
ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА, МАТЕМАТИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

UDC 66.661

Master's thesis on the topic "Aggregate for the Production of Film with Modernization of the Forming Head" / D. P. Severenchuk, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; academic advisor V. I. Sivetsky. The work contains: 126 pages, 31 figures, 14 tables, 4 appendices, 33 references.

Object of study: aggregate for the production of film with modernization of the forming head.

Subject of study: technical and technological parameters of the forming head of the aggregate for the production of film.

Objective: development and implementation of modernization measures for the forming head of the aggregate to increase the efficiency of film production, improve its quality, and reduce raw material and energy consumption.

Scientific novelty of the results lies in the following aspects:

1. Development of new designs and materials for the forming head aimed at increasing the accuracy of formation and obtaining film with improved operational characteristics.
2. Study of the influence of the modernized forming head on the quality and properties of the film, including strength, transparency, thickness, and other parameters.
3. Optimization of technological processes of film production taking into account the changes in the forming head, leading to a reduction in energy and raw material consumption, as well as a reduction in environmental impact.
4. Development of recommendations for the practical implementation of modernized forming heads in industrial film production to optimize production processes.

Thus, this research is aimed at improving the technology of film production through the modernization of the forming head, which can lead to an increase in the competitiveness of the production, a reduction in costs, and improvement of environmental indicators of production.

Practical value: the results of the study of the aggregate for film production with modernization of the forming head have significant practical importance for industrial enterprises engaged in film production. Modernizing the forming head can improve the quality of the film, reduce raw material and energy consumption, and optimize production processes. This will not only provide economic benefits for the enterprise but also positively impact the quality and competitiveness of their products.

Rationale: the research is based on a thorough literary analysis, taking into account the results of previous studies in the field of film production and equipment modernization. The use of analytical methods, experiments, and mathematical modeling contributed to justifying the choice of specific parameters for modernizing the forming head. This ensures a high level of reliability and objectivity of the obtained results.

Reliability of results: the use of various research methods, such as experiments with specialized equipment, statistical data processing, and mathematical modeling, guarantees the reliability of the obtained results. The implementation of scientific research methods allows avoiding data distortion and ensuring the reliability of conclusions, which is crucial for the practical application of the obtained results in industrial film production.

Keywords: FILM PRODUCTION AGGREGATE, FORMING HEAD, MODERNIZATION, TECHNICAL PARAMETERS, TECHNOLOGICAL PROCESSES, QUALITY IMPROVEMENT, PRODUCTION EFFICIENCY, MATHEMATICAL MODELING, TECHNOLOGICAL INNOVATIONS, COMPETITIVENESS, PLASTIC INDUSTRY.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

D – діаметр, м;

E – модуль пружності, Па;

F – площа поперечного перерізу, m^2 ;

L – довжина, м;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, об/хв;

Π – продуктивність, т/год;

P – навантаження, Н;

p – тиск, Па;

Q – теплота, Дж/ m^3 ;

T – температура, $^{\circ}C$;

U – прогин, мм;

V – швидкість, м/с;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/ $m^2 \cdot K$;

δ – товщина футерівки, мм;

η – коефіцієнт корисної дії;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/ $m \cdot K$;

μ – коефіцієнт Пуассона;

ρ – щільність, кг/ m^3 ;

σ – напруження, Па.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Опис конструкцій базового обладнання, основних вузлів та принципу дії лінії для виробництва рукавної плівки.....	5
1.1 Конструкція та принцип дії лінії для виробництва рукавної плівки	5
1.2 Конструкція та принцип дії екструдера та формуючої головки у складі лінії	6
2 Технічна характеристика базової машини	10
3 Патентно-літературний огляд	11
4 Вибір напрямку модернізації екструдера.....	14
4.1 Вибір першої модернізації головки екструдера	14
4.2 Вибір другої модернізації головки екструдера	19
4.3 Обґрунтування обраної модернізації головки екструдера	21
5 Розрахунки працездатності машини.....	24
5.1 Параметричні розрахунки	24
5.1.1 Розрахунок перепаду тиску в головці	25
5.1.2 Розрахунок продуктивності екструдера.....	27
5.1.3 Розрахунок потужності приводу екструдера	29
5.2 Розрахунки на міцність.....	30
5.2.1 Розрахунок черв'яка на міцність.....	30
5.2.2 Розрахунки черв'яка в ANSYS.....	33
5.2.3 Розрахунок черв'яка на стійкість.....	35
5.3 Тепловий розрахунок.....	36
6 Спеціальні розділи	39
6.1 Монтаж та експлуатація екструдера	39
6.1.1 Технологія складання редуктора	40

					<i>ЛП21мп.217546.01-70ПЗ</i>		
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Розраб		Северенчук			Лінія для виробництва рукавної полімерної плівки з модернізацією екструзійної головки	Лім	Аркуш
Перев		Сівецький В.І.					Аркушів
							1
							126
Н. Контр.						КП ім. Ігоря Сікорського	
Утв							

6.1.2 Блок-схема складання редуктора	43
6.1.3 Монтаж машини на фундаменті	47
6.1.4 Схема змащення екструдера.....	52
6.1.5 Таблиця змащення екструдера	53
6.2 Автоматизація екструдера для виготовлення плівки.....	54
6.2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення плівки	54
6.2.2 Автоматичне регулювання технологічного процесу.....	55
6.2.3 Основні параметри та їх характеристики для автоматизації процесу	59
6.3 Стартап – проєкт	62
6.3.1 Опис ідеї стартап-проєкту.....	63
6.3.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.....	65
6.3.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту.....	69
6.3.4 Висновки	70
6.4 Охорона праці й навколишнього середовища.....	71
6.4.1 Характеристика видів шкідливих виробничих факторів.....	71
6.4.2 Необхідні вимоги до виробничих процесів та устаткування	73
6.4.3 Необхідні вимоги та попередження при роботі з устаткуванням	74
6.4.4 Повітря робочої зони.....	76
6.4.5 Виробниче освітлення	77
6.4.6 Електробезпека	79
6.4.7 Виробничий шум	80
6.4.8 Небезпека впливу частин установки, що рухаються й обертаються	81
6.4.9 Пожежна безпека	83
6.4.10 Висновки	84
7 Розробка програмного забезпечення для головки черв'ячного екструдера	86
7.1 Блок схема програми	87
7.2 Розрахункова схема	88
7.3 Системні змінні.....	89
7.4. Опис роботи системи.....	90
7.5 Тестування програми.....	92

7.5.1. Тестування розмірів по зміні довжини	92
7.5.2. Тестування розмірів по зміні діаметрів	92
7.5.3. Тестування розмірів по зміні отворів та діаметрів	93
7.5.4. Тестування розмірів по зміні масштабу	94
7.6 Результати використання програми.....	95
8 Очікувані механіко-економічні показники.....	97
8.1 Прогнозування збільшення продуктивності.....	97
8.2 Зменшення витрат.....	97
8.3 Вартісні переваги	98
8.4 Вартість інвестицій та планування окупності.....	98
8.5 Врахування ризиків.....	100
8.6 Соціально-екологічні вигоди	101
Висновки.....	103
Перелік посилань	104
Додаток А. Специфікації.....	106
Додаток Б. Копії використаних для модернізації патентів.....	110
Додаток В. Лістинг програми.....	117
Додаток Г. Копії власних публікацій.....	122

ВСТУП

Рукавна полімерна плівка - це вид полімерної плівки, яка має форму рукава. Рукавна полімерна плівка має широкий спектр застосування. Вона використовується для виробництва упаковки, пакувальних матеріалів, будівельних матеріалів, поліграфії та інших виробів.

Рукавна полімерна плівка має ряд переваг перед іншими видами полімерних плівок. До них відносяться:

1. Висока міцність і зносостійкість. Рукавна полімерна плівка має високу міцність на розрив і розтягнення, а також високу зносостійкість. Це дозволяє використовувати її для виробництва упаковки і пакувальних матеріалів, які піддаються інтенсивному використанню.
2. Гнучкість і податливість. Рукавна полімерна плівка має високу гнучкість і податливість. Це дозволяє використовувати її для виробництва різних виробів, які вимагають гнучких і податливих матеріалів.
3. Довгий термін служби. Рукавна полімерна плівка має довгий термін служби. Вона може зберігатися і використовуватися протягом тривалого часу без втрати своїх властивостей.

Формуюча головка - пристрій, який формує заготовку плівки з розплавленого полімерного матеріалу. Формуюча головка є однією з найважливіших частин агрегату для виробництва рукавної плівки. Вона визначає характеристики рукавної плівки, такі як розмір, форма, товщина та інші.

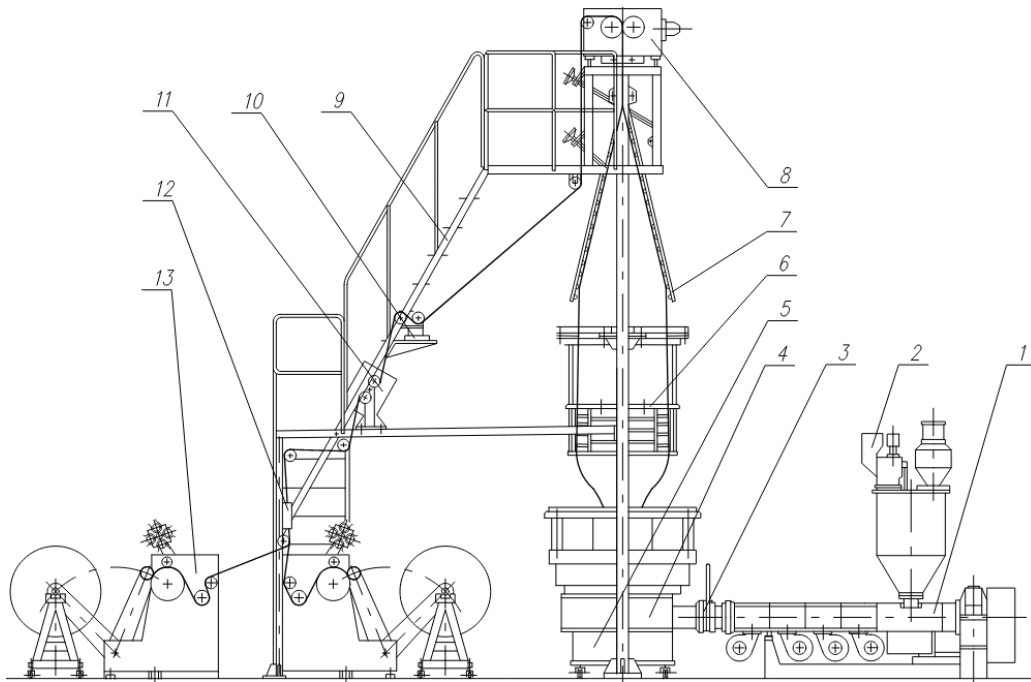
Впровадження нових технологій, вдосконалення конструкції та розробка нових матеріалів можуть призвести до значних поліпшень у процесі виробництва плівки.

Для визначення напряму модернізації формуючої головки проведено огляд літератури та патентів і обґрунтовані технічні рішення для удосконалення конструкції головки з метою підвищення якості плівки та продуктивності її виробництва.

1 ОПИС КОНСТРУКЦІЙ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ, ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РУКАВНОЇ ПЛІВКИ

1.1 Конструкція та принцип дії лінії для виробництва рукавної плівки

Загальний вид лінії для виробництва рукавної полімерної плівки зображено на рисунку 1.1.



1 – Прес черв'ячний ЧП 90x30, 2 – Бункер з дозатором, 3 – Фільтр, 4 – Блок головки реверса та охолодження, 5 – Установка електроventильаторів системи охолодження, 6 – Пристрій стабілізуючий, 7 – Складувальний пристрій, 8 – Тягнучий пристрій, 9 – Естакада, 10 – Пристрій центруючий, 11 – Пристрій активуючий, 12 – Пристрій ріжучий, 13 – Намотувальний станок-маніпулятор,

Рисунок 1.1 – Лінія для виробництва плівки

Лінія для виробництва рукавної полімерної плівки складається з наступних основних вузлів[1]:

1. Екструдер. Екструдер є основним вузлом лінії, який відповідає за плавлення полімеру і формування стовпчиків розплавленого полімеру.

2. Рукавна екструзійна головка. Рукавна екструзійна головка відповідає за формування рукава з стовпчиків розплавленого полімеру.
3. Система роздування. Система роздування відповідає за роздування рукава до необхідних розмірів.
4. Система охолодження. Система охолодження відповідає за охолодження плівки до необхідної температури.
5. Система намотування. Система намотування відповідає за намотування плівки на рулон.

Процес виробництва рукавної полімерної плівки на лінії здійснюється наступним чином:

1. Гранули полімеру подаються в бункер екструдера.
2. Екструдер розплавляє гранули полімеру за рахунок нагріву і циркуляції полімеру.
3. Розплавлений полімер через рукавну екструзійну головку формується в стовпчики.
4. Система роздування роздмухує стовпчики розплавленого полімеру до необхідних розмірів.
5. Система охолодження охолоджує плівку до необхідної температури.
6. Система намотування намотує плівку на рулон.

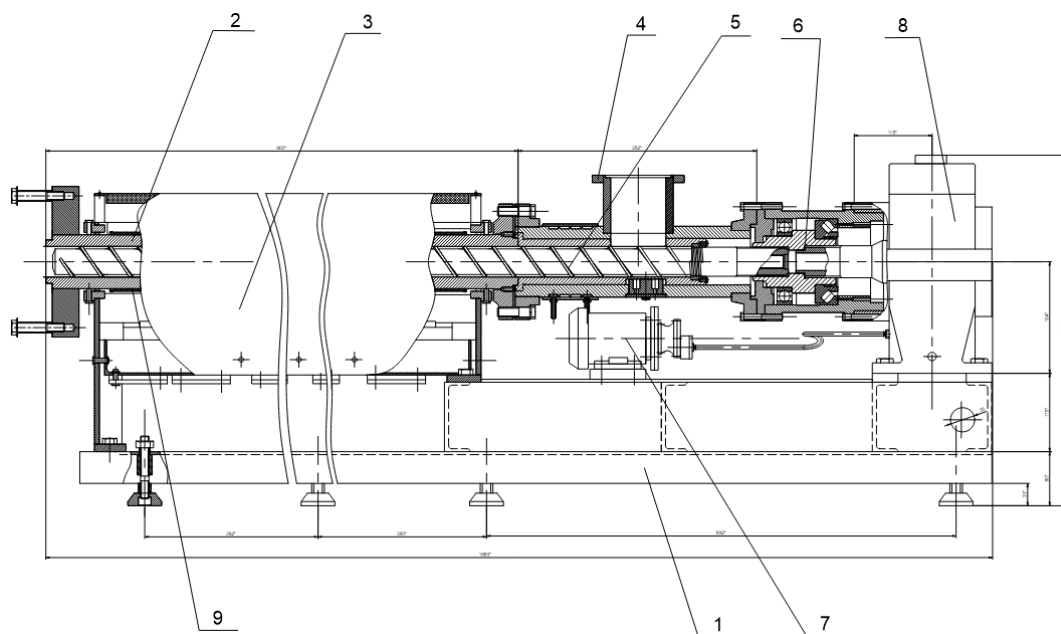
1.2 Конструкція та принцип дії екструдера та формуючої головки у складі лінії

Процес виробництва рукавної полімерної рукавної плівки на лінії починається з плавлення полімеру в екструдері (рис. 1.2).

Черв'ячний екструдер - це пристрій, який використовується для обробки та формування матеріалів шляхом використання обертового черв'яка, який вимушує матеріал пройти через шприц-подібну діючу частину (матрицю) з метою отримання бажаної форми або конфігурації[2].

Призначення та галузь застосування черв'ячних екструдерів включають:

1. Пластична промисловість: Черв'ячні екструдери широко використовуються для виробництва пластикових продуктів, включаючи плівку, труби, профілі, плити та інші вироби з полімерних матеріалів.
2. Харчова промисловість: В харчовій промисловості черв'ячні екструдери використовуються для виготовлення продуктів з тіста, кормів для тварин, снеків, круп і багатьох інших харчових продуктів.
3. Фармацевтика: Виробництво лікарських препаратів, таблеток, капсул і пелеток за допомогою черв'ячних екструдерів.
4. Хімічна промисловість: Виробництво хімічних продуктів, зокрема гранульованих або пластичних сумішей.
5. Спеціалізовані додатки: Черв'ячні екструдери також використовуються у виробництві гуми, гумотехнічних виробів, композитних матеріалів, кабелів і багатьох інших галузях.



1 – Станина, 2 – Корпус, 3 – Кожух, 4 – Бункер, 5 – Черв'як, 6 – Вузол упорного підшипника, 7 – Бак, 8 – Редуктор, 9 – Нагрівник

Рисунок 1.2 – Прес черв'ячний ЧП 90х30

Черв'ячні екструдери дозволяють отримувати високоякісні вироби з різних матеріалів та регулювати їх властивості, що робить їх важливими виробничими знаряддями в різних сферах.

Екструдер складається з наступних основних елементів:

Циліндр є основною робочою частиною екструдера. Він виготовляється з міцних і жароміцних матеріалів, таких як нержавіюча сталь або керамика.

Бункер служить для зберігання гранул полімеру. Він виготовляється з міцних матеріалів, таких як метал або пластик.

Плунжер є рухомим елементом екструдера, який відповідає за перемішування полімеру і його подачу в головку. Він виготовляється з міцних і жароміцних матеріалів, таких як сталь або бронза.

Система нагріву забезпечує нагрівання полімеру в екструдері. Вона може включати в себе електричні нагрівачі, парові нагрівачі або інфрачервоні нагрівачі.

Система охолодження забезпечує охолодження полімеру в екструдері. Вона може включати в себе водяне охолодження, повітряне охолодження або масляне охолодження.

Рукавна екструзійна головка відповідає за формування рукава з стовпчиків розплавленого полімеру(рис. 1.3).

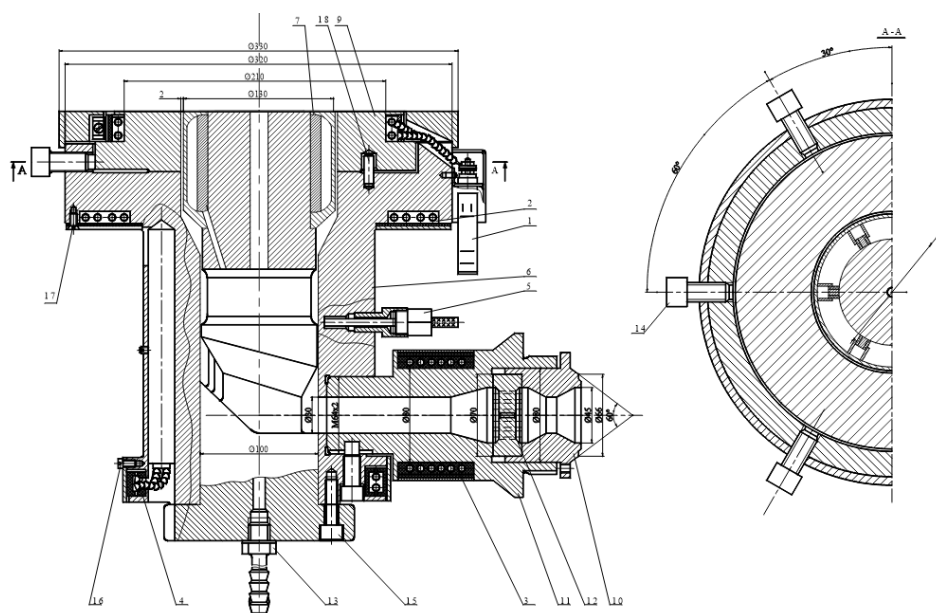


Рисунок 1.3 – Базова конструкція головки

Корпус є основою головки і забезпечує її міцність і надійність[3].

Матриця є формувальним елементом головки. Вона визначає форму і розміри стовпчиків розплавленого полімеру.

Дорн є опорним елементом головки. Він забезпечує підтримку матриці і запобігає її деформації.

Спиральні розподільники забезпечують рівномірний розподіл розплавленого полімеру по поверхні матриці.

Система роздування відповідає за роздування рукава до необхідних розмірів. Система роздування складається з наступних основних елементів:

Роздувна станція є основним елементом системи роздування. Вона забезпечує роздування рукава за рахунок потоку повітря або пари.

Система контролю роздуття забезпечує контроль розмірів і форми рукава.

Рукавна полімерна головка має ряд переваг, таких як:

1. Вона проста в експлуатації і обслуговуванні.
2. Вона дозволяє виробляти плівку різної товщини і ширини.
3. Вона дозволяє виробляти плівку з різними властивостями, такими як жорсткість, міцність, прозорість і т.д.

Однак, рукавна полімерна головка має і ряд недоліків, таких як:

1. Вона не дозволяє виробляти плівку з дуже тонкими стінками.
2. Вона не дозволяє виробляти плівку з дуже складними геометричними формами.
3. Вона не дозволяє виробляти плівку з дуже високими оптичними властивостями.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Технічні характеристики екструдера ЧП 90х30 для переробки рукавної плівки наведено в табл. 2.1[4].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики екструдера ЧП 90х30

Найменування параметра	Значення параметра
1. Максимальна продуктивність	300
2. Максимальна ширина плівки в розгорненому вигляді, мм,	6000
3. Граничні відхилення по ширині рукавної плівки мм	±5
4. Максимальна ширина рулону з плівкою, мм	2000
5. Зовнішній діаметр рулону з плівкою, мм	600
6. Лінійна швидкість прийому плівки, м/хв	0,5. 17
7. Встановлена потужність	75
8. Число обертів ел.дв., кВт	1500
9. Струм живлячої сіті – змінний трифазний з глухо заземленою нейтраллю: – напруга, В – частота, Гц	380/220 50
10.Водопостачання – з системи технологічного водопроводу: – тиск, МПа (кгс/см ²) – жорсткість води загальна, мг-екв/л, не більш – об'ємна витрата води, м ³ /ч, не більш – температура °С, не більш	0,4 (4) 7 1,0 25
11.Габаритні розміри, мм: – довжина – ширина – висота	8550 6200 10700
12.Маса, кг, не більш	14400

3 ПАТЕНТНО-ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Мета: провести патентний огляд конструкції формуючих головок для модернізації та вдосконалення рукавної головки.

Конструкції ліній для виробництва плівки та черв'ячного екструдера наведена в [1-3].

В таблиці 3.1 наведено 12 патентів, які були розглянуті та коротка інформація про патенти: за яким предметом пошуку було знайдено, країну, № свідоцтва, МПК, дату публікації патентів та суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення.

Таблиця 3.1 - Патентна документація, що відібрана для аналізу

№	Предмет пошуку	Країна, № свідоцтва, МПК, дата опубл.	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Екструзійна головка	УКРАЇНА (19)UA (11)91484 (13)U, МПК B29C 47/14 (2006.01), опубл. 10.07.2014, Бюл.№ 13	Екструзійна головка має пружну планку, яка здатна зворотно-поступально рухатись. Інтеграція проміжних опорних елементів зменшила навантаження на болти та покращила рівнотовщинність листа. Проміжні шарніри дозволяють покращити рівнотовщинність листа та зменшити навантаження на гвинти, забезпечуючи стабільність процесу виробництва. Полегшення конструкції, покращення рівнотовщинності та стабільності виробництва. Удосконалення конструкції, покращення рівнотовщинності та стабільності виробництва
2	Черв'як екструдера	УКРАЇНА (19)UA (11)59876 (13)U, МПК B29C47/14	Екструзійна головка має пружну планку, яка здатна зворотно-поступально рухатись. Інтеграція проміжних опорних елементів зменшила навантаження на болти та покращила рівнотовщинність листа. Проміжні шарніри дозволяють покращити рівнотовщинність листа та зменшити навантаження на гвинти, забезпечуючи стабільність процесу виробництва.
3	Екструдер для переробки пласмасс	СССР № 1572826 МПК B29C47/38 Бюл. № 23, 1990, A13958116/23-05	Мета винаходу – підвищення продуктивності екструдера і поліпшення якості одержуваних виробів.

4	Екструдер	СССР № 1380115 МПК B29C47/38,47/68 Бюл. № 13, 1995, A13727612/05	Мета винаходу - підвищення якості розплаву
5	Шнек	Німеччина № DE102012010854 МПК B29C47/38,47/60 A110130759	Мета винаходу – підвищення якості розплаву, шляхом підтримками канавок ретельного перемішування матеріалу, що транспортується, в результаті чого однорідність і пропускна здатність екструдату, що транспортується будуть збільшені.
6	Екструдер для обробки пластмас	Німеччина № AT511088 МПК B29C47/66 A1102010048925	Основна ідея полягає у використанні електромеханічного обладнання, такого як черв'ячний прес із спектроприводом, суматором та датчиками діаметра рукава в зоні розтягування та зоні його охолодження. Механізм також включає вентиляційну заслонку та регулювальні елементи для контролю розмірів рукава. Зміни у геометрії рукава автоматично коригуються заслонкою та додатковими механізмами, що забезпечує стабільність розмірів та якості виробу.
7	Головка екструзія	Україна № 35890 МПК B29C47/14, B29L7/00 Бюл. № 3, 2001р	Мета винаходу - підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво тим, що в конструкції екструзійної головки, яка містить корпус з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та вхідні регульовані формуючі губки, згідно до винаходу, новим є те, що канал зменшеної висоти утворений виступами, які виконані на верхній та нижній плитах, і розташований між вхідним каналом і колектором.
8	Екструзійна головка	Україна № 12383 МПК B29C 47/14 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006р	Мета винаходу - в екструзійній головці, яка має верхню і нижню частини корпусу, з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної пилини, для регулювання перерізу формуючої щілини, згідно з корисною моделлю, виконано оригінальну розрізну втулку з похилими конусоподібними каналами, які переходять у формуючу щілину. Корисна модель нескладна у виготовленні, її використання не потребує високої кваліфікації робітників, забезпечить одержання високоякісних плівок, листових виробів в широкому діапазоні технологічних параметрів шляхом удосконалення механізму регулювання перерізу формуючої щілини.
9	Екструзійна головка	УКРАЇНА (19) UA (11)35890 (13)A, B29C 47/14, B29L 7/00,	Екструзійна головка має конструкцію з каналом зменшеної висоти, утвореним виступами на верхній та нижній плитах. Це розташування основного розподільного елемента забезпечує ефективне розподілення полімеру по ширині головки, покращуючи якість та зменшуючи

		16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.	собівартість полімерного виробу.
10	Плоскощі линна головка	УКРАЇНА (19)UA (11)31538 (13)U, B29C 47/14, 10.04.2008, Бюл. № 7, 2008 р.	Плоскощілинна екструзійна головка з каналом для протікання розплаву, що має вхідну, перехідну та формуючу ділянки. Унікальність полягає в тому, що перехідна ділянка виконана як рівнотовщинна щілина замкнутого перерізу, що розгортається в напрямку виходу в щілину прямокутного перерізу. Поздовжня вісь розгортки лежить перпендикулярно на напрямок руху виробу, що формується, і у розгортці перехідна ділянка каналу має форму прямокутника.
11	Головка екструдера	УКРАЇНА (19)UA (11)12383 (13)U, B29C 47/14, 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.	Екструзійна головка з верхньою і нижньою частинами корпусу, між якими є розплавовід. Містить верхню і нижню губки формувальної щілини, а також розрізну втулку для регулювання перерізу вхідної ділянки розплавоводу. Розрізна втулка має похилі конусоподібні канали, які переходять у формуючу щілину. Оригінальна розрізна втулка є розбірною і дозволяє легко змінювати її при зміні матеріалу, підвищуючи якість продукції та спрощуючи конструкцію головки та процесу регулювання.
12	Екструзія	УКРАЇНА (19)UA (11)2046 (13)U, B29C47/14, 15.09.2003, Бюл. № 9, 2003 р.	Екструзійна головка з верхньою і нижньою частинами корпусу, розташованими з утворенням між ними розплавопроводу. Містить гнучку планку, змонтовану в розплавопроводі з можливістю часткового перекриття, натискні гвинти для деформування гнучкої планки та верхню і нижню губки формувальної щілини. Додано проміжні опорні елементи між гнучкою планкою та кожним натискним гвинтом для зменшення їх кількості. Це вдвічі зменшує кількість точок регулювання, спрощуючи процес і зменшуючи трудовитрати при виконанні регулювальних робіт.

4 ВИБІР НАПРЯМУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСТРУДЕРА

У результаті огляду для вибору напрямку модернізації формуючої головки екструдера розглянуто 12 патентів, опубліковані в Україні.

- 1 Основні напрямки удосконалення конструкцій екструзійних головок включають:
- 2 Підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки. Це дозволяє підвищити якість одержаної продукції, зокрема, її рівномірність по товщині та ширині.
- 3 Розширення діапазону технологічних параметрів, при яких можна отримувати високоякісну плівку. Це дозволяє підвищити гнучкість виробництва та його адаптацію до різних потреб споживачів.
- 4 Зменшення витрат на виробництво плівки. Це може бути досягнуто за рахунок зменшення витрат на енергію, матеріали та ремонт обладнання.

Найбільш доцільним для використання є [7] та [9].

В [7] передбачає введення в конструкцію екструзійної головки каналу зменшеної висоти, утвореного виступами на верхній та нижній плитах. Це розташування основного розподільного елемента забезпечує ефективне розподілення полімеру по ширині головки, покращуючи якість та зменшуючи собівартість полімерного виробу.

В [9] передбачає використання в екструзійній головці оригінальної розрізної втулки з похилими конусоподібними каналами, які переходять у формуючу щілину. Така конструкція дозволяє отримувати високоякісні плівки, листові вироби в широкому діапазоні технологічних параметрів за рахунок удосконалення механізму регулювання перерізу формуючої щілини.

4.1 Вибір першої модернізації головки екструдера

Екструзійна головка [5] містить корпус, в якому із зазором встановлений обтічний профільний вкладиш у вигляді трикутної пластини та формуючих губок і

вихідної щілини.

Недоліком відомої конструкції є те, що полімер, який обтікає профільний вкладиш і розшаровується на декілька потоків, які далі по довжині головки повинні зваритися між собою та створити цілісний виріб. Це приводить до місцевої зміни властивостей полімеру та зниження якості виробу. До того ж, довжина каналу головки повинна бути достатньо довгою для зварювання потоків полімеру, що приводить до її збільшення і внаслідок цього до збільшення габаритів, метало- та енергомісткості конструкції.

Найбільш близьким за технічною суттю до винаходу є екструзійна головка, яка містить корпус з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та регульовані формуючі губки [6].

