

Український державний університет науки і технологій  
Навчально-науковий інститут  
«Український державний хіміко-технологічний університет»  
Факультет харчових та хімічних технологій

---

(Повна назва факультету)

Кафедра технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів

---

(Повна назва кафедри)

Пояснювальна записка  
до дипломного проекту (роботи)  
бакалавра

---

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Проект ділянки екструзії поліетиленової плівки з виробничою  
програмою 2200 т/рік.

---

Виконав студент 4 курсу, групи 4-ХТ-6ПП напряму  
підготовки (спеціальності)

161 Хімічні технології та інженерія

---

шифр і назва напряму підготовки(спеціальності)

---

Лемешко Р.Д.

---

(Прізвище та ініціали)

Керівник Сухий М.К.

---

(Прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

---

(Прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Записка пояснювальна: 91 с., 13 рис., 18 табл., 25 літературних джерел.

### ЕКСТРУЗІЙНІ ЛІНІЇ, ЕКСТРУЗІЯ ПЛІВКИ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ, ПЕРЕРОБКА ПОЛІЕТИЛЕН ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

У загальній частині дана характеристика сировини та готової продукції, проведено аналіз існуючих методів виробництва.

У технологічній частині надані теоретичні відомості про процеси, які мають місце при виробництві поліетиленової плівки, описана технологічна схема виробництва.

У спеціальній частині виконано матеріальні і технологічні розрахунки, подана характеристика основного обладнання, вибрано і розраховано допоміжне обладнання, вказані параметри, що необхідно контролювати.

У розділі охорона праці наведені основні характеристики промислових викидів виробництва та способи утилізації. Запропоновані основні засоби щодо екологізації виробництва.

Визначені головні техніко-економічні показники ділянки з виробництва поліетиленової плівки.

## РЕФЕРАТ

Записка пояснювальна: 91 с., 13 рис., 18 табл., 25 літературних джерел.

### ЕКСТРУЗІЙНІ ЛІНІЇ, ЕКСТРУЗІЯ ПЛІВКИ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ, ПЕРЕРОБКА ПОЛІЕТИЛЕН ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСУ

У загальній частині дана характеристика сировини та готової продукції, проведено аналіз існуючих методів виробництва.

У технологічній частині надані теоретичні відомості про процеси, які мають місце при виробництві поліетиленової плівки, описана технологічна схема виробництва.

У спеціальній частині виконано матеріальні і технологічні розрахунки, подана характеристика основного обладнання, вибрано і розраховано допоміжне обладнання, вказані параметри, що необхідно контролювати.

У розділі охорона праці наведені основні характеристики промислових викидів виробництва та способи утилізації. Запропоновані основні засоби щодо екологізації виробництва.

Визначені головні техніко-економічні показники ділянки з виробництва поліетиленової плівки.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						10
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Відомість дипломного проекту						
№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. аркушів	№ прим.	Примітка
			Документація			
			загальна			
			Заново розроблена			
1	A4	4-ХТ-6.026.161.001ПЗ	Пояснювальна записка	93		
2	A1	4-ХТ-6.026.161.001СТ	Схема технологічна	1		
3	A1	4-ХТ-6.026.161.001ПД	План ділянки	1		
4	A1	4-ХТ-6.026.161.001ОК	Операційна карта формування	1		
			Документація по збірних одиницях			
			Заново розроблена			
5	A1	4-ХТ-6.026.161.001ЗК	Вузол пластикації екструдера			

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проекту					
Розроб.	Лемешко Р.Д.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Сухий М.К.							Н	4	
Н. Контр.	Сухий М.К.							УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ		
Затвердж.	Сухий К.М.							гр. 4-ХТ-6		

2.Вступ	6
1 Загальна частина	8
1.1 Характеристика сировини і готової продукції	8
1.2 Аналіз існуючих методів виробництва та обґрунтування прийнятого методу виробництва	21
2 Технологічна частина	26
2.1 Теоретичні основи методу переробки	26
2.3 Опис технологічної схеми виробництва	48
3 Спеціальна частина	51
3.1 Матеріальні розрахунки	51
3.2 Технологічні розрахунки	53
3.3 Характеристика основного технологічного обладнання	56
3.4 Розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання	58
3.5 Контроль та керування хіміко-технологічними процесами	60
3.6 Охорона навколишнього середовища	64
3.7 Техніка безпеки	71
3.8 Техніко-економічні розрахунки	73
4 Охорона праці	77
4.1 Характеристика проектного об'єкта з вибухопожежобезпечності	77
4.2 Санітарно-гігієнічна характеристика об'єкта, що проектується	81
4.3 Безпека виробничого процесу	87
Висновки	88
Список використаної літератури	89

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст дипломного проекту		
Розроб.	Лемешко Р.Д						
Перевір.	Сухий М.К				Н	5	
Н. Контр.	Сухий М.К.				УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ гр. 4-ХТ-6		
Затвердж.	Сухий К.М.						

## ВСТУП

У наш час важко знайти сферу діяльності, де б не застосовувалися пластичні маси. Вони всюди: у промисловості та побуті, у сільському господарстві та на транспорті, у космонавтиці та радіоелектроніці, у мистецтві та будівництві тощо. Для виробництва виробів та напівфабрикатів із пластмас застосовують різні методи їх обробки та переробки. Найбільші обсяги виробів чи напівфабрикатів виробляються безперервними методами, насамперед формуванням із розплаву методом шнекової екструзії. Для цієї мети в основному застосовують термопластичні матеріали, тобто матеріали, що за своєю фізичною та хімічною природою є оборотними, допускають повторну переробку.

З термопластів виробляють таку великотоннажну продукцію, як плівки та листи, труби та профільні вироби різного призначення, кабельну ізоляцію, покриття, полімерні нитки, волокна та багато інших виробів. Значну частку у цьому переліку займають поліетиленові плівки.

Основну масу погонажних виробів (труби, плівки, листи, профілі тощо) одержують методом екструзії.

Продукцію, одержану методом екструзії, широко використовують у народному господарстві як вироби самостійного призначення або як напівфабрикат для виготовлення виробів іншими методами. Наприклад, листи використовують або безпосередньо як облицювальний та футерувальний матеріал, або для виготовлення виробів термоформуванням, вирублюванням тощо. Екструзійні методи переробки пластмас набувають значного поширення

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лемешко Р.Д			Вступ		Аркуш	Аркушів
Перевір.		Сухий М.К.					н	б
Н. Контр.		Сухий М.К.			УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ			
Затвердж.		Сухий К.М.			гр. 4-ХТ-6			

як допоміжний спосіб неперервного пакування промислових та харчових

виробів у полімерну оболонку, вони також перспективні при нанесенні електро-, хімізоляції на провідники тощо.

Перевага екструзійних неперервність виробництва, велика одинична потужність, висока технологічність при низькому рівні технологічних відходів, можливість автоматизації процесу і створення замкнених циклів, керованих за допомогою ЕОМ. Вироби з пластмас, які отримують методом екструзії, належать до матеріалоємної продукції. Сировина і матеріали для їх одержання становлять 80% загальних затрат, на електроенергію припадає лише 10% і на трудозатрати – до 5 %. Всі ці переваги, а також велике практичне значення погонажних виробів і практично необмежений їх асортимент зумовили випереджаючі темпи зростання частки полімерних виробів в загальному обсязі випуску виробів з пластмас.

Сировиною для виготовлення погонажних виробів є термопласти: поліолефіни, полівінілхлорид, полістирольні пластики. Створення прогресивних методів переробки пластмас у вироби та інтенсифікація існуючих – мета галузі переробки пластмас.

Широкому поширенню технології чималою мірою сприяє її універсальність виду перероблюваних термопластів, висока продуктивність технологічних ліній, можливість отримання багат шарових виробів з варіюваними властивостями, швидка окупність капіталовкладень.

Метою даної роботи є пошук вирішення поставленого завдання, а саме проектування ділянки екструзії поліетиленової плівки заданої потужності. Для обґрунтування ефективності прийнятих рішень представлено розрахунки, схеми, а також зроблено літературний огляд заданої галузі виробництва.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						7
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Характеристика сировини і готової продукції

На ділянці будуть виробляти поліетиленові плівки на основі ПЕНГ та ПЕВГ. Поліетилен низької густини LDPE має густину у межах  $0,915 \div 0,925$  г/см<sup>3</sup> та показник плинності розплаву у широкому діапазоні  $0,1 \div 100$  г/10 хв. Через свою розгалужену молекулярну будову це переважно аморфний матеріал, максимальна кристалічність якого не перевищує 40 %. Тому чистий, без домішок LDPE є прозорим матеріалом з низькою термічною усадкою [1].

Механізм полімеризації. Полімеризація етилену при високому тиску являє собою ланцюговий процес, що протікає по вільно радикальному механізму. Для зменшення енергії активації використовують ініціатори: в основному кисень, а також перекису, деякі нітрилові сполуки і т. д. Процес полімеризації протікає в три стадії: ініціювання, зростання ланцюга і обрив ланцюга[2].

Ініціювання процесу полягає в утворенні вільних радикалів за рахунок розпаду ініціатора при нагріванні. Радикал, що утворився взаємодіє з молекулою етилену. Завдяки дії температури і вільного радикала, що приєднався молекула етилену набирає необхідну енергію активації, внаслідок чого вона стає здатною приєднувати нові молекули етилену, передаючи їм енергію активації і починаючи, таким чином, зростання ланцюга полімеру.

За рахунок передачі ланцюга можуть утворитися молекули полімеру з бічними розгалуженнями, які можуть бути довго- і коротко-ланцюговими.

По цій схемі утворюються ланцюги полімеру з відгалуженням в середині молекули. Довжина бічного ланцюга може досягати довжини основного ланцюга.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лемешко Р.Д			Загальна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сухий М.К.				Н	8	
Н. Контр.		Сухий М.К.			УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ			
Затвердж.		Сухий К.М.			гр. 4-ХТ-6			

Технологія отримання. Полімеризація етилену під високим тиском може здійснюватися двома способами: полімеризацією в масі і полімеризацією з розчинником або в суспензії.

Спосіб полімеризації в масі знайшов більш широке поширення і полягає в наступному. Етилен, що поступає на полімеризацію, являє собою суміш нового свіжого і зворотного газу. Для очищення від механічних домішок його пропускають через фільтр, що містить тканинний фільтруючий шар, укладений на ґратку. У етилен з балона вводять ініціатор - кисень, кількість якого залежить від умов реакції полімеризації. Кожному значенню температури полімеризації і тиску в системі відповідає певна кількість кисню в етилені, при якій спостерігається максимальний вихід полімеру.

Кількість кисню, що вводиться, повинна суворо контролюватися, оскільки у разі більш високої концентрації кисню етилен розкладається з вибухом на вуглевод, водень і метан. Так, при 200 МПа та 165°C розкладання відбувається вже при 0,075% кисню [2].

Перемішування етилену з киснем відбувається в процесі транспортування газу, його фільтрації і стиснення. Стиснення етилену до тиску полімеризації відбувається в дві стадії в цеху компресії. Перше стиснення до 30-35 МПа проводиться вертикальним чотиріступінчастим компресором. Після кожного рівня стиснення етилен зазнає охолодження у водяному холодильнику. Стислий етилен ретельно очищується від домішок масла, що йде на змазку компресора, в мастиловідділювачі та в ємності і, проходячи через фільтр, поступає в компресор високого тиску. Для стиснення етилену до тиску 150 МПа застосовують одно- або багатоступінчасті компресори.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						9
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Трубки верхньої частини реактора діаметром 10 мм мають сорочки, по яких циркулює вода, нагріта до температури 200°C.

В них проводиться нагрів етилену до температури 200 - 260°C для збудження полімеризації. Реакція полімеризації протікає в основному в трубках діаметром 16 мм.

Суміш поліетилену з етиленом виходить через нижню головку апарату і після дроселювання до 30-40 МПа поступає в сепаратор. Етилен відводиться в систему очищення, поліетилен із залишками етилену прямує в шнек-приймач, дроселюючись до 0,2-0,3 МПа. У циліндричній частині шнек-приймача поліетилен забирається вертикальним черв'яком і виводиться в бічний штуцер внизу циліндра, а проникаючий в приймач етилен відводиться через верхній штуцер верхнього корпусу цього апарату.

Полімеризація етилену під високим тиском з розчинником або в суспензії набула меншого поширення. Реакція протікає в трубчастому реакторі з неіржавіючої сталі приблизно при 200°C і 100 МПа в присутності ароматичного вуглеводню (бензолу) і близько 0,002% кисню або в емульсії. Ступінь конверсії – близько 17% за один цикл.

Характеристичні властивості поліетилену (молекулярна маса, молекулярно-масовий розподіл, розгалуженість), що отримується методами високого тиску, можна змінювати у відомих межах зміною умов його отримання. Змінними величинами є тиск етилену, концентрація каталізатора, температура і час перебування в реакторі. Вплив цих величин на властивості полімеру і вихід його за один робочий цикл можна охарактеризувати декількома спрощеними положеннями:

1) більш високий тиск призводить до підвищення молекулярної маси, зменшення розгалуженості і підвищення ступеня перетворення;

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						10
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- 2) більш висока концентрація ініціатора зумовлює зменшення молекулярної маси, підвищення вмісту кисню в полімері і підвищення перетворення етилену;
- 3) більш висока температура призводить до зменшення молекулярної маси, почастищення розгалуженості і підвищення ступеня перетворення;
- 4) більш тривалий час перебування в реакторі підвищує молекулярну масу і ступінь перетворення.

Методом високого тиску отримують поліетилен низької густини DOW™ LDPE 150E (стандарт EU, No 10/2011) [4].

Призначається він для виготовлення технічних виробів, а також виробів широкого споживання, які виробляються різними методами - екструзією, литтям, пресуванням і т. д.

На проєктованій ділянці будуть використовувати поліетилен низької густини марки DOW™ LDPE 150E (стандарт EU, No 10/2011) виробництва АТ «Дау Кемікал Компані».

Властивості ПЕНГ DOW™ LDPE 150E наведено у табл. 1.1

Таблиця 1.1-Властивості ПЕНГ DOW™ LDPE 150E [29]

Фізична характеристика	Номінальна величина	(Англійська)	Номінальна величина	(СІ)	Метод перевірки
1	2	3	4	5	6
Густина	0,955	г/см <sup>3</sup>	0,955	г/см <sup>3</sup>	ASTM D792

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
Показник текучості розплаву					ISO 1133
190°C/2,16 кг	25	г/10 хв	25	г/10 хв	
190°C/5,0 кг	62	г/10 хв	62	г/10 хв	
Спіралеподібний потік	42,9	дюйм	109	см	Метод «Dow»
Формувальна усадка - витрата	0,021	дюйм/дюйм	2,1	%	ASTM D955
Стійкість до тріщин під впливом навколишнього середовища (ESCR)					ASTM D1693
100% Antaroх СО-630, пряме пресування	0,700	год	0,700	год	
Механічна характеристика					
Межа міцності					ASTM D638
Плинність, пряме пресування	3630	фунт/дюйм	25,0	МПа	
Розрив, пряме пресування	3920	фунт/дюйм	27,0	МПа	

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						12
Зм..	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Кінець таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
Видовження при розриві, пряме пресування	200	%	200	%	ASTM D638
Модуль пружності - 2%	126000	фунт/дюйм	870	МПа	ASTM D790
Ударна характеристика					
Ударна міцність при розриві (пряме пресування)	26,2	фут·фунт/дюйм	55,0	кДж/м <sup>2</sup>	ASTM D1822
Твердість					
За Шором	65		65		ISO 868
Термальна характеристика					
Температура розм'якшення за Вікатом	255	°F	124	°C	ISO 306/A

1.2.2 Полімеризація етилену при низькому тиску

Полімеризація етилену при низькому тиску проводиться у присутності каталізаторів Циглера - Натта , які представляють собою продукти взаємодії алюмінійалкілів або алюмінійалкілгалогенідів (наприклад, триетилалюмінію або диетилалюмінійхлориду) з трьох- чи чотирьох-хлористим титаном.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						13
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На практиці найчастіше використовують системи чотирьоххлористий титан – диетилалюмінійхлорид.

Чотирьоххлористий титан  $TiCl_4$  – безбарвна рідина з різким запахом  $t_{кип.}=136^{\circ}C$ ,  $t_{пл.}=23^{\circ}C$ , густина при  $20^{\circ}C$   $1720$   $кг/м^3$ . Під дією води гідролізується.

Диетилалюмінійхлорид  $Al(C_2H_5)_2Cl$  – безбарвна рідина  $t_{кип.}=125-126^{\circ}C/66,66$  гПа. Може самозайматись під дією кисню та вологи.

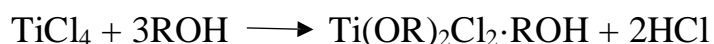
Полімеризація етилену при низькому тиску протікає по аніонно-координаційному механізму. Великий вплив на характер процесу та властивостей полімеру надає співвідношення чотирьоххлористого титану та диетилалюмініюхлориду, що зазвичай складає від 1:1 до 2:1. Зі збільшенням вмісту чотирьоххлористого титану зростає швидкість полімеризації, підвищується вихід полімеру, але зменшується його молекулярна маса.

Зазвичай неперервний процес полімеризації етилену при низькому тиску проводять наступним чином.

