

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ШОТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ**

**Кафедра хімічної технології високомолекулярних сполук**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

**На тему:**

**Виробництво поліетилену високого тиску**

Виконавець роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Денис ДОЛЯ

(П.І.Б)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Віта СЕРЕДА

(П.І.Б)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Віта СЕРЕДА

(П.І.Б)

2023 р

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
				<u>Документація</u>		
A4		1		Завдання	1	
A4		2		Реферат	1	
A4		3	ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A1		4	ХТм-21ш.161.10.МР.02.00.00.00.ТС	Технологічна схема	1	
A1		5	ХТм-21ш.161.10.МР.03.00.00.00.КР	Будівельно-компонувальне рішення	1	
A1		6	ХТм-21ш.161.10.МР.04.00.00.00.Д	Техніко-економічні показники	1	
A1		7	ХТм-21ш.161.10.МР.05.00.00.00.ЗВ	Креслення загального виду	1	

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.00.00.00.00.ВД</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.	Доля Д.В.				<i>Виготовлення поліетилену високого тиску</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Перев.	Серєда В.І.					у	2	79
Н.контр						<i>ШСумДУ</i>		
Затв.								

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить 79 листів пояснювальної записки, які мають 5 рисунків, 16 таблиць, список літератури з 34 джерел.

Тема проекту : Виробництво поліетилену високого тиску.

Наведено обґрунтування технологічної схеми виробництва поліетилену.

Подано відомості про технічні вимоги до вихідних матеріалів та готової продукції, характеристики токсичності. Розглянуто аналітичний контроль технологічного процесу, відходи виробництва та охорону навколишнього середовища

Виконані технологічні розрахунки виробництва, проєктованого апарату, проведені конструктивні і міцнісні розрахунки, кількості обладнання та енергозатрати на технологічні потреби

Розроблено схему технологічного процесу з використанням сучасних контрольно-вимірювальних приладів та засобів атоматизації

В економічному розділі приведені розрахунки чисельності виробничого персоналу, розрахунок витрат на сировину та матеріали, собівартість одиниці продукції, техніко – економічні показники виробництва.

Ключові слова: етилен, поліетилен, трубчатий реактор, тиск, температура, датчик, технологічна схема.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	6
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	7
1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ ВИРОБНИЦТВА.....	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ.....	19
2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ АБО ПАРАМЕТРИ, БУДОВА ТА ПРИНЦИП ДІЇ ВИРОБУ.....	19
2.2 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ.....	22
2.3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	24
2.4 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАСТОСОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	28
2.5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	30
2.6 АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСУ.....	32
2.7 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ.....	39
2.8 ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА, ШЛЯХИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ .....	43
2.9 РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ.....	45
2.10 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ.....	46
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	47
4. БУДІВЕЛЬНО – КОМПОНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ.....	53
4.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ.....	53
4.2 КОМПОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В БУДІВЛІ.....	57
4.3 ОПАЛЮВАЛЬНА ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНА СИСТЕМИ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ.....	59
5.ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	61
5.1 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	61
5.2 ВИД РУХУ ПРЕДМЕТІВ ПРАЦІ.....	65

5.3 ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОРІЧНОЇ ТРИВАЛОСТІ ВИРОБНИЧОГО ЦИКЛУ ТА РІЧНОГО ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ.....	66
5.4 РОЗРАХУНОК КІЛЬКІСТЬ ОДИНИЦЬ ОБЛАДНАННЯ, ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПЕРСОНАЛУ ТА ГРАФІК РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ....	67
5.5 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА СИРОВИНУ ТА МАТЕРІАЛИ.....	69
5.6 СОБІВАРТІСТЬ ОДИНИЦІ ПРОДУКЦІЇ.....	70
5.7 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ТА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБНИЦТВА.....	75
ВИСНОВОК.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

## ВСТУП

В останні роки полімерний ринок - один із найшвидше зростаючих сегментів нафтохімії у світі. Споживання пластиків зростає в середньому на 20% на рік. Завдяки новітнім технологіям вдається досягти збільшення потужності установки, за рахунок чого прискореними темпами зростає імпорт полімерів. У світі синтезовано безліч полімерів, з яких дуже багато освоєні промисловістю. Вироби з полімерів застосовуються в машинобудуванні, будівництві, транспорті, авіації, кабельній промисловості, виробництві сучасних предметів тощо. Без перебільшення можна сказати, що в даний час практично немає жодної галузі народного господарства, якою б не застосовувалися полімери. Широке застосування визначається їх цінними фізичними та хімічними властивостями. На основі чого характерна низька щільність - від 900 до 2300 кг/м<sup>3</sup>. Тому пластмаси мають найбільшу з конструкційних матеріалів питому міцність. Серед полімерних матеріалів, що випускаються промисловістю, велике значення має поліолефін – поліетилен. Це один із найбільш поширених та дешевих полімерів. З цього полімеру також отримують різного виду та призначення плівки - термозбіжні, морозостійкі, накривні, парникові та ін. Найбільш хімічно чистим, еластичним та дешевим є поліетилен високого тиску (ПЕВТ).

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

## ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Поліетилен - полімер аліфатичного органічного вуглеводня олефінового ряду етилену. Термопластичний насичений полімерний вуглеводень, твердий, безколірний, жирний на дотик матеріал. Легший за воду, горить повільно синюватим полум'ям без кіптяви. Є одним із найпоширеніших пластиків у світі, загальне річне виробництво станом на 2008 рік становило близько 80 мільйонів тон. Стійкий до дії води, не реагує з лугами будь-якої концентрації, з розчинами нейтральних, кислих та основних солей, органічними та неорганічними кислотами, навіть концентрованою сірчаною кислотою, але розкладається під час дії 50%-вої азотної кислоти за кімнатної температури та під впливом рідкого чи газоподібного хлору та фтору. За температури вище 70 °С він набухає та розчиняється у хлорованих і ароматичних вуглеводнях. За кімнатної температури не розчиняється та не набухає в жодному з відомих розчинників. За підвищеної температури (80°С) розчинний в циклогексані та чотиріхлористому вуглеці. Під високим тиском може бути розчинений в перегрітій до 180°С воді. Модифікація поліетилену за допомогою введення в нього мінеральних наповнювачів, крейди та інших добавок, що модифікують дає можливість змінити характеристики базового матеріалу та надати композиціям на основі поліетилену такі позитивні властивості, як: висока міцність і жорсткість; відмінна еластичність; стійкість до впливу атмосферних факторів; негорючість і інші переваги.

Поліетилен одержують унаслідок полімеризації етилену. Завдяки доступності сировини, поєднанню цінних властивостей із порівняно низькими затратами на його отримання, поліетилен за обсягом виробництва займає серед пластмас перше місце. Процес полімеризації етилену є екзотермічним і теплота реакції становить 9,3 10<sup>3</sup> Дж/моль. Етилен можна полімеризувати як за радикальним, так і за іонним механізмом.

