

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра хімічної технології композиційних матеріалів

«На правах рукопису»

УДК _____

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

 Олексій МИРОНЮК

«14» 12 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних і
органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів»**

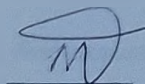
зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

на тему: «Виробництво харчової упаковки із біорозкладних матеріалів»

Виконав:

студент II курсу II маг. рівня, групи ХП-11мп

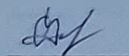
Тихонов Платон Сергійович



Науковий керівник:

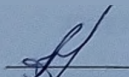
старший викладач кафедри ХТКМ, к.т.н,

Сікорський Олексій Олексійович



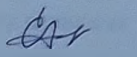
Консультант з економіки:

Доц., к.е.н. Підлісна О.А.



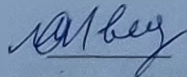
Консультант з автоматизації:

Доц., к.т.н. Сазонов А.Ю.

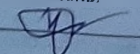


Рецензент:

Доц., к. т. н., Швед М.П.



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

Студент, 

Київ – 2022 року

№ 675 мп

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра хімічної технології композиційних матеріалів

Рівень вищої освіти – магістр

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Хімічні технології неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

 Олексій МИРОНЮК

«15» 12 2022р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Тихонову Платону Сергійовичу

1. Тема дисертації «Виробництво харчової упаковки із біорозкладних матеріалів», науковий керівник дисертації Сікорський Олексій Олексійович, к.т.н., затверджені наказом по університету від «09» 11 2022р.

№ 41/AS-с

2. Термін подання студентом дисертації

14.12 2022р.

3. Об'єкт дослідження: Упаковка на основі вторинного ацетату целюлози

4. Вихідні дані: Недостатні механічні властивості та собівартість харчової біоупаковки

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: розробка проєкту харчової біоупаковки на основі вторинної сировини; автоматизація виробництва; комерціалізація розробки

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Характеристика сировини та цільового продукту (1 аркуш формату А1); технологічна схема процесу (1 аркуш формату А1); креслення загального

виду одного з основних з агрегату (2 аркуші формату А1); функціональна схема автоматизації (1 аркуш формату А1).

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Автоматизація	Сазонов А.Ю., доцент, к.т.н.		<i>СА</i>
Економіка	Підлісна О.А., доцент, к.т.н.	<i>10.10.22</i>	<i>10.12.22</i>

9. Дата видачі завдання 30.10.2022р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Затвердження теми магістерської дисертації	18.10.22-19.10.22	<i>СА</i>
2	Літературний огляд	21.11.22-23.11.22	<i>СА</i>
3	Розробка технологічної схеми та підбір сировини	25.11.22-26.11.22	<i>СА</i>
4	Підбір основного обладнання	27.11.22-28.11.22	<i>СА</i>
5	Розробка схема автоматизації	29.11.22-30.11.22	<i>СА</i>
6	Стартап	28.11.22-05.12.22	<i>СА</i>
7	Розробка заходів з охорони праці	06.12.22-08.12.22	<i>СА</i>
8	Оформлення креслень та пояснювальної записки	09.12.22-10.12.22	<i>СА</i>
9	Нормоконтроль	9.12.22	

Студент

Науковий керівник

Платон ТИХОНОВ

Олексій СІКОРСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему: «Виробництво харчової упаковки із біорозкладних матеріалів 78 сторінок, 9 рисунків, 22 таблиць, 14 посилань, 1 додаток.

Розроблено проект технологічного процесу виробництва харчової біоупаковки на основі вторинного ацетату целюлози

В роботі обґрунтовано вибір технологічної схеми одержання даного продукту. Наведені характеристики вихідної сировини, готового продукту та вимоги нормативних документів до них.

Розраховано матеріальний баланс відповідно до заданої потужності підприємства.

Наведено схему автоматичного контролю і керування всією технологічною лінією.

Розроблені технічні рішення з охорони довкілля. Розроблено стартап проекту. Робота доповнена проектно-графічною документацією у вигляді креслень та схем

ДИАЦЕТАТ ЦЕЛЮЛОЗИ, ХАРЧОВА УПАКОВКА, БІОРОЗКЛАДНІ ПОЛІМЕРИ, ВТОРИННА СИРОВИНА

ABSTRACT

Explanatory note for science degree project on theme: “Production of food packaging from biodegradable materials”: 78 pages, 9 figures, 22 tables, 14 sources, 1 addition.

The project of the technological process for the production of food biopackaging based on secondary cellulose acetate has been developed

The work substantiates the choice of the technological scheme for obtaining this product. The characteristics of the raw materials, the finished product and the requirements of regulatory documents for them are given.

The material balance is calculated in accordance with the given capacity of the enterprise.

The scheme of automatic control and management of the entire technological line is presented.

Developed technical solutions for environmental protection. A startup project has been developed. The work is supplemented with design and graphic documentation in the form of drawings and diagrams

CELLULOSE DIACETATE, FOOD PACKAGING, BIODEGRADABLE POLYMERS, SECONDARY RAW MATERIAL

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ДСТУ – державний стандарт України;

ТУ – технічні умови;

НТД – нормативно-технічна документація;

ЦА – целюлози ацетат;

ЦДА- целюлози диацетат;

ЦТА- целюлози триацетат;

ISO- International Organization for Standardization;

DS – substitution degree;

PLA – polylactide;

ІНДІК

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Вибір основних стандартів або даних для аналізу продукції	10
1.2 Вибір скоринок та методу перевірки	14
1.3 Обґрунтування вибору техніко-технологічних систем аналізу основних даних продукту та вибір основного обладнання	20
2 ІННОВАЦІЇ	24
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
3.1 Опис вибраної техніко-технологічної системи виробництва та фізико-хімічних процесів, що відбуваються в основному обладнанні	26
3.1.1 Склад і призначення деталей основного	27
3.1.2 Технічні умови	35
3.2 Матеріальний баланс	40
3.2.1 Висновки щодо форму вибору обладнання	40
3.2.2 Складові матеріального балансу	40
3.2.3 Складові аналітичного матеріального балансу	42
3.2.4 Розрахунок матеріальних витрат та призначення обладнання	44
3.3 Розрахунок технічних та конструкторських параметрів виробництва	45
3.3.1 Розрахунок геометричних параметрів колеса	45

ХТН 17.1470.001

Відп. за зміст	Відп. за зміст	Відп. за зміст
Відп. за зміст	Відп. за зміст	Відп. за зміст
Відп. за зміст	Відп. за зміст	Відп. за зміст
Відп. за зміст	Відп. за зміст	Відп. за зміст

Виробничий завод
Україна, м. Київ, вул. ...
м. Київ

Лист 1
Лист 2
Лист 3
Лист 4
Лист 5
Лист 6
Лист 7
Лист 8
Лист 9
Лист 10
Лист 11
Лист 12
Лист 13
Лист 14
Лист 15
Лист 16
Лист 17
Лист 18
Лист 19
Лист 20
Лист 21
Лист 22
Лист 23
Лист 24
Лист 25
Лист 26
Лист 27
Лист 28
Лист 29
Лист 30
Лист 31
Лист 32
Лист 33
Лист 34
Лист 35
Лист 36
Лист 37
Лист 38
Лист 39
Лист 40
Лист 41
Лист 42
Лист 43
Лист 44
Лист 45
Лист 46
Лист 47
Лист 48
Лист 49
Лист 50
Лист 51
Лист 52
Лист 53
Лист 54
Лист 55
Лист 56
Лист 57
Лист 58
Лист 59
Лист 60
Лист 61
Лист 62
Лист 63
Лист 64
Лист 65
Лист 66
Лист 67
Лист 68
Лист 69
Лист 70
Лист 71
Лист 72
Лист 73
Лист 74
Лист 75
Лист 76
Лист 77
Лист 78
Лист 79
Лист 80
Лист 81
Лист 82
Лист 83
Лист 84
Лист 85
Лист 86
Лист 87
Лист 88
Лист 89
Лист 90
Лист 91
Лист 92
Лист 93
Лист 94
Лист 95
Лист 96
Лист 97
Лист 98
Лист 99
Лист 100

3.3.2	Визначення частоти обертання черв'яка	47
3.3.3	Визначення геометричних характеристик формуючої головки	47
3.3.4	Визначення продуктивності черв'ячного пресу.	49
3.3.5	Визначення потужності приводу черв'яка	50
3.4	Тепловий розрахунок	51
3.5	Автоматизація процесу виробництва	53
3.5.1	Опис технологічної схеми.	55
3.5.2	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.	57
3.5.3	Опис розробленої схеми автоматизації.	59
3.5.4.	Розрахунок похибок вимірювального каналу.	60
3.5.5	Висновок автоматизації	62
3.6	Види браку	63
3.7	Охорона праці	64
3.8	Висновки до технологічної частини.	74
4.	СТАРТАП.	75
4.1	Аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища розробки	77
4.2	Ключові фактори успіху за методом Шонфільда.	82
4.3	Бізнес-модель реалізації розробки.	83
4.4	Висновок по стартапу	85
5.	УЗАГАЛЮЮЮЧІ ВИСНОВКИ	86
6.	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.	87

Додатки

ВСТУП

Біодеградні полімери на відміну від інших пластиків у зовнішньому середовищі під дією мікроорганізмів (бактерії чи гриби) і фізичних факторів (ультрафіолет, температура, повітря) розпадаються достатньо швидко. Деградація полімеру може відбуватися внаслідок дії мікробів, макроорганізмів, фотодеградації чи хімічної деградації. Мікробіологічне розкладання призводить до утворення біогазу(метан) та водню, а також компосту та мулу. Інші види призводять до утворенню вуглецю, вуглекислого газу та води(з відходами металічних каталізаторів й неорганіки).

Серед популярних полімерів для пакування харчової упаковки це PLA, естери целюлози, композити із крохмалю та ін. В Україні, наприклад, це можна спостерігати у сфері продовольчих пакетів(мережа АТБ, METRO, та ін.) та пакуванні посилок Нової Пошти(виробник Comserv Ukraine). В основному це біопластики на основі крохмалю. Однак, виробників у цій області небагато і є певні фізико-хімічні обмеження[15]. А целюлоза є одним із найпоширеніших природних полісахаридів на землі з підходящими властивостями.

У зв'язку із глобальною урбанізацією, промисловою революцією 4.0 виробництво біорозкладного пластику може сприяти забезпеченню стійкості (екологічної, економічної та соціальної) для майбутніх поколінь. Крім того, виробництво біоенергії, біомаси та біополімерів після переробки біорозкладного біопластику може сприяти підтримці балансу енергії та навколишнього середовища[1]. Цієї мети можуть досягти декілька типів біорозкладних біопластиків, наприклад, на основі крохмалю, целюлози полігідроксисилканоатів, полімолочної кислоти та полібутилендифталату.

Вторинний ацетат целюлози виробляється із відновлюваної природної сировини – целюлози(паперові вироби і т.д.). Процес синтезу CDA в основному включає

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

9

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

реакцію ацетилювання та гідролізу, і вона може дати бажаний ступінь заміщення (DS). Як правило, ЦДА можна розділити на діацетат целюлози (CDA, DS = 2,2-2,7) та триацетат

целюлози (СТА, DS = 3) за значенням DS. Також цей полімер має чудові фізико-хімічні властивості: паро- та газопроникність, прозорість, механічні властивості. Унаслідок такої сукупності властивостей цей матеріал має широку область застосування: від пакування до медичних мембран.

Повна деградація матеріалу протягом 4-9 місяців[17], відновлюваність у природі роблять його використання та утилізацію більш екологічно чистими, ніж традиційні пластикові аналоги з періодом розпаду від 100 років.

Так як суспільство намагається перейти на більш екологічні види пакування, автор ставить за мету даної роботи розглянути повне виробництво продукто-сумісної упаковки із діацетату целюлози.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Вимоги діючих стандартів до даного виду продукції

Загальні вимоги до матеріалів і предметів, що контактують з харчовими продуктами[2]

1. Виробництво матеріалів і предметів, що контактують з харчовими продуктами, в тому числі активних матеріалів і предметів та інтелектуальних матеріалів і предметів, повинно здійснюватися відповідно до вимог належної виробничої практики (GMP).
2. Речовини, які входять до складу матеріалів і предметів, що контактують з харчовими продуктами, за звичайних і передбачуваних умов використання таких матеріалів і предметів не повинні потрапляти в харчові продукти в кількості, яка може:
 - 1) бути небезпечною для здоров'я людини;
 - 2) призвести до неприйнятних змін у складі харчового продукту;
 - 3) призвести до погіршення органолептичних властивостей харчового продукту.
3. Маркування, реклама та представлення матеріалів і предметів, що контактують з харчовими продуктами, не повинні вводити в оману.

Речовини, що дозволені для використання у компонентах активних матеріалів і предметів та інтелектуальних матеріалів і предметів

1. У компонентах активних матеріалів і предметів та інтелектуальних матеріалів і предметів можуть використовуватися лише ті речовини, що включені до Державного реєстру.

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

11

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2. До речовин, які не включені до Державного реєстру, але можуть використовуватись у компонентах активних матеріалів та предметів та інтелектуальних матеріалів і предметів, належать:

1) вивільнені активні речовини, якщо вони відповідають умовам, які встановлено частиною третьою цієї статті;

2) речовини, на які поширюється дія законодавства у сфері безпечності харчових продуктів, які додаються або включаються в активні матеріали і предмети із застосуванням методів прищеплення або іммобілізації з метою отримання технологічного ефекту в харчових продуктах, якщо вони відповідають умовам, які встановлено частиною третьою цієї статті;

3) речовини, що використовуються у компонентах, які не перебувають у прямому контакті з харчовим продуктом або середовищем, у якому перебуває харчовий продукт, і розділені з харчовим продуктом функціональним бар'єром, за умови, що їх міграція не перевищує 0,01 міліграма на кілограм і вони не належать до жодної з таких категорій:

речовини, що класифікуються як мутагенні, канцерогенні або токсичні для репродуктивної функції;

речовини, які навмисно зменшені до розміру часток і які мають фізичні та хімічні властивості, що значно відрізняються від властивостей у первинному стані.

3. Речовини, зазначені в пунктах 1 та 2 частини другої цієї статті, можуть використовуватись у виробництві матеріалів і предметів з дотриманням таких умов:

1) вони використовуються з дотриманням вимог законодавства про безпечність та окремі показники якості харчових продуктів, включаючи вимоги цього Закону та спеціальні вимоги, передбачені статтею 7 цього Закону, якщо такі спеціальні вимоги встановлено;

2) кількість вивільненої активної речовини не враховується у значенні вимірюваної загальної межі міграції у випадках, коли загальну межу міграції

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлено спеціальними вимогами, передбаченими статтею 7 цього Закону, щодо матеріалу, що контактує з харчовим продуктом і до якого включено активний або інтелектуальний компонент.

Технічні вимоги. Пакети треба виготовляти згідно з вимогами цього стандарту за нормативним документом або робочими креслениками на конкретні пакети, технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку, з дотриманням санітарних норм та правил, чинних в Україні.

Зовнішній вигляд пакетів.

Якість поверхні пакетів, крім швів, має відповідати вимогам нормативних документів на полімерні плівки та комбіновані матеріали, з яких вони виготовлені. Внутрішні поверхні пакета не повинні злипатися. Пакети можуть бути художньо оформлені та містити інформацію щодо розфасованої продукції. Художнє оформлення та поліграфічне виконання пакета має відповідати зразку-еталону, затвердженому у встановленому порядку. Друковане зображення, за наявності, має бути чітке, текст — такий, що можна легко прочитати. Не допустима наявність патьоків фарби, забрудненої не надрукованої ділянки. Допустима нечіткість зображення не більше двох символів (літер), що не спотворюють зміст символів або тексту. Несумісність фарб на відбитку у разі багатокольорового друку — не більше 0,5 мм. Тривкість друкованого зображення — 2—3 бали. Колір пакетів — за узгодженням із замовником. З ДСТУ 7275:2012

Вимоги до зварних і склеєних швів. Пакети з термозварювальних плівок повинні мати зварні шви шириною не більше 18 мм (К-і). 5.3.2 Шви треба розташовувати від краю пакета на відстані від 0 мм до 12 мм (К). Допустимо залежно від властивостей пакованої продукції, розташовувати шви на відстані понад 10 мм від краю пакета. У разі виготовлення пакетів з двоядними швами відстань між швами має бути не більше 8 мм. Зварні шви пакетів мають бути рівні, без пропалених місць та зморшок. Шви склеєних пакетів мають бути без прогалин клею. Міцність швів пакетів з поліетиленової та полівінілхлоридної плівки має бути не нижче 0,7 від міцності плівки у разі розтягування. Міцність швів пакетів з комбінованих плівок має

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

13

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

бути: — для пакетів з масою пакованої продукції до 3,5 кг — від 2,0 Н/см до 6,0 Н/см (від 0,2 кгс/см до 0,6 кгс/см); — для пакетів з масою пакованої продукції від 3,5 кг до 7,5 кг — від 7,0 Н/см до 10,0 Н/см (від 0,7 кгс/см до 1,0 кгс/см). Міцність склеєних швів, паралельних висоті пакета з целюлозної плівки, має бути не менше мінімальної міцності плівки у разі розтягування. Пакети, призначені для пакування продукції під вакуумом та в середовищі інертного газу, мають бути герметичні. Пакети можна виготовляти у вигляді рулонів.