Спочатку готують каталізаторний комплекс  $Al(C_2H_5)_2Cl \cdot TiCl_4$  змішуванням бензинових розчинів диетилалюмінійхлориду та чотирьоххлористого титану у змішувачі. В апараті каталізаторний комплекс розбавляється бензином до концентрації  $1$   $кг/м^3$ . Суспензія каталізаторного комплексу через проміжну ємність подається насосом в реактор-полімеризатор, куди вводиться також суміш етилену з воднем – регулятором молекулярної маси полімеру. Полімеризація протікає при  $70-80^{\circ}C$  та тиску  $0,15-0,2$  МПа на протязі приблизно 6 годин. Конверсія етилену складає близько 98%. Теплота реакції полімеризації знімається за рахунок інтенсивного випаровування бензину та віднесенню частини етилену. Парогазова суміш охолоджується в скрубєрі, зрошуваному холодним бензином. Отримана суспензія поліетилену поступає з реактору на центрифугу, звідки бензин відводиться на регенерацію, а віджятий полімер

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						14
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

передається в апарат для розкладання, в якому відбувається розкладання залишків каталізаторного комплексу метиловим або, краще, ізопропіловим спиртом (він менш летючий та токсичний, легше регенерується). При обробці каталізаторного комплексу спиртом відбуваються наступні реакції:



Продукти розкладу, що утворюються, розчинні у спиртах та в спирто-бензинових сумішах. З апарату суспензія поліетилену поступає на центрифугу, звідки спирто-бензинова суміш передається на нейтралізацію метилатом натрію та далі на регенерацію. Поліетиленова паста промивається спирто-бензиною сумішшю. Остаточне промивання полімеру проводиться на центрифугі регенерованим розчином або водою. Віджятий поліетилен поступає на сушку в киплячому шарі гарячим азотом, а потім – на грануляцію.

У зв'язку з тим що спирто-бензинові промивання пов'язані з витратою розчинників та пожежонебезпечні, розробляються процеси, у яких промивання відсутнє або замінюється відпарюванням.

Процес виробництва поліетилену при низькому тиску здійснюється в атмосфері азоту, так як каталізаторний комплекс легко розкладається при дії вологи та кисню повітря. Основний апарат – полімеризатор представляє собою вертикальну циліндричну ємність з кислотостійкої сталі об'ємом до 40м<sup>3</sup>, у нижній частині якої розташований барботер або ерліфт. Продуктивність апарату 55-60 кг/(м<sup>3</sup>·год) [6].

Методом низького тиску отримують поліетилен високої густини DOW™ HDPE 25055E (стандарт EU, No 10/2011) [7], що використовується для виготовлення технічних виробів, а також виробів широкого споживання, які виробляються різними методами - екструзією, литтям, пресуванням і т. д.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						15
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На проєктованій ділянці будуть використовувати поліетилен високої густини марки DOW™ HDPE 25055E (стандарт EU, No 10/2011) виробництва АТ «Дау Кемікал Компані».

Властивості ПЕВГ DOW™ HDPE 25055E наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2-Властивості ПЕВГ DOW™ HDPE 25055E [30]

Фізична характеристика	Номінальна величина	(Англійська)	Номінальна величина	(СІ)	Метод перевірки
1	2	3	4	5	6
Густина	0,921	г/см <sup>3</sup>	0,921	г/см <sup>3</sup>	ASTM D792
Показник текучості розплаву (190°C/2,16 кг)	0,25	г/10 хв	0,25	г/10 хв	ISO 1133
Плівки					
Товщина плівки, що тестувалась	4	міл	100	μm	
Модуль пружності					ISO 527-3
2% Переріз, поздовжній напрям : 3,9 міл (100 μm)	18600	фунт/дюйм <sup>2</sup>	128	МПа	

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		16

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
2% Переріз, поперечний напрямок : 3,9 міл (100 µm)	18600	фунт/дюйм <sup>2</sup>	128	МПа	
Напруження при розтягуванні					ISO 527-3
Поздовжній напрямок : Плинність, 3,9 міл (100 µm)	1330	фунт/дюйм <sup>2</sup>	9,20	МПа	
Поперечний напрямок : Плинність, 3,9 міл (100 µm)	1100	фунт/дюйм <sup>2</sup>	7,60	МПа	
Поздовжній напрямок : Розрив, 3,9 міл (100 µm)	3050	фунт/дюйм <sup>2</sup>	21,0	МПа	
Поперечний напрямок : Розрив, 3,9 міл (100 µm)	2970	фунт/дюйм <sup>2</sup>	20,5	МПа	
Подовження при розтягуванні					ASTM D882

Кінець таблиці 1.2

Поздовжній напрям : Розрив, 3,9 міл (100 μm)	470	%	470	%	
Поперечний напрям : Розлом, 3,9 міл (100 μm)	530	%	530	%	
Ударна міцність 3,9 міл (100 μm)	430	г	430	г	ISO 7765- 1/A
Міцність на розрив по Елмендорфу					ASTM D1922
Поздовжній напрямок : 3,9 міл (100 μm)	270	г	270	г	
Поперечний напрям : 3,9 міл (100 μm)	480	г	480	г	
Термальна характеристика					
Температура розм'якшення по Вікату	205	°F	96.0	°C	ASTM D1525

Згідно стандарту 10354 – 82 [5] поліетиленову плівку випускають наступних марок:

М – для виготовлення транспортних мішків та інших виробів. Потребує використання плівок з найбільшою міцністю, забарвленої та незабарвленої, стабілізованої та нестабілізованої;

Т – для виготовлення виробів технічного значення, будівництва тимчасових споруд, упаковки та комбінованих плівок, пофарбованої і незафарбованої, стабілізованої та нестабілізованої;

СТ – для використання в сільському господарстві в якості світлопрозорого атмосферостійкого покриття культивацийних споруджень (парники, теплиці та ін.) та інших цілей; пофарбованої і незафарбованої, стабілізованої;

Н – для виготовлення виробів народного вживання, упаковка і побутового значення; пофарбованої і незафарбованої, стабілізованої та нестабілізованої.

Для виготовлення плівки марок М, Т, Н та СТ допускається використання композицій із ковзними, антистатичними і до 5% модифікуючими добавками, в тому числі й полімерними; марки СТ – до 5% модифікуючими добавками, в тому числі й полімерними.

Плівку випускають намотаною в рулони у вигляді рукава, напіврукава (рукав, розрізаний по всій довжині з однієї сторони), полотна (рукав, розрізаний по всій довжині з обох сторін з обрізкою або без обрізки кромки), рукава, складеного вдвоє та ін. видів.

Максимальна ширина плівки всіх марок – 6000 мм [5].

За вимогою виготовляють плівку інших розмірів в межах вказаних максимальних значень товщини і ширини.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						19
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Асортимент плівок з ПЕНГ марки М, що будуть виготовлятися на ділянці, що проектується, наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3-Асортимент плівок з ПЕНГ

Товщина плівки, мм	Ширина плівки, мм
0,20	3000
0,25	3000

Асортимент плівок з ПЕВГ, що вироблятимуться на ділянці, наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Асортимент плівок з ПЕВГ

Товщина плівки, мм	Ширина плівки, мм
0,03	3000
0,08	3000
0,12	3000

Вся плівка, яку виробляють на підприємстві відповідає вимогам стандарту 10354 – 82. В табл. 1.5 приведені основні показники плівки.

Таблиця 1.5 Основні показники плівки за стандартом 10354-82

Показник	Норма для марки М вищого сорту
1	2
1. Міцність при розтягу, МПа, не менше:	
у поздовжньому напрямку	16,1
у поперечному напрямку	14,7
2. Відносне видовження при розриві, %, не менше:	
у поздовжньому напрямку	450

Кінець таблиці 1.5

1	2
у поперечному напрямку	450
3. Статичний коефіцієнт тертя	0,1-0,5
4. Питомий поверхневий електричний опір, Ом, не більше:	$1 \cdot 10^{16}$

1.2 Аналіз існуючих методів виробництва та обґрунтування прийнятого методу виробництва

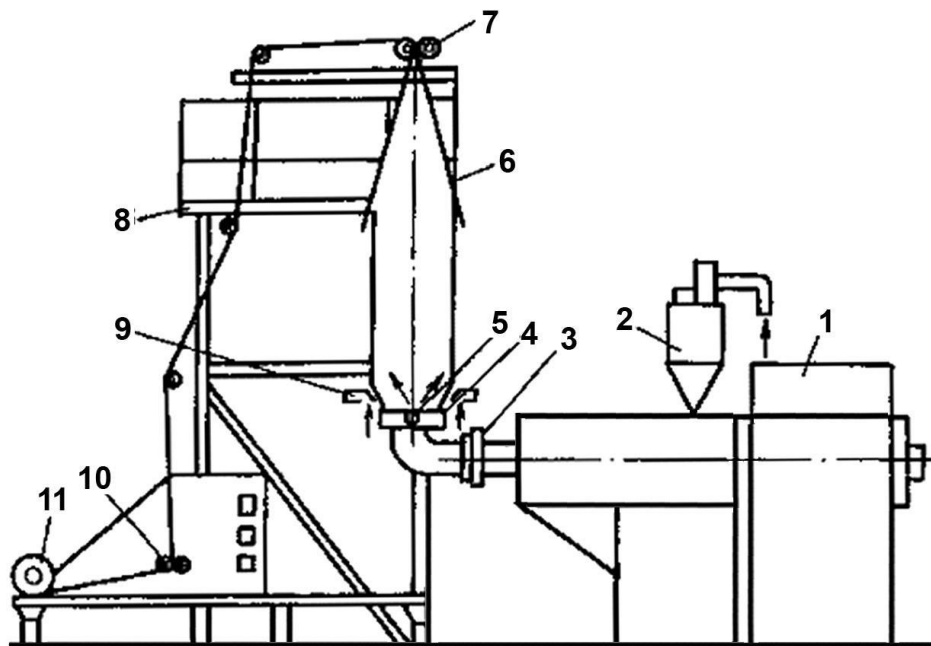
Метод одержання плівок з роздувом рукава – простий, високопродуктивний і економічний. Існує три схеми екструзії з наступним роздувом, за якими можуть бути одержані рукавні плівки:

- 1) з подачею рукава вгору;
- 2) з прийманням рукава вниз;
- 3) з горизонтальним відбором рукава.

Найбільш поширена перша схема. Незважаючи на невеликі технічні ускладнення вона є економічною, агрегат займає мало площі. Схему екструзійної установки подано на рис. 1.1.

Лінія екструзії при формуванні плівки рукавним методом з подачею рукава вгору включає такі стадії:

1. Підготовка розплаву: завантаження сировини, топлення, гомогенізація і нагнітання розплаву полімеру;
2. Перетискання розплаву через кільцеву головку;
3. Роздув рукава і його охолодження;
4. Складання рукава;
5. Намотування плівки на шпулі.



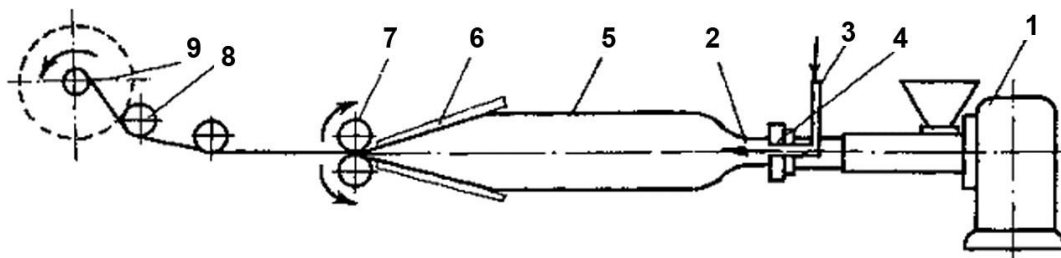
1 – екструдер; 2 – бункер; 3 – фільтр; 4 – головка; 5 – трубопровід для подачі повітря; 6 – щоки для складання трубчастого рукава; 7 – тягові валки; 8 – естакада; 9 – охолоджувальне кільце; 10 – спрямовуючі валки; 11 – намотувальний пристрій

Рисунок. 1.1 Схема агрегату для одержання плівок рукавним методом з подачею рукава вгору:

Через велику ймовірність обриву рукава під дією власної ваги на ділянці, де полімер перебуває у в'язко-текучому стані, метод з відведенням рукава вниз є ефективним для виробництва плівок невеликих розмірів. Серед переваг методу слід відзначити простіше налагодження процесу виробництва й інтенсивніше охолодження плівки (рис. 1.2).



радіаційних датчиків, які можуть бути підключені до регуляторів, що включені в загальну схему регулювання за допомогою ЕОМ, або виведені на щит керування. Другий метод є більш прогресивним і має набути поширення в промисловості.



1 – екструдер; 2 – одержувана плівка; 3 – подача стисненого повітря; 4 – кільце повітряного охолодження; 5 – рукав після роздуву; 6 – щоки для складання рукава; 7 – тягові валки; 8 – натяжний ролик; 9 – намотувальний пристрій

Рисунок. 1.3. Схема агрегату для одержання плівок рукавним методом з горизонтальним відбором рукава

У разі потреби одержати плівку великого діаметру й товщини, використовують спарену екструзію, коли працюють три й більше екструдери, які нагнітають розтоп в одну головку (рис. 1.4) [8].

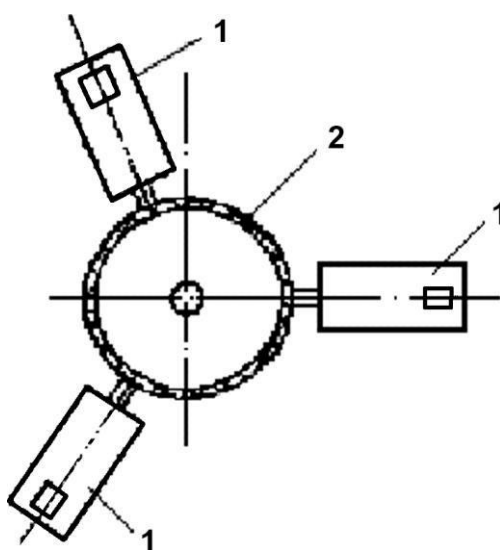


Рисунок. 1.4. Схема спареної екструзії (коекструзії): 1 – екструдер; 2 – екструзійна головка

Подібну схему використовують у формуванні багатошарових плівок, різниця тільки в кількості колекторних каналів в екструзійній головці. При формуванні багатошарових плівок на кожен полімер існує окремий колектор.

Аналізуючи асортимент продукції, наведений у підрозділі 1.1, та проведеного аналізу існуючих методів отримання рукавних плівок, доцільніше обрати схему роздуву з подачею рукава вгору. Даний метод є найбільш економічним, а виробничий агрегат більш компактним, що надає більшої варіативності при подальшому проектуванні ділянки екструзії.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Теоретичні основи методу переробки

Під час пошуку аналітичних залежностей основних геометричних параметрів плівки від розмірів формувального інструменту, властивостей перероблюваного матеріалу та технологічних режимів процесу можливий ряд припущень: зазвичай не беруться до уваги сили інерції, не враховується поверхневий натяг і аеродинамічний спротив потокові, рукав вважається симетричним відносно його осі.

Особливості деформації рукава залежать від режимів отримання заготовки. У реальних випадках роздуву рукава зазвичай присутнє двовісне розтягнення. Для визначення напрямку деформації важливе значення має співвідношення швидкостей екструзії та забору рукава і тиск роздування. Це співвідношення визначає форму рукавної заготовки («міхура»). Відношення лінійної швидкості прийому плівки  $v_L$  та середньої лінійної швидкості екструзії розплаву на виході з головки  $v_0$  також впливає на зміну товщини плівки у процесі роздуву, молекулярну орієнтацію і механічні властивості плівок у різних напрямках.

Серед механічних властивостей плівок важливе місце посідає їх міцність в осьовому та поперечному напрямках. Якщо знехтувати впливом форми рукава та осьовим витягненням твердої плівки вище лінії кристалізації, то коефіцієнт роздування  $k = D/d_0$  (рис. 2.1). Співвідношення швидкостей відводу плівки і виходу розплаву  $v_L/v_0$  визначає ступінь орієнтації полімеру у відповідних напрямках. Ступінь орієнтації, у свою чергу, впливає на значення показників механічних властивостей, наприклад, на відносне подовження при розриві.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Лемешко Р.Д				Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.	Сухий М.К.				Н		26	
Н. Контр.	Сухий М.К.				ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ			
Затвердж.	Сухий К.М.				гр. 4-ХТ-6ПП			

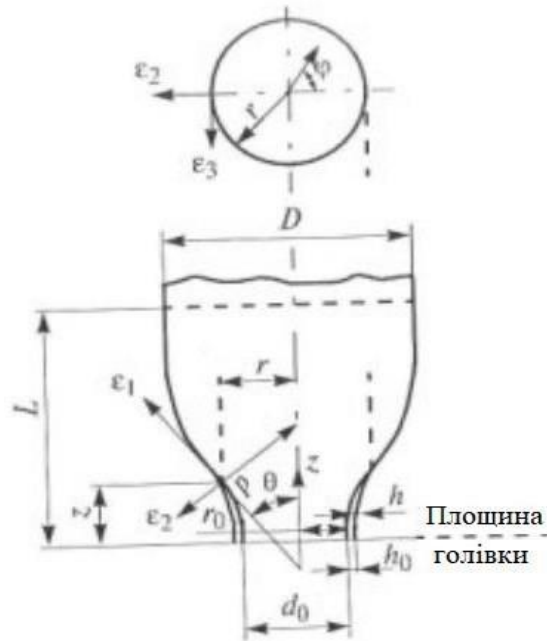


Рисунок. 2.1 До аналізу процесу роздуву рукава

Схема формування плівкового рукава у процесі роздуву наведена на рис. 2.1, на якому позначена система координат та наведені основні параметри: поздовжня вісь рукава  $z$ ;  $h_0$  — товщина кільцевого зазору формувального

інструмента;  $h$  і  $L$  — товщини плівки у двох розрізах: близькому до виходу з головки, де і завершується роздування екструдату, ( $h$ ), та після лінії кристалізації ( $L$ );  $d_0$ ,  $d$  і  $D$  — діаметри плівки у розрізах, що відповідають  $h_0$ ,  $h$  і  $L$ ; напрямки  $\varepsilon_1$  і  $\varepsilon_2$  обрані, відповідно, тангенціально і нормально відносно плівки у розрізі, нормальному до вісі  $z$  і такому, що проходить на відстані  $z$  від головки через точку  $p$ ;  $\varepsilon_3$  — окружний напрямок;  $\theta$  — змінний кут між напрямками  $\varepsilon_1$  і  $z$ . При цьому вважається, що товщина плівки  $h$  у багато разів менша, ніж радіус рукава  $r$  ( $h \ll r$ ) [9].