Реакція за радикальним механізмом відбувається в газовій фазі за досить високого тиску. За іонним механізмом процес проводять у розчині.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>7</i>

Відомі три варіанти методу полімеризації етилену:

1. за високого тиску (107 –108 Па) і температурі 200–300<sup>0</sup>С у конденсованій газовій фазі в присутності ініціаторів;
2. за середнього тиску (106 Па) і температури 90–105 <sup>0</sup>С у розчиннику у присутності каталізаторів – оксидів металів змінної валентності;  
за низького тиску (1–5) 105 Па) і температури близько 80 <sup>0</sup>С у суспензії (в середовищі органічного розчинника) у присутності металоорганічних каталізаторів.

Промисловий спосіб одержання поліетилену за високого тиску був реалізований у 1933–1943 рр. Процес проводять у адіабатичних реакторах трубчастого або автоклавного типу у присутності вільнорадикальних ініціаторів – пероксиду водню, кисню, повітря. Згідно з англійським методом (фірма ISI) очищенням етилен стискають компресором до (1,2–3,0) 108 Па і подають до автоклава, у якому підтримують температуру 190–200<sup>0</sup>С. Каталізатором реакції служить кисень, який подають у кількості 0,05– 0,1 %. Теплоту виділеної реакції відводять за допомогою спеціального пристрою. Поліетилен, а також непрореагований етилен повертають у процес, а розтоплений поліетилен витискають у формі стрічки, охолоджують і ріжуть на спеціальній машині на гранули. Ступінь перетворення етилену за прохід становить 25 %, загальний вихід полімеру – 92–96 %.

Згідно з німецьким методом полімеризацію етилену проводять у трубчастому реакторі під тиском (1–2) 108 Па. Етилен після змішування з 0,05– 1 % кисню піддають двоступневому стисненню до необхідного тиску і подають у реактор. У першій зоні реактора етилен нагрівається, а в другій відбувається його полімеризація. Поліетилен разом із непрореагованим етиленом із реактора подають через редуційний вентиль у ресивер, у якому тиск знижують до 2 10Па, після чого направляють у сепаратор, де тиск далі знижується до атмосферного, причому етилен повністю відділяється від полімеру. Непрореагований етилен очищують і повертають у процес. Розтоплений поліетилен витискають через завантажувальний штуцер і подають на грануляцію.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8



Вихід поліетилену за один прохід становить 8–15 %, кінцевий вихід – 93–98 %. В Україні поліетилен високого тиску виробляли на ВО "Азот" м. Сіверськодонецьк.

Полімеризацію етилену за середнього тиску проводять у присутності іонних каталізаторів. Процес одержання поліетилену за методом фірми "Standart Dil Company Sudicena" відбувається під тиском 7 106 Па, у присутності Ni, нанесеного на деревне вугілля і Mo–Al каталізатора, що містить 8 % Mo. Перед використанням каталізатор активують  $H_2$  за 700–740 К (427–467 °С). Полімеризацію етилену проводять у розчині ксилолу за 420–470 К (147–197 °С) у присутності 0,025 %  $O_2$ . Тиск, який використовують за цих умов, необхідний лише для збільшення розчинності етилену в розчині. Полімер після виходу з реактора відділяють у центрифугі та висушують. До інших способів одержання поліетилену за середнього тиску належить метод Філіпса, який використовують у промисловості з 1957 р. Каталізатор реакції –  $Cr_2O_3$  (суміш  $SiO_2$  і  $Al_2O_3$ ). За цим методом готують 5–7 % розчин етилену у вуглеводнях, який нагрівають до 420 К (257 °С) під тиском 3,5–106 Па. У вказаних умовах етилен полімеризується практично за один прохід. Використані розчинники служать не лише для розчинення етилену, а й виконують роль регулятора молекулярної маси полімеру та швидкості полімеризації полімеру. Отриманий таким способом поліетилен називається Marleks і проявляє властивості поліетилену низького тиску. Молекулярна маса Marleks від 5000–30000.

Метод полімеризації поліетилену за низького тиску полягає у використанні стереоспецифічних, металоорганічних каталізаторів Циглера–Натта, які утворюються завдяки реакції хлоридів металів ( $TiO_2$ , V, Tl, Mo) з органічними похідними Al, Li, Mg, Zn, Sn (трихлорид титану з  $Al(C_2H_5)_3$ ). Каталізатори Циглера–Натта є нестійкими сполуками відносно до дії  $O_2$  і вологи. Тому за їх використання необхідно дотримуватись високої чистоти вихідних речовин і проводити полімеризацію в атмосфері інертного газу, у розчині вуглеводню за 343–353 К (70–90 °С).

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Процес одержання поліетилену складається з таких стадій:

- приготування каталізаторів;
- полімеризація поліетилену;
- промивка поліетилену;
- відділення поліетилену;
- сушка поліетилену.

Каталізаторний комплекс готують шляхом змішування розчину хлориду діетилалюмінію з розчином  $TiCl_4$  у бензині за 298–328 К (25–55 °С). Отриманий комплекс під час перемішування витримують 15 хв, а потім розводять його в бензині до концентрації 1 г/см<sup>3</sup>. Утворену суспензію каталізатора безперервно дозують у реактор полімеризації. Полімеризацію проводять у реакторах із нержавіючої сталі об'ємом 20–25 м<sup>3</sup>, які охолоджуються водою, або в колонах із мішалкою. Після закінчення полімеризації продукт реакції подають до збірника суспензії, до якого надалі додають метанол або суміш ізопропілового спирту з бензином із метою розкладу каталізаторного комплексу. Поліетилен відділяють від бензину та спирту в центрифугах, промивають сумішшю бензину та спирту або водою; висушують на сушарці до вмісту вологи 0,2 % в атмосфері підігрітого азоту. У 1975 р. у промисловості реалізований процес отримання поліетилену низького тиску шляхом полімеризації етилену в "киплячому" шарі. За цим методом полімеризацію проводять у вертикальному циліндричному реакторі, у який через перфоровану плиту подають етилен. Швидкість подачі газу має бути такою, щоб підтримувати частинки у завислому стані. Рухомі частинки утворюють зерна поліетилену, розміри якого зростають у міру проходження реакції.

Для відведення теплоти реакції використовують велику подачу етилену, із якого лише невелика кількість піддається полімеризації. Непрореагований етилен на виході з колони подають до теплообмінника й надалі повертають у процес. Спеціально приготований каталізатор регулярно подають у колону за допомогою рухомого пристрою, каталізатор осідає на полімер і це запобігає його винесенню з колони, сприяє збільшенню розмірів частинок поліетилену. Через

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

певні проміжки часу поліетилен, що міститься в нижній частині колони, вивантажують із реактора та подають на дегазацію. У 1976 р. Г. Волтером Камінські та Г. Вінські був відкритий третій вид каталітичної системи, заснований на металоценах. Каталізатори Циглера й металоценові з того часу були покращені для більшої еластичності за кополімеризації з іншими олефінами та стали основою для широкого кола поліетиленових смол, доступних сьогодні, включаючи поліетилен дуже низької густини й лінійний поліетилен низької густини. Такі смоли у формі нитки (з 2005 р.) почали замінювати арамід в багатьох сферах, які потребують високу міцність. На сьогодні одержано постметалоценові каталізатори – саліцилальдімінові комплекси металів чотири групи, вони проявляють більш високу активність, ніж металоцени. На постметалоценових каталізаторах одержують високомолекулярний поліетилен із молекулярною масою більше 1 млн і з високою міцністю й жорсткістю та надвисокомолекулярний поліетилен для газових труб.

