

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ 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 2022р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

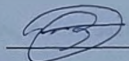
за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних і
органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів»
зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
на тему: «Виробництво ПВХ плівки стійкої до дії УФ-опромінення»

Виконав:

студент II курсу II магістерського рівня,

групи ХП-11мп

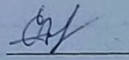
Слада Станіслав Сергійович



Науковий керівник:

старший викладач кафедри ХТКМ,

к.т.н. Сікорський О. О.



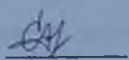
Консультант з економіки:

Доц., к.т.н. Підлісна О.А.



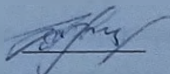
Консультант з автоматизації:

Доц., к.т.н. Сазонов А.Ю.




Рецензент:

Проф., к. т. н., Сівецький В. І.



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

Студент, 

Київ – 2022 року

№673 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

Сладі Станіславу Сергійовичу

1. Тема дисертації «Виробництво ПВХ плівки стійкої до дії УФ-опромінення», науковий керівник дисертації Сікорський Олексій Олексійович, к.т.в., затверджені наказом по університету від «09» 11 2022р. № 4125-с
2. Термін подання студентом дисертації 14.12.2022р.
3. Об'єкт дослідження: ПВХ плівка виготовлена рукавним методом
4. Вихідні дані: Швидка деградація плівки під дією ультрафіолету
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: розробка проекту виробництва ПВХ плівки стійкої до дії УФ-випромінювання; 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 агрегатів (1 аркуш 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>Саз</i>
Економіка	Підлісна О.А., доцент, к.т.н.	10.10.22	10.12.22

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Затвердження теми магістерської дисертації	16.10.22-19.10.22	<i>СВ</i>
2	Літературний огляд	20.11.22-05.11.22	<i>СВ</i>
3	Розробка технологічної схеми та підбір сировини	06.11.22-16.11.22	<i>СВ</i>
4	Підбір основного обладнання	17.11.22-19.11.22	<i>СВ</i>
5	Розробка схема автоматизації	20.11.22-27.11.22	<i>СВ</i>
6	Економічно-організаційні розрахунки	28.11.22-05.12.22	<i>СВ</i>
7	Розробка заходів з охорони праці	06.12.22-08.12.22	<i>СВ</i>
8	Оформлення креслень дисертації та пояснювальної записки	09.12.22-10.12.22	<i>СВ</i>
9	Нормоконтроль	11.12.22	<i>СВ</i>

Студент

СВ

Станіслав СЛАДА

Науковий керівник

СВ

Олексій СІКОРСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту на тему: «Виробництво ПВХ плівки стійкої до дії УФ-опромінення»: 77 сторінок, 9 рисунків, 22 таблиць, 14 посилань, 1 додаток.

Розроблено проєкт технологічного процесу виготовлення ПВХ плівки стійкої до дії УФ-опромінення.

В проєкті обґрунтовано вибір технологічної схеми, сировини та обладнання. Приведено характеристики сировини та обладнання та вимоги нормативних документів до них.

Розраховано матеріальний баланс виробництва відповідно до заданої потужності.

Наведені описи засобів автоматизації технологічного процесу. Наведено економічні обґрунтування прийнятих інженерних рішень. Наведено основні техніко-економічні показники. Розроблено бізнес-модель реалізації розробки.

Робота доповнена проєктно-графічною документацією у вигляді креслень та схем.

ПОЛІМЕР, ПОЛІВІНІЛХЛОРИД, ЕКСТРУДЕР, ШНЕК, УЛЬТРАФІОЛЕТ,
РУКАВНА ЕКСТРУЗИЯ, ФОРМУЮЧА ГОЛОВКА, ПЛІВКА,
ВИПРОМІНЮВАННЯ.

ABSTRACT

Explanatory note for science degree project on theme: “Production of ultraviolet-proof PVC film”: 77 pages, 9 figures, 22 tables, 14 sources, 1 addition.

The project of technological process of ultraviolet-proof PVC film producing is devised.

In project proved the choice of technological scheme, raw materials and equipment. Given characteristics of raw materials and equipment and demands of normative documents for it.

Calculated material balance of processing corresponding to it's productivity.

Descriptions of the automation process are given. The economic justification of engineering solutions are described. The main technical and economic indicators are given. A business model for development implementation was developed.

The work is completed graphic design documentation in the form of drawing and diagrams.

POLYMER, POLYVINYL CHLORIDE, EXTRUDER, AUGER, ULTRAVIOLET, BLOWN EXTRUSION, FORMING HEAD, FILM, RADIATION.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

УФ – ультрафіолет

ПВХ – полівінхлорид

ПЕ – поліетилен

ПП – поліпропілен

ПВГ – поліетилен високої густини

ТЕН – термоелектричний нагрівач

HALS –hindered amine light stabilizers

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І		
ТЕРМІНІВ		6
ВСТУП.....		9
1 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ		11
1.1 Вимоги діючих стандартів до даного виду продукції.....		11
1.2 Вибір сировини.....		17
1.3 Вибір методу переробки.....		21
1.4 Висновок до аналітичної частини		24
2 ІННОВАЦІЙНА ЧАСТИНА		25
2.1 Теорія ультрафіолету		25
2.2 Стабілізація та захист від ультрафіолету.....		28
2.3 Фотостабілізатори, що використовуються у даній дисертації.....		29
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		31
3.1 Опис вибраної технологічної схеми виробництва ПВХ плівки зі стійкістю до		
УФ-опромінення та фізико-хімічних процесів, які проходять в основному		
обладнанні.....		31
3.2 Матеріальний баланс виробництва		38
3.2.1 Визначення фонду часу роботи обладнання.....		38
3.2.2. Складання матеріального балансу		39
3.3 Вибір та розрахунок кількості обладнання		46
3.4 Розрахунок екструдера		47
3.4.1 Визначення геометричного коефіцієнту головки.....		48
3.4.2 Визначення продуктивності машини.....		49
3.4.3 Визначення перепаду тиску в головці		52
3.4.4 Визначення потужності приводного двигуна		54
3.4.5 Розрахунок теплообміну		55

					ХП11мп.10.1470.001					
ЗМН	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Виробництво ПВХ плівки стійкої до дії УФ- опромінення	Лист	Арх.	Автори		
Розроб.		Слебо С.С.	<i>[Signature]</i>					7	73	
Перевір.		Сікорський О.О.	<i>[Signature]</i>							
Реценз.			<i>[Signature]</i>							
Н. Контр.		Коваленко Ю.О.	<i>[Signature]</i>							
Затверд.		Миронюк О.В.	<i>[Signature]</i>							
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ХТФ, ХП-11мп				

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ПВХ ПЛІВКИ	59
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	61
5.1 Проблематика	61
5.2 Аналіз ризиків комерціалізації наукової розробки	62
5.3 Потенційні конкуренти.....	63
5.4 Метод Шонфільда	65
5.5 Формування ключових факторів успіху розробки	66
5.6 Бізнес-модель реалізації розробки	68
5.7 Висновок до економічної частини.....	70
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	72
ДОДАТОК А	

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сьогоднішній день більшість фруктів, овочів та квітів вирощується у теплицях. Вони створюють ідеальний для рослин мікроклімат. Теплиці захищають рослини від впливу погодних умов, наприклад, вітру, морозу, холоду, дощу, опадів, підвищених температур, комах. В наші дні є можливість підібрати плівку, яка ідеально підійде за вимогами фруктів та овочів до світла та температури. Плівки допомагають знизити потреби води, запобігаючи випаровуванню, утримують сонячне світло, забезпечуючи вночі вищу температуру, ніж на вулиці.

В теплицях з плівкою із захистом від ультрафіолету рослини мають яскравіші кольори листя та квітів, ростуть розміриніше та сильніше. Через процеси руйнування, що викликані сонячним випромінюванням, строк служби плівки без УФ стабілізації обмежений. Полімери плівки швидко руйнуються під довгостроковою дією сонячного світла. Ультрафіолетове випромінювання сонця передає свою енергію молекулам полімеру, руйнуючи зв'язки між ними [1].

УФ стабілізуючі добавки в плівці забезпечують розсіювання сонячного світла та тепла в теплиці, забезпечуючи рівномірний ріст рослин. Також плівка даного типу захищає рослини та, особливо, квіти, фільтруючи УФ-А та УФ-Б випромінювання, а також обмежує спектр сонячного світла, який сприяє розвитку комах.

Хорошим матеріалом для тепличної плівки є полівінілхлорид (ПВХ). ПВХ плівка – це тонка термопластична плівка доступна в різних формах і варіантах обробки [2]. Залежно від вимог і обмежень передбачуваного застосування, вона може демонструвати жорсткість або гнучкість, бути прозорою, кольоровою, напівпрозорою, непрозорою, мати матове або глянцеve покриття. Завдяки своїй універсальності матеріал знаходить застосування в широкому діапазоні промислових застосувань, починаючи від шторок для душу і закінчуючи фармацевтичною упаковкою.

Порівняно з іншими термопластичними плівковими матеріалами плівка з полівінілхлориду (ПВХ) має ряд переваг, зокрема:

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довговічність. ПВХ має високу міцність, виявляючи виняткову стійкість до пошкоджень через суворі умови навколишнього середовища, такі як агресивні хімічні речовини, стирання та механічний вплив. Ці властивості роблять його придатним для використання в середньострокових і довгострокових застосуваннях, що включають вплив зовнішнього середовища.

Експлуатаційна та екологічна безпека. ПВХ нетоксичний і ретельно протестований на вплив на навколишнє середовище. Він відповідає низці національних і міжнародних стандартів охорони здоров'я та безпеки, включно з тими, які викладені Управлінням з контролю за продуктами й ліками (FDA), Комісією з безпеки споживчих товарів (CPSC), Національним санітарним фондом (NSF) і Міжнародними стандартами безпеки (ISS).

Вогнестійкість. Завдяки високому вмісту хлору ПВХ має високу вогнестійкість. Він важко запалюється або не виділяє багато тепла при горінні. Однак, оскільки він може виділяти шкідливі хімічні речовини під час плавлення або спалювання, ті, хто працює з матеріалом під час операцій, пов'язаних із відкритим полум'ям або високими температурами, повинні вживати відповідних запобіжних заходів, щоб зменшити ризик несприятливих наслідків для здоров'я. Він також самозатухаючий.

Непровідність. ПВХ не проводить електрику, що робить його придатним для використання в якості ізолятора в промислових і механічних компонентах і будівлях.

Економність. Незважаючи на численні переваги, ПВХ є недорогим у виробництві, він легкий у наданні бажаних форм і розмірів. Ці якості роблять його економічно ефективним варіантом матеріалу для промислового застосування.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Вимоги діючих стандартів до даного виду продукції

Полівінілхлоридна (ПВХ) плівка виготовляється за ГОСТ 16272-79 [3]. Даний стандарт розповсюджується на технічну пластифіковану полівінілхлоридну плівку, що представляє собою термопластичний матеріал, який виготовлений на основі суспензійного полівінілхлориду з додаванням пластифікаторів та стабілізаторів.

В залежності від призначення технічну пластифіковану полівінілхлоридну плівку виготовляють наступних марок:

ОН – (загального призначення) пакувальна плівка для консервації машин, механізмів, інструментів, авіаційних матеріалів, для використання в конструкції кабелів, а також для окулірування та черешкового щеплення плодових дерев;

Г – для гідрозахисту ізоляції на кораблях;

М-40 – морозостійка плівка для пакування різноманітних промислових виробів;

М-50 – морозостійка плівка для виготовлення сигнальних флажків;

Ф – для виготовлення спеціальних виробів;

Е – еластична плівка для покриття валків витяжних апаратів прядильних машин;

С – світлостійка плівка прозора для різних культивацийних споруд в рослинництві та виготовленні армованої плівки.

Плівку випускають в рулонах у вигляді полотна або рукава. Змотування рулонів плівки повинно бути щільним. Допускається зміщення плівки по торцю рулону у межах допуску на ширину.

Лінійні розміри плівки повинні відповідати нормам, вказаним у таблиці 1.1.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Лінійні розміри плівки

Розмір плівки, мм	Норма для марки						
	ОН	Г	М-40	М-50	Ф	Е	С
1.Товщи на	0,15±0, 03	0,27±0, 03	0,13±0, 03	0,25±0, 05	0,24±0, 04	0,30±0, 05	0,15±0, 03
	0,23±0, 04	0,03±0, 03	0,23±0, 04				
2.Ширин а	640±10	900±10	1200±2	1250±2	1250±3	1200±2	1200±2
	700±10	1200±2 0					
	1200±2 0						

Допускається за погодженням із споживачем випускати плівку інших розмірів та допусків.