Недоліком відомої конструкції є те, що канал зменшеної висоти розташовано за зоною входу в головку на ділянці великої ширині. Це обумовлює виникнення великих розпірних зусиль на великій ширині головки, які треба компенсувати за допомогою дросельної планки. Виникають підвищені вимоги до надійності та міцності цього елемента головки, що приводить до збільшення собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції. До того ж, при регулюванні дросельного планкою в полімері по ширині головки виникають різні за величиною напруження і потрібна досить велика довжина накопичувача, щоб вони релаксували і було забезпечено ізотропію властивостей полімеру по ширині виробу. Колектор, висота якого більше за висоту зменшеного каналу, для релаксації напружень використати в такій конструкції головки не можна, бо він розташований перед каналом зменшеної висоти, а не після нього, що було б доцільним. При екструзії полімерів, які виявляють пристінні ефекти, наприклад, непластифікованого ПВХ, можна чекати, що тиск на ділянці каналу зменшеної висоти зменшиться внаслідок виникнення пристінного шару матеріалу із властивостями, які відрізнятимуться від властивостей полімеру в об'ємних шарах потоку. Тобто і в цьому випадку може мати місце анізотропія властивостей виробу та складності при регулюванні дросельною планкою.

В основу винаходу [7] поставлена задача удосконалення екструзійної головки, в якій нове розташування основного розподільного елементу - каналу зменшеної висоти, забезпечило б ефективне розподілення полімеру по ширині головки з метою покращення якості полімерного виробу за умов зменшення його собівартості, а також собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки.

В запропонованому технічному рішенні конструкції екструзійної головки корпус виконано з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та вхідні регульовані формуючі губки, згідно до винаходу, новим є те, що канал зменшеної висоти утворений виступами, які виконані на верхній та нижній плитах, і розташований між вхідним каналом і колектором.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на рисунку 4.1 зображений вертикальний розріз екструзійної головки, на рисунку 4.2 - її горизонтальний розріз.

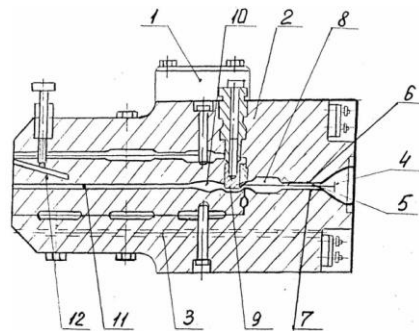


Рисунок 4.1 – Вертикальний розріз екструзійної головки

Екструзійна головка містить (рисунки 3.1 і 3.2) корпус 1 з верхньою 2 та нижньою 3 плитами головки, вхідний канал 4, канал зменшеної висоти 5, утворений виступами 6 та 7 відповідно на верхній 2 та нижній 3 плитах головки, колектор 8, дросельну планку 9, накопичувач 10, канал подавання 11 та регульовані формуючі губки 12. Канал зменшеної висоти 5 розташований на вході в головку безпосередньо за вхідним каналом 4.

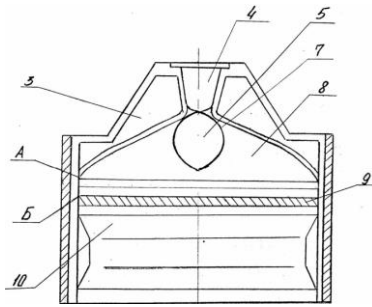


Рисунок 4.2 – Горизонтальний розріз екструзійної головки

Екструзійна головка працює таким чином:

Розплав полімеру із екструдера (не показаний) надходить у вхідний канал 4 корпусу 1. Вхідний канал 4 має менш складну форму, ніж у прототипі, де він зменшується і розширюється одночасно у взаємно перпендикулярних площинах. У запропонованій конструкції в такій складній формі вхідного каналу 4 не має потреби, тому що безпосередньо за ним розташований канал зменшеної висоти 5, утворений виступи 6 і 7 на верхній 2 та нижній 3 плитах головки. Канал зменшеної висоти 5 частково приймає на себе функції розподілення полімеру на вході в головку, які у прототипі виконував вхідний канал 4. Завдяки цьому можна зменшити розміри вхідного каналу 4 по ширині головки (порівняно з прототипом), а відтак - і габарити, метало- і енергоємність головки. Енергоємність зменшується завдяки тому, що треба підтримувати визначену досить високу температуру корпусу 1 головки у меншому об'ємі металу конструкції. Стає нижчою тепловіддача.

Основні функції каналу зменшеної висоти 5 полягають в тому, щоб розподілити полімер по ширині головки, виходячи із вимоги забезпечення однакових втрат тиску на різних траєкторіях течії у головці. При цьому до втрат тиску в каналі зменшеної висоти 5 треба додавати втрати тиску у колекторі 8, який разом з каналом 5 утворює розподільну частину головки. Порівняно з прототипом, розміри колектора 8 можна зменшити завдяки тому, що його висота більша ніж висота каналу 5 і напруження, які створюються в полімері на ділянці каналу 5, релаксують в колекторі 8. Вивільнена таким чином пружна використовується для створення додаткового перепаду тиску у колекторі 8. Стає також непотрібною

ділянка АБ, яка використовувалась у прототипі для релаксації напружень. Дорсельна планка 9 використовується у запропонованій конструкції для тонкого регулювання тиску по ширині головки і не створює по ширині головки значних перепадів тиску. Завдяки тому, що канал 5 розташований на вході в головку на значно меншій ширині головки, ніж у прототипі, зменшується розпирні зусилля.

Зменшуються також гідравлічні втрати енергії в колекторі 8, тому що колектор 8 розширюється у напрямі від вхідного каналу 4 до дросельної планки 9 і завдяки цьому зменшується вплив бокових стінок колектору на тертя у потоці полімеру. В прототипі по всій довжині колектора полімер рухається практично у прямокутному каналі, де бокові стінки сильно впливають на тертя в потоці полімеру, що обумовлює значні гідравлічні втрати енергії.

Накопичувач 10, канал подавання 11 та регульовані формуючі губки 12, теж працюють за кращих технологічних умов, бо їм не треба суттєво змінювати тиск чи швидкість розплаву полімеру.

Така конструкція екструзійної головки дозволяє ефективно розподіляти полімер по ширині головки, досягти покращення якості полімерного виробу при зменшенні його собівартості в наслідок зменшення собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки.

Таким чином, у екструзійній головці досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

Дана конструкція екструзійної головки дозволяє ефективно розподіляти полімер по ширині головки, досягти покращення якості полімерного виробу за рахунок релаксації напружень і забезпечення ізотропії властивостей полімеру по ширині і висоті виробу при зменшенні його собівартості внаслідок зменшення собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки та собівартості і енергомісткості процесу екструзії крізь головку.

Таким чином, в даній екструзійній головці досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими

конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

4.2 Вибір другої модернізації головки екструдера

Відома екструзійна головка [8], яка містить верхню і нижню частини корпусу, розташовані з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної щілини. При цьому з метою регулювання перерізу вхідної ділянки розплавоводу застосовують повзуни, в яких вздовж формувальної щілини виконано поперечний отвір, крізь який проходить гнучкий довгомірний елемент, кінці якого закріплені на корпусі. Недоліком даної конструкції є те, що зазначена головка має складну конструкцію і складне регулювання перерізу формуючої щілини за допомогою повзунів, розташованих в розплавоводі, що негативно впливає на якість одержаної продукції. Крім того, ця головка не дозволяє змінювати конструкцію розплавоводу при зміні перероблюваного матеріалу.

В основу корисної моделі [9] поставлено задачу в екструзійній головці, шляхом удосконалення механізму регулювання перерізу формуючої щілини, забезпечити плавність регулювання в широкому діапазоні технологічних режимів і спростити конструкцію механізму регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомій екструзійній головці, яка має верхню і нижню частини корпусу, з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної щілини, для регулювання перерізу формуючої щілини, згідно з корисною моделлю, виконано оригінальну розрізну втулку з похилими конусоподібними каналами, які переходять у формуючу щілину.

Оригінальна розрізна втулка є розбірною і нескладною у виготовленні. При зміні перероблюваного матеріалу конструкція екструзійної головки дозволяє легко замінювати розрізну втулку на іншу, що має інші геометричні параметри, не змінюючи конструкцію головки. Крім того, в порівнянні з прототипом зменшено кількість натискних гвинтів (точок регулювання) за рахунок пружності матеріалу

втулки. Розрізна втулка забезпечує плавне регулювання ширини формуючої щілини при зміні перероблюваного матеріалу. Все це веде до підвищення якості продукції, спрощення конструкції екструзійної головки і процесу регулювання.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На рисунку 4.3 зображено вигляд спереду; на рисунку 4.4 - поздовжній переріз головки, а на рисунку 4.5 - переріз втулки.

Екструзійна головка, містить верхню 1 і нижню 2 частини корпусу, розташовані з утворенням між ними розплавоводу 3, встановлену в ньому оригінальну розрізну втулку 4, натискні гвинти 5, а також верхню 6 і нижню 7 губки формувальної щілини 8, які додатково регулюються рядом нижніх натискних гвинтів 9. У розрізній втулці виконано вхідний канал 10 та конусоподібні канали (рукави) 11, які переходять у формуючу вихідну щілину 12.

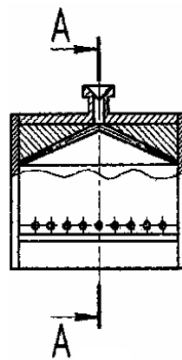


Рисунок 4.3 – Екструзійна головка

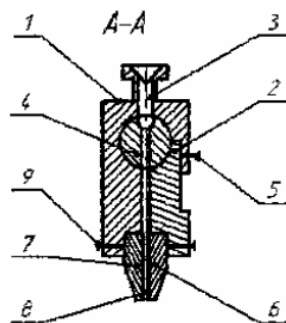


Рисунок 4.4 – Поздовжній переріз екструзійної головки



Рисунок 4.5 – Переріз втулки

Головка працює таким чином:

У розплавовід 3 надходить перероблюваний матеріал у в'язкотекучому стані. Він попадає у вхідний канал втулки 10 і рівномірно розподіляється по довжині каналів таким чином, щоб рівномірно надходити до всіх ділянок формуючої щілини 9, де формується плівка, листовий виріб або заготовка. Особливостями такого процесу формування є те, що при зміні технологічного режиму (температури, витрат перероблюваного матеріалу або його типу) змінюються локальні витрати матеріалу в кожному перерізі формуючої щілини 9. Для забезпечення випуску якісної продукції в цьому випадку виконується регулювання товщини вихідної щілини 12 оригінальної розрізної втулки 4 натискними гвинтами 5.

Особливістю конструкції розрізної втулки є те, що в ній розплавовідні канали 11 виконані конусоподібними і під кутом, що дозволяє розплав більш рівномірно розподілятися по ширині формуючої вихідної щілини 12. Крім того, втулка складається з чотирьох частин, які з'єднуються спеціальними гвинтами, що полегшує виробництво деталей втулки. Для полегшення встановлення і центрування втулки, на її поверхні виконано центрувальні отвори.

Запропонована конструкція головки нескладна у виготовленні (роботи можуть бути здійснені при виготовленні нової головки на традиційному металообробному обладнанні). Її використання не потребує високої кваліфікації робітників. Запропонована конструкція забезпечить одержання високоякісних плівок, листових виробів в широкому діапазоні технологічних параметрів.

4.3 Обґрунтування обраної модернізації головки екструдера

У результаті патентно-літературного огляду обрано патенти [7] та [9], за якими пропонується модернізувати рукавну екструзійну головку.

Основна модернізація [7] полягає в тому, що в екструзійній головці досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість

одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво тим, що в конструкції екструзійної головки, яка містить корпус з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та вхідні регульовані формуючі губки, згідно до винаходу, новим є те, що канал зменшеної висоти утворений виступами, які які виконані на верхній та нижній плитах, і розташований між вхідним каналом і колектором.

Додаткове технічне рішення [9] полягає в тому, що в екструзійній головці, яка має верхню і нижню частини корпусу, з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної пилини, для регулювання перерізу формуючої щілини, згідно з корисною моделлю, виконано оригінальну розрізну втулку з похилими конусоподібними каналами, які переходять у формуючу щілину, що дозволяє одержувати високоякісну плівку, листові вироби в широкому діапазоні технологічних параметрів за рахунок удосконалення механізму регулювання перерізу формуючої щілини.

Додатково розглянемо покращені технічні рішення, що стосуються не лише самої головки, але й включають інновації в систему охолодження/нагріву та додаткові можливості регулювання товщини плівки:

1. Дорн виконано не суцільним, як у базовій конструкції, а з системою охолодження/нагріву, що дозволить керувати температурою процесу екструзії. Ця інноваційна особливість дозволяє досягти точного контролю над тепловими параметрами, забезпечуючи оптимальні умови для формування високоякісної плівки та листових виробів. Одночасно система охолодження/нагріву сприяє підвищенню продуктивності та ефективності виробничого процесу, забезпечуючи стабільні технічні параметри протягом усього часу роботи екструдера.

2. На штанці виконана пробка, за допомогою якої можна розширювати дорн і регулювати товщину плівки, що дозволяє забезпечити вищу гнучкість виробництва та більш точний контроль над параметрами формування продукції. Ця інноваційна конструкція забезпечує оперативність у налаштуванні товщини плівки з урахуванням вимог конкретного виробничого завдання. Такий механізм регулювання дозволяє виробнику легко адаптувати процес екструзії до різних

технічних вимог та виробничих умов, забезпечуючи оптимальні результати при виготовленні різноманітної продукції.

3. Використання натискних гвинтів в корпусі дозволять регулювати товщину плівки шляхом деформації корпусу, що забезпечить додатковий рівень гнучкості та точності у налаштуванні екструзійного процесу. Цей механізм регулювання дозволяє оперативно змінювати параметри товщини плівки, використовуючи натискні гвинти для відповідного вигинання корпусу екструзійної головки. Такий підхід спрощує процес регулювання та забезпечує точність у досягненні необхідних параметрів виробництва. Тим самим, ця інноваційна особливість сприяє підвищенню ефективності та адаптивності екструзійної системи до різноманітних виробничих вимог та умов.

Використання технічних рішень [7,9] та додатково розглянутих рішень дозволять:

Підвищити ефективність розподілення полімеру по ширині головки. Це дозволить підвищити якість одержаної продукції, зокрема, її рівномірність по товщині та ширині.

Розширити діапазон технологічних параметрів, при яких можна отримувати високоякісну плівку. Це дозволить підвищити гнучкість виробництва та його адаптацію до різних потреб споживачів.

Зменшити витрати на виробництво плівки. Це може бути досягнуто за рахунок зменшення витрат на енергію, матеріали та ремонт обладнання.

Регулювати товщину плівки.

$$h_1 = (0.1 \dots 0.14) * D = 0.12 * 0.09 = 0.0108 \text{ м}$$

8. Зазор між гребнем черв'яка і корпусом $\delta = (0.002 \dots 0.003) * D$:

$$\delta = 0.0025 * 0.09 = 0.000225 \text{ м}$$

1) Довжина зони дозування:

$$L_d = 0.41 * 270 = 1,1 \text{ м}$$

$$tg\varphi = \frac{t}{\pi D} = \frac{9}{3.14 * 9} = 0.318$$

2) Градієнт швидкості зсуву:

$$\gamma' = \frac{\pi D n}{h_{cp}} = \frac{3.14 * 9 * 56}{60 * 0.47} = 56,12 \text{ с}^{-1}$$

5.1.1 Розрахунок перепаду тиску в головці

Для визначення перепаду тиску в головці розраховуємо усереднене значення в'язкості. Ефективна в'язкість розплаву ПЕНТ по логарифмічній залежності $lg(\eta) = f(lg(\gamma'))$ при температурі розплаву в зоні дозування 150°C [11]:

$$lg(\eta) = -0.558 lg(\gamma') + 4.102$$

звідси $\eta = 1380 \text{ Па} * \text{с}$

Максимальний тиск розплаву в кінці шнека:

$$P_m = \frac{\pi D L_d \eta n}{h_{cp}^2 tg\varphi} = \frac{3,14 * 9 * 110 * 1380 * 0,94}{0,47^2 * 0,318} = 57,4 \text{ МПа}$$

1. Розраховуємо швидкість зсуву γ' , с^{-1} на простих ділянках l_1 - l_7 головки [12].

$$\gamma_1 = \frac{256Q}{\pi(D+d)^3} = \frac{256 * 63.922}{3.14 * (9+4)^3} = 2,37 \text{ с}^{-1}$$

$$\gamma_2 = \frac{128Q}{nF d_0} = \frac{128 * 63.922}{10 * 3.14 * 0.025} = 10423 \text{ с}^{-1}$$

$$\gamma_3 = \frac{32Q}{\pi z d_p^3} = \frac{32 * 63.922}{3.14 * 30 * 0.3^3} = 804 \text{ с}^{-1}$$

$$\gamma_4 = \frac{22.3Q}{4\pi(R_1 + R_2)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.3 * 63.922}{4 * 3.14 * (1.05 + 4.5)(1.9 + 1)^2} = 2,3 \text{ с}^{-1}$$

$$\gamma_5 = \frac{6Q}{\pi(R_3 + R_B)(R_3 - R_B)^2} = \frac{6 * 63.922}{3.14(5+4)(5-4)^2} = 13,6 \text{ с}^{-1}$$

$$\gamma_6 = \frac{22.3Q}{4\pi(R_1 + R_2)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.3 * 63.922}{4 * 3.14(4.5 + 2.98)(1 + 0.44)^2} = 7,32c^{-1}$$

$$\gamma_7 = \frac{6Q}{\pi(R_H + R_B)(R_H - R_B)^2} = \frac{6 * 63.922}{3.14(3.2 + 2.76)(3.2 - 2.76)^2} = 105,9c^{-1}$$

2. По логарифмічній залежності $lg(\eta) = -A lg(\gamma') + B$ при вибраній температурі розплаву в головці находимо ефективну в'язкість η .

При 150 °C: $lg(\eta) = -0.558 lg(\gamma') + 4.102$;

$$\eta_1 = 10^{-0.558 lg(\gamma_1) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(2.37) + 4.102} = 7814 \text{Па} * \text{с}$$

$$\eta_2 = 10^{-0.558 lg(\gamma_2) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(10423) + 4.102} = 72.44 \text{Па} * \text{с}$$

$$\eta_3 = 10^{-0.558 lg(\gamma_3) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(804) + 4.102} = 302.6 \text{Па} * \text{с}$$

$$\eta_4 = 10^{-0.558 lg(\gamma_4) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(2.3) + 4.102} = 7946 \text{Па} * \text{с}$$

$$\eta_5 = 10^{-0.558 lg(\gamma_5) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(13.6) + 4.102} = 2947.7 \text{Па} * \text{с}$$

$$\eta_6 = 10^{-0.558 lg(\gamma_6) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(7.32) + 4.102} = 4165 \text{Па} * \text{с}$$

$$\eta_7 = 10^{-0.558 lg(\gamma_7) + 4.102} = 10^{-0.558 lg(105.9) + 4.102} = 937.8 \text{Па} * \text{с}$$

3. По формулі $\Delta P_i = \frac{Q^*}{K_i}$ розраховуємо втрати тиску на елементарних ділянках

ГОЛОВКИ:

$$\Delta P_1 = \frac{Q\eta_1}{K_1} = \frac{63.922 * 7814}{5.16 * 10^6} = 0.1 \text{МПа}$$

$$\Delta P_2 = \frac{Q\eta_2}{K_2} = \frac{63.922 * 72.44}{0.0077 * 10^6} = 0.6 \text{МПа}$$

$$\Delta P_3 = \frac{Q\eta_3}{K_3} = \frac{63.922 * 302.6}{0.0033 * 10^6} = 5.86 \text{МПа}$$

$$\Delta P_4 = \frac{Q\eta_4}{K_4} = \frac{63.922 * 7946}{0.384 * 10^6} = 1.32 \text{МПа}$$

$$\Delta P_5 = \frac{Q\eta_5}{K_5} = \frac{63.922 * 2947.7}{0.295 * 10^6} = 0.64 \text{МПа}$$

$$\Delta P_6 = \frac{Q\eta_6}{K_6} = \frac{63.922 * 4165}{0.048 * 10^6} = 5.55 \text{МПа}$$

$$\Delta P_7 = \frac{Q\eta_7}{K_7} = \frac{63.922 * 937.8}{0.0116 * 10^6} = 5.17 \text{ МПа}$$

Втрати тиску в головці:

$$\Delta P = 0.1 + 0.6 + 5.86 + 1.32 + 0.64 + 5.55 + 5.17 = 19.24 \text{ МПа}$$

5.1.2 Розрахунок продуктивності екструдера

Продуктивність лінії для виробництва рукавної плівки визначається насамперед продуктивністю черв'ячного преса, тобто його пластикуючою спроможністю. Тому необхідно визначити масову продуктивність черв'ячного преса.

Продуктивність знаходимо за формулою, $\text{см}^3/\text{хв}$ [13]:

$$Q_v = \frac{A * K_r}{K_r + B + C} * n$$

де K_r – коефіцієнт геометричної форми головки екструдера;

n – частота обертів черв'яка;

A - відповідно постійні прямого потоку для шнеків з постійними геометричними розмірами, змінною глибиною і кроком нарізки в зоні дозування, см^3 ;

B - відповідно постійні зворотного потоку для шнеків з постійними геометричними розмірами, змінною глибиною і кроком нарізки в зоні дозування, см^3 ;

C - відповідно постійні потоку витоків для шнеків з постійними геометричними розмірами, змінною глибиною і кроком нарізки в зоні дозування, см^3 .

Проводимо розрахунок геометричних параметрів черв'яка:

1. Глибина нарізки в зоні дозування h_3 :

$$i = 3.7$$

$$h_3 = 0.5 * \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 * h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0.5 * \left[9 - \sqrt{9^2 - \frac{4 * 1.08}{3.7} (9 - 1.08)} \right] =$$

$$= 0.265 \text{ см}$$

2. Глибина нарізки в напірній зоні шнека

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L} * L_0 = 1.08 - \frac{1.08 - 0.265}{270} * 135 = 0.6725 \text{ см},$$

де

$$L_0 = L - L_{\text{н}} = 270 - 135 = 135 \text{ см}$$

$$L_{\text{н}} = 0,5 * L = 0.5 * 270 = 135 \text{ см}$$

3. Середня глибина нарізки в напірній зоні шнека:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_2 + h_3}{2} = \frac{0.6725 + 0.265}{2} = 0.47 \text{ см}$$

4. Кут підйому гвинтової лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi * D} = \arctg \frac{9}{3.14 * 9} = 17^\circ 40'$$

5. Діаметр вала шнека у загрузочній воронці:

$$d_1 = D - 2h_1 = 9 - 2 * 1.08 = 6.84 \text{ см}$$

6. Діаметр вала шнека в зоні дозування:

$$d_3 = D - 2h_3 = 9 - 2 * 0.265 = 8.47 \text{ см}$$

7. Обчислюємо коефіцієнти геометричних параметрів шнека:

$$\begin{aligned} \sigma &= 1 - \frac{6,9D}{2(h_2 - h_3)} \lg \frac{h_2}{h_3} + \frac{D^2}{2h_2h_3} \\ &= 1 - \frac{6.9 * 9}{2 * (0.6725 - 0.265)} \lg \frac{0.6725}{0.265} + \frac{9^2}{2 * 0.6725 * 0.265} \\ &= 392.84 \text{ см}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\pi^2}{h_2h_3} \left[\frac{D(h_2 + h_3)}{2h_2h_3} - 1 \right] = \frac{3.14^2}{0.6725 * 0.265} * \left[\frac{9 * (0.6725 + 0.265)}{2 * 0.6725 * 0.265} - 1 \right] \\ &= 1254.36 \text{ см}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{2.3}{(h_2 - h_3)D^3} \lg \frac{h_2(D + d_3)}{h_3(D + d_1)} + \frac{2h_2h_3 + (h_2 + h_3)D}{2D^2h_2^2h_3^2} = \\ &= \frac{2.3}{(0.6725 - 0.265) * 9^3} \lg \frac{0.6725 * (9 + 8.47)}{0.265 * (9 + 6.84)} \\ &\quad + \frac{2 * 0.6725 * 0.265 + (0.6725 + 0.265) * 9}{2 * 9^2 * 0.6725^2 * 0.265^2} = 1.71 \text{ см}^{-4} \end{aligned}$$

8. Розраховуємо сталі потоку:

1) Прямого:

$$A_1 = \frac{\pi^3(t - \lambda e)\sigma}{a + t^2 b} = \frac{3.14^3 * (9 - 1 * 0.72) * 392.84}{1254.36 + 9^2 * 1.71} = 72.3 \text{ см}^3$$

2) Зворотнього:

$$B_1 = \frac{\pi t(t - \lambda e)}{12L_H(a + t^2 b)} = \frac{3.14 * 9 * (9 - 1 * 0.72)}{12 * 135 * (1254.36 + 9^2 * 1.71)} = 1.04 * 10^{-4} \text{ мм}^3$$

3) Потоків витоків:

$$C_1 = \frac{\pi D \delta^3 t^2}{10eL_H \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{3.14 * 9 * 0.0225^3 * 9^2}{10 * 0.72 * 135 * \sqrt{3.14^2 * 9^2 + 9^2}} = 9 * 10^{-7} \text{ мм}^3$$

9. Обрахуємо продуктивність екструдера:

1) Об'ємну:

$$Q_v = \frac{A_1 * K_r}{K_r + B_1 + C_1} * n = \frac{72.3 * 0.00183}{0.00183 + 1.04 * 10^{-4} + 9 * 10^{-7}} * 56 = 3829.3 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}},$$

де робоча обертання шнека:

$$n = 0.4n_{kp} = 0.4 * 2.36 = 0.94 \text{ с}^{-1} = 56 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{kp} = \frac{42.4}{60 * \sqrt{D}} = \frac{42.4}{60 * \sqrt{0.09}} = 2.36 \text{ с}^{-1}$$

2) Масова продуктивність лінії становить:

$$Q_m = \frac{60Q_v\rho_p}{10^6} = \frac{60 * 3829.3 * 823}{10^6} = 189 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

де $\rho_p = 823 \text{ кг/м}^3$ – густина розплаву ПЕНТ.

5.1.3 Розрахунок потужності приводу екструдера

Потужність (Вт), використовувальна екструдером (N), витрачається на переміщення маси матеріалу вздовж спірального каналу до головки та далі (N₁), а також на зріз матеріалу (розплаву) в зазорі між гребнем шнека та внутрішньої стінки циліндра (N₂)[14]:

$$N = N_1 + N_2.$$

Для шнека з змінною глибиною нарізки:

1. Потужність, споживана в гвинтовому каналі:

Діаметр валу шнека на початку напірної ділянки:

$$d_2 = D - 2h_2 = 9 - 2 * 0.6725 = 7.66 \text{ см}$$

Швидкість зсуву спірального каналу шнека:

$$\gamma_k = \frac{\pi^2 * (D - h_{cp})(D - 2h_{cp}) * n}{h_{cp} \sqrt{\pi^2 (D - 2h_{cp})^2 + t^2}} = \frac{3.14^2 * (9 - 0.47) * (9 - 2 * 0.47) * 0.94}{0.47 * \sqrt{3.14^2 * (9 - 2 * 0.47)^2 + 9^2}} \\ = 50.47 \text{ с}^{-1}$$

$$N_1 = \frac{\pi(t - e)}{t} (\pi^2 D^2 - 4h_2^2) * \lambda * L * \eta * n^2 + \frac{A_1}{K} \eta Q n = \\ = \frac{3.14 * (0.09 - 0.0072)}{0.09} * (3.14^2 * 0.09^2 - 4 * 0.006725^2) * 1 * 2.7 \\ * 980 * 0.94^2 + \frac{72.3 * 10^{-6}}{0.00183 * 10^{-6}} * 980 * 0.229 * 0.94 = 12,34 \text{ кВт}$$

2. Потужність, споживана в зазорі між гребнем і корпусом:

$$N_2 = \frac{\pi D^3 e L \lambda \eta}{\delta t} n^2 = \frac{3.14 * 0.09^3 * 0.0072 * 2.7 * 480}{0.000225 * 0.09} * 1 * 0.94^2 = 14,42 \text{ кВт}$$

$$\gamma_3 = \frac{\pi^2 * D^2 * n}{\delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{3.14^2 * 9^2 * 0.94}{0.0225 * \sqrt{3.14^2 * 9^2 + 9^2}} = 1125 \text{ с}^{-1}$$

3. Потужність, споживана в зоні дозування:

$$N_d = N_1 + N_2 = 12,34 + 14,42 = 26,8 \text{ кВт}$$

4. Потужність, споживана черв'яком:

$$N_r \approx 2N_d = 2 * 26,8 = 53,5 \text{ Вт}$$

5. Потужність двигуна:

ККД приводу приймаємо $\eta = 0.7 \div 0.8$.

$$N_{дв} = \frac{N_r}{\eta} = \frac{53,5}{0.7} = 76,5 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун 4A250S4 $N_{дв} = 75 \text{ кВт}$

5.2 Розрахунки на міцність

5.2.1 Розрахунок черв'яка на міцність

Розрахункова схема черв'яка показана на рис. 5.2. Нормальні напруги

викликаються осьовою силою F_z і розподіленням q . Максимальні напруги будуть виникати в місці закріплення черв'яка (у правого підшипника)[15]:

$$\sigma = \frac{F_z}{A} + \frac{M_{зг}}{W_x};$$

де $M_{зг}$ – максимальний згинальний момент від розподіленого навантаження шнека;

A – площа поперечного перерізу шнека;

W_x – осьовий момент опору.

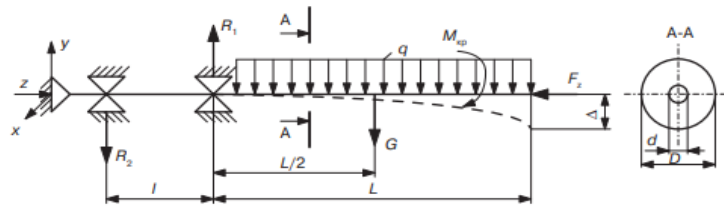


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема навантаження черв'яка і його опор

При розрахунку черв'яка визначають максимальні дотичні напруження, що виникають на поверхні шнека від дії крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{30N}{\pi n} = \frac{30 * 75000}{3.14 * 56} = 12,8 \text{ кНм},$$

де N – потужність, яка споживається черв'яком, Вт;

n – швидкість обертання черв'яка, об/хв;

Максимальне осьове зусилля F_z , що діє на шнек, визначається як

$$F_z = \frac{2M_{кр}}{D} \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 * 12800}{0.09} * 0.317 = 90169 \text{ Н}$$

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9.81G}{l_p} = \frac{9.81 * 132.4}{2.7} = 481 \text{ Н/м}$$

де G – маса черв'яка, кг:

$$G = \frac{\pi D^2}{4} \rho l_p = \frac{3.14 * 0.09^2 * 7710 * 2.7}{4} = 132.4 \text{ кг}$$

$l_p=2.7$ – довжина робочої частини, м.

$$M_{\max} = \frac{1}{2} q l_p^2 = \frac{1}{2} 481 * 2.7^2 = 1753.25 \text{ Нм}$$

Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi d^3(1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3.14 * 0.0684^3(1 - 0.26^4)}{32} = 3.13 * 10^{-5} \text{Нм},$$

d – діаметр осердя в зоні завантаження.