Вимоги до сировини. Для виготовлення пакетів використовують: — плівку поліетиленову — згідно з ГОСТ 10354-73, — плівку полівінілхлоридну пластифіковану технічну — згідно з ГОСТ 16272, — плівку целюлозну — згідно з ГОСТ 7730, — плівку поліетилен-целофанову, поліетилентерефталат - поліетилен, поліетилентерефталаталюмінієву фольгу-поліетилен, папір, ламінований поліетиленом, або інші комбіновані матеріали — згідно з чинним нормативним документом залежно від вимог, поставлених до пакування конкретних видів продукції. Для склеювання пакетів із целюлозної плівки треба використовувати такі клеї: — на основі дисперсії полівінілацетатної гомополімерної грубодисперсної — згідно з ГОСТ 18992; — карбоксиметилцелюлоза — згідно з чинним нормативним документом; — желатин — згідно з ГОСТ 11293; — спирт полівініловий марки ПВС 7/-, — згідно з ГОСТ 10779. Допустимо використовувати інші клейові матеріали, якість склеювання яких не нижче наведених. Матеріали для виготовлення пакетів мають бути узгоджені з центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я. [3].

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Вибір сировини та методу переробки

Плівки на основі крохмалю мають дві основні проблеми, які необхідно вирішити, перш ніж розглядати їх як матеріали для пакування харчових продуктів: висока чутливість до води та погані механічні властивості. Це можна спостерігати на прикладі вітчизняних пакетів для продукції. Вони одразу органолептично відрізняються від пластикових аналогів. Проте вони мають порівняно низьку собівартість.[19]

До переваг PLA, належать: екологічність, біосумісність та можливість вторинної переробки. Однак у нього є недоліки, такі як погана термічна стабільність та займистість а також висока собівартість[20].

Інші види біополімерів не так сильно поширені для харчової упаковки, унаслідок невідповідності по фізико-механічним властивостям а також високої ціни, хоча у вузьких кругах вони мають досить високий потенціал.

Для виробництва харчової упаковки підходять органічні естери целюлози, а саме вторинні ацетати, які повністю біорозкладані та відновлювані у природі.

Паропроникність, естетичні властивості(глянсовість) та порівняна легкість переробки(термопластичність) роблять саме вторинний ацетат целюлози вдалим вибором сировини. До недоліків слід віднести помірну УФ-стабільність. Для отримання якісного діацетату целюлози необхідно використовувати якісні реагенти. Безпосередньо целюлоза надходитиме із очищених сигаретних фільтрів. Підготовлені сигаретні фільтри промивають декілька разів водою та етанолом, потім сушать при 60С до повного випаровування рідких компонентів.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Хімічна стійкість двоацетату целюлози

Кислоти концентровані	недостатньо
Кислоти розведені	середньо
Спирти	погано
Луги	слабо
Ароматичні вуглеводні	середньо
Смазки й олії	добре
Галогенвуглеводні	середньо
Галогени	погано
Кетони	погано

Таблиця 1.2 - Електричні властивості двоацетату целюлози

Діелектрична стала, МГц	~5
Діелектрична міцність, кВ·мм ⁻¹	11
Коефіцієнт дисипації, 1кГц	0.06
Об'ємний опір, Ом·см	5 · 10 ¹²

Таблиця 1.3 - Механічні властивості двоацетату целюлози[12]

Абразивна стійкість - ASTM D1044 (мг/1000 циклів)	65
Твердість –Роквелл (R)	70
Ударна в'язкість по Ізоду (Дж·м ⁻¹)	160-200
Модуль пружності (ГПа)	2.7-3.0
Границя міцності (МПа)	24,3

Таблиця 1.4 - Фізичні властивості двоацетату целюлози

Густина (г·см ⁻³)	1.3
Горючість	самозатухаючий
Граничний кисневий індекс (%)	19
Радіаційна стійкість	добре
Показник заломлення	1.49
УФ стійкість	добре
Поглинання води – за добу (%)	1.7-1.9

Таблиця 1.5 - Термічні властивості двоацетату целюлози [7]

Коефіцієнт термічного розширення ($\cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)	80- 180
Температура згину під навантаженням - 0.45МПа (С)	52-60
Температура згину під навантаженням - 1.8МПа (С)	48-52
Нижня робоча температура (С)	-20
Питома теплоємність (Дж К ⁻¹ кг ⁻¹)	1200- 1900
Термічна провідність 23С (Вт м ⁻¹ К ⁻¹)	0.16-0.36
Верхня робоча температура (С)	190-195

Таблиця 1.6 - Властивості плівки [8]

Коефіцієнт дисипації	МГц	0.038
Відносне видовження на розрив	%	24
Температура термозварювання	С	176-232
Початкова міцність на розрив	Г мкм ⁻¹	0.018-0.036
Проникність до CO ₂ 25С	$\cdot 10^{-13} \text{ см}^3 \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	17
Проникність до Н ₂ 25С	$\cdot 10^{-13} \text{ см}^3 \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	2.5
Проникність до N ₂ 25С	$\cdot 10^{-13} \text{ см}^3 \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	0.2
Проникність до O ₂ 25С	$\cdot 10^{-13} \text{ см}^3 \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	0.6
Проникність до Н ₂ O 25С	$\cdot 10^{-12} \cdot \text{Г} \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	3.974

Таблиця 1.7 - Рецептuru композиції [6]

Компонент	Вміст м.ч.
Вторинний ацетат целюлози	100
Гліцерин	30
стабілізатор ((2,4-ди-терт-бутилфеніл) фосфат)	2

Екструзія плівки з роздуванням є одним із видів процесів виробництва полімерів. Цей метод використовується для виробництва полімерних плівок, які зазвичай застосовують в упаковці, такій як термозбіжна, еластична, бар'єрна плівка (використовується для захисту харчових продуктів), упаковка для заморожених продуктів та пакети для покупок.

Першим кроком є розплавлення полімеру в екструдері. Полімерна сировина разом з іншими компонентами, часто у формі гранул, завантажується в бункер і подається в нагріту трубу за допомогою шнека. Шнек використовується для транспортування полімеру вниз по ній. Рецептūra поступово розплавляється. Тепловий профіль є важливою частиною екструзії, оскільки полімер може термічно деградувати при перегріванні. Коли розплавлений матеріал досягає кінця труби, він екструдується через фільтер. Саме цим екструзія плівки з роздувом відрізняється від інших процесів екструзії.[5]

Існує кілька різних типів матриць, які використовуються для екструзії плівки з роздуванням, причому найпоширенішою є кільцеподібна, яка є простою круглою матрицею. Розплавлений полімер надходить у головку матриці, а повітря впорскується через отвір у центрі матриці для радіального роздування полімеру в тонку трубку, яка у багато разів перевищує його початковий, екструдований діаметр. Саме цей етап процесу можна регулювати для досягнення бажаної товщини та ширини плівки[21].

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

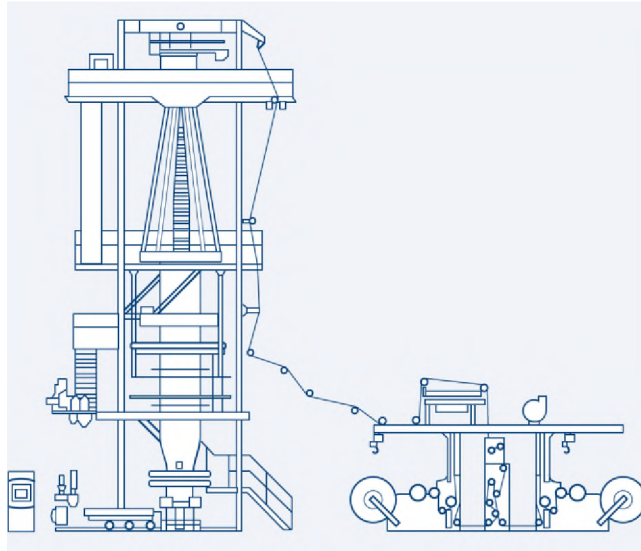


Рис. 1.1 Принципова схема екструзії з роздуванням.



Рис. 1.2 Видування рукава

Потім плівка гарячої трубки охолоджується, як правило, високошвидкісним повітрям, і тягнеться вгору за допомогою обладнання, яке називається притискними роликками. На більшості ліній плівки середнього та великого розміру ця вертикальна труба може простягатися на кілька поверхів у повітря. Коли плівка охолоджується, вона кристалізується на так званій лінії охолодження. Коли трубка досягає притискних валиків у верхній частині лінії, плівка тепер достатньо охолоджена, щоб

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

вирівнятися, і тоді її називають трубкою, що лежить пласко, або згорнутою трубкою. Потім плівка транспортується вниз за допомогою роликів для подальшої обробки (наприклад, розрізання, друку, вентиляції, перетворення в пакети) і зрештою намотується в рулони.

Існує кілька переваг виробництва плівки за допомогою процесу екструзії плівки з роздувом, включаючи можливість маніпулювати механічними властивостями кінцевого пластику на основі умов процесу та використовуваного основного полімеру. Наприклад, екструзія плівки з роздувом надуває полімер радіально, водночас витягуючи полімер вгору роликами. Ці сили розтягують полімер як у поперечному, так і в повздожньому напрямках, забезпечуючи міцність плівки. Ступінь надування та витягування можна регулювати для досягнення бажаної міцності в поперечному напрямку та напрямках витягування кінцевого продукту. Екструзія плівки з роздуванням також є універсальною та дозволяє виготовляти різноманітні одно- або багат шарові плівки з діапазоном товщини та ширини.

1.3 Обґрунтування вибору технологічної схеми виготовлення даного виду продукту та підбір основного обладнання

Технологія складається з двох основних етапів: синтез діацетату та формування плівки.

Спочатку у лабораторії контролю якості відбувається вхідний контроль якості сировини(вміст вологи, чистота реагентів). Так як сировина – відходи сигаретних фільтрів то вони можуть проходити очистку. Далі відбуватиметься процес гомогенного ацетилювання ацетилюючою сумішшю, реактор синтезу(AISI 304). Після сушки та подрібнення порошок вторинного ацетату целюлози необхідно змішати відповідно до рецептури. Для цього підійде бункер (SB15-3Б1ФК2С160М), сушилка(СРЦ-5200). Попередньо проходячи поточний контроль якості(титрування на визначення ступеня ацетилювання).

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В екструдері типу ЄПС 45*30 уже формується рукавна плівка методом видування вгору. Далі відбуваються нарізання й штамповка упаковки, операції сортування у пакеторобній машині Gur-IS BS-1100 1. У кінці продукт проходить вихідний контроль якості(тести на розрив, міцність, органолептика).



Рисунок 1.3- Принципова схема основних вузлів виробництва харчової упаковки

1.4 Висновки з аналітичного дослідження

Шляхом аналізу промислового виробництва визначено рецептуру композиції. Вибрана сировина - диацетат целюлози на основі сигаретних фільтрів з пластифікатором та гліцерином як стабілізатором. Метод синтезу-гомогенне ацетилювання. Виробництво проходитиме на власному заводі. Сама ж плівка буде виготовлена екструзією з роздувом догори і наступним різанням та штампуванням упаковки.

Характеристики продукції визначені законодавством України з урахуванням відповідних положень актів ЄС.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.ІННОВАЦІЇ

Цілями даної роботи є бажання створити якомога екологічно безпечне та ефективне виробництво. Тому інноваціями будуть виступати використання у якості джерела целюлози сигаретних фільтрів(тобто це по суті переробка відходів), пластифікатор гліцерин для покращення властивостей та виробництво самого діацетату безпосередньо на заводі з можливістю мобільно регулювати ступінь заміщення ацетатних груп а не його закупка.

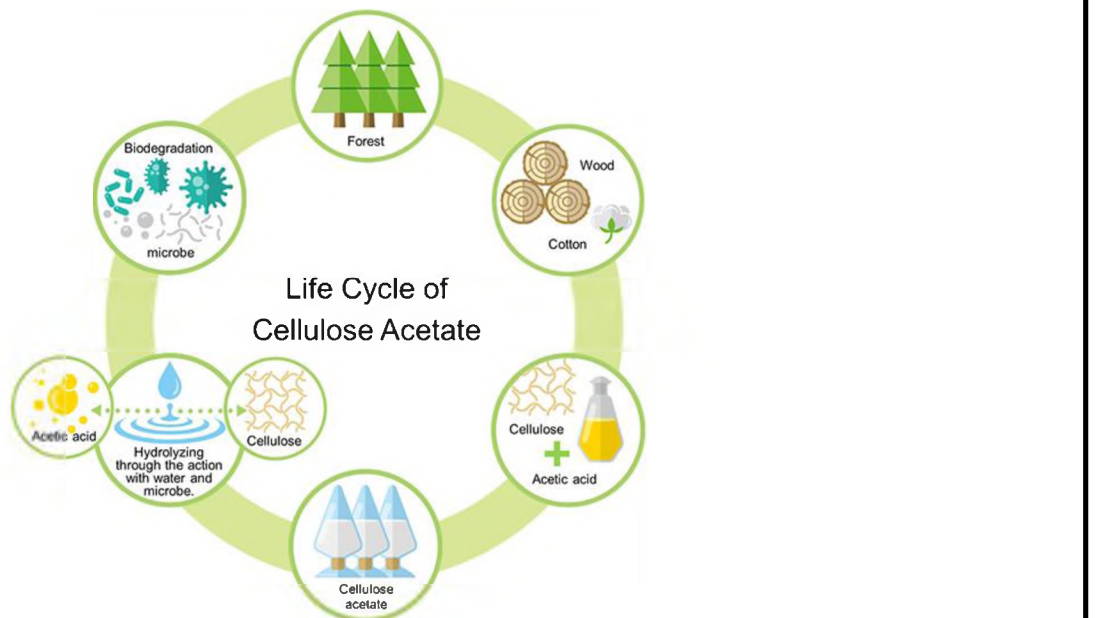


Рис. 2.1 Життєвий цикл ацетатів целюлози

ЦДА можна отримати з деяких відходів відповідним чином. Однак небагато повідомлень про безпосереднє приготування плівки ЦДА з використанням відходів волокнистих продуктів як джерела. Як важливий продукт целюлози сигаретні фільтри можна знайти всюди у повсякденному житті. Підраховано, що кількість курців становила приблизно 20 % населення Китаю і 14% дорослого населення курять сигарети в Сполучених Штатах Америки (Тімоті 2019). Згідно з попереднім повідомленням, близько 6 трильйонів сигарет викурюють щороку у світі, а сигаретні відходи складають 30 % загальний сміття в Сполучених Штатах Америки (Parker and

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Рейберн 2017). У багатьох країнах і регіонах запропонована відповідна політика та засоби збору відходів сигарет, але повторне використання зібраних відходів сигарет все ще ризиком.

Це факт, що сигаретні відходи спричинили забруднення навколишнього середовища через здатність до біологічного розкладання та токсичні речовини в сигаретних фільтрах. Повторне використання сигаретних відходів є актуальною темою в суспільства, і це привертає увагу дослідників. Тому можна використовувати їх у якості сировини. Для цього навіть немає необхідності створювати мобільні станції прийому, їх можна купити у постачальника, як і саму відпрацьовану очищену сировину(<https://www.terracycle.com/en-US/brigades/cigarette-waste-recycling>). Таке рішення, до того ж, здешевлює витрати на очищену целюлозу, не говорячи про закупку діацетатної плівки окремо.