Довжина плівки в рулоні повинна бути не менше 20 м. В рулоні плівки не допускається більше двох відрізів. Довжина найменшого відрізу – не менше 5 м. Для плівки марки ОН, що використовується в кабельній промисловості, довжина плівки в рулоні повинна бути не менше 500 м.

Приклад умовного позначення полівінілхлоридної пластифікованої технічної плівки марки ОН товщиною 0,23 мм та шириною 700 мм:

Плівка ОН вищого сорту 0,23x700 ГОСТ 16272-79.

Плівку виготовляють у відповідності до вимог даного стандарту за технологічним регламентом, що затверджено у встановленому порядку. Плівка по фізико-механічним властивостям повинна відповідати вимогам та нормам, вказаним у таблиці 2.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості плівки

Найменування показника	Норма для марки									
	2		3		4	5	6	7	8	
1	ОН		Г		М-40	М-50	Ф	Е	С	
	Вищий сорт	Перший сорт	Вищий сорт	Перший сорт					Вищий сорт	Перший сорт
1. Зовнішній вигляд а) поверхня	Гладка, однорідна, з рівнообрізними краями. Допускається незначна шорсткість, матовість, дрібні бульбашки, включення діаметром не більше 1 мм, що не утворюють наскрізних отворів при перегині плівки на 180° за місцем включення.									
б) колір	Натуральний (незабарвлена)		Будь-якого кольору	Будь-якого кольору, допускається різноманітність	Натуральний (незабарвлена)	Жовтий, червоний	Натуральний (незабарвлена)	Світло-голубий	Натуральний (незабарвлена)	
2. Міцність при розриві МПа (кгс/см ²), не менше										
Вздовж	18,0 (183)	11,8 (120)	19,0 (194)	10,8 (110)	20,0 (203)	15,0 (153)	15,0 (153)	Не визначаються	22,0 (224)	13,7 (140)
Впоперек	15,0 (153)	9,8 (100)	Не визначаються		17,0 (173)	13,0 (133)	13,0 (133)	Не визначаються	18,0 (183)	11,8 (120)
3. Відносне видовження при розриві, %, не менше	200	140	250	130	200	230	230	Не визначаються	240	200
4. Напряга при відносному 100%-вому видовженні, МПа (кгс/см ²)	Не визначаються							2,45-4,40 (25-45)	Не визначаються	

					ХП11мп. 10.1470.001					Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
5. Залишкове відносне видовження, %, не більше	Не визначають					10	Не визначають
6. Температура крихкості, °С, не вище	Мінус 20	Мінус 25	Мінус 30	Міну с 40	Міну с 50	Міну с 50	Не визначають Мінус 30
7. Коефіцієнт пропускання, %, не менше	Не визначають						88 80

Допускається за узгодженням із споживачем виготовляти плівку будь-якого кольору (крім марки "С"). Для марки ОН, що використовується в конструкції кабелів, різнотонність не допускається.

Плівку приймають партіями відповідно з вимогами даного стандарту. За партію приймають кількість рулонів плівки не більше 300 шт. (15000 кг) та не менше 10 шт. (500 кг), однієї марки, товщини, ширини, кольору, виготовленої з однієї сировини, що супроводжується одним документом про якість.

Документ про якість повинен містити:

- Найменування та товарний знак підприємства-виробника,
- Умовне позначення плівки,
- Номер партії, кількість рулонів в партії,
- Площу плівки в партії в квадратних метрах,
- Масу рулонів в партії нетто та брутто,
- Дату виготовлення,
- Результати випробувань чи підтвердження про відповідність якості плівки вимогам даного стандарту.

Для контролю якості плівки по показникам таблиці 1.1, діаметру та маси рулону відбирають 3% рулонів від кожної партії, але не менше ніж два рулони. При одержанні незадовільних результатів випробувань, хоча б за одним із показників,

								Арк.
								14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП11мп. 10.1470.001			

16783-71 в статичному режимі випробування по варіанту "В" або прискореному (експрес) методу на п'яти зразках товщиною, що дорівнює товщині плівки. При розходженні в оцінці якості визначення проводять експрес-методом. Коефіцієнт пропускання визначають по ГОСТ 15875-80 з джерелом світла "А" абсолютним методом.

Плівку намотують на картонно-паперові, пластмасові чи металеві бобини, або дерев'яні стержні діаметром не менше 25 мм, а марки ОН (призначеної для використання в кабелях) – не менше 40 мм. Діаметр рулону має бути не більше 300 мм. Маса бруто рулону повинна бути не більше 50 кг. За узгодженням із споживачем допускаються інші діаметр та маса рулонів. Місця з'єднання плівки позначають видимими з торця кольоровими сигналами. Маркування рулонів та пакету повинне містити наступні дані про упаковану продукцію:

- Найменування підприємства-виробника та (або) його товарний знак або його умовне позначення;
- Умовне позначення плівки;
- Номер партії;
- Номер рулону;
- Площу плівки в рулоні в квадратних метрах;
- Масу нетто та бруто рулону;
- Дату виготовлення;
- Прізвище та штамп пакувальника.

Маркування наносять на тару чи упаковку. Допускається при маркуванні номер партії, номер рулону, площу плівки в рулоні і партії в квадратних метрах, масу нетто і бруто, дату виготовлення наносити чітко та розбірливо від руки. Маркування має зберігатися до отримувача. Допускається не наносити маркування на пакет, якщо чітко видно маркування, нанесене на рулон. Плівки транспортують залізничним, автомобільним, повітряним та морським транспортом в критих транспортних засобах у відповідності до правил перевезення вантажів на даному виді транспорту. Транспортування плівки залізничним транспортом здійснюють повагонними відправками. Допускається зберігання рулонів плівки в горизонтальному положенні не більше ніж 6 рядів по висоті. Не допускається

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зберігання рулонів плівки при дотику з лакованими поверхнями та гумою, а також спільне зберігання з органічними розчинниками, кислотами, хімікатами, які взаємодіють з плівкою.

Плівку, яку транспортували при температурі нижче 0 °С, перед відкриттям тари та застосуванням витримують при кімнатній температурі на протязі 24 годин, верхня температурна межа експлуатації плівки – 60 °С. Плівку можна зварювати та склеювати.

1.2 Вибір сировини

Основною сировиною для виробництва полівінілхлоридної (ПВХ) плівки є власне полівінілхлорид (ПВХ). ПВХ – безбарвна, прозора пластмаса, термопластичний полімер вінілхлориду.

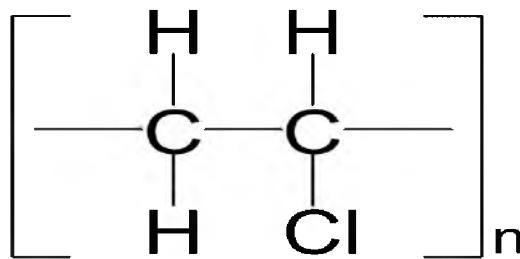


Рисунок 1.1 – Полівінілхлорид

Характеризується відмінною хімічною стійкістю до лугів, мінеральних олій, більшості кислот та розчинників. У чистому вигляді не підтримує горіння на повітрі, але вогнестійкість пластмас на його основі залежить від використаних добавок. Має малу морозостійкість (-15 °С). Нагрівостійкість: +66 °С. Хімічна формула: $[-CH_2-CHCl-]_n$. Міжнародне позначення – PVC (від англ. Polyvinyl chloride). Вперше отриманий французьким хіміком Анрі Віктором Реньо у 1835 році, потім, у 1872 році, досліджений німецьким хіміком Ойгеном Бауманом. Широке застосування отримав після 1926, коли американський хімік Уалдо Лонсбері Семон винайшов спосіб поліпшення еластичності полімеру. Фізичні властивості ПВХ представлені у таблиці 1.3

										Арк.
										17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХП11мп.10.1470.001

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості полівінілхлориду (ПВХ)

Молекулярна маса, кДа	9-170
Густина, г/см ³	1,35-1,43
Температура склування, °С	75-80
Температура плавлення, °С	150-220
Теплопровідність, Вт/(м·К)	0,159
Межа міцності при розтягу, МПа	40-50
Межа міцності при згинанні, МПа	80-120
Електричний опір, Ом*м	10 ¹² -10 ¹³
Діелектрична проникність (при 50 Гц)	3,5

Розчиняється в циклогексаноні, тетрагідрофурані (ТГФ), диметилформаміді (ДМФА), дихлоретані, обмежено – в бензолі, ацетоні (набухає). Не розчиняється у воді, спиртах, вуглеводнях (у тому числі бензині та гасі). Стійкий до дії кислот, лугів, розчинів солей, жирів, спиртів, має гарні діелектричні властивості. Його виготовляють суспензійною або емульсійною полімеризацією вінілхлориду та в масі.

Рецептура [6] стійкої до ультрафіолету ПВХ плівки наведена у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Рецептатура плівки

Сировина	Вміст, м.ч.	Вміст, %	Густина, кг/м ³
1	2	3	
Полівінілхлорид (ПВХ)	100	43	520
Обважнювач	50	21,5	1550
Пом'якшувач	60	25,8	853
Антипірен	5	2,2	3770
Стабілізатор	5	2,2	775

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4
Модифікатор впливу	10	4,3	1108
Лубрикант	1	0,4	891
Фотостабілізатор (УФ-поглинач)	1	0,4	1200
Інгібітор окислення	0,5	0,2	1102

Густина суміші – 935 кг/м³

Переважно, представлений полівінілхлорид – це марки SG-5 або SG-7. Уявна густина марки SG-5 – 0,4-0,6 г/мл. Уявна густина марки SG-7 – 1,4 г/мл.

Зазвичай, представлений обважувач – це карбонат кальцію. Використовується для збільшення видовження плівки, міцності на розрив. Також використовується, як наповнювач.

Переважно, описаний пом'якшувач – це суміш диоксиладипінату (55 м.ч.) та епоксидної соєвої олії (ЕСО) (5 м.ч.). Диоксиладипінат – нетоксичний універсальний пластифікатор, має хорошу стійкість до старіння, підвищених температур, навколишнього середовища. Епоксидна соєва олія (ЕСО) – світло-жовта клейка масляниста рідина, найпопулярніший нетоксичний полівінілхлоридний пом'якшувач, а також хороший стабілізатор.

Переважно, описаний антипірен складається з оксиду сурми (2,5 м.ч.) та гідроксиду магнію (2,5 м.ч.). Оксид сурми – це загальноприйнятий антипірен, має хороший синергічний ефект, при якому вогнезахисний ефект значно покращується. Гідроксид магнію, окрім вогнезахисного ефекту, запобігає задимленню, не виробляє токсичні гази, тому і використовується більш широко.

Переважно, описаний стабілізатор складається з рідкоземельного (Ca/Zn) стабілізатора (2,5 м.ч.) та металевого мила (наприклад, стеарат літію) (2,5 м.ч.). Рідкоземельний стабілізатор – це стеарат рідкоземельного металу, має чудову термічну стабільність. Металево мило – це другий найбільший клас стабілізаторів, який за споживанням поступається лише солі свинцю. Широко використовується у гнучкому ПВХ, нетоксичний.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переважаю, описаний модифікатор впливу – суміш хлорованого поліетилену (6 м.ч.) та сополімеру бутилакрилату і метилметакрилату (4 м.ч.). Хлорований поліетилен (СРЕ) – різновид добавок, що коректують властивості термопластів, зменшує в'язкість розплаву, збільшує термін служби продукту, покращує стійкість до низьких температур, стійкість до атмосферного впливу. Сополімер бутилакрилату і метилметакрилату – вид модифікатору впливу, що виконує комплексне покращення характеристик. Він має чудову стійкість до удару, низькотемпературну гнучкість, стабільність, технологічність, співвідношення ціни та якості.

Переважаю, описаний лубрикант – суміш поліетиленового воску (PE wax) (0,6 м.ч.) та стеаринової кислоти (0,4 м.ч.). Поліетиленовий віск покращує ефективність виробництва, зовнішній вигляд готового продукту. Стеаринова кислота – це ефективний термостабілізатор, при додаванні до ПВХ плівки.

Переважаю, описаний УФ-поглинач складається з УФ-абсорберів UV-531 (0,2 м.ч.), UV-327 (0,4 м.ч.) та фотостабілізатора HALS 944 (0,4 м.ч.). УФ-абсорбер UV-531 – білий кристалічний порошок, може поглинати ультрафіолет із довжиною хвилі 270-330 нм, використовується для багатьох пластиків, наприклад, поліетилен, поліпропілен, полістирол, АБС, полікарбонат та, власне, полівінілхлорид. УФ-абсорбер UV-327 може поглинати хвилі з довжиною 300-400 нм. Фотостабілізатор HALS 944 використовується для “очищення” від вільних радикалів, що утворились після опромінення ультрафіолетом.