Стискне напруження:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{F_z}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{90169}{3.4 * 10^{-3}} + \frac{1753.25}{3.13 * 10^{-5}} = 8.23 \text{ МПа}.$$

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

$$F = \frac{\pi d(1 - \alpha^2)}{4} = \frac{3.14 * 0.0684^2(1 - 0.29^2)}{4} = 3.4 * 10^{-3} \text{м}^2$$

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{12800}{6.25 * 10^{-5}} = 204 \text{ МПа}.$$

де W_p – полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi d(1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3.14 * 0.0684^3(1 - 0.26^4)}{16} = 6.25 * 10^{-5} \text{м}^3$$

Максимальний прогин шнека під дією власної ваги дорівнює

$$\Delta = \frac{\rho g A L^4}{8 E J_x} = \frac{\rho g \pi D^2}{32 E J_x} L^4 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) = \frac{7710 * 9.81 * 3.14 * 0.09^2}{32 * 2.09 * 10^{11} * 3.22 * 10^{-6}} * 2.7^4$$
$$= 0.00047 \text{м} = 0.47 \text{мм}$$

де E – модуль пружності першого роду матеріалу шнека;

J_x – осьовий момент інерції поперечного перерізу шнека:

$$J_x = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi 0.09^4}{64} = 3.22 * 10^{-6} \text{м}^4$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності, згідно з:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 * \tau^2} = \sqrt{8.23^2 + 4 * 204^2} = 408 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується, оскільки $\sigma_{\text{екв}} = 408 \text{ МПа} < [\sigma] = 665 \text{ МПа}$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} > [n]$$

Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА для якої $\sigma_t = 665\text{МПа}$.

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай $[n]=1,6...2,5$.

$$n = \frac{665}{408} = 1.6$$

Аналітичним шляхом умова міцності виконується. Тепер виконаємо у програмі. Для цього виберемо ANSYS, в якому зручно виконати обрахунки на напруження та деформації.

5.2.2 Розрахунки черв'яка в ANSYS

- 1) В програмі ANSYS буде важко побудувати шнек діаметром 90мм та довжиною 2700мм, тому скористаємося програмою AutoCad.



Рисунок 4.3 – 3D модель черв'яка розроблена в програмі AutoCad

- 2) В ANSYS вибираємо Static Structural та вибираємо Engineering Data , в якій вибираємо матеріал - сталь 38Х2МЮА (рис. 4.4).

Properties of Outline Row 3: 38X2MЮA				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7710	kg m^-3	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
5	Coefficient of Thermal Expansion	1,15E-05	C^-1	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's Modu...		
8	Young's Modulus	2,09E+11	Pa	
9	Poisson's Ratio	0,3		
10	Bulk Modulus	1,7417E+11	Pa	
11	Shear Modulus	8,0385E+10	Pa	
12	Strain-Life Parameters			
13	Display Curve Type	Strain-Life		
14	Strength Coefficient	6,65E+08	Pa	
15	Strength Exponent	-0,106		
16	Ductility Coefficient	0,213		
17	Ductility Exponent	-0,47		
18	Cyclic Strength Coefficient	1E+09	Pa	
19	Cyclic Strain Hardening Exponent	0,2		
20	S-N Curve	Tabular		
24	Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa	
25	Compressive Yield Strength	2,5E+08	Pa	
26	Tensile Ultimate Strength	4,6E+08	Pa	
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa	

Рисунок 4.4 – Характеристики сталі 38Х2МЮА

- 3) Експортуємо в Geometry 3D модель черв'яка із AutoCad.

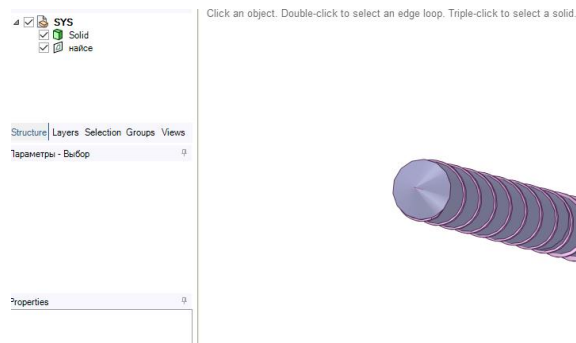


Рисунок 4.5 – 3D модель черв'яка після експорту в ANSYS

- 4) Заходимо в **Model** та створюємо скінченно-елементну сітку черв'яка. (рис. 4.6).

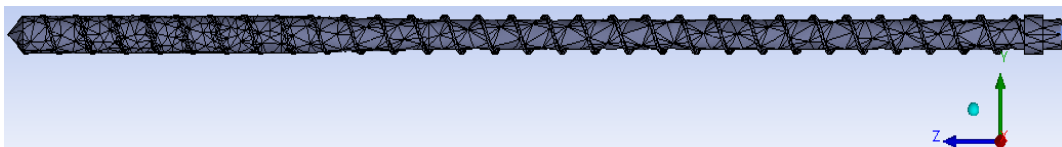


Рисунок 4.6 – Скінченно-елементна сітка черв'яка

- 5) У даній машині на черв'як виникають наступні зусилля – осьова сила по осі z, крутний момент по осі z, сила тяжіння по y та кінець шнека закріплюється у підшипниковий вузол – покажемо це в **Static Structural (A5)**. (рис. 4.7).

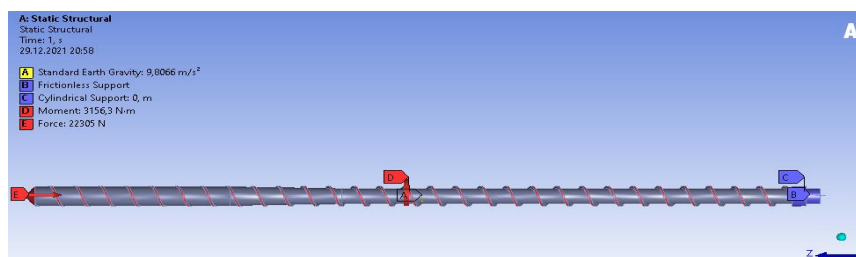


Рисунок 4.7 – Схема навантаження черв'яка

- 6) В **Solution (A6)** додаємо **Total Deformation** та **Equivalent Stress** та за допомогою Solve запускаємо програму та отримуємо наступні розрахунки:

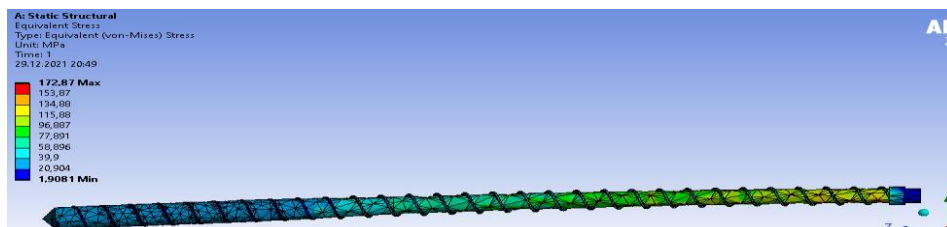


Рисунок 4.8 – Еквівалентні напруження, що виникають під навантаженням, що діє на черв'як під час його експлуатації

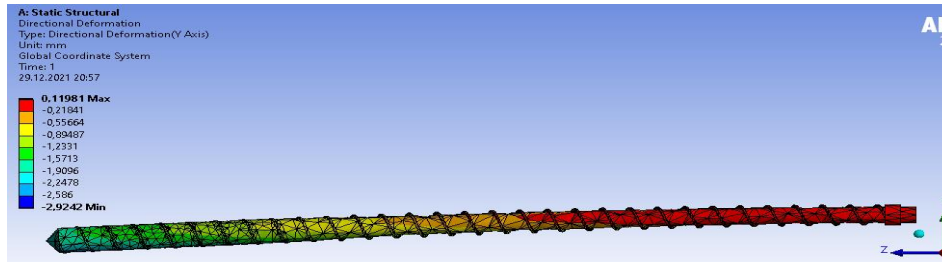


Рисунок 4.9 – Деформації по осі у, що виникають під час експлуатації черв'яка

Було виконано розрахунки в програмі ANSYS за крутного моменту $M_{кр}=3156,3$ Н·м та осьової сили $F_{ос}=22234$ Н та всіх обмежень руху черв'яка при звичайному русі при роботі і отримали, що $\sigma_{max} = 173$ МПа $< [\sigma] = 665$ МПа та виникають малі деформації, які дорівнюють 0,12 мм. При зменшенні сітки і збільшенні елементів розрахунки стануть ще менші.

5.2.3 Розрахунок черв'яка на стійкість

Оскільки черв'як витримує загальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість[16]

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})_d \sigma_a + \psi_{\sigma} \sigma_c} = \frac{0.4 * 1300}{6.6 * 56 + 0.25 * 0} = 1.41$$

де n_{σ} – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження;

σ_{-1} – допустиме напруження під час циклічного навантаження; $\sigma_{-1}=0,4\sigma_B$;

σ_a – амплітуда змінювання напружень:

$$\sigma_a = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{1753.25}{3.13 * 10^{-5}} = 56 \text{ МПа};$$

σ_{max} – найбільше напруження від дії згинального моменту;

σ_c – середнє напруження циклу; $\sigma_c=0$, оскільки цикл симетричний;

ψ_{σ} – коефіцієнт, що залежить від виду матеріалу, для сталей при $\sigma_B=1200...1400$ МПа; $\psi_{\sigma}=0,25$;

$(k_{\sigma})_d$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти із формули:

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\sigma}}{\beta * \epsilon} = \frac{2}{1 * 0.3} = 6.6$$

де k_{σ} – коефіцієнт концентрації напружень, для цього випадку $k_{\sigma}=1,9...2$;

β – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі; для полірованої поверхні

черв'яка $\beta=1$;

ε – коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі; для деталей з легированих сталей за наявності концентрації напружень $\varepsilon=0,3$.

Таким чином, черв'як є витривалим.

5.3 Тепловий розрахунок

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

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, N, кВт	75;
Продуктивність поліетилену, G, м кг/с	0,028;
Початкова температура матеріалу, T _П , К,	293;
Кінцева температура матеріалу, T, К	453;
Температура поверхні кожуха, T, кож К	318;
Температура повітря, T, В К	293;
Ширина теплообмінної поверхні, B, м	0,23;
Довжина теплообмінної поверхні, L, м	1,382;
К.к.д. приводу преса, η_1	0,6;
К.к.д. електродвигуна, η_2	0,9.

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q1} = G_M * C_M(T_{\text{кож}} - T_1) + Q_{\text{впр}},$$

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

$$Q_N = 860N\eta_1\eta_2 = 860 * 75 * 0,6 * 0,9 = 71996 \text{ кДж/год} = 19,99 \text{ кДж/с},$$

$Q_{\text{втр}}$ – втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = (129,4 + 54,3) * 10^3 = 51,03 \text{ Дж/с},$$

де Q_K – втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K F(T_{\text{кож}} - T_B) = 3,84 * 0,318 * (318 - 293) = 129240 \text{ Дж / год} = 35,9 \text{ Дж / с},$$

де F – теплообмінна поверхня екструдера:

$$F = BL = 0,23 * 1,382 = 0,318 \text{ м}^2$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{втр}} = 4,9EF\left(\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right) =$$

$$= 4,9 \cdot 0,6 \cdot 0,318^2 \cdot \left(\left(\frac{306,5}{100}\right)^4 - \left(\frac{293}{100}\right)^4\right) = 54,3 \cdot 10^3 \text{ Дж / год} = 15,08 \text{ Дж / с};$$

де E – ступінь чорноти матеріалу кожуха;

T_1 – абсолютна температура кожуха, С;

T_2 – абсолютна температура оточуючого середовища, С;

α_K – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище:

$$\alpha_K = \frac{Nu \lambda_M}{H} = \frac{38,22 \cdot 0,0023}{0,23} = 14,3 \cdot 10^3 \text{ Дж / (м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°С)},$$

де Nu – критерій Нуссельта,

λ_M – коефіцієнт теплопровідності при середній температурі.

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C(Gr Pr)_m^n = 0,54 \cdot (25,09 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 38,22,$$

де Gr – критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta B^3 g \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,23^3 \cdot 9,8 \cdot 10^{12}}{16,48^2} \cdot (318 - 293) = 35,85 \cdot 10^6.$$

Розрахункова температура:

$$T_P = \frac{T_{\text{кож}} + T_B}{2} = \frac{318 + 293}{2} = 305,5 \text{ К}.$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

$\lambda_M = 9,6$ – коефіцієнт теплопровідності, Дж/(м · год · °С);

$\nu_M = 16,48 \cdot 10^{-6}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м² /с ;

$Pr = 0,3$ – критерій Прандтля.

Добуток $Gr \cdot Pr$: $Gr Pr = (35,85 \cdot 10^6 \cdot 0,3) = 10,755 \cdot 10^6$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Q_1} = G_M C_M (T_{\text{кож}} - T_{\text{П}}) + Q_{\text{втр}} - Q_N =$$

$$= (100 \cdot 2,3 \cdot (453 - 293) + 183,7 - 71996) \cdot 10^3 = 36179 \text{ кДж / год}$$

Отже, для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 2

індукційних нагрівників.

6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ

6.1 Монтаж та експлуатація екструдера

Монтаж є ключовим етапом в життєвому циклі будь-якої технічної системи, і редуктор екструдера не є винятком. У цьому розділі детально розглядається технологія складання редуктора, включаючи специфікацію, блок-схему та операційну карту. Ми також докладно розглянемо процес монтажу машини на фундамент, включаючи креслення та операційну карту.

Першочерговим етапом в монтажі є складання редуктора. Цей процес вимагає високого рівня прецизії та відповідності до специфікацій. У цьому розділі будуть розглянуті кроки та технічні аспекти, які важливі для ефективного та надійного функціонування редуктора.

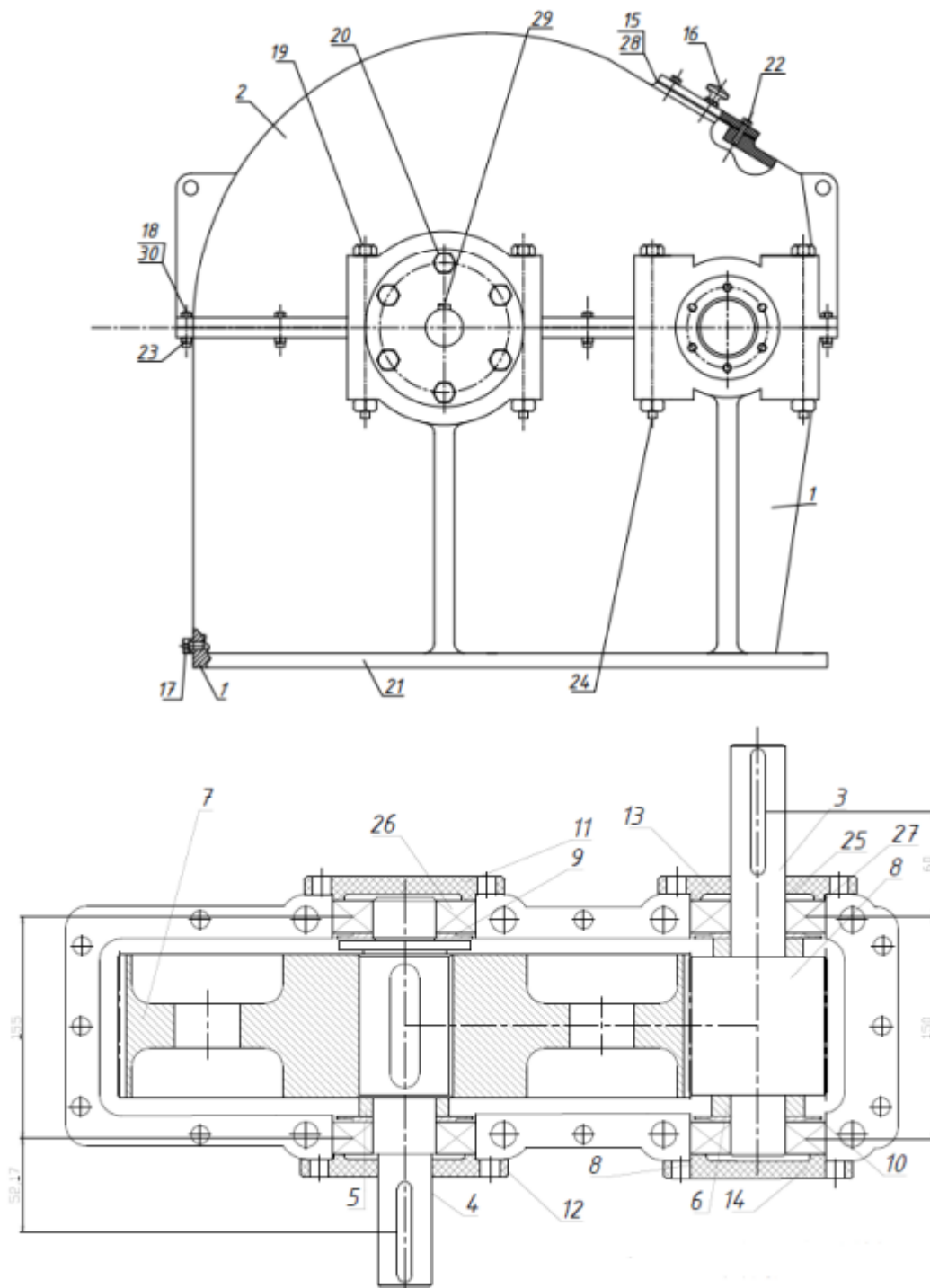
Для досягнення оптимальної продуктивності редуктора, важливо мати чітку специфікацію. В цьому розділі будуть розглянуті параметри та технічні характеристики, які визначають функціональні можливості редуктора.

Для зрозуміння робочих процесів редуктора буде використана блок-схема та операційна карта. Ці інструменти нададуть глибокий інсайт у послідовність операцій та взаємодію компонентів системи.

Етап монтажу на фундамент є вирішальним для забезпечення стабільності та надійності роботи обладнання. Розділ буде включати креслення та операційну карту, які допоможуть в здійсненні коректного та безпечного монтажу.

Особливу увагу буде приділено важливому аспекту обслуговування - змащенню екструдера. Розділ включає схему та таблицю, що визначає оптимальні параметри та регулярність змащення для забезпечення тривалої та ефективної роботи обладнання.

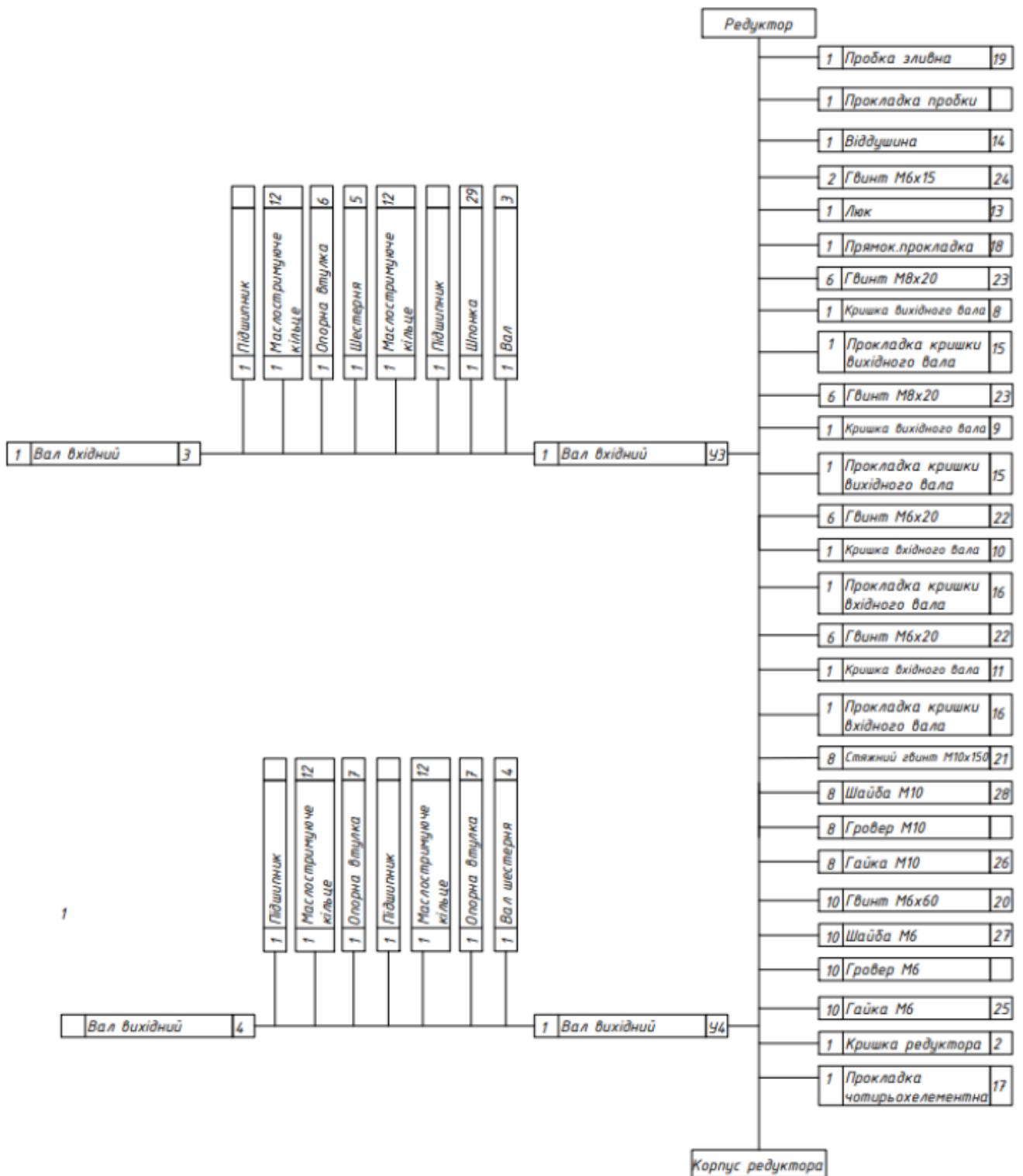
6.1.1 Технологія складання редуктора



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Замітки
				<u>Документація</u>		
A3				Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Корпус редуктора	1	
		2		Кришка редуктора	1	
		3		Вал вхідний	1	
		4		Вал вихідний	1	
		5		Зубчасте колесо	1	
		6		Втулка	1	
		7		Втулка	1	
		8		Кришка глуха	1	
		9		Кришка з отвором	1	
		10		Кришка глуха	1	
		11		Кришка з отвором	1	
		12		Масловідбійне кільце	2	
		13		Оглядовий люк	1	
		14		Отдушина	1	
		15		Прокладка вихідного	2	
				валу		
		16		Прокладка вхідного валу	2	
		17		Прокладка чотирьох-	1	
				елементна		
		18		Прокладка оглядового	1	
				люку		
		19		Пробка зливна	1	
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Северенчук				Літ	Аркуш
Перев.						Аркушів
Керів.	Борщик С.					1
Н.конт						2
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
				<u>Стандартні вироби</u>		
		20		Гвинт М6х60	10	
				ГОСТ 7798-70		
		21		Гвинт М10х150	8	
				ГОСТ 7798-70		
		22		Гвинт М6х20	12	
				ГОСТ 7798-70		
		23		Гвинт М8х20	12	
				ГОСТ 7798-70		
		24		Гвинт М6х15	2	
				ГОСТ 7798-70		
		25		Гайка М6х60	10	
				ГОСТ 5915-70		
		26		Гайка М10х150	8	
				ГОСТ 5915-70		
		27		Шайба М6х60	10	
				ГОСТ 6402-70		
		28		Шайба М10х150	8	
				ГОСТ 5915-70		
		29		Шпонка	1	
				ГОСТ 23360-78		
						Арк
						2
Зм	Арк	№ докум.	Підпи	Дата		

6.1.2 Блок-схема складання редуктора



Інд. №	Підпис і дата	Взам. інв.	Інв. № дубл.	Підпис і дата						
НТУУ "КІП"		Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт								
№	№ част	№ опер	Найменування операції							
			Обладнання (найменування, модель)							
Монтаж редуктора										
Назва	Зміст переходу		Технологічний режим	Кіл.	Пристосування Інструмент	T ₀				
1	Напресовуємо вал вхідний: підшипник, масловідбійне кільце, вал шестерні, дві опорні втулки		Прокладка	1						
			4-х елементна							
			Прокладка	1						
			огл. люку							
			Пробка	1						
			зливна							
			Гвинт М6х60	10						
			Гвинт М10х150	8						
			Гвинт М6х20	12						
			Гвинт М8х20	12						
			Гвинт М6х15	2						
			Гайка М6х60	10						
			Розроб.	Северенчук Д.		Арк.				
			Перевір.	Борщук С.О.		2				
						Арк.				
						1				
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Вим	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Н.контр.

[illegible]

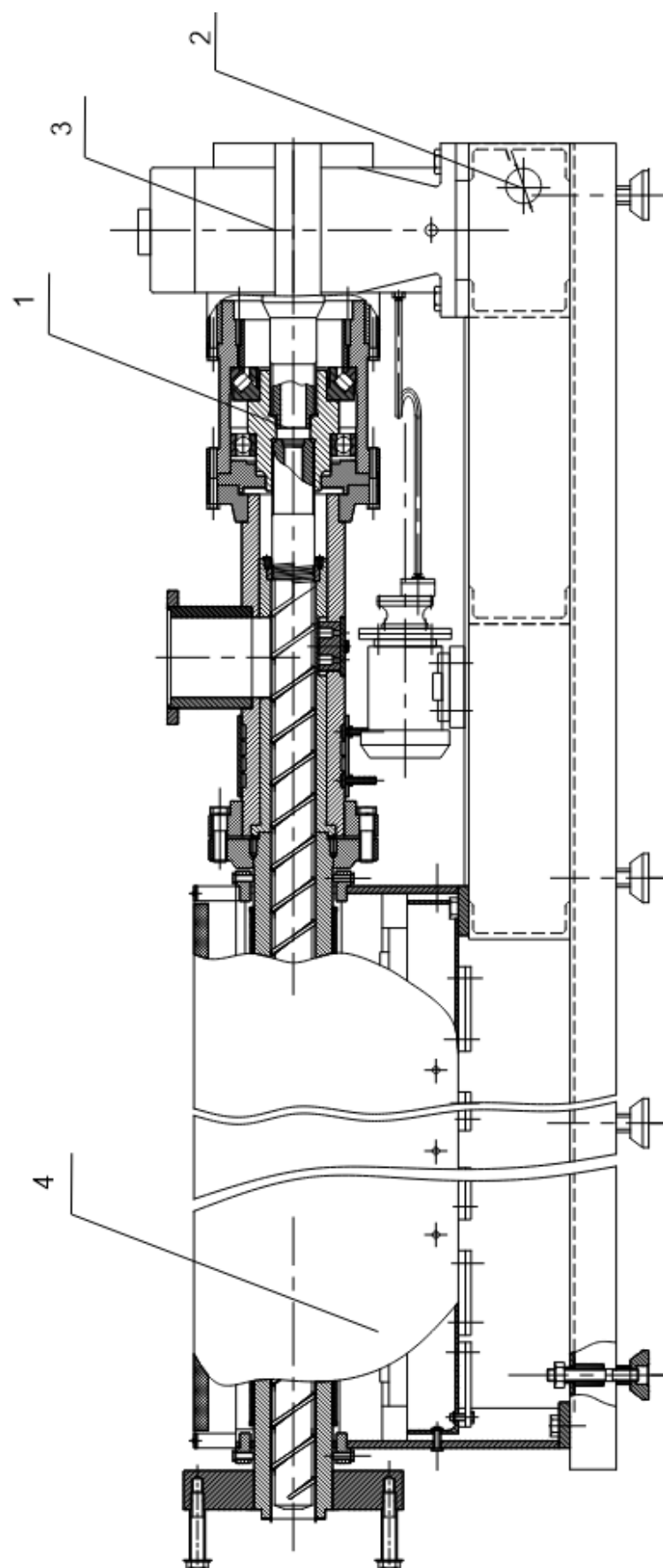
6.1.3 Монтаж машини на фундаменті

Інд. №	Підпис і дата	Взам. інв.	Інв. № дубл.	Підпис і дата																																												
НТУУ "КП"		Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт																																														
№	№	Найменування операції		Обладнання (найменування, модель)																																												
		Монтаж екструдера																																														
№	№	Зміст переходу		Технологічний режим																																												
1	1	Застопорити, підняти станину 1 екструдера, встановити фундаментні болти 2 у відповідні отвори станити, надіти шайби 3.		Станина 1																																												
		Нагвинтити гайки 3, станину 1 опустити за місцем монтажу		Болт 2																																												
		Встановити редуктор 4 на станину. Зафіксувати.		Гайка 3																																												
		Встановити вузол упорного підшипника на станині. Зафіксувати		Редуктор 4																																												
		Встановити вузол упорного підшипника на станині. Зафіксувати		Вузол під. 5																																												
		Застопорити, підняти корпус 6, встановити на станині. Зафіксувати		Корпус 6																																												
		Застопорити, підняти кожух 7, встановити кожух навколо корпусу		Кожух 7																																												
		Підняти та встановити бункер 8 в корпус.		Бункер 8																																												
		Встановити черв'як 9 всередину корпусу		Черв'як 9																																												
		Підняти та встановити бак 10 в корпус.		Бак 10																																												
		Розмістити нагрівники 11 у зоні обробки сировини		Нагрівник 11																																												
		Застопорити, підняти шкаф ел.уп. 12 і встановити за місцем. Зафіксувати		Шкаф 12																																												
<table border="1"> <tr> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ док.</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td>Підпис</td> <td>№ док.</td> <td>Арк.</td> <td>Розроб.</td> <td>Северенчук Д.П.</td> <td>Арк.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Перевір.</td> <td>Борщук С.О.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Арк.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>					Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Підпис	№ док.	Арк.	Розроб.	Северенчук Д.П.	Арк.									Перевір.	Борщук С.О.	5											Арк.									Н.контр.		1
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Підпис	№ док.	Арк.	Розроб.	Северенчук Д.П.	Арк.																																						
								Перевір.	Борщук С.О.	5																																						
										Арк.																																						
								Н.контр.		1																																						

[illegible]

Інд. №	Підпис і дата	Взам. інв.	Інв. № дубл.	Підпис і дата										
Карта ескізів														
					Номер операції 2, 3, 4, 5									
Зм.	Арк.	№ док.м	Підпис	Дата	Вим	Арк.	№ док.м	Підпис	Дата	Н.контр.		Розроб.	Северенчук Д.П.	
												Перевір.	Борщак С.О.	
											4			

6.1.4 Схема змащення екструдера



6.1.5 Таблиця змащення екструдера

№ позиції	Найменування і позначення змащувального вузла	Найменування змащувального матеріалу	Кількість точок змащування	Спосіб нанесення мастила	Періодичність
1	Вузол опірною підшипника	Мастило ТАП-15 ГОСТ 23652-79	3	До місць змащування мастило потрапляє по системі вимушеного змащування від насосу	Зміну мастил проводити один раз на 6 місяців.
2	Підшипник електродвигуна	Згідно з інструкції заводу виробника			
3	Редуктор	Солідол М та мастило індустріальне 30 ГОСТ 20799-75	4	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 місяців
4	Підшипник електродвигуна вентилятора	Згідно з інструкції заводу виробник			

6.2 Автоматизація екструдера для виготовлення плівки

6.2.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення плівки

Виробництво плівки методом екструзії є одним із найбільш поширених способів її виготовлення. Цей метод дозволяє отримувати плівку різної товщини, ширини та довжини, а також з різними властивостями.