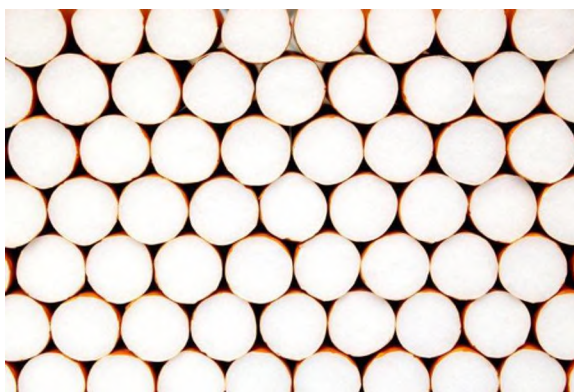


Рис. 2.2 Вторинна сировина для виробництва

Вибір гліцерину як пластифікатора пояснюється наступним чином. За даними FTIR і за результатами XRD між макромолекулами ацетату целюлози за рахунок наявності карбонільних атомів кисню з надлишковим негативним зарядом та гліцеринових “кислотних” гідрогенів утворюються водневі зв’язки, а також температура склування зразків знизилася. Крім того, кут контакту з водою зменшився від 97,6 градусів до 19,2 і паропроникність збільшилася з $1,585 \cdot 10^{-12}$ до $7,7979 \cdot 10^{-12}$ з підвищення вмісту гліцерину.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

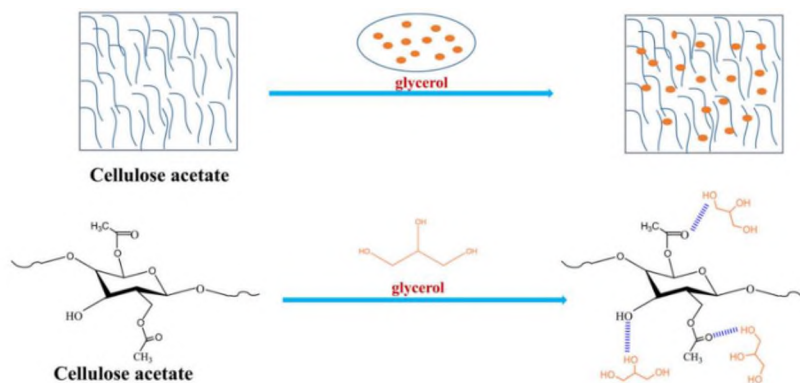


Рис.2.3 Ілюстрація реакції гліцерину та ланцюгів CDA

Вміст гліцерину мав значний вплив на морфологію, теплові властивості, механічні властивості та паропроникність підготовлених плівок.

Крім того, гліцерин призводить до утворення дрібних пор у плівках, і пори збільшуються зі збільшенням вмісту гліцерину. Важливо, що гліцерин покращив механічні властивості плівок. При вмісті гліцерину 30%, підготовлена плівка з подовженням при розриві 24% мала найвищу міцність на розрив 24,3 МПа. Однак при вмісті гліцерину більше 30%, міцність на розрив різко знизилася і подовження при розриві продовжувало збільшуватися.

Зразок	Міцність на розрив, МПа	Проникність водяної пари($\text{г} \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$)
Діацетат целюлози	18,6	$1.585 \ 9 \ 10^{-12}$
Діацетат целюлози + 30% гліцерину	24,3	$3.974 \ 9 \ 10^{-12}$

Таблиця 2.1 Порівняння ключових властивостей рецептури і чистої плівки

3.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис вибраної технологічної схеми виробництва та фізико-хімічних процесів що відбуваються в основному обладнанні.

В цій роботі обґрунтовано синтез основної сировини - вторинного ацетату целюлози, до того ж розроблено технологічну лінію формування плівки методом видування рукава з подальшим виготовленням харчової біорозкладної упаковки.

Обраний метод синтезу діацетату ацетату целюлози – гомогенне ацетилювання у присутності оцтового ангідриду. В результаті отримується білий порошок з вмістом води до 3х відсотків.

Для виробництва упаковки застосована екструзійна лінія(роздування плівки з черв'ячної машини у вигляді тонкостінного циліндра) і апарат для штампування харчової упаковки.

Основні етапи технологічного процесу:

- Прийом сировини, вхідний контроль якості у лабораторії;
- підготовка сировини (доставка, замішування розчинів) ;
- дозування реагентів у відповідні ємності;
- завантаження целюлози зі вторинної сировини в апарат для набрякання;
- реакція естерифікації ацетатом в реакторі;
- гідроліз надлишкових ацетатних груп;
- висадження вторинного ацетату целюлози;
- подрібнення та сушка порошку, проміжний контроль якості;
- підготовка композиції для завантаження у екструдер;
- формування і роздув рукава, охолодження;
- нарізання упаковки;
- сортування продукту, вихідний контроль якості;

Зі складів реагенти та сировина подаються в цех на підготовку. Після синтезу діацетату його транспортують на лінію виготовлення упаковки.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оригінальність цієї схеми в тому, що синтез діацетату проходить із вторинної сировини а його перетворення на упаковку проходить на одному і тому ж заводі, завдяки чому можна зберегти екологію, зменшити собівартість, і використовувати “свіжіший” якісний матеріал з можливістю мобільно модифікувати склад його замісників.

3.1.1 Синтез вторинного ацетату целюлози

Вторинну целюлозу направляють в апарат для набрякання. У ньому при 90 - 100 °С протягом 20-30хв перемішуванні до целюлози додають льодяну оцтову кислоту у кількості 40-50% по масі сухої целюлози.[11] Це необхідно тому що реакція відбувається в дифузійно- контрольованій області(тобто залежить від перемішування сильніше ніж від температури) і для гарного проникнення ацетилюючого агенту та прискорення процесу у 8-10 разів ошуркам целюлози необхідно набрякнути. Вода не використовується, так як оцтовий ангідрид з нею реагує що призводить до збільшення його кількості.

Як апарат для набрякання обрана поліпропіленова(чи інша аналогічна композитна) ємність із рамною мішалкою. Об'ємом 5-10 м³.



Рисунок 3.1 - Апарат для набрякання

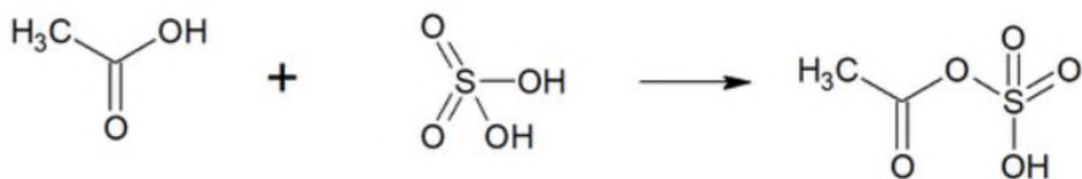
Вибір апарату такого типу зумовлений нижчою собівартістю, мобільністю при установці устаткування. Такі ємності з композитного пластику сильно простіші в експлуатації порівняно з важкими металічними (мийка, монтаж,

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

перестановка). Вони мають більший строк експлуатації і низькі теплові втрати. Рамна мішалка забезпечує перемішування в'язких розчинів та суспензій. Невеликий розмір мертвої зони регулюється необхідним радіусом імPELLерів на валу.

Реакція ацетилювання проходить у реакторі виготовленому переважно з бронзи або нержавіючої сталі. Температур в реакторі спочатку підтримується на рівні 35°C та 40-42°C вкінці. Глибина протікання процесу контролюється в'язкістю продукту, з мірної ємності напрямляють 50% оцтову кислоту до рівня 15-20% по масі води в реакційному середовищі.

Для цього використовують трьохкомпонентну суміш ацетилювання - сірчана кислота (в якості каталізатору), оцтовий ангідрид (безпосередньо ацетилюючий агент) і дихлорметан як розчинник. Вважається, що при ацетилюванні целюлози оцтовим ангідридом за наявності оцтової кислоти утворюється ацетилоксисульфенова кислота:



Ацетилоксисульфенова кислота є нестійкою сполукою, а тому добрим ацетилюючим агентом і при взаємодії з целюлозою призводить до утворення ацетату целюлози з побічним виділенням сірчаної кислоти:

Сульфатна кислота і далі вступає у реакцію з оцтовим ангідридом і процес знову повторюється.

При додаванні дихлорметану процес протікає у гетерогеній суміші, поступово переходячи в гомогенну. Надалі після контрольованого гідролізу отримують ацетат целюлози.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реактор виробляється і нержавійки маркою AISI 304, найбільш підходящий та оптимальної по ціні й властивостям. Об'ємом до 8м³ . Мішалка обрана з трьохімPELLерними лопатями.



Рисунок 3.2 - Реактор синтезу

Час ацетилювання зменшується, при більшому ступені набрякання та більшій кількості каталізатору.

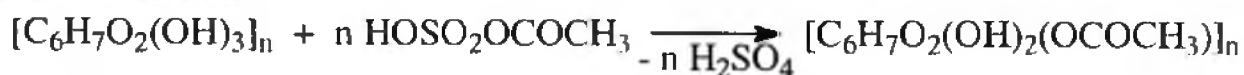
Реакція ацетилювання екзотермічна (за рахунок взаємодії оцтового ангідриду з водою також). Температура процесу залежить від ступеня полімеризації вхідної сировини і ступеня заміщення отриманого ацетату целюлози. При ацетилюванні каталізатором сульфатною кислотою температуру не слід підвищувати більше 35°C. При використанні кількості каталізатору 1,5-2 % по масі температуру можна підвищити до рівня 55-60 °C

При такій температурі 57-60°C протягом 180 хв у реакторі проходить гідроліз триацетату целюлози до діацетату целюлози. Після чого температуру понижують до 45-50°C і утворену суміш зливають у висаджувач для продовження гідролізу при 55-56°C.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потім при 80-85°C додають розчин натрій ацетату для нейтралізації, осаджують продукт 10%м розчином оцтової кислоти який надходить з мірника й відганяють дихлорметан. Пари дихлорметану збирають у холодильнику і направляють до ємності .

Процес “дозрівання” (гідролізу первинного ацетату) проходить так:



При цьому поступово змінюються ступінь заміщення та в'язкість розчину.

Далі вторинний ацетат самоплином проходить у апарат на подрібнення та сушку.

Задля холодильника можна вибрати чотирьохпотоковий вертикальний кожухотрубний теплообмінник McMillian з обмінною поверхнею 15 м²)

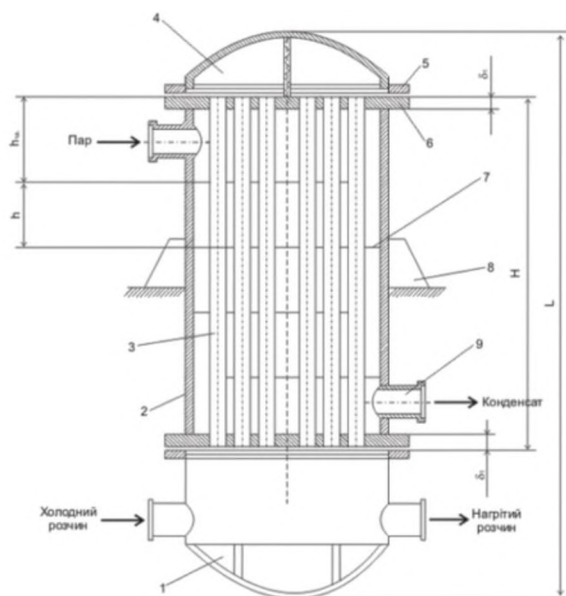


Рисунок 3.3 – Конденсатор парів метилену

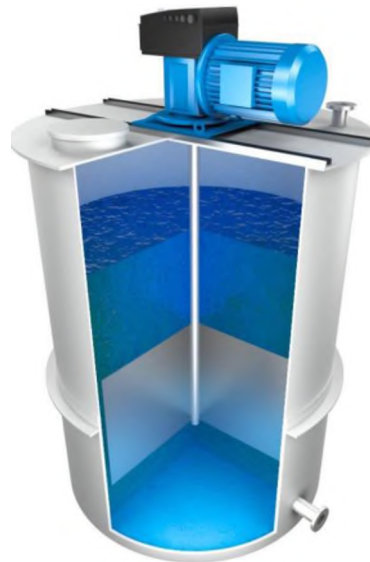


Рисунок 3.4 – Бункер для холдингу та апарат для висадження

Для зберігання рідких реагентів використовують холдер марки SB15-ЗБ1ФК2С160М. Холдер складається з металевого каркасу у який розміщено пластиковий резервуар.

Для висадження використовується циліндрична ємність з мішалкою на електромеханічному приводі на основі полімерного композиту. Мішалка безшумного типу облаштована двома лопатями прямокутної форми. При установці в ємність, можлива постановка даного комплексу на декількох рівнях по висоті для більш якісного перемішування суміші. Застосування таких технологічних ємностей у хімічній промисловості, допомагає одержати не тільки грубі емульсії, а й суспензії з вмістом твердих часточок до 90%. Завдяки використанню даних мішалок отримують суспензії волокнистих матеріалів, забезпечуючи рівномірне розчинення кристалічних і волокнистих речовин на не високих обертах.

Подрібнювання перетікає у спеціальному подрібнювачі для пульпи, що допомагає отримати гомогенізовану суспензію.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 – Подрібнювач для пульпи

Висушування суспензії вторинного ацетату целюлози проводиться в розпилювальній центробіжній сушарці.

Щоб зневоднити концентровані розчини, емульсії, пасти, суспензії застосовують саме такі розпилювальні сушарки. Відцентрові дискові розпилювачі слугують для розпилення субстрату. Це призводить до стрімкого збільшення площі поверхні матеріалу. Гаряче повітря чи димові гази потрапляють в камеру для сушіння по прямоточній або протиточній системі та відводяться з неї через спеціальний канал. Висушений матеріал (сушка займає мало часу) падає вниз і захоплювальним пристроєм виводиться з камери. Так як гарячі гази виступають сушильними агентами, внаслідок швидкості процесу матеріал не перегрівається і не пересихає.

Сама розпилююча сушилка являє собою корпус циліндричної форми(частіше зі сталі чи алюмінію) з плоскою кришкою і конічним дном. Усередині якої розташовано розпилювальний пристрій. Сушилка з типом центробіжного розпилювання має марку СРЦ-5200(продуктивністю до 5200 кг/год по вихідному матеріалу):

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

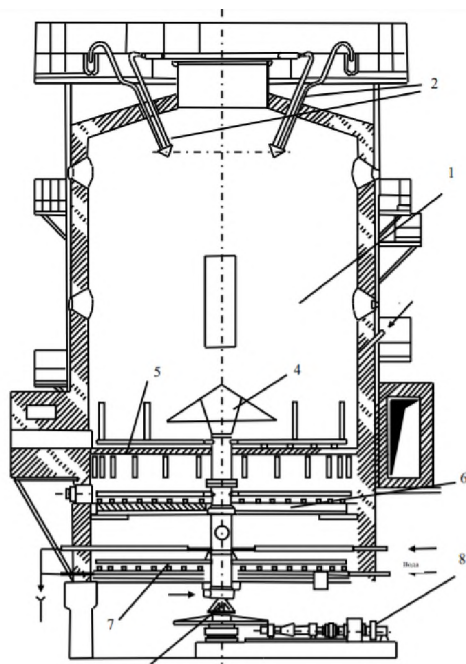


Рисунок 3.6 – Сушарка з розпилювальним диском

3.1.2 Технологія упаковки

Підготовка розтопу. Головним робочим тілом одночерв'ячного екструдера є безпосередньо черв'як, що обертається в циліндрі. Основні функції черв'яка: доставка розплаву сировини між зонами, перемішування сировини і створення необхідного тиску, щоб відбувалося формування плівки.