Переважаю, описаний інгібітор окислення складається з антиоксидантів Irganox 1010 (0,3 м.ч.) та Irgafos 168 (0,2 м.ч.). Irganox 1010 – білий кристалічний порошок, один із найкращих антиоксидантів, ефективний для запобігання термоокислювальної деградації полімерних матеріалів, покращує стійкість до зміни кольору під час високотемпературних процесів. Irgafos 168 – це один із видів допоміжного антиоксиданту, має хороший синергічний ефект із Irganox 1010. Завдяки цьому ефекту Irganox 1010 та Irgafos 168 збільшують термін життя плівки.

У таблиці 1.5 наведені властивості готової суміші в порівнянні зі стандартними властивостями.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розплавлена сировина видавлюється із формуючої головки з прямою щілиною на сталевий охолоджувальний валок великого діаметру, де відбувається прискорене охолодження з формуванням товщини і ширини плоского полотна плівки. Перевагами є ідеальна прозорість та глянець, м'якість на дотик та прекрасна клейкість. Головним недоліком є висока ціна лінії виробництва таким методом – близько 5-7 мільйонів гривень.

У випадку екструзії з роздувом розплавлений матеріал видавлюється у вигляді рукава циліндричної форми з головки з кільцевою щілиною [7]. Форма та охолодження циліндричного рукава забезпечується подаванням повітря всередину та на зовнішню площину. Охолодження повітрям відбувається повільніше, ніж при плоскощілинній екструзії, глянець, прозорість та м'якість також будуть гіршими, порівняно з каст плівками. Однак, головною перевагою рукавної екструзії є низька ціна лінії виробництва. Вартість такої лінії в середньому в 5 разів менша ніж лінії з поливом на барабан. Тому зазвичай найкращою технологією переробки для початку виробництва є рукавна екструзія.

Екструзія з роздувом – це технологія, яка є найпоширенішим методом виготовлення плівок, особливо для пакувальної промисловості. Як правило, екструзія плівки з роздувом здійснюється вертикально вгору, однак зараз стають все більш поширеними процеси екструзії з роздувом вниз та горизонтально. На рисунку 1.2 показано схему лінії виробництва для екструзії плівки з роздувом.

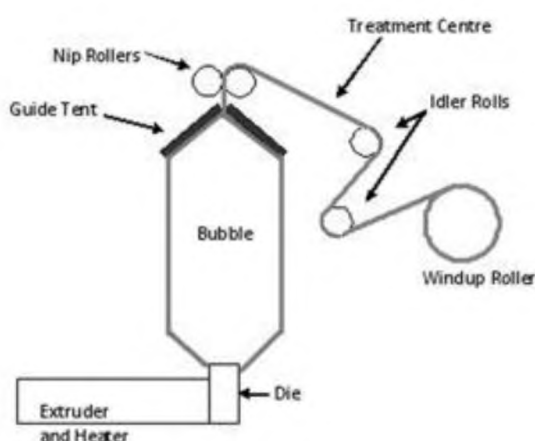


Рисунок 1.2 – Схема лінії виробництва для екструзії плівки з роздувом

Ця процедура складається з чотирьох основних етапів:

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Полімерний матеріал завантажується у формі гранул, які послідовно ущільнюються та розплавляються з утворенням гомогенної в'язкої рідини. Ця розплавлена суміш потім продавлюється, або екструдується через кільцеву головку.

2. Повітря вводиться через отвір у центрі головки, і тиск змушує екструдований розплав розширюватися в бульбашку. Повітря, що входить у бульбашку, замінює повітря, що виходить з неї, таким чином підтримується рівномірний і постійний тиск для забезпечення рівномірної товщини плівки.

3. Бульбашка постійно витягується вгору з головки, а охолоджувальне кільце продуває повітрям плівку. Плівку також можна охолоджувати зсередини за допомогою внутрішнього охолодження. Це знижує температуру всередині бульбашки, зберігаючи її діаметр.

4. Після затвердіння на лінії замерзання плівка переміщується в набір притискних роликів, які стискають бульбашку та розплющують її на два плоских шари плівки. Знімні ролики тягнуть плівку на намотувальні ролики. Під час цього процесу плівка проходить через ролики для забезпечення рівномірного натягнення плівки. Між притискними та намотуючими роликами плівка може проходити через центр обробки залежно від застосування. Під час цієї стадії плівка може бути розрізана для утворення двох плівок або для обробки поверхні.

Плівка, виготовлена з роздуванням, зазвичай має кращий баланс механічних властивостей, ніж плівка, виготовлена плоскощілинним методом, оскільки вона витягується як у поперечному, так і в поздовжньому напрямках. Майже однакові властивості в обох напрямках забезпечують максимальну міцність плівки.

Крім того, одна й та сама головка може застосовуватися для виготовлення плівки різної ширини та розміру без значного обрізання. Такий високий рівень гнучкості у технології призводить до зменшення браку матеріалу та підвищення продуктивності. Плівки, отримані роздуванням, також потребують нижчих температур плавлення, ніж плоскощілинні. Виміряна на отворі головки температура касти плівки становить близько 220°C, тоді як температура роздувної плівки становить близько 135°C.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Висновок до аналітичної частини

Під час аналітичного дослідження були розглянуті нормативні документи та технічні умови для виробництва ПВХ плівки.

В якості сировини використовується суміш ПВХ, обважнювача, пом'якшувача та різних добавок для покращення стійкості плівки до зовнішніх подразників (антипірен, уф-поглинач, модифікатор впливу, інгібітор окислення тощо). В якості методу переробки була обрана екструзія з роздувом рукава вгору.

Плівка буде виготовлятися з товщиною 100 мкм, що є найоптимальнішою товщиною для цієї суміші.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Теорія ультрафіолету

Коли полімери використовуються для зовнішнього застосування, вони досить швидко псуються. Теоретичне пояснення ґрунтується на поглинанні ультрафіолетової частки кванту світла, завдяки чому електрони, що поглинули цю частку збільшують свою потенціальну енергію. Чим більша потенціальна енергія електрону, тим вища його орбіта. При перевищенні певного порогу електрон відривається від орбіти, через що й відбувається розрив зв'язків та відрив радикалів. Це спричинює деградаційний цикл [8]:

- Енергія ультрафіолетової частки кванту світла абсорбується хромофорами, розриває зв'язки та створює вільні радикали ($R\bullet$) у полімері.
- Кисень комбінується з вільними радикалами, створюючи нові сполуки, що включають в себе перокси-радикали та гідропероксиди, що реагують з ланцюгами поліолефінів (RH) ($O_2 + R\bullet \rightarrow ROO\bullet + RH \rightarrow ROOH + R\bullet$).
- Гідропероксиди ($ROOH$) у свою чергу самі по собі реактивні та розкладаються на нові вільні радикали ($ROOH \rightarrow \bullet OH + RO\bullet$).

Через фотоокислення, що відбувається за допомогою ультрафіолету, результатом деградаційного циклу є розрив ланцюга та реакції зшивання. Ці процеси можуть спричинити катастрофічні наслідки: розриви ланцюгів призводять до збільшення кристалізації у полімері та створюють внутрішні та поверхневі пустоти, в результаті чого утворюються тріщини, матеріал стає крихким та втрачає блиск (рис. 2.1).

Спектр ультрафіолетового випромінювання поділяється на:

- Близький ультрафіолет, УФ-А промені (UVA, 315-400 нм);
- УФ-В промені (UVB, 280—315 нм);
- Далекий ультрафіолет, УФ-С промені (UVC, 100—280 нм).

Майже весь UVC і приблизно 90 % UVB поглинаються озоном, а також водяною парою, киснем і вуглекислим газом під час проходження сонячного світла крізь земну атмосферу. Випромінювання з діапазону UVA досить слабо поглинається

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

атмосферою. Отже, радіація, що досягає поверхні Землі, переважно, містить ближній ультрафіолет UVA, і, у невеликій частці — UVB.



Рисунок 2.1 – Ефект впливу ультрафіолету

Поліолефінові зв'язки самі по собі розриваються від ультрафіолетових хвиль у діапазоні 290-310 нм (“UVB” діапазон) та 330-370 нм (“UVA” діапазон) – особливо 300-310 і 340 нм для поліетилену (ПЕ), та 290-300 і 330-370 для поліпропілену (ПП). У таблиці 2.1 наведені деякі зв'язки, які чутливі до енергії хвиль ультрафіолетових довжин.

Таблиця 2.1 – Довжини хвиль та відповідні енергії зв'язку

Діапазон довжин ультрафіолету (нм)	Відповідний діапазон енергій фотону (ккал/моль)	Хімічний зв'язок	Енергія зв'язку (ккал/моль)
280-320	102.3-89.5	С-Н (вторинний)	95
		С-Н (третинний)	91
320-380	89.5-75.4	С-С	83

У таблиці 2.2 наведені довжини хвиль ультрафіолету максимальної чутливості для типових комерціальних полімерів.

Таблиця 2.2 – Довжини хвиль ультрафіолету максимальної чутливості для типових комерціальних полімерів

Полімер	Довжина хвиль ультрафіолету максимальної чутливості
Поліестери	325
Полістирол	318
Поліетилен	300
Поліпропілен	310
Полівінілхлорид	310
Полікарбонат	295
Поліметилметакрилат	290-315
Поліформальдегід	300-320

Враховуючи усю потенціальну деградацію від ультрафіолету, без певного типу внутрішнього захисту або стабілізації, пластмаси можуть відносно швидко втратити свої якості під дією сонячного світла. Наприклад, поліетилен високої густини (ПВГ) у формі півтори міліметрових дисків може втратити 80% своєї міцності за 2000 годин дії ультрафіолету. На рисунку 2.2 показано як вплив ультрафіолету за 6000 годин розкладає поверхню зразку (справа), утворюючи пори, порівняно зі зразком, що не піддавався впливу (зліва).

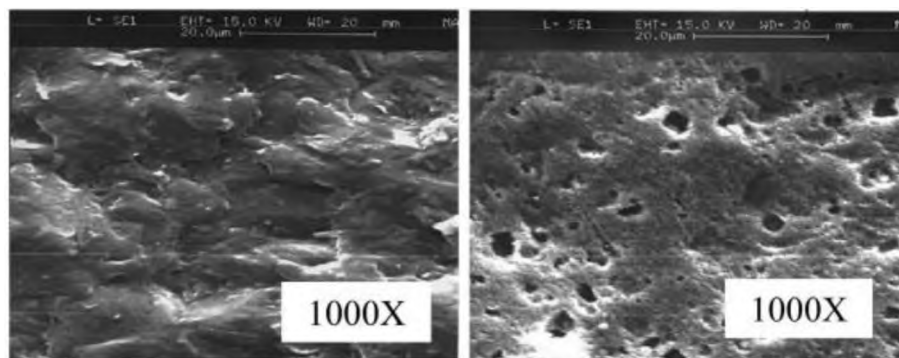


Рисунок 2.2 – Поверхнева деградація від впливу ультрафіолету

безбарвних прозорих та світлих виробів; має хорошу стабільність, низьку летючість.

Фотостабілізатор HALS 944 – має високу молекулярну масу, меншу міграцію, що дозволяє йому залишатися стабільним і не мігрувати на поверхню плівки, та перешкоджає адсорбції наповнювачів, таких як карбонат кальцію та тальк.

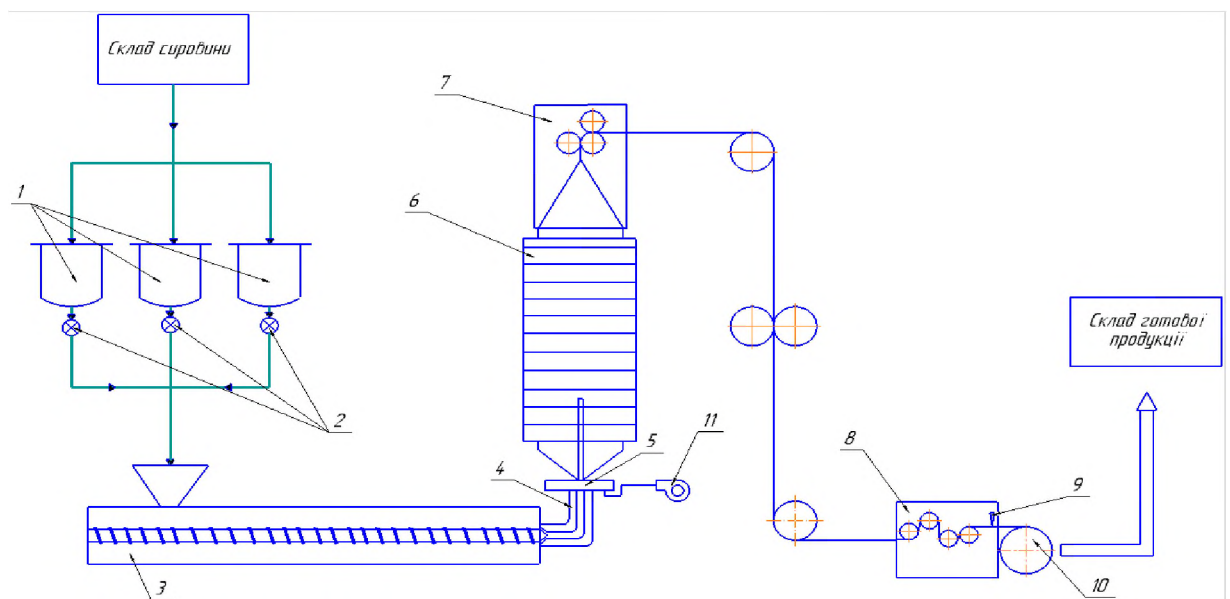
					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис вибраної технологічної схеми виробництва ПВХ плівки зі стійкістю до УФ-опромінення та фізико-хімічних процесів, які проходять в основному обладнанні

В основі даної роботи лежить процес виробництва полівінілхлоридної плівки зі стійкістю до УФ-випромінювання рукавним методом, який полягає у безперервному видавлюванні розплавленої сировини через кільцеву щілину формувальної головки з наступним формуванням рукава, його охолодженням, укладанням в плоске полотно та намотуванням на картонну гільзу.