Викладені вище міркування дозволяють сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо отримання рукавних плівок різноманітного призначення. Таким чином, для різних видів упаковки (у тому числі і за методом термічної

усадки пакувального матеріалу) бажано застосовувати ізотропні рукавні плівки. Очевидно, що для забезпечення однакової орієнтації в обох напрямках обов'язкове дотримання умови рівності поперечної і поздовжньої витяжки рукава:  $k = v_L / v_0$ .

Для спрощення опису процесу формування ізотропних плівок можна встановити, що поздовжня швидкість у зоні роздування довжиною  $L$  (від голівки до лінії кристалізації) залишається постійною ( $v_L = \text{const}$ ), а рукав, що розтягується, має форму конуса. За таких умов градієнт швидкості  $\dot{\gamma}$  визначається зі співвідношення [10]:

$$\dot{\gamma} = \frac{v_L - v_0}{L} \quad (2.1)$$

Об'ємні витрати розплаву у різних перерізах рукава вираховуються за допомогою простої формули:

$$Q = 2\pi \cdot r_0 \cdot h_0 \cdot v_0 = 2\pi \cdot R \cdot L \cdot v_L, \quad (2.2)$$

звідки

$$\frac{v_L}{v_0} = \frac{r_0}{R} \cdot \frac{h_0}{L}. \quad (2.3)$$

З урахуванням співвідношення  $k = v_L / v_0$  з рівняння (2.3) випливає, що для отримання ізотропних плівок повинна бути дотримана умова:

$$\frac{h_0}{L} = k^2. \quad (2.4)$$

Експериментально підтверджено [10], що конічна форма рукава у багатьох випадках дійсно сприяє отриманню ізотропних плівок з ПО. Геометричні параметри рукава у формі конуса можна вирахувати за допомогою наступних формул:

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\frac{r}{r_0} = 1 + (B - 1) \frac{z}{L}; B = \frac{r}{r_0};$$

$$\frac{h_0}{h} = k^2 \frac{(B - 1)(h_0 + BL)}{L^2 BL} + z \frac{h_0 + BL(B - 2)}{LBL} + 1, \quad (2.5)$$

де величини без індексів – поточні значення відповідних змінних на відстані  $z$  від початку витяжки.

Для розтягування в умовах  $\gamma = const$  зв'язок між  $z$  і тривалістю витяжки  $t$  встановлюється співвідношенням:

$$z = z_0(e^{\gamma t} - 1) = (e^{\gamma t} - 1) \frac{v_0}{\gamma}. \quad (2.6)$$

Формула (2.6) відрізняється від звичайного виразу для поточної довжини додатковим компонентом  $z_0$ , який позначає зсув початкової точки відліку до перерізу, з якого починається розтягнення.

З рівнянь (2.5) і (2.6) випливає співвідношення, що описує зміну товщини рукава протягом певного відрізка часу:

$$\frac{h}{h_0} = \frac{(B - 1)(h_0 - BL)}{v_0^2(v_L - v_0)^2 BL} \exp\left(2t \frac{v_L - v_0}{L} - 2\right) + \frac{v_0}{v_L - v_0} \frac{h_0 - BL(B - 2)}{BL} \exp\left(t \frac{v_L - v_0}{L} - 1\right) + 1 \quad (2.7)$$

Наведені кількісні характеристики процесу роздування дозволяють розраховувати параметри ізотропних плівок, наприклад, радіус рукава після роздуву  $R$  (або відповідну ширину отриманого полотна), а також номінальну товщину продукту за відомих конструктивних параметрів установки (радіус кільцевої щілини  $r_0$  і товщина формуючого зазору  $h_0$ ). Можливе також вирішення протилежних завдань – знаходження конструктивних параметрів

						4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
							29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

голівки  $r_0$  і  $h_0$  при заданих розрізах плівки  $R$  і  $H$ , однак, для технологічної практики найбільшу цінність мають задачі першого типу.

Порядок їхнього розв'язання наступний: спочатку за даними параметрами установки  $r_0$ ,  $h_0$ ,  $Q$  за допомогою формули (2.1) вираховують середню лінійну швидкість екструзії  $v_0$ ; далі задають ступінь роздування  $K$  (для ПО її зазвичай обирають у межах 1,5—4,0, найчастіше — 3,0-3,5), за рівнянням (2.4) обраховують товщину отримуваної плівки  $h$  і з умови  $k = v_L/v_0$  визначають швидкість відбору плівки  $v_L$ . Підставляючи значення  $v_L$ ,  $k$  і  $h$  у формулу (2.5), неважко розрахувати висоту лінії кристалізації  $L$  і далі за виразом (2.1) — середній градієнт швидкості деформації в зоні роздуву. Далі, застосовуючи формулу (2.6) для всієї зони роздуву в цілому (тобто, допускаючи, що  $z = L$ ), оцінюють час  $t' = \tau$  проходження всієї зони деформації. Нарешті, у межах часового проміжку  $t' — \tau$  можна задати поточне значення  $t$  (від частоти поділу інтервалу залежить точність розрахунків), за рівнянням (2.6) вирахувати поточне значення  $i$  за рівнянням (2.7) визначити значення товщин матеріалу  $h$  у різних перерізах рукава. Ці дані також є корисними під час підрахунків процесу охолодження рукава. При заданій висоті лінії кристалізації за аналогічною методикою може бути розрахований коефіцієнт роздуву  $k$  для отримання ізотропних плівок заданої товщини, а також можуть бути вирішені інші технологічні завдання.

Результати експериментальної перевірки наведених співвідношень [10] показані на рис. 2.2 і 2.3. За різних умов екструзії ПЕНГ (табл. 2.1) (номер режиму в таблиці відповідає номеру кривої на рисунку).

Як видно з цих рисунків, припущення щодо постійності градієнта швидкості і щодо кінчної форми рукава у зоні витяжки не вносять великих похибок у розрахунок, що дозволяє рекомендувати формули (2.1) - (2.7) для інженерних розрахунків процесу отримання ізотропних рукавних плівок. При отриманні плівок, зміцнених в одному напрямку, необхідно, щоб

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						30
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

виконувалося рівність  $h_0/H = k^2/\varepsilon$  (де  $\varepsilon$  - коефіцієнт, що показує співвідношення міцностей матеріалів у взаємно перпендикулярних напрямках).

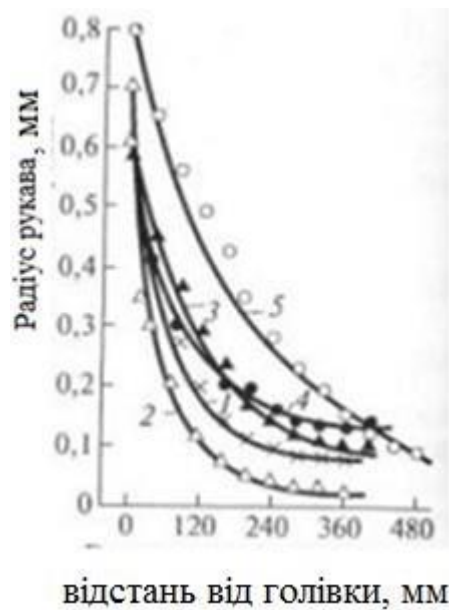


Рисунок. 2.2- Розрахункові та експериментальні значення поточного радіусу конусоподібного плівкового рукава

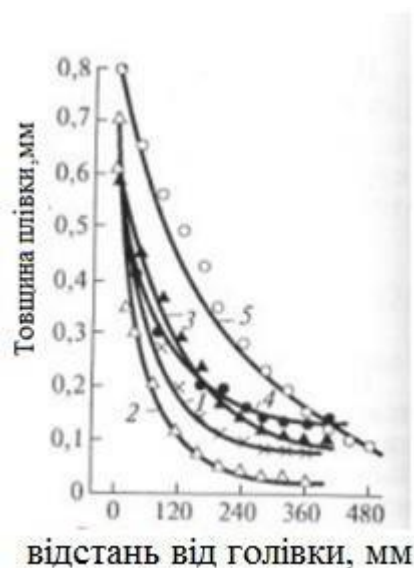


Рисунок. 2.3- Розрахункові криві (суцільні лінії) та експериментальні значення (точки) поточної товщини конусоподібного плівкового рукава, отриманого при різних режимах

Табл.-2.1 Режими екструзії ПЕНГ

№ режиму	$v_0$ , мм/с	$v_L$ , мм/с	B	L, мм
1	14,8	50,0	2,8	280
2	41,8	500,0	2,7	260
3	34,0	142,0	2,1	360
4	16,0	71,8	1,55	320
5	18,2	108,0	2,3	560

У загальному випадку швидкість розтягування при роздуві плівок непостійна та збільшується зі зростанням відстані від торцевої площини голівки [10], подібно до того як це має місце при прядінні волокна із розплаву. У визначенні швидкості розтягування матеріалу в довільному (поточному) перерізі рукава і полягає основна складність розрахунку геометричних параметрів плівки (діаметра рукава, товщини), одержуваних при різній продуктивності процесу. В іншому методика вирішення задачі аналогічна наведеному вище розрахунку процесу формування конусоподібної заготовки.

Розрахунок швидкостей деформацій потребує визначення в'язкості розплаву. Завдання суттєво спрощується, якщо знехтувати силою тяжіння матеріалу і вважати в'язкість полімеру постійною по всій зоні роздування [11].

Зміну швидкості деформації в точці по всіх напрямках (див. рис. 2.1) можна виразити так:

$$\begin{aligned}
 e_{11} &= \frac{\partial v_1}{\partial \varepsilon_1} = - \frac{Q \cdot \cos \theta}{2\pi \cdot r \cdot h} \left( \frac{1}{r} \frac{dr}{dz} + \frac{1}{h} \frac{dh}{dz} \right); \\
 e_{22} &= \frac{\partial v_2}{\partial \varepsilon_2} = \frac{Q \cdot \cos \theta}{2\pi \cdot r \cdot h^2} \frac{dh}{dz}; \\
 e_{33} &= \frac{\partial v_3}{\partial \varepsilon_3} = \frac{Q \cdot \cos \theta}{2\pi \cdot h \cdot r^2} \frac{dr}{dz};
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

Поздовжня в'язкість матеріалу  $\eta_E$  визначається другим інваріантом тензора деформації  $I = e_{11}^2 + e_{22}^2 + e_{33}^2$ , який з урахуванням виразів (2.8) може бути вирахований із співвідношення:

$$\sqrt{\frac{I}{2}} = \frac{Q \cdot \cos\theta}{2\pi \cdot r \cdot h} \left[ \left( \frac{1}{r} \frac{dr}{dz} \right)^2 + \left( \frac{1}{r} \frac{dr}{dz} \right) \left( \frac{1}{h} \frac{dh}{dz} \right) + \left( \frac{1}{h} \right) \left( \frac{dh}{dz} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

З іншого боку, поздовжня в'язкість  $\eta_E(I)$  визнається як

$$\eta_E(I) = \frac{\tau_{11}}{e_{11} - e_{22}} = \frac{\tau_{33}}{e_{33} - e_{22}}, \quad (2.10)$$

де  $\tau_{11}$  та  $\tau_{33}$  – відповідні напруги в матеріалі.

Для визначення напруг можна розглянути баланс сил, діючих на плівку в зоні роздуву, і рівняння тонкостінної оболонки:

$$2\pi \cdot r \cdot \cos\theta \cdot P_L + \pi \cdot \Delta P (R^2 - r^2) + 2\pi \cdot \rho \cdot g \cdot \int_z^z r \cdot h \cdot \sec\theta dz = F_z \quad (2.11)$$

$$\Delta P = \frac{P_L}{R_L} + \frac{P_H}{R_H} - \rho \cdot g \cdot h \cdot \sin\theta, \quad (2.12)$$

де  $\rho$  - щільність розплаву, що залежить від температури;

$g$  - прискорення сили тяжіння;

$P_L$  і  $P_H$  – сили, діючи на плівку паралельно і перпендикулярно осі відбору відповідно;

$R_L$  і  $R_H$  – головні радіуси кривизни плівки, визначаються як

$$R_L = - \left[ 1 + \left( \frac{dr}{dz} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d^2r}{dz^2} = \frac{\sec^3\theta}{\frac{d^2r}{dz^2}}; \quad R_H = \frac{r}{\cos\theta} \quad (2.13)$$

Підстановка значень (2.13) до (2.12) з урахуванням рівності (2.10) призводить до розрахункових співвідношень для сил:

$$P_L = \frac{2\eta_E \cdot Q \cdot \cos\theta}{2\pi \cdot r} \left( \frac{1}{r} \frac{dr}{dz} + \frac{1}{h} \frac{dh}{dz} \right); \quad (2.14)$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						33
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$P_H = \frac{2\eta_E(I) \cdot Q \cdot \cos\theta}{2\pi \cdot r} \left( \frac{1}{r} \frac{dr}{dz} - \frac{1}{h} \frac{dh}{dz} \right).$$

Враховуючи, що  $t_{11} = P_L/h$  і  $t_{33} = P_H/h$ , за рівняннями (2.8) - (2.14) можна із застосуванням інтегрування чисельним методом розрахувати необхідні реологічні та технологічні параметри процесу. При цьому такі конструктивні параметри установки, як розміри головки ( $r_0, h_0$ ) і зусилля, що розвивається тягнучими валками ( $F_z$ ), а також режим екструзії (температура в головці і, відповідно, густина розплаву, продуктивність машини, тиск роздуву) передбачаються відомими.

Зазначимо, що в'язкість залежить не тільки від напруженого стану (характеризується при двовісному розтягуванні величиною  $I$ ), але і від температури, яка знижується вздовж рукава. При експоненційному законі зміни в'язкості з температурою для ступеневої рідини може бути враховано співвідношенням:

$$\eta_E(I, T) = \eta_0 \exp \left[ \frac{E}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \frac{1}{2} \frac{n-1}{2} \quad (2.15)$$

де  $T$  і  $T_0$  - температури розплаву відповідно на виході з головки і в будь-якому іншому перерізі плівки;

$\eta_0$  - найбільша неньютонівська в'язкість при температурі  $T_0$ ;

$n$  - індекс течії.

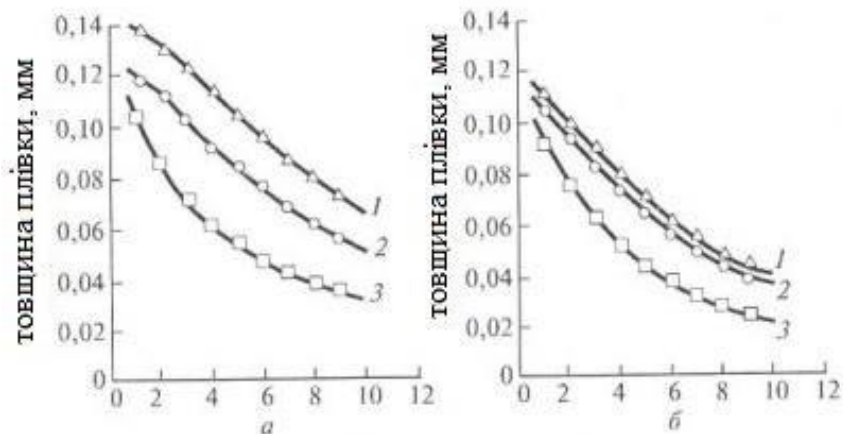
У окремому випадку одновісного розтягнення ( $\Delta P=0$ ) методика розрахунків залишиться незмінною, але швидкість деформації в осьовому напрямку  $e_{11}$  визначиться як

$$e_{11} = - \frac{Q \cdot \cos \theta}{\pi \cdot r^2 \cdot h} \frac{dr}{dz} = - \frac{Q \cdot \cos \theta}{\pi \cdot r \cdot h^2} \frac{dh}{dz} \quad (2.16)$$

Для однорідного двовісного розтягування  $e_{11} = e_{33}$ ; при роздуві плівок це можливо тільки при єдиному співвідношенні між радіусом рукава  $r$  та товщиною заготовки  $h$ :

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$e_{11} = e_{33} = \frac{Q \cdot \cos \theta \cdot d \cdot r}{\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot d \cdot z} = \frac{Q \cdot \cos \theta \cdot d \cdot h}{4\pi \cdot r \cdot h^2 \cdot d \cdot z} \quad (2.17)$$



ВІДСТАНЬ ВІД ГОЛІВКИ, ММ

1 – ПЕВГ; 2 – ПП; 3 – ПЕНГ

Рисунок 2.4-Профіль товщини плівки з поліолефінів (ПО) при одновісному (а) і двовісному (б) розтягненні:

Наведені кількісні оцінки процесу дозволяють визначити функції  $r(z)$ ,  $h(z)$ ,  $\theta(z)$  для різних значень продуктивності  $Q$  та розрахувати профілі швидкостей деформації.

Зміна товщини плівок з ПЕВГ, ПП і ПЕНГ як функція відстані від формуючого інструменту представлено на Рис. 2.4. Умови екструзії при одновісному та двовісному розтягненні ідентичні, за винятком величин  $\Delta R$ . При інших рівних умовах двовісне розтягнення забезпечує отримання більш тонких плівок.