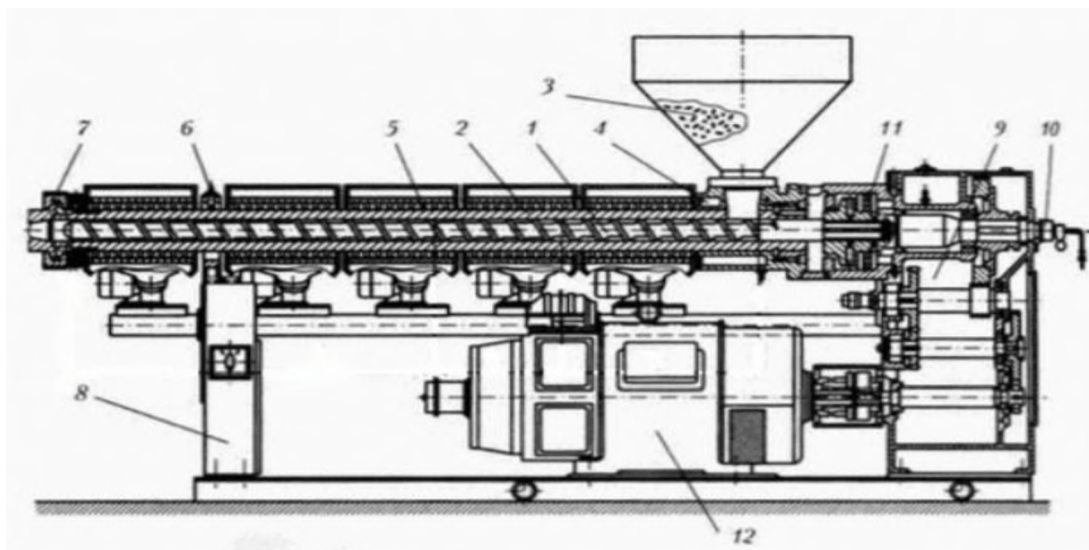


Рисунок 3.7 – Принципова схема одночерв'ячного екструдера .

Одночерв'ячний екструдер (рис.) влаштований наступним чином. Полімерна композиція у вигляді порошку поступає до циліндра 2 через бункер 3, далі її захоплює черв'як 1 і продавлює до головки 7.

Встановлені на циліндрі нагрівачі разом з вентиляційними пристроями 5 забезпечують необхідний температурний режим та умови подачі полімерної композиції. Хладагент по каналах 4 охолоджує циліндр поблизу завантажувальної зони, термопари 6 забезпечують контроль температури. Черв'як приводиться у рух за допомогою електромеханічного приводу, який складається з редуктора 9 та електродвигуна.

Залежно від фізичного стану полімеру, а також від того, які перетворення відбуваються у черв'ячній машині, можна розрізнити 3 робочі зони: завантаження, плавлення і дозування.

Зона завантаження – це зона, в яку полімер у вигляді порошку подається з бункера, а далі його захоплює нарізка черв'яка і зміщує по циліндру.

Зона плавлення – це зона, в якій починається перехід полімера з твердого у в'язкотекучий стан. Там розплав утворюється внаслідок теплоти тертя й контактного теплообміну. Від обраного та встановленого у цій зоні тиску, температурного режиму та швидкості залежить безпосередньо поява розплаву.

Зона дозування – це зона, в якій розплав продавлюється до формуючої головки.

Формування заготовки .

Потік розплавленого полімеру переміщується з екструдера до трубної головки, а потім витискається через кільцевий циліндричний формоканал, де безпосередньо і відбувається формування заготовки плівки. Під час формування плівкового волокна на полімер у в'язкотекучому стані з усіх сторін мають вплив розтягуючі зусилля макромолекул. Цей процес, зі свого боку, впливає на утворення ланцюгів і виникаючих надмолекулярних утворень в залежності від напрямку витягування. Таким чином відбувається орієнтація. Сегменти макромолекул рухається один відносно одного без значного розтягнення через те, що температура розплаву вища за точку топлення і полімер легко розтягується.

Формоутворення рукава.

Утворення плівки з розтопу проходить в умовах її безпосереднього охолодження і витягування за відсутності контакту з обмежуючими поверхнями. Витягування здійснюється тягнучим пристроєм, а сам рукав роздуває стиснене повітря. Спочатку плівка, яка витискується з головки, є прозорою, але потім на деякій відстані від головки відбувається кристалізація, вона каламутніє. Уявну лінію Н, котра розділяє прозору і каламутну частини рукава домовилися називати “лінією кристалізації”, далі за яку подальшого

роздуву не відбувається і форма пухиря залишається сталою з діаметром D . Таким чином рукавна плівка на цьому етапі переходить зі стану в'язкого розплаву у стан твердого розплаву. [13]

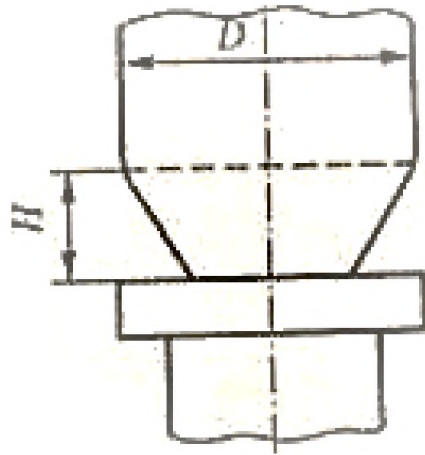


Рисунок 3.8 – Форма рукава в зоні роздування плівки

Охолодження рукава. В цьому проекті застосована повітряна система охолодження з подачею догори. До даного комплексу входять вентилятор що нагнітає повітря в охолоджуюче кільце, складальний та тягнучий пристрої, які завершують комплекс формоутворення рукавної плівки. Повітря від вентилятора потоком потрапляє в охолоджувальне кільце через повітропровід щоб потім, рівномірно заповнити камеру кільця і виходить із зазору кільця до рукава. Роздув рукава до необхідних розмірів теж відбувається за допомогою повітря, яке поступає через канал головки. Підготовлений охолоджений рукав витягує спеціальний тянучий прилад. Циліндрична форма рукава переходить у пласку за дії складального пристрою.

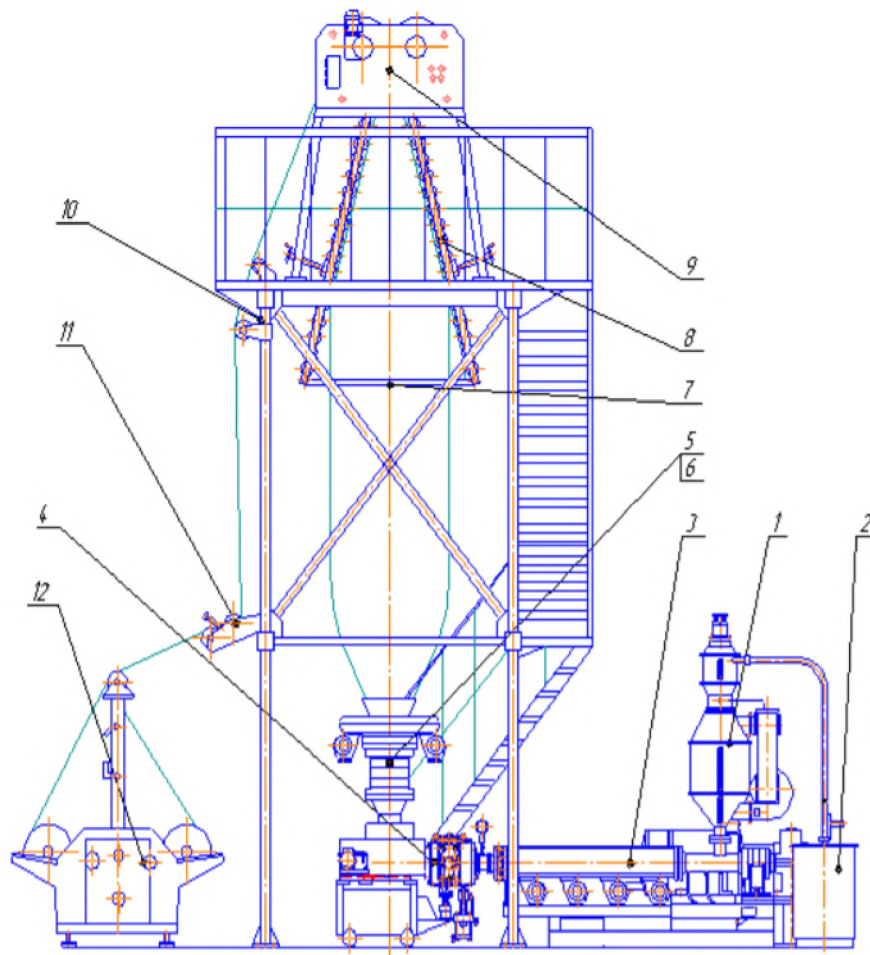


Рисунок 3.9 – Повітряна система охолодження плівки

Намотування плівки. Формування рулону з плівки проводиться на станках для намотування периферійного типу шпуля. Конструкція станка утворена станиною, відхиляючими роликами, ножом для різки рукава, тягнучими валками з регулюючим електромеханічним приводом, двома приводящими барабанами, важелями для кріплення та 2ма рулонами.

Рукавна плівка у складеному вигляді за рахунок відхиляючого ролика потрапляє на ніж, який зрізає краї рукава симетрично. Тягнучі валки розділяють рукав на два полотна, які відхиляються роликами та потрапляють у проміжок між барабанами і рулонами. В пазах важелів закріплені штанги зі шпулями, це все фіксується паралельно осі барабанів. Збільшуючись у діаметрі рулони штанги проходять в такому ж положенні по рейках нарізання змінюючи

кут нахилу. Досягнувши відповідного розміру рулон завантажується на прийомник важелями, із гідродемпферами для гасіння удару.

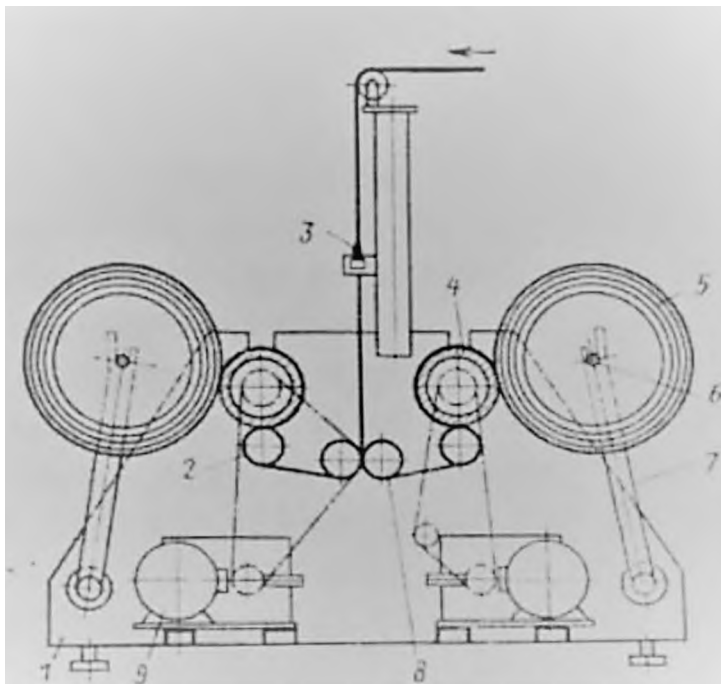


Рисунок 3.10 – Схема намотувального станка периферійного типу

Формування харчової упаковки. Штамповка упаковки відбувається на пакеторобній машині Gur-IS BS-1100 1 (рис.).



Рисунок 3.11 – Пакеторобна машина

Це швидкісна машина для штамповки пакетів типу харчові в авто- режимі. Призначена для виготовлення пакетів у мультипоточному режимі. Обладнана сервоприводом для регулювання довжини пакетів, датчиком відмічання,

конвеєром для прийому. Машина нарізає пакети гарячим різання, при цьому зварюється донний шов пакету і він відрізається, що дозволяє отримувати продукт високої міцності.

3.2 Матеріальний баланс

3.2.1 Визначення фонду часу роботи обладнання

– Розрахунок режимного фонду часу роботи обладнання:

$$T_{\text{реж}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{св.і вих.}} = 365 - 115 = 250 \text{ діб,}$$

де $T_{\text{кал}}$ - календарний фонд часу, 365 діб;

$T_{\text{св.і вих.}}$ – кількість святкових та вихідних днів, 115.

– Ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$T_{\text{еф}} = ((T_{\text{реж}} - T_{\text{рем}}) \cdot T_{\text{зм}} - T_{\text{скр}} \cdot \tau_{\text{скр}}) \cdot K_{\text{зм}}, \text{ год,}$$

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{реж}} - T_{\text{рем}} = 250 - 10 = 240 \text{ діб,}$$

$$T_{\text{еф}} = ((250 - 10) \cdot 8 \cdot 7 \cdot 1) \cdot 2 = 3826 \text{ год,}$$

де $T_{\text{реж}}$ – режимний фонд часу, 250 діб;

$T_{\text{рем}}$ – час, необхідний для ремонту обладнання, 10 діб;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, 8 годин

$T_{\text{скр}}$ – кількість скорочених робочих днів, 7 днів;

$\tau_{\text{скр}}$ – час скорочення зміни в передсвяткові дні, 1 година;

$K_{\text{зм}}$ – кількість змін, 2 зміни.

– Коефіцієнт використання обладнання в часі.

$$\eta = \frac{T_{\text{еф}}}{T_{\text{реж}}} = \frac{3826}{250 \cdot 24} = 0,64$$

3.2.2 Складання матеріального балансу:

Розрахунок нормативного витратного коефіцієнта на виробництво 1000 м погонного плівки

$$K_p = 1 + (K_{\text{рл}} + K_{\text{рв}} + K_{\text{рпв}} + K_{\text{рнв}}) = 1 + (0,0005 + 0 + 0 + 0,0078) = 1,0083,$$

де K_p – нормативний витратний коефіцієнт;

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

40

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$K_{рл}$ – коефіцієнт, що враховує виділення летючих продуктів в процесі виробництва;

$K_{рв}$ - коефіцієнт, що враховує витрати при різанні виробів;

$K_{рпв}$ - коефіцієнт, що враховує переробку відходів;

$K_{рнв}$ - коефіцієнт, що враховує невикористані технологічні відходи.

$$K_{рл} = 0,0005 (0,05\%)$$

$$K_{рв} = 0;$$

$$K_{рпв} = 0;$$

$$K_{рнв} = 0,0078 (0,78\%)$$

Основна сума нормативних коефіцієнтів

$$K_{осн} = (K_{рл} + K_{рв} + K_{рпв} + K_{рнв}) = 0,0005 + 0 + 0 + 0,0078 = 0,0083$$

Розрахунок норм витрат сировини на виробництво 1000 погонних метрів плівки

$$H_p = K_p \cdot a \cdot b \cdot \rho = 1,0083 \cdot 1129,05 \cdot 15 \cdot 0,02 \cdot 0,0001 = 0,03474 \text{ т},$$

де b – товщина, см;

a – довжина, см;

ρ – густина матеріалу, кг/см³

Розрахунок норм витрат сировини на 1 погонний метр плівки становить

$$H_{рп} = H_p / 1000 = 40 / 1000 = 0,03474 \text{ кг}$$

Річна норма сировини

$$Q_{річ} = H_{рп} \cdot N = 0,03474 \cdot 720000 = 25015 \text{ кг} = 25,015 \text{ т},$$

де N – кількість виробів, що випускаються за рік, погонних метрів

Розрахунок маси 1 погонного метра плівки

$$m_{мпл} = a \cdot b \cdot \rho \cdot 100 = 0,02 \cdot 15 \cdot 1129,05 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,033 \text{ кг}$$

Маса плівки, що випускається за 1 рік

$$M = m_{мпл} \cdot N / 10^3 = 0,033 \cdot 720000 / 10^3 = 23,76 \text{ т}$$

Визначення основних технологічних витрат при виготовленні плівки

$$B = Q_{річ} - M = 25,015 - 23,76 = 1,255 \text{ т}$$

Визначення окремих технологічних витрат;

а) Витрати на виділення летючих продуктів в процесі екструзії

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_{\text{рл}} = B \cdot K_{\text{рл}} / K_{\text{осн}} = 1,255 \cdot 0,0005 / 0,0083 = 0,75 \text{ т}$$

б) Витрати на невикористані технологічні відходи

$$x_{\text{рнв}} = B \cdot K_{\text{рнв}} / K_{\text{осн}} = 1,255 \cdot 0,0078 / 0,0083 = 0,68 \text{ т}$$

Таблиця 3.2.1 – Матеріальний баланс виробництва

Сировина			
Прихід		Витрати	
Компонент	т/рік	Компонент	т/рік
Вторинний діацетат	18,95	На 720000 погонних метрів	23,76
Пластифікатор	5,685	Летких комп.	0,075
Стабілізатор	0,38	невикористані технологічні відходи	1,18
Всього:	25,01	Всього:	25,01
	5		5

3.2.3 Складання погодинного матеріального балансу

Ефективний річний фонд роботи обладнання $T_{\text{еф}}=240$ днів. За цей час випускається 28080 кг продукції.