В даній роботі використовується метод виробництва з прийманням рукава вгору та повітряним охолодженням.



1 – бункери; 2 – дозатори; 3 – екструдер; 4 – формуюча головка з кільцевою щілиною; 5 – повітряне кільце; 6 – калібрувальна корзина; 7 – витягуючий пристрій; 8 – пристрій для намотування; 9 – лезо; 10 – товарний валок; 11 – вентилятор з холодним повітрям.

Рисунок 3.1 – Технологічна схема виробництва ПВХ плівки рукавним методом

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Технологічний процес виробництва ПВХ плівки рукавним методом складається з наступних стадій [9]:

1. Підготовка матеріалу (сушка суміші, підігрів);
2. Доставка суміші пневмозавантажувачем у екструдер;
3. Розплав та гомогенізація суміші;
4. Формування заготовки;
5. Роздування заготовки і формування циліндричного рукава;
6. Охолодження та укладання рукава в плоске полотно;
7. Намотка та пакування плівки.

Усі необхідні матеріали за допомогою пневмозавантажувачів надходять в бункери, де відбувається їхня остаточна підготовка (сушка та підігрів) до переробки. У екструдері суміш термопластикується, гомогенізується та під тиском нагнітається у формувальну головку, і звідти видавлюється у вигляді рукава, площа перетину якого визначається геометрією кільцевої щілини формуючої головки. Всередину рукава через дорн головки під тиском $2-4 \cdot 10^3$ Па надходить повітря, завдяки якому заготовка роздувається, утворюючи циліндр. Для надання циліндричному рукаву стійкості його концентровано охолоджують обдуванням холодним повітрям завдяки зовнішньому охолоджувальному обладнанню. Для стабілізації форми циліндричного рукава та покращенню його охолодження також використовується кільцевий бандаж.

Складальні щоки перетворюють рукав з певним діаметром D в двошарове плоске полотно. Для зменшення ширини полотна на ньому формують фальці (поздовжні бокові складки) за допомогою складального пристрою. Застосування фальцювання допомагає зменшити ширину полотна у 1,5-2 рази. Рух плоского полотна здійснюється протягуючим пристроєм з регульованою частотою обертів валків. Ступінь поздовжнього витягування залежить від швидкості відводу рукава, а ступінь поперечного витягування – від роздуву заготовки. Ширильні валки допомагають позбуватися складок на полотні перед його розрізанням та намоткою в рулони. Також наявні прилади знімання з циліндра та плоского полотна статичної електрики.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для екструзії користуються матеріалами у вигляді стрічки, гранул та порошку. Стрічки це найчастіше вторинна сировина, що обробляється на спеціальних екструзійних установках, у складі яких є товкачі, що вмонтовані в бункерний відсік. Найкращим матеріалом для екструзії є гранули. Гранульований матеріал не “зависає” і не закупорює бункер. Порошок може спресовуватися під час зберігання та транспортування. Гранули ж виділяються постійною сипкістю. Якщо потрібно обробити матеріали з різнокомпонентним складом використовують спеціальні дозатори. Не достатньо сипучі порошки утворюють склепіння та зависають на стінках бункера. В такому разі живлення шнекової зони зупиняється, а для усунення проблеми доведеться встановлювати в сам бункер перегрівачі. Сипучість залежить від вологості сировини: вогкий порошок збивається і майже не розсипається. Через це порошковий матеріал рекомендується перед обробкою просушити. Для покращення продуктивності обладнання гранульований матеріал піддають попередньому підігріву. Для цього використовують спеціальні пристрої примусового проштовхування суміші з бункеру на черв’як. В процесі спресовування матеріалу між витками черв’ячної установки витісняється повітря, яке проходить через зону завантаження. Якщо повітря видалене не повністю, то після формування воно утворює в плівці порожнечу, що сильно впливає на якість.

Рівень заповнення бункера у висоту також впливає і на заповнення черв’яка. Виробники екструзійного обладнання інсталиують в бункер пристрій для виміру рівня – рівнемір. Автоматичні рівнеміри сповіщають працівника про завантаження бункера до потрібного рівня. Завантаження бункера в системах автокерування здійснює пневмозавантажувач.

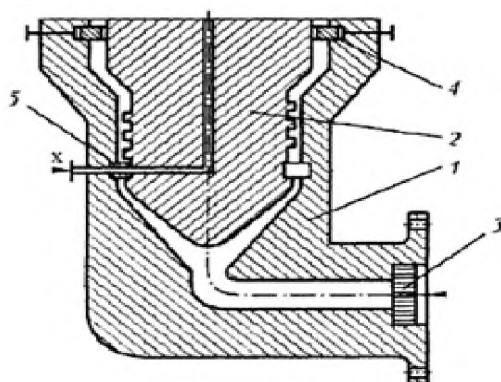
Форма і густина окремих елементів матеріалу також впливає на заповнення обладнання між лопатями. Гранули можна виготовляти гарячою та холодною нарізкою. При гарячій нарізці гранульований матеріал позбавлений загострених кутів, завдяки чому збільшується сипкість такої сировини. З іншого боку гранули, виготовлені холодною нарізкою, мають загострені кути. Така сировина буде злипатися у екструдері в процесі обробки, в результаті чого буде погіршуватись сипкість суміші. При довгостроковій роботі обладнання, можливий перегрів циліндра під зоною воронки бункера. В таких випадках сировина злипається,

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пробку до нагрітого циліндра, і матеріал починає плавитись. Також пробка плавиться ще й завдяки теплу, що виробляється тертям. Розплавлена сировина з твердими частинками в собі гомогенізується. В кінці цієї зони пробка повністю розпадається, а суміш, в якій є невелика кількість твердих частинок, переходить в зону дозування.

Зона дозування (III). Ще не повністю гомогенізована сировина проходить далі з виділенням теплової енергії, що є результатом різкої деформації матеріалу. Між витками шнека розплав протікає двома способами: поздовжнім та циркуляційним. Поздовжній потік залежить від продуктивності обладнання, а циркуляційний – від якості гомогенізації суміші. Температурні режими зон в процесі роботи екструдера важливі для правильного формоутворення виробів. Теплова енергія, що вивільняється при терті сировини недостатня для екструзії, тому у виробництві використовують термоелектричні нагрівачі (ТЕНи), які призначені для нагрівання таких специфічних поверхонь. Швидкість екструзії залежить від якості таких нагрівачів.

Формування заготовки циліндричного рукава відбувається в головці, що прикріплена до екструдера, в яку потік розплаву матеріалу надходить з виходу екструдера і потім продавлюється через кільцевий зазор. Повітря для розтягу надходить через дорн. Вздовж всього шляху розплаву через головку повинні бути відсутні застійні зони. Усередині головки утворюється досить високий тиск (до 20-30 МПа), тому її конструкція повинна забезпечувати необхідний гідравлічний опір.



1 – корпус; 2 – дорн; 3 – фільтр; 4 – мундштук; 5 – дорнотримач.

Рисунок 3.3 – Схема кільцевої головки з центральною подачею розплаву

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розплавлений матеріал з екструдера через фільтр проходить в формуючу головку знизу по циліндричному каналі, оминає дорн, набуваючи кільцевий перетин, і продавлюється через зазор між дорном та мундштуком.

Від температури головки сильно залежать такі експлуатаційні якості плівки, як каламутність та блиск. Чим більша температура головки, тим більший в полімері відсоток аморфної фази, а, отже, тим прозоріша плівка.

Роздув та формоутворення рукава є основною технологічною операцією, під час якої формуються фізико-хімічні та робочі властивості плівки. Параметри цієї операції – ступінь роздуву рукава, його поздовжня витяжка та його конфігурація в зоні роздування. Від ступеню роздуву залежить рівномірність товщини рукава в поперечному напрямі. Переважно ступінь роздування не перебільшує 300% (в середньому 200-250%). З підвищенням ступеню роздування покращується міцність рукава в поперечному напрямі, а в поздовжньому, навпаки, знижується.

На конфігурацію рукава в зоні роздування впливає тиск повітря в рукаві, інтенсивність охолодження повітрям, що надходить із зовнішньої охолоджувальної системи та швидкість його відводу від головки. На певній відстані від головки прозорий рукав починає мутніти. Лінія кристалізації – це умовна лінія, що розділяє прозору та непрозору частину мішура, вище якої роздув рукава закінчується і він зберігає свою циліндричну форму з певним діаметром D . На цій лінії температура матеріалу дорівнює або близька температурі розм'якшення. При узгоджених параметрах роздуву, швидкості відводу та інтенсивності охолодження рукав приймає остаточну конфігурацію, при якій границя лінії кристалізації $H \approx (0,3-0,4)D$.

Теплова енергія, що піднімається доверху рукава уповільнює його охолодження і перехід матеріалу в твердий стан. Для запобігання злипання плівки в двошаровому плоскому полотні в зазорі між протягуючими валками її потрібно охолодити до температури, що на 25-30 °C нижча температури розм'якшення матеріалу, що перероблюється.

Для відводу теплової енергії від рукава використовують повітряні та водяні системи охолодження. Повітряне охолодження застосовується для виробництва

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плівки з шириною плоского полотна до 6 метрів. Для збільшення ефективності використовують системи з зовнішнім та внутрішнім охолодженням. При внутрішньому охолодженні повітря від вентилятора надходить всередину традиційно – через дорн, а відводиться за допомогою трубки в дорні. Висота дорну може досягати половини довжини рукава. Для запобігання вібрацій рукава застосовують стабілізатори різної конструкції, в тому числі у вигляді бандажу.

Конструкція складальних щок повинна забезпечувати тепловідвід з поверхні рукава та рівномірне укладання рукава в полотно. Протягуючий інструмент складається з двох валків – привідного та притискного. Для притиску між валками використовують пружинні або пневматичні пристрої. Від руху протягуючих валків залежить швидкість відводу рукава від головки екструдера, а у висновку – поздовжні витяжка та орієнтація плівки.

В залежності від виду продукції складене двошарове полотно після протягуючих валків відправляється на обрізання кромки з двох боків та перемотку у два рулони, на відрізанні лише одного краю або у первинному вигляді намотується на картонні гільзи.

При виготовленні плівки відбувається безперервний контроль її товщини по ширині або довжині полотна або за допомогою спеціальних датчиків, а також зовнішній огляд для виявлення зайвих включень, замутніння та шорсткості.

Таблиця 3.1. – Норми технологічного режиму.