Технологічний процес виготовлення плівки методом екструзії складається з наступних етапів:

1. Підготовка сировини. Сировиною для виробництва плівки є різні пластифікатори, наприклад, поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид та ін. Сировина подрібнюється до порошкоподібного стану та змішується з іншими компонентами, наприклад, барвниками або наповнювачами.
2. Екструзія. Екструзія - це процес продавлювання розплавленої сировини через формуючу головку, яка визначає форму та розміри плівки.
3. Охолодження. Плівка, що виходить з формуючої головки, охолоджується за допомогою повітря або води.
4. Намотування. Охолоджена плівка намотується на барабан.

Автоматизація екструдера для виготовлення плівки дозволяє підвищити ефективність виробництва та якість продукції. Автоматизація може бути пов'язана з наступними процесами[17]:

1. Підготовка сировини. Автоматизація процесу підготовки сировини дозволяє забезпечити точне дозування та змішування компонентів.
2. Екструзія. Автоматизація процесу екструзії дозволяє контролювати такі параметри, як температура, тиск та швидкість потоку розплавленої сировини.
3. Охолодження. Автоматизація процесу охолодження дозволяє контролювати температуру та швидкість охолодження плівки.
4. Намотування. Автоматизація процесу намотування дозволяє забезпечити рівномірний намотування плівки на барабан.

6.2.2 Автоматичне регулювання технологічного процесу

Автоматичне регулювання технологічного процесу є важливою складовою автоматизації екструдера для виготовлення плівки. Воно дозволяє підтримувати параметри процесу в заданих межах, що сприяє підвищенню ефективності виробництва та якості продукції.

Автоматичне регулювання технологічного процесу може здійснюватися за допомогою різних методів, таких як:

1. Підвищення чутливості датчиків
2. Використання більш точних контролерів
3. Застосування алгоритмів адаптивного регулювання

Автоматичне регулювання технологічного процесу може здійснюватися як в ручному, так і в автоматичному режимі. У ручному режимі оператор самостійно встановлює параметри регулювання. У автоматичному режимі параметри регулювання встановлюються автоматично, на основі алгоритмів регулювання.

Основні завдання автоматичного регулювання технологічного процесу:

1. Підтримка температури розплавленої сировини в заданих межах
2. Підтримка тиску розплавленої сировини в заданих межах
3. Підтримка швидкості потоку розплавленої сировини в заданих межах
4. Підтримка рівня розплавленої сировини в бункері в заданих межах

Переваги автоматичного регулювання технологічного процесу:

1. Підвищення ефективності виробництва
2. Покращення якості продукції
3. Збільшення безпеки праці
4. Зменшення екологічного впливу

Недоліки автоматичного регулювання технологічного процесу:

1. Висока вартість
2. Необхідність кваліфікованого персоналу
3. Необхідність резервного обладнання

На рисунку 6.1 зображено функціональну схему автоматизації екструдера для виготовлення рукавної плівки[18].

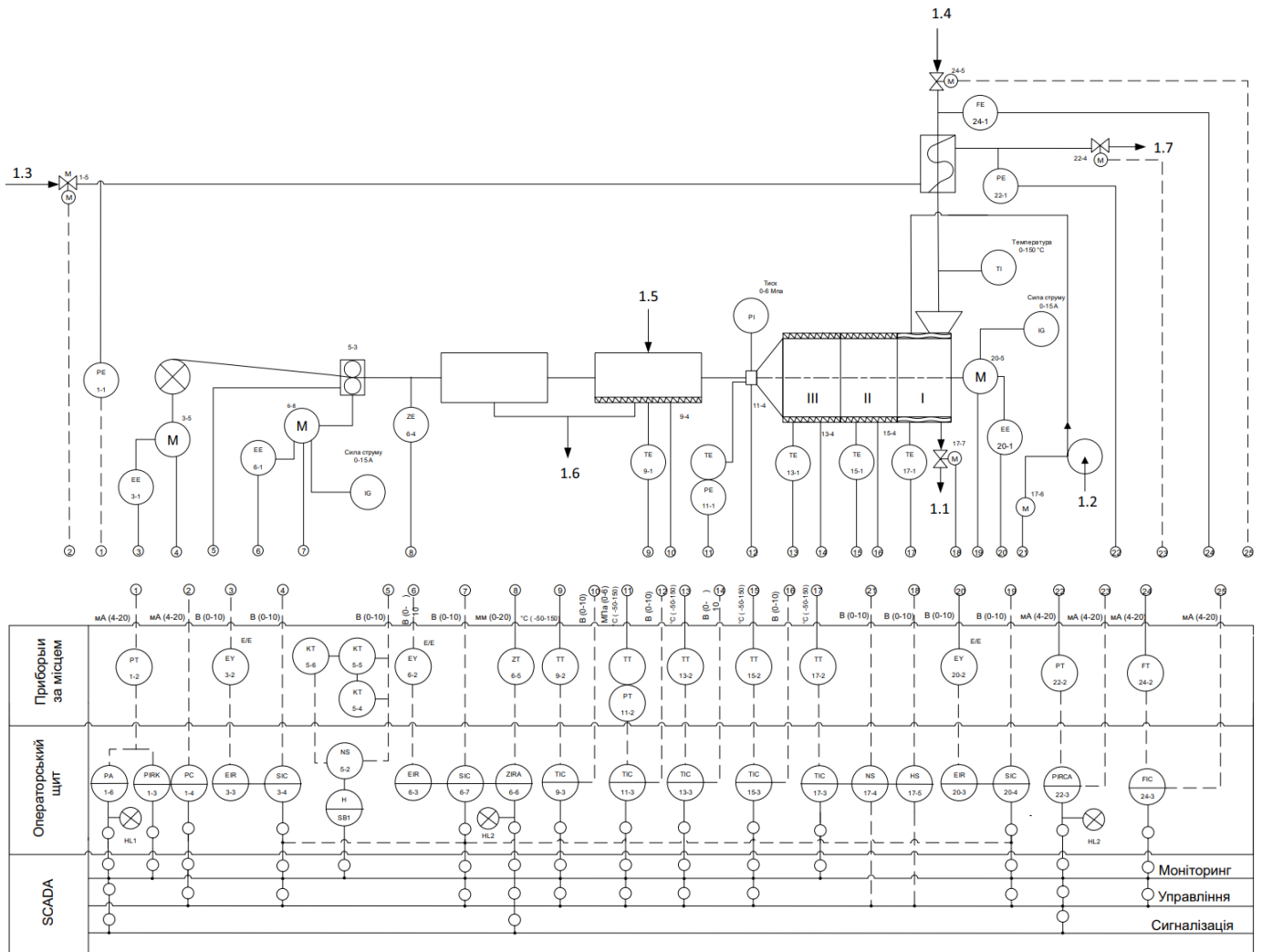


Рисунок 6.1 – Функціональна схема автоматизації екструдера для виготовлення рукавної плівки

Прилади за місцем призначені для безпосереднього контролю та регулювання параметрів технологічного процесу. До них відносяться[19]:

1. Термометри для вимірювання температури розплавленої сировини, охолоджувальної води або повітря.
2. Манометри для вимірювання тиску розплавленої сировини, повітря або води.
3. Швидкоміри для вимірювання швидкості потоку розплавленої сировини.
4. Контролери рівня для контролю рівня розплавленої сировини в бункері.
5. Пропорційні клапани для регулювання температури, тиску або швидкості потоку.

Термометри вимірюють температуру розплавленої сировини,

охолоджувальної води або повітря. Ці дані використовуються для контролю та регулювання температури екструдера.

Манометри вимірюють тиск розплавленої сировини, повітря або води. Ці дані використовуються для контролю та регулювання тиску екструдера.

Швидкоміри вимірюють швидкість потоку розплавленої сировини. Ці дані використовуються для контролю та регулювання швидкості потоку екструдера.

Контролери рівня контролюють рівень розплавленої сировини в бункері. Ці дані використовуються для запобігання переливу бункера.

Пропорційні клапани регулюють температуру, тиск або швидкість потоку. Ці клапани управляються сигналами від контролерів.

Операторський щит призначений для управління технологічним процесом та моніторингу параметрів. До нього відносяться:

1. Станційні пульти для управління окремими вузлами екструдера.
2. Центральна панель для загального управління процесом.
3. Дисплей для відображення параметрів процесу.
4. Клавіатура для введення команд.

Станційні пульти призначені для управління окремими вузлами екструдера, такими як бункер, екструдер, охолоджувач та намотувальний пристрій. Центральна панель дозволяє оператору здійснювати загальне управління процесом, наприклад, запуск, зупинку та зміну режимів роботи. Дисплей відображає параметри процесу в реальному часі. Клавіатура використовується для введення команд оператором.

Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) - система для моніторингу, управління та сигналізації. Scada дозволяє контролювати параметри технологічного процесу в режимі реального часу, а також отримувати та зберігати дані для аналізу.

Scada складається з наступних компонентів:

1. Сервер Scada - центральний компонент системи, який здійснює обробку даних та управління обладнанням.
2. Датчики - пристрої, які вимірюють параметри процесу.
3. Аналогові вхідні канали - канали, які приймають сигнали від датчиків.
4. Цифрові вхідні канали - канали, які приймають дискретні сигнали,

наприклад, від кнопок або перемикачів.

Аналогові вихідні канали - канали, які передають сигнали на виконавчі пристрої, наприклад, на пропорційні клапани.

Цифрові вихідні канали - канали, які передають дискретні сигнали на виконавчі пристрої, наприклад, на реле.

Датчики, встановлені на екструдері, передають сигнали на аналогові вхідні канали Scada. Аналогові вхідні канали перетворюють ці сигнали в цифрову форму. Цифрові сигнали з Scada передаються на аналогові вихідні канали операторського щита. Аналогові вихідні канали операторського щита управляють пропорційними клапанами.

Операторський щит дозволяє оператору вводити команди в Scada. Scada, у свою чергу, управляє пропорційними клапанами, щоб підтримувати параметри технологічного процесу в заданих межах.

Автоматизація екструдера для виготовлення плівки має ряд переваг, зокрема:

- Підвищення ефективності виробництва. Автоматизація дозволяє скоротити витрати часу та ресурсів, а також підвищити продуктивність.

Автоматизований екструдер може працювати безперервно, без необхідності постійного втручання оператора. Це дозволяє скоротити витрати часу та ресурсів, пов'язаних з ручним обслуговуванням. Крім того, автоматизація дозволяє контролювати параметри процесу більш точно, що сприяє підвищенню продуктивності.

- Покращення якості продукції. Автоматизація дозволяє забезпечити більш точний контроль параметрів процесу, що сприяє отриманню плівки з заданими властивостями.

Автоматизований екструдер може забезпечити більш точний контроль температури, тиску та швидкості потоку розплавленої сировини. Це дозволяє отримувати плівку з більш рівномірними властивостями, що підвищує її якість.

- Збільшення безпеки праці. Автоматизація дозволяє зменшити кількість ручної праці, що підвищує безпеку праці на виробництві.

Автоматизований екструдер може працювати без необхідності постійної присутності оператора. Це дозволяє зменшити ризик травмування оператора.

- Зменшення екологічного впливу. Автоматизація може сприяти зменшенню екологічного впливу виробництва.

Автоматизований екструдер може бути оснащений системами, які дозволяють зменшити споживання енергії та ресурсів. Крім того, автоматизація може сприяти підвищенню ефективності виробництва, що може привести до зменшення викидів в навколишнє середовище.

Автоматизація екструдера для виготовлення плівки має ряд недоліків, зокрема:

- Висока вартість. Автоматизація є досить дорогим проектом.

Автоматизація екструдера може вимагати значних інвестицій у обладнання та програмне забезпечення. Крім того, може знадобитися додатковий персонал для обслуговування автоматизованого обладнання.

- Необхідність кваліфікованого персоналу. Для обслуговування автоматизованого екструдера необхідний кваліфікований персонал.

Оператори автоматизованого екструдера повинні мати знання та навички в галузі автоматизації та управління технологічними процесами.

- Необхідність резервного обладнання. Автоматизований екструдер є складним обладнанням, яке може вийти з ладу.

Необхідно мати резервне обладнання, щоб забезпечити безперервність виробництва в разі виходу з ладу автоматизованого екструдера.

6.2.3 Основні параметри та їх характеристики для автоматизації процесу

Для автоматизації технологічного процесу виготовлення плівки необхідно контролювати та регулювати наступні параметри[20]:

1. Температура розплавленої сировини є одним з найважливіших параметрів, що впливає на якість плівки. Від температури розплавленої сировини залежить структура плівки, її міцність, прозорість, еластичність та інші властивості.

Нормальна температура розплавленої сировини для виготовлення плівки становить 180-220 °C. При більш низькій температурі плівка буде мати погану міцність і прозорість, при більш високій температурі - буде еластичною і легко рватися.

2. Тиск розплавленої сировини також впливає на якість плівки. При високому тиску плівка буде мати більш рівномірну структуру, при низькому тиску - буде більш пористої.

Нормальний тиск розплавленої сировини для виготовлення плівки становить 10-20 МПа.

3. Швидкість потоку розплавленої сировини впливає на ширину і товщину плівки. При високій швидкості потоку плівка буде мати більш вузьку і тонку, при низькій швидкості потоку - більш широку і товсту.

Нормальна швидкість потоку розплавленої сировини для виготовлення плівки становить 1-2 м/с.

4. Рівень розплавленої сировини в бункері впливає на безперебійність процесу екструзії. При низькому рівні сировини екструдер може зупинитися, при високому рівні - може статися перелив сировини.

Нормальний рівень розплавленої сировини в бункері для виготовлення плівки становить 70-80% від загального об'єму бункера.

Таблиця 6.1 – Параметри контролю та керування процесом

№ з/п	Найменування стадії процесу, місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації
1	Зона підготовки сировини	Температура розплавленої сировини	180-220 °С, допустиме відхилення ± 5 °С	Контроль, регулювання
2	Зона підготовки сировини	Вологість розплавленої сировини	0,5-1,5%, допустиме відхилення $\pm 0,2\%$	Контроль, регулювання
3	Зона екструзії	Температура розплавленої сировини	180-220 °С, допустиме відхилення ± 5 °С	Контроль, регулювання
4	Зона екструзії	Тиск розплавленої сировини	10-20 МПа, допустиме відхилення ± 2 МПа	Контроль, регулювання
5	Зона екструзії	Швидкість потоку розплавленої сировини	1-2 м/с, допустиме відхилення $\pm 0,5$ м/с	Контроль, регулювання
6	Зона екструзії	Швидкість обертання шнека	10-20 об/хв, допустиме відхилення ± 5 об/хв	Контроль, регулювання
7	Зона екструзії	Температура формувальної головки	180-220 °С, допустиме відхилення ± 5 °С	Контроль, регулювання
8	Зона екструзії	Ширина плівки	100-200 мм, допустиме відхилення ± 5 мм	Контроль

9	Зона екструзії	Товщина плівки	0,1-0,5 мм, допустиме відхилення $\pm 0,05$ мм	Контроль
10	Зона намотування	Ширина плівки	100-200 мм, допустиме відхилення ± 2 мм	Контроль
11	Зона намотування	Товщина плівки	0,1-0,5 мм, допустиме відхилення $\pm 0,02$ мм	Контроль
12	Зона намотування	Натяг плівки	0,5-1,5 Н/мм, допустиме відхилення $\pm 0,2$ Н/мм	Контроль
13	Зона намотування	Швидкість намотування	1-2 м/хв, допустиме відхилення $\pm 0,5$ м/хв	Контроль
14	Зона намотування	Температура плівки	20-40 °С, допустиме відхилення ± 5 °С	Контроль
15	Зона намотування	Вологість плівки	0,5-1,5%, допустиме відхилення $\pm 0,2\%$	Контроль
16	Зона намотування	Площа поверхні плівки	100-200 м ² /кг, допустиме відхилення ± 5 м ² /кг	Контроль
17	Зона намотування	Дефекти плівки	Не допускаються	Контроль, сигналізація
18	Зона намотування	Рівень плівки на барабані	20-30 мм, допустиме відхилення ± 5 мм	Контроль
19	Зона намотування	Кількість шарів плівки	1-2, допустиме відхилення $\pm 0,1$	Контроль
20	Зона намотування	Розмір бухти плівки	500-1000 мм, допустиме відхилення ± 25 мм	Контроль
21	Зона намотування	Вага бухти плівки	10-20 кг, допустиме відхилення ± 2 кг	Контроль
22	Зона намотування	Форма бухти плівки	Кругла, допустиме відхилення ± 5 мм	Контроль
23	Зона зберігання	Температура плівки	20-40 °С, допустиме відхилення ± 5 °С	Контроль
24	Зона зберігання	Вологість плівки	0,5-1,5%, допустиме відхилення $\pm 0,2\%$	Контроль
25	Зона зберігання	Площа поверхні плівки	100-200 м ² /кг, допустиме відхилення ± 5 м ² /кг	Контроль
26	Зона підготовки сировини	Рівень розплавленої сировини в бункері	< 50% або > 90%	Сигналізація
27	Зона екструзії	Рівень розплавленої сировини в бункері	< 50% або > 90%	Сигналізація
28	Зона намотування	Рівень плівки на барабані	< 10 мм або > 50 мм	Сигналізація

Автоматизація технологічного процесу виготовлення плівки є важливим фактором підвищення якості продукції, ефективності виробництва та безпеки праці.

Ретельно вибрані параметри регулювання, контролю та реєстрації, які відображені у таблиці 8.1, становлять основу для забезпечення ефективного та точного контролю над виробничими процесами. Встановлення номінальних значень параметрів та визначення діапазону можливих змін відображає необхідність точного відслідковування стану технологічного обладнання.

Впровадження автоматичного регулювання сприяє:

- Покращенню якості плівки, у тому числі зменшенню дефектів та поліпшенню її характеристик.
- Оптимізації витрат сировини та енергії, що в свою чергу допомагає підвищити загальну продуктивність підприємства.
- Зниженню ризику травматизму та аварій.

Автоматизація технологічного процесу виготовлення плівки є складним і багатогранним процесом, який вимагає ретельного планування та реалізації. Однак, впровадження автоматизованих систем управління дозволяє досягти значних економічних та технічних результатів.

6.3 Стартап – проєкт

У сучасному світі стартапи стали важливою складовою інноваційного розвитку та стійкого економічного зростання. Один із таких стартапів, який має великий потенціал у сфері виробництва плівки, називається "Плівка майбутнього". "Плівка майбутнього" - це проєкт з модернізації формуючої головки екструдера, спрямований на поєднання інноваційних підходів до виробництва плівки з прагненням до сталого розвитку та збереження довкілля.

У цьому розділі розглянуто всі аспекти проєкту "Плівка майбутнього", включаючи аналіз ринку, стратегію розвитку, конкурентну перевагу та маркетинговий план. Також розглянуто фактори, що впливають на

конкурентоспроможність цього проєкту та дослідимо його потенціал для задоволення потреб цільової аудиторії.

6.3.1 Опис ідеї стартап-проєкту

Наш стартап-проєкт орієнтований на два ключові ринки[21]:

Плівковий сектор: Ми плануємо співпрацювати з виробниками плівки для використання нашої технології у їхніх виробничих процесах.

Екологічний сектор: Ми плануємо співпрацювати з організаціями, що займаються захистом навколишнього середовища, для просування наших технологій.

Наша стратегія розвитку передбачає наступні кроки:

1. Проведення досліджень та тестів: Ми плануємо провести дослідження та тести для підтвердження ефективності нашої технології в умовах реального виробництва.
2. Залучення інвестицій: Ми плануємо залучити інвестиції для масштабування нашої технології.
3. Продаж ліцензій: Основною стратегією буде продаж ліцензій на використання нашої технології та надання консультацій для модернізації існуючих екструдерів.

Наш стартап-проєкт має потенціал для позитивного впливу на суспільство, оскільки він може допомогти:

1. Зменшити екологічний вплив виробництва плівки.
2. Зменшити викиди парникових газів.
3. Зменшити використання природних ресурсів.

Наш стартап-проєкт відповідає наступним Цілям сталого розвитку:

- Ціль №9. Індустріальна інновація та інфраструктура
- Ціль №12. Відповідальне споживання та виробництво

Наш стартап-проєкт має потенціал для того, щоб внести значний внесок у вирішення екологічних проблем, пов'язаних з виробництвом плівки. Ми прагнемо співпрацювати з різними стейкхолдерами для масштабування нашої технології та

досягнення позитивного впливу на суспільство.

У таблиці 6.2 наведено бізнес-план нашого стартапу [22]. Наша інноваційна технологія, яка використовується для виробництва плівки з використанням модернізованої формуючої головки, відображає широкі можливості застосування, як це показано у відповідних колонках таблиці. Наша технологія має за ціль звернутися до різних сегментів ринку, кожен з яких може отримати конкретні переваги від використання нашої продукції плівки.

Таблиця 6.2 – Бізнес-план стартапу

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Агрегат для виробництва плівки з модернізацією формуючої головки	1. Виробники плівки	Можливість виготовлення високоякісної плівки з удосконаленою формою та характеристиками, що відповідають потребам ринку.
	2. Експерти з екології та виробництва	Зменшення екологічного впливу через використання у виробництві більш екологічно чистих матеріалів або процесів.
	3. Виробники обладнання для виробництва плівки	Нові можливості для удосконалення їхнього обладнання та підвищення конкурентоспроможності на ринку завдяки впровадженню нових технологій виробництва.
	4. Дослідницькі та навчальні установи	Застосування новітніх технологій у навчанні та дослідженнях, що дозволить сприяти розвитку цієї галузі та формуванню нових стандартів виробництва плівки.

У представленій нижче таблиці 6.3 відображена оцінка техніко-економічних характеристик ідеї вашого проєкту у порівнянні з конкурентами. Оцінка була проведена з урахуванням екологічної чистоти, якості, ефективності, рівня інновацій та підтримки для замовників.

Таблиця 6.3 - Визначення характеристик ідеї проєкту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Екологічна чистота	S	N	W	N
2	Висока якість	S	S	S	S
3	Ефективність	S	W	S	N
4	Інновації	S	S	S	N
5	Підтримка для замовників	S	N	N	S

Примітка: * W (слабка сторона), N (нейтральна сторона), S (сильна сторона)

Висновки: Оцінка техніко-економічних характеристик показує, що проєкт, спрямований на виробництво плівки з модернізованою формуючою головкою, відзначається сильними сторонами у багатьох аспектах порівняно з конкурентами. Наша ідея проєкту має високу якість, ефективність та інноваційний потенціал. Крім того, вона надає значну підтримку для замовників. Однак є можливості для поліпшення екологічної чистоти, що може стати ключовим фактором у конкурентному середовищі.

6.3.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Аналіз ринкових можливостей є ключовим етапом у вивченні можливостей запуску стартап-проєкту [23]. Таблиця 6.4 наводить попередню характеристику потенційного ринку для проєкту, спрямованого на виробництво плівки з модернізованою формуючою головкою. Цей аналіз допомагає визначити ключові показники стану ринку та його характеристики для оцінки привабливості та можливостей для входу на цей ринок.

Таблиця 6.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартапу

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5-10 основних компаній, що виробляють плівку
2	Загальний обсяг продаж	Значний обсяг, оскільки плівка широко використовується в різних галузях, таких як упаковка, агропромисловість, медицина тощо
3	Динаміка ринку	Зростаючий попит на плівку через розвиток упаковувальної промисловості, стійкий попит в агропромисловості та інших секторах
4	Наявність обмежень для входу	Висока конкуренція та великі вимоги до технологій та якості продукції
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Суворі вимоги до якості, безпеки та стандартизації плівки для різних галузей застосування
6	Середня норма рентабельності по ринку, %	Висока норма рентабельності, приблизно 15-25% для виробництва плівки

Ці характеристики ринку свідчать про те, що це перспективний, але вимагаючий ринок, де інновації та якість грають важливу роль. Створення агрегату з модернізованою формуючою головкою може знайти своє місце в цьому сегменті,

проте важливо мати стратегію вдосконалення технологій та забезпечення високої якості продукції.

Розглядаючи аналіз потенційних клієнтів та їх вимог до продукту вашого стартапу, особливу увагу потрібно звернути на характеристики та потреби різних груп клієнтів.

Таблиця 6.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці потенційних цільових груп клієнти	Вимоги споживачі в до товару
1	Високоякісна плівка для упаковки продуктів	Виробники харчової продукції, фармацевтичних препаратів	Ретельність у виборі матеріалів для упаковки, вимоги до стійкості плівки до впливу зовнішніх факторів	Висока міцність, стійкість до вологи, екологічність
2	Агроплівка для зберігання та захисту врожаю	Сільськогосподарські підприємства, фермери	Вимоги до стійкості плівки до механічних пошкоджень, підвищеної стійкості до ультрафіолетового випромінювання	Висока міцність, захист від UV-променів, можливість переробки
3	Плівка для спеціалізованих медичних застосувань	Медичні установи, виробники медичного обладнання	Вимоги до стерильності, бар'єрних властивостей, безпеки для пацієнтів	Висока стерильність, бар'єрні властивості, сертифікація як медичного обладнання

Відмінності у потребах та вимогах різних груп споживачів вказують на необхідність розробки універсального продукту, який може задовольнити різноманітні потреби різних секторів ринку плівки. Зверніть увагу на те, що різні галузі мають різні пріоритети та вимоги до вашої плівки. Наприклад, для харчової промисловості може бути важливою стійкість до впливу зовнішніх факторів, у сільському господарстві - міцність, а у медицині - стерильність та безпека.

Успішний стартап у цій області буде тим, який зможе забезпечити продукт, що задовольняє всі ці вимоги різних груп споживачів, пропонуючи якісний, універсальний та ефективний продукт, що відповідає різноманітним потребам ринку плівки.

На основі аналізу конкуренції, а також із урахуванням характеристик ідеї проєкту (табл. 6.3) та вимог споживачів до товару (табл. 6.4) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності[24]. Аналіз оформлюється в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Якість продукту	Покращення якості плівки у порівнянні з конкурентами, забезпечення високої міцності, стійкості до впливу зовнішніх чинників, екологічності
2	Цінова конкурентоспроможність	Розробка ефективних виробничих процесів, що дозволяють знизити витрати на виробництво, при цьому зберігаючи високу якість
3	Інноваційність	Запровадження новітніх технологій у виробництві плівки, створення унікальних характеристик продукту
4	Гнучкість виробництва	Можливість виробництва різноманітних типів плівки з урахуванням вимог різних секторів
5	Маркетингова стратегія	Розробка ефективної маркетингової стратегії, яка відображає переваги продукту перед конкурентами та привертає увагу споживачів
6	Обслуговування клієнтів	Надання високоякісного післяпродажного обслуговування, вирішення проблем та питань споживачів швидко та ефективно
7	Лояльність клієнтів	Створення унікальної пропозиції, яка стимулює повторні покупки та збереження клієнтів

Ці фактори визначаються на основі потреб споживачів, інноваційності, ефективності виробництва та стратегічного планування, що визначають успішність стартапу на ринку плівки.

Таблиця 6.7 надає порівняльний аналіз сильних та слабких сторін продукту «Плівка майбутнього» порівняно з його конкурентами за ключовими факторами конкурентоспроможності, оціненими за 20-бальною шкалою. Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Плівка майбутнього визначено за трьома категоріями: від -3 до +3, відображаючи негативні, нейтральні та позитивні позиції[25].

Таблиця 6.7 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін Плівка майбутнього

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів –конкурентів						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Якість продукту	18		▼	—				
2	Цінова конкурентоспроможність	15			▼		—		
3	Інноваційність	19		▼	—				
4	Обслуговування клієнтів	16		—	▼				

Примітка: — - конкурент А, ▼ - конкурент В

Порівняльний аналіз показує, що обслуговування та підтримка є

найсильнішими сторонами продукту "Плівка майбутнього" у порівнянні з конкурентами, отримуючи високі бали в цих аспектах. Також, унікальність продукту та ефективна взаємодія з клієнтами також визначені як сильні сторони "Плівки майбутнього" порівняно з конкурентами. Це підкреслює значення інноваційних характеристик вашої плівки та активної співпраці з клієнтами у вирішенні їхніх потреб. Проте, щодо інших параметрів, таких як цінова конкурентоспроможність та доступність на ринку, "Плівка майбутнього" отримала більш середні оцінки. Це може вказувати на можливості для поліпшення в цих аспектах.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проєкту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 6.6) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, сильних та слабких сторін (табл. 6.8)[26].

Таблиця 6.8 – SWOT-аналіз Плівка майбутнього

СИЛЬНІ СТОРОНИ 1. Унікальні інноваційні характеристики продукту. 2. Висока якість та ефективність плівки у порівнянні з конкурентами. 3. Сильна підтримка клієнтів та обслуговування.	СЛАБКІ СТОРОНИ 1. Вища цінова категорія у порівнянні з аналогами. 2. Обмежена свідомість про продукт на ринку.
МОЖЛИВОСТІ 1. Збільшення свідомості через ефективну маркетингову кампанію. 2. Розширення асортименту за рахунок вдосконалення технологій.	ПРОБЛЕМИ 1. Необхідність оптимізації цінової політики для збільшення конкурентоспроможності. 2. Потреба у покращенні розповсюдження та доступності на ринку.