За місяць:

$$X_{\text{міс}} = \frac{Q}{12} = \frac{23760}{12} = 1980 \text{ кг}$$

За добу:

$$X_{\text{день}} = \frac{X_{\text{міс}}}{20} = \frac{1980}{20} = 99 \text{ кг}$$

За зміну:

$$X_{\text{зм}} = \frac{X_{\text{день}}}{2} = \frac{99}{2} = 49,5 \text{ кг}$$

За годину:

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{\text{год}} = \frac{X_{\text{зм}}}{8} = \frac{49,5}{8} = 6,1875 \text{ кг}$$

Аналогічно вираховуємо маси відходів, що утворюються за ці проміжки часу.

Леткі відходи:

За місяць:

$$L_{\text{міс}} = \frac{L_{\text{річ}}}{12} = \frac{75}{12} = 6,25 \text{ кг}$$

За добу:

$$L_{\text{ден}} = \frac{L_{\text{міс}}}{20} = \frac{6,25}{20} = 0,3125 \text{ кг}$$

За зміну:

$$L_{\text{зм}} = \frac{L_{\text{ден}}}{2} = \frac{0,3125}{2} = 0,156 \text{ кг}$$

За годину:

$$L_{\text{міс}} = \frac{L_{\text{зм}}}{8} = \frac{0,156}{8} = 0,02 \text{ кг}$$

Невикористані технологічні відходи

За місяць:

$$P_{\text{міс}} = \frac{P_{\text{річ}}}{12} = \frac{1180}{12} = 98,3 \text{ кг}$$

За добу:

$$P_{\text{ден}} = \frac{P_{\text{міс}}}{20} = \frac{98,3}{20} = 4,9 \text{ кг}$$

За зміну:

$$P_{\text{зм}} = \frac{P_{\text{ден}}}{2} = \frac{4,9}{2} = 2,45 \text{ кг}$$

За годину:

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$П_{\text{год}} = \frac{П_{\text{зм}}}{8} = \frac{2,45}{8} = 0,31\text{кг}$$

Отримані дані вносимо до таблиці 3.2.2

Таблиця 3.2.2 – Машинозйом

Скла д	Втрати та витрати, кг			
	Годи на	Змін а	Доба	Місяц ь
Плівк а	6,187 5	49,5	99	1980
Леткі відходи	0,02	0,156	0,312 5	6,25
Неви к. техн. відходи	0,31	2,45	4,9	98,3
Всього о	6,517 5	52,10 6	104,2 1	2084,5 5

Заходи з економії сировини та матеріалів наступні:

- Максимальне використання технологічних відходів виробництва;
- Розвиток безвідходної технології;
- Автоматизація технологічного процесу;
- Налагоджена ритмічна робота постачання відходів на лінію переробки;

3.2.4 Розрахунок кількості основного та допоміжного обладнання

Розрахункова кількість одиниць основного виробничого устаткування визначається за формулою:

$$E = \frac{T}{0,93T_{\text{еф}}},$$

де T – річний фонд часу роботи обладнання, що витрачається на виконання річної програми, машино-годин;

$T_{\text{еф}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

0,93 – коефіцієнт, що враховує втрати часу на обслуговування робочого місця та обладнання.

Річний фонд часу роботи обладнання:

$$T = \frac{N \cdot t}{3600},$$

де N – річна програма (виробнича потужність), тон;

t – час витрачений на виготовлення однієї шт , с.

$$T = \frac{720000 \cdot 2}{3600} = 400 \text{ м/год}$$

$$E = \frac{400}{0,93 \cdot 3826} = 0,12$$

Таким чином, для виконання річної програми по виробництву 720000 шт на рік необхідно встановити одну лінію.

2.3 Розрахунок технологічних та конструкційних параметрів виробництва

2.3.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка[4]

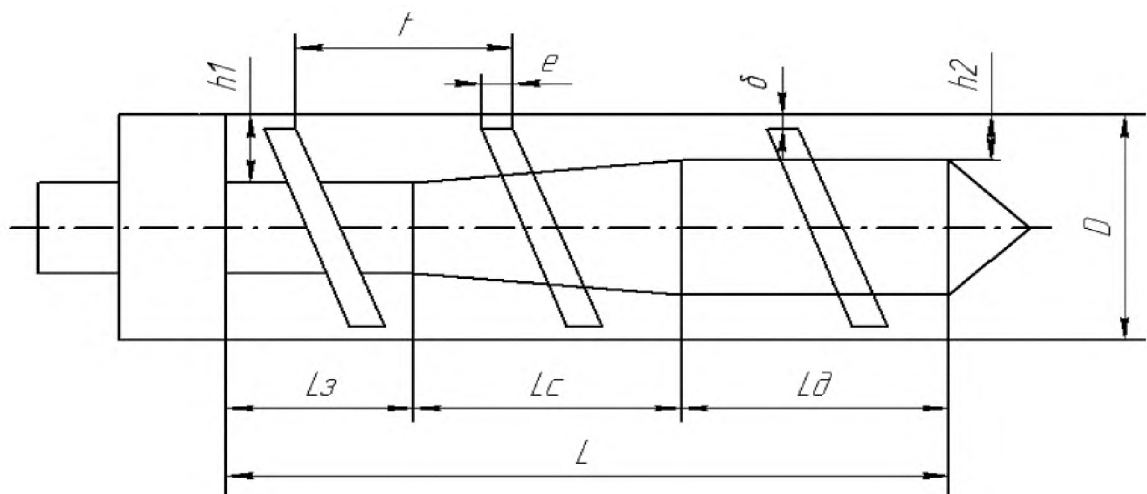


Рисунок 3.12 Принципова схема черв'яка

За заданими розмірами черв'яка 45х20 визначаємо геометричні параметри:

$$D = 45 \text{ мм.}$$

Робоча довжина черв'яка, L

$$L = 45 \cdot 20 = 900 \text{ мм}$$

Довжина зони дозування, L_d

$$L_d = 0,6L = 0,6 \cdot 900 = 540 \text{ мм}$$

Довжина зони завантаження, L_z

$$L_z = 0,25L = 0,25 \cdot 900 = 225 \text{ мм}$$

Довжина зони пластикації, L_c

$$L_c = L - L_d - L_z = 900 - 540 - 225 = 135 \text{ мм}$$

Крок витків, t

Крок нарізки витків приймаємо рівним діаметру черв'яка

$$t = D = 45 \text{ мм}$$

Ширина витка, e

$$e = 0,1D = 0,1 \cdot 45 = 4,5 \text{ мм}$$

Глибина нарізки в зоні завантаження, h_1

$$h_1 = 0,12D = 0,12 \cdot 45 = 5,4 \text{ мм}$$

Діаметр сердечника в зоні завантаження, d_1

$$d_1 = D - 2h_1 = 45 - 2 \cdot 5,4 = 34,2 \text{ мм}$$

Глибина нарізки в зоні дозування, h_2

$$h_2 = 0,5 \left(D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i}(D - h_1)} \right)$$

i – степінь стиснення матеріалу; $i = 2,5$

$$h_2 = 0,5 \left(45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 \cdot 5,4}{2,5}(45 - 5,4)} \right) = 1,99 \text{ мм}$$

Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування, d_2

$$d_2 = D - 2h_2 = 45 - 2 \cdot 1,99 = 41,02 \text{ мм}$$

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

46

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Проміжок між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу, δ

$$\delta = 0,002D = 0,002 \cdot 45 = 0,09 \text{ мм}$$

2.3.2 Визначення частоти обертання черв'яка

В залежності від виду полімеру, що переробляється і типу виробу є рекомендації щодо середньої швидкості деформації матеріалів, що перевірені в реальних умовах переробки.

Частоту обертання черв'яка можна визначити із рівняння

$$n = \gamma \cdot h / \pi D,$$

де n – частота обертання черв'яка, с^{-1} ;

h – глибина каналу черв'яка в зоні дозування, мм;

D – діаметр черв'яка, мм.

$$n = \frac{180 \cdot 1,99}{3,1415 \cdot 45} = 2,53 \text{ с}^{-1}$$

Приймаємо максимальну частоту обертання черв'яка (частоту холостого ходу) 2,53 об/с. Практично максимально стійкою (без пульсацій) частотою обертання черв'яка під навантаженням є 1,52 с^{-1} (приблизно 60% від максимальної холостого ходу). На вказаній частоті виконується решта технологічних розрахунків.

2.3.3 Визначення геометричних характеристик формуючої головки

Основною геометричною характеристикою формуючої голівки є її загальна константа опору K , що визначається як сума коефіцієнтів опору окремих простих по геометрії ділянок.

Матеріал при проходженні голівки проходить через такі канали:

- Конічний із зменшенням діаметру на вході
- Кільцевий конічний
- Кільцевий циліндричний
- Кільцевий конічний

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-Циліндричний

-Кільцевий циліндричний

Конічний канал із зменшенням діаметру на вході

$$K = \frac{3 \cdot \pi \cdot d_0^3 \cdot d_1^3}{128 \cdot L \cdot (d_0^2 + d_0 \cdot d_1 + d_1^2)}$$

Циліндричний

$$K = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L}$$

Для конічного каналу із зменшенням діаметру на вході із розмірами:

$L = 30$ мм;

$d_0 = 63$ мм;

$d_1 = 30$ мм.

$$K = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 63^3 \cdot 30^3}{128 \cdot 30 \cdot (63^2 + 63 \cdot 30 + 30^2)} = 2450,319 \text{ мм}$$

Для кільцевого конічного

$l=40$ мм $R_1=10$ мм $R_2=12,5$ мм $\delta_1=9$ мм $\delta_2=9$ мм

$$K = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6Lw}$$

$$w = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1\delta_2 - R_2\delta_1} \right)^2 \ln \left(\frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1} \right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2}$$
$$K_6=106,91 \text{ мм}^3$$

Для кільцевого циліндричного(усереднено радіус)

$$K = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12l}$$
$$K_{11}=357 \text{ мм}^3$$

$l=110$ мм $R_1=70$ мм $R_2=80$ мм

Для циліндричного каналу із розмірами:

$d = 30$ мм;

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = 448 \text{ мм.}$$

$$K = \frac{3,1415 * 30^4}{128 * 448} = 44,4 \text{ мм}^3$$

Для кільцевого конічного

$$l=38\text{мм} \quad R_1=105\text{мм} \quad R_2=132\text{мм} \quad \sigma_1=2\text{мм} \quad \sigma_2=5\text{мм}$$

$$K = \frac{\pi(R_1\sigma_2 - R_2\sigma_1)}{6Lw}$$

$$w = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1\sigma_2 - R_2\sigma_1} \right)^2 \ln \left(\frac{R_1\sigma_2}{R_2\sigma_1} \right) - \frac{(R_1 - R_2)(\sigma_1 - \sigma_2)}{(R_1\sigma_2 - R_2\sigma_1)\sigma_1\sigma_2} - \frac{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}{2\sigma_1^2\sigma_2^2}$$

$$K_6 = 44.22 \text{ мм}^3$$

Для кільцевого циліндричного каналу із розмірами:

$$R_H = 77 \text{ мм;}$$

$$R_B = 40 \text{ мм;}$$

$$L = 20 \text{ мм.}$$

$$K = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12l}$$

$$K_{13} = 56,7 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт геометричної форми головки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \dots + \frac{1}{K_n}}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{2450.319} + \frac{1}{44.4} + \frac{1}{106.91} + \frac{1}{357} + \frac{1}{44.22} + \frac{1}{56.7}} = 13.28 \text{ мм}^3$$

2.3.4 Визначення продуктивності черв'ячного пресу

Із теорії екструзії відома одна із основних умов сумісної роботи зон завантаження, стиску і дозування екструдера – це рівність продуктивностей (масових витрат) по вказаним зонам. Виходячи з цього, продуктивність може розраховуватись по зоні дозування, так як вона є найбільш вивченою, і останньою, яка визначає продуктивність екструдера.

Частота обертання черв'яка $n = 1,52 \text{ c}^{-1}$

Кут нахилу нарізки черв'яка

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot (D - h_2)} = \arctg \frac{45}{3,14 \cdot (45 - 1,99)} = 18,42$$

де t - крок витків черв'яка, мм; D - діаметр черв'яка, мм; h_2 - глибина нарізки черв'яка в зоні дозування, мм.

Коефіцієнт прямого потоку

Оскільки $z = 1$, то

$$\alpha = \frac{\pi \cdot z \cdot D \cdot h_2 \cdot \left(\frac{t}{z} - e\right) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 45 \cdot 1,99 \cdot \left(\frac{45}{1} - 4,5\right) \cdot 0,9}{2} = 5127 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт оберненого потоку

$$\beta = \frac{z \cdot h_2^3 \cdot \left(\frac{t}{z} - e\right) \cdot \cos^2 \varphi}{12 \cdot L_d} = \frac{1 \cdot 1,99^3 \cdot \left(\frac{45}{1} - 4,5\right) \cdot 0,9}{12 \cdot 540} = 0,044 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт потоку втрат

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^2 \cdot \tg \varphi}{10 \cdot e \cdot L_d} = \frac{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 0,09^2 \cdot 0,33}{10 \cdot 4,5 \cdot 540} = 0,0022 \text{ мм}^3$$

Об'ємна продуктивність:

$$Q = \frac{\alpha \cdot n \cdot K}{K + \beta + \gamma} = \frac{5127 \cdot 1,52 \cdot 13,28}{13,28 + 0,044 + 0,0022} = 7766 \text{ мм}^3/\text{с}$$

Вагова продуктивність:

$$П = Q \cdot 3600 \cdot \rho = 7766 \cdot 3600 \cdot 1300 \cdot 10^{-9} = 36,34 \text{ кг/год,}$$

де ρ – густина розплаву, кг/м^3 , $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$

2.3.5 Визначення потужності приводу черв'яка[12]

При визначених раніше частотах обертання черв'яка екструдер працює в основному на енергії приводу, за рахунок якої відбувається плавлення гранул.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_d = 32 \cdot 10^5 \cdot G_{MM} \cdot (T_p - T_0), \text{ кВт}$$

$$G_{MM} = G_M \cdot 0,6$$

де G_{MM} – максимальна практична продуктивність екструдеру, кг/год; T_p – температура розплаву полімеру, °C; T_0 – температура матеріалу, що поступив на переробку, °C.

$$G_M = 0,6 \cdot 36,34 = 21,8$$

$$N_d = 32 \cdot 21,8 \cdot (180 - 25) = 108,2 \text{ кВт}$$

Двигун постійного струму вибираємо з ряду двигунів потужністю 110 кВт.

2.4 Тепловий розрахунок[14]

Метою розрахунку є визначення теплового потоку Q , перевірити його на відповідність умові $Q > N_{\text{нагр}}/10$, та розрахувати кількість води необхідної для охолодження екструдеру. Для розрахунку необхідно мати наступні вихідні дані:

Температура матеріалу в завантажувальній воронці $t_n = 25^\circ\text{C}$;

Температура матеріалу в середині корпусу $t_k = 60^\circ\text{C}$;

Температура води на вході $t_{\text{вх}} = 18^\circ\text{C}$;

Температура води на виході $t_{\text{вих}} = 40^\circ\text{C}$;

Внутрішній радіус каналу $r_{\text{вн}} = 41,5 \text{ мм}$;

Зовнішній радіус каналу $r_3 = 56,5 \text{ мм}$.