Назва стадій технологічного процесу	Температура, тиск, інші параметри
1	2
Виготовлення плівки	
Частота обертання шнеку, об/хв	30-50
Температура екструзії по зонам, °С:	
Зона завантаження	85±5

Продовження таблиці 3.1

1	2
Зона 1	170±2
Зона 2	190±2
Зона 3	200±2
Температура головки, °С	180±2
Температура плівки на виході з головки, °С	180±2
Перепад тиску у головці, МПа	23,7
Температура повітря для охолодження, °С	10
Температура поверхні рукава при роздуві, °С	170±2
Швидкість витяжки, м/хв	45
Температура плівки на виході, °С	25±2

3.2 Матеріальний баланс виробництва

3.2.1 Визначення фонду часу роботи обладнання

Розрахунок режимного фонду часу роботи обладнання:

$$T_{\text{реж}} = T_{\text{календ}} - T_{\text{св і вих}} = 365 - 115 = 250 \text{ днів}, \quad (3.1)$$

де $T_{\text{календ}}$ – календарний фонд часу, 365 днів;

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

Ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$T_{\text{еф}} = ((T_{\text{реж}} - T_{\text{рем}}) \cdot T_{\text{зм}} - T_{\text{скр}} \cdot t_{\text{скр}}) \cdot K_{\text{зм}} = ((250 - 10) \cdot 8 - 1 \cdot 7) \cdot 2 = 3826, \quad (3.2)$$

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

$$T_{\text{еф.}} = T_{\text{реж.}} - T_{\text{рем.}} = 250 - 10 = 240 \text{ днів} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт використання обладнання в часі:

$$\eta = \frac{T_{\text{еф.}}}{T_{\text{реж.}}} = \frac{240}{250} = 0,9565 \quad (3.4)$$

3.2.2. Складання матеріального балансу

1) Розрахунок нормативного витратного коефіцієнта на виробництво 1 т плівки

$$K_p = 1 + (K_{\text{лп}} + K_{\text{ч}} + K_{\text{пв}} + K_{\text{нтв}} + K_{\text{вत्व}}) \quad (3.5)$$

$$K_p = 1 + (0,001 + 0,0015 + 0,0005 + 0,002 + 0,003) = 1,008$$

де K_p – нормативний витратний коефіцієнт;

$K_{\text{лп}}$ – коефіцієнт, що враховує леткі продукти при екструзії

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати при чищенні головки

$K_{\text{пв}}$ – коефіцієнт, що враховує підготовку відходів

$K_{\text{нтв}}$ – коефіцієнт, що враховує невикористані технологічні відходи

$K_{\text{вत्व}}$ – коефіцієнт, що враховує використані технологічні відходи.

2) Основна сума нормативних коефіцієнтів

$$K_{\text{осн}} = K_{\text{лп}} + K_{\text{ч}} + K_{\text{пв}} + K_{\text{нтв}} + K_{\text{вत्व}} = 0,008 \quad (3.6)$$

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Розрахунок норм витрат сировини на виробництво 1 т плівки

$$N_p = K_p \cdot P_0 = 1,008 \cdot 1 = 1,008 \text{ т} \quad (3.7)$$

4) Розрахунок норм витрат сировини на 19 кг (маса рулону) плівки становить

$$N_{rp} = 1008 \text{ кг} \cdot 19/1000 = 19,152 \text{ кг} \quad (3.8)$$

5) Річна норма сировини

$$Q_{pч} = N_{rp} \cdot N = 19,152 \cdot 24096 = 461486,6 \text{ кг} \quad (3.9)$$

6) Маса плівки, що випускається за рік

$$M = 19 \cdot N = 19 \cdot 24096 = 457824 \text{ кг} \quad (3.10)$$

7) Визначення основних технологічних витрат при виготовленні ПВХ плівки

$$B = Q_{pч} - M = 461486,6 - 457824 = 3662,6 \text{ кг} \quad (3.11)$$

8) Визначення окремих технологічних втрат (кг):

а) Втрати на виділення летких продуктів в процесі екструзії

$$X_{лп} = B \cdot K_{лп} / K_{осн} = 3662,6 \cdot 0,001 / 0,008 = 457,825 \text{ кг} \quad (3.12)$$

б) Витрати при чищенні головки

$$X_{ч} = B \cdot K_{ч} / K_{осн} = 3662,6 \cdot 0,0015 / 0,008 = 686,7375 \text{ кг} \quad (3.13)$$

в) Витрати на підготовку відходів

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{\text{ПВ}} = V \cdot K_{\text{ПВ}} / K_{\text{осн}} = 3662,6 \cdot 0,0005 / 0,008 = 228,9125 \text{ кг} \quad (3.14)$$

г) Витрати на невикористані технологічні відходи

$$X_{\text{НТВ}} = V \cdot K_{\text{НТВ}} / K_{\text{осн}} = 3662,6 \cdot 0,002 / 0,008 = 915,65 \text{ кг} \quad (3.15)$$

д) Витрати на використані технологічні відходи

$$X_{\text{ВТВ}} = V \cdot K_{\text{ВТВ}} / K_{\text{осн}} = 3662,6 \cdot 0,003 / 0,008 = 1373,475 \text{ кг} \quad (3.16)$$

Таблиця 3.2 Матеріальний баланс

Сировина		Продукт	
Прихід		Витрати	
Склад	кг/рік	Склад	кг/рік
1	2	3	4
Полівінілхлорид (ПВХ)	198439,24	ПВХ плівка	457824
Наповнювач	99219,62	На леткі продукти	457,825
Пом'якшувач	119063,54	На чищення головки	686,7375
Антипірен	10152,7	На підготовку відходів	228,9125
Стабілізатор	10152,7	На невикористані технологічні відходи	915,65
Модифікатор впливу	19843,9	На використані технологічні відходи	1373,475
Лубрикант	1845,95		
Фотостабілізатор (УФ-поглинач)	1845,95		

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Інгібітор окислення	922,97		
Всього	461486,6	Всього	461486,6

Складання погодинного матеріального балансу виготовлення стретч-плівки
Визначимо загальну масу плівки, що випускається в місяць,
добу, зміну та за годину:

а) у місяць:

$$X_{\text{місяць}} = 457824/12 = 38152 \text{ кг} \quad (3.17)$$

б) за добу:

$$X_{\text{доба}} = 38152/20 = 1907,6 \text{ кг} \quad (3.18)$$

в) за зміну:

$$X_{\text{зміна}} = 1907,6/2 = 953,8 \text{ кг} \quad (3.19)$$

г) за годину:

$$X_{\text{год}} = 953,8/8 = 119,225 \text{ кг} \quad (3.20)$$

Аналогічно проводимо розрахунки по втратам:

На леткі продукти:

а) у місяць:

$$X_{\text{місяць}} = 457,825/12 = 38,152 \text{ кг}$$

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) за добу:

$$X_{\text{доба}} = 38,152/20 = 1,9076 \text{ кг}$$

в) за зміну:

$$X_{\text{зміна}} = 1,9076/2 = 0,9538 \text{ кг}$$

г) за годину:

$$X_{\text{год}} = 0,9538/8 = 0,1192 \text{ кг}$$

На чищення головки:

а) у місяць:

$$X_{\text{місяць}} = 686,7375/12 = 57,228 \text{ кг}$$

б) за добу:

$$X_{\text{доба}} = 57,228/20 = 2,8614 \text{ кг}$$

в) за зміну:

$$X_{\text{зміна}} = 2,8614/2 = 1,4307 \text{ кг}$$

г) за годину:

$$X_{\text{год}} = 1,4307/8 = 0,1788 \text{ кг}$$

На підготовку відходів:

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) у місяць:

$$X_{\text{місяць}} = 228,9125/12 = 19,076 \text{ кг}$$

б) за добу:

$$X_{\text{доба}} = 19,076/20 = 0,9538 \text{ кг}$$

в) за зміну:

$$X_{\text{зміна}} = 0,9538/2 = 0,4769 \text{ кг}$$

г) за годину:

$$X_{\text{год}} = 0,4769/8 = 0,0596 \text{ кг}$$

На невикористані технологічні відходи:

а) у місяць:

$$X_{\text{місяць}} = 915,65/12 = 76,304 \text{ кг}$$

б) за добу:

$$X_{\text{доба}} = 76,304/20 = 3,8152 \text{ кг}$$

в) за зміну:

$$X_{\text{зміна}} = 3,8152/2 = 1,9076 \text{ кг}$$

г) за годину:

					<i>XП11мп. 10.1470.001</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{\text{Год}} = 1,9076/8 = 0,23845 \text{ кг}$$

На використанні технологічні відходи:

а) у місяць:

$$X_{\text{місяць}} = 1373,475/12 = 114,456 \text{ кг}$$

б) за добу:

$$X_{\text{доба}} = 114,456/20 = 5,7228 \text{ кг}$$

в) за зміну:

$$X_{\text{зміна}} = 5,7228/2 = 2,8614 \text{ кг}$$

г) за годину:

$$X_{\text{год}} = 2,8614/8 = 0,3577 \text{ кг}$$

Таблиця 3.3 – Витрати сировини

Втрати та витрати				
Склад	кг			
	Година	Зміна	Доба	Місяць
1	2	3	4	5
ПВХ плівка	119,225	953,8	1907,6	38152
На леткі продукти	0,1192	0,9538	1,9076	38,152
На чищення головки	0,1788	1,4307	2,8614	57,228
На підготовку відходів	0,0596	0,4769	0,9538	19,076

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
На невикористані технологічні відходи	0,23845	1,9076	3,8152	76,304
На використані технологічні відходи	0,3577	2,8614	5,7228	114,456
Всього	120,18	961,43	1922,86	38457,2

3.3 Вибір та розрахунок кількості обладнання

Розрахункова кількість одиниць (штук) основного виробничого устаткування визначається за наступною формулою:

$$E = \frac{T}{0,93T_{\text{еф}}} \quad (3.21)$$

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:

$$T = \frac{N \cdot t}{3600}, \quad (3.22)$$

де N – річна програма (виробнича потужність цеху), штук;

t – час витрачений на виготовлення одного виробу, с.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{24096 \cdot 600}{3600} = 4016 \text{ год}$$

$$E = \frac{4016}{0.93 \cdot 3826} = 1.12$$

Отже, для виготовлення 24096 рулонів на рік необхідно і достатньо встановити одну виробничу лінію.

3.4 Розрахунок екструдера

Під геометрією черв'яка екструдера розуміють його конструктивні параметри: крок гвинтової лінії, ширину гребня витка, глибину гвинтового каналу, довжину черв'яка.

$D = 13$ см – діаметр черв'яка

$L = 455$ см – довжина черв'яка

1. Крок (см) гвинтової лінії

$$t := D = 13 \quad (3.23)$$

2. Ширина (см) гребня витка

$$l := 0.1 \cdot D = 1.3 \quad (3.24)$$

3. Глибина (см) гвинтового каналу під завантажувальною воронкою

$$h_1 := 0.12 \cdot D = 1.56 \quad (3.25)$$

4. Глибина (см) гвинтового каналу в кінці черв'яка

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_2 := 0.5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} \cdot (D - h_1)} \right] = 0.69 \quad (3.26)$$

де $i=2,1$ - ступінь стиснення для матеріалу

5. Довжина (см) напірної зони черв'яка

$$L_n := 0.5 \cdot L = 227.5 \quad (3.27)$$

3.4.1 Визначення геометричного коефіцієнту головки

1. Коефіцієнт геометричної форми для решітки (см³)

$$K_1 := \frac{z \cdot \pi \cdot d^4}{128 \cdot b} = 2.857 \times 10^{-3} \quad (3.28)$$

де $b = 4,56$ – товщина решітки, см;

$z = 160$ – число отворів решітки;

$d = 0,24$ – діаметр отворів, см.

2. Коефіцієнт геометричної форми (см³) для конічного кільцевого проходу з конічною щілиною

$$K_2 := \frac{\pi \cdot (R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L_k \cdot m} = 0.043 \quad (3.29)$$

де $R_0 = 5$ - середній радіус кола на виході матеріалу з кільцевої щілини, см;

$R_1 = 4,3$ - середній радіус кола на вході матеріалу в кільцеву щілину, см;

$\delta_1 = 0,6$ - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву область, см;

$\delta_2 = 0,4$ - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої області, см;

$L_k = 6,6$ - довжина конічного кільцевого каналу, см;

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

m - поправочний коефіцієнт:

$$m := \frac{2.3 \cdot (R_0 - R_1)^2}{(R_0 \delta_2 - R_1 \delta_1)^2} \cdot \log\left(\frac{R_0 \delta_2}{R_1 \delta_1}\right) - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \delta_2 - R_1 \delta_1) \delta_1 \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2} = -0.852 \quad (3.30)$$

$$K_2 := \frac{\pi \cdot (R_0 \delta_2 - R_1 \delta_1)}{6 \cdot L_k \cdot m} = 0.043$$

4. Коефіцієнт геометричної форми (см^3) для матриці та дорну

$$K_3 := \frac{\pi}{8 \cdot L_d} \cdot \left[R_n^4 - R_b^4 - \frac{(R_n^2 - R_b^2)^2}{2.3 \cdot \log\left(\frac{R_n}{R_b}\right)} \right] = 27.016 \quad (3.31)$$

де $L_d = 15$ - довжина дорну, см;

$R_n = 9$ - зовнішній радіус кільцевого каналу, см;

$R_b = 4,1$ - внутрішній радіус кільцевого каналу, см.

5. Коефіцієнт геометричної форми (см^3) для всієї головки

$$K := \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3}} = 2.678 \times 10^{-3} \quad (3.32)$$

3.4.2 Визначення продуктивності машини

На продуктивність черв'ячної машини значно впливає дозуюча зона черв'яка, в якій матеріал знаходиться в стані розплаву.