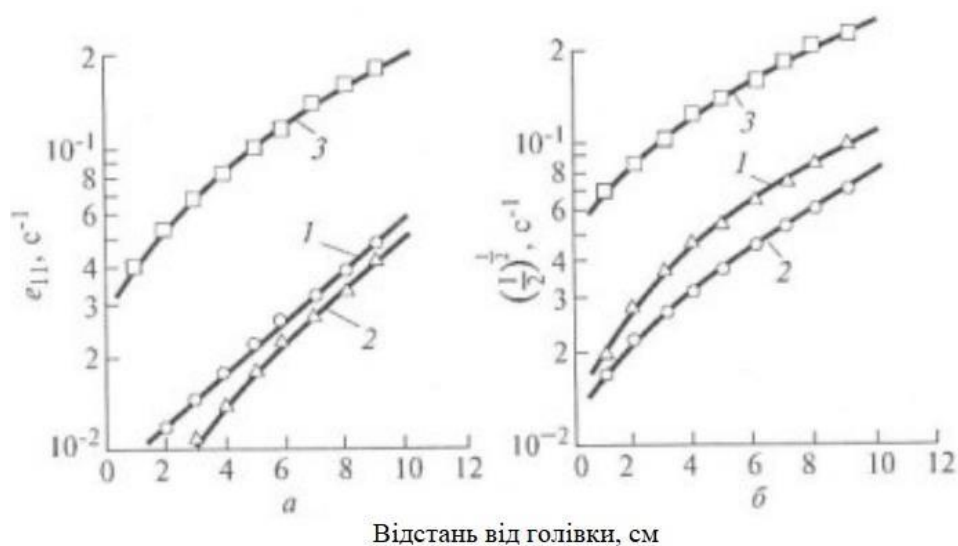


Рисунок 2.5-Профіль швидкостей деформації при одновісному(а) та двовісному (б) розтягненні поліолефінових плівок

1 – ПЕВГ; 2 – ПП; 3 – ПЕНГ

Результати розрахунку поздовжніх швидкостей у залежності від координат  $z$  наведені на рис. 2.5 (при тих параметрах екструзії, при яких отримані графіки на рис. 2.4); вони свідчать про непостійність швидкості розтягування у процесі роздуву.

#### Розрахунок процесу охолодження рукавних плівок

При виготовленні рукавної плівки довжина зон охолодження визначається системою та інтенсивністю охолодження. Зазвичай використовують охолодження рукава за допомогою кільцевого сопла («повітряного кільця»). Переваги цього методу охолодження перед іншими (розпилюванням води, зануренням у рідину, контактним охолодженням і т. д.) не піддається сумніву. Повітряне охолодження здійснюють у м'якому режимі (тобто без різких перепадів температури), що до певної міри сприяє самовирівнюванню товщини плівки. Значною мірою при цьому усуваються такі недоліки виробу, як внутрішня напруга та шорсткість поверхні.

Збільшення витрати охолоджуючого повітря викликає підвищення лінії кристалізації, але це підвищення не пропорційне зростанню витрати повітря [12, 13]. Це викликано тим, що з інтенсифікацією обдуву плівкового рукава збільшується товщина шару повітря, частина якого не бере участь в процесі теплообміну, так як через тертя по поверхні плівки і завдяки турбулентному перемішуванню з навколишнім повітрям рух потоку вздовж рукава уповільнюється, а загальна товщина шару повітря, що рухається, зростає. Це міркування призвело до рекомендації [14, 15] використовувати кілька охолоджуючих кілець або одне кільце з декількома розташованими один над одним круговими соплами.

Охолодження плівки відбувається завдяки тепловідводу у зовнішнє середовище за рахунок випромінювання ( $q_s$ ) і вимушеної конвекції ( $q_k$ ). Для розрахунку  $q_s$ , можна скористатися законом Стефана-Больцмана:

$$d \cdot q_s = E \cdot c_s \left( \frac{T^4}{100} - \frac{T_R^4}{100} \right) d \cdot F, \quad (2.18)$$

де  $T$  і  $T_R$  – температура плівки та зовнішнього середовища відповідно;

$dF$  - елемент поверхні рукава;

$c_s$  - константа.

Значення  $q_s$ , зазвичай становить не більше 10-20% від загальної кількості тепла, що відводиться [10]. Значення  $q_k$  розраховують за формулою:

$$d \cdot q_k = \alpha(T - T_L)d \cdot F, \quad (2.19)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт теплопередачі від плівки в охолоджене середовище;

$T_L$  - температура охолодженого повітря.

Коефіцієнт теплопередачі  $\alpha$  пропорційний швидкості руху повітря  $V_s$ :

$$\alpha = 6,12 V_B^{0,78}. \quad (2.20)$$

Запропоновано [10] ще й інше співвідношення для розрахунку коефіцієнта  $\alpha$ :

$$\alpha = 3,3 V_B^{1,5}. \quad (2.21)$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для обчислення  $\alpha$  у разі виробництва поліолефінових плівок підвищеної товщини (більше 100 мкм), використовуваних, наприклад, при виготовленні мішків, рекомендована [10] наступна емпірична формула:

$$\alpha = 3,04V_B^{1,3}. \quad (2.22)$$

Розрахунки  $\alpha$  по всіх наведених співвідношеннях дають близькі результати. Кількість тепла  $dQ$ , що відводиться протягом часу  $dt$  від одиниці об'єму плівкового рукава, обчислюється за рівнянням:

$$d \cdot Q = \alpha(T - T_L)F \cdot d \cdot t, \quad (2.23)$$

де  $T$  – температура матеріалу в момент часу  $t$ ;

$T_L$  – температура оточуючого середовища;

$F$  – площа, що займається одиницею об'єму матеріалу, визначається, наприклад, як  $h^{-1}$  за формулою (2.7).

На протязі часу  $t$  від одиниці маси матеріалу відводиться кількість тепла, що дорівнює

$$\frac{Q}{\rho} = \frac{\alpha}{\rho} \int_0^t (T - T_L) F \cdot d \cdot t, \quad (2.24)$$

внаслідок чого температура полімеру  $T$  в момент часу  $t$  дорівнює:

$$T = T_0 - \frac{Q}{c \cdot \rho}, \quad (2.25)$$

де  $\rho$  і  $c$  – густина та теплоємність розплаву відповідно, які в температурній області вище температури кристалізації зазвичай вважають постійними.

Підстановка виразу (2.7) до рівняння (2.23), а (2.23) в (2.24) та обчислення дозволяють отримати наступні вирази для розрахунку температури плівкового рукава  $T$  як функції часу  $t$  [10]:

$$\ln \frac{T_0 - T_L}{T - T_L} = \frac{\alpha}{c \cdot \rho \cdot h_0} \left\{ \frac{V_0^{2(B-1)}(h_0 - BH) H}{(V_L - V_0)^2 \cdot B \cdot \delta_K} \left[ \exp \left( 2t \frac{V_L - V_0}{H} - 2 \right) - e^{-2} \right] + 2 \right. \\ \left. + \frac{V_0}{(V_L - V_0)^2} \frac{h_0 + H(B-2)}{BH} H \left[ \exp \left( t \frac{V_L - V_0}{H} - 1 \right) - e^{-1} \right] + t \right\}, \quad (2.26)$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де  $T_0$  – початковий рівень температури при  $t = 0$ , (тобто, температура розплаву на виході з голівки).

Як показано експериментом [10], припущення про сталість коефіцієнту тепловіддачі не створює значних похибок у розрахунках, а тому формулу (2.26) можна порекомендувати для розрахунку температури рукавної плівки з ПО.

Під час проектування плівкових агрегатів, швидкість і витрати повітря для охолодження повинні забезпечувати потрібний коефіцієнт тепловіддачі, який вираховується для заданої форми плівкового рукава. В перевірочних розрахунках також визначається довжина зони витяжки за умов відомого значення коефіцієнту тепловіддачі, що відповідає певним витратам і швидкості охолоджуючого повітря.

#### Розрахунок процесу намотування плівки

Під час розрахунку процесу намотування плівки задається довжина полотна або маса готового продукту. Якщо розрахунок рулону проводиться за масою, то часто при цьому необхідно, відштовхуючись від діаметру рулону, оцінити товщину намотаної плівки. Маса плівки (у кг) може бути вирахована за формулою:

$$G_p = \frac{\pi}{4} (D_p^2 - D_{\Gamma}^2) \cdot b \cdot \rho, \quad (2.27)$$

де  $D_p$  – діаметр рулону (м);

$D_{\Gamma}$  – діаметр гільзи (м);

$b$  – ширина валка (м);

$\rho$  – щільність плівки (мг/м<sup>3</sup>).

З формули (2.27) витікає:

$$(D_p^2 - D_{\Gamma}^2) = \frac{4G_p}{\pi \cdot b \cdot \rho}. \quad (2.28)$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Враховуючи, що  $D_p = 2S + D_\Gamma$ , (де  $S$  — товщина намотки матеріалу), і провівши прості перетворення, ми отримуємо:

$$D_p^2 = D_\Gamma^2 + 4S^2 + 4S \cdot D_\Gamma \quad (2.29)$$

Підставивши вираз (2.28) у формулу (2.29), можна вирахувати товщину намотки продукту (у м):

$$S = \sqrt{\frac{D_\Gamma^2}{4} + \frac{G_p}{\pi \cdot b \cdot \rho}} - \frac{D_\Gamma}{2}. \quad (2.30)$$

Дуже часто нам відома маса плівки одиничної площі  $f$  (у  $\text{кг}/\text{м}^3$ ). Такі дані можуть бути взяті, наприклад, з нормативної документації. Тоді щільність намотаної плівки можна визначити як  $\rho = f/H$  (де  $H$  — товщина плівки, мм) і формула (2.30) набуває вигляду:

$$S = \sqrt{\frac{D_\Gamma^2}{4} + \frac{G_p \cdot H}{\pi \cdot b \cdot f}} - \frac{D_\Gamma}{2}. \quad (2.31)$$

Якщо не враховувати різнотовщинність і певну нерівномірність намотування плівки, то відношення  $H/(\pi \cdot b \cdot f)$  можна вважати постійним. Ввівши коефіцієнт  $k = H/(\pi \cdot b \cdot f)$  у рівняння (2.31), отримуємо формулу для розрахунку товщини намотування:

$$S = \sqrt{\frac{D_\Gamma^2}{4} + \frac{G_p}{k}} - \frac{D_\Gamma}{2}. \quad (2.32)$$

Для сучасних високопродуктивних агрегатів товщину плівки, намотаної в рулони, зручно задавати у вигляді таблиць і графіків (номограм).

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пояснимо описану методику розрахунку прикладом, взятим з роботи [10]. Плівка із поліетилену товщиною  $H = 200$  мкм (0,2 мм) має ширину полотна  $S = 500$  мм (5 дм). Щільність плівки, враховуючи певний натяг при намотуванні, є доволі високою і становить, наприклад,  $\rho = 1,5$  мг/м<sup>3</sup>. Визначення товщини намотки  $S$  для рулонів масою  $G_p = 40-120$  кг при діаметрі гільзи (втулки)  $D_{\Gamma} = 40$  мм (0,4 дм) відбувається наступним чином. Товщини намотаної плівки ( $S$ ) зручно звести у вигляді таблиці після визначення маси плівки одиничної площі  $f = \rho \cdot H = 1,5 \cdot 0,2$  кг/м<sup>2</sup> і коефіцієнта  $k = H / (\pi \cdot b \cdot f) = 0,04244$ . Потім будується графік залежності  $S$  від  $G_p$ , схожий на той, що представлений на рис. 2.6. Довжина намотаної плівки  $L$  збільшується практично лінійно зі збільшенням маси рулону  $G_p$ . Тому на осі абсцис може відкладатися як маса  $G_p$ , так і довжина намотаної плівки  $L$ . При довжині  $L$  (намотування без гільзи) буде діяти наступне співвідношення:

$$G_p = \frac{L \cdot b \cdot f}{10} \text{ (кг)}, \quad \text{або} \quad L = \frac{10G_p}{b \cdot f} \text{ (м)}. \quad (2.33)$$

При  $b = 5$  дм і  $f = 0,3$  кг/м<sup>2</sup> отримаємо, наприклад для  $G_p = 60$  кг, довжину намотаного полотна  $L = 400$  м, а для  $G_p = 120$  кг  $L = 800$  м.

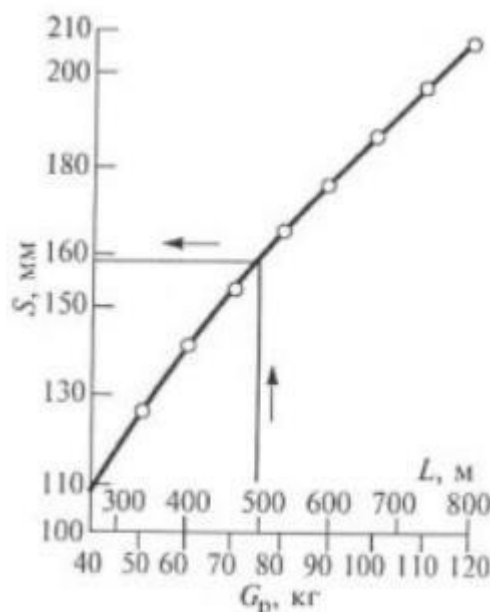


Рисунок.-2.6 Взаємозв'язок намотування плівки  $S$ , маси рукава  $G_p$  і довжини плівки  $L$  [10]

За рис. 2.6 можна визначити, що при  $H = 0,2$  мм,  $b = 5$  дм,  $f = 0,3$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 1,5$  мг/м<sup>3</sup> і  $D = 40$  мм рулону з масою  $G_p = 75$  кг відповідає довжина  $L = 500$  мм і товщина намотування  $S = 159,5$  мм. Підставивши відповідні значення у формулу (2.32), отримаємо:

$$S = \sqrt{\frac{0,4^2}{4} + \frac{75}{\pi \cdot 5 \cdot 1,5}} - \frac{0,4}{2} = 159,5 \text{ (мм)}.$$

Далі за формулою (2.33) визначаємо довжину намотування:

$$L = \frac{75 \cdot 10}{5 \cdot 0,3} = 500.$$

#### Система охолодження рукавних плівок

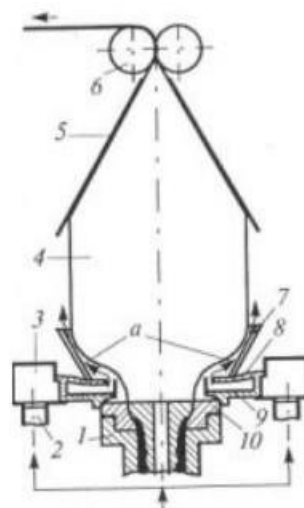
Системи охолодження екструзійних агрегатів для виробництва рукавних плівок повинні забезпечувати:

- задану інтенсивність охолодження з метою отримання якісного виробу за заданої ефективності екструдера;
- задану структуру плівки;
- рівномірність охолодження плівки по всьому її периметру і задані допуски по товщині і ширині плівки.

Системи охолодження рукавних плівок можна класифікувати за видом холодоагенту на: повітряні, водяні і комбіновані (змішані).

Найбільш широке розповсюдження отримали системи повітряного охолодження плівки (у лініях для виробництва плівки із ПЕНГ шириною від 50 до 6000 мм у складеному вигляді). Ці системи вирізняються з-поміж інших простотою і надійністю у роботі. Охолодження високов'язкого розплаву за допомогою повітря у так званому «м'якому» режимі сприяє згладжуванню локальних потовщень у процесі формоутворення.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



Від вентилятора

Рисунок.-2.7 Система охолодження і формоутворення рукавної плівки у потоці повітря

Система охолодження і формоутворення рукавної плівки у потоці повітря показана на рис. 2.7. Вона складається з вентилятора, що нагнітає повітря в охолоджувальне кільце 3, плівкового рукава 4, що виходить з формувальної головки 1, складальних 5 і тягнучих 6 пристроїв, що закривають систему формоутворення рукавної плівки. Потік повітря, що захоплюється вентилятором з оточуючого середовища, подається в охолоджувальне кільце через трубопровід 2 і далі, рівномірно розподіляючись по камері з кільця 3, виходить зі щілини кільця у напрямку плівкового рукава 4. Повітря для роздуву рукава до потрібних розмірів подається через канал головки. Охолоджений потоком повітря, плівковий рукав рівномірно витягується по периметру за допомогою тягнучого пристрою 6. Для перетворення циліндричної форми рукава у пласку використовується складальний пристрій 5, який також має певний вплив на рівномірність режиму формування.

Основним елементом системи є охолоджувальне кільце 3. Воно складається з певної камери, що утворена верхньою 8 та нижньою 9 губками кільця.

						4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
							43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			



потужності для подачі струменю повітря по висоті зони формоутворення, насадки на кільці і т. д.

Для використання аеродинамічного ефекту струменю передбачена конічна насадка 7, а для регулювання кута нахилу вихідної щілини використовується вставка (втулка) 10 (див. рис. 2.7). Потік повітря, що виходить зі щілини кільця, подається до камери а, що утворена плівковим рукавом 4 та насадкою 7. Камера а звужується у напрямку руху повітря. Її розміри та форма визначаються кутом нахилу вихідної щілини повітря (тобто, положенням вставки 10) та висотою конічної насадки. У вузькому зазорі вихідної щілини камери а швидкість потоку повітря підвищується, що сприяє виникненню додаткового стабілізуючого зусилля у цьому місці. Положення зазору визначається формою насадки 7, а також розмірами та формою плівкового рукава 4; розмір рукава залежить від кількості повітря, що подається всередину, а висота до зазору – від ефективності екструдера. Стабілізація положення плівкового рукава за рахунок аеродинамічного ефекту потоку дозволяє збільшити швидкості обдуву плівки повітрям у 2-2,5 рази. Описана система охолодження є універсальною; вона охоплює окремий діапазон ширини плівки. Цю систему використовують як з аеродинамічним ефектом струменю (наприклад, для плівок товщиною 120 мкм з ПЕНГ), так і без нього. У разі відсутності насадки 7 для охолодження, необхідна велика кількість повітря (ширина щілини кільця близько 6-20 мм залежить від ширини плівки), а стабілізація положення рукава досягається механічними обмежувачами. Більш ефективними (швидкість обдуву плівки може бути підвищена до 50 м/с та більше) є охолоджувальні кільця, у яких аеродинамічний ефект струменю підсилюється методом подачі додаткової кількості повітря у певному місці зони формування.