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = (\Delta t_6 - \Delta t_M) / \ln(\Delta t_6 - \Delta t_M)$$

$$\Delta t_6 = t_k - t_{\text{вх}} = 60 - 18 = 42^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_M = |t_n - t_{\text{вих}}| = |25 - 40| = 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = 35,28^\circ\text{C}$$

Площа перетину каналу, м^2 :

$$f = \pi \cdot r_3^2 - \pi \cdot r_{\text{вн}}^2 = 3,14 \cdot 0,0565^2 - 3,14 \cdot 0,0415^2 = 0,0041$$

Периметр перетину каналу, м :

$$\Pi = 2 \cdot \pi \cdot (r_{\text{вн}} + r_3) = 2 \cdot 3,14 \cdot (0,0415 + 0,0565) = 0,615$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = (Nu \cdot \lambda_B) / d = (97,982 \cdot 0,6265) / 0,03 = 2046,2$$

де λ_B – теплопровідність води = 0,6265 Вт/м·К

Критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}$$

$$Nu = 0,021 \cdot 9235,63^{0,8} \cdot 9,52^{0,43} = 97,98$$

де Pr – критерій Прандтля вибирається по Δt_{cp}

$$Pr = 9,52$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = v_{води} \cdot d / \nu_B$$

$$Re = 0,5 \cdot 0,03 / 1,306 \cdot 10^{-6} = 9235,6$$

Де $v_{води}$ – швидкість води (0,5 м/с), ν_B – в'язкість середовища, м²/с – вибирається по Δt_{cp} .

Еквівалентний діаметр каналу, м:

$$d = (4 \cdot f) / \Pi = (4 \cdot 0,004616) / 0,615 = 0,03$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К:

$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha \cdot D_{вн}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{ст}} \cdot \ln \frac{D_3}{D_{вн}}} = \frac{3,14}{\frac{1}{2046,191 \cdot 0,083} + \frac{1}{2 \cdot 32} \cdot \ln \frac{0,098}{0,083}} = 210,65$$

де $\lambda_{ст}$ – теплопровідність сталі (32 Вт/м·К)

Довжина каналу охолодження, м:

$$\varphi = \arctg(t/2 \cdot \pi \cdot r_3) = \arctg(60/2 \cdot 3,14 \cdot 0,0565) = 0,32$$

$$l_k = 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot n / \cos \varphi = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0565 \cdot 2 / 1 = 1,45$$

Площа поверхні охолодження, що віддає тепло в зоні матеріального циліндра, м²:

$$F = \pi \cdot D_3 \cdot l_k = 3,14 \cdot 0,098 \cdot 1,45 = 0,446$$

Тепловий потік, Вт:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp} = 210,65 \cdot 0,446 \cdot 14,098 = 262,2$$

За умови $Q > N_{нагр} / 10$,

де $N_{нагр}$ – потужність нагрівачів екструдера

Витрата води на охолодження G_B , кг/с

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_B = Q/c_B \Delta t_B = 262,23/4,218 \cdot 22 = 2,86$$

Де c_B – теплоємність води, Дж/кг·°С;

Δt_B – перепад температури води на вході і виході із зони охолодження, °С .

$$\Delta t_B = t_{\text{вух}} - t_{\text{вх}} = 40 - 18 = 22$$

3.5 Автоматизація процесу виробництва

Значення і масштаби виробництва ацетату целюлози постійно зростають. Основною перевагою цих естерів целюлози є їх негорючість та світлостійкість, завдяки чому ацетат целюлоза практично повністю витіснила нітрати целюлози у різних галузях промисловості. Водночас вироби з ацетатів целюлози характеризуються непоганими механічними властивостями. В даному випадку диацетат целюлози одержують реакцією ацетилювання целюлози оцтовим ангідридом в середовищі метиленхлориду і у присутності сірчаної кислоти як каталізатора періодичним гомогенним способом.

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухопожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.[15]

Метою роботи постає закріплення методів розробки систем керування та набуття наступних умінь:

- самостійний аналіз технологічних процесів з позицій автоматизації;
- кваліфіковане формулювання завдання на автоматизацію технологічних процесів;

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- засвоєння принципів дії та особливостей застосування основних типів первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів;
- ознайомлення з роботою схем та пристроїв сигналізації, автоматичного блокування і захисту, дистанційного керування технологічним електроустаткуванням;
- засвоєння основ техніки читання та навичок розробки схем автоматизації технологічних процесів, ознайомлення з чинними стандартами в царині контролю та керування хіміко-технологічними процесами.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5.1 Опис технологічної схеми

Целюлозу подають в апарат 1 для набрякання. В апараті 1 при 90...100 °С впродовж 20-30хв і перемішуванні целюлозу обробляють льодовою оцтовою кислотою з розрахунку 40-50% кислоти від маси сухої целюлози.

Ацетилювання целюлози відбувається в реакторі 2 виготовленому з бронзи або нержавіючої сталі. Температуру в реакторі підтримують 35°С на початку процесу і 40-42°С наприкінці. Після закінчення процесу, який контролюється в'язкістю продукту, з мірника 8 подають 50% оцтову кислоту до 15-20% вмісту води в реакційній суміші .

При цьому при 57-60°С упродовж 3х годин у реакторі 2 відбувається гідроліз триацетату целюлози . По закінченню цього часу температуру понижують до 45-50°С і утворений спирт зливають у висаджувач 10 в якому продовжується при 55-56°С гідроліз триацетату целюлози.

Потім при 80-85°С подають розчин ацетату натрію, висаджують 10% розчином оцтової кислоти який подають з мірника 9 й усувають метилен хлорид. Пари метиленхлориду концентрують у холодильнику 11 і спрямовують у ємність 12. Стадія висаджування загалом триває 10-12 год.

Діацетат целюлози самоплином направляють в апарат для подрібнення і висушування.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

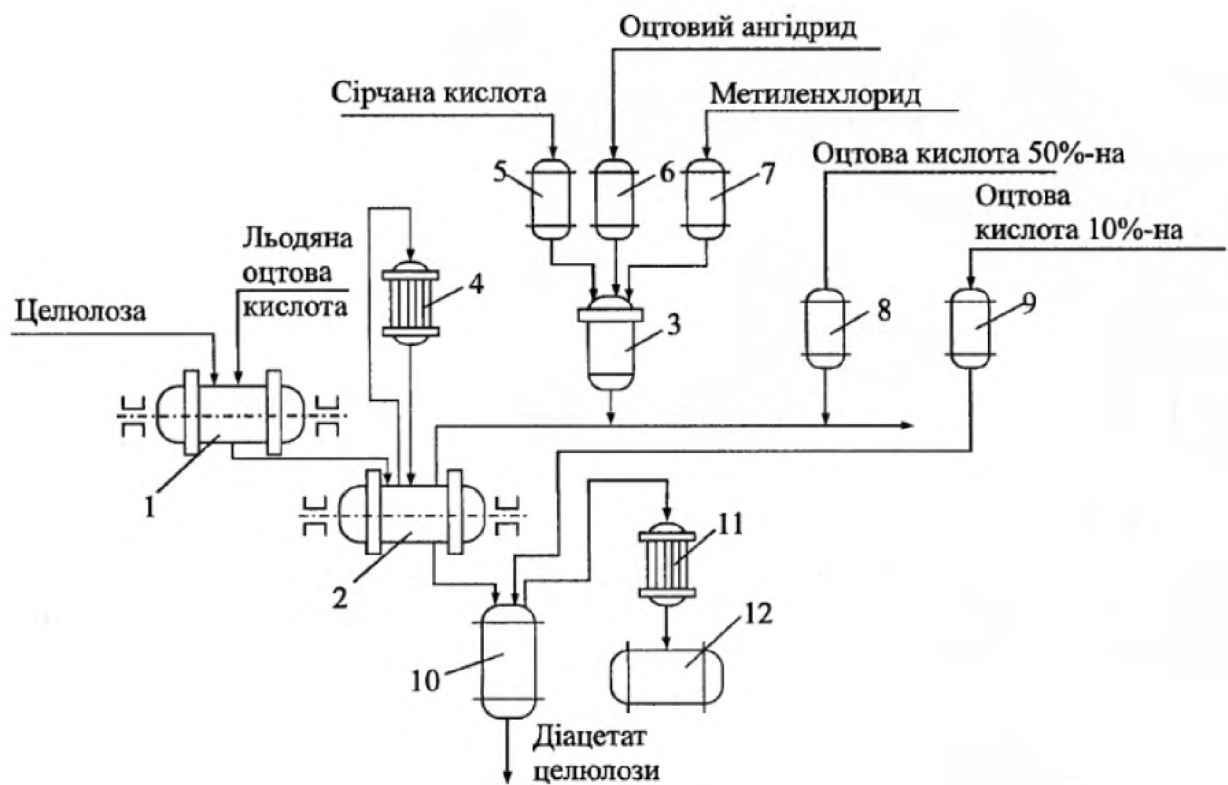


Рисунок 3.13 Технологічна схема виробництва діацетату целюлози

3.5.2 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу особливостей виробництва вторинного ацетату целюлози, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:[16]

- контроль, регулювання температури набухаючої суміші 90... 100°C
- регулювання часу перебування суміші в реакторі (1),(2) 30хв,3 год
- контроль, регулювання температури в реакторі (2) 57-60°C
- контроль в'язкості в реакторі (2)
- регулювання подачі реагентів з ємності (3), (8)
- контроль і регулювання температури в осаджувачі (10) 80-85°C

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у табл.2.1.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.13 - Параметри контролю та керування виробництвом

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контролюваного чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Реактор (1) Реактор (2) Осаджувач(10)	Температура Температура Температура	90...100(±2) °С 57-60(±1) °С 80-85(±2) °С	контроль, регулювання
2	Реактор(2)	В'язкість	100±2 Па·с	контроль
3	Реактор (1) Реактор(2)	Час	30хв, 3 год	регулювання
4	Трубопровод ємності (3), (8), (9)	Подача	1...3 м³/с	регулювання

3.5.3 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу .[17]

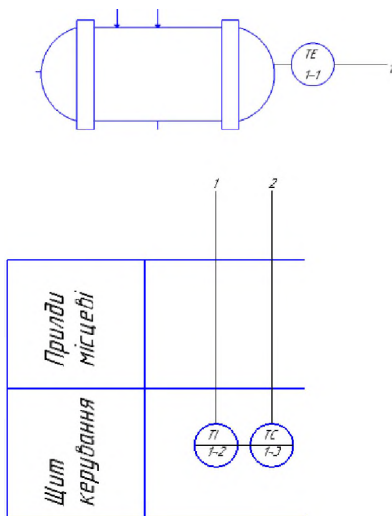
Контроль і регулювання *температури* забезпечують контури 1,3,6 що складаються з первинного термоперетворювача опору (1,3,6-1), сигнал якого подається на вторинний показувальний прилад (1,3,6-2) на щиті керування. Вихідний сигнал регулятора поступає на електричний регулятор (1,3,6-3), який керує електричним регулювальним клапаном (1,3,6-4).

Контроль *в'язкості* забезпечує контур 4 , який включає первинний вимірювальний віскозиметр (4-1), показувальний вторинний прилад (4-2). Додатково регулювання подачі з ємності 8 забезпечує електричний регулювальний блок керування (4-3), сигнал якого подається на регулювальний клапан (4-4)

Контроль *часу реакцій та регулювання подачі* забезпечують контури 2 та 5, які включають реле часу (2-1, 5-1) сигнал від яких надходить на електричний регулювальний клапан (2-2,2-3,5-2,5-3).

3.5.4. Розрахунок похибок вимірювального каналу

Рисунок 2.14 Розрахунок похибки вимірювального каналу температури:



Структурна схема системи автоматичного контролю величини температури виглядає наступним чином[3]:

Термоперетворювач $\rightarrow$ ЛЗ $\rightarrow$ ПВП $\rightarrow$ РЕ

Використані позначення: ЛЗ - лінії зв'язку; ПВП - електричний вторинний прилад показувальний; РЕ – прилад вторинний електричний регулювальний. Скориставшись додатками виберемо необхідні ТЗА : Термоперетворювач опору , ТСПУ- 0289, діапазон вимірювання: 0...200 °С, граничнодопустима похибка 0,7%; лінії зв'язку (ЛЗ) класу точності 0.4; Прилад вторинний електричний показувальний АКЕЗР-2 клас точності 1; Прилад вторинний електричний регулювальний АКЕЗР-2 клас точності 1.

1.1. Визначимо граничнодопустиму абсолютну похибку для термоперетворювача:

$$\Delta_{\text{допТО}} = \frac{0,7 * 100^{\circ}\text{C}}{100} = 0,7^{\circ}\text{C}$$

Згідно з довірчою ймовірністю $P_d=0.95$, для кожного елемента розрахуємо середньо-квадратичну похибку в абсолютних значеннях за виразом $\Delta_{0.95}=K_{n0.95} \cdot \sigma$, де $K_{n0.95} = 1,96$.

Середньо-квадратична похибка для ТО:

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{TO} = \frac{\Delta_{доп_{TO}}}{K_{H0.95}} = \frac{0,7}{1.96} = 0,357^{\circ}\text{C}$$

1.2. Визначимо граничнодопустимі абсолютну та середньо-квадратичну похибки для ліній зв'язку:

$$\Delta_{доп_{ЛЗ}} = \frac{K_{ТЛЗ} \cdot ДВ}{100} = \frac{0.4 \cdot 100}{100} = 0.4^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{ЛЗ} = \frac{\Delta_{доп_{ЛЗ}}}{K_{H0.95}} = \frac{0,4}{1.96} = 0.204^{\circ}\text{C}$$

1.4. Граничнодопустимі абсолютна та середньо-квадратична похибки прилада показувального АКЕЗР-2:

$$\Delta_{доп_{ПВП}} = \frac{K_{ТПВП} \cdot ДВ}{100} = \frac{1 \cdot 100}{100} = 1^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{ПВП} = \frac{\Delta_{доп_{ПВП}}}{K_{H0.95}} = \frac{1}{1.96} = 0.51^{\circ}\text{C}$$

1.4. Граничнодопустимі абсолютна та середньо-квадратична похибки регулятора АКЕЗР-2:

$$\Delta_{доп_{РЕ}} = \frac{K_{ТРЕ} \cdot ДВ}{100} = \frac{1 \cdot 100}{100} = 1^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{РЕ} = \frac{\Delta_{доп_{РЕ}}}{K_{H0.95}} = \frac{1}{1.96} = 0,51^{\circ}\text{C}$$

1.5. Розрахуємо середньо-квадратичну абсолютну похибку вимірювального каналу:

$$\sigma_{ВК} = \sqrt{\sigma_{TO}^2 + \sigma_{ЛЗ}^2 + \sigma_{ПВП}^2 + \sigma_{РЕ}^2} = \sqrt{0,357^2 + 0,204^2 + 0,51^2 + 0,51^2} = 0,83^{\circ}\text{C}$$

1.6. Розрахуємо граничнодопустиму абсолютну похибку вимірювального каналу:

$$\Delta_{доп_{ВК}} = \pm K_{H0.95} \cdot \sigma_{ВК} = \pm 1.96 \cdot 0,83 = \pm 1,63^{\circ}\text{C}$$

та граничнодопустиму зведену похибку вимірювального каналу:

$$\gamma_{доп_{ВК}} = \pm \frac{\Delta_{доп_{ВК}}}{ДВ} \cdot 100\% = \pm \frac{1,63}{100} \cdot 100\% = 1,63\%$$

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, аналізований вимірювальний канал температури відповідає класу точності 2, а дійсне значення вимірюваної температури $t_d = 100 \pm 1,63 \text{ }^\circ\text{C}$ з імовірністю $P_d = 0,95$.

3.5.5 Висновок

Результатом виконання автоматизації ділянки є розроблена схема автоматизації виробництва вторинного ацетату целюлози зі специфікацією на використанні в схемі технічні засоби автоматизації

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Види браку

В процесі виробництва при недотриманні норм технологічних режимів виникають різноманітні дефекти. Види браку при виготовлені даного виробу подані у вигляді таблиці 2.4

Таблиця 3.14 – Види браку, причини появи та способи усунення

Дефекти	Причини появи	Способи усунення
1	2	3
Невідповідна гомогенізація після апарату для набрякання	Несправність приводу реактора або поломка тахометра	Змінити частоту обертання до відповідної
Недостатній вологовміст після сушки та подрібнення пульпи	Недотримання часу сушіння	Перевірити час досушки
Погана оптичні властивості плівки, знижена міцність	Погане перемішування в тілі циліндра екструдера	Збільшити температуру по зонам циліндра, понизити частоту обертання черв'яка, підняти опір головки
Механічні дефекти плівки	Погане охолодження плівкового рукава, висока швидкість витягування	Перевірити систему охолодження, знизити швидкість витягування рукава
Відхилення від розмірів стандарту упаковки	Програмний збій в пакеторобній машині	Налагодити програмний компонент пакеторобної машини

3.7 Охорона праці

Як видно з технологічної частини проекту на виробництві знаходяться шкідливі та небезпечні, речовини і матеріали. Також невід’ємним фактором ризику є використання електричної, механічної та теплової енергії.[18]

Переважає більшість речовин, які використовуються для отримання упаковки самі по собі нешкідливі. Їхня токсичність може бути викликана речовинами, присутніми в композиціях (пластифікаторами, стабілізаторами) і особливо взаємодією сировини з атмосферою та навколишнім середовищем.