1. Довжина (см) черв'яка до напірної зони

$$L_0 := L - L_n = 227.5 \quad (3.33)$$

2. Глибина (см) гвинтового каналу на початку напірної зони

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_n := h_1 - \frac{h_1 - h_2}{L} \cdot L_0 = 1.125 \quad (3.34)$$

3. Стала прямого (см²) потоку розплаву в каналі черв'яка

$$\alpha_2 := \frac{\pi^3 \cdot (t - \lambda \cdot l) \cdot \sigma}{a + t^2 \cdot b} = 158.453 \quad (3.35)$$

де $\lambda=1$ – число заходів черв'яка;

a, b, σ – коефіцієнти:

$$a := \frac{\pi^2}{h_n \cdot h_2} \cdot \left[\frac{D \cdot (h_n + h_2)}{2 \cdot h_n \cdot h_2} - 1 \right] = 180.314 \quad (3.36)$$

$$b := \frac{2.3}{(h_n - h_2) \cdot D^3} \cdot \log \left[\frac{h_n \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} \right] + \frac{2 \cdot h_n \cdot h_2 + (h_n + h_2) D}{2 \cdot D^2 \cdot h_n^2 \cdot h_2^2} = 0.124 \quad (3.37)$$

де $d_2 = 13$ - діаметр сердечника на кінці черв'яка, см;

d_1 - діаметр сердечника на початку зони дозування, см:

$$d_1 := d_0 - \frac{d_0 - d_2}{L} = 10.007 \quad (3.38)$$

де $d_0 = 14$ - діаметр сердечника під завантажувальною воронкою, см

$$\sigma := 1 - \frac{6.9 \cdot D}{2 \cdot (h_n - h_2)} \cdot \log \left(\frac{h_n}{h_2} \right) + \frac{D^2}{2 \cdot h_n \cdot h_2} = 87.897 \quad (3.39)$$

де D, h_n, h_2 - конструктивні параметри черв'ячної машини, см

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Стала зворотнього потоку розплаву полімеру в каналі черв'яка (см³)

$$\beta_2 := \frac{\pi \cdot t \cdot (t - \lambda \cdot l)}{12 \cdot \text{Ln} \cdot (a + t^2 \cdot b)} = 8.697 \times 10^{-4} \quad (3.40)$$

5. Стала потоку в зазорі між черв'яком та циліндром корпусу машини (см³)

$$\gamma_2 := \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot l \cdot \text{Ln} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = 5.445 \times 10^{-8} \quad (3.41)$$

де $\delta = 0,01$ см - величина зазору між гребнем черв'яка та циліндром.

6. Продуктивність черв'яка (см³/с)

$$Q_1 := \frac{\alpha_2 \cdot K \cdot n}{(K + \beta_2 + \gamma_2) \cdot 60} = 79.731 \quad (3.42)$$

де $n = 40$ - число обертів черв'яка, об/хв

7. Враховуючи, що при русі через матрицю, втрачається деяка кількість матеріалу, величина виносу матеріалу (см³/с) складе

$$Q_2 := \frac{\pi \cdot V_0 \cdot d_b^2}{4} \cdot \left[\frac{\left(\frac{R_n}{R_b} \right)^2 - 1}{4.6 \cdot \log \left(\frac{R_n}{R_b} \right)} - 1 \right] = 0.756 \quad (3.43)$$

де $V_0 = 0,01$ - лінійна швидкість проходу черв'яка, см/с.

8. Повна продуктивність (см³/с) черв'ячної машини

$$Q := Q_1 + Q_2 = 80.486 \quad (3.44)$$

9. Масова продуктивність (кг/год) черв'ячної машини

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Gm = Q \cdot \gamma \cdot 3600 = 382,47 \quad (3.45)$$

де $\gamma = 0,00132$ - питома вага розплаву полімеру, кг/см^3

3.4.3 Визначення перепаду тиску в головці

1. Швидкість зсуву (с^{-1})

$$S1 := \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot z \cdot d^3} = 370.654 \quad (3.46)$$

де z - кількість отворів в решітці;

d - діаметр отворів, см ;

Q - продуктивність, $\text{см}^3/\text{с}$

2. Ефективна в'язкість полімеру μ_1 , ($\text{кг} \cdot \text{с}/\text{см}^2$) при температурі розплаву t_k , $^{\circ}\text{C}$ та швидкості зсуву $S1$, $1/\text{с}$ визначаємо (рис. 3.4) $\mu=f(T,S)$.

$$\mu_1 := 3.5 \cdot 10^{-3}$$

3. Перепад тиску ($\text{кг}/\text{см}^2$) на решітці

$$\Delta p_1 := \frac{Q \cdot \mu_1}{K_1} = 98.594 \quad (3.47)$$

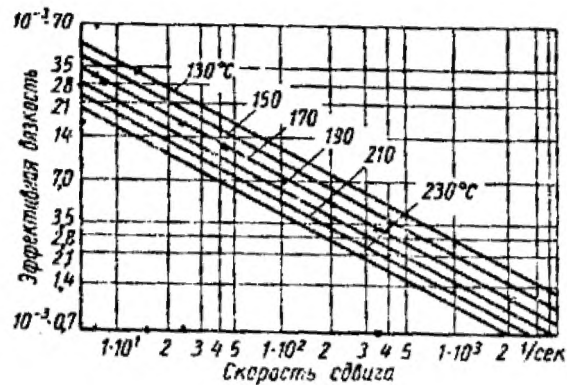


Рисунок 3.4. Залежність ефективного в'язкості полімеру від швидкості зсуву при різних температурах

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Швидкість зсуву (с^{-1}) при русі матеріалу через кільцевий канал

$$S_2 := \frac{22.32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2} = 59.566 \quad (3.48)$$

5. З рис. 2.4 при відомих S_2 , $1/\text{с}$ и t_k , $^{\circ}\text{C}$ знаходимо ефективну в'язкість μ_2 , ($\text{кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$).

$$\mu_2 := 10 \cdot 10^{-3}$$

6. Перепад тиску ($\text{кг} / \text{см}^2$) для кільцевого каналу

$$\Delta p_2 := \frac{Q \cdot \mu_2}{K_2} = 18.78 \quad (3.49)$$

7. Швидкість зсуву (с^{-1}) при русі розплаву через калібруючий отвір

$$S_3 := \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d_m^3} = 0.141 \quad (3.50)$$

де $d_m = R_n \cdot 2 = 18$ - діаметр калібруючого отвору (матриці), см.

8. При швидкості зсуву S_3 , $1/\text{с}$ та температурі розплаву t_k , $^{\circ}\text{C}$ знаходимо ефективну в'язкість μ_3 ($\text{кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$) (рис. 3.4).

$$\mu_3 := 35 \cdot 10^{-3}$$

9. Перепад тиску ($\text{кг} / \text{см}^2$) для дорна та матриці

$$\Delta p_3 := \frac{Q \cdot \mu_3}{K_3} = 0.104 \quad (3.51)$$

10. Загальний спад тиску ($\text{кг} / \text{см}^2$) в головці

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p := \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 = 117.479 \quad (3.52)$$

3.4.4 Визначення потужності приводного двигуна

1. Швидкість (c^{-1}) зсуву

$$S_d := \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = 2.594 \times 10^3 \quad (3.53)$$

де D, t, d - конструктивні параметри екструдера, см;

n - число обертів черв'яка, об/хв

2. Ефективну в'язкість полімеру μ_d , ($кг \cdot с / см^2$) визначаємо при температурі розплаву t_2 , $^{\circ}C$ та швидкості зсуву S_d , $1/с$ (рис. 3.4).

$$\mu_d := 1 \cdot 10^{-3}$$

3. Потужність (Вт), що витрачається на подолання тертя маси в зазорі

$$N_2 := \frac{9.81 \cdot 10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D^3 \cdot l \cdot L_n \cdot \mu_d \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} = 6.757 \times 10^3 \quad (3.54)$$

4. Поправочний коефіцієнт

$$I := \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + d_2)^3 - (D + d_1)^3}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2.3 \cdot \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{(t^2 + \pi^2 + D^2) \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \pi^2 \cdot D^5 = 1.252 \times 10^4 \quad (3.55)$$

5. Швидкість зсуву (c^{-1})

$$S_{dd} := \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp}) \cdot n}{60 \cdot h_{cp} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2 \cdot h_{cp})^2 + t^2}} = 20.628 \quad (3.56)$$

де h_{cp} - середня глибина гвинтового каналу, см:

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$h_{cp} := \frac{h1 + h2 + hn}{3} = 1.125$$

6. Ефективну в'язкість полімеру μ_{dd} , (кг*с/см²) визначаємо при температурі розплаву t_2 , °С та швидкості зсуву S_{dd} , 1/с (рис. 3.4).

$$\mu_{dd} := 18 \cdot 10^{-3}$$

7. Потужність (Вт), що витрачається на перемішування маси, її транспортування та створення необхідного тиску

$$N1 := \frac{9.81 \cdot 10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot (t-1) \cdot \ln \cdot l \cdot \mu_{dd} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{9.81 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_2 \cdot \Delta p \cdot n}{6} = 6.361 \times 10^4 \quad (3.57)$$

8. Загальна потужність (Вт)

$$N := N1 + N2 = 7.037 \times 10^4 \quad (3.58)$$

9. Потужність (кВт) із врахуванням ККД екструдера

$$N_d := \frac{N}{\eta} \cdot 10^{-3} = 100.522 \quad (3.59)$$

де $\eta=0,7$ – ККД екструдера

3.4.5 Розрахунок теплообміну

1. Кількість тепла (ккал/год), що виділяється при споживанні потужності N

$$Q_N := \frac{860 \cdot N_d}{9.81} = 8.812 \times 10^3 \quad (3.60)$$

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де N_d – споживана потужність, кВт

2. Кількість теплової енергії (ккал/год), що підводиться ззовні до корпусу
ГОЛОВКИ

$$Q_g := G_m \cdot C_m (t_k - t_g) = 2.318 \times 10^3 \quad (3.61)$$

де G_m – кількість полімеру, що надходить в машину кг/год;

$C_m = 0,303$ - теплоємність полівінілхлориду, ккал/кг·град;

$t_k = 170$ - кінцева температура полімеру, після виходу з головки, °С;

$t_g = 150$ - температура полімеру перед входом в головку, °С.

3. Кількість тепла (ккал/год), що витрачається на нагрів маси полімеру

$$Q_m := G_m \cdot C_m (t_k - t_n) = 1.738 \times 10^4 \quad (3.62)$$

де $t_n = 20$ – початкова температура полімеру, °С.

4. Кількість теплової енергії (ккал/год), що відводиться водою, яка охолоджує
черв'як

$$Q_R := G_v \cdot C_v \cdot \Delta t_v = 1.87 \times 10^4 \quad (3.63)$$

де G_v - витрати охолоджувальної води, кг/год;

$C_v = 1$ - теплоємність води, ккал/кг·град;

$\Delta t_v = 5$ – різниця температур охолоджувальної води, °С.

Холодоагент — вода, рухається по трубах, що розміщені у внутрішній порожнині сердечника черв'яка. Прийmemo, что перетин труб (см²) подачі води складає 25% від перетину порожнини сердечника:

$$f := \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_0 + d_2}{2} \right)^2 \right] = 2.597 \times 10^{-3} \quad (3.64)$$

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_v := f \cdot v \cdot 3600 \cdot \gamma_v = 3.739 \times 10^3 \quad (3.65)$$

де $v = 0,4$ - швидкість течії води, м/с;

$\gamma_v = 1000$ – питома вага охолоджувальної води, кг/м³

5. Втрати тепла корпусом машини та головкою в навколишнє середовище

Для спрощення розрахунків приймемо, що втрати тепла (ккал/год) в навколишнє середовище складають 10% від сумарної кількості тепла, що витрачається на прогрів матеріалу та відведеного водою.

$$Q_{vt} := 0.1 \cdot (Q_m + Q_R) = 3.608 \times 10^3 \quad (3.66)$$

6. Кількість теплової енергії (кДж/год), яку необхідно підвести до корпусу машини

$$Q_k := 4.19(Q_m + Q_R + Q_{vt} - Q_N - Q_g) = 1.197 \times 10^5 \quad (3.67)$$

3.5 Види дефектів

В процесі виготовлення плівки при недотриманні норм технологічних режимів виникають різні дефекти. Види браку при виробництві ПВХ плівки зі стійкістю до УФ-випромінювання подані у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Дефекти на виробництві ПВХ плівки

Дефекти	Причини появи
1	2
Мала міцність	Перевищення температури розплаву суміші, що призводить до термодеструкції
	Висока вологість сировини

Продовження таблиці 3.4

1	2
Різновтовщинність	Нерівномірність зазору по периметру кільця головки
	Нестабільність швидкості обертання протягуючих валків
Зовнішні дефекти	Недостатня температура розплаву і, в результаті, попадання твердих частинок суміші в головку
	Погана гомогенність розплаву

3.6 Висновки до технологічної розділу

У якості основного обладнання переробки матеріалу було обрано екструдер SLE 1-130, потужність двигуна якого становить 110 кВт.