Особливістю, що вирізняє сучасні системи охолодження і формоутворення у потоці повітря, є використання пристроїв внутрішнього охолодження. Розрізняють два види пристроїв охолодження: у замкнутому

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						45
Зм..	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



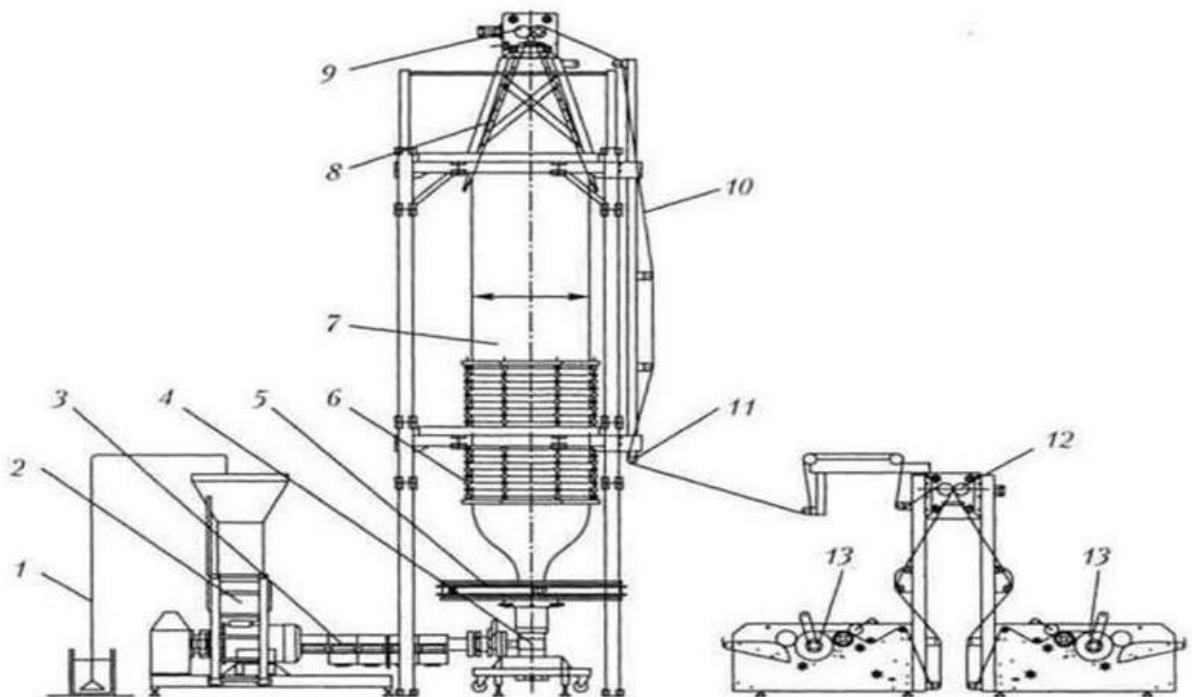
Продовження таблиці 2.2

1	2
Знебарвлення плівки	Змінити марку полімеру. Знизити температуру екструзії для попередження розпаду.
Смути на плівці	Вжити тих самих заходів, що і при знебарвленні плівки.
Дефекти типу «риб'яче око» (гелі або інші частки у плівці)	Перевірити якість сировини, уточнити, чи не відбувається розпад матеріалу. Тимчасово припинити додавання відходів у екструдер.
Роздування роздувного рукава у місці дефекту типу «риб'яче око»	Прочистити голівку. Перевірити, чи не потрапляють в завантажувальну воронку сторонні домішки. Вивчити дефекти під мікроскопом: якщо це частки початкового матеріалу, то слід використовувати для фільтрування дрібні сітки (0,074 мм) та частіше їх змінювати.
Смути від голівки на плівці	Прочистити голівку. Вжити заходів з попередження розпаду матеріалу.
Асиметричність роздувного рукава (різнововщинність)	Відрегулювати розмір формувальної щілини, вжити заходів щодо попередження розпаду матеріалу.
Потовщені місця на рулоні	Відрегулювати розмір формувальної щілини по периметру, перевірити рівномірність подачі охолоджувального повітря.
Нестабільність роздувного рукава (відхилення у діаметрі, нерівномірність	У разі пульсації матеріалу в екструдері зменшити швидкість екструзії або збільшити тиск у голівці. У разі нерівномірності у системі подачі повітря у рукав, перевірити, чи немає витоків повітря і дефектів у системі регулювання подачі повітря.

ПКінець таблиці 2.2

1	2
нерівномірність ширини або товщини плівки)	У разі руху повітря, що оточує, вжити заходів з усунення цього руху.

2.2 Опис технологічної схеми виробництва



1 - пневмозавантажувач; 2 - бункер; 3 - екструдер; 4 – формуюча головка з адаптером; 5 – кільце повітряного охолодження; 6 - кільцевий бандаж; 7 - рукав; 8 – складаючі щоки; 9 – тягнучий пристрій; 10 – полотно плівки; 11 – проміжні вали; 12 – ріжучий пристрій; 13 – вузол намотування плівки

Рис. 2.9 Технологічна схема установки для виробництва плівки рукавним методом з подачею рукава вгору

За допомогою пневмозавантажувача 1 полімер, що знаходиться у гранулах, зі спеціальної ємності надходить у бункер 2, де проходить остаточну

підготовку (просушування, попереднє нагрівання) перед переробкою. Після завантаження в екструдер 3, полімер проходить стадію пластикації та гомогенізації, і під дією тиску нагнітається в формуючу голівку 4. Потім видавлюється у вигляді рукавної заготовки, при цьому переріз заготовки визначає геометрія кільцевої щілини головки. Повітря поступає безпосередньо в середину заготовки через дорн головки ( $P = 2-4$  кПа). Під дією повітря екструдат роздувається у поперечному напрямку з утворенням плівкового міхура. Міхур зазнає інтенсивного охолодження обдувом холодним повітрям через дюзи зовнішнього охолоджуючого пристрою, що необхідно для надання міхуру формостійкості. Кільцевий бандаж 6 використовується для стабілізації форми рукава, а також для його швидшого охолодження.

Складаючими щоками 8 циліндричний рукав діаметром  $D$  перетворюється у двошарове полотно. За необхідності зменшення ширини полотна формуються фальці (поздовжні бічні складки), для цього служить фальцювальний пристрій, що має трикутну або фасонну форму. Ширина полотна після процесу фальцювання може бути зменшена у 1,5-2 рази. Рух полотна і його відведення від головки забезпечує тягнучий пристрій з плавним регулюванням частоти обертання валків 9, один з яких зазвичай гумовано. Ступінь поздовжньої витяжки плівки залежить від швидкості відведення рукава, а поперечна витяжка - від ступеня роздуву. Перед розрізанням і подальшим намотуванням в рулони складки на полотні розправляються ширильно-центруючими валками.

У сучасних екструзійних лініях для виробництва плівки з роздувом рукава забезпечуються:

- контроль та автоматичне регулювання температури по зонах матеріальних циліндрів екструдерів та формуючої головки;
- регулювання та контроль тиску на вході в голівку (до фільтра) та протягом руху в голівці;

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						49
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- автоматичний контроль товщини плівки, товщини рукава екструдату, товщини кільцевої щілини головки;
- автоматична підтримка тиску повітря всередині рукава (міхура); плавне автоматичне регулювання швидкості обертання як шнеків, так і валків, що відводять.

Також необхідна наявність ефективних агрегатів зняття з виробу статичної електрики. Лінії, що в останні роки використовуються на виробництві, мають, як правило, комплекс периферійних пристроїв, що призначені для виробництва різних штучних виробів із отриманої плівки, наприклад, пакетів. Серед стадій технологічного процесу можна виділити: підготовка сировини до переробки, пластикація матеріалу, отримання рукавної заготовки, роздув заготовки й утворення рукава (бульбашки), його подальше охолодження та складання в полотно, контроль якості продукції. Сушіння полімеру, фарбування (якщо є така необхідність) та змішування гранул відносять до операцій з підготовки сировини до переробки [16].

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						50
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Матеріальні розрахунки

Метою є визначення потреби сировини для виконання заданої програми.

Асортимент плівок, що випускаються на дільниці виготовлення рукавних плівок наведено у таблиці 3.1

Табл. 3.1-Вихідні дані для матеріальних розрахунків

Плівка товщиною, мм	Матеріал	Програма, т/рік
0,03	ПЕВГ-DOW™ HDPE 25055E	270
0,08	ПЕВГ-DOW™ HDPE 25055E	330
0,12	ПЕВГ-DOW™ HDPE 25055E	400
0,20	ПЕНГ-DOW™ LDPE 150E	400
0,25	ПЕНГ-DOW™ LDPE 150E	800
Всього		2200

Норму витрат розраховуємо за формулою

$$H_p = П \cdot K_p, \quad (3.1)$$

де П – випуск готової продукції за програмою, т/рік;

$K_p$  – витратний коефіцієнт.

Нормативні витратні коефіцієнти і їх структурні складові при виробництві поліетиленових плівок наведено у таблиці 3.2 .

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Спеціальна частина		
Розроб.		Лемешко Р.Д					
Перевір.		Сухий М.К				51	
Н. Контр.		Сухий М.К			УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ гр. 4-ХТ-6		
Затвердж.		Сухий К.М.					

Табл. 3.2-Нормативні витратні коефіцієнти

Вид матеріалу	Технологічні втрати				Невикористані відходи	Витрати на упаковку (використовувані відходи)	Витратний коефіцієнт
	Леткі продукти при екструзії	Заміна сіток, чистка головок	Підготовка відходів	Всього			
	$K_{TM}$	$K_{ТПЧ}$	$K_{ТПО}$	$K_{ТП}$	$K_{ТОН}$	$K_{ТПУ}$	$K_p$
Поліетилен	0,001	0,0015	0,0005	0,003	0,002	0,003	1,008

3.1.1 Розрахуємо потребу ПЕВГ для виготовлення плівки товщиною 0,03 мм

$$H_p^{0,03}=270 \cdot 1,008=272,2 \text{ т/рік}$$

3.1.2 Розрахуємо потребу ПЕВГ для виготовлення плівки товщиною 0,08 мм

$$H_p^{0,08}=330 \cdot 1,008=332,6 \text{ т/рік}$$

3.1.3 Розрахуємо потребу ПЕВГ для виготовлення плівки товщиною 0,12мм

$$H_p^{0,12}=400 \cdot 1,008=403,2 \text{ т/рік}$$

3.1.4 Розрахуємо потребу ПЕНГ для виготовлення плівки товщиною 0,20 мм

$$H_p^{0,20}=400 \cdot 1,008=403,2 \text{ т/рік}$$

3.1.5 Розрахуємо потребу ПЕНГ для виготовлення плівки товщиною 0,25мм

$$H_p^{0,25}=800 \cdot 1,008=806,4 \text{ т/рік}$$

Потреба сировини для дільниці екструзії рукавних плівок наведена у таблиці 3.3 .

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

Табл. 3.3-Потреба сировини для виробництва рукавних плівок

Найменування матеріалу	Потреба сировини, т		
	річна	місячна	Добова
ПЕВГ-DOW™ HDPE 25055E	1008,0	840,0	2,8
ПЕНГ-DOW™ LDPE 150E	1209,6	100,8	3,3
Всього	2217,6	184,8	6,1

### 3.2 Технологічні розрахунки

Метою технологічних розрахунків є визначення моделей і кількості основного устаткування ділянки для виконання заданої виробничої програми.

Кількість екструзійних ліній визначимо за формулою:

$$K = \frac{П \cdot 10^{-3}}{T_{\text{еф.}} \cdot Q_{\text{факт.}}}, \quad (3.2)$$

де П – випуск плівки кожного типу, т/рік;

$T_{\text{еф.}}$  – ефективний фонд роботи обладнання, год;

$Q_{\text{факт.}}$  – фактична продуктивність обладнання по кожному типу плівки, кг/год.

Режим роботи безперервний.

3.2.1 Визначення ефективного фонду роботи обладнання проводимо за формулою:

$$T_{\text{еф.}} = T_{\text{реж.}} - П_{\text{рем.}} - П_{\text{технолог.}}, \quad (3.3)$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Для дільниці, що проєктується, обираємо лінію Smart Bubble® Blasfolienanlage компанії виробника KUHNE-Group (Німеччина) [17].

### 3.2.2 Розрахуємо фактичну продуктивність екструзійної лінії.

Розрахунок виконуємо за формулою:

$$Q_{\text{ф.}} = 60 \cdot H \cdot \delta \cdot 10^{-3} \cdot \rho \cdot V, \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (3.5)$$

де:  $H$  – ширина плівки, м;

$\delta$  – товщина плівки, м;

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – швидкість відведення, м/хв.

3.2.2.1 Розрахуємо фактичну продуктивність екструзійної лінії для випуску плівки товщиною 0,03 мм:

$$Q_{\text{ф.}}^{0,03} = 60 \cdot 1,3 \cdot 0,03 \cdot 10^{-3} \cdot 947 \cdot 70 = 155 \text{ (кг/год)}.$$

3.2.2.2 Розрахуємо фактичну продуктивність екструзійної лінії для випуску плівки товщиною 0,08 мм:

$$Q_{\text{ф.}}^{0,08} = 60 \cdot 0,7 \cdot 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot 947 \cdot 55 = 175 \text{ (кг/год)}.$$

3.2.2.3 Розрахуємо фактичну продуктивність екструзійної лінії для випуску плівки товщиною 0,12 мм:

$$Q_{\text{ф.}}^{0,12} = 60 \cdot 0,55 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3} \cdot 947 \cdot 46 = 173 \text{ (кг/год)}.$$

3.2.2.4 Розрахуємо фактичну продуктивність екструзійної лінії для випуску плівки товщиною 0,20 мм:

$$Q_{\text{ф.}}^{0,20} = 60 \cdot 0,7 \cdot 0,20 \cdot 10^{-3} \cdot 920 \cdot 21 = 162 \text{ (кг/год)}.$$

3.2.2.5 Розрахуємо фактичну продуктивність екструзійної лінії для випуску плівки товщиною 0,25 мм:

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\phi}^{0,25} = 60 \cdot 1,2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 920 \cdot 10 = 166 \text{ (кг/год)}.$$

3.2.3 Розрахуємо кількість агрегатів Smart Bubble® Blasfolienanlage для виконання заданої програми дільниці екструзії плівки.

3.2.3.1 Розрахуємо кількість агрегатів Smart Bubble® Blasfolienanlage для випуску плівки товщиною 0,03 мм:

$$K^{0,03} = \frac{272,2 \cdot 10^3}{7511 \cdot 155} = 0,23 \text{ (агрегатів)}.$$

3.2.3.2 Розрахуємо кількість агрегатів Smart Bubble® Blasfolienanlage для випуску плівки товщиною 0,08 мм:

$$K^{0,08} = \frac{332,6 \cdot 10^3}{7511 \cdot 175} = 0,25 \text{ (агрегатів)}.$$

3.2.3.3 Розрахуємо кількість агрегатів Smart Bubble® Blasfolienanlage для випуску плівки товщиною 0,12 мм:

$$K^{0,12} = \frac{403,2 \cdot 10^3}{7511 \cdot 173} = 0,31 \text{ (агрегатів)}.$$

3.2.3.4 Розрахуємо кількість агрегатів Smart Bubble® Blasfolienanlage для випуску плівки товщиною 0,20 мм:

$$K^{0,20} = \frac{403,2 \cdot 10^3}{7511 \cdot 162} = 0,33 \text{ (агрегатів)}.$$

3.2.3.5 Розрахуємо кількість агрегатів Smart Bubble® Blasfolienanlage для випуску плівки товщиною 0,25 мм:

$$K^{0,25} = \frac{806,4 \cdot 10^3}{7511 \cdot 166} = 0,65 \text{ (агрегатів)}.$$

$$\text{Всього } \Sigma = 0,23 + 0,25 + 0,31 + 0,33 + 0,65 = 1,77 \text{ (агрегатів)}$$

Приймаємо 2 агрегати Smart Bubble® Blasfolienanlage.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

### 3.3 Характеристика основного технологічного обладнання

На ділянці екструзії рукавної плівки, що проєктується, будуть використовуватися екструзійні лінії Smart Bubble® Blasfolienanlage.

Ці агрегати можуть виробляти 1/3/5/7/9/11 та 13-шарові плівки. Завдяки універсальному шнеку можна переробляти майже всі термопластичні матеріали, такі як ПЕ, ПП, ПС, ПЕТ, ПА та ін. Основні технологічні характеристики подано у таблиці 3.5.

Табл.3.5-Основні технологічні характеристики екструзійної лінії Smart Bubble® Blasfolienanlage [18]

1	2
Екструдер	Розміри екструдера: 25 мм, 35 мм, 45 мм, 60 мм, 70 мм, 90 мм, 105 мм, 125 мм до 150 мм
	За допомогою універсального шнека можна обробляти майже всі термопластичні матеріали
Насос розплаву	Забезпечує постійну подачу та надійне нагнітання тиску до екструзійної головки
Головка для видування плівки	Діаметр 50-600 мм для одношарових плівок
	Діаметр 100-900 мм для тришарових плівок
	Діаметр 50-850 мм для 5-, 7-, 9-, 11- та 13-шарових плівок
Охолоджуюче кільце	Плавне регулювання по висоті для підвищення пропускнуої здатності та міцності плівки

Кінець таблиці 3.5

1	2
Система охолодження	Високоєфективні системи внутрішнього та зовнішнього повітряного охолодження
Приймальний пристрій для плівок	Реверсивний приймальний пристрій для плівок шириною до 3300 мм
	Стационарний приймальний пристрій для плівок шириною до 3000 мм
Вузол намотування плівки	Центральний/контактний намотувач для плівки шириною до 3300 мм
	Контактний намотувач для плівок шириною 3000 мм

3.4 Розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання

Розрахуємо кількість допоміжного обладнання.