Проект виробництва виконано з урахуванням вимог охорони праці та.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ) розроблено заходи і засоби щодо створення на об’єкті здорових, безпечних умов праці і пожежної безпеки.

Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об’єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.

Повітря робочої зони

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Період року		Температура, °С						Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
Холодний	Категорія робіт						оптимальна				
	Середньої тяжкості – II-б						допустима				
							Верхня межа		Нижня межа		
							На робочих місцях				
Теплий	Постійних		Непостійних		Постійних		Непостійних				
	Х										
	1	7-19	21	23	15	1	40-60	7	До 0,4		
	2	0-22	27	29	15	1	40-60	0 (при 25°С)	0,2-0,5		

Таблиця 3.15- Норми мікроклімату робочої зони

Таблиця 3.6. Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої	Шкідливі речовини, що виділяються,	Група шкідливої речовини, характеристика	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони мг/м ³	Клас небезпечності	Засоби індивідуального захисту: тип,	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої
Відділ завантаження сировини у бункери	АсОН. (Ас)2О Випаровування з емності під час вивантаження	Займиста рідина і пар Шкідливо при попаданні всередину або при вдиханні Викликає сильні опіки шкіри та пошкодження очей	5 мг/м ³	III	Захисні окуляри, гумові рукавички, Респіратор РПГ-67, патрон марки В	При потраплянні на шкіру: негайно зняти весь забруднений одяг. Промити шкіру водою або прийняти душ. При потраплянні в очі: обережно промити очі водою протягом декількох хвилин.	Газоаналізатор вмісту органічних розчинників ГОР-300.

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

66

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання зовнішніх, поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2° С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт, вказаних в табл. 2.6

Інтенсивність теплового опромінення працюючого від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляція від зашкленених огорожень не повинна перевищувати 35,0 Вт/м² - при опроміненні 50 % та більше поверхні тіла, 70 Вт/м² - при величині опромінюваної поверхні від 25 до 50 %, та 100 Вт/м² - при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла працюючого.

За наявності джерел з інтенсивністю 35,0 Вт/м² і більше температура повітря на постійних робочих місцях не повинна перевищувати верхніх меж оптимальних значень для теплового періоду року, на непостійних - верхніх меж допустимих значень для постійних робочих місць.

Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів в зміну (на початку, середині, в кінці). Прилади контролю - термометр, психрометр, анемометр.

За способом організації повітрообміну передбачена загальнообмінна вентиляція.

Нормативні умови в проектуваному цеху забезпечуються за рахунок механізації і автоматизації важких та трудомістких робіт, раціональному розміщенню та теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації та інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Виробниче освітлення

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця .3.7 Виробниче освітлення

Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
VIIa	—	200	3 і 1	1,8 і 0,6

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 роботи, що виконуються на об'єкті, відносяться до VIIa розряду зорових робіт. Передбачено використання комбінованого природного (верхнє освітлення поєднується з бічним), комбінованого штучного (загальне і місцеве освітлення робочих місць світильниками) і суміщеного освітлення.

Штучне освітлення в цеху здійснюється за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Тип світильників для приміщення з невеликою запиленістю і невисокою вологістю ЛПО-01 з суцільним відбивачем, а також пиловологонепроникні світильники типу ПВЛ-1, ПВЛ-2 (з розсіювачем) та дві люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт кожна.

При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. Для евакуації людей передбачено освітлення на підлозі основних проходів та на сходах не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк.

Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелом вібрації та шуму в цеху є механізми: автооператори, насоси, електродвигуни, компресори та ін. Рівень шуму на виробництві складає 72...78 дБА за даними лабораторних вимірів, що не перевищує допустимий рівень. Згідно ДСН 3.3.6.037-99, допустимий рівень звуку - 80 дБА. Для зниження шуму передбачається облицювання частини внутрішніх поверхонь звукопоглинальними

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

68

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

гумовими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних поглиначів. Віброізоляція здійснюється шляхом установки джерел вібрації на віброізолятори, а також гнучких вставок в комунікаціях повітроводів. На проектованому виробництві рівень шуму знижується за рахунок застосування облицювання приміщень звукоізолюючим матеріалом, установки обладнання на ізоляційних фундаментах.

Також спеціальні кожухи встановлюються на насоси та електроприводи з листів алюмінію і нержавіючої сталі. У майстерні можливий контроль рівня шуму і контролю рівня вібрації вібратором ВСХВ-003.

Електробезпека

Можливі причини ураження на виробництві електричним струмом :

- відкриті струмоведучі частини;
- струмопровідні неструмоведучі елементи, які опинилися під напругою в результаті аварії;
- ураження кроковою напругою;

Електроустаткування живиться від трифазної чотирипровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220В.

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Сила струму, що проходить через людину, розраховується як:

$$I_{\text{л}} = U_{\text{ф}} 10^3 / (R_{\text{л}} + R_0), \text{ мА};$$

де $U_{\text{ф}}$ — 220 – фазна напруга, В; $R_{\text{л}} = 3000$ – загальний опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 4$ – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_{\text{л}} = 220 / (3000 + 4) = 73 \cdot 10^3 \text{ А} = 73 \text{ мА}$$

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \text{ В}$$

$$U_{\text{д}} = 73 \cdot 10^3 \cdot 3000 = 219 \text{ В}$$

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-92 допустимі рівні напруг дотику і струму, що проходить через тіло людини:

$$\begin{cases} I_{\text{д}} \leq 6 \text{ мА} \\ U_{\text{д}} = 36 \text{ В} \end{cases} \quad \text{аварійний режим}$$

ХП11мп.17.1470.001

Арк.

69

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\begin{cases} I_{\text{л}} = 0,2 \text{ мА} \\ U_{\text{д}} = 2 \text{ В} \end{cases} \quad \text{нормальний режим}$$

Отже можна зробити висновок, що при порушенні вимог ПУЕ-17, в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками. Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні засоби: занулення електрообладнання, захисне відключення установок, мала напруга живлення ручних електроінструментів, ізоляція струмоведучих частин, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати. Опір електроізоляції електричного інструменту має бути більше 2,5 МОм, силових і освітлювальних дротів – вище 0,5 МОм. Перевірку ізоляції електроінструменту проводять мегаомметром не рідше 1 разу в квартал, електропроводів – не рідше 1 разу в 3 роки..

Проектом передбачені наступні захисні засоби: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумове ізолююче взуття.

Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Небезпечні технологічні процеси та обладнання: екструзійна рукавна лінія, машина для штампування упаковки, вміст бункерів та поверхні хімічних реакторів. На виробництві можливі відхилення від нормального протікання хімічних процесів у цеху, а також механічних у цеху виробництва упаковки. Причини, що їх викликають, можуть бути антропогенними, а частіше, - це несправності та дефекти у деталях. Вірогідні небажані наслідки порушень нормального режиму роботи технологічного обладнання: зупинка, перегрів, поломка обладнання екструзійної лінії, або ж викид хімічних речовин на територію цеху. За попередніми оцінками ураження та травматизація працівників можлива при безпосередньому контакті з ризикованим місцем аварії.

Відповідно до технологічного регламенту, правил безпеки та промислової санітарії розроблено заходи забезпечення здорових і безпечних умов праці на об'єкті,

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що проектується. Це в першу чергу фоточутлива огорожа обладнання з автоматичною зупинкою, автоматизація виробництва, огороження технологічної лінії та контакт працівників з нею лише за необхідності.

У якості одного з джерел технологічної небезпеки виступає випромінювання від нагрітої поверхні черв'ячної машини.

Інтенсивність випромінювання від нагрітої поверхні визначають за формулою, Вт/м²:

при $r < \sqrt{F}$

де r – відстань від джерела випромінювання, м;

F – площа випромінюючої поверхні, м²;

T – температура випромінюючої поверхні, (К);

$A=85$ – для шкіряного покриття і спецодягу із бавовняної тканини;

$A=110$ – для спецодягу із сукна.

$r=0,45\text{м}$, $F=10\text{м}^2$, тобто $r < \sqrt{F}$

$$E = \frac{0,91\sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r}$$

$$E=(0,91*(10)^{0,5}*(((350/100)^4)-110)/0,45=256\text{Вт/м}^2$$

Допустима щільність потоку випромінювань повинна бути в межах 230... 350 Вт/м² (для необмежено довгого опромінення)

Отже, даний вид теплового випромінювання можна вважати безпечним.

Пожежна безпека

Вірогідними місцями і причинами загоряння та вибухів на об'єкті, що проектується, може бути хімічний цех синтезу вторинного ацетату целюлози. Особливо небезпечним є місце завантаження сировини (целюлози, оцтового ангідриду), які можуть запалюватись при контакті з киснем повітря за умови ініціації цього процесу. В найгіршому випадку полум'я може перейти на прилади

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматизації в даному приміщенні

Назва дільниць, приміщень, зовнішніх установок	Речовини, що мають обіг у виробн. ГОСТ	Агрегатний стан речов. в норм, умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- і вибухо небезпечності, °C			Межа заpalення		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24-86	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштуванню блискавкозахисту згідно з СН 305-77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	Мг/м³	Категорія	Група				
Бункери для завантаження сировини	Целюлоза	Тв.	горюча	170	75	240	42	-	-		Вода		02	ПБ
Бункери для завантаження сировини	Оцтовий ангідрид	Рід	Займиста	49	30	330	33	-	ПА	T2	Піна, сухий CO2		02	ПБ

Таблиця 3.8 Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Класифікація виробництва щодо пожежо- і вибухонебезпечності та влаштування блискавкозахисту

Проектом передбачено будівельні заходи пожежної безпеки Зовнішні евакуаційні виходи виготовлені з негорючих матеріалів. Вони сполучаються через майданчики або балкони, улаштовані на рівні евакуаційних виходів. Уклін таких сходів не більше 45°, а їх ширина становить 0,7 м. Зовнішні сходи досягають рівня землі та мають огорожу. До протипожежних перешкод належать: протипожежні стіни, перегородки, перекриття, зони, тамбури-шлюзи, двері, вікна, люки, клапани. Маршрути руху до основних евакуаційних виходів на планах евакуації зображують суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, а маршрути до запасних – пунктирними лініями зеленого кольору зі стрілками.

Окрім маршрутів руху, на плані позначені місця розташування засобів оповіщення та пожежогасіння, апаратів і комунікацій. Герметизація ізоляцією, наявне обладнання для боротьби із статичною електрикою, а також безумовна автоматизація процесів дозволяють знизити ризики до мінімуму. Будівлю захищено від прямого удару блискавки блискавковідводом стрижньового типу.

Для гасіння виниклої пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід. Крани розташовані на висоті 1.35 метрів від рівня підлоги в спеціальних шафах червоного кольору. В цеху є вогнегасники: вуглекислотний вогнегасник ОУ-5, порошкові вогнегасники ОПС-6 по ГОСТ 7276-80, пісок. Для сигналізації передбачені комбіновані (КИ-1) сигналізації.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8 Висновки до технологічної частини

У технологічній частині магістерського проекту описано повний технологічний процес виробництва харчової упаковки на основі вторинного ацетату целюлози. Діацетат целюлози синтезувався безпосередньо на виробництві із вторинної сировини на основі сигаретних фільтрів з додаванням гліцерину як пластифікатора для покращення механічних властивостей, що є інновацією порівняно з подібними проектами. Вибрана і розрахована необхідна кількість обладнання, зроблені розрахунки машинозйому виробничих агрегатів, наведені розрахунки енерговитрат та води, складено матеріальний баланс, розраховані технологічні параметри основного технологічного обладнання.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.СТАРТАП

Тема екологічно-чистих матеріалів і досі знаходиться на підйомі до свого апогею. Усе більше і більше людей звертають увагу не тільки на цінник і якість товару а й на його еко-безпечність. Адже підвищення популяції населення й нестача ресурсів стимулюють на дружнє відношення до природи. Це можуть бути енергоефективні технології виробництва, біорозкладність сировини, вуглецевий слід і т.д. Тому й пакування харчових продуктів потребує еко-інноваційних рішень.

Плівки з діацетату целюлози, отримані з комерційного ацетату целюлози або деякої кількості біомаси мають високу вартість і синтез є складним. Має сенс розвивати зелений і недорогий спосіб отримання діацетатних плівок целюлози і регулювати їх властивості. Крім того, необхідно переробляти відходи для повторного використання. Таким чином, в якості джерела для приготування можна використовувати сигаретні фільтри та гліцерин як пластифікатор для поліпшення комплексних властивостей[9].

Що є?	Полімерне пакування з терміном розпаду більше 50 років. Полімерне біопакування з терміном розкладу 9 місяців
Що якщо?	Виготовити полімерне пакування із вторинних відходів на основі діацетатних плівок отриманих із сигаретних фільтрів.
Що вау?	Використання сигаретних фільтрів зменшує вуглецевий слід під час виробництва упаковки, а сировина повністю деградує у довкіллі, також покращуються механічні властивості та проникність до парів води
Що робити?	Використати вторинну та ще й біодеградну сировину й обрати гліцерин як пластифікатор

Таблиця 4.1 Харчова біоупаковка

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діацетат целюлози є екологічно безпечною сировиною, яка повністю розкладається у природі, до того ж має походження відновлюваних джерел(дерево). І в нашому випадку джерелом целюлози є відходи- сигаретні фільтри, тобто це по суті переробка відходів(до речі, з отриманого порошку діацетату целюлози можна знову виробляти ті самі фільтри). А добавка пластифікатору гліцерину у певній концентрації покращить механічні та фізико-хімічні властивості отримуваної плівки.

Целюлоза та її похідні знайшли застосування в багатьох галузях завдяки обширним джерелам, відмінною біорозкладаністю та ефективною відновлюваністю. Як відомо, ацетат целюлози (СА) є одним із найбільш важливих ефірів целюлози, і його використовували широко в обробній промисловості завдяки відмінним комплексним властивостям. СА також широко застосовується в мембранах, пластикових, сигаретних фільтрах, творах мистецтва та швейній промисловості.

Гліцерин - речовина що широко використовується як пластифікатор у різних галузях діяльності. Пластифікатор – це речовина, що надає оброблюваним матеріалам додаткову гнучкість та еластичність. Таким чином, вона допомагає їм набуті необхідної форми. А також він дуже добре натягує вологу завдяки своїй полярності.

Технологія виробництва упаковки складається з екструзії плівки роздувом, подальшими операціями намотування і штампування пакетів безпосередньо. Для цього необхідне відповідне обладнання

Для виведення розробки на ринок достатньо зареєструвати ТОВ, щоб побачити і оцінити реальну плавучість продукту, так як це пілотне виробництво. Для підтвердження виду діяльності потрібно:

1. Договір оренди приміщення.
2. Договір по закупці сировини
3. Патент на інтелектуальну власність.
4. Екологічна сертифікація

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища розробки

Фактори зовнішнього середовища	Загрози		Можливості	
	Сутність загрози	Вплив на цінність	Сутність можливості	Вплив на цінність
1	2	3	4	5
Політика	Зміна керівництва Ймовірність настання – 50%	Держава має вплив на приватизацію підприємства. У разі прийняття не правильних рішень, що може призвести до провалу успіху розробки, фінансова відповідальність лягає на платників податків, а не на державний апарат.	Зміна керівництва Ймовірність настання – 20%	Збільшення автономії для приватних фірм, та підприємств. Підтримка приватних структур шляхом розширення їх прав.
Економіка	Конкуренція Ймовірність настання – 55%	Зменшення важливості технічних та економічних показників, зниження продажів та кількості збутого товару	Конкуренція Ймовірність настання – 60%	Стимул для пошуку нових технічних та технологічних рішень, розширення партнерських зв'язків, налагодження зв'язків з іноземними компаніями постачальниками

Таблиця 4.2 – Загрози і можливості зовнішнього середовища

Для успішного випуску розробки на ринок, потрібно у першу чергу, провести дослідження цього ринку, визначити усі загрози та можливості для майбутньої розробки.