Розраховані норми витрати сировини на рік становлять 461486,6 кг/рік. Обсяги виробництва ПВХ плівки зі стійкістю до УФ-випромінювання складають 457824 кг/рік.

Основними видами браку є мала міцність, різновтовщинність та зовнішні дефекти, яких можна запобігти при правильному дотриманні норм технологічних режимів.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ПВХ ПЛІВКИ

На підставі аналізу особливостей виробництва полівінілхлоридної плівки рукавним методом, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва [10-11]:

1. контроль і регулювання витрати полімерної сировини;
2. контроль і регулювання температури у екструдері;
3. контроль тиску у формуючій головці;
4. контроль тиску і температури у калібрувальній корзині;

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Параметри контролю та керування виробництвом

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід з полівінілхлоридом (гранули)	Витрата	4(±1) м ³ /год	контроль, регулювання
2	Екструдер	Температура	257(±20) °С	контроль, регулювання
3	Формуюча головка	Тиск	до 100 МПа	контроль
4	Калібрувальна корзина	Тиск	до 0,6 МПа	контроль
5		Температура	25(±5) °С	контроль

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 [12-14].

Контроль і регулювання *витрати* забезпечує контур 1, що складається з первинного ультразвукового перетворювача витрати (1-1), сигнал якого подається на вторинний пристрій для дистанційної передачі сигналу (1-2) до показувального

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прилада (1-3) на пульті керування. Вихідний сигнал регулятора поступає на електричний регулятор (1-4), який керує електричним виконавчим механізмом (1-5).

Контроль *температури* забезпечують контури 2 та 5, які включають первинний вимірювальний перетворювач температури (2-1, 5-1), вторинний перетворювач для дистанційної передачі сигналу (2-1, 5-2) та показувальний і реєструвальний вторинний прилад (2-3, 5-3). Додатково регулювання температури забезпечує електричний регулювальний вторинний пристрій (2-4), сигнал якого підсилюється підсилювачем потужності (2-5) і сприймається трубчастим електронагрівником ТЕН1.

Контроль *тиску* забезпечують контури 3 та 4, які включають тензоперетворювач тиску (3-1, 4-1), який передає електричний сигнал на показуючий та реєструючий вторинний прилад (3-2, 4-2).

Контури для дистанційного керування роботою двигунів М1, М2, М3 та М4 забезпечує дистанційне вмикання і вимикання. Для цього присутні кнопки SB1, SB3, SB5 та SB7 з позначкою "ПУСК" (увімкнення двигунів) та SB2, SB4, SB6 та SB8 з позначкою "СТОП" (вимкнення двигунів). Вони оснащені лампами HL1, HL3, HL5 і HL7 із зеленим індикатором для пуску та HL2, HL4, HL6 і HL8 – із червоним для зупинки. Ввімкнення та вимкнення двигунів забезпечують магнітні пускачі МП1, МП2, МП3 та МП4, що додатково оснащені кнопками запобіжного вимикання KB1, KB2, KB3 та KB4.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проблематика

На сьогоднішній день більшість фруктів, овочів та квітів вирощується у теплицях. Вони створюють ідеальний для рослин мікроклімат. Теплиці захищають рослини від впливу погодних умов, наприклад, вітру, морозу, холоду, дощу, опадів, підвищених температур, комах. Самі теплиці роблять з каркасу, на якому розміщують плівку (в основному ПВХ). Плівки допомагають знизити потреби води, запобігаючи випаровуванню, утримують сонячне світло, забезпечуючи вночі вищу температуру, ніж на вулиці.

Однак сонце також викликає певні проблеми. Полімери плівки швидко руйнуються під довгостроковою дією сонячного світла. Ультрафіолетове випромінювання сонця передає свою енергію молекулам полімеру, руйнуючи зв'язки між ними. Для запобігання руйнування плівки потрібно збільшити стійкість плівки до УФ-випромінювання. Для цього використовуються УФ стабілізуючі добавки.

Таблиця 5.1 – Удосконалення ПВХ плівки

Що є?	ПВХ плівка розкладається під дією сонячного світла. Полімер швидко руйнується, так як УФ-випромінювання руйнує зв'язки між молекулами.
Що якщо?	Збільшити стійкість плівки до УФ-випромінювання
Що вау?	Завдяки збільшенню стійкості до УФ-випромінювання, збільшується термін життя плівки як мінімум на 5 років, що у висновку зменшує кількість відходів використаної плівки.
Що робити?	Додати до рецептури спеціальні УФ стабілізуючі добавки

УФ стабілізуючі добавки в плівці забезпечують розсіювання сонячного світла та тепла в теплиці, забезпечуючи рівномірний ріст рослин. Також плівка даного типу захищає рослини та, особливо, квіти, фільтруючи УФ-А та УФ-Б випромінювання, а також обмежує спектр сонячного світла, який сприяє розвитку комах.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Екструзія з роздувом – це технологія, яка є найпоширенішим методом виготовлення плівок. Головним обладнанням для виготовлення плівки є екструдер та видувна лінія, що складається з калібрувальної корзини, системи охолодження, осцилюючого пристрою, намотчика та системи валків.

Для впровадження виробництва необхідно зареєструвати наше виробниче підприємство. Так як буде відбуватись безпосередній продаж плівки, потрібен ряд документів:

1. Сертифікат про походження товару – це документ, який однозначно свідчить про країну походження товару і виданий органом держави-експортера, уповноваженим відповідно до національного законодавства.

2. Сертифікат відповідності. Сертифікат відповідності може видаватися на партію продукції або на продукцію, що випускається серійно. Сертифікація серійної продукції може проводитися за схемою без обстеження виробництва (на основі аналізу документації, сертифікат відповідності видається на 1 рік), з обстеженням виробництва (сертифікат видається до 3-х років) і з атестацією виробництва (сертифікат видається до 5-ти років).

3. Договір оренди приміщення.

4. Патент на інтелектуальну власність.

5.2 Аналіз ризиків комерціалізації наукової розробки

Шляхом експертного оцінювання визначено ймовірність настання ризику і вплив ризику на очікувану доходність від продажу плівки у разі настання цього ризику. Результати аналізу сформовано у вигляді таблиці 5.2.

					ХП11мп. 10.1470.001	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Аналіз ризиків комерціалізації

Ризик	Ймовірність настання	Вплив настання ризику на очікуваний дохід
Кліматичні ризики (землетруси, повені)	0,1	0,99
Зміна напрямку розвитку країни (відмова від плівки через загрозу екології)	0,1	0,99
Війна в країні	0,1	0,7
Міграція, демографічна проблема	0,3	0,3
Інфляція	0,4	0,25
Зменшення попиту	0,2	0,4
Збій в роботі обладнання	0,3	0,99
Збій в постачанні сировини	0,4	0,99
Збій у виплаті за товар	0,2	0,99
Конкуренти	0,8	0,6

Отже, найвпливовішими ризиками для розробки є збій в роботі обладнання та постачанні сировини та конкуренти. Менш впливовішими можна назвати кліматичні ризики та зміну напрямку розвитку країни, так як їхня ймовірність настання відносно мала.

5.3 Потенційні конкуренти

На сьогоднішній день в Україні існує безліч підприємств-виробників плівки для теплиць, але з основних можна виділити лише п'ять. Кожне з них має свій напрям конкуренції, наприклад, Пан де тент виробляє в основному армовану плівку

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для теплиць. Така плівка стійка до різних погодних умов (дощ, сніг, град). Список цих підприємств наведено у таблиці 5.3. Також було побудовано квадрат Бове за ціною (таблиця 5.4) та за асортиментом (таблиця 5.5).

Таблиця 5.3. – Конкуренти

Назва конкурента	Місце розташування	Асортимент продукції	Ціна за ПВХ плівку, грн./кг
Пластикс-Україна	м. Київ, вул. Полярна, 20-в	Плівка ПЕТ, плівка ПВХ, стрейч-плівка, скотч	95
Полімертрансбуд	м. Івано-Франківськ, вул. Марійки Підгірянки 17/1	Прозора плівка ПВХ, декоративні матеріали, штучна шкіра, ПВХ матеріали	94
Етиленсервіс	м. Київ, вул. Березнева, 10	Плівки пакувальні, мішки і пакети поліетиленові, сільськогосподарські плівки	115
Пан де тент	м. Біла Церква, вул. Кирила Стеценка, 5	Армована плівка ПВХ	472
Shadow	м. Кременчук, вул. Вадима Пугачова, 6	Парники, агроволокна, плівки, агротканини, сітки тощо	134

Таблиця 5.4 – Квадрат Бове за ціною (грн./кг)

Лідер (Тримає оборону) Полімертрансбут (94 грн)	Готові до атаки Пластикс-Україна (95 грн)
Діють на флангах Етиленсервіс (115 грн) Shadow (134 грн) Я (106 грн)	Партизани Пан де тент (472 грн)

Таблиця 5.5 – Квадрат Бове за асортиментом

Лідер (Тримає оборону) Полімертрансбут (Прозора плівка ПВХ, декоративні матеріали, штучна шкіра, ПВХ матеріали)	Готові до атаки Shadow (Парники, агроволокна, плівки, агротканини, сітки тощо)
Діють на флангах Пластикс-Україна Етиленсервіс (Різні типи плівки)	Партизани Пан де тент (Плівка та фурнітура для теплиць та тентів)

Отже, вихід на ринок виконується “з флангів”, так як наша плівка має хороші характеристики, хоча і дещо дорожча за аналоги “лідера” та “готового до атаки”.

5.4 Метод Шонфільда

Методом Шонфільда визначили основні характеристики виробництва та наше місце на ринку серед виробників ПВХ плівки (таблиця 5.6).

Таблиця 5.6 – Оцінка характеристик розробки для виробників-конкурентів

Характеристика	Вагомість характеристики для споживача	Оцінка характеристики розробки для компаній конкурентів		
		А (Я)	В (Полімертрансбут)	С (Пан де тент)
Ціна	0,25	3	5	1
Якість	0,3	4	3	5
Термін життя	0,2	5	4	4
Кількість продукту за рік	0,15	4	5	3
Термін експлуатації обладнання, років	0,1	3	3	3

Для побудови графіка переводимо значення у наступну таблицю:

Характеристика	А (Я)	В (Полімертрансбут)	С (Пан де тент)
Ціна	0,75	1,25	0,25
Якість	1,2	0,9	1,5
Термін життя	1	0,8	0,8
Кількість продукту за рік	0,6	0,75	0,45
Термін експлуатації обладнання, років	0,3	0,3	0,3

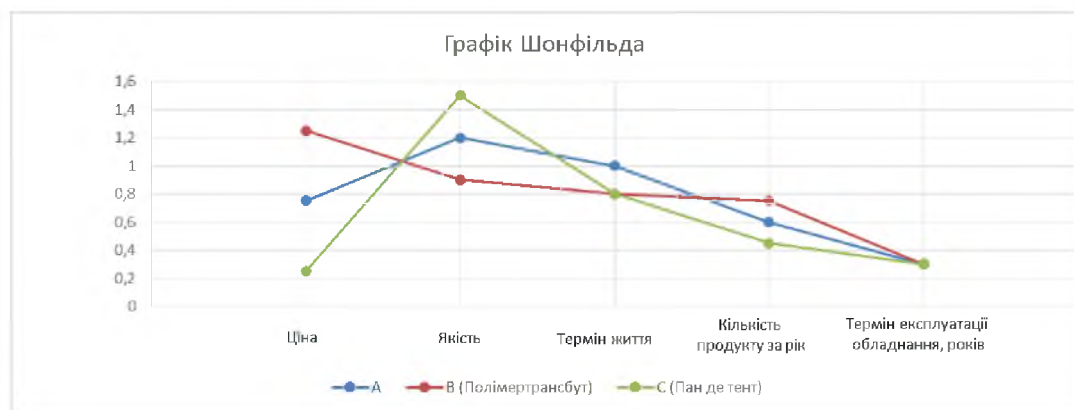


Рисунок 5.1 – Графік Шонфільда

Отже, як видно з графіка, наша розробка лідирує по терміну життя плівки, що і є основною метою покращення. Тому ключовою цінністю, яку потрібно просувати на ринок, є саме термін життя плівки. Слід взяти до уваги, що для порівняння були взяті лідери у своєму напрямі конкуренції, тому серед усіх виробництв наша розробка може зайняти достойне місце.