Будова поліетилену значно залежить від методу його одержання. Поліетилен, отриманий за високого тиску, має розгалужену будову й низьку густину. Ступінь розгалуження макромолекули та її структура разом із молекулярною масою та полідисперсністю є важливими параметрами, що визначають властивості матеріалу. Одним із найкращих на сьогодні методів визначення ступеня розгалуження макромолекул є дослідження їх ІЧ спектрів і спектрів ЯМР.

Полімери, одержані за нормального тиску або за методом Філіпса, практично не мають розгалужень. Поліетилен аналогічно більшості інших полімерів має частково – аморфну структуру, ступінь кристалічності поліетилену змінюється в межах 55 %–90 %, що, у свою чергу, призводить до зміни його густини від 0,92 до 0,96 г/см<sup>3</sup> і температури плавлення. Поліетилен низького тиску характеризується високим ступенем кристалічності та високою густиною. Поліетилен стійкий до дії кислот, основ, водних розчинів солей, але не є стійким до дії сильних окислювачів і концентрованих H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> і хромової кислоти. Поліетилен не розчиняється за кімнатної температури в

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

органічних розчинниках, тоді як за температури 343 К (70 °С) розчинний в ароматичних та аліфатичних галогенпохідних вуглеводнях.

Звичайне позначення поліетилену на ринку - PE, але можуть зустрічатися і інші позначення:

- ПЕНЩ або ПЕВТ або LDPE або PEVD або PELD (поліетилен низької щільності, поліетилен високого тиску)

- ПЕВЩ або ПЕНТ або HDPE або PEHD (поліетилен високої щільності, поліетилен низького тиску)

- ПЕСЩ або MDPE або PEMD (поліетилен середньої щільності) • ULDPE (поліетилен наднизької щільності)

- VLDPE (поліетилен дуже низької щільності)

- ЛПЕНЩ або LLDPE або PELLD (лінійний поліетилен низької щільності)

- LMDPE (лінійний поліетилен середньої щільності)

- НМWPE або PEHMW або VHMWPE (високомолекулярний поліетилен)

- НМWHDPE (високомолекулярний поліетилен високої щільності)

- PEUHMW або UHMWPE (надвисокомолекулярний поліетилен)

- UHMWHDPE (ультрависокомолекулярний поліетилен високої щільності)

- PEX або XLPE (зшитий поліетилен)

- PEC або CPE (хлорований поліетилен)

- EPE (поліетилен, що спінюється)

- mLLDPE або MPE (металоценовий лінійний поліетилен низької щільності)

Умовне позначення вітчизняного суспензійного поліетилену низького тиску складається з назви матеріалу "поліетилен", восьми цифр, що характеризують конкретну марку, і позначення стандарту, відповідно до якого поліетилен виготовлений. Перша цифра 2 вказує на те, що процес полімеризації етилену протікає на комплексних металоорганічних каталізаторах за низького тиску. Дві наступні цифри позначають порядковий номер базової марки. Четверта цифра вказує на ступінь гомогенізації поліетилену. Поліетилен низького тиску піддається усередненню холодним змішуванням, яке позначається цифрою 0.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

П'ята цифра умовно визначає групу щільності поліетилену:

6 - 0,931-0,939 г/см<sup>3</sup>;

7 - 0,940-0,947 г/см<sup>3</sup>;

8 - 0,948-0,959 г/см<sup>3</sup>;

9 - 0,960-0,970 г/см<sup>3</sup>.

За визначення групи густини беруть середнє значення густини цієї марки. Наступні цифри, написані через тире, вказують десятикратне середнє значення показника плинності розплаву цієї марки. Приклад позначення базової марки суспензійного поліетилену низького тиску порядкового номера марки 10, усередненого холодним змішанням, густиною 0,948-0,959 г/см<sup>3</sup> і середнім показником плинності розплаву 7,5 г/10 хв: Поліетилен 21008-075.

Умовне позначення вітчизняного поліетилену високого тиску складається з назви "поліетилен", восьми цифр, сорту і позначення стандарту, відповідно до якого поліетилен виготовлений. Перша цифра - 1 вказує на те, що процес полімеризації етилену протікає за високого тиску в трубчастих реакторах або реакторах із перемішувальним пристроєм із застосуванням ініціаторів радикального типу. Дві наступні цифри позначають порядковий номер базової марки. Четверта цифра вказує на ступінь гомогенізації поліетилену: 0 - без гомогенізації в розплаві; 1 - гомогенізований у розплаві. П'ята цифра умовно визначає групу щільності поліетилену, г/см<sup>3</sup>. 1 - 0,900-0,909 2 - 0,910-0,916 3 - 0,917-0,921 4 - 0,922-0,926 5 - 0,927-0,930 6 - 0,931-0,939 Під час визначення групи щільності беруть її номінальне значення для цієї марки. Наступні цифри, написані через тире, вказують десятикратне значення показника плинності розплаву. Приклад позначення поліетилену високого тиску порядкового номера марки 15, без гомогенізації в розплаві, густиною 0,917-0,921 г/см<sup>3</sup> і номінальним значенням показника плинності розплаву 7 г/10 хв 1-го сорту: Поліетилен 11503-070, сорт 1 Позначення композицій поліетилену високого тиску складається з найменування матеріалу "поліетилен", трьох перших цифр позначення базової марки, номера рецептури добавки, написаного через тире, кольору і рецептури фарбування, гатунку і позначення стандарту, згідно з яким виготовлено

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

поліетилен. Приклад позначення композиції поліетилену високого тиску базової марки 10204-003 з добавками відповідно до рецептури 03, 1-го сорту: Поліетилен 102-03, сорт 1 У разі забарвлених композицій поліетилену високого тиску до позначення додають колір і тризначне число, що позначає рецептуру забарвлення. Приклад позначення композиції поліетилену високого тиску базової марки 10204-003, пофарбованої в рожевий колір за рецептурою 104, 1-го сорту: Поліетилен 102, рожевий 104, сорт 1 У позначенні поліетилену високого тиску, призначеного для виготовлення плівок різного призначення, виробів, що контактують із харчовими продуктами, питною водою, косметичними та лікарськими препаратами, іграшок, а також поліетилену, який підлягає тривалому зберіганню, додатково вказують відповідне призначення. Базові марки поліетилену високого тиску, отриманого в реакторах з перемішувальним пристроєм: 10204-003; 10604-007; 10703-020; 10803-020; 11304- 040; 11503-070; 12003-200; 12103-200.

У кабельній промисловості використовуються композиції на основі поліетилену високого тиску (низької густини) і низького тиску (високої густини) зі стабілізаторами та іншими добавками, призначені для накладення ізоляції, оболонки і захисних покривів дротів і кабелів методом екструзії.