Планується, що на дільниці, яка проектується буде утворюватися 8% відходів. Тоді кількість відходів можна розрахувати за формулою

$$P_{\text{відх.}} = P \cdot 0,08. \quad (3.6)$$

$$P_{\text{відх.}} = 2217600 \cdot 0,08 = 177408 \text{ (кг).}$$

Режимний фонд робочого часу розраховуємо за формулою

$$\tau_{\text{реж}} = (T_{\text{кал}} - P_{\text{реж}}) \cdot \tau_{\text{доб.}} \quad (3.7)$$

Приймаємо, що  $\tau_{\text{добове}} = 8$  год, тоді

$$\tau_{\text{реж}} = (365 - 11) \cdot 8 = 2832 \text{ (год).}$$

$P_{\text{рем}}$  приймаємо 5,3% від  $\tau_{\text{реж}}$

$$P_{\text{рем}} = 2832 \cdot 0,053 = 151 \text{ (год).}$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

$\Pi_{\text{техн}}$  приймаємо 6,3% від  $\tau_{\text{реж}}$ .

$$\Pi_{\text{техн}} = 2832 \cdot 0,063 = 178 \text{ (год)}.$$

Ефективний фонд роботи допоміжного обладнання проводимо за формулою:

$$\tau_{\text{еф.}} = \tau_{\text{реж}} - \Pi_{\text{рем}} - \Pi_{\text{техн.}} \quad (3.8)$$

$$\tau_{\text{еф.}} = 2832 - 151 - 178 = 2503 \text{ год}$$

Для дроблення відходів буде використовуватись дробарка HSS-230A компанії-виробника Nuage (Китай) ( $Q_{\text{ф}} = 150 \text{ кг/год}$ ) [19].

$$K = \frac{177408}{2503 \cdot 150} = 0,47$$

Приймаємо 1 дробарку HSS-230A.

Технічну характеристику дробарки наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Технічна характеристика дробарки **HSS-230A**

Критерій	Значення
Потужність мотору	4кВт
Швидкість оберту ротору	640 об./хв
Роторні ножі	6 шт.
Стаціонарні ножі	2 шт.
Розмір завантажувального отвору	260×230 мм
Розмір ротору	205×230 мм
Діаметр отвору сита	8 мм.
Продуктивність	35-150 кг/год.
Вага	230 кг
Розміри	645×960×1,060
Напруга	380В
Частота обертання	50 Гц

Дробарка подрібнює полімери з товщиною стінки від 1 до 10 мм рівномірно, дрібно, майже безвідходно. Ножі виготовлені з японської сталі SKD-11 – міцні та довговічні; каскадна (ступінчаста) форма цих ножів забезпечує високу швидкість і однакову фракцію подрібнюваного матеріалу. Конструкція дробарки дозволяє легко регулювати зазор між роторними та стаціонарними ножами.

Дробарка полімеру, що не створює великого шуму, відрізняється гарною звукоізоляцією завдяки особливій конструкції бункерів з нержавіючої сталі, а знімний бункер, фракційне сито та розбірний корпус дають швидкий доступ до внутрішніх вузлів дробарки та полегшують її очищення. Електродвигун оснащений системою захисту від перевантажень.

Фактична продуктивність даної дробарки залежить від типу матеріалу, розміру виробу, що переробляється, швидкості подачі матеріалу оператором.

### 3.5 Контроль та керування хіміко-технологічними процесами

Технологічний процес отримання рукавної плівки, не залежно від конструкції агрегату, передбачає наступні основні технологічні операції(стадії): підготовка та подача сировини (гранульованого полімеру) в завантажувальний бункер екструдера; підготовка розплаву полімеру за допомогою екструдера; видавлювання розплаву полімеру через кільцеву щілину екструзійної головки; роздув заготовки до необхідного діаметру подачею повітря всередину рукава через спеціальні канали в дорні голівки; охолодження рукавної заготовки; складання плівкового рукава в пласке подвійне полотно(стрічку); обрізання кромки або розрізання подвійного полотна(або декілька стрічок); намотування отриманої плівки в рулони; контроль якості, розбраковування. Маркування та упаковка готової продукції.

Регулювання товщини плівки здійснюють у найпростішому випадку зміною коефіцієнта роздуву рукава та варіюванням поздовжньої витяжки плівки за рахунок плавної (безступінчастої) зміни швидкості її відведення, тобто частоти оберту витяжних валків приймально-намотувального пристрою. Після роздуву заготовки до необхідного діаметру подачу повітря всередину рукава припиняють, і газ виявляється замкненим у плівковому мішку, котрий ковзає по повітряному балону(«міхуру») як по напрямному елементу.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						60
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Формування заготовки для отримання рукавних плівок здійснюють продавлюванням розплаву полімеру, підготовленого в екструдері, через кільцеву головку. Кількісний опис цієї операції зводиться до рішення задачі про течію аномально в'язкої рідини через кільцевий проміжок, утворений внутрішньою стінкою мундштуку та зовнішньої стінки дорну.

В процесі роздуву та відбору плівкового рукава відбувається цілий ряд складних явищ: поздовжня витяжка розплавленого матеріалу («фільерна» витяжка заготовки); поперечна (точніше, окружна) деформація розплавленої заготовки; охолодження рукава, що супроводжується кристалізацією полімеру; поздовжня (паралельна напрямку відведення плівки) витяжка матеріалу при температурі нижче температури плавлення на ділянці після лінії («фронт») кристалізації і т. д. [10].

Режим екструзії рукавної плівки – це комплекс технологічних параметрів, які обчислюються для кожної партії матеріалу і при переході на іншу партію обов'язково уточнюються.

Технологічний режим визначають такі параметри:

1. температура по зонах циліндра екструдера, переходу і головки;
2. число обертів шнека;
3. тиск у головці;
4. температура і кількість повітря, яке йде на обдування (охолодження) рукава;
5. ступінь роздування рукава;
6. ступінь поздовжньої витяжки.

Норми основних параметрів для ПЕНГ наведені у таблиці 3.7.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						61
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Табл. 3.7-Норми основних параметрів для ПЕНГ

Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце вимірювання параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення
1. Циліндр	Температура циліндра за зонами	
	1 зона	125°C
	2 зона	135°C
	3 зона	135°C
	4 зона	154°C
2. Формуюча головка	Температура головки за зонами	
	1 зона	140°C
	2 зона	140°C
	Тиск у головці	10÷15 МПа
	Температура і кількість повітря, яке йде на обдування (охладження) рукава	10°C 130 м <sup>3</sup> /год
3. Шнек	Число обертів шнека	40 об/хв
	Ступінь роздування рукава	1,5÷4,5
	Ступінь поздовжньої витяжки	1,5÷3

Норми основних параметрів для ПЕВГ наведені у таблиці 3.8.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		62

Табл. 3.8-Норми основних параметрів для ПЕВГ

Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце вимірювання параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення
1. Циліндр	Температура циліндра за зонами	
	1 зона	140°C
	2 зона	160°C
	3 зона	175°C
	4 зона	180°C
2. Формуюча головка	Температура головки за зонами	
	1 зона	180°C
	2 зона	185°C
	Тиск у головці	13÷19 МПа
	Температура і кількість повітря, яке йде на обдування (охолодження) рукава	10°C 130 м <sup>3</sup> /год
3. Шнек	Число обертів шнека	40 об/хв
	Ступінь роздування рукава	1,5÷4,5
	Ступінь поздовжньої витяжки	1,5÷3

Екструзійні лінії на ділянці, що проєктується, повністю автоматизовані. Надійний контроль основних технологічних параметрів процесу переробки забезпечує система контролю „КЕС“ (KUHNE Extrusion Control) [20].

### 3.6 Охорона навколишнього середовища

У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості виникла проблема охорони навколишнього середовища від забруднення промисловими викидами, що становлять істотну небезпеку для здоров'я людей.

Для попередження забруднення атмосферного повітря, водойм, а також ґрунту твердими відходами треба насамперед використовувати технологічні ресурсозберігаючі методи, які є сукупністю технологічних і конструктивних заходів, що передбачають істотне скорочення кількості й токсичності викидів у навколишнє середовище без зниження якості й кількості цільового продукту.

#### 3.6.1 Характеристика промислових викидів проєктованого виробництва

При переробці пластмас відбувається виділення газоподібних речовин в повітряне середовище. Основна частина – виділяється газоподібною шкідливою речовиною, вловлюється місцевими відсмоктувачами, решта-розчиняється системами загальнообмінної вентиляції [22].

Шкідливість полягає в тому, що видаляється системами витяжної вентиляції, направляється на установки знешкодження або розсіюється в атмосфері. Для цього вихлопні труби забезпечуються спеціальними насадками, що утворюють факельний викид, що збільшує ефект розсіювання. Розсіювання шкідливостей в атмосферу є найбільш простим і дешевим способом захисту навколишнього середовища. Однак його можна використовувати лише в тому випадку, якщо розрахунками буде доведено, що зміст шкідливості, що викидається в приземному шарі спільно з існуючим фоном не перевищує допустимого за санітарними нормами [22].

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для виробництв переробки пластмас рекомендується застосовувати установки знешкодження повітря чотирьох типів:

- 1) каталітичного окислення повітря;
- 2) пряме термознешкодження;
- 3) використання забрудненого повітря в якості дуттєвого в котельнях або ТЕЦ;
- 4) застосування методу адсорбції для уловлювання і згущення низько концентрованих викидів.

Повітря, що видаляється від пиляючого обладнання, перед викидом в атмосферу, так само піддається очищенню. Конструкції пилоутримуючих пристроїв (циклони, електрофільтри), повинні відповідати умові, щоб концентрація пилу, що викидається, в повітрі не перевищувала допустиму за санітарними нормами. В звязку з тим, що більшість пластмас дають вибухонебезпечний пил, венткамери і все застосовуване обладнання повинно бути прийнято у вибухобезпечному виконанні.

3.6.2 Заходи щодо захисту навколишнього середовища від забруднення промисловими викидами

#### 3.6.2.1 Заходи з охорони повітря

При переробці пластмас у виробі відбувається виділення газоподібних продуктів, які забруднюють повітряне середовище. Основна частина газоподібних шкідливих виділень уловлюється місцевими відсосами, решта – розчиняються системами загальнообмінної вентиляції.

Шкідливості, які видаляються системами витяжної вентиляції, направляються на установки знешкодження чи розсіюються в атмосфері. Для цього вихлопні труби забезпечуються спеціальними насадками, що утворюють факельний викид, який збільшує ефект розсіювання [23].

Розсіювання шкідливостей у атмосфері є найбільш простим і дешевим

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						65
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

способом захисту навколишнього середовища. Однак його можливо використовувати лише тоді, коли розрахунками буде доведено, що вміст речовин, що викидаються у приземному шарі сумісно з існуючим фоном, не перевищує дозволеного за санітарними нормами.

Для виробництв переробки пластмас рекомендується використовувати чотири типи установок знешкодження забрудненого повітря [24]:

- каталітичне окислення повітря; принцип дії установки заключається у нагріванні забрудненого повітря до 250–500°C і пропусканні його через систему каталізаторів, у присутності яких органічні речовини окислюються;

- пряме термозбереження, яке полягає у випалюванні органічних домішок у забрудненому повітрі при температурі 1000–1100 °C; незважаючи на удавану простоту цього методу, його через велику витрату палива потрібно застосовувати тільки за наявності у повітрі домішок, які пасивують роботу каталізаторів;

- використання забрудненого повітря в якості дутцевого у котельнях чи ТЕЦ - це найбільш простий та економічний спосіб. Однак внаслідок того, що у літньо-весняний період зменшується потреба у виробці тепла, яке необхідне, у літній період частково використовують установки каталітичного окислення;

- застосування методу адсорбції для уловлювання і згущення низькоконцентрованих викидів (0,1–1 г/м) з послідуною десорбцією їх димовими газами. В цьому випадку за рахунок зменшення об'єму забрудненого повітря збільшується можливість цілий рік використовувати котельні установки.

Повітря, яке видаляється від пиляючого обладнання, перед викидом у атмосферу також піддається очищенню.

Конструкції пилезатримуючих пристроїв (циклони, електрофільтри і т. д.) повинні відповідати умові, щоб концентрація пилу у повітрі не

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						66
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

перевищувала допустиму за санітарними нормами [25]. У зв'язку з тим, що більшість пластмас дають вибухонебезпечний пил, венткамери і все устаткування, яке застосовується повинно бути прийняте у вибухобезпечному виконанні. На проєктованій ділянці встановлені фільтри-поглиначі для поглинання повітря, яке виділяється від обладнання, що пилить.

### 3.6.2.2 Заходи з охорони водоймищ та інших джерел водокористування

Заходи з охорони водоймищ та інших джерел водокористування повинні охоплювати комплекс технічних рішень, які зменшують витрати прямої господарсько-питтєвої води і ліквідуючі можливість забруднення відходами виробництва навколишніх джерел водокористування (озера, річки, моря, горизонти підземних вод і ін.) [26].

На проєктованій ділянці вода для охолодження обладнання та оснастки знаходиться у замкнутому циклі, тому промислових викидів води немає.

### 3.6.2.3 Заходи з охорони ґрунту

Поліетилен відноситься до термопластів, це говорить про те, що його можна переробляти вторинно. Тому на проєктованій ділянці відходів не існує, всі вони перероблюються вторинно повертаючись у виробництво, 20% у первинну сировину.

При виборі площі для будівництва нових виробництв згідно СН-202–81 рекомендується використовувати незручні чи непридатні для сільського господарства землі; при цьому не потрібно додаткових заходів по охороні ґрунту. У тих же випадках, коли при будівництві займається плододитна земля і знищуються лісові угіддя, проєктувальник повинен забезпечити рішення, які дозволяють зберегти продуктивний шар землі за рахунок нових посадок лісу і ін. [23].

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3.6.2.4 Заходи по забезпеченню безпеки виробництва і дотримання норм промислової санітарії

Для забезпечення безпеки виробництва і дотримання норм промислової санітарії при проектуванні необхідно використовувати нормативні документи по відповідним розділам проекту[24].

### 3.6.2.5 Заходи для зниження енергоємності і матеріалоємності

Найменша з основних статей витрат на видувному виробництві - електроенергія. У виробництві методом екструзії з роздувом на термопластавтоматах позначена абсолютно чітка тенденція до скорочення витрат на електроенергію шляхом застосування повністю електричних машин - це дійсно скорочує витрати на електроенергію у декілька разів. Електричні видувні машини також з'являються, але їх економічна ефективність вражає не так сильно – економія споживання електрики складає лише 25%.

Це пов'язано з іншою концепцією роботи екструзійно-видувної машини в порівнянні з термопластавтоматом. У екструзійно-видувній машині основним споживачем є екструдер, який обертається постійно, поки машина працює, із стабільною кількістю обертів за хвилину. Економити тут ні на чому, отже екструдер має електричний привід, і понизити його енергоспоживання можна тільки шляхом використання ефективніших моторів і ефективніших шнеків.

Розвиток в цій області відбувається постійно. Енергоефективніші мотори змінного струму приходять на зміну моторам постійного струму (якими досі часто комплектують свої машини європейські виробники). Ефективність шнеків також збільшується і при тих же діаметрах вдається " знімати" все більше і більше полімеру в одиницю часу [27].

Що стосується інших споживачів електрики, а саме рухів машини, то тут також концепція видувної техніки відрізняється від ТПА. Рухи екструзійно-видувної машини більш рівномірні між собою з точки зору витрати електроенергії і, особливо на двохстанційних машинах, слідує безперервно

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						68
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

один за одним. У тому числі завдяки грамотному використанню гідроакумуляторів така схема роботи машини практично не призводить до наявності тимчасових періодів, коли гідравліка працює вхолосту.

У екструзійному видуві відсутні такі звичні для лиття під тиском поняття як: високоточне високошвидкісне уприскування матеріалу під величезним тиском, високоточний набір дози з миттєвим розкручуванням і зупинкою шнека і швидке створення величезного зусилля зімкнення (більшість екструзійно-видувних машин під упаковку генерують зусилля зімкнення не більше 8-12 тонн). Тому електричні приводи не дають видувній машині ніяких переваг в швидкості або точності – ті завдання, які ставляться, вирішуються гідравлікою з аналогічною швидкістю і точністю.

В результаті по-справжньому актуальні переваги електричної видувної машини в порівнянні з гідравлічною зводяться до 25% економії електрики. Чи коштує це необхідних додаткових інвестицій кожне підприємство може порахувати і вирішити для себе самостійно.

#### 3.6.2.6 Заходи щодо створення замкнутої структури матеріальних потоків

Матеріалоемність продукції являється узагальнюючим, синтетичним показником, характеризуючим ефективність використання матеріальних ресурсів.

Матеріальні витрати діляться на дві групи:

- 1) сировина, головні матеріали та полуфабрикати;
- 2) допоміжні матеріали, паливо, енергія.

Матеріалоемність одиниці продукції представляє собою, відношення матеріальних ресурсів, витрачених на виробництво окремого виду продукції, до оптової ціни виробу.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		69

Для визначення матеріалоемності продукції використовуються натуральні, коштовні та натурально – коштовні показники [24].

В натуральних показниках визначити повну матеріалоемність промислової продукції практично неможливо, так як при виробці продукції використовуються різні види матеріальних ресурсів, які у своєму натуральному виді не можуть сумуватися.

Тому в натуральній формі можливо визначити тільки приватні показники матеріалоемності та удільну витрату окремих видів матеріальних ресурсів.

Всебічну уяву про матеріалоемність промислової продукції дають показники, виражені в коштовній формі.

Матеріалоемність, виражена в коштовній формі визначається як відношення суми усіх матеріальних витрат (без амортизації) до об'єму товарної або чистої продукції.

Натурально-коштовні показники використовуються, коли виникає необхідність визначити витрати сировини та матеріалів у натуральній формі на 1 гривню виготовленої продукції або в коштовній – на 1 тону виробленого продукту. При визначенні матеріалоемності окремих видів продукції використовують звітні калькуляції собівартості цих видів.