По перше, важливими є загрози і можливості зовнішнього середовища, які безпосередньо напряду впливають на розробку. Дані, щодо цієї інформації наведені у наступній таблиці.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження Таблиці 4.2 – Загрози і можливості зовнішнього середовища

1	2	3	4	5
Географія	Розташування місця виробництва Ймовірність настання – 10%	Складнощі у логістиці, постачанні сировини, або ж розповсюдження готового продукту	Розташування місця виробництва Ймовірність настання – 90%	Підприємство має вигідне географічне положення, де наявна логістика, екологічні показники не перевищують норм, і є безпечними для людей, які проживають у зоні розташування підприємства.

Отже, проаналізувавши загрози і можливості, можемо зробити висновки про доцільність впровадження виробництва за даною розробкою.

Проаналізуємо також внутрішнє середовище.

					ХП11мп.17.1470.001	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Загрози і можливості внутрішнього середовища

Фактори	Загрози		Можливості	
	Сутність загрози	Вплив на цінність	Сутність можливості	Вплив на цінність
Посередники	Реалізація продукту виробництва Ймовірність настання – 50%	Втрата контролю над ринком збуту та різноманіттям цін	Реалізація продукту виробництва Ймовірність настання – 80%	Можливість підняття продажів за рахунок реалізації у багатьох точках збуту
Конкуренти	Підприємства, які мають подібні продукт и на ринку	Можуть створювати аналогові товари за нижчою ціною, або ж	Підприємства, які мають подібні продукти на ринку	Вдосконалення рецептури композиції, пошук нових партнерів та
	Ймовірність настання - 70%	мати схожу технологію	Ймовірність настання - 70%	маркетингових рішень
Постачальники	Логістика Ймовірність настання – 50%	Великі відстані, погане забезпечення транспортом, додаткові витрати	Логістика Ймовірність настання – 40%	Формування логістичного аутсорсингу
Споживач	Маркетинг та реклама Ймовірність настання – 40%	Набридли ва реклама, недоцільна реклама	Маркетинг та реклама Ймовірність настання – 60%	Збільшення впізнаності продукту, заохочення до покупки саме власної продукції

Для повного розуміння необхідно також провести аналіз потенційного ринку збуту і конкурентного середовища за методом квадрату Бове. Для цього, проведемо пошук основних конкурентів.

Таблиця 4.4 – Аналіз потенційних конкурентів

Назва конкурента	Місцерозташування	Кількість співробітників	Ціна продукції (грн/шт)
ТОВ Комсерв Україна	Харків	40-100	3
Іпрак	Київ	50-100	5
Ортірак	Київ	20-49	5
Альфа-Пак	Київ	20-49	6,8
Аркапласт	Київ	10-25	5,4
Профіпак	Київ	100-200	4
Власна розробка	Одеса	10-30	7

Зважаючи на дані таблиці 4, побудуємо квадрат Бове за ціною

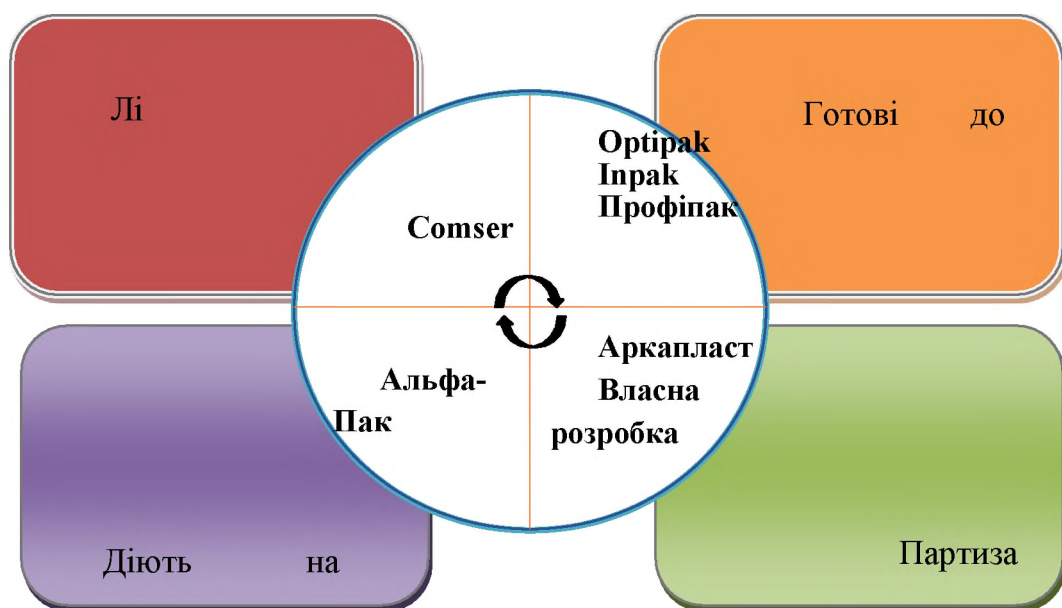


Рис.4.1 – Аналіз конкурентного середовища методом квадрату Бове.

Проаналізувавши наявних конкурентів на території України, можна віднести свою розробку до партизанів. Основним конкурентом у цій групі є Аркапласт, а в подальшому, ті, хто у групі готові до атаки. Квадрат Бове складений з урахуванням показників таблиці, але перевага надавалася тим, які знаходяться у м. Київ, та мають найнижчу ціну серед виробників цієї групи товарів.

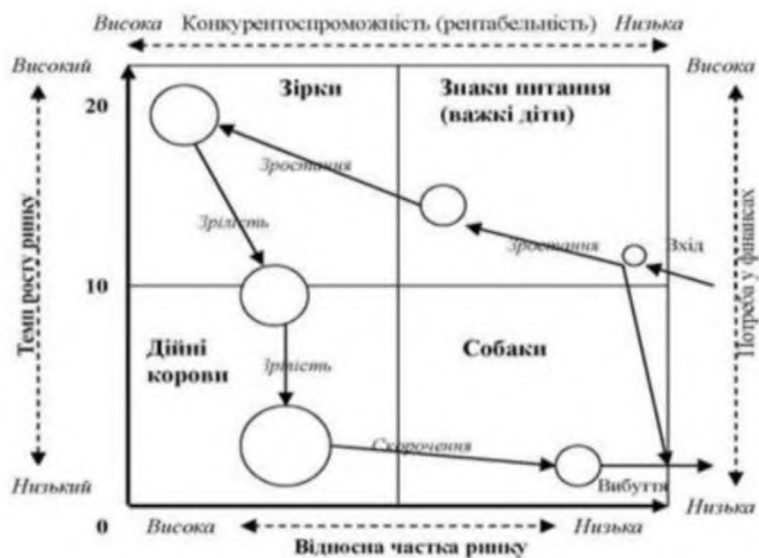


Рис. 6.1. Матриця БКГ „зростання – частка ринку”

Рис.4.2 Матриця зростання-частка ринку

Відповідно до схеми, власну розробку можна віднести до групи «Знаки питання», оскільки вона поки що нікому невідома, потребує великих інвестицій для підтримання розвитку та впровадження на ринок

4.2 Ключові фактори успіху за методом Шонфільда

Для створення діаграми потрібно визначити ключові фактори успіху для даної розробки – найважливіші характеристики, за якими я можу конкурувати з іншими – та навести порівняльну характеристику обраних вище лідерів- конкурентів. Результати можна занести до таблиці.

Таблиця 4.5 – Визначення ключових факторів успіху

Характеристика	Ваговий коефіцієнт	Оцінка характеристики товару для конкурентів			Власна розробка
		Comserv	Профіпак	Аркапласт	
Ціна, грн/шт	0,3	3	2	2	1
Довговічність, роки	0,1	2	2	1	2
Ринок збуту, грн	0,1	2	3	1	3
Проникність до води, $10^{-13} \text{ см}^3 \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	0,1	2	1	2	3
Вуглецевий слід, т	0,4	2	2	2	3

Побудуємо діаграму Шонфільда:



Рис. 4.3 Діаграма Шонфільда

Як видно, розробка уступає тільки в ціні.

Ресурс, назва		Обсяг, од		Необхідна сума витрат на придбання, грн
		потрібний	доступний	
Обладнання, шт		10	10-30	1050000
Сировина, т	Оброблені сигаретні фільтри	0,5	100	10000
	Гліцерин	0,15	100	150000
	Реагенти ацетилювання	0,6	100	120000
	Стабілізатор	10	50000	1500

Таблиця 4.6 Список ключових ресурсів для реалізації розробки

4.3 Бізнес-модель реалізації розробки

Ціннісна пропозиція. біорозкладні пакети на основі сигаретних фільтрів.

Ключові дії. Формування оптимального складу плівки із включенням до нього спеціальних добавок – фотостабілізаторів. Формування рейтингу фотостабілізаторів за якістю.

Ключові ресурси. Оборотні засоби: пошук постачальника сировини, наповнювачі та добавки. Упаковка для готових виробів, барвники для можливого друку, тощо.

Основні засоби: приміщення заводу, обладнання та устаткування для виробництва, транспорт.

Ключові партнери. Підприємства з виготовлення хімічних реагентів та обладнання(для закупаування необхідних хімікатів і обладнання) компанії зі збору та реалізації вторинної сировини(закупка сировини). Інвесторами можуть бути екологічні фонди крупних олігархів(прибуток як фіксований відсоток від продажу)

Сегменти клієнтів. Підприємства з продажу господарських товарів, великі та малі сільськогосподарські компанії, фермери. Компанії харчової продукції, компанії сфери послуг, одиничні споживачі, фірми-дистриб'ютори.

Відносини з клієнтами. Особливі умови для постійних клієнтів. Відповідна взаємодія з клієнтами різних класів. Можливість роботи на замовлення. Цілодобова підтримка клієнтів щодо продукції, акції, знижки.

Канали. Реклама у Facebook, Instagram. Участь у тематичних виставках/конференціях (KyivExpoPlaza тощо). Прямі контакти з відповідальними особами зацікавлених компаній та торгових майданчиків(METRO, АТБ, Епіцентр та ін.).

Таблиця 4.7 Баланс доходів і витрат.

Дохід		Витрата	
Інвестиції	1000000	Вартість запуску виробництва, грн	1200000
Кредит	1000000	Вартість вихідних речовин, грн/міс.	281500
Прибуток, грн/міс.	200000	Витрати на роботу заводу, грн/міс.	84000
		Оренда приміщення грн/міс.	80000
		ФОП, грн/міс.	286000

4.4 Висновок по стартапу

В наш час питання екології стало дуже популярним і доцільним. Тому необхідні якісні і вигідні рішення.

У роботі представлено виробництво біорозкладної упаковки із вторинної сировини. Таким чином дана розробка екологічно безпечна і достатньо дешева унаслідок інноваційних рішень та глибоких рівнів циклу розробки. А її фізико-хімічні властивості не поступаються аналогам з пластику завдяки використанню гліцерину як стабілізатора.

Також були проаналізовані конкуренти, ринки збуту, загрози і фактори успіху. Сформована бізнес-модель.

					ХП71.17.1470.001.ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. УЗАГАЛЮНЮЮЧІ ВИСНОВКИ

В даній магістерській дисертації розглянуто повна технологія виробництва харчової біоупаковки на основі вторинного ацетату целюлози(ЦДА). Такий вид упаковки дуже актуальний в сьогодишньому еко-орієнтованому суспільстві.

Було підібрано оптимальну рецептуру на основі літературних даних з урахуванням норм на сировину. Також організовано синтез матриці композиції у власному цеху. Розраховано основне обладнання технологічної лінії упаковки, складено матеріальний баланс виробництва. Описано основні фізико-хімічні процеси з матеріалами та реагентами.

Вирішено автоматизувати найбільш складну частину схеми. Передбачено види браку, охорону праці персоналу. Розроблено стартап проекту.

Роботу доповнено проектно-графічною документацією у вигляді креслень формату А1, схем, рисунків, специфікацій та таблиць.

					ХП71.17.1470.001.ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Sameh S. Ali, Tamer Elsamahy, Esraa A. Abdelkarim, Rania Al-Tohamy, Michael Kornaros, Héctor A. Ruiz, Tong Zhao, Fanghua Li, Jianzhong Sun, Biowastes for biodegradable bioplastics production and end-of-life scenarios in circular bioeconomy and biorefinery concept, Bioresource Technology Volume 363, 2022, 127869, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127869>.

2. ЗАКОН УКРАЇНИ Про матеріали і предмети, призначені для контакту з харчовими продуктами

3. ДСТУ 7275:2012. ПАКЕТИ З ПОЛІМЕРНИХ ТА КОМБІНОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ. Загальні умови

4.Литвинец Ю. И. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИМЕРОВ ЭКСТРУЗИЕЙ / Ю. И. Литвинец. – Екатеринбург, 2010.

5.Суберляк О. В. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ТА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Львів.

6.Патент RU2624692C1 Термопластичный пластифицированный модифицированный ацетат целлюлозы и способ получения термопластичного пластифицированного модифицированного ацетата целлюлозы. / Фридман Олег Андреевич ,Сорокина Аида Вениаминовна

7.Властивості вторинного ацетату целлюлози [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.goodfellow.com/E/Cellulose-Acetate.html>

8. Экструзия: технология і устаткування для переробки полімерів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ten24.com.ua/ua/blog/ekstruziya-tekhnologiya-i-oborudovanie-dlya-pererabotki-polimerov/>

9. ПАКУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ В ХАРЧОВІЙ ІНДУСТРІЇ – Харків: ХДУХТ, 2017.

10. Властивості плівки вторинного ацетату целюлози [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.materialshub.com/material/cellulose-acetate-film/#:~:text=Cellulose%20Acetate%20is%20a%20non.material%20is%20biodegradable%20considered%20biodegradable>

11. Гетьманчук В. П. Хімія та технологія полімерів / В. П. Гетьманчук, М. М. Братичак. – Львів: Бескид Біт, 2006.

12. Кувшинский М. Н. Курсовое проектирование по предмету Процессы и аппараты химической промышленности / М. Н. Кувшинский, А. П. Соболева.

13. Петухов А.Д., Конспект лекцій з курсу “Загальна технологія переробки пластмас”

14. Мельник Л. І. Технологія переробки полімерів. Методичні вказівки / Л. І. Мельник, А. Д. Петухов, О. Г. Осьмаков. – Київ: КПІ.

15. Бишко, М. А., Семінський, О. О., & Зубрій, О. Г. (2022). Вплив вибору пластифікатора на властивості полімерів на основі крохмалю. *Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*, (1), 9–20. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2022.254154>

16. Zhang, Q., Fang, C., Cheng, Y. *et al.* Construction and properties of cellulose diacetate film derived from waste cigarette filters. *Cellulose* **27**, 8899–8907 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03393-2>

17. Puls, J., Wilson, S.A. & Höltzer, D. Degradation of Cellulose Acetate-Based Materials: A Review. *J Polym Environ* **19**, 152–165 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10924-010-0258-0>

18. Тихонов П. С. Виробництво харчової упаковки із біорозкладних матеріалів : 161 / Тихонов Платон Сергійович – Київ, 2021. – 86 с.

19. Tomy J. Gutierrez, Starch-based food packaging films processed by reactive extrusion/thermo-molding using chromium octanoate-loaded zeolite A as a potential triple-action mesoporous material (reinforcing filler/food-grade antimicrobial organocatalytic nanoreactor) *Food Packaging and Shelf Life*, Volume 34, 2022, 100974, ISSN 2214-2894, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100974>

20. Beata Podkościelna, Mateusz Gargol, Marta Goliszek, Tomasz Klepka, Olena Sevastyanova, Degradation and flammability of bioplastics based on PLA and lignin, Polymer Testing, Volume 111, 2022, 107622, ISSN 0142-9418,

<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107622>.

21. Blown Film Extrusion Process Explained [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://amcorplastics.com/blog/blown-film-extrusion-process-explained/>.

					ХП71.17.1470.001.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		