Поліетилен високого тиску – неполярний, аморфно – кристалічний полімер із температурою плавлення 103 – 110 0С. Молекулярна маса промислових марок коливається від 30000 до 500000.

Ефективність полімеризації етилену обумовлена високою швидкістю реакції, властивостями поліетилену, що утворюється, а також ступенем конверсії мономеру за один прохід. Ефективність полімеризації залежить від температури, тиску, концентрації ініціатора та часу перебування мономеру в реакторі.

З підвищенням температури зростає швидкість полімеризації та ступінь конверсії мономеру, але зменшується молекулярна маса полімеру. З підвищенням температури збільшується кількість подвійних зв'язків у поліетилені та ступінь його розгалуженості. При збільшенні тиску зростають швидкість полімеризації та ступінь конверсії мономеру, а також молекулярна

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

маса та щільність поліетилену, покращуються фізико – механічні властивості продукту. Для підвищення рівня конверсії етилену в зону реакції іноді вводять нову порцію ініціатора, що дозволяє збільшити вихід продукту з одиниці об'єму реакційного простору. У промисловості для виробництва поліетилену високого тиску застосовуються в основному два типи установок, що розрізняються конструкцією реактора полімеризації етилену. Реактори являють собою або трубчасті апарати, що працюють за принципом ідеального витіснення, або вертикальні циліндричні апарати з пристроєм, що перемішує - автоклави з мішалкою, що працюють поп принципу ідеального змішування. Для отримання поліетилену з досить високою молекулярною масою та щільністю полімеризацію проводять при високих тисках. Для цього застосовують товстостінні металеві труби. Крім того, поліетилен має найвищу теплоту полімеризації серед мономерів олефінового ряду, що потребує ефективного тепловідведення. Для забезпечення високих швидкостей процесу (і тим самим високої продуктивності реактора при обмеженому об'ємі реакційного простору) полімеризацію проводять за максимально допустимих температур (200 - 300 0C). Верхня температурна межа залежить від робочого тиску в реакторі та обмежена умовами вибухобезпеки (через можливість розкладання етилену при критичних температурах), заданою молекулярною масою та молекулярно-масовим розподілом.

Трубчастий реактор має низку переваг у порівнянні з автоклавним.

По-перше, у трубчастому реакторі здійснюється більший теплознімання через стінку, ніж в автоклаві. Конверсія етилену до поліетилену в автоклаві нижче. У трубчастому реакторі виходить продукт з ширшим молекулярно-масовим розподілом, що важливо при виробництві плівок, кабельних покриттів та ін.

По-друге, при полімеризації в трубчастому реакторі можна використовувати як ініціатор дешевий кисень, тобто виключити подачу парафінової олії з пероксидним ініціатором.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						15
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Подача різних ініціаторів у різні зони реактора дозволяє варіювати властивості поліетилену. Промислові трубчасті реактори-полімеризатори є послідовно з'єднані теплообмінники типу "труба в трубі". Трубки реактора мають змінний діаметр (50 – 70 мм). Окремі ланки "трубківки" з'єднують масивними порожнистими плитами-калачами. Труби та калачі забезпечені сорочками, послідовно з'єднаними між собою. В якості теплоносія для підігріву етилену та відведення надлишкового тепла застосовують перегріту воду з температурою 190 – 230 0С, яка надходить у сорочку трубчастого реактора протитечею до етилену та потоку реакційної маси. Застосування високих температур необхідне запобігання утворенню плівки полімеру на стінках труб. Для підтримки постійного температурного режиму в реакторі та забезпечення ефективного теплотримання проводиться додаткове введення етилену та ініціатора у різні зони по довжині реактора. Багатозонний реактор більш продуктивний, ніж однозонний. Однозонний реактор при максимальній температурі реакції (300 0С) забезпечує 15 - 17% перетворення етилену за один прохід. Двוזонний реактор досягає при цій же температурі 21 - 24% перетворення. У трехзонном реакторі ступінь перетворення зростає до 26 – 30 %. Продуктивність чотирехзонного апарату в порівнянні з тризонним збільшується незначно.

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16



# 1.ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ ВИРОБНИЦТВА

ПЕВТ є найбільш затребуваним серед решти поліетиленів, так як з нього виготовляють плівку, труби та харчову тару. Поліетилен високого тиску одержують полімеризацією етилену за вільнорадикальним механізмом, як ініціатор реакції використовується кисень і різні ініціатори перекису. На сьогодні існує 2 види технології отримання ПЕВТ, що різняться між собою лише реакторним вузлом – це виробництво поліетилену низької щільності в автоклавах та трубчастих реакторах типу «труба в трубі».

Перевагами автоклавних реакторів є те, що температура та тиск залишається постійним; температура підтримується досить у вузьких діапазонах; полімер виходить більш лінійної будови. Однак, поряд з перевагами є і ряд недоліків даного методу - це:

-мала конверсія етилену в поліетилен, утруднення відведення зайвої теплоти із зони реакції, так як тип теплообміну для автоклавів- адіабатичний;

-складність з перемішуванням, оскільки утворюється в'язка маса поліетилену;

-подача холодного етилену в реактор припиняє реакцію полімеризації.

Переваги трубчастого реактора полягають у, тому що може використовуватися як ініціар не тільки кисень, який забезпечує прийнятну швидкість полімеризації етилену за умови високих температур, а й суміш кисню з перекисними ініціаторами. З причини екзотермічності реакції необхідно проводити відведення теплоти, що виділяється з реакційної суміші, так як трубчасті реактори мають велику поверхню теплообміну, це не складно для реалізації. За рахунок великої довжини реактора відбувається падіння тиску в різних частинах апарату, за рахунок різниці тисків відбувається рух в'язкої маси поліетилену, що утворилася.

До переваг можна віднести те, що пуск такого реактора наділений тим, що відбувається підігрів реакційного етилену, на відміну від автоклавних реакторів.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		17

Недоліками даного процесу є те, що:

по-перше в ході реакції утворюється в'язка суміш, яка осідає на стінки реактора і ускладнює теплообмін;

по-друге, у трубчастих реакторах необхідно використовувати охолоджувальний агент, який повинен перебувати під високим тиском, у зв'язку з цим може відбуватися корозійне зношування;

по-третє, необхідно контролювати температуру процесу за всією довжиною реактора, щоб не стався вибух парогазової суміші, що утворюється під час з'єднання етилену та повітря.

Аналізуючи переваги та недоліки реакторів можна зробити висновок, що обидва реактори підходять для виробництва полімеру, і частка їх використання приблизно однакова на заводах, проте переваги більше віддають трубчастому реактору, який має різні модифікації - це один зонний трубчастий реактор, двозонний і тризонний реактора.

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>18</i>

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

### 2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ АБО ПАРАМЕТРИ, БУДОВА ТА ПРИНЦИП ДІЇ ВИРОБУ

Поліетилен високого тиску (ПЕВТ) є твердою еластичною речовиною матового або перламутрового білого кольору, на дотик нагадує парафін; він не має запаху, не отруйний, горючий (продовжує горіти за умови винесення з полум'я). Поліетилен, що виготовляється за високого тиску, має розгалужену структуру та низьку щільність. Поліетилен відноситься до групи термопластичних полімерів.