Калькуляційні статті витрат вважаються, як правило, комплексними оскільки майже в кожній з них містяться нематеріальні витрати на заробітну платню, амортизацію, інші грошові витрати.

Такі поняття як «матеріалоемність» і «технологічність», «якість виробу», в переробці пластмас тісно зв'язані між собою.

При конструюванні виробу із пластичних мас використовуються лише мінімум полімерного матеріалу.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зниження розходу показників полімерних матеріалів у дійсному виробництві досягається збільшенням спільної культури виробництва і, як внаслідок цього, зменшення втрат сировини на різних технологічних стадіях виробництва[23].

Таким чином, співставивши дійсні розхідні показники цеха з технологічними їхніми значеннями можливо судити про загальний рівень виробництва, стан перероблюючого устаткування, економічну ефективність використовуючих на цьому технологій.

Проблемам матеріалоємності при конструюванні полімерних виробів та ресурсозбережень при їхньому виробництві повинні приділяти велике значення, так як від цих показників залежить прибуток, який отримує цех. Особливо важливе це питання в теперішній час, коли ціни на полімерну сировину зросли в десятки разів. Велике значення в економії матеріалу має можливість повторної переробки полімерного матеріалу.

Отримані відходи при переробці після їхнього дроблення допускаються використовуватись разом із первісною сировиною для послідувочої переробки.

Як відомо переробка пластмас методом екструзії з роздувом є економічною. Головна частина всіх відходів припадає на момент запуску обладнання та після технологічних простоїв. Всі відходи направляються на подрібнення і потім цей полімер додається до вихідної сировини невеликими порціями. Таким чином ми маємо майже безвідходне виробництво [27].

### 3.7 Техніка безпеки

Введення екструдера в експлуатацію дозволяється тільки після повного закінчення всіх монтажних та налагоджувальних робіт, що посвідчуються актами приймання обладнання та пристроїв КВП, протоколами завершення

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

монтажу та налагодження. Перед першим пуском, а також перед тривалими зупинками необхідно ретельно очистити черв'як, корпус, решітку та формуючу головку від залишків раніше перероблених термопластів (виняток складають тільки поліолефіни, що допускають повторний запуск без попередньої чистки робочих органів).

Порушення цього правила можуть призвести до перевантаження та поломки екструдера (обрив болтів кріплення головки, руйнування упорного підшипника, пошкодження внутрішньої поверхні корпусу).

До специфічних робіт, що виконуються машиністом екструдера, відносяться заправка виробу в приймально-тягнучий пристрій, чистка черв'яка і головки, перевірка справності пристроїв огорожі, систем нагріву.

Найбільшу небезпечність у цих випадках представляють термічні опіки, можливість отримання механічних травм, ураження током та отруєння. Тому машиніст екструдера зобов'язаний слідкувати за найбільш небезпечними ділянками екструзійних установок (обертів вузли та деталі, місця під'єднання нагрівальних елементів головок та циліндрів, нагріта поверхня, заземлення обладнання). Оператор при обслуговуванні нагрітої головки повинен задля запобігання опіків працювати в захисних рукавицях.

Запуск екструдера необхідно здійснювати тільки після нагрівання зон корпусу та головки до заданих температур та витримці при цих температурах на протязі 45-60 хв до повного прогрівання головки та черв'яка. Екструдер на початку запускають на мінімальній частоті обертів черв'яка(5-8 об/хв) при періодичному (холодному) живленні. Після появи розплаву із головки плавно збільшують частоту обертів черв'яка до заданої та повністю відкривають шиббер бункера.

Оператор не повинен знаходитись перед фланцем на той випадок, якщо в наслідок недотримання співвісності отворів в фіксаторі та адаптері або

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						72
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розвитку високого тиску розплаву по причині недостатньої температури фланець від'єднається при експлуатації екструдера.

Слід використовувати для заправки виробів наявні спеціальні пристрої; для чистки використовувати скрибки з кольорового металу, щоб запобігти подряпин та забоїн – джерел застою та розкладання матеріалу; чистку проводити при наявності в приміщенні як загальної припливно-витяжної вентиляції, так і встановлених над місцями чистки головки черв'яків та циліндру місцевих відсмоктувачів у вигляді зонтів.

При зависанні матеріалу в бункері або завантажувальному отворі його слід проштовхувати пластмасовими стрижнями. Застосування для цієї цілі металевих прутів недопустимо.

Налагоджувач екструзійних ліній зобов'язаний перевірити, крім того, справність вантажопідйомних пристроїв та кріпильного інструменту, що використовуються.

Для поліпшення умов праці робочих завантаження сировиною екструзійного обладнання повинно бути механізовано, ділянки – забезпечені загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією, а обладнання – місцевими відсмоктувачами у вигляді зонтів над циліндром та голівкою [28].

### 3.8 Техніко-економічні розрахунки

Метою цього підрозділу є техніко-економічне обґрунтування доцільності запропонованих під час виконання дипломного проєкту техніко-технологічних рішень.

Для обґрунтування доцільності запропонованих під час виконання дипломного проєкту техніко-технологічних рішень треба розрахувати виробничу потужність, коефіцієнти використання обраного в проєкті обладнання, коефіцієнти резерву потужності та використання потужності [21].

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Табл. 3.9-Характеристики основного обладнання

Найменування обладнання, його маркування	Кількість одиниць обладнання	Паспортна продуктивність, кг/год	Потужність обладнання, кВт	Вартість обладнання, грн
екструзійна лінія Smart Bubble® Blasfolienanlage	2	1200	20	4561774,40

Розрахунок виробничої потужності:

$$M_{\text{пр}} = n \cdot T_{\text{еф}} \cdot P_{\text{пасп}}, \quad (3.9)$$

де  $M_{\text{пр}}$  – виробнича потужність;

$n$  – кількість обладнання, шт.;

$T_{\text{еф}}$  – ефективний фонд робочого часу, годин;

$P_{\text{пасп}}$  – годинна паспортна продуктивність одиниці обладнання, кг/год.

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot 7511 \cdot 1200 = 18\,026\,400 \text{ (кг)}.$$

Розрахунок коефіцієнтів використання обладнання:

- розрахунок коефіцієнта використання потужності

$$K_{\text{в.п.}} = \frac{B}{M_{\text{пр}}}, \quad (3.10)$$

$$K_{\text{в.п.}} = \frac{5400}{18\,026} = 0,300.$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

- розрахунок коефіцієнта інтенсивного використання обладнання

$$K_{\text{інт.}} = \frac{P_{\text{ф}}}{P_{\text{пасп}}}, \quad (3.11)$$

$$K_{\text{інт.}} = \frac{146,5}{1200} = 0,122.$$

де  $P_{\text{ф}}$  – фактична годинна продуктивність одиниці обладнання, кг/год.

$$P_{\text{ф}} = \frac{B \cdot 1000}{n \cdot T_{\text{еф}}}, \quad (3.12)$$

де  $B$  – виробнича програма, т/рік;

$$P_{\text{ф}} = \frac{2200 \cdot 1000}{2 \cdot 7511} = 146,5 \left( \frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

- розрахунок коефіцієнта екстенсивного використання обладнання

$$K_{\text{екст.}} = \frac{T_{\text{еф}}}{T_{\text{ном}}}, \quad (3.13)$$

$$K_{\text{екст.}} = \frac{7511}{8496} = 0,884.$$

- розрахунок інтегрального коефіцієнта використання обладнання

$$K_{\text{інтегр.}} = K_{\text{інт.}} \cdot K_{\text{екст.}}, \quad (3.14)$$

$$K_{\text{інтегр.}} = 0,122 \cdot 0,884 = 0,108.$$

- розрахунок резерву потужності

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Pi} = 1 - K_{\text{інтерп.}} \quad (3.15)$$

$$R_{\Pi} = 1 - 0,108 = 0,892.$$

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці для підприємства - комплекс заходів, що направлені для збереження життя і здоров'я працівників, у процесі трудової діяльності.

Людське життя - вища цінність, неприпустимо нехтувати нею задля економічної вигоди, тому питання забезпечення безпечної роботи для працівників підприємства є пріоритетними при проектуванні нових виробництв.

До заходів з охорони праці відносяться:

- забезпечення пожежо-безпеки;
- забезпечення електробезпеки;
- забезпечення гігієни праці;
- забезпечення безпеки життєдіяльності;
- управління безпекою праці.

Охорона праці на підприємстві регламентується законодавчими та нормативними правовими актами, а також угодами між роботодавцем та співробітником та внутрішніми інструкціями.

У цьому розділі розглядаються шкідливі виробничі чинники, наявні на дільниці цеху, що проектується, їх вплив на здоров'я співробітників і заходи щодо зменшення їх негативного впливу.

### 4.1 Характеристика проектного об'єкта з вибухопожежобезпечності

#### 4.1.1 Пожежонебезпечні властивості речовин

До основних параметрів, що характеризують пожежну небезпеку того чи іншого з'єднання відносяться температура спалаху, температура займання, температура самозаймання, а також концентраційні та температурні межі

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лемешко Р.Д			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сухий М.К.					77	
						УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ гр. 4-ХТ-6		
Н. Контр.		Сухий М.К						
Затвердж.		Сухий К.М.						

поширення полум'я.

Температура спалаху - найменша температура речовини, при якій пари над поверхнею паливної речовини здатні спалахувати при контакті з відкритим джерелом вогню без виникнення стійкого горіння.

Температура займання - найменша температура речовини, при якій пари над поверхнею паливної речовини виділяються з такою швидкістю, що під впливом на них джерела запалювання спостерігається займання.

Температура самозаймання - найменша температура горючої речовини, при нагріванні до якої відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних об'ємних реакцій, що призводить до виникнення полум'яного горіння та/або вибуху.

Нижня (верхня) концентраційна межа розповсюдження полум'я (НКМПП і ВКМРП) - мінімальна (максимальна) концентрація пальної речовини (газу, пари горючої рідини) в однорідній суміші з окислювачем (повітря, кисень та ін.) при якій можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалення (відкрите зовнішнє полум'я, іскровий розряд).

Температурні межі поширення полум'я - такі температури речовини, при яких його насичена пара утворює в окисному середовищі концентрації, рівні відповідно нижньому (нижню температурну межу) і верхній (верхню температурну межу) концентраційним межам поширення полум'я.

У таблиці 4.1 вказані відомості про пожежонебезпечні властивості речовин та матеріалів (інгредієнтів, допоміжних речовин та продуктів), а також рекомендовані засоби пожежогасіння.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						78
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Табл. 4.1 – Пожежонебезпечні властивості речовин

Найменування (формула) речовини	Агрегатний стан	Фазово-дисперсійна характеристика	Температура °С	Межі розповсюдження полум'я	Засоби пожежогашіння				
			Сплахи	Займання	Самозаймання	Концентраційні, % об.	Температурні °С	НКМПП аэрозважи гр/м3	Засоби пожежогасіння
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вихідні речовини та матеріали									
ПЕВГ $CH_2 = CH_2$	Тв.	Гранулят	-	340 (аерогель)	349-422 (аерогель)	-	-	20	Прим .
Продукти відходу									
Ацетальдегід $C_2H_4O$	Г.	П	-40	-	172	4,1-57	-43÷8	-	Прим 2

Арк.

4-ХТ-6.026.161.001

ПЗ

79

Зм..

Арк.

№ документу

Підпис

Дата

Кінець таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Формальдегід $CH_2O$	Г.	П	-	-	430	7÷73	-	-	Прим 3
Оксид вуглецю (II) CO	Г.	П	-	-	605	12,5 ÷74	-	-	Прим 3
Оцтова кислота $CH_3COOH$	Г.	П	40	61	465	4,0÷19,9	-	-	Прим2

#### 4.1.2 Визначення категорій приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки

Ступінь термоокислення поліетилену в процесі екструзії вкрай невисока, і, як наслідок, концентрація його газоподібних горючих продуктів явно нижча за НКМПП, єдиним потенційно небезпечним матеріалом у досліджуваному виробництві є власне ПЕВГ. Тому визначення категорії приміщення з пожежної та вибухопожежної безпеки проводитиметься за ним.

Приміщення, в якому зберігаються горючі речовини в твердому агрегатному стані, відноситься до категорії В - пожежонебезпечні.

#### 4.1.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека є єдиним комплексом організаційних та технічних заходів щодо попередження та локалізації вибухів та пожеж.

При загорянні поліетилену осередок пожежі необхідно гасити всіма відомими способами. До них відноситься: вода, що подається в осередок

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ				Арк.
									80
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

горіння суцільним струменем або в розпорошеному стані і забезпечує охолоджуючий ефект, хімічна та різної кратності повітряно-механічна піна, що надає, в основному, ізолюючу дію, порошкові склади, що володіють універсальними властивостями, комбіновані склади.

Виробничі та допоміжні будівлі обладнуються пожежною сигналізацією та зв'язком.

Передбачено автоматичні установки гасіння пожеж дрібнодисперсною водою.

У разі займання передбачено евакуацію персоналу підприємства.

## 4.2 Санітарно-гігієнічна характеристика об'єкта, що проектується

### 4.2.1.Токсикологічна характеристика речовин

У процесі отримання плівки з поліетилену високого тиску застосовуються різні речовини, а також утворюються продукти реакцій, які при попаданні в організм людини можуть чинити на нього шкідливу токсичну (отруйну) дію.

Для оцінки токсичності речовин користуються класом небезпеки та ГДК.

Гранично допустима концентрація (ГДК) - така концентрація хімічних елементів та їх сполук у навколишньому середовищі, яка при повсякденному впливі протягом тривалого часу на організм людини не викликає патологічних змін або захворювань, що встановлюються сучасними методами досліджень у будь-які терміни життя сьогодення та наступного покоління.

Клас небезпеки – умовна величина, призначена для спрощеної класифікації потенційно небезпечних речовин. Клас небезпеки встановлюється відповідно до нормативних галузевих документів. Залежно від ГДК та середньосмертельних доз при потраплянні всередину, на шкіру та

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						81
Зм..	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

вдиханні, розрізняють 4 класи небезпеки, починаючи від I – надзвичайно небезпечних речовин та закінчуючи IV – малонебезпечними.

Описи токсичних властивостей речовин і матеріалів, що використовуються та одержуються, а також засобів, що застосовуються при отруєнні ними, наведено в таблиці 4.2

Табл. 4.2 – Токсикологічна характеристика речовин

Найменування речовини	Агрегатний стан	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Характер впливу на організм людини	Заходи та засоби першої допомоги
1	2	3			4
ПЕВГ $CH_2 = CH_2$	Тв.	Нетоксичний			не вимагається
Ацетальдегід $C_2H_4O$	П	5	3	Роздратування слизових оболонок очей та дихальних шляхів, при високих концентраціях викликає задуху, кашель, головний біль, бронхіти, запалення легень	При інгаляційному отруєнні – свіже повітря, потім інгаляція водяної пари з додаванням кількох крапель нашатирного спирту.
Формальдегід $CH_2O$	П	0,5	2	Роздратування слизових оболонок очей і дихальних шляхів, дегенеративні	При подразненні очей - рясне промивання водою або фізіологічним

Продовження таблиці 4.2

1	2	3		4
			<p>процеси в паренхіматозних органах, сенсibiliзація шкіри, пізніші явища ураження печінки</p>	<p>розчином, холодні примочки; при хворобливому кашлі-кодеїн, діанін, гірчичники, банки</p>
<p>Оксид вуглецю (II) CO</p>	<p>Г</p>	<p>20</p>	<p>4</p> <p>З'єднуючись з гемоглобіном і блокуючи його, оксид вуглецю порушує постачання тканин киснем, через що виникає кисневе голодування, що характеризується симптомами ураження ЦНС: шумом у вухах, головним болем, запамороченням, нудотою, блювотою, різкою слабкістю, порушенням . Концентрація величиною 0,1%</p>	<p>При інгаляційному отруєнні - негайне видалення потерпілого із зараженої атмосфери, інгаляція кисню, при показаннях - штучне дихання, включаючи апаратне. Антидотом є метиленовий синій, який вводиться внутрішньовенно у вигляді препарату хромосмону</p>

Кінець таблиці 4.2

1	2	3		4
				може призвести до смерті протягом 1 години.
				(р-р метиленового синього у глюкозі в ампулах) у кількості 50-100 мл
Оцтова кислота <i>CH<sub>3</sub>COOH</i>	П	1	2	Дратівна дія на слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, 2-3 мг переносні не більше 3-х хвилин; хронічний вплив парів викликає у робітників захворювання носа, носоглотки, зіва, гортані, а також кон'юнктивіти та бронхіти.
				При подразненні очей - рясне промивання водою або фізіологічним розчином; при отруєнні шляхом вдихання – масляні інгаляції з антибіотиками

У цеху передбачено місцеві витяжні пристрої, завдяки яким практично всі шкідливі речовини видаляються з приміщення. У разі надзвичайної ситуації (аварія, збій у вентиляційній системі тощо) є ймовірність отруєння персоналу шкідливими речовинами, що виділяються. На цей випадок у цеху є спеціальні засоби захисту:

- у разі аварії з виділенням великих концентрацій шкідливих речовин - фільтруючі цивільні протигази ДП-5 з додатковими патронами ДПГ-1;

									4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						84

- у разі аварій місцевого характеру - респіратори "Пелюстка" та "Астра".

#### 4.2.2 Мікрокліматичні умови

Відповідно до санітарних правил та норм мікрокліматичні умови встановлюються залежно від категорії робіт за рівнем енерговитрат та періоду року.

Для забезпечення нормальних метеоумов треба зменшити теплові витрати, теплоізолювати апарати та трубопроводи, екранувати обладнання та забезпечити його герметичність, раціонально використовувати повітрообмін.

З метою зменшення теплових втрат вогнетривкі матеріали з малою теплопровідністю поверхні захищаються теплоізоляційним матеріалом.

Для теплової ізоляції застосовуються теплоізоляційні вогнетривкі матеріали. Для нагрітих апаратів використовується багатошарова ізоляція.

На пультах управління встановлені екрани, що відбивають для захисту робочих місць від впливу теплового випромінювання.