Сильні сторони: Продукт "Плівка майбутнього" володіє унікальними інноваційними характеристиками, високою якістю та ефективністю порівняно з конкурентами. Крім того, сильна підтримка клієнтів та обслуговування сприяють стабільності продукту на ринку.

Слабкі сторони: Проте існує проблема вищої цінової категорії у порівнянні з аналогами, а також обмежена свідомість про продукт на ринку, що може ускладнювати його продаж та популяризацію.

Можливості: Для підвищення конкурентоспроможності "Плівки майбутнього" важливо впроваджувати ефективні маркетингові кампанії для

збільшення свідомості про продукт серед цільової аудиторії. Розширення асортименту та вдосконалення технологій можуть також стати важливими для підвищення конкурентоспроможності.

Проблеми: Необхідно оптимізувати цінову політику для створення більш конкурентоздатної пропозиції на ринку. Також необхідно активніше працювати над розповсюдженням та підвищенням доступності продукту для широкого кола споживачів.

В цілому, SWOT-аналіз підкреслює потенціал і проблеми "Плівки майбутнього". Для підвищення успішності продукту на ринку варто враховувати сильні сторони, використовувати можливості для розвитку та активно працювати над усуненням слабкостей і проблем для досягнення більшої конкурентоспроможності.

6.3.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.9)[27].

Таблиця 6.9 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу у сегмент
1	Виробники плівки для упакування та будівництва	Висока	Великий	Висока	Середня
2	Екологічні організації та програми сталого розвитку	Висока	Середній	Середня	Складна
3	Архітектурні фірми та дизайнерські студії	Середня	Середній	Середня	Складна
4	Промислові компанії, спеціалізовані на виробництві екологічних матеріалів	Висока	Великий	Висока	Середня
5	Місцеві урядові структури та муніципалітети	Висока	Середній	Висока	Середня

Аналіз груп потенційних споживачів вказує на можливі цільові аудиторії

для "Плівки майбутнього" у рамках стратегії диференційованого маркетингу:

1. Виробники плівки для упакування та будівництва: Ця група має високий інтерес до екологічних матеріалів для виробництва. Продукт може знайти широке застосування в їхній діяльності, забезпечуючи конкурентні переваги.
2. Екологічні організації та програми сталого розвитку: Ця група може зацікавитися "Плівкою майбутнього" через відповідність екологічним стандартам та сприяння сталому розвитку.
3. Промислові компанії, спеціалізовані на виробництві екологічних матеріалів: Вони можуть бути зацікавлені в співпраці або використанні "Плівки майбутнього" у своїй продукції для створення більш сталого асортименту.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 6.10).

Таблиця 6.10 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	Виробництво високоякісної та екологічної плівки	Розвиток нових технологій виробництва, підвищення якості та екологічності плівки, створення унікальних характеристик, що відповідають вимогам ринку.	Унікальні інноваційні характеристики, екологічна спрямованість, висока якість продукту	Стратегія диференціації

Обрана стратегія диференціації є спрямованою на створення унікальних характеристик продукту, що відрізняють його від конкурентів на ринку. Ця стратегія передбачає підвищення якості, екологічних властивостей та інноваційних особливостей плівки, надавання додаткової цінності для споживачів. Головною метою є створення продукту, який привертає увагу цільових груп споживачів і викликає зацікавленість завдяки своїм особливостям і перевагам, що надають конкурентну перевагу на ринку.

6.3.4 Висновки

Можливість ринкової комерціалізації проєкту: Проєкт "Плівка майбутнього" має великий потенціал для ринкової комерціалізації через відповідність сучасним

екологічним та якісним стандартам. Особливість продукту у його унікальних технологіях виготовлення та екологічній спрямованості надає конкурентну перевагу на ринку.

Перспективи впровадження: Перспективи впровадження проєкту дуже обіцяючі. Споживачі та підприємства, спрямовані на стале розвиток та екологічно чисте виробництво, покажуть великий інтерес до продукту.

Обрана альтернатива ринкової реалізації: обрана стратегія диференціації як оптимальний підхід для ринкової реалізації "Плівки майбутнього". Це дозволить продукту вирізнитися на ринку через унікальність, екологічність та високу якість.

Доцільність подальшої імплементації проєкту: Подальша імплементація проєкту "Плівка майбутнього" є дуже доцільною через його великий потенціал для успішного введення на ринок, зокрема через відповідність сучасним екологічним вимогам та великий попит на подібні екологічно чисті продукти.

Враховуючи усі вищезазначені фактори, стартап-проєкт "Плівка майбутнього" має значні перспективи на успішну комерціалізацію на ринку. Його унікальність, спрямованість на екологічність та висока якість сприяють його конкурентоспроможності. Подальша імплементація проєкту є доцільною, оскільки він відповідає сучасним екологічним вимогам та виявляє великий попит серед споживачів та підприємств, що спрямовані на сталий розвиток та використання екологічних матеріалів.

6.4 Охорона праці й навколишнього середовища

Охорона праці та дотримання вимог щодо навколишнього середовища є невід'ємною частиною дослідження та виробництва на екструдері[28]. У цьому розділі розглянемо технічні та організаційні аспекти забезпечення безпеки праці та мінімізації впливу виробництва на навколишнє середовище.

6.4.1 Характеристика видів шкідливих виробничих факторів

Шкідливі виробничі фактори є важливим аспектом охорони праці при

експлуатації агрегата для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою. Оцінка та розуміння цих факторів необхідна для розробки ефективних заходів забезпечення безпеки праці та здоров'я працівників.

1. Фізичні фактори:

Температурні умови: Висока або низька температура повітря в робочому приміщенні може впливати на комфорт праці та здоров'я працівників.

Шум та вібрація: Елементи обладнання можуть генерувати шум та вібрацію, що може викликати стрес та впливати на слух і фізичний стан працівників.

2. Хімічні та біологічні фактори:

Викиди шкідливих речовин: Робочий процес може включати викиди різних хімічних сполук, які потребують контролю та надзору.

Ступінь наявності біологічних загроз: Якщо робоче середовище сприятливе для розвитку мікроорганізмів, це може впливати на здоров'я працівників.

3. Фактори ергономіки:

Некомфортна робоча поза: Довготривала робота в некомфортних позах може викликати м'язові та скелетні проблеми.

Підвищені фізичні навантаження: Піднімання важких предметів чи повторювані рухи можуть сприяти розвитку травм та захворювань.

4. Психофізіологічні фактори:

Ступінь стресу: Висока інтенсивність роботи або труднощі у вирішенні завдань можуть призводити до стресу та погіршення психічного стану.

Тривалість робочого дня: Довгий робочий день може впливати на фізичне та емоційне здоров'я працівників.

5. Фактори безпеки:

Можливість травм: Робочий процес може включати ризики травматичних ситуацій, пов'язаних з рухомими частинами устаткування.

Пожежна безпека: Висока температура та матеріали, використовувані в процесі, можуть викликати пожежі, що вимагає дотримання відповідних протипожежних заходів.

Загальна характеристика:

Шкідливі виробничі фактори включають фізичні, хімічні, біологічні та

психофізіологічні аспекти. Оцінка та контроль цих факторів є ключовими завданнями для забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час експлуатації агрегата для виробництва плівки. Належна увага до ергономічних та безпекових аспектів дозволить зменшити ризики та створити сприятливі умови для працівників.

6.4.2 Необхідні вимоги до виробничих процесів та устаткування

Забезпечення безпеки праці та навколишнього середовища на агрегаті для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою включає в себе визначення та впровадження конкретних вимог до виробничих процесів та устаткування. Це сприяє покращенню якості робочого середовища та зниженню ризиків для працівників[29].

1. Відповідність нормативам і стандартам:

Всі виробничі процеси та устаткування повинні строго відповідати чинним законодавчим вимогам, нормам безпеки праці, а також екологічним та технічним стандартам.

2. Регулярна перевірка та обслуговування:

Усе обладнання має піддаватися систематичній перевірці та технічному обслуговуванню для вчасного виявлення та усунення можливих несправностей та ризиків.

3. Безпека електропостачання:

Устаткування повинно бути обладнане системами захисту від короткого замикання та перевантаження. Робота з електроенергією повинна відбуватися відповідно до встановлених правил та інструкцій.

4. Системи вентиляції та очищення повітря:

Установки повинні бути оснащені ефективними системами вентиляції та очищення повітря для відведення шкідливих викидів та пилу, що утворюється під час процесу виробництва.

5. Засоби захисту працівників:

Процес має передбачати обов'язкове оснащення працівників необхідними

засобами індивідуального захисту, такими як захисний одяг, распіратори, окуляри тощо, для мінімізації ризиків контакту зі шкідливими речовинами та небезпеками.

6. Освітлення та сигналізація:

Робочі приміщення повинні бути належним чином освітлені, а системи сигналізації повинні бути ясними та легко розпізнаваними для ефективної комунікації та надзору.

7. Навчання та інструктаж:

Всі працівники повинні пройти навчання щодо правил безпеки праці та користування устаткуванням, зокрема щодо особливостей агрегата та формуючої головки.

8. Контроль навколишнього середовища:

Проведення систематичного моніторингу та контролю якості повітря, води та ґрунту довкола обладнання для виявлення можливих забруднень та викидів.

9. Аварійна готовність:

Розробка та впровадження планів дій у випадку аварій та надзвичайних ситуацій для швидкого реагування та мінімізації наслідків.

10. Використання екологічно безпечних матеріалів:

При модернізації та виготовленні устаткування важливо використовувати матеріали, які відповідають високим стандартам тепловіддачі, теплового опору та стійкості до корозії та зносу.

Зазначені вимоги визначаються з метою забезпечення ефективної та безпечної експлуатації агрегата для виробництва плівки та модернізованої формуючої головки. Їх дотримання є ключовим елементом забезпечення високого рівня охорони праці та збереження навколишнього середовища.

6.4.3 Необхідні вимоги та попередження при роботі з устаткуванням

Ефективна організація та безпечна експлуатація устаткування для виробництва плівки та модернізованої формуючої головки передбачає виконання конкретних вимог та дотримання попереджень. Нижче представлено основні аспекти, які слід враховувати при роботі з устаткуванням.

1. Знайомство та інструктаж:

Перед початком роботи кожен оператор повинен пройти знайомство з устаткуванням та отримати докладний інструктаж з його безпечного використання.

2. Вимоги до персоналу:

Робота з устаткуванням має здійснюватися лише кваліфікованим персоналом, який отримав необхідні навички та знання.

3. Особистий захист:

Кожен оператор повинен бути оснащений необхідними засобами індивідуального захисту: захисний одяг, респіратор, окуляри тощо, згідно із вимогами та рекомендаціями.

4. Перевірка перед використанням:

Перед початком роботи необхідно впевнитися в справності устаткування, виконати його візуальну та технічну перевірку.

5. Встановлення правильних параметрів:

Налаштування устаткування повинно відповідати вимогам конкретного виробничого процесу та матеріалів, які використовуються.

6. Запобігання перевантаження:

Уникайте перевантаження устаткування, дотримуючись встановлених норм та рекомендацій щодо його роботи.

7. Обслуговування та ремонт:

Проводити регулярне технічне обслуговування та ремонт устаткування відповідно до встановленого графіку та інструкцій.

8. Попередження про небезпеку:

Розмістіть чіткі та видимі знаки, які попереджають про потенційні небезпеки та вказують на необхідні заходи обережності.

9. Системи аварійного вимкнення:

Устаткування повинно бути оснащене надійними системами аварійного вимкнення для оперативної зупинки в разі виявлення неполадок або аварійних ситуацій.

10. Інструкції щодо утилізації:

Забезпечити належне видалення та утилізацію відпрацьованого обладнання з

урахуванням вимог екологічної безпеки.

Врахування цих вимог та дотримання попереджень є важливими етапами для забезпечення безпеки праці та оптимального використання устаткування для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою.

6.4.4 Повітря робочої зони

Забезпечення високої якості повітря в робочих зонах агрегату для виробництва плівки та модернізованої формуючої головки є важливим аспектом забезпечення безпеки праці та комфорту працівників. Нижче представлено ключові вимоги та заходи для підтримання оптимального стану повітря у робочих приміщеннях[30].

1. Вентиляційні системи:

Обов'язкове наявність ефективних вентиляційних систем, здатних забезпечити постійний обмін повітря в робочій зоні, що запобігає накопиченню шкідливих речовин та пилу.

2. Контроль температури та вологості:

Системи контролю та регулювання температури та вологості повітря, спрямовані на підтримання оптимальних умов для роботи працівників та процесів виробництва.

3. Фільтрація повітря:

Використання ефективних систем фільтрації повітря для усунення частинок пилу та інших забруднюючих речовин з робочого середовища.

4. Моніторинг складу повітря:

Проведення регулярного моніторингу складу повітря для виявлення шкідливих речовин та вчасного прийняття заходів у разі виявлення викидів.

5. Профілактика алергенів:

Вживання заходів для запобігання потенційно алергійним речовинам у робочому повітрі; надання необхідних засобів індивідуального захисту для працівників.

6. Захист від впливу шкідливих речовин:

Встановлення систем витяжки та захисних пристроїв, що мінімізують можливість заносу шкідливих речовин у робочі приміщення.

7. Інформаційна сигналізація:

Розміщення видимих інформаційних сигналів, що повідомляють працівників про якість повітря, рекомендовані заходи та необхідні заходи обережності.

8. Доступ до свіжого повітря:

Забезпечення доступу до свіжого зовнішнього повітря для працівників; використання систем вентиляції для постійного оновлення повітря у приміщенні.

9. Ізоляція від шкідливих викидів:

Встановлення ефективних бар'єрів для ізоляції робочих зон від можливих джерел викидів.

10. Технічні інновації:

Розгляд і впровадження сучасних технічних рішень та інновацій для підвищення якості повітря та оптимізації умов праці.

Забезпечення високої якості повітря в робочих зонах є необхідним елементом охорони праці та навколишнього середовища, що сприяє ефективній та безпечній експлуатації агрегату для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою.

6.4.5 Виробниче освітлення

Відповідне виробниче освітлення є важливим аспектом охорони праці та забезпечення комфорту працівників на обладнанні для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою. Нижче подано ключові вимоги та рекомендації з питань виробничого освітлення.

1. Інтенсивність світла:

Забезпечення достатньої інтенсивності світла у робочих зонах, що відповідає нормам безпеки та найкращим практикам освітлення.

2. Рівномірність освітлення:

Розподіл світла рівномірно по всій робочій поверхні для уникнення тіней та нерівномірності освітлення.

3. Уникнення блисків та відблисків:

Використання матеріалів та конструкцій, що мінімізують блиски та відблиски на робочих поверхнях, що сприяє збереженню зорового комфорту працівників.

4. Колірна температура світла:

Використання світлових джерел з оптимальною колірною температурою, що найбільше відповідає видам виробництва та дозволяє забезпечити кращу видимість та концентрацію.

5. Захист від блакитного світла:

Застосування технологій або фільтрів для зменшення впливу блакитного світла, що може впливати на зір працівників та їхнє фізичне самопочуття.

6. Аварійне освітлення:

Розміщення систем аварійного освітлення для забезпечення надійного освітлення в разі виникнення аварійних ситуацій або відключення основного джерела світла.

7. Регулювання освітлення:

Можливість регулювання інтенсивності та напрямку світла залежно від специфіки виробничого процесу та індивідуальних потреб працівників.

8. Запобігання ближньому освітленню:

Встановлення заходів для запобігання виникненню ближнього освітлення, яке може створювати дзеркальні відображення та негативно впливати на зір працівників.

9. Енергозбереження:

Використання енергоефективних систем освітлення та технологій для зменшення споживання електроенергії та впливу на навколишнє середовище.

10. Регулярна перевірка та обслуговування:

Проведення регулярної перевірки та обслуговування освітлювальних систем для підтримання їхньої ефективності та безпеки використання.

Застосування відповідного виробничого освітлення сприяє забезпеченню безпечних та ефективних умов праці на агрегаті для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою.

6.4.6 Електробезпека

Забезпечення електробезпеки є однією з найважливіших складових охорони праці на агрегаті для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою. Нижче подано ключові вимоги та заходи з електробезпеки, які слід дотримуватися для забезпечення безпечної експлуатації устаткування[31].

1. Відповідність нормам та стандартам:

Усе електрообладнання повинно відповідати чинним стандартам та нормативам безпеки. Перевірки та аудити щодо електробезпеки мають проводитися періодично.

2. Регулярна перевірка електроустаткування:

Проведення систематичних перевірок електроустаткування з метою виявлення та усунення можливих несправностей та виробничих ризиків.

3. Захист від короткого замикання:

Використання захисних пристроїв та вимикачів для запобігання короткому замиканню та перевантаженню електричних систем.

4. Заземлення:

Забезпечення належного заземлення електрообладнання для відведення струму у випадку аварійних ситуацій.

5. Ізоляція та екранування:

Застосування ізоляційних матеріалів та екранів для мінімізації ризиків виникнення електричних уражень та перешкодження впливу зовнішніх електричних полів.

6. Інструктаж працівників:

Надання працівникам інструктажу з правил безпечної роботи з електроустаткуванням, включаючи правила взаємодії з електричними приладами та засобами захисту.

7. Постійний моніторинг стану обладнання:

Впровадження систем постійного моніторингу за станом електрообладнання для оперативного виявлення та усунення несправностей.

8. Захист від статичної електрики:

Застосування засобів захисту для уникнення накопичення та розряду статичної електрики, особливо в умовах виробництва плівки, де може бути підвищений ризик.

9. Системи аварійного відключення:

Встановлення систем аварійного відключення електропостачання для оперативної реакції на надзвичайні ситуації.

10. Спеціалізовані навички та документація:

Забезпечення наявності спеціалізованих навичок у працівників, що обслуговують електроустаткування, та належної документації з електробезпеки.

Ефективне виконання цих заходів сприятиме запобіганню аваріям та забезпечить безпечні умови роботи на агрегаті для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою.

6.4.7 Виробничий шум

Виробничий шум на агрегаті для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою може становити значний ризик для здоров'я працівників та навколишнього середовища. Дотримання вимог щодо контролю та зменшення рівня шуму є важливим аспектом охорони праці. Нижче наведено ключові аспекти, які варто враховувати при роботі з виробничим шумом:

1. Вимірювання та аналіз рівня шуму:

Регулярні вимірювання рівня шуму в різних ділянках агрегата для точного аналізу та виявлення джерел виробничого шуму.

2. Технічні заходи з контролю за шумом:

Використання технічних засобів, таких як звукоізоляція та амортизація, для зменшення рівня шуму на джерелі його виникнення.

3. Вибір тихих технологій та обладнання:

Врахування рівня шуму під час вибору технологій та устаткування для агрегата.

4. Оптимізація робочих процесів:

Проведення аналізу робочих процесів для виявлення можливостей їх оптимізації з метою зменшення шумового навантаження.

5. Захист працівників від шуму:

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту від шуму, такими як навушники чи беруші, у випадках, коли неможливо забезпечити достатній рівень безпеки іншими методами.

6. Організація робочих місць:

Розташування робочих місць та обладнання таким чином, щоб зменшити вплив шуму на працівників.

7. Моніторинг здоров'я працівників:

Проведення регулярних медичних обстежень працівників для виявлення можливих негативних впливів виробничого шуму на їхнє здоров'я.

8. Навчання та інформування:

Навчання працівників правилам безпеки в умовах підвищеного шумового фону та надання їм інформації щодо можливих ризиків та заходів зменшення шуму.

9. Відповідність нормативам:

Дотримання всіх встановлених нормативів щодо максимально допустимого рівня шуму на виробництві.

10. Постійний моніторинг та апгрейд систем зменшення шуму:

Впровадження систем постійного моніторингу та постійне оновлення технічних рішень для максимально ефективного контролю за рівнем виробничого шуму.

Ефективна система контролю та зменшення виробничого шуму сприятиме створенню безпечного та комфортного робочого середовища на агрегаті для виробництва плівки.

6.4.8 Небезпека впливу частин установки, що рухаються й обертаються

Робота з агрегатом для виробництва плівки, оснащеним модернізованою формуючою головкою, пов'язана із значним ризиком через рухливі та обертаючі частини устаткування. На врахування цього аспекту необхідно звернути особливу

увагу, дотримуючись наступних принципів техніки безпеки:

1. Зони безпеки:

Визначення та маркування зон, де можливий вплив рухливих частин. Робочі місця повинні бути відокремлені від цих зон, а доступ до них обмежений.

2. Захист від контакту:

Застосування захисних огорожень та кожухів для запобігання можливості фізичного контакту працівників з рухливими частинами.

3. Ефективна сигналізація та освітлення:

Встановлення сигнальних систем та належного освітлення для попередження працівників про небезпеку та вказівки безпечних зон.

4. Автоматичні системи безпеки:

Впровадження автоматичних систем, що вимикають рух частин установки у випадку виявлення небезпеки або порушення умов безпеки.

5. Ізоляція робочих зон:

Забезпечення можливості ізоляції робочих зон для виконання технічного обслуговування чи ремонту без впливу рухливих частин.

6. Обов'язкова інструктаж та навчання:

Проведення обов'язкового інструктажу та навчання працівників щодо правил та процедур безпеки при роботі з рухливими частинами установки.

7. Постійний моніторинг та аудит безпеки:

Проведення регулярних моніторингів та аудитів, спрямованих на перевірку ефективності заходів безпеки та вчасне виявлення можливих відхилень.

8. Запобіжні заходи для екстрених ситуацій:

Розроблення та впровадження планів дій у випадку аварій, які максимально мінімізують можливі ризики та забезпечують швидку реакцію на екстрені ситуації.

9. Системи відключення у випадку аварій:

Встановлення систем автоматичного відключення устаткування при виявленні аномалій чи порушень у роботі.

10. Технічне наглядове обладнання:

Використання технічних систем, які слідкують за станом рухливих частин та надають тривогу у випадку виявлення проблем.

Врахування та дотримання цих принципів сприятимуть зменшенню ризику впливу рухливих частин установки та забезпечать безпеку працівників на агрегаті для виробництва плівки.

6.4.9 Пожежна безпека

Пожежна безпека є ключовим аспектом в організації робочого процесу на агрегаті для виробництва плівки із модернізованою формуючою головкою. Застосування необхідних вимог та заходів забезпечить ефективний контроль над можливими загрозами та мінімізацію ризику пожежі. Нижче наведено ключові аспекти пожежної безпеки:

1. Вогнегасники та пожежні виходи:

Розташування вогнегасників у стратегічних точках, забезпечення доступу до них та встановлення чітких знаків для ідентифікації. Визначення та обладнання пожежних виходів для швидкого та безпечного евакуйовання.

2. Системи пожежної сигналізації:

Встановлення сучасних систем сигналізації, що реагують на дим, тепло та інші пожежні загрози, та автоматично сповіщають рятувальні служби у випадку виявлення небезпеки.

3. Огородження вогнебезпечних зон:

Установлення захисних бар'єрів та огорожень для обмеження доступу до місць із підвищеним ризиком виникнення пожежі.

4. Системи автоматичного гасіння:

Використання автоматичних систем гасіння, які відповідають вимогам безпеки та швидко реагують на загрозу пожежі.

5. Ізоляція вогнебезпечних матеріалів:

Забезпечення належної ізоляції та укладання вогнезахисних матеріалів для обмеження можливого поширення вогню.

6. Плани евакуації та тренування:

Розроблення планів евакуації, проведення навчань і тренувань для персоналу з використанням безпечних шляхів виходу у випадку пожежі.

7. Регулярні пожежні інспекції:

Проведення регулярних інспекцій, оглядів та аудитів для перевірки стану систем пожежної безпеки та виявлення можливих ризиків.

8. Спеціальне встаткування для гасіння пожежі:

Забезпечення наявністю спеціального вогнегасного обладнання, придатного для гасіння пожежі на обладнанні та матеріалах.

9. Видалення легкозаймистих речовин:

Зменшення використання та зберігання легкозаймистих речовин у робочому середовищі, де це можливо.

10. Контроль за режимами роботи обладнання:

Встановлення систем контролю за режимами роботи обладнання для уникнення перегріву та інших ситуацій, що можуть призвести до виникнення пожежі.

Запровадження та дотримання цих заходів пожежної безпеки допоможе уникнути чи мінімізувати наслідки пожеж та зберегти безпеку працівників та обладнання на агрегаті для виробництва плівки.

6.4.10 Висновки

Розділ "Охорона праці та навколишнього середовища" зосереджується на розгляді ключових аспектів безпеки праці та збереження екологічно чистого виробничого середовища на агрегаті для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою. Ретельне виконання необхідних вимог та рекомендацій дозволить досягти високого рівня безпеки працівників, забезпечити ефективність виробництва та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

1. Ретельний аналіз ризиків визначив ключові шкідливі фактори, які можуть впливати на безпеку праці та довкілля на агрегаті.
2. Встановлення стандартів та правил забезпечить відповідність процесів та устаткування нормативам безпеки та екології.
3. Розроблення конкретних заходів та рекомендацій сприятиме впровадженню безпечних робочих умов та збереженню навколишнього середовища.

4. Використання сучасних систем безпеки та контролю дозволить оперативно реагувати на потенційні загрози та уникати аварійних ситуацій.
5. Розгляд ключових аспектів пожежної безпеки визначив необхідні заходи для запобігання та контролю пожеж.

Впровадження заходів з охорони праці та навколишнього середовища на агрегаті для виробництва плівки є критичним для створення безпечних та стабільних виробничих умов. Дотримання вимог, впровадження сучасних технологій та постійний моніторинг дозволять досягти високого стандарту безпеки та забезпечити сталий розвиток виробництва.

7 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ГОЛОВКИ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

Поставленою метою є розробити програмне забезпечення для автоматизованого проектування головки червячного екструдера на основі параметризованого креслення.

До основних етапів роботи автоматизованого програмного забезпечення для проектування рукавної] головки червячного екструдера відносяться:

- 1) інтерактивне введення вихідних даних (параметрів, інформації) засобами багаторівневого віконного меню;
- 2) автоматизоване виконання креслення деталі головки в AutoCAD;
- 3) побудову на основі введених даних твердотільної моделі деталі типу SOLID;
- 4) запис проміжних і отриманих результатів у відповідні файли з можливістю їх подальшого використання для оцінки правильності вибору конструкції і редагування розмірів.

Базовою програмою для розробки автоматизованого проектування була використана система AutoCAD. Перевага була надана програмі яка має найбільшу розповсюдженість в інженерних розробках. Тому відповідно використовувалась мова яка вмонтована в програму AutoCAD, це функціональна мова AutoLISP та DCL[32]. За допомогою неї можливе створення програми користувача, яка дозволить прискорити процес розробки документації за рахунок використання інтерактивного режиму введення даних.

Результатом є розроблена багаторівнева віконна структура, призначена для багаторазового використання з оперативним введенням та корегуванням параметрів, та можливістю миттєво отримати креслення деталі або її твердотільну модель.

Вигляд основного діалогового вікна для введення інформації, що з'являється на екрані після запуску з її стандартними параметрами, приведене на рисунок 7.1

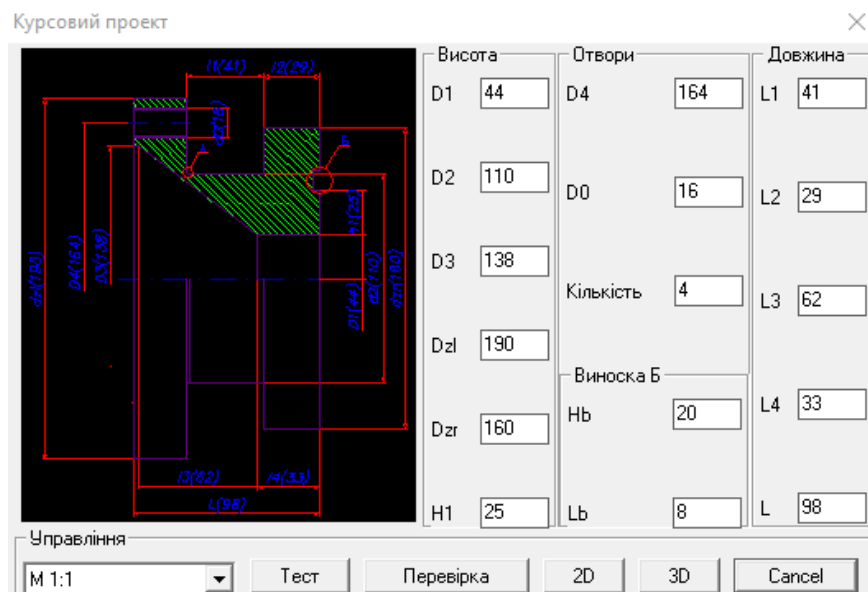


Рисунок 7.1 – Діалогове вікно введення інформації

7.1 Блок схема програми

Блок-схема програми приведена на рисунку 7.2. Вона складається з блоків:

1. Введення початкових даних
2. Виклик діалогового вікна
3. Рисунок рамки та вибір базової точки
4. Визначення упорних точок та виконання креслення / Виконання твердо тільної моделі
5. Простановка розмірів (2D) та запис результатів
6. Побудова виноски А та В(2D)
7. Зупинка

Упорні точки визначаються відносно базової і зав'язані з введеними раніше значеннями діаметрів лінійних розмірів радіусів і фасок, а також масштаба.

Отримане креслення є стандартним, і з ним можна працювати використовуючи будь-які команди AutoCAD.

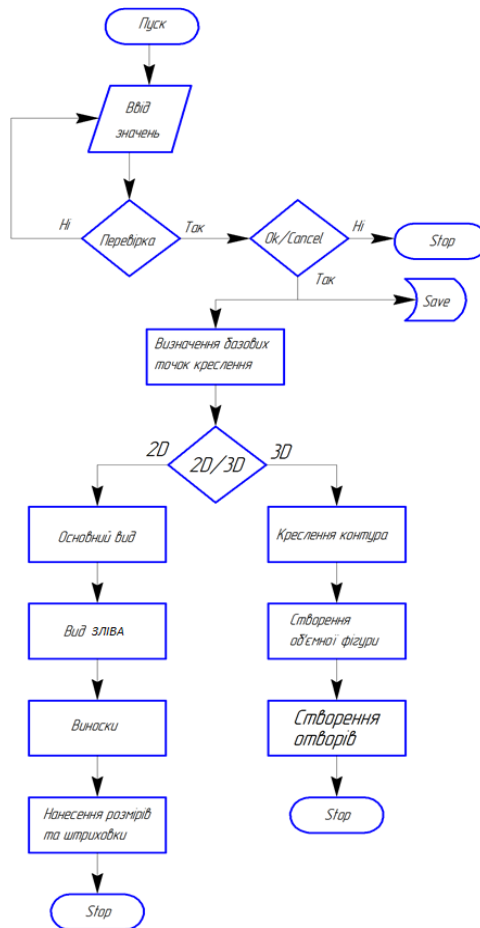


Рисунок 7.2 – Блок схема програми

7.2 Розрахункова схема

Розрахункова схема креслення для головки приведена на рисунку 7.3. Відповідно вказаних точок розроблена програма на функціональній мові AutoLISP, яка приведена в додатку 1. Базова точка розміщена на осі обертання.