Поліетилен використовується для накладання поліетиленової ізоляції та оболонки на електричні кабелі. Можливе випресовування поліетилену в суміші з порошкоподібними речовинами для одержання пористого поліетилену. Завдяки його інертності, легкості та міцності, у пляшках, флаконах з поліетилену можна зберігати сильнодіючі хімічні речовини (сірчану кислоту, плавикову кислоту тощо), і навіть харчові продукти (молоко, жири, соки), парфумерні вироби, ліки.

Трубопроводи з поліетилену значно легші та дешевші. Труби виготовляють діаметром від 0,012-0,15 м і до 1-1,5 м. Довжина труб може досягатися 120 м. Гнучкість та еластичність труб дозволяє намотувати їх на барабани, що дуже зручно за умови їх транспортуванні та прокладці. Труби з поліетилену зовсім не схильні до корозії, не лопаються під час замерзання в них води. У хімічній промисловості використовуються для транспортування корозійних рідин. Фітинги, засувки, вентиля, підкладки та інша сполучна арматура також виготовляються із поліетилену.

Поліетиленом покривають дерево, папір, картон. Він наноситься з гарячих розплавів поліетилену на папір і надає їй глянець, блиск друку, гарну гнучкість за низької температури. З поліетилену виробляються волокна, з яких можуть виготовлятися морські канати, факультативні сітки, полотна, оббивні тканини для автомобілів. У текстильній промисловості поліетилен використовується для

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		19

просочення тканин з метою створення водовідштовхувального матеріалу, покращення опору розриву, підвищення міцності швів.

З поліетилену виготовляють медичні інструменти, він застосовується у пластичній хірургії та протезній техніці.

Основне лиття під тиском не лише окремих деталей машини, а й корпусів до приладів та інших фігурних виробів.

Значна частина виробленого поліетилену (близько 50 %) переробляється в плівки товщиною 0,01-0,1 мм, які використовуються як пакувальний матеріал, для зберігання речовин, що легко зволожуються або, навпаки, висихають, наприклад добрив, бавовни, силікагелю, харчових продуктів (м'яса, риби, хліба, солі, борошна, кави, овочів, фруктів тощо), а також різних виробів, апаратів, інструментів з метою захисту їх від корозії.

Завдяки відмінним електроізоляційним властивостям поліетилен став незамінним матеріалом для ізоляції телевізійних, телефонних і телеграфічних кабелів.

Додавання низькомолекулярного поліетилену до чорнил, лаків та фарб надає їм підвищену стійкість до стирання. У гумовій промисловості поліетилен широко застосовується як мастила, що добре поєднуються з каучуками різних типів.

Поліетилен, як товарний продукт, випускається в чистому вигляді та з добавками (різного роду термо- та світлостабілізатори, добавками проти злипання плівки та ін.). Вони вводяться в поліетилен у процесі переробки у невеликих кількостях (десяті частки відсотка). Добавки покращують якості готового поліетилену.

Так, у кабельній промисловості застосовується поліетилен, що містить 0,5 та 2 % сажі. Поліетилен, що використовується для виготовлення труб питного та господарського водопостачання, містить 2% сажі (технічного вуглецю), а для дренажних труб до 35% сажі. Поліетилен за умови наповнення його тальком, крейдою, каоліном та іншими речовинами (до 30-40% за масою) використовуються як конструктивні матеріали для виробництва каналізаційних

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

та дренажних труб, некорозійної та вогнестійкої арматури, а також для виробів культурно-побутового призначення, іграшок, посуду тощо.

Залежно від властивостей та призначення поліетилен випускається різних марок, позначення базових марок складається з назви матеріалу «поліетилену» та восьми цифр. Перша цифра «1» вказує на те, що процес полімеризації етилену протікає за високого тиску в трубчастих реакторах і реакторах з пристроєм, що перемішує в присутності каталізатора. Дві такі цифри позначають порядковий номер базової марки. П'ята цифра умовно визначає групу густини марки поліетилену. Наступні три цифри, написані через дефіс, вказують десятикратне значення показника плинності розплаву.

Після марки поліетилену вказується сорт.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>21</i>

## 2.2ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ

### 2.2.1. Основна сировина

Етилен.

Етилен - хімічна сполука, що описується формулою  $C_2H_4$ , безбарвний газ зі слабким запахом. Є найпростішим алкеном (олефіном). Містить подвійний зв'язок і тому відноситься до ненасичених сполук, має високу реакційну здатність. У природі етилен мало зустрічається. У незначних кількостях утворюється у тканинах рослин та тварин як проміжний продукт обміну речовин.

Властивості етилену:

Хімічна формула  $H_2C=CH_2$  ;

Молекулярна маса 28,05 ;

Стан – газоподібний ;

Температура плавлення 103,8 К (-169,2 ° С) ;

Температура кипіння 169,3 К (-103,7 ° С) ;

Щільність за нормальних умов 1,26 кг/м<sup>3</sup> ;

Щільність рідкого етилену при 163,2 К (-109,8 ° С) - 610 кг/м<sup>3</sup> ;

Температура займистості 728 К (455 °С) ;

*Чистота етилену.* Для полімеризації етилен має бути ретельно очищений від домішок. Домішки до етилену поділяються на дві основні групи – інертні та активні. Інертна домішка, присутня у помітній кількості, наприклад 5-10 %, знижує концентрацію етилену на значну величину, якщо врахувати малу стисливість етилену.

Активні домішки до етилену, наприклад з'єднання вінільного типу, зазвичай кополімеризуються з етиленом, змінюють властивості полімеру, що утворюється, і впливають на швидкість полімеризації.

Залежно від вмісту домішок технічними умовами передбачається випуск трьох марок зрідженого етилену: А, Б та В. Етилен марки А та Б використовується для виробництва поліетилену та окису етилену. Етилен марки

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

В – для виробництва інших органічних продуктів. Етилен зріджений має відповідати вимогам та нормам.

### Ініціатори

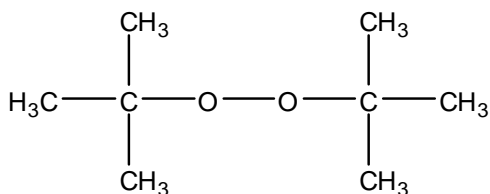
Як ініціатор полімеризації етилену використовують головним чином молекулярний кисень і органічні перекиси. З перекисів у промисловості найбільше застосування знайшли перекис ди-трет-бутила, трет-бутилпербензоата та інших. Ефект дії ініціатора залежить від рівня й швидкості його розкладання за цієї температури і від можливості радикалів, що утворилися, вступати в реакції з мономером.

Іншим фактором, що характеризує ініціатор, є вміст активного кисню, тобто теоретичний відсоток активного кисню в чистому перекисі.

У сухому вигляді перекиси вибухонебезпечні, розчині в органічних розчинниках більш стабільні таі менш вибухонебезпечні. Зберігання ініціаторів має проводитись у певних температурних умовах.