Для забезпечення герметизації нагріте обладнання обкладається листами алюмінію, а площа робочих отворів стає мінімальною необхідною щодо технологічних операцій.

Для попередження перегріву організму застосовується раціональний питний режим, режим праці та водні процедури. Робітники у цеху забезпечуються підсоленою газованою водою, що містить від 0,2 до 0,5% хлориду натрію.

Також з метою регулювання мікроклімату використовується опалення та вентиляція.

#### 4.2.3 Освітлення

З метою забезпечення гігієнічних умов у приміщеннях проєктованого об'єкта має бути природне та штучне освітлення. Проблема природного

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		85

освітлення вирішується створенням віконних отворів, що передбачаються проектом будівлі.

Штучне освітлення за функціональним призначенням має бути загальним рівномірним, що забезпечує рівномірний розподіл світлового потоку без урахування розташування обладнання. Крім того, має бути передбачене аварійне освітлення, яке застосовується для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення.

#### 4.2.4 Шум та вібрація

У проектованому підприємстві основними причинами виникнення механічного шуму та вібрації можуть бути такі:

- працююче екструзійне обладнання;
- неякісний монтаж технологічного обладнання;
- порушення правил технічної експлуатації, поганий догляд обладнання;
- невчасний та неякісний планово-попереджувальний ремонт.

Основними методами захисту від шуму та вібрації є наступні:

- установка глушників на повітроводах з метою зниження рівня аеродинамічного шуму, що виникає під час роботи вентиляційних установок;
- установка на екструдери звукоізолюючих кожухів, внутрішня поверхня яких фанерована звукопоглинаючим матеріалом (ці кожухи повинні бути забезпечені вентиляційними отворами з глушниками для відведення екструдера тепла, що виділяється в процесі роботи);
- встановлення пружних прокладок для зменшення вібрації трубопроводів; особливо актуальний цей захід у місцях стику трубопроводів, де можливість виникнення вібрації максимальна.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

#### 4.2.5 Статична електрика

При виробництві плівки та роботі з нею (змотування в рулони, протягування через валки), можливе накопичення зарядів на поверхні плівки. У момент дотику такої плівки відбувається електричний розряд, що викликає неприємне відчуття, легке поколювання. Крім того, що суттєвіше, розряди статичної електрики є одним із основних джерел виникнення пожежі чи вибуху. Обладнання, щоб уникнути накопичення статичної електрики, має бути заземлено, робочі місця повинні мати гумові килимки.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики необхідно у виробничому приміщенні підтримувати вологість близько 60%. Також введення в екструзійну суміш ковзної добавки зменшує утворення статичної електрики.

#### 4.3 Безпека виробничого процесу

Однією із загальних вимог безпечної експлуатації виробництва є ведення процесу у суворій відповідності з вимогою технологічного регламенту:

1. Обслуговуючий персонал повинен постійно стежити за нормальною роботою обладнання, безперервною роботою вентиляції, наявністю та справністю приладів, блокувальних та сигналізуючих пристроїв.
2. При виробництві плівки методом екструзії з подальшим роздувом необхідно дотримання загальних правил техніки безпеки, так як можливі ураження електричним струмом, опіки, механічні травми і отруєння продуктами термічного розкладання матеріалів, що переробляються.
3. На ділянці виходу плівки з формуючої голівки обслуговуючий персонал повинен працювати в спецодязі та захисних рукавичках, щоб уникнути термічних опіків, що виникають при зіткненні з розплавом полімеру та нагрітими частинами екструдера, зокрема, екструзійною головкою.
4. Обладнання забезпечене місцевими вентиляційними відсмоктувачами, тому що при деяких відхиленнях від заданого технологічного режиму можливе виділення шкідливих летких речовин.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Виконаний дипломний проєкт на тему: “\_Проєкт дільниці екструзії полфетиленової плівки з виробничою програмою 2200 т/рік».

Розроблені наступні питання:

- 1) літературний огляд існуючих методів виробництва та обґрунтування прийнятого методу виробництва;
- 2) надана характеристика сировини і готової продукції;
- 3) наведені матеріальні розрахунки, в результаті яких показана кількість сировини необхідна для виконання заданої програми виробництва, а також технологічні розрахунки, в результаті яких приведена необхідна кількість як основного так і допоміжного устаткування;
- 4) були розглянуті основні способи синтезу сировини;
- 5) надано характеристику основного і допоміжного устаткування;
- 6) розглянуті основні технологічні параметри процесу переробки;
- 7) наведені матеріали по будівельній частини, де визначено характер будівельних конструкцій;
- 8) виконана компановка устаткування;
- 9) проведені техніко-економічні розрахунки, в результаті яких було визначено резерв потужності
- 10) надано рекомендації щодо охорони навколишнього середовища;
- 11) розглянуто правила роботи з устаткуванням, норми з охорони праці.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лемешко Р.Д			Висновки	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сухий М.К.					88	
						УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ		
Н. Контр.		Сухий М.К				гр. 4-ХТ-6		
Затвердж.		Сухий К.М.						

## Список використаної літератури

1. Юрженко М.В. Аналіз виробництва та використання поліетиленових труб для будівництва трубопроводів різного призначення(огляд). Науковий вісник НЛТУ України, 2019. – 113 с.
2. Technical Information — Blown Film Resin. DOW LDPE 150E. Low Density Polyethylene Resin.  
URL: <http://www.lilapolymers.com/pdf/LDPE%20150E.pdf>(date of access:27.05.2022.)
3. Technical Information. DOW LDPE 150E. Low Density Polyethylene Resin.  
URL: <https://www.dow.com/content/dam/dcc/documents/en-us/productdatasheet/400-1/400-00084206en-dow-ldpe-150e-tds.pdf> (date of access:29.05.2022.)
4. Technical Information. DOW™ HDPE 25055E. High Density Polyethylene Resin.  
URL: <https://www.dow.com/content/dam/dcc/documents/en-us/productdatasheet/400/400-00049382en-dow-hdpe-25055e-tds.pdf>(date of access:30.05.2022.)
5. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ.: 2006. - 270 с.
6. Han C.D., Park J.Y.//Journal of Applied Polymer Science. 1975. V.19. № 7
7. Menges G., Kulik M., Putz D. // Plasverarbeiter. 1973. Bd.24. № 6. S. 460.
8. Menges G., Kulik M., Rhiel F. // Plasverarbeiter. 1973. Bd.24. № 11. S. 460.

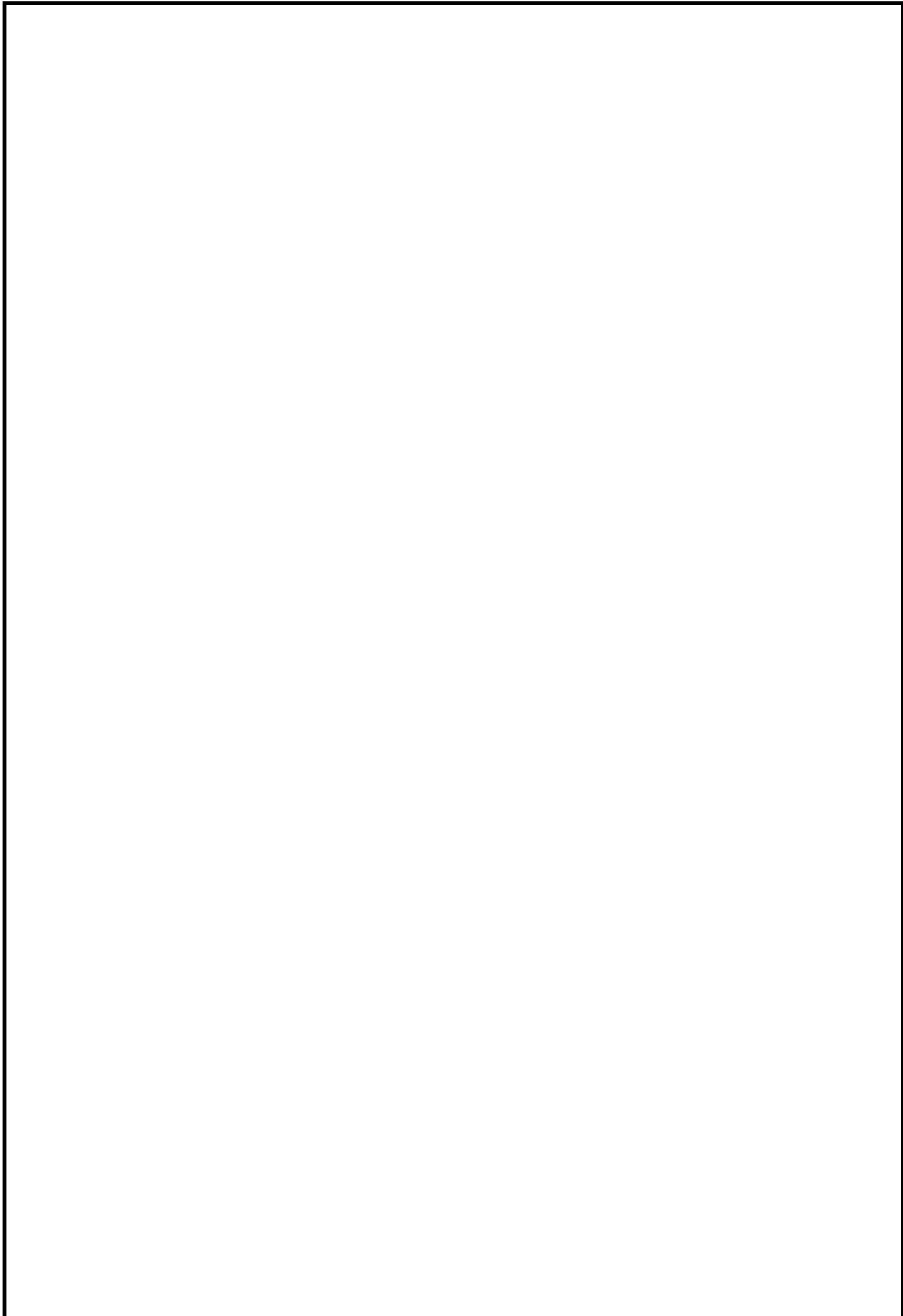
					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Лемешко Р.Д					89		
Перевір.	Сухий М.К.					УДУНТ ННІ УДХТУ каф. ТПП та ПМ гр. 4-ХТ-6		
Н. Контр.	Сухий М.К.							
Затвердж.	Сухий К.М.							

9. Formeln und Tabellen für Kunststoffe und Kunststoffverarbeitung. Bd. XV. Technik-Tabellen. Darmstadt: Verlag Fikentscher, 1969.
10. Odzawa T. // Chem. Eng. 1920. V. 15. № 5ю P. 186.
11. Luftgekühlte Blasfolienanlagen. URL: <https://kuhne-ab.de/anlagentechnik/smartbubble/>(Anrufdatum: 31.05.2022)
12. KUHNE Group: Hochwertige Maschinentechologie. Ausgereifte Produkte. Optimierte Prozesse. URL: [https://kuhne-ab.de/wp-content/uploads/2016/08/35137-Kuhne\\_DE.pdf](https://kuhne-ab.de/wp-content/uploads/2016/08/35137-Kuhne_DE.pdf) (Anrufdatum: 31.05.2022)
13. Київський національний економічний університет. Вимоги до оформлення дипломної роботи.
14. URL: <https://kneu.edu.ua> (дата звернення:03.06.2022)
15. Методичні вказівки до виконання дипломного проєкту за освітнім рівнем «Бакалавр» для студентів спеціальності «161 Хімічні технології та інженерія», вибірковий блок «Хімічні технології переробки полімерних і композиційних матеріалів» / Укл.: П.І. Баштаник, А.О. Третьяков. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2018. – 44 с.
16. ДСТУ Б А.2.4-16:2008 Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009
17. Промислові засоби автоматизації. Ч. 2 / Бабіченко А. К., Тошинський В. І., Михайлов В. С. та ін. / За заг. ред. А. К. Бабіченко. – Харків: НТУ «ХП». 2004 – 470 с
18. Каталог Siemens СА01 2012 Промислові системи автоматизації SIMATIC - Програмовані контролери.

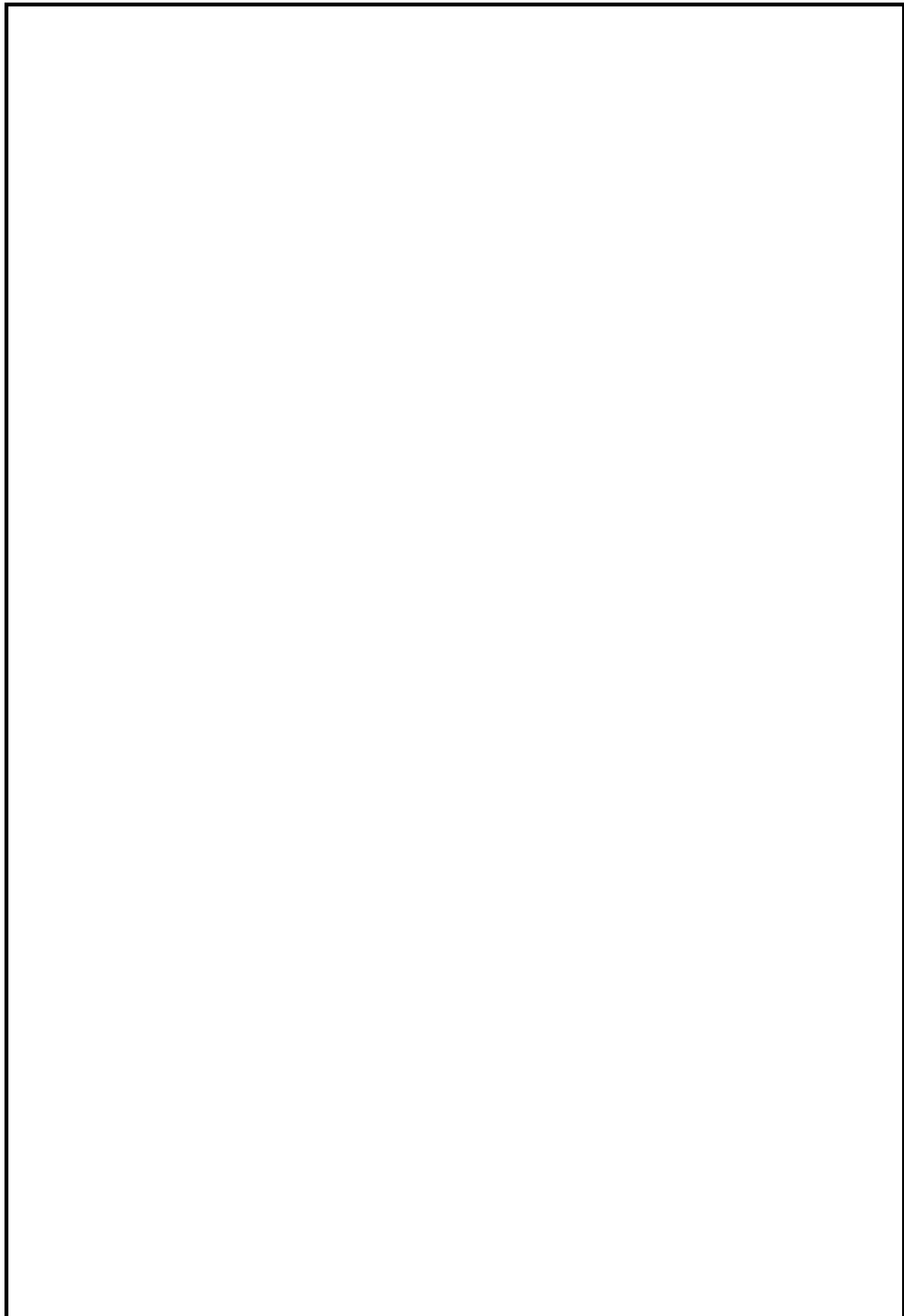
					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						90
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

19. P.I. Bashtannik, A.I. Kabak, Y.Y. Yakovchuk. The effect of adhesion interaction on the mechanical properties of thermoplastic basalt plastics // Mechanics of composite materials 39 (1), 85-88, 2003
20. P.I. Bashtannik, V.G. Ovcharenko, Y.A. Boot. Effect of combined extrusion parameters on mechanical properties of basalt fiber-reinforced plastics based on polypropylene // Mechanics of composite materials 33 (6), 600-603, 1997
21. P.I. Bashtannik, V.G. Ovcharenko, Antifriction basalt-plastics based on polypropylene // Mechanics of composite materials 33 (3), 299-301, 1997
22. D.O. Chervakov, P.I. Bashtanyk, M.V. Burmistr, Modified polypropylene with improved physical-mechanical properties // Mechanics of Composite Materials 51 (1), 93-98, 2015
- М.О. Науменко, П.І. БАШТАНИК, М.В. БУРМІСТР, О.П. Науменко, моделювання умов навантаження при дослідженні полімерних матеріалів для створення аварійно опори безпечного колісного рушія // Питання хімії та хімічної технології, 86-91, 2011
23. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія формування виробів з пластичних мас. [4.2: Технологія формування погонажних виробів: Для студентів спеціальності “Технологія переробки пластмас та еластомерів” (спеціалізація “Технологія виробів із пластмас і композиційних матеріалів”): Навч. посібник.] К.: ІСДО, 1996.–84с.
24. Отримання термопластичної плівки. Thermoplastic resin film, process for production thereof and optical film: Заявка 1170323 ЕПВ, МПК С 08 J 5/18. TORAY IND., INC., Okazaki Iwao, Tsunashima Kenji, Harada Yutaka. № 01305797.1; Заявл. 04.07.2001; Опубл. 09.01.2002. Англ. (цит РЖХим. - №14. - 2002. – с.47).
25. ДСТУ 3273–95. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги. [Текст] – Введ. з 1996–07–01. – К. : Держстандарт України, 1995. – 14 с.

					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



					4-ХТ-6.026.161.001 ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		