5.5 Формування ключових факторів успіху розробки

Методом GAP-аналізу було сформовано основні фактори успіху розробки та вартісний діапазон витрат на досягнення бажаних значень факторів успіху (таблиця 5.7). Також визначили ключовий фактор успіху розробки (таблиця 5.8).

Таблиця 5.9 – Список ресурсів для реалізації розробки

Ресурс, назва		Обсяг, од		Необхідна сума витрат на придбання, грн
		потрібний	доступний	
Обладнання, шт		1	10-30	1300000
Сировина, т	Полівінілхлорид (ПВХ)	200	200000	6800000
	Обважнювач	100	100000	400000
	Пом'якшувач	120	100000	13000000
	Антипірен	10	50000	2900000
	Стабілізатор	10	50000	2300000
	Модифікатор впливу	20	20000	3200000
	Лубрикант	2	10000	200000
	Фотостабілізатор (УФ-поглинач)	2	10000	500000
	Інгібітор окислення	1	10000	300000

З таблиці 5.9 видно, що основними ресурсами для реалізації розробки є обладнання та сировина.

5.6 Бізнес-модель реалізації розробки

Ціннісна пропозиція. Полівінілхлоридна плівка з підвищеним терміном життя. Завдяки стійкості до УФ-випромінювання термін життя плівки може збільшитись на 3-5 років.

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

Ключові ресурси. Рецептúra плівки зі стійкістю до УФ-випромінювання. Основні засоби – будівлі, обладнання, лабораторія. Оборóтні засоби – сировина (полівінілхлорид, УФ-поглиначі, обважнювач, пом'якшувач, пластифікатор та інші добавки), картонна гільза.

Ключові партнери. Лабораторія розробки технології та рецептури - КПІ ім. Ігоря Сікорського. Постачальники сировини – ТОВ "Хімпостачання", ТОВ "ХІМПРОДУКТ". Споживачі – фермери, сільськогосподарські компанії, малі

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП11мп.10.1470.001					

підприємства (магазини господарських товарів). Крім того, ними можуть стати різні рекламні компанії, так як їм також потрібен захист від ультрафіолету.

Сегменти клієнтів. Підприємства з продажу господарських товарів, великі та малі сільськогосподарські компанії, фермери.

Відносини з клієнтами. Вихід на ринок виконується “з флангів”. На сьогоднішній день основним джерелом інформації є інтернет, тому для початку потрібно створити односторінковий сайт з основною інформацією та контактами, через який і буде здійснюватись “знайомство” з клієнтами. Також для привернення уваги до товару можна використовувати акції та знижки.

Канали. Реклама, особистий продаж. Плівка буде рекламуватися у інтернеті, на вивісках, у метро та у громадських закладах. Також через сайт буде здійснюватись зворотній зв'язок.

Таблиця 5.10 – Баланс доходів і витрат.

Дохід		Витрата	
Інвестиції	3000000	Вартість лінії виробництва, грн	1300000
Кредит	1202000	Вартість вихідних речовин, грн/міс.	2482000
		Витрати на роботу лінії, грн/міс.	84000
		Оренда складу, грн/міс.	39000
		ФОП, грн/міс.	297000

Витрати за місяць на виробництво плівки:

Вартість вихідних речовин + Витрати на роботу лінії + Оренда складу + ФОП
 $= 2482000 + 84000 + 39000 + 297000 = 2902000$ грн.

Бажаний дохід за місяць:

Витрати + бажаний прибуток (%) = $2902000 + 1160800 (40\%) = 4062800$ грн.

Ціна плівки:

$$\frac{\text{Бажаний дохід за місяць}}{\text{Кількість виробленої плівки за місяць, кг}} = \frac{4062800}{38152} = 106,5 \text{ грн.}$$

5.7 Висновок до економічної частини

У роботі було запропоновано удосконалення полівінілхлоридної плівки додаванням у її рецептуру добавок для збільшення стійкості до ультрафіолетового випромінювання. УФ промені погано впливають на плівку, руйнуючи зв'язки між молекулами. У результаті термін життя плівки різко зменшується. УФ стабілізатори збільшують стійкість цих зв'язків, завдяки чому період роботи плівки збільшується на 1-5 років, що призводить до значної економії матеріалів та зменшення відходів плівки.

У роботі були проаналізовані ризики при виведенні товару на ринок, розглянуті основні конкуренти, сформовані фактори успіху та бізнес-модель розробки.

Отже, в наш час більшість овочів та фруктів вирощуються в теплицях, завдяки чому вони мають цілодобовий повноцінний захист від комах та погодніх умов, однак від сонця такого захисту немає, так як воно потрібне для росту рослин, хоча УФ-випромінювання також наносить їм певну шкоду. Завдяки плівці зі стійкістю до УФ променів стає можливий лише позитивний вплив сонця без загрози для овочів та фруктів.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У якості основного обладнання переробки матеріалу було обрано екструдер SLE 1-130, потужність двигуна якого становить 110 кВт.

Розраховані норми витрати сировини на рік становлять 461486,6 кг/рік. Обсяги виробництва ПВХ плівки зі стійкістю до УФ-випромінювання складають 457824 кг/рік.

Основними видами браку є мала міцність, різнотовщинність та зовнішні дефекти, яких можна запобігти при правильному дотриманні норм технологічних режимів.

В умовах проекту було автоматизовано лінію виробництва ПВХ плівки. Основними процесами автоматизації є контроль та керування витрати сировини, контроль та керування температури в екструдері, та контроль тиску в головці.

В організаційно-економічній частині здійснено комерціалізацію технології виробництва ПВХ плівки зі стійкістю до УФ-випромінювання та складено бізнес-модель реалізації розробки.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2003 р. – Ч. 2. Регульовальні і виконавчі пристрої. – 658 с. : іл. – Бібліогр.: с. 644–645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

12. Контроль та керування хіміко-технологічними процесами : Метод. вказівки до викон. розрах.-графіч. роботи для студ. напр. підгот. «Хімічна технологія та інженерія» Уклад. М. В. Лукінюк. – НТУУ «КП», 2012.

13. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. –К.: НТУУ «КП», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 328–330. – 300 пр.

14. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КП», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.:с. 328–330. – 300 пр.

					ХП11мп.10.1470.001	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Додаток А – Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Код	Завод-виробник	Кількість	Маса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ										
1-1	Витрата	Полівінілхлорид (гранули), трубопровід	8,7 м ³ /год	Трубопровід	Первинний перетворювач витрати ультразвуковий ПИР, Клас точності: 2 діапазон вимірювання 0...8,7 м ³ /год	ПИР-3-УП	-	АТ "Завод Старорусприбор", м. Стара-Руса	1 од.	2,6 кг
1-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вторинний ультразвуковий ПИР-БЭ, клас точності 2, I _{вих} =0...20мА	ПИР-3-БЭ-20-3	-	АТ "Завод Старорусприбор", м. Стара-Руса	1 од.	1,6 кг
1-3	- " -	- " -	- " -	Щит керування	Прилад вторинний електричний показувальний реєструвальний (Комплекс технічних засобів АКЕЗР) I _{вих} =0...20мА,	АКЕЗР-2	-	ВО "Електроприбор", м. Чебоксари	1 од.	6,5 кг
1-4	- " -	- " -	- " -	Щит керування	Прилад вторинний регульовальний (Комплекс технічних засобів АКЕЗР) I _{вих} =0...20мА	АКЕЗР-2	-	ВО "Електроприбор", м. Чебоксари	1 од.	6,5 кг
1-5	- " -	- " -	- " -	Трубопровід	Електричний виконавчий механізм прямоходний ЕСПА Живлення: Напряга 220 В з частотою 50 Гц	ЕСПА 02 ПВ	-	ВАТ "Прибор", м. Курськ	1 од.	11,5 кг
2-1	Температура	Полівінілхлорид (розплав), екструдер	300 °С	Екструдер	Термоелектричний перетворювач ТХА, діапазон 0...300 °С; Основна похибка 1,5%	ТХА ХА(К)	-	НВО "Електротермія" м. Луцьк	1 од.	2,3 кг

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2-2 5-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Нормуючий вимірювальний перетворювач Клас точності 0,5 $I_{\text{вих}}=4...20\text{мА}$	П282		АТ "Хімавтоматика" м. Северодонецьк	2 од	2,6 кг
2-3	- " -	- " -	- " -	Щит керування	Прилад вторинний електричний показувальний реєструвальний, (Комплекс технічних засобів АКЕЗР) $I_{\text{вих}}=4...20\text{мА}$	АКЕЗР-2		ВО "Електроприбор", м. Чебоксари	1	6,5 кг
2-4	- " -	- " -	- " -	Щит керування	Прилад вторинний електричний регульовальний (Комплекс технічних засобів АКЕЗР) $I_{\text{вих}}=0...5\text{мА}$	АКЕЗР-2		ВО "Електроприбор", м. Чебоксари	1	6,5 кг
2-5	- " -	- " -	- " -	Місцевий	Підсилювач потужності аналоговий Вхідний сигнал $I_{\text{вих}}=0...5\text{мА}$	У13Н		МЗТА, м. Москва	1	1,5 кг
3-1	Тиск	Полівінілхлорид (розплав), Формуюча головка	100 МПа	Головка	Тензоперетворювач тиску вимірювальний САПФІР-22 $I_{\text{вих}}=0...20\text{мА}$ Діапазон вимірювання 0...100 МПа	САПФІР-22ДИ 2171		ВАТ "Промприлад" м. Івано-Франківськ	1	1,6 кг
3-2	- " -	- " -	- " -	Щит керування	Прилад показуючий, реєструючий КСД-250 $I_{\text{вих}}=0...20\text{мА}$	КСД-250		ЗАТ "Промислова група "Метран", м. Челябінськ	1	17 кг

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4-1	Тиск	Полівінілхлорид (плівка), калібрувальна корзина	1,6 МПа	калібрувальна корзина	Тензоперетворювач тиску вимірювальний САПФІР-22 $I_{\text{вих}}=0...20\text{мА}$ Діапазон вимірювання 0...1,6 МПа	САПФІР-22ДА 2051		ВАТ "Промприлад" м. Івано-Франківськ	1	1,6 кг
4-2	- " -	- " -	- " -	Щит керування	Прилад показуючий, реєструючий КСД-250 $I_{\text{вх}}=0...20\text{мА}$	КСД-250		ЗАТ "Промислова група "Метран", м. Челябінськ	1	17 кг
5-1	Температура	Полівінілхлорид (плівка), калібрувальна корзина	125 °С	калібрувальна корзина	Термоелектричний перетворювач ТМК, діапазон (-40)...125 °С; Клас точності 0,5	ТМК МК(Т)		НВО "Електротермія" м. Луцьк	1 од	1,6 кг
5-3	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Реєструючий, показувальний вторинний прилад РП-160 $I_{\text{вх}}=4...20\text{мА}$ Похибка 0,5%	РП-160		АТ "Львівприлад" м. Львів	1 од.	17 кг
ЕЛЕКТРОАПАРАТИ										
МП1, МП2, МП3, МП4	-	-	-	Місцевий	Пускач магнітний безконтактний нереверсивний з реле ІР-20; $I_{\text{вх}}=160\text{ А}$	ПМ 12-01025		ВО "Електроприбор", м. Чебоксари	4 од.	1 кг

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
KB1 KB2 KB3 KB4	-	-	-	-	Кнопка запобіжного відмикання, номінальний робочий струм 10 А	КМЕ-5111 УЗ		ЗАТ "Променергоавтоматика", м. Київ	4 од.	0,02 кг
HL1 HL3 HL5 HL7					Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором ("ПУСК"), $U_{живл}=220$ В, 50/60 Гц	ЛС 47-1		"ІЕК Україна", м. Київ	4 од.	0,03 кг
HL2 HL4 HL6 HL8					Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором ("СТОП"), $U_{живл}=220$ В, 50/60 Гц	ЛС 47-2		"ІЕК Україна", м. Київ	4 од.	0,03 кг
SB1 SB3 SB5 SB7	Вмикання живлення М1, М2, М3 та М4	-	-	Щит керування	Пост керування кнопковий, Номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %,	ПКУ123-11	-	ЗАТ «Променергоавтоматика» , м. Київ	4 од.	0,1 кг
SB2 SB4 SB6 SB8	Вимикання живлення М1, М2, М3 та М4	-	-	Щит керування	Пост керування кнопковий, Номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %,	ПКУ123-11	-	ЗАТ «Променергоавтоматика» , м. Київ	4 од.	0,1 кг
ТЕН1	Температура	Полівінілхлорид (розплав), екструдер	300 °С	Екструдер	Трубчастий електронагрівник U-подібної форми, Потужність – 3 кВт, Напруга – 250 В матеріал - нержавіюча сталь	ZSS-110		ПАТ "Саранський приладобудівний завод", м. Саранськ	1 од.	3 кг