Нижче описано основні властивості найпоширеніших перекисних ініціаторів.

### Перекис ді-трет-бутила( $C_8H_{18}O_2$ ) «А»



Температура застосування 513-553 К (240-280 ° С) ;

Молекулярна маса 146,2 ;

Рідина щільність 793 кг/м<sup>3</sup> ;

Температура кипіння при 0,1 МПа - 463 К (190 ° С) ;

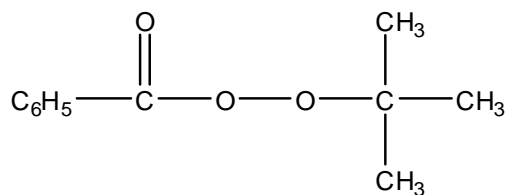
Вміст активного кисню 10,8% ;

Перекис нерозчинний у воді, розчинний у більшості органічних розчинників;

Температура зберігання 298 К (20 ° С) ;

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

Трет-бутилпербензоат(C<sub>11</sub>H<sub>14</sub>O<sub>3</sub>) «С»



Температура застосування 453-513 К (180-240 ° С) ;

Молекулярна маса 194 ;

Рідина, густина при 293 К (20 °С) - 1040 кг/м<sup>3</sup> ;

Температура кипіння при 0,1 МПа - 397 К (124 ° С);

Вміст активного кисню 8,25% ;

Температура зберігання 293 К (20 ° С) ;

### 2.2.2 Допоміжна сировина

Наповнювачі переважно тверді неорганічні або органічні речовини, природного (мінерального та рослинного) та синтетичного походження, які вводяться в пластичну масу для надання їй відповідних властивостей. Додають наповнювачі для покращення властивостей поліетилену (фізико-механічних, теплофізичних, електрофізичних, оптичних, естетичних, технологічних та ін.). А дешеві наповнювачі знижують собівартість поліетилену, наприклад, під час утилізації полімерів і пластмас, які використовують як наповнювачі.

Пластифікатори малолеткі, переважно рідкі речовини, що надають суміші підвищену пластичність, внаслідок чого полегшується формування виробів, запобігається поява крихкості матеріалу за низьких температур, збільшується його гнучкість і еластичність. За умови збільшення вмісту пластифікатора міцність полімеру на розтягування та стиск зменшується, проте різко збільшується міцність на удар і здатність до подовження. Найбільш поширеними пластифікаторами є бутилкаучук, дибутилфталат, трикрезілфосфат, камфора, стеарат алюмінію, олеїнова кислота, гліцерин та ін.

Барвники застосовуються для надання виробу бажаного забарвлення.

Затверджувачі (наприклад, уротропін, вапно, магnezію) вводять до складу пластичної маси для прискорення переходу полімеру в твердий неплавкий стан,

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



в якому вони не плавляться і не розчиняються. За цих умов полімер утворює тривимірну структуру.

Стабілізатори сприяють уповільнення процесу старіння і, як наслідок – тривалого збереження поліетилену своїх первісних властивостей. Стабілізатори не впливають на первісні властивості поліетилену.

Пороутворювачі– для одержання піно- та порополіетиленів.

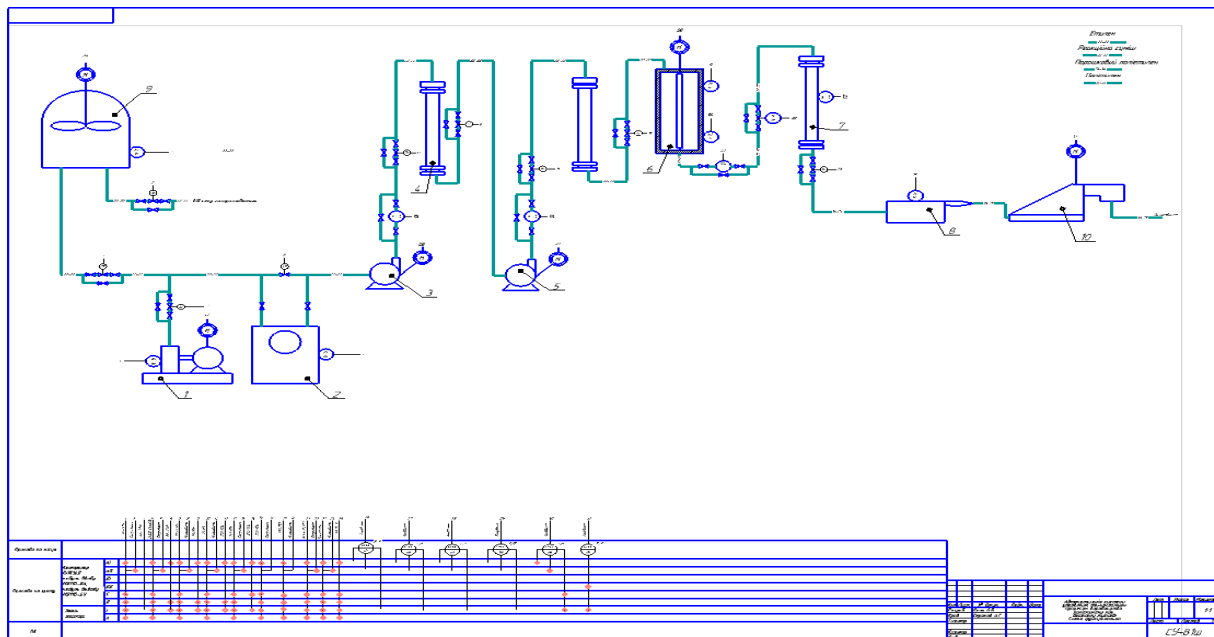
Сполучні речовини пов'язують в монолітний матеріал інші компоненти суміші та зумовлюють основні властивості полімеру. Як сполучні речовини частіше застосовуються синтетичні смоли.

Змащувальні речовини дозволяють покращити фізико-механічні властивості поліетилену, а саме підвищити однорідність розплаву, збільшити його плинність та відносне подовження під час розриву розриві. У пластичну масу як змащувальні речовини додають стеаринову кислоту, окис цинку, стеарат барію та ін .

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						25
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 2.3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

На рис.1 подана технологічна схема виробництва поліетилену за високого тиску.



1 – повітрядувка; 2 – лічильник; 3 – компресор першого каскаду; 4 – масловіддільник; 5 – компресор другого каскаду; 6 – трубчатий реактор; 7 – віддільник низького тиску; 8 – гранулюючий агрегат; 9 – Змішувач ; 10 – віброрито;

Рисунок 1 – Схема процесу виробництва поліетилену високого тиску (відділення змішування та стискання газів):

З цеху газорозділення свіжий етилен під тиском 0,8 - 1,1 МПа надходить у змішувач 9. Далі в лічильник, де в потік вводять кисень за допомоги повітрядувки з концентрацією 0,002 — 0,008, і суміш с тиском 0,8 - 1,1 МПа надходить в триступеневий компресор першого каскаду 3, де стискається до 25 МПа. Потім надходить у масловіддільник 4. Потім суміш направляється в двоступінчастий компресор другого каскаду 5, де стискається до 245 МПа.