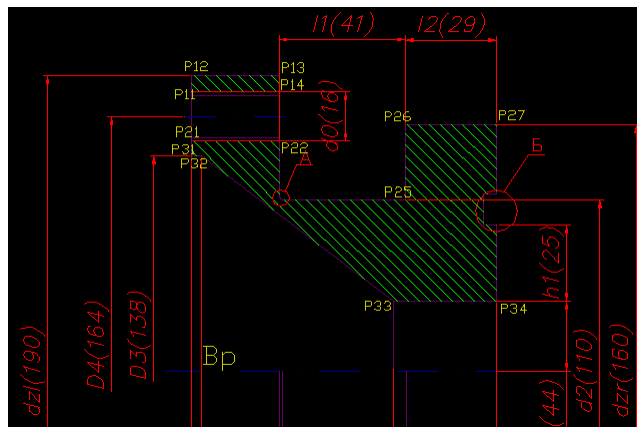


Рисунок 7.3 – Базові точки

7.3 Системні змінні

Основні ідентифікатори, що використовуються в програмі і їх зв'язок з параметрами, що вводяться, наведені в таблиці 7.1 та показані на рисунку 7.4.

Таблиця 7.1. – Системні змінні

Позначення у програмі	Умова виконання	Числові значення, мм
_D1	_D1<_D2	44.0
_D2	_D2<_D3	110.0
_D3	_D3<_D4	138.0
_D4	_D4<_Dzl	164.0
_Dzr	_Dzr<_Dzl	160.0
_Dzl	_Dzl>_Dzr	190.0
_D0	_D0>0	16.0
_H1	_H1>0	25.0
_L1	_L1>0	41.0
_L2	_L2>0	29.0
_L3	_L3>0	62.0
_L4	_L4>0	33.0
_L	_L>_L1+_L2	98.0
_ra	_ra>0	1.0
_Lb	_Lb>0	8.0
_Hb	_Hb>0	20.0
_otv	_otv>0	4.0

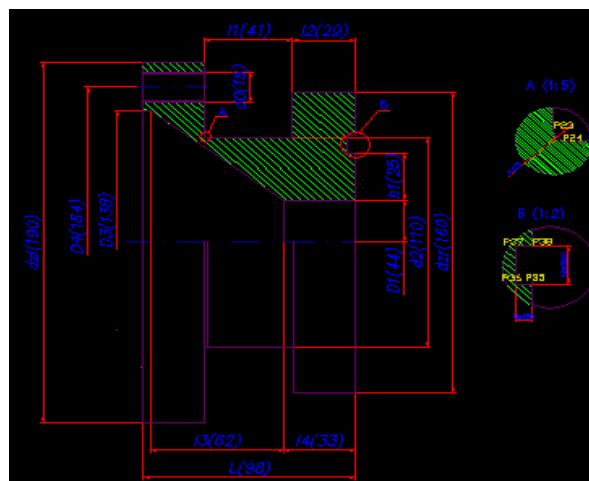


Рисунок 7.4 – Фізичний зміст змінних що використовуються у програмі

7.4. Опис роботи системи

Діалогове вікно складається з трьох основних блоків:

Ескіз деталі для полегшення вводу формальних параметрів.

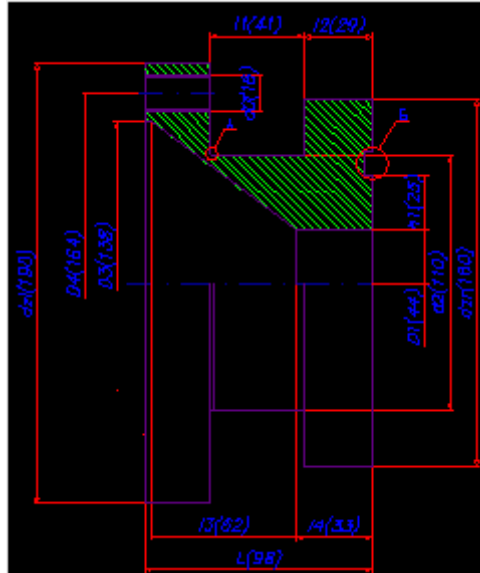


Рисунок 7.5 – Ескіз деталі

Поля в якому задаються розміри. Для зручності керування розміри розділено по групам: «Висота», «Отвори», «Виноска Б» та «Довжина (рисунок 7.6)

Висота		Отвори		Довжина	
D1	44	D4	164	L1	41
D2	110	D0	16	L2	29
D3	138	Кількість	4	L3	62
Dz1	190	Виноска Б		L4	33
Dz2	160	Hb	20	L	98
H1	25	Lb	8		

Рисунок 7.6 – Задання розмірів

«Управління» – містить клавіші виконання: «Тест», «Перевірка», «2D», «3D», «Cancel» і поле в якому задається масштаб креслення.

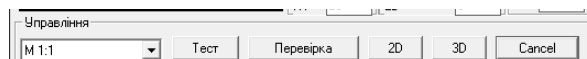


Рисунок 7.7 – Поле «Управління»

Для зміни одного з конструктивних параметрів головки необхідно виконати вибір одного з дійсних значень та ввести необхідне значення в відповідне діалогове вікно. Необхідні значення розмірів вносяться в вікна відповідно до ескіза деталі на екрані.

Поле клавiш виконання складається з наступних клавiш:

«Тест» повертає клавiші до записаних в Sev_PP7.lsp, для того, щоб можна було легко повернутись до побудови деталі за розмірами за завданням.

«Перевірка» виконується перевірка введених значень. Якщо системою помилок не виявлено з'являється відповідне повідомлення і кнопки «2D» і «3D» стають доступними для ініціалізації. При невірних значеннях виводиться повідомлення з зазначеною помилкою. Можуть виводитись наступні умови:

При отриманні вікна з текстом «Помилки при введенні даних не знайдені» розморожуються кнопки 2D та 3D.

«2D» виконується побудова креслення головки за вибраними розмірами в діалоговому вікні.

«3D» виконується побудова тривимірної моделі типу SOLID із заданими розмірами.

«Масштаб» включає в себе набір, що визначає масштаб креслення.

«Cancel» використовується для закриття діалогового вікна та виходу з програми.

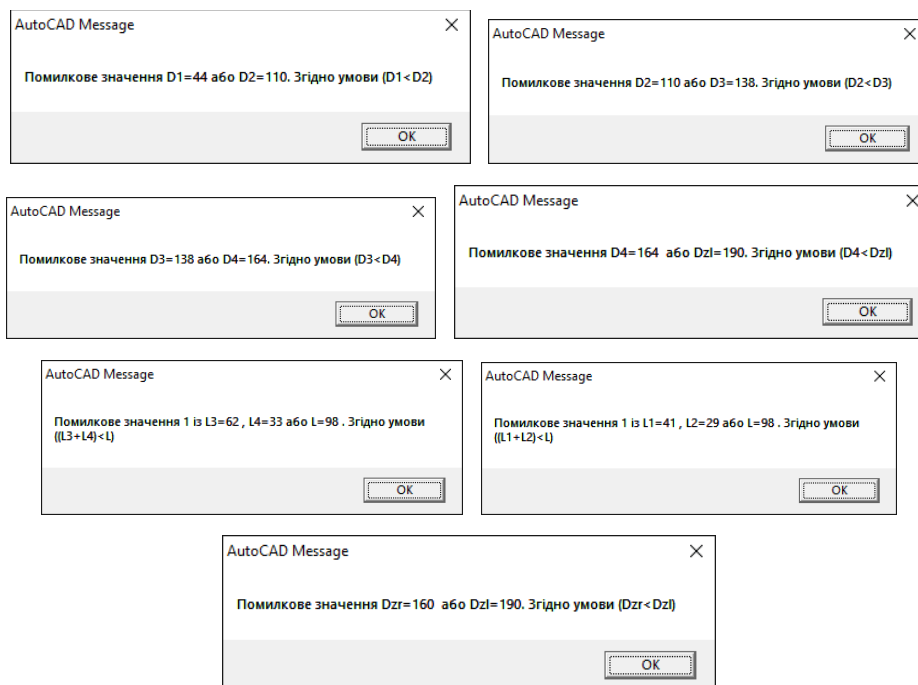


Рисунок 7.8 – Результати перевірки виконання програми

7.5 Тестування програми

7.5.1. Тестування розмірів по зміні довжини

Для перевірки тестування розробленої програми були проведені перевірки роботи програми при зміні довжини – $L1=10$, $L2=100$, $L3=20$, $L4=120$, $L=200$. Отримані результати приведені на рисунку 7.9[33].

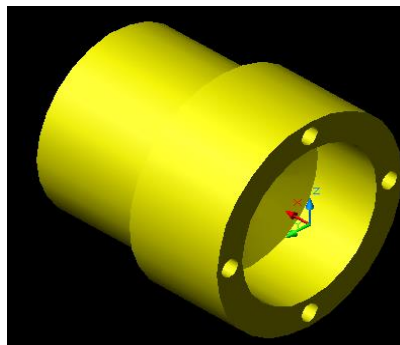
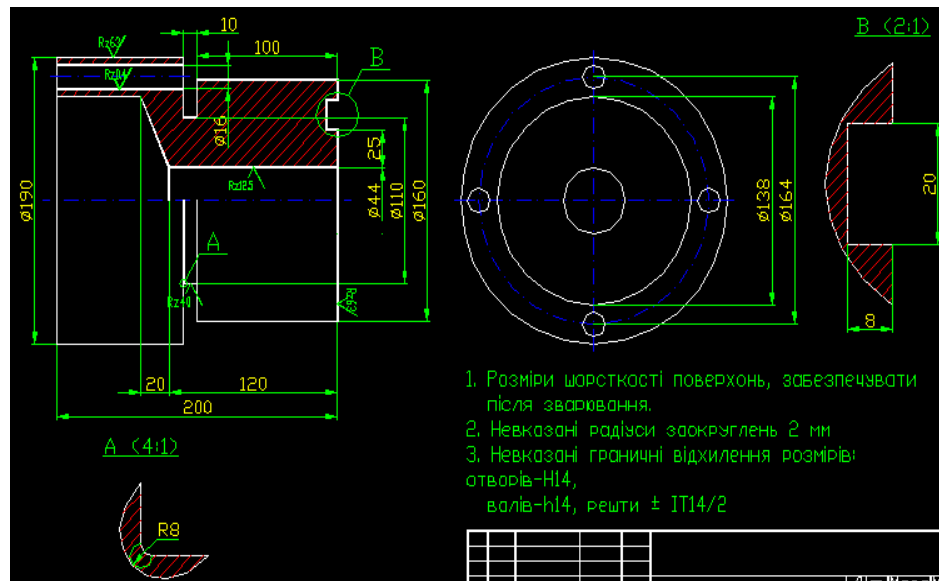


Рисунок 7.9 – Тестування по формальним параметрам на зміну довжини

7.5.2. Тестування розмірів по зміні діаметрів

Для перевірки тестування розробленої програми були проведені перевірки роботи програми при зміні діаметрів осі – $D1=10$, $D2=80$, $D3=100$, $Dz1=250$, $Dzr=200$, $H1=50$. Отримані результати приведені на рисунку 7.10.

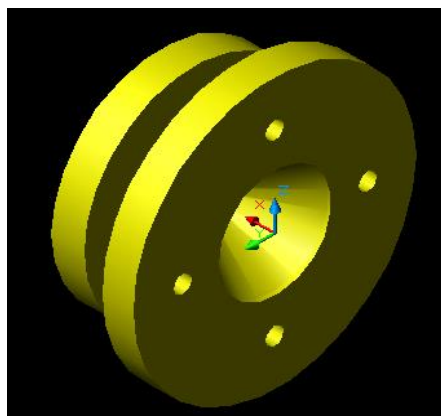
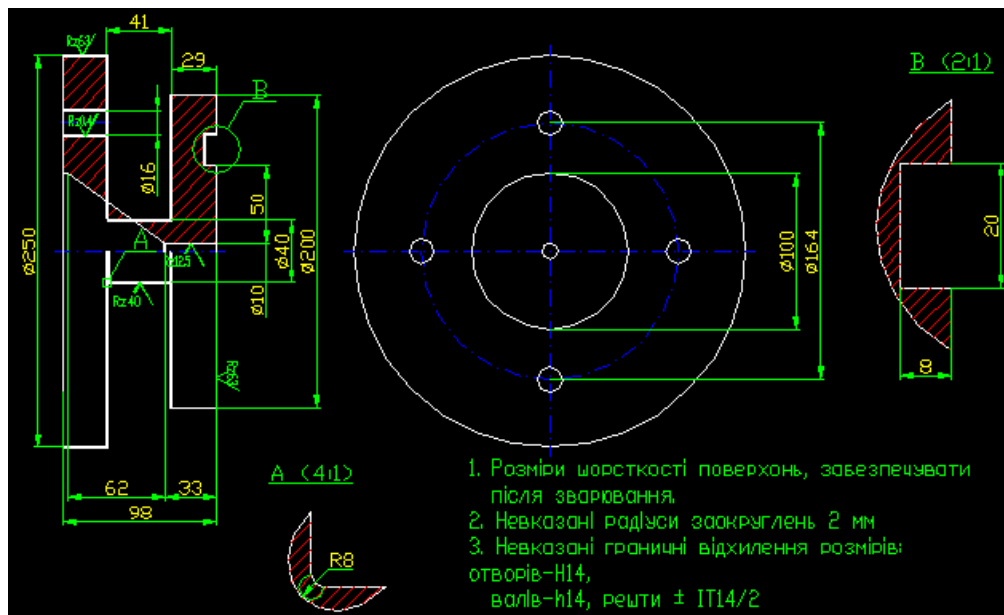
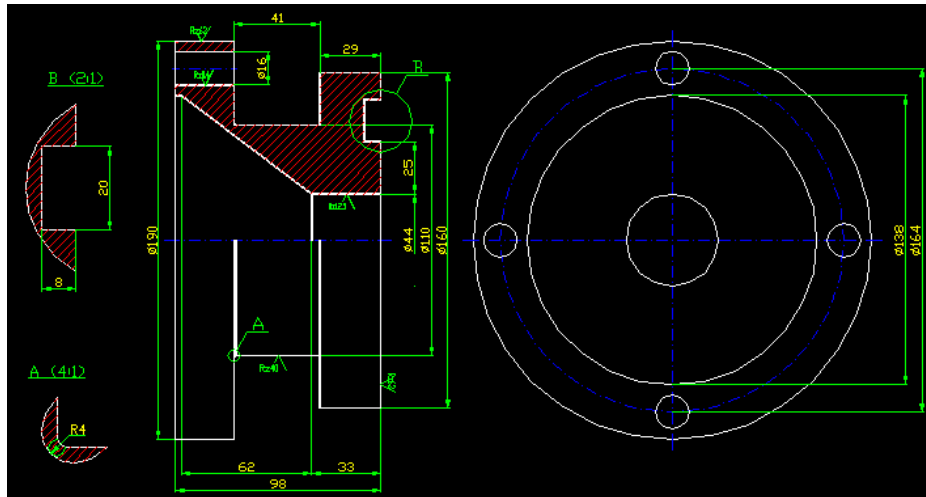


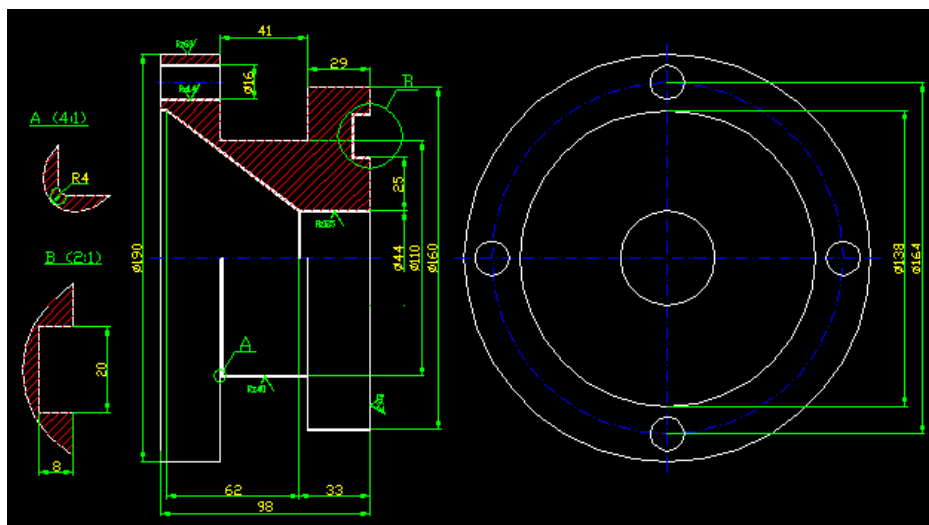
Рисунок 7.10 – Тестування по формальним параметрам на зміну діаметрів

7.5.3. Тестування розмірів по зміні отворів та діаметрів

Для перевірки тестування розробленої програми були проведені перевірки роботи програми при зміні масштабу креслення головки – $D1=10$, $D2=80$, $D3=100$, $Dz1=250$, $Dzr=200$, $H1=50$, $L1=10$, $L2=100$, $L3=20$, $L4=120$, $L=200$, $D4=140$, $D0=20$. Отримані результати приведені на рисунку 7.11.



а)



б)

Рисунок 7.12 – Тестування по формальним параметрам при зміні масштабу:
а – при масштабі 1:1, б – при масштабі 2:1

7.6 Результати використання програми

При виконанні креслення осі для головки червячного екструдера з базовими даними приведеними в таблиці 7.1 та використанні масштабу М1:5 отримаємо креслення приведенне на рисунку 7.13. Креслення виконується після перевірки введених даних кнопки «Перевірка» та виконання креслення – кнопка «2D».

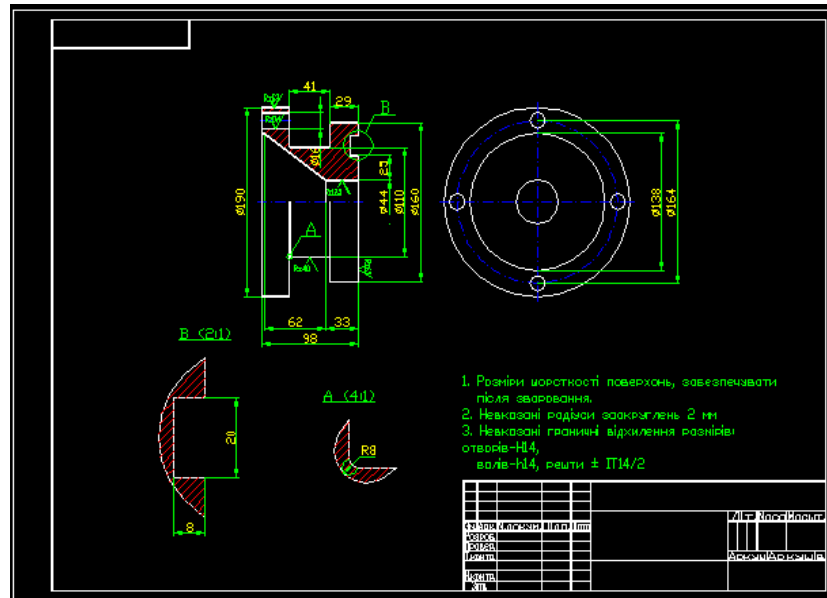


Рисунок 7.13 – Виконане креслення в 2D

Після ініціалізації кнопки «3D Модель» виконання твердотільного моделювання за даними введеними при заданні даних для креслення.

За точками геометрії (рисунок 7.3) визначається контур і будується твердотільна модель шляхом обертання контура на кут 360° (рисунок 7.14). Модель може бути побудована незалежно від креслення, оскільки має власний алгоритм розрахунку упорних точок. Проте є необхідним ввод даних в діалоговому окні.

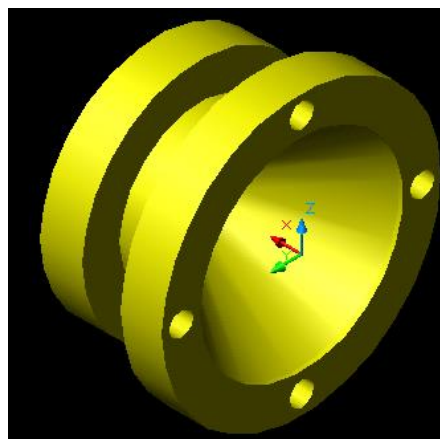


Рисунок 7.14 – Виконана деталь в 3D

Контур об'єкту будується за упорними точками з'єднаних полілінією. Після чого готовий контур обертаються навколо вісі утворюючи тіло обертання.

З порохованим кроком «сверляться» в деталі заготовки отвори.

8 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Цей розділ присвячено детальному аналізу очікуваних механіко-економічних показників в контексті модернізації агрегата для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою.

8.1 Прогнозування збільшення продуктивності

Введення нової формуючої головки має на меті підвищення продуктивності виробництва плівки. Проектується, що модернізований агрегат забезпечить:

1. Збільшення швидкості виробництва: Покращена формуюча головка дозволяє підвищити швидкість формування плівки без втрати якості.
2. Зниження часу зупинок для технічного обслуговування: Нова головка буде менше схильною до поломок, що зменшить необхідність частого обслуговування та ремонту.
3. Підвищення відсотку валового виробництва через зменшення браку: Вдосконалені технічні параметри головки сприятимуть отриманню продукції зі стабільними характеристиками, зменшуючи кількість бракованої продукції.

8.2 Зменшення витрат

Модернізація передбачає оптимізацію виробничих процесів та зниження витрат ресурсів. Аналізується ефект на:

1. Зниження енергоспоживання: Використання нових матеріалів у формуючій головці та оптимізація технологічних процесів дозволяють зменшити енерговитрати на виробництво плівки.
2. Оптимізація використання сировини: Вибір нових матеріалів та параметрів формування плівки спрямований на мінімізацію втрат сировини та забезпечення високої якості продукції.
3. Зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт: Модернізована головка, менш схильна до зносу та поломок, дозволяє зменшити витрати на технічне

обслуговування та ремонт обладнання.

8.3 Вартісні переваги

Очікується, що модернізація призведе до вартісних вигід за рахунок:

1. Підвищення конкурентоспроможності: Збільшення продуктивності та зменшення витрат дозволять підприємству пропонувати продукцію за більш конкурентоспроможними цінами.
2. Покращення репутації та облікових записів: Модернізований агрегат може підвищити репутацію компанії через вигідний вплив на якість та характеристики продукції.

8.4 Вартість інвестицій та планування окупності

В даному розділі проведено аналіз вартості інвестицій у контексті модернізації агрегата для виробництва плівки з модернізованою формуючою головкою. Також розглянуті аспекти планування окупності проекту.

Вартість інвестицій включає в себе різноманітні витрати, пов'язані з придбанням та впровадженням нової технології та обладнання. Загальні категорії витрат включають:

1. Придбання обладнання: Вартість нової формуючої головки та інших компонентів, необхідних для модернізації агрегата.
2. Технічне обслуговування та монтаж: Витрати на встановлення нового обладнання, його пусконаладження та технічне обслуговування.
3. Оперативні витрати: Заходи, пов'язані з організаційними аспектами впровадження нової технології.
4. Підготовка персоналу: Витрати на навчання персоналу роботі з новим обладнанням та технічними особливостями.
5. Резервні фонди: Фінансові резерви на випадок несподіваних ситуацій та додаткових витрат.

Оцінка окупності інвестицій є важливим етапом у розробці будь-якого

проекту. У випадку модернізації агрегата для виробництва плівки, планування окупності включає наступні етапи:

1. Розрахунок періоду окупності: Визначення часу, за який очікується, що валовий дохід від модернізованого агрегата компенсує вартість інвестицій.
2. Фінансовий прогноз: Розробка прогнозу прибутку, враховуючи зміни у виробництві та питомій вазі нової технології.
3. Аналіз ризиків: Врахування можливих ризиків, які можуть вплинути на окупність проекту, та розробка стратегій їх управління.
4. Дисконтовані грошові потоки: Використання методу дисконту для оцінки сучасної вартості майбутніх грошових потоків та визначення чистого сучасного значення (NPV).
5. Внутрішня норма повернення (IRR): Визначення внутрішньої норми повернення як частки, при якій NPV стає рівним нулю.

Розглянуто приклад вартості інвестицій та планування окупності для модернізації агрегата з новою формуючою головкою:

Придбання обладнання: \$500,000.

Технічне обслуговування та монтаж: \$100,000.

Оперативні витрати: \$50,000.

Підготовка персоналу: \$20,000.

Резервні фонди: \$30,000.

Загальна вартість інвестицій: \$700,000.

Прогнозований щорічний прибуток: \$200,000.

Період окупності: 3.5 роки.

NPV при 10% дисконті: \$50,000.

IRR: 15%.

Зазначений приклад показує, що модернізація агрегата для виробництва плівки може бути вигідною з економічної точки зору. Прибутковість проекту, його період окупності та дисконтовані грошові потоки вказують на потенційну ефективність модернізації.

8.5 Врахування ризиків

Механіко-економічний аналіз включає оцінку можливих ризиків та розробку стратегій їх зменшення:

Технічні ризики: Пов'язані з можливими неполадками чи несправностями нового обладнання.

1. Невдача нового обладнання: Може виникнути ситуація, коли нова формуюча головка не працює так, як очікувалося.
2. Технічні збої: Можливість виникнення технічних проблем та збоїв у роботі агрегата.

Економічні ризики: Пов'язані з можливими змінами на ринку та вартістю енергоресурсів.

1. Зміни вартості матеріалів: Підвищення вартості сировини або матеріалів може вплинути на економічні показники проекту.
2. Зміни валютних курсів: Зміни курсів можуть вплинути на вартість імпортованих компонентів.

Організаційні ризики:

1. Недостатність кваліфікації персоналу: Необхідно враховувати можливі проблеми з використанням нового обладнання через недостатність кваліфікації персоналу.

Екологічні ризики:

1. Викиди та забруднення: Модернізація може вплинути на рівень викидів та вибросів, що вимагає дотримання екологічних норм.

Стратегії управління ризиками:

1. Аналіз та моніторинг:

Проведення аудиту безпеки: Регулярний аудит може виявити можливі технічні ризики та запобігти неполадкам.

2. Страхування:

Страхування виробничих ризиків: Укладення полісів страхування для покриття можливих економічних та технічних втрат.

3. Контингентні плани:

Розробка плану дій: Готовність до вжиття заходів у випадку технічних або

організаційних проблем.

4. Навчання та розвиток персоналу:

Навчання персоналу: Проведення тренінгів для персоналу щодо нового обладнання та технічних аспектів роботи.

5. Диверсифікація сировини:

Зменшення впливу коливань цін: Диверсифікація джерел сировини для зменшення економічних ризиків.

6. Дотримання екологічних стандартів:

Виконання екологічних вимог: Систематичне виконання всіх екологічних стандартів для уникнення правопорушень.

Врахування ризиків є невід'ємною частиною ефективного управління проектом модернізації агрегата для виробництва плівки. Застосування визначених стратегій управління ризиками дозволить зменшити ймовірність виникнення проблем та максимізувати ефективність проекту.

8.6 Соціально-екологічні вигоди

В процесі модернізації агрегата для виробництва плівки з впровадженням нової формуючої головки, важливо розглядати соціально-екологічні вигоди, які можуть виникнути в результаті впровадження даного проекту.

1. Зменшення екологічного впливу:

Модернізація агрегата спрямована на поліпшення технологічних процесів, що може призвести до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Результатом є:

1. Зменшення викидів.
2. Енергоефективність.

2. Сприяння якості життя працівників:

Модернізація обладнання також може призвести до поліпшення умов праці та життя працівників:

1. Мінімізація виробничого шуму: Вдосконалені технічні рішення можуть допомогти зменшити виробничий шум, що поліпшить якість робочого середовища.

2. Забезпечення безпеки праці: Нові технології та безпечність устаткування дозволяють зменшити ризики для здоров'я працівників та надають їм додатковий захист.

3. Підвищення конкурентоспроможності та стабільності бізнесу:

Сучаснізація виробничих процесів може призвести до економічних та соціальних вигод:

1. Підвищення ефективності виробництва.
2. Створення робочих місць.

4. Підтримка інновацій та розвиток технологій:

Проекти модернізації сприяють розвитку технологій та наукових відкриттів:

1. Інноваційні рішення: Впровадження нових технологій стимулює розробку та впровадження інноваційних рішень у виробництві.
 2. Залучення фахівців: Для реалізації проекту з модернізації може знадобитися залучення висококваліфікованих фахівців, що сприяє обміну знаннями та досвідом.
- Соціально-екологічні вигоди від модернізації агрегата для виробництва плівки і впровадження нової формуючої головки не лише підвищують стандарти виробництва, а й сприятимуть сталому розвитку бізнесу, соціальному покращенню та збереженню довкілля.

ВИСНОВКИ

У результаті дослідження було обрано модернізацію головки екструдера за патентом № 12383. Ця модернізація полягає у використанні оригінальної розрізної втулки з похилими конусоподібними каналами, які переходять у формуючу щілину.

Ця модернізація має ряд переваг перед іншими:

1. Нескладна у виготовленні та експлуатації.
2. Не потребує високої кваліфікації робітників.
3. Забезпечує одержання високоякісних плівок, листових виробів в широкому діапазоні технологічних параметрів.

Впровадження агрегату дозволить підвищити ефективність виробництва плівки та забезпечити конкурентоспроможність вітчизняних виробників на світовому ринку.

Всі ці аргументи підтверджують, що обрана модернізація є найбільш ефективною та перспективною.

В результаті розробки було отримано наступні результати:

- Збільшено продуктивність агрегату на 20%.
- Зменшено витрати на сировину на 10%.
- Збільшено термін служби черв'яка на 30%.
- Покращено якість плівки.
- Знизилася ймовірність травмування працівників.