Після першого ступеня стиснення етилен очищається від мастила в масловіддільник, а після другого ступеня при температурі близько 70 °C надходить у трубчастий реактор 6 на полімеризацію. Реактор-полімеризатор складається з трьох зон, перед кожною зоною є теплообмінник для підігріву газу або реакційної суміші в залежності від ініціатора до 120-190 °C. В кінці третьої зони є холодильник, в якому реакційна маса охолоджується до 200 - 250 °C

				ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			26

Полімеризацію етилену в трубчастому реакторі проводять за режимом:

Температура, °С.....190-250

Тиск, МПа.....245

Концентрація кисню, %.....0,002 — 0,008

Ступінь конверсії етилену за цикл, %..... 26 — 30

Сумарна ступінь конверсії етилену, %.....95 — 98.

З трубчастого реактора 6 суміш мономеру, що прореагував, з полімером через редуційний вентиль під тиском 24,5 - 26,3 МПа надходить у відділник високого тиску, в якому за рахунок різниці щільностей етилену та поліетилену відбувається їх поділ. Розплавлений поліетилен з нижньої частини відокремлювача високого тиску через вентиль, направляється в відділник низького тиску 7, в якому підтримується тиск 0,15 - 0,59 МПа.

Розплав поліетилену, звільнений від залишків розчиненого етилену за 180-190 ° С, через завантажувальний штуцер направляється в гранулюючі агрегати 9.

Гранулюючий агрегат 8 безперервно подається стабілізуюча суміш (феніл- $\alpha$ -нафтиламін з дифеніл-*n*-фенілендіаміном) та інші добавки. Поліетилен, змішаний із стабілізатором, прямує на грануляцію. Для швидкого охолодження гранул у гранулюючу головку подається знесолена вода. Охолоджені до 60 - 70 ° С гранули поліетилену виносяться водою на вібросито 10, на яке після видалення основної кількості вологи подається тепле повітря для остаточного сушіння.

Готовий поліетилен пакують у мішки або направляють на конфекціонування.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

## 2.4.ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАСТОСОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ

Нині основний випуск ПЕВТ здійснюють у високопродуктивних трубчастих реакторах. Трубчастий реактор конструктивно є апаратом типу «труба в трубі». Він складається із труб високого тиску, послідовно з'єднаних за допомогою фланців. Труби мають внутрішній діаметр (для різних установок) від 34 мм до 68 мм. Загальна довжина реактора становить від кількох сотень до тисячі і більше метрів. Труби забезпечені зовнішніми сорочками, в яких циркулює теплоносіть - гаряча вода під тиском. За довжиною реактора є термопари, що змінюють температуру реакційного середовища. У кількох точках проводиться вимірювання тиску в реакторі. В кінці реактора встановлений клапан, що дроселює, завдяки якому підтримується тиск в реакторі та відбувається вивантаження реакційної маси.

За принципом дії цей реактор є апаратом ідеального витіснення, режим руху маси в реакторі – турбулентний. За довжиною реактора відбувається зміни параметрів - температури, тиску, концентрації ініціаторів і полімеру, що утворюється.

В реакторі виділяють 3 ділянки: У першому – підігрівачі – відбувається розігрів етилену до температури реакції. Утворення поліетилену на цій ділянці практично не відбувається. У другій ділянці – власне зоні реакції – протікає полімеризація етилену, температура за рахунок екзотермії зростає до максимальної концентрація ініціатора знижується до кінця ділянки до нуля. У третій ділянці реакційна маса, що складається з поліетилену та мономеру, що не прореагував, охолоджується. Охолодження реакційної маси до кінця реактора необхідне для того, щоб під час зниження тиску температура її не досягла температури розкладання етилену. Кожна ділянка реактора має свій контур теплоносія.

Високий рівень конверсії можна досягти в трубчастому реакторі з кількома введеннями холодного етилену за довжиною. У цьому випадку лише частина етилену (від 15 до 50 %) проходить підігрівач і вводиться на початок реактора, а решта етилену охолоджується і вводиться через спеціальні бічні вводи (зазвичай

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

2...4) в зоні для досягнення максимальної температури за довжиною еактора. Кількість і температуру етилену, що подається в кожне бічний введення, розраховують таким чином, щоб у місці його змішування з основним потоком температура реакційної суміші була не нижче температури початку реакції. У кожному із зон такого багатозонного трубчастого реактора вводиться додаткова кількість ініціатора.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>29</i>

## 2.5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Автоматизація виробництва - основа розвитку сучасної промисловості , генеральний напрямок технічного прогресу. Автоматизація виробництва, процес у розвитку машинного виробництва, за якого функції управління та контролю, що раніше виконувалися людиною, передаються приладам і автоматичним пристроям. Мета автоматизації виробництва полягає в підвищенні ефективності праці, поліпшенні якості продукції, що випускається, в створенні умов для оптимального використання всіх ресурсів виробництва.

За рахунок заміни застарілого обладнання, впровадження новітньої технології та автоматизації технологічних процесів збільшується продуктивність праці, поліпшується якість продукції знижуються втрати обробки та підвищується культура виробництва. Водночас забезпечується охорона навколишнього середовища.

Таблиця 1 - Дані з автоматичного контролю та регулювання технологічного процесу

Параметр	Точка технологічного процесу	Процес контролю	Діапазон Вимірюваної величини
Тиск	Змішувач	Контроль, управління	0.8-1.1 МПа
Тиск Концентрація кисню	Лічильник	Контроль, управління	0.8-1.1 МПа 0,002 — 0,008 %
Тиск	Компресор першого каскаду	Контроль, управління	25 МПа
Тиск	Масловіддільник низького тиску	Контроль, управління	25 МПа
Тиск	Компресор другого каскаду	Контроль, управління	245 МПа

Тиск, температура	Трубчастий реактор	Сигналізація, контроль, управління	245 МПа, 190-250 °С,
Тиск	Редукційний вентиль	Контроль, управління	24,5-26,3 МПа
Тиск	Масловіддільник високого тиску	Контроль, управління	0,15 - 0,59 МПа
Температура	Гранулюючий агрегат	Контроль, управління	60-70 ° С

На основі параметрів контролю та управління, були обрані такі засоби автоматизації.

Для виміру тиску в змішувачі, лічильнику , компресору першого каскаду , масловіддільнику низького - Овен ПД100-ДВ 01.115.0,5.EXD.

Для виміру тиску в компресор другого каскаду, трубчастому реакторі - ДМ5007АЕх-ДІ.

Для управління подачі реакційної суміші на редукційний вентиль - електропривід клапану BELIMO EXNROBSR1SR1.

Для вимірювання температури в агрегаті для гранулювання, трубчастому реакторі - датчик температури ДТС020Д-Рt150.0.5.100.І.EXD-Т6.

Для вимірювання концентрації кисню в лічильнику - датчик контролю концентрації WALCOM FGD-O2.

Для управління технологічним процесом - контроллер ПЛК160.