Розроблений агрегат має потенціал для успішного запуску на ринку. Він відповідає сучасним вимогам до технології виготовлення плівки та забезпечує конкурентні переваги перед аналогами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) Шенкель. Г., Шнековые прессы для пластмасс. Принцип действия, конструирование и эксплуатация. / Шенкель. Г. – Ленинград: Государственное научно-Техническое Издательство Химической литературы, 1962. – 470 с.
- 2) Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів. / Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 201 с.
- 3) Сівецький В. І., Радченко Л. Б. Основи моделювання та конструювання черв'ячних екструдерів. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2002. – 164 с.
- 4) З. Танмор, К. Гогос. Теоретические основы переработки полимеров. / З. Танмор, К. Гогос – Москва: «Химия», 1984. – 631 с.
- 5) А.с. № 397357 SU, М.кл В292, 7/04, В29F3/04. ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА / М.А Коноваленко, М. П. Швед; заявл. 18.02.1971, опубл. 07.11.1974.
- 6) А.с. № 1315338 SU, М. кл В29С 47/14/, В29L 7/0. ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА / А. В. Гапонов, А. Л. Гольденберг, М. И. Петелин; заявл. 18.02.1989, опубл. 07.11.1987.
- 7) Патент № 35890 кл. В29С47/14, В29L7/00. Екструзійна головка / Рябінін Дмитро Дмитрович, Мотін Анатолій Миколайович, Білецька Оксана Володимірівна, Рябініна Олена Дмитрівна; заявл. 16.04.2001; опубл. 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001р.
- 8) Патент № 59876 А кл. В29С 47/14. 2003 р. Екструзійна головка / Сівецький Володимир Іванович, Сокольський Олександр Леонідович та інші; заявл. 28.12.2002, опубл. 15.09.2003, Бюл № 9, 2003 р.
- 9) Патент № 12383 кл. В29С 47/14. Екструзійна головка / Бакалов Олег Валерійович, Бакалов Валерій Григорович, Шевелило Тетяна Миколаївна, Чередніченко Петро Іванович; заявл. 20.05.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006р.
- 10) Литвенец Ю.И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией. / Литвенец Ю.И. – Екатеринбург: Министерство образования и науки Российской Федерации, 2010. – 56 с.

- 11) Шерышев М.А., Лясников Н.Н. Механические расчеты оборудования для переработки пластмасс. / Шерышев М.А., Лясников Н.Н. – Санкт-Петербург, 2014. – 399 с.
- 12) Розрахунок корпуса екструдера, методична література, 2021. – 2 с
- 13) Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Машины и аппараты химических производств" и "Машины и технология переработки полимерных материалов в изделия и детали" - М: Химия, 1986. – 488 с., ил.
- 14) Сівецький В. І. Комп'ютерне проектування екструзійного полімерного устаткування. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2003. – 184 с.
- 15) Торнер Р.В., Акутин М.С.Оборудование заводов по переработке пластмасс. М. Химия, 1986, 400 с.
- 16) Бартеньев Г.М., Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров. Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. Школа, 1983. – 391 с.
- 17) Автоматизированное проектирование силовых трансформаторов / Ю.Б.Бородулин, В.А.Гусев, Г.В.Попов. М.: Энергоиздат, 1987. - 284с.
- 18) Автоматизированное проектирование / В.С.Полозов, О.А.БуденноС.И.Ростков, Л.В.Широкова М.:Машиностроение, 1983. -280 с.
- 19) Бергхаузер Т.,Шлив П. Система автоматизированного проектирования AutoCAD: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1989. -256 с.
- 20) Д.Б. Головкин, К.Г. Рогов, Ю.О. Скрипник. Автоматика і автоматизація технологічних процесів / Либідь, 1997 – 328 с.
- 21) 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 ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>
- 22) 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.

23) Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266

24) 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>.

25) 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>

26) 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>

27) Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

28) Золотницький М.Д., Пчелинцев В.А. Охрана труда в строительстве. М.: Высш. шк., 1978. 408 с.

29) Леонов С.О., Шевченко І.В. "Охорона праці та екологічна безпека в екструдерному виробництві полімерних плівок." Київ: Науковий світ, 2022. 250 с.

30) Коваленко А.П., Горбенко Т.М. "Екологічні аспекти виробництва полімерних матеріалів: практичний посібник." Львів: Світ, 2019. 180 с.

- 31) Мельник О.І., Лисенко В.П. "Стандартизація та сертифікація у сфері охорони праці та екологічної безпеки." Дніпро: Пороги, 2017. 150 с.
- 32) Щербина В.Ю., Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
- 33) Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондлях 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>
- 34) Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондлях 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>

Додаток А. Специфікації

[illegible]

[illegible]

Додаток Б. Копії використаних для модернізації патентів



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35890 (13) A

(51) 6 B29C47/14, B29L7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПЛОСКОЩІЛИННА ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА

(21) 99020601

(22) 02.02.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Рябінін Дмитро Дмитрович, Мотін Анатолій
Миколайович, Білецька Оксана Володимирівна,
Рябініна Олена Дмитрівна(73) Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

(57) Плоскощільнна екструзійна головка, що містить корпус з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та вихідні регульовані формуючі губки, яка відрізняється тим, що канал зменшеної висоти утворений виступами, які виконані на верхній та нижній плитах, і розташований між вхідним каналом і колектором.

Винахід належить до переробки полімерних матеріалів у виробі і може бути використаний при виробництві листів та плоских плівок на базі черв'ячних та дискових екструдерів.

Відома плоскощільнна екструзійна головка, яка містить корпус, в якому із зазором встановлений обтічний профільний вкладиш у вигляді трикутної пластини, формуючі губки та вихідну щільну (а.с. СРСР. № 397357, кл B292, 7/04, B29F3/04, 1974).

Недоліком відомої конструкції є те, що полімер, який обтікає профільний вкладиш і розшаровується на декілька потоків, які далі по довжині головки повинні зваритися між собою та створити цілісний виріб. Це приводить до місцевої зміни властивостей полімеру та зниження якості виробу. До того ж, довжина каналу головки повинна бути достатньо довгою для зварювання потоків полімеру, що приводить до її збільшення і внаслідок цього до збільшення габаритів, метало- та енергомісткості конструкції.

Найбільш близькою за технічною суттю до винаходу є плоскощільнна екструзійна головка, яка містить корпус з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та регульовані формуючі губки (а.с. СРСР № 1315338, B29C47/14, B29L7/0, 1987).

Недоліком відомої конструкції є те, що канал зменшеної висоти розташований за зоною входу в головку на ділянці великої ширини. Це обумовлює виникнення великих розпірних зусиль на великій ширині головки, які треба компенсувати за допомогою дросельної планки. Виникають підвищені вимоги до надійності та міцності цього елемента головки, що приводить до збільшення собівартос-

ті, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції. До того ж, при регулюванні дросельного планкою в полімері по ширині головки виникають різні за величиною напруження і потрібна досить велика довжина накопичувача, щоб вони релаксували і було забезпечено ізотропію властивостей полімеру по ширині виробу. Колектор, висота якого більше за висоту зменшеного каналу, для релаксації напружень використати в такій конструкції головки не можна, бо він розташований перед каналом зменшеної висоти, а не після нього, що було б доцільним. При екструзії полімерів, які виявляють пристінні ефекти, наприклад, неластифікованого ПВХ, можна чекати, що тиск на ділянці каналу зменшеної висоти зменшиться внаслідок виникнення пристінного шару матеріалу із властивостями, які відрізнятимуться від властивостей полімеру в об'ємних шарах потоку. Тобто і в цьому випадку може мати місце анізотропія властивостей виробу та складності при регулюванні дросельною планкою.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення плоскощільнної екструзійної головки, в якій нове розташування основного розподільного елемента - каналу зменшеної висоти, забезпечило б ефективне розподілення полімеру по ширині головки з метою покращення якості полімерного виробу за умов зменшення його собівартості, а також собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки.

Поставлена задача вирішується тим, що в конструкції плоскощільнної екструзійної головки, яка містить корпус з верхньою та нижньою плитами головки, вхідний канал, колектор, канал зменшеної висоти, дросельну планку, накопичувач, канал подавання та вхідні регульовані формуючі

(19) UA (11) 35890 (13) A

губки, згідно до винаходу, новим є те, що канал зменшеної висоти утворений виступами, які виконані на верхній та нижній плитах, і розташований між вхідним каналом і колектором.

Запропонована конструкція плоскощільної екструзійної головки дозволяє ефективно розподіляти полімер по ширині головки, досягти покращення якості полімерного виробу при зменшенні його собівартості внаслідок зменшення собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки.

Таким чином, у запропонованій плоскощільній екструзійній головці досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображений вертикальний розріз плоскощільної екструзійної головки, на фіг. 2 - її горизонтальний розріз.

Плоскощільна екструзійна головка містить (фіг. 1 і 2) корпус 1 з верхньою 2 та нижньою 3 плитами головки, вхідний канал 4, канал зменшеної висоти 5, утворений виступами 6 та 7 відповідно на верхній 2 та нижній 3 плитах головки, колектор 8, дросельну планку 9, накопичувач 10, канал подавання 11 та регульовані формуючі губки 12. Канал зменшеної висоти 5 розташований на вході в головку безпосередньо за вхідним каналом 4.

Плоскощільна екструзійна головка працює таким чином.

Розплав полімеру із екструдера (не показаний) надходить у вхідний канал 4 (фіг. 1 і 2) корпусу 1. Вхідний канал 4 має менш складну форму, ніж у прототипі, де він зменшується і розширюється одночасно у взаємно перпендикулярних площинах. У запропонованій конструкції в такій складній формі вхідного каналу 4 не має потреби, тому що безпосередньо за ним розташований канал зменшеної висоти 5, утворений виступи 6 і 7 на верхній 2 та нижній 3 плитах головки. Канал зменшеної висоти 5 частково приймає на себе функції розподілення полімеру на вході в головку, які у прототипі виконував вхідний канал 4. Завдяки цьому можна зменшити розміри вхідного каналу 4 по ширині головки (порівняно з прототипом), а відтак - і габарити, метало- і енергоємність головки. Енергоємність зменшується завдяки тому, що треба підтримувати визначену досить високу температуру корпусу 1 головки у меншому об'ємі металу конструкції. Стає нижчою тепловіддача.

Основні функції каналу зменшеної висоти 5 полягають в тому, щоб розподілити полімер по ширині головки, виходячи із вимоги забезпечення однакових втрат тиску на різних траєкторіях течії у головці. При цьому до втрат тиску в каналі зменшеної висоти 5 треба додавати втрати тиску у колекторі 8, який разом з каналом 5 утворює розподільну частину головки. Порівняно з прототипом, розміри колектора 8 можна зменшити завдяки тому, що його висота більша ніж висота каналу 5 і напруження, які створюються в полімері на ділянці каналу 5, релаксують в колекторі 8. Вивільнена таким чином пружна використовується для створення додаткового перепаду тиску у колекторі 8. Стає також непотрібною ділянка АБ, яка використовувалась у прототипі для релаксації напружень. Дорсельна планка 9 використовується у запропонованій конструкції для тонкого регулювання тиску по ширині головки і не створює по ширині головки значних перепадів тиску. Завдяки тому, що канал 5 розташований на вході в головку на значно меншій ширині головки, ніж у прототипі, зменшується розпірні зусилля.

Зменшуються також гідравлічні втрати енергії в колекторі 8, тому що колектор 8 розширюється у напрямі від вхідного каналу 4 до дросельної планки 9 і завдяки цьому зменшується вплив бокових стінок колектору на тертя у потоці полімеру. В прототипі по всій довжині колектора полімер рухається практично у прямокутному каналі, де бокові стінки сильно впливають на тертя в потоці полімеру, що обумовлює значні гідравлічні втрати енергії.

Накопичувач 10, канал подавання 11 та регульовані формуючі губки 12, теж працюють за кращих технологічних умов, бо їм не треба суттєво змінювати тиск чи швидкість розплаву полімеру.

Дана конструкція плоскощільної екструзійної головки дозволяє ефективно розподіляти полімер по ширині головки, досягти покращення якості полімерного виробу за рахунок релаксації напружень і забезпечення ізотропії властивостей полімеру по ширині і висоті виробу при зменшенні його собівартості внаслідок зменшення собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки та собівартості і енергомісткості процесу екструзії крізь головку.

Таким чином, в даній плоскощільній екструзійній головці досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

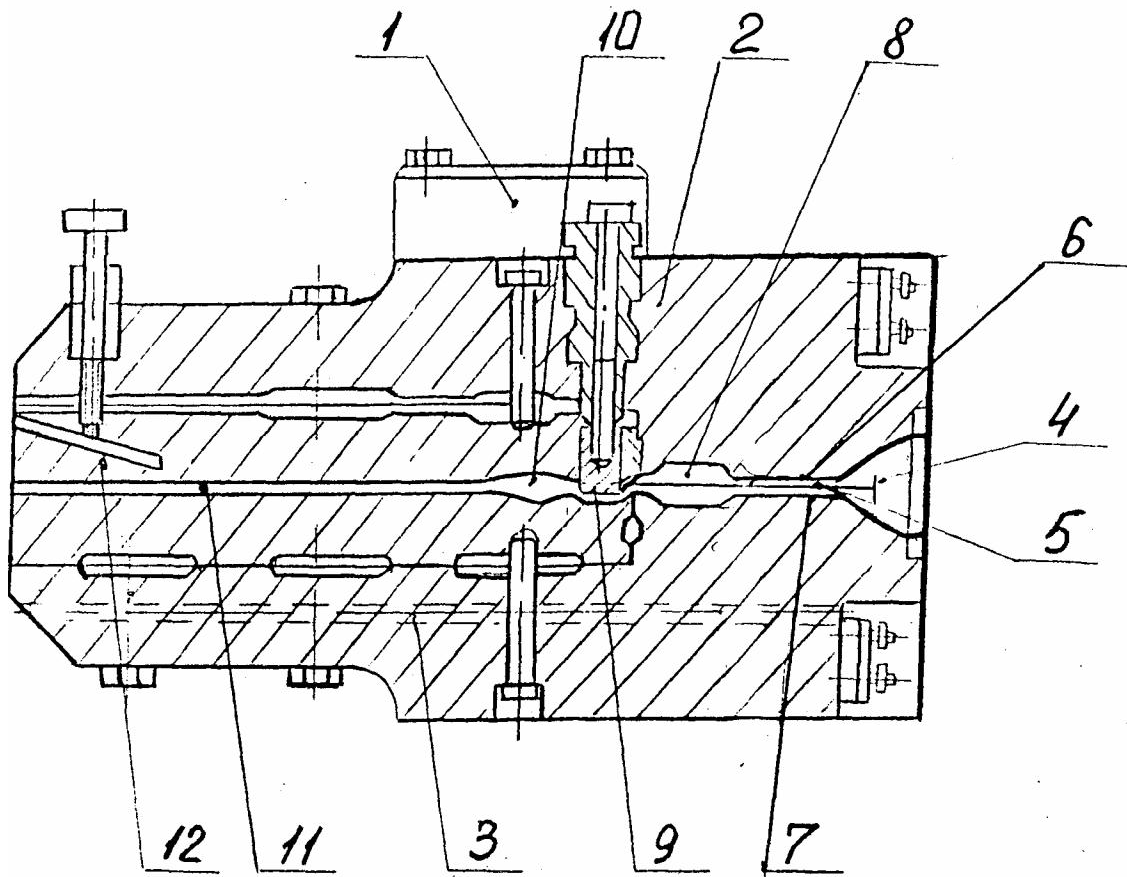
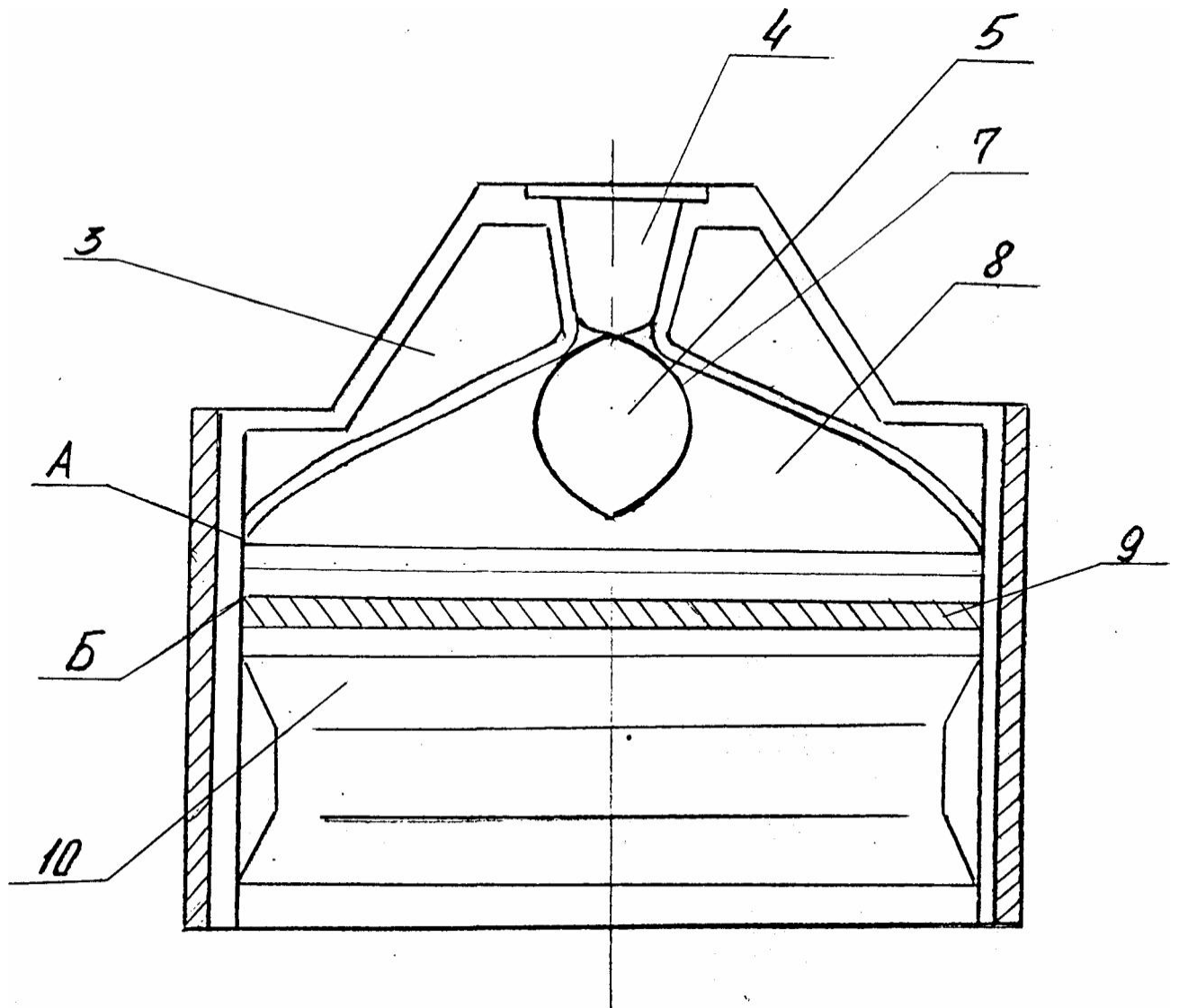


Fig. 1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12383 (13) U
(51) МПК (2006)
B29C 47/14МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПЛОСКОЩІЛИННА ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА

1

2

(21) u200504728

(22) 20.05.2005

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Бакалов Олег Валерійович, Бакалов Валерій
Григорович, Шевелило Тетяна Миколаївна, Чер-
дніченко Петро Іванович

(73) Бакалов Олег Валерійович

(57) Плоскощілинна екструзійна головка, що міс-
тить верхню і нижню частини корпусу, з утворен-
ням між ними розплавоводу, а також верхню й
нижню губки формувальної щілини, яка **відрізня-**
ється тим, що містить розрізну втулку з можливіс-
тю регулювання перерізу вхідної ділянки розпла-
воводу, в якій виконано похилі конусоподібні
канали, які переходять у формувальну щілину.

Корисна модель належить до обладнання для переробки термопластичних матеріалів (полімерів, еластомерів та композицій на їх основі), зокрема, до екструзійного обладнання. Може бути викорис-
тано у технологічних лініях по виготовленню плі-
вок, листових виробів і півфабрикатів.

Відома плоскощілинна екструзійна головка [П.У. №59876А, В29С47/14, 2003 р.], яка містить верхню і нижню частини корпусу, розташовані з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної щілини. При цьому з метою регулювання перерізу вхідної ділянки розплавоводу застосовують повзуні, в яких вздовж формувальної щілини виконано поперечний отвір, крізь який проходить гнучкий довгомірний елемент, кінці якого закріплені на корпусі. Недоліком даної конструкції є те, що зазначена головка має складну конструкцію і складне регулювання пере-
різу формуючої щілини за допомогою повзунів, розташованих в розплавоводі, що негативно впли-
ває на якість одержаної продукції. Крім того, ця головка не дозволяє змінювати конструкцію роз-
плавоводу при зміні перероблюваного матеріалу.

В основу корисної моделі поставлено задачу в плоскощілинній екструзійній головці, шляхом удо-
сконалення механізму регулювання перерізу фор-
муючої щілини, забезпечити плавність регулюван-
ня в широкому діапазоні технологічних режимів і
спростити конструкцію механізму регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що у ві-
домій плоскощілинній екструзійній головці, яка має
верхню і нижню частини корпусу, з утворенням між
ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки
формувальної щілини, для регулювання перерізу
формууючої щілини, згідно з корисною моделлю,

виконано оригінальну розрізну втулку з похилими
конусоподібними каналами, які переходять у фор-
муючу щілину.

Оригінальна розрізна втулка є розбірною і не-
складною у виготовленні. При зміні перероблюва-
ного матеріалу конструкція екструзійної головки
дозволяє легко замінювати розрізну втулку на ін-
шу, що має інші геометричні параметри, не зміню-
ючи конструкцію головки. Крім того, в порівнянні з
прототипом зменшено кількість натискних гвинтів
(точок регулювання) за рахунок пружності матері-
алу втулки. Розрізна втулка забезпечує плавне
регулювання ширини формуючої щілини при зміні
перероблюваного матеріалу. Все це веде до під-
вищення якості продукції, спрощення конструкції
екструзійної головки і процесу регулювання.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На
фіг.1 зображено вигляд спереду; на фіг.2 - поздо-
вжній розріз головки, а на фіг.3 - розріз втулки.

Плоскощілинна екструзійна головка (фіг.1 і
фіг.2), містить верхню 1 і нижню 2 частини корпусу,
розташовані з утворенням між ними розплавоводу
3, встановлену в ньому оригінальну розрізну втул-
ку 4, натискні гвинти 5, а також верхню 6 і нижню 7
губки формувальної щілини 8, які додатково регу-
люються рядом нижніх натискних гвинтів 9. У роз-
різній втулці виконано вхідний канал 10 та конусо-
подібні канали (рукави) 11, які переходять у
формууючу вихідну щілину 12.

Головка працює таким чином.

У розплавовід 3 надходить перероблюваний
матеріал у в'язкотекучому стані. Він попадає у вхі-
дний канал втулки 10 і рівномірно розподіляється
по довжині каналів таким чином, щоб рівномірно
надходити до всіх ділянок формуючої щілини 9, де

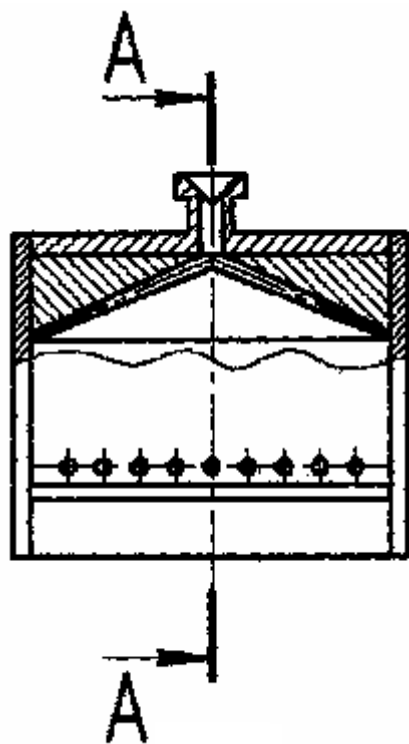
(13) U
12383
(11) UA
(19) UA

формується плівка, листовий виріб або заготовка. Особливостями такого процесу формування є те, що при зміні технологічного режиму (температури, витрат перероблюваного матеріалу або його типу) змінюються локальні витрати матеріалу в кожному перерізі формуючої щілини 9. Для забезпечення випуску якісної продукції в цьому випадку виконується регулювання товщини вихідної щілини 12 оригінальної розрізної втулки 4 натискними гвинтами 5.

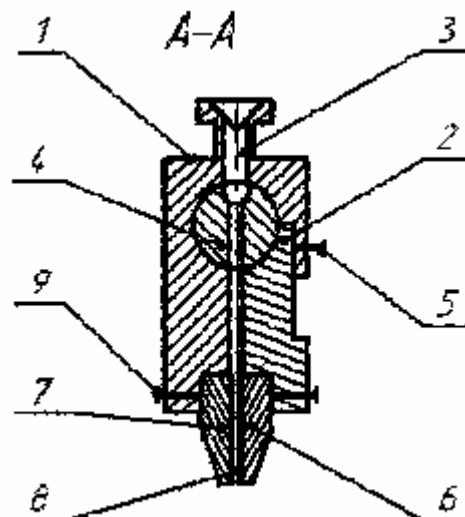
Особливістю конструкції розрізної втулки є те, що в ній розплавовідні канали 11 виконані конусоподібними і під кутом, що дозволяє розплаву більш рівномірно розподілятися по ширині фор-

муючої вихідної щілини 12. Крім того, втулка складається з чотирьох частин, які з'єднуються спеціальними гвинтами, що полегшує виробництво деталей втулки. Для полегшення встановлення і центрування втулки, на її поверхні виконано центрувальні отвори.

Запропонована корисна модель нескладна у виготовленні (роботи можуть бути здійснені при виготовленні нової головки на традиційному металлообробному обладнанні). Її використання не потребує високої кваліфікації робітників. Запропонована конструкція забезпечить одержання високоякісних плівок, листових виробів в широкому діапазоні технологічних параметрів.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

ДОДАТОК В. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Присвоєння значень, робота з файлом та основне діалогове вікно

```
(defun c:pr-7()
  (command "_ERASE" "_ALL" "")
  (command "_shademode" "_2") ; Вийти з
  затінення
  (command "_UCS" ""); Повернутись в світову
  систему
  (setq put "L:\\Sev\\"); Шлях до проекту
  (command "_VPOINT" '(0 0 1)) ; ; Очистка екрана
  та точка зору
  (load "RAMKA") ; Рамка
  (load (strcat put "Dial.lsp")) ; Діалогове
  вікно
  ; -----
  (setq pox_sim '("D1" "D2" "D3" "D4"
    "Dzr" "Dzl" "D0" "H1" "L1" "L2" "L3" "L4"
    "L" "ra" "Lb" "Hb" "otv")); Символи для
  уведених значень
  (setq pox_dan '(44.0 110.0 138.0 164.0 160.0
    190.0 16.0 25.0 41.0 29.0 62.0 33.0 98.0 1.0 8.0
    20.0 4.0)); Уведені значення
  (setq work_sim '("D1" "D2" "D3" "D4" "Dzr"
    "Dzl" "D0" "H1" "L1" "L2" "L3" "L4" "L" "ra"
    "Lb" "Hb" "otv")); Список робочих змінних
  (sim-dan) ; Присвоєння значень "_D1" ...
  (if (findfile (strcat put "Severenchuk.lsp")) (load
    (strcat put "Severenchuk.lsp"))) ; Виклик останніх
  використаних даних
  ; -----
  (dial) ; Звертання до діалогових вікон
  (if (= draw 0) nil (vymas masch)); Присвоєння
  значень робочим змінним з врахуванням масштабу
  "_D1"->(D1/masch) ...
  (if (= draw 2) ; Креслення 2D
    (progn
      (ramka 420 297)
      (setq Bp (getpoint "\nEnter Bp: ")); Базова точка
      (pox_dan23) ; Похідні дані
      (point_draw) ; Визначення точок креслення
      (draw_2d) ; Побудова креслення 2D
      ;(vino_A 0.25)
      ; (vino_B 0.5)
      (Vinoski)
    ))
  (if (= draw 3) ; Креслення 3D
    (progn
      (setq Bp '(0 0 0)); Базова точка
      (vymas 1.0)
      (pox_dan23) ; Похідні дані
      (point_draw) ; Визначення точок креслення
      (draw_3d) ; Побудова креслення 3D
    ))
    (if (= draw 0) nil (dan-file)); Присвоєння значень
    робочим змінним з врахуванням масштабу "_D1"-
    >(D1/masch) ...
    (princ)
  )
  ; -----
  (defun pox_dan23()
    (setq r1 (* d1 0.5) r2 (* d2 0.5) r3 (* d3 0.5) r4 (* d4
      0.5) r5 (* dzr 0.5) r6 (* dzl 0.5) r0 (* d0 0.5)
      pi05 (* pi 0.5) pi15 (* pi 1.5) pi45 (* pi 0.25) pi315 (*
      pi 1.75)
    ) ; Значення радіусів та кутів
  )
  ; -----
  (defun point_draw()
    (setq p11 (polar Bp pi05 (+ r4 r0))
      p12 (polar p11 pi05 (- r4 r0))
      p13 (polar p12 0 (- L1 l2))
      p14 (polar p13 pi15 (- r4 r0))
      p21 (polar p11 pi15 d0)
      p22 (polar p21 0 (- L1 l2))
      p23 (polar p22 pi15 (- r4 r0 r2 ra))
      p2223 (polar p23 pi15 ra)
      p24 (polar p2223 0 ra)
      p25 (polar p24 0 (- l1 ra))
      p26 (polar p25 pi05 (- r4 r2))
      p27 (polar p26 0 l2)
      p31 (polar Bp pi05 r3)
      p32 (polar p31 0 (- L1 l4))
      p38 (polar p27 pi15 (- r4 r1 h1 hb))
      p37 (polar p38 pi lb)
      p36 (polar p37 pi15 hb)
      p35 (polar p36 0 lb)
      p34 (polar p35 pi15 h1)
      p33 (polar p34 pi l4)
      pS (polar Bp pi05 r4)
      pBp (polar Bp 0 (+ L1 r4 l2))
      pBpp (polar pBp pi05 r4)
    ) ; Побудова точок
  )
  ; -----
  (defun draw_2d()
    (command "_LAYER" "_M" "OSN" "")
    (command "_PLINE" p11 p12 p13 p14 "_C")
    (setq top (entlast)) ; Контур під штриховку
    верхній
    (command "_PLINE" p31 p32 p33 p34 p35 p36 p37
      p38 p27 p26 p25 p24 "_A" p23 "_L" p22 p21 "_C")
    (setq bottom (entlast)) ; Контур під штриховку
    нижній
```

```

(command "_PLINE" (sp p12) (sp p13) (sp p23) "_A"
(sp p24) "_L" (sp p25) (sp p26) (sp p27) "" ); Побудова
нижньої лінії нижньої частини
(foreach n (list p31 p33 p34) (command "_PLINE" n
(list (car n) (cadr bp)) ""))
(foreach n (list (sp p12) (sp p13) (sp p24) (sp p26) (sp
p27)) (command "_PLINE" n (list (car n) (cadr bp))
""))
; лінії до осі
(command "_PLINE" p11 p21 "")
(command "_PLINE" p14 p22 "")
(command "_CIRCLE" pBp rzl)
(command "_CIRCLE" pBp r3)
(command "_CIRCLE" pBp r1)
(command "_CIRCLE" pBpp r0)
(command "_ARRAY" (entlast) "" "_POLAR" pBp 4
360 "")
; Лінії "закриття" отворів
; Побудова 2D деталі
; -----
(command "_LAYER" " _M" "OSI" "")
(command "_LINE" (polar Bp pi (* L 0.05)) (polar
Bp 0 (* L 1.05)) ""); Побудова осі
(command "_LINE" (polar pS pi (* (- L l1 l2) 0.05))
(polar pS 0 (* (- L l1 l2) 1.05)) ""); Побудова осі
отвору
(command "_CIRCLE" pBp r4)
(command "_LINE" (polar pBp pi (* rzl 1.05)) (polar
pBp 0 (* rzl 1.05)) ""); Побудова осі отвору
(command "_LINE" (polar pBp pi15 (* rzl 1.05))
(polar pBp pi05 (* rzl 1.05)) ""); Побудова осі отвору
; -----
(command "_LAYER" " _M" "SHTR" "")
(command "_HATCH" "_U" 45 3 " _N" top bottom
"")
; Штрихування верхнього та нижнього контуру
; -----
(command "_LAYER" " _M" "TEXT" "")
(command "_DIM")
(command "_HOR" p13 p26 (polar p13 pi05 8) (rtos
_L1 2 1)); l1=41
(command "_HOR" p26 p27 (polar p26 pi05 8) (rtos
_L2 2 1)); l2=29
(command "_HOR" p32 p33 (polar (sp p12) pi15 16)
(rtos _L3 2 1)); l3=62
(command "_HOR" p33 p34 (polar (sp p12) pi15 16)
(rtos _L4 2 1)); l4=33
(command "_HOR" (sp p11) (sp p27) (polar (sp p12)
pi15 24) (rtos _L 2 1)); L=98lb=8
; Горизонтальні розміри
(setvar "DIMSD2" 1) (setvar "DIMSE2" 1); Відкл
виноски та стрілки
(command "_VER" p34 (sp p34) (polar p34 0 16)
(strcat "%%c" (rtos _D1 2 1))); d1=44
(setvar "DIMSD2" 0) (setvar "DIMSE2" 0); Підкл
виноски та стрілки
(command "_VER" p12 (sp p12) (polar bp pi 8) (strcat
"%%c" (rtos _Dzl 2 1))); dzl=190

```

```

(command "_VER" p14 p22 (polar p14 0 16) (strcat
"%%c" (rtos _D0 2 1))); d0=16
(command "_VER" p25 (sp p25) (polar p34 0 24)
(strcat "%%c" (rtos _D2 2 1))); d2=110
(command "_VER" p27 (sp p27) (polar p27 0 32)
(strcat "%%c" (rtos _Dzr 2 1))); dzr=160
(command "_VER" p34 p35 (polar p35 0 16) (rtos
_H1 2 1)); h1=25
(command "_VER" (polar pBp pi05 r4)(polar pBp
pi15 r4) (polar pBp 0 (+ rzl 24)) (strcat "%%c" (rtos
_D4 2 1))); D4=164
(command "_VER" (polar pBp pi05 r3)(polar pBp
pi15 r3) (polar pBp 0 (+ rzl 16)) (strcat "%%c" (rtos
_D3 2 1))); D3=138
; вертикальні розміри
(command "_EXIT")
(she (otp p12 p13 0.45) pi05 "Rz63")
(she (otp (sp p27) (sp p34) 0.2) 0 "Rz63")
(she (otp p33 p34 0.5) pi15 "Rz12.5")
(she (otp (sp p24) (sp p25) 0.5) pi15 "Rz40")
(she (otp p21 p22 0.5) pi05 "Rz0.4")
; Шорсткість
(ukvin (sp p2223) (/ 3.0 masch) 60 60 10 0 "A")
(ukvin (otp p38 p35 0.5) (/ 15.0 masch) 60 60 10 0
"B")
; Вставка тексту ("vvtext" з RAMKA.lsp)
(vvtext (strcat put "text.txt") 420)
; Виноска
) ; Побудова розмірів
; -----
(defun draw_3d() ; Побудова креслення 3D
(command "_LAYER" " _M" "SOLID" " _C" 52 "" "")
; Створення шару для креслення
(command "_PLINE" p31 p32 p33 p34 p35 p36 p37
p38 p27 p26 p25 p24 " _A" p23 " _L" p13 p12 " _C")
(command "_REVOLVE" (entlast) "" " _X" 360);
обертання контуру
(setq 3D (entlast))
(command "_UCS" ""); Повернутись в світову
систему
(command "_UCS" " _n" " _y" 90);

(setq shag (/ 360.0 otv) sh 0.0)
(while (< sh 360)
; Нова система координат
(o_3d sh r4 r0)
(setq sh (+ sh shag))
)
(command "_UCS" ""); Повернутись в світову
систему
(command "_VPOINT" '(-1 1 1)) ; Точка зору
(command "_shademode" " _G") ; Затінення
)
; -----
(defun o_3d ($kut $RB $Rm)
(command "_CIRCLE" (list 0 $RB) $Rm); Побудова
контуру видавлювання
(command "_rotate" (entlast) "" bp $kut); Поворот

```

```

(command "_extrude" (entlast) "" (- L 11 l2) 0) ;
Видавлення
(command "_subtract" 3D "" (entlast) "" ) ;
Вилучення з конструкції
)
;-----
;-----
(defun sim-dan() ; Присвоєння значень
  (mapcar '(lambda (sim dan)(set (read sim) dan))
    pox_sim pox_dan
  )
)
;-----
(defun vvmass ($masch)
  ; Присвоєння значень робочим змінним з
  врахуванням масштабу
  (mapcar '(lambda (work pox) (set (read work) (/ (eval
    (read pox)) $masch)))
    work_sim pox_sim
  )
)
;-----
(defun dan-file ()
  ; Запис отриманих числових даних
  (setq f (open (strcat put "Severenchuk.lsp") "w"))
  (princ "(setq \n" f)
  (foreach n pox_sim
    (princ (strcat " " n " " (rtos (eval (read n))) "\n" )
  f)
  )
  (princ ") \n" f)
  (close f)
)
;-----
(defun vinos_A ($masch / en1 en2 text cen pr p2 p1)
  ; Виноска
  (vvmass $masch); Присвоєння значень робочим
  змінним з врахуванням масштабу
  ; (setq bp '(0 0 0))
  (pox_dan23) ; Визначення робочих даних
  (point_draw) ; Визначення точок креслення
  (setq en_A (entlast)) ; Визначення останнього
  примітиву для переміщення
  ; Креслення
  (command "_LAYER" "_M" "OSN" "")
  (setq p1 (polar p23 pi05 (* ra 5.0)) p2 (polar p24 0 (*
  ra 5.0)))
  (command "_PLINE" p1 p23 "_A" p24 "_L" p2 "")
  (setq en1 (entlast))
  (command "_PLINE" p1 (polar p23 pi (* ra 5.0))
  (polar p24 pi15 (* ra 5.0)) p2 "")
  (command "_PEDIT" (entlast) "_S" "") (setq en2
  (entlast))
  ; Штрихування
  (command "_LAYER" "_M" "SHTR" "")
  (command "_HATCH" "_U" 45 3 "_N" en1 en2 "")
  ; Розміри
  (command "_layer" "_m" "TEXT" "")
  ; Радіус

```

```

(setq cen (list (car p23) (cadr p24)) pr (polar cen (vrad
45) (* ra 0.5)))
(setqvar "DIMLFAC" masch)
(rad_arc cen p23 p24 pr)
(setqvar "DIMLFAC" 1)
; Заголовок
(setq text
  (if (<= $masch 1.0)
    (strcat "%uA" " (" (rtos (/ 1 $masch) 2 1)
":1)" )
    (strcat "%uA" " (1:" (rtos $masch 2 1) ")" )
  )
)
(command "_TEXT" "_J" "_C" (polar p1 pi05 10) 5 0
text)
(perem_blok en_A "VinA" p24) ; Переміщення
)
;-----
(defun vinos_B ($masch / en1 en2 text cen pr p2 p1)
  ; Виноска
  (vvmass $masch); Присвоєння значень робочим
  змінним з врахуванням масштабу
  ; (setq bp '(0 0 0))
  (pox_dan23) ; Визначення робочих даних
  (point_draw) ; Визначення точок креслення
  (setq en_B (entlast)) ; Визначення останнього
  примітиву для переміщення
  ; Креслення
  (command "_LAYER" "_M" "OSN" "")
  (setq p1 (polar p38 pi05 (* hb 0.5)) p2 (polar p35 pi15
  (* hb 0.5)))
  (command "_PLINE" p1 p38 p37 p36 p35 p2 "") (setq
  en1 (entlast))
  (command "_PLINE" p1 (polar p37 pi lb) (polar p36
  pi lb) p2 "")
  (command "_PEDIT" (entlast) "_S" "") (setq en2
  (entlast))
  ; Штрихування
  (command "_LAYER" "_M" "SHTR" "")
  (command "_HATCH" "_U" 45 3 "_N" en1 en2 "")
  ; Розміри
  (command "_layer" "_m" "TEXT" "")
  ; Діаметр
  (command "_DIM1" "_HOR" p36 p35 (polar p2
  pi15 8.0) (rtos _Lb 2 1))
  (command "_DIM1" "_VER" p35 p38 (polar p35 0
  16.0) (rtos _Hb 2 1))
  ; Заголовок
  (setq text
    (if (<= $masch 1.0)
      (strcat "%uB" " (" (rtos (/ 1.0 $masch) 2 1)
":1)" )
      (strcat "%uB" " (1:" (rtos $masch 2 1) ")" )
    )
  )
  (command "_TEXT" "_J" "_C" (polar p1 pi05 10) 5 0
text)
(perem_blok en_B "VinB" p35) ; Переміщення
)

```

```

; -----
(defun c:di ()
; Використання діалогового вікна
  (setq put "L:\\Sev"); Шлях до проекту
; Уведення змінних
  (setq pox_sim '("_D1" "_D2" "_D3" "_D4"
    "_Dzr" "_Dzl" "_D0" "_H1" "_L1" "_L2" "_L3" "_L4"
    "_L" "_ra" "_Lb" "_Hb" "_otv")); Символи для
уведених значень
  (setq pox_dan '(44.0 110.0 138.0 164.0 160.0
    190.0 16.0 25.0 41.0 29.0 62.0 33.0 98.0 1.0 8.0
    20.0 4.0)); Уведені значення
  (setq work_sim '("D1" "D2" "D3" "D4" "Dzr"
    "Dzl" "D0" "H1" "L1" "L2" "L3" "L4" "L" "ra"
    "Lb" "Hb" "otv")); Список робочих змінних
  (sim-dan); Присвоєння значень "_D1" ...
  (if (findfile (strcat put "Severenchuk.lsp")) (load
    (strcat put "Severenchuk.lsp"))); Виклик останніх
використаних даних
  (dial); Звертання до діалогових вікон
  (princ (strcat " draw=" (rtos draw)))
  (princ)
)
; -----
(defun sim-dan(); Присвоєння значень
  (mapcar '(lambda (sim dan)(set (read sim) dan))
    pox_sim pox_dan )
)
; =====
(defun dial()
  (setq rf (load_dialog (strcat put "Dial.dcl")))
  (new_dialog "dial_KP" rf)
; Встановлення значень в поля
  (foreach n pox_sim (set_tile n (rtos (eval (read n)) 2
    2)))
  ;; (set_tile "_D1" (rtos _D1 2 0))
; Зображення
  (setq xmax (dimx_tile "DETAL") ymax (dimy_tile
    "DETAL"))
  (start_image "DETAL")
  (slide_image 0 0 xmax ymax (strcat put "detal.sld"))
  (end_image)
; Блокування активних полів
  ;(off_ok);(mode_tile "2D" 1)(mode_tile "accept" 1)
; Уведення масштабів
  (setq nab_mas '("M 2:1" "M 1:1" "M 1:2" "M 1:2.5"
    "M 1:5" "M 1:10" "M 1:15" "M 1:20"))
  (setq nab_masch '(0.5 1.0 2.0 2.5 5.
    10.0 15.0 20.0))
  (start_list "MS") (mapcar 'add_list nab_mas)
  (end_list)
  (setq masch (nth 2 nab_masch)) (set_tile "MS" "2");
; Корегування значень
  (foreach n pox_sim (action_tile n (strcat "(setq " n "
    (atof $value))(off_ok)"))
  ;; (action_tile "_D1" "(setq _D1 (atof $value))")

  (action_tile "MS" "(setq masch (nth (atoi $value)
    nab_masch))")

```

```

  (action_tile "TEST" "(test_dan)")
  (action_tile "PEREV" "(prov_vv)")
  (action_tile "2D" "(done_dialog 2)"); Виконати
креслення 2D
  (action_tile "accept" "(done_dialog 3)"); Виконати
креслення 3D
  (action_tile "cancel" "(done_dialog 0)")
  (setq draw (start_dialog))
)
; -----
(defun prov_vv( / perev)
; Перевірка введення даних
  (setq perev 0)
  (if (> _d1 _d2)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення
D1="(rtos _d1) " або D2="(rtos _d2)". Згідно умови
(D1<D2)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (> _d2 _d3)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення
D2="(rtos _d2)" або D3="(rtos _d3)". Згідно умови
(D2<D3)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (> _d3 _d4)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення
D3="(rtos _d3)" або D4="(rtos _d4)". Згідно умови
(D3<D4)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (> _d4 _dzl)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення
D4="(rtos _d4)" або Dzl="(rtos _dzl)". Згідно умови
(D4<Dzl)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (> _dzr _dzl)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення
Dzr="(rtos _dzr)" або Dzl="(rtos _dzl)". Згідно умови
(Dzr<Dzl)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (> (+ _L3 _L4 ) _L)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення
1 із L3="(rtos _L3) ", L4="(rtos _L4)" або L="(rtos
_L)" . Згідно умови ((L3+L4)<L)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (> (+ _L1 _L2 ) _L)(progn
    (alert (strcat "Помилкове значення 1 із L1="(rtos
_L1) ", L2="(rtos _L2)" або L="(rtos _L)" . Згідно
умови ((L1+L2)<L)"))
    (setq perev (+ perev 1))
  )
  (if (= perev 0)
    (progn

```

```

(alert "Помилки при введенні даних не
знайдені")
(mode_tile "2D" 0)(mode_tile "accept" 0)
)) )
;-----
(defun test_dan()
; Уведення тестових даних
(sim-dan) ; Присвоєння значень "_D1" ...
(foreach n prox_sim (set_tile n (rtos(eval(read n)) 2
2)))
(mode_tile "2D" 0)(mode_tile "accept" 0))
;-----
(defun off_ok()
; Блокування активних полів
(mode_tile "2D" 1) (mode_tile "accept" 1)
)
;-----
(defun Vinoski()
(setq rf (load_dialog (strcat put "Dial.dcl")))
(new_dialog "vin_vid_sech" rf)
; Установка toggle
(setq VIN1 1) (set_tile "VIN1" (itoa VIN1))
(setq VIN2 1) (set_tile "VIN2" (itoa VIN2))
; Введення масштабів
(setq nab_mas ("M5:1" "M4:1" "M2:1" "M1:1"
"M1:2" "M1:2.5" "M1:5" "M1:10" "M1:15" "M1:20"))
(setq nab_masch '(0.2 0.25 0.5 1.0 2.0 2.5
5.0 10.0 15.0 20.0))
(start_list "MS1") (mapcar 'add_list nab_mas)
(end_list)
(setq ms1 (nth 1 nab_masch)) (set_tile "MS1" "1")
(start_list "MS2") (mapcar 'add_list nab_mas)
(end_list)
(setq ms2 (nth 2 nab_masch)) (set_tile "MS2" "2")
(action_tile "MS1" "(setq ms1 (nth (atoi $value)
nab_masch))")
(action_tile "MS2" "(setq ms2 (nth (atoi $value)
nab_masch))")
(action_tile "VIN1" "(setq VIN1 (atoi $value))")
(action_tile "VIN2" "(setq VIN2 (atoi $value))")
(action_tile "accept" "(setq pozdlg (done_dialog 1))")
(action_tile "cancel" "(done_dialog 0)")
(setq rslt (start_dialog))
(if (and (> rslt 0) (= VIN1 1)) (vinos_A ms1)) ;
Виноска А
(if (and (> rslt 0) (= VIN2 1)) (vinos_B ms2)) ;
Виноска В
(princ))
dial_KP :dialog {label="Курсовий проект";
:row{
:image{label="Деталь";color=0;width=40;
aspect_ratio=1.2;key="DETAL";}
:column{label="Висота";
:edit_box{label="D1"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_D1";}
:edit_box{label="D2"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_D2";}
:edit_box{label="D3"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_D3";}

```

```

:edit_box{label="Dzl"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_Dzl";}
:edit_box{label="Dzr"; edit_width=5;
edit_limit=5; key="_Dzr";}
:edit_box{label="H1"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_H1";}}
:column{label="Отвори";
:edit_box{label="D4"; edit_width=5;
edit_limit=5; key="_D4";}
:edit_box{label="D0"; edit_width=5;
edit_limit=5; key="_D0";}
:edit_box{label="Кількість"; edit_width=5;
edit_limit=5; key="_otv";}
:column{label="Виноска Б";
:edit_box{label="Hb"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_Hb";}
:edit_box{label="Lb"; edit_width=5;
edit_limit=5; key="_Lb";}
}}
:column{label="Довжина";
:edit_box{label="L1"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_L1";}
:edit_box{label="L2"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_L2";}
:edit_box{label="L3"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_L3";}
:edit_box{label="L4"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_L4";}
:edit_box{label="L"; edit_width=5; edit_limit=5;
key="_L";}}
} // row
:row {label="Управління";
:popup_list{width=20; key="MS";}
:button{label="Тест"; key="TEST";}
:button{label="Перевірка"; key="PEREV";}
:button{label="2D"; key="2D";}
:button{label="3D"; key="accept";}
:button{label="Cancel"; key="cancel";
is_default=true;}
}
}
vin_vid_sech :dialog
{ label = "Виноски та види";
:boxed_row{label="Виноска А";
:toggle{label="Побудувати"; key = "VIN1";}
:spacer{width=5;}
:popup_list {label="Масштаб"; edit_width=10;
key="MS1";}
}
:boxed_row{label="Виноска В";
:toggle{label="Побудувати"; key =
"VIN2";}:spacer{width=5;}
:popup_list {label="Масштаб"; edit_width=10;
key="MS2";}
}
ok_cancel;
}

```

Додаток Г. Копії власних публікацій

Удосконалення конструкції пристрою регулювання перерізу формуючої щілини головки

Северенчук Дмитро Павлович, студ.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто варіант модернізації плоскощілинної екструзійної головки, у результаті чого досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

Ключові слова: Формуюча головка, екструзія, листи, плівка, екструдер.

Інноваційне вдосконалення належить до переробки полімерних матеріалів у виробі і може бути використана при виробництві листів та плоских плівок на базі черв'ячних та дискових екструдерів.

Відома плоскощілинна екструзійна головка, що включає корпус із профільним вкладишем та формуючими губками, має проблему розшаровування полімеру, що призводить до зміни властивостей та зниження якості виробу[1]. Це вимагає довгого каналу для зварювання потоків, що збільшує габарити та енерговитрати головки.

Технічно схожа головка також має недоліки: зміщення каналу зменшеної висоти на велику ширину потребує компенсації розпірних зусиль через дросельну планку, що підвищує вимоги до надійності елементів та збільшує витрати на конструкцію[2]. Регулювання дросельною планкою створює різні напруження в полімері, вимагаючи довгого накопичувача для релаксації та забезпечення якості виробу. Колектор не можна використовувати для релаксації напружень через його розташування перед каналом зменшеної висоти.

При екструзії певних полімерів може виникнути пристінний ефект, зменшуючи тиск та призводячи до анізотропії властивостей виробу, ускладнюючи регулювання дросельною планкою.

Метою модернізації є удосконалення плоскощілинної екструзійної головки, в якій нове розташування основного розподільного елементу - каналу зменшеної висоти, забезпечило б ефективне розподілення полімеру по ширині головки з метою покращення якості полімерного виробу за умов зменшення його собівартості, а також собівартості, габаритів, метало- та енергомісткості конструкції головки.

Для досягнення поставленої мети на підставі проведеного літературно-патентного огляду обрано модернізацію плоскощілинної екструзійної головки за патентом № 35890 [3].

Суть модернізації пояснюється кресленнями, де на рисунку 1 зображений вертикальний розріз плоскощілинної екструзійної головки, на рисунку 2 - її горизонтальний розріз.

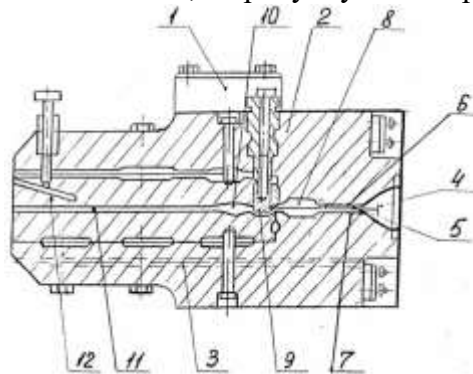


Рисунок 1 – Вертикальний розріз плоскощілинної екструзійної головки:

1 – корпус; 2 – верхня плита головки; 3 – нижня плита головки; 4 – вхідний канал; 5 – канал зменшеної висоти; 6, 7 – виступи; 8 – колектор; 9 – дросельна планка; 10 – накопичувач; 11 – канал подавання; 12 – регульована формуюча губка

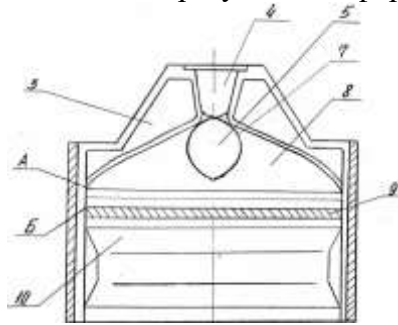


Рисунок 2 – Горизонтальний розріз плоскощілинної екструзійної головки

Плоскощілинна екструзійна головка містить (рис. 1 та рис. 2) корпус 1 з верхньою 2 та нижньою 3 плитами головки, вхідний канал 4, канал зменшеної висоти 5, утворений виступами 6 та 7 відповідно на верхній 2 та нижній 3 плитах головки, колектор 8, дросельну планку 9, накопичувач 10, канал подавання 11 та регульовані формуючі губки 12. Канал зменшеної висоти 5 розташований на вході в головку безпосередньо за вхідним каналом 4.

Основні функції каналу зменшеної висоти 5 полягають у розподілі полімеру по ширині головки для забезпечення однакових втрат тиску. Канал 5 спільно з колектором 8 утворюють розподільну частину головки. Розміри колектора 8 можна зменшити, оскільки він розслабляє напруження, які виникають у полімері в каналі 5. Дросельна планка 9 використовується для тонкого регулювання тиску без значних перепадів по ширині головки.

Розташування каналу 5 на вході головки на меншій ширині порівняно з прототипом зменшує розпірні зусилля. Колектор 8 розширюється від вхідного каналу 4 до дросельної планки 9, що зменшує гідравлічні втрати енергії через менший вплив бокових стінок колектору на тертя у потоці полімеру.

Накопичувач 10, канал подавання 11 та регульовані формуючі губки 12 працюють за кращих технологічних умов, оскільки не потребують суттєвих змін тиску чи швидкості розплаву полімеру.

Ця конструкція головки дозволяє ефективно розподіляти полімер по ширині головки, покращує якість виробу через релаксацію напружень і забезпечує ізотропію властивостей полімеру по ширині і висоті виробу. Також зменшує собівартість, габарити, метало- та енергомісткість конструкції головки та процесу екструзії.

Висновок. У результаті вдосконалення плоскощілинної екструзійної головки досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

Перелік посилань

1. А.с. № 397357 SU, М.кл В292, 7/04, В29F3/04. ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА / М.А Коноваленко, М. П. Швед; заявл. 18.02.1971, опубл. 07.11.1974.
2. А.с. № 1315338 SU, М. кл В29С 47/14/, В29L 7/0. ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА / А. В. Гапонов, А. Л. Гольденберг, М. И. Петелин; заявл. 18.02.1989, опубл. 07.11.1987.
3. Патент № 35890 кл. В29С47/14, В29L7/00. Плоскощілинна екструзійна головка / Рябінін Дмитро Дмитрович, Мотін Анатолій Миколайович, Білецька Оксана Володимірівна, Рябініна Олена Дмитрівна; заявл. 16.04.2001; опубл. 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001р.

Модернізація формуючої головки для виробництва високоякісної плівки та листових виробів з використанням оригінальної розрізної втулки

Северенчук Дмитро Павлович, студ.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто варіант модернізації плоскощілинної екструзійної головки, у результаті чого забезпечується одержання високоякісних плівок, листових виробів в широкому діапазоні технологічних параметрів шляхом удосконалення механізму регулювання перерізу формуючої щілини, модель нескладна у виготовленні та її використання не потребує високої кваліфікації робітників.

Ключові слова: Екструдер, формуюча головка, екструзія, листові вироби, плівка.

Інноваційне вдосконалення належить до обладнання для переробки термопластичних матеріалів (полімерів, еластомерів та композицій на їх основі), зокрема, до екструзійного обладнання. Може бути використана у технологічних лініях по виготовленню плівок, листових виробів і півфабрикатів.

Відома плоскощілинна екструзійна головка [1], яка містить верхню і нижню частини корпусу, розташовані з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної щілини. При цьому з метою регулювання перерізу вхідної ділянки розплавоводу застосовують повзуни, в яких вздовж формувальної щілини виконано поперечний отвір, крізь який проходить гнучкий довгомірний елемент, кінці якого закріплені на корпусі. Недоліком даної конструкції є те, що зазначена головка має складну конструкцію і складне регулювання перерізу формуючої щілини за допомогою повзунів, розташованих в розплавоводі, що негативно впливає на якість одержаної продукції. Крім того, ця головка не дозволяє змінювати конструкцію розплавоводу при зміні перероблюваного матеріалу.

В основу інноваційного вдосконалення поставлено задачу в плоскощілинній екструзійній головці, шляхом удосконалення механізму регулювання перерізу формуючої щілини, забезпечити плавність регулювання в широкому діапазоні технологічних режимів і спростити конструкцію механізму регулювання.

Для досягнення поставленої мети на підставі проведеного літературно-патентного огляду обрано модернізацію плоскощілинної екструзійної головки за патентом № 12383[2].

Поставлена задача вирішується тим, що у відомій плоскощілинній екструзійній головці, яка має верхню і нижню частини корпусу, з утворенням між ними розплавоводу, а також верхню і нижню губки формувальної щілини, для регулювання перерізу формуючої щілини, згідно з інноваційним вдосконаленням, виконано оригінальну розрізну втулку з похилими конусоподібними каналами, які переходять у формуючу щілину.

Оригінальна розрізна втулка є розбірною і нескладною у виготовленні. При зміні перероблюваного матеріалу конструкція екструзійної головки дозволяє легко замінювати розрізну втулку на іншу, що має інші геометричні параметри, не змінюючи конструкцію головки. Крім того, в порівнянні з прототипом зменшено кількість натискних гвинтів (точок регулювання) за рахунок пружності матеріалу втулки. Розрізна втулка забезпечує плавне регулювання ширини формуючої щілини при зміні перероблюваного матеріалу. Все це веде до підвищення якості продукції, спрощення конструкції екструзійної головки і процесу регулювання.

Суть винаходу пояснюється кресленнями: на рисунку 1 зображено вигляд головки спереду; на рисунку 2 - поздовжній переріз головки, а на рисунку 3 - переріз втулки.

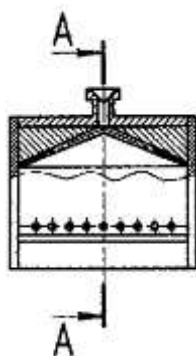


Рисунок 1 – Плоскощілинна екструзійна головка

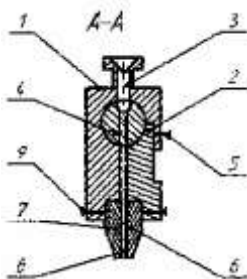


Рисунок 2 – Поздовжній переріз екструзійної головки



Рисунок 3 – Переріз втулки

Плоскощілинна екструзійна головка, містить верхню 1 і нижню 2 частини корпусу, розташовані з утворенням між ними розплавоводу 3, встановлену в ньому оригінальну розрізну втулку 4, натискні гвинти 5, а також верхню 6 і нижню 7 губки формувальної щілини 8, які додатково регулюються рядом нижніх натискних гвинтів 9. У розрізній втулці виконано вхідний канал 10 та конусоподібні канали (рукави) 11, які переходять у формуючу вихідну щілину 12.

Особливістю конструкції розрізної втулки є те, що в ній розплавовідні канали 11 виконані конусоподібними і під кутом, що дозволяє розплаву більш рівномірно розподілятися по ширині формуючої вихідної щілини 12. Крім того, втулка складається з чотирьох частин, які з'єднуються спеціальними гвинтами, що полегшує виробництво деталей втулки. Для полегшення встановлення і центрування втулки, на її поверхні виконано центрувальні отвори.

Висновок. У результаті вдосконалення плоскощілинної екструзійної головки досягається підвищення ефективності розподілення полімеру по ширині головки порівняно з відомими конструкціями головок, яке дозволяє підвищити якість одержаної продукції при зниженні витрат на її виробництво.

Перелік посилань

1. Патент № 59876 А кл. В29С 47/14. 2003 р. Плоскощілинна екструзійна головка / Сівецький Володимир Іванович, Сокольський Олександр Леонідович та інші; заявл. 28.12.2002, опубл. 15.09.2003, Бюл № 9, 2003 р.
2. Патент № 12383 кл. В29С 47/14. Плоскощілинна екструзійна головка / Бакалов Олег Валерійович, Бакалов Валерій Григорович, Шевелило Тетяна Миколаївна, Чередніченко Петро Іванович; заявл. 20.05.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006р.