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

## 2.6 АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСУ

Контроль якості поліетилену проводять як під час виробництва матеріалу (в реакторі, на виході з реактора, в екструдорі-грануляторі), так і в лабораторії вже готового продукту. Оцінюють якість поліетилену за такими показниками:

- густина;
- молекулярна маса;
- показник плинності розплаву;
- в'язкість;
- розкид показників плинності розплаву не більше партії;
- кількість включень;
- технологічна проба на вигляд плівки;
- стійкість до розтріскування;
- межа плинності при розтягуванні;
- міцність під час розриву;
- відносне подовження при розриві;
- масова частка речовин, що екстрагуються;
- запах та присмак водних витяжок;
- стійкість до термоокислювального старіння;
- стійкість до фотоокислювального старіння (методом опромінення, масовою часткою сажі, рівномірністю розподілу сажі);
- масова частка летких речовин.

Основними з перерахованих показників, за якими проводиться обов'язковий контроль якості, є молекулярна маса поліетилену, його щільність, в'язкість, показник текучості розплаву. У таблиці 2 представлені норми показників якості кількох базових марок.

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



Таблиця 2 Показники якості базових марок поліетилену

Найменування показника	Норма для марки			
	10204-003	10604-007	10703-020	16904-040
Щільність, г/см <sup>3</sup>	0,9230 ±0,001	0,9235 ±0,0015	0,9185 ±0,0015	0,9240 ±0,0015
Показник плинності розплаву (номінальне значення) з допуском, %, г/10 хв	0,3±15	0,7±20	2,0±10	4,0±25
Розкид показників плинності розплаву не більше партії, %, трохи більше:				
Вищого гатунку	±5	±5	±5	±6
1-го гатунку	±8	±10	±8	±12
2-го гатунку	±10	±10	±12	±15
4. Кількість включень, шт., трохи більше:				
Вищого гатунку	2	2	2	2
1-го гатунку	5	5	5	8
2-го гатунку	10	12	15	30
Технологічна проба на зовнішній вигляд плівки:				
Вищого гатунку	3	У		У
1-го гатунку	3	У	-	У
2-го гатунку	3	3		3
Стійкість до розтріскування, год, не менше	500	5	2,5	-

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ

Лист

33

Межа плинності при розтягуванні, Па (кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	113· 10 <sup>5</sup> (115)	108· 10 <sup>5</sup> (110)	93· 10 <sup>5</sup> (95)	108· 10 <sup>5</sup> (110)
Міцність при розриві, Па (кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	147· 10 <sup>5</sup> (150)	142· 10 <sup>5</sup> (145)	122· 10 <sup>5</sup> (125)	103· 10 <sup>5</sup> (105)
Відносне подовження при розриві, %, не менше	600	550	550	500
Масова частка речовин, що екстрагуються, %, не більше:				
вищого гатунку	1,4	1,4	0,9	0,4
1-го та 2-го сорту	1,7	1,7	1.1	0,4
Запах та присмак водних витяжок, бал, не вище	1	1	1	1
Стійкість до термоокислювального старіння, год, не менше	8	4	6	8
Стійкість до фотоокислювального старіння:				
методом опромінення год, не менше:	-	-	-	500
за масовою часткою сажі, % за рівномірністю розподілу сажі				2,0± 0,2 -
Масова частка летких речовин, %, не більше:				
Вищого гатунку	-	-	-	0,07
1-го та 2-го сорту				0,1

## 2.6.1 Методи визначення якості

### Визначення молекулярної маси:

Поліетилен має лінійну будову та може розчинятися у відповідних розчинниках.

Молекулярна маса лінійних полімерів лежить в інтервалі 103-107, причому макромолекули поліетилену, що утворюються в процесі полімеризації, мають різні молекулярні маси, тому розчини поліетилену являють собою полідисперсні системи, а молекулярна маса, що визначається експериментально є тільки середньою статистичною величиною.

Молекулярна маса зшитих фракцій поліетилену може бути дуже великою. Вона визначається ступенем зшивання, тобто середньою «молекулярною масою» між вузлами зшивання. Ступінь зшивання можна оцінити за ступенем набухання полімеру в розчинниках.

Молекулярну масу полімерів можна визначити різними методами, причому кожен метод застосовується для вимірювання молекулярних мас, що лежать у відповідних інтервалах.

Всі ці методи, за винятком методу "кінцевих груп", засновані на зміні будь-яких властивостей розведених розчинів полімерів пропорційно числу молекул розчиненої речовини; визначення молекулярної маси такими методами потрібна складна апаратура. Тому на заводах дотепер зазвичай застосовують найбільш простий і швидкий віскозиметричний метод і молекулярну масу обчислюють зі знайденого значення в'язкості розчину.

Метод визначення кінцевих груп. Якщо кінцях макромолекули є функціональні групи, які можна визначити хімічним методом, то на підставі даних хімічного аналізу можна обчислювати середньочислову молекулярну масу полімеру. Так як у зразку полімеру з високою молекулярною масою відносно число кінцевих груп дуже мало, то точність визначення їх невелика. Цим методом визначають молекулярну масу до 3104.

Ебуліоскопія та кріоскопія. У цих методах молекулярна маса розраховується підвищення температури кипіння або зниження температури

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

замерзання розчинів полімеру. Оскільки зміни температури тут дуже малі, то й точність цих методів також невелика.

Під час застосування ебуліоскопічного методу використовують розчинник з невисокою температурою кипіння, щоб уникнути деструкції полімеру. Вибір розчинника для кріоскопічного методу ще складніше, так, як макромолекули полімеру можуть випадати з розчинника до досягнення температури замерзання розчинника або разом із розчинником. Інтервал визначення молекулярної маси  $2 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4$ .

Метод осмотичного тиску. За умови використання цього методу значні складності виникають при виготовленні напівпроникних мембран, здатних пропустити молекули розчинника та затримати макромолекули з молекулярною масою до 30 000 (застосування осмотичного методу для полімерів з нижчою масою не надійно). Інтервал визначення молекулярної маси 104-106.

Метод світлорозсіювання. Світловий промінь, проходячи через прозоре середовище, частково розсіюється. Метод заснований на тому, що чистий розчинник та розчин полімеру мають різні ступені світлорозсіювання. Отримана молекулярна маса є середньомасовою молекулярною масою. Інтервал визначення молекулярної маси 104-107.

Метод осадження (або седиментації) в ультрацентрифузі. Під час відстоювання суспензії поступове осадження частинок і за швидкістю осадження можна обчислити масу частинок суспензованої речовини, якщо використовувати дуже сильне відцентрове поле в ультрацентрифузі. Частота обертання ротора центрифуги має бути не менше ніж 1000 об/с. За швидкістю, осадження можна обчислити як молекулярну масу полімеру, а й розподіл за молекулярними масами. Інтервал визначення молекулярних мас 104-107.

Метод віскозиметрії. Найбільш простим та зручним методом визначення молекулярної маси є віскозиметричний метод. Молекулярна маса обчислюється за емпіричним рівнянням, що зв'язує в'язкість розчину, в'язкість розчинника та концентрацію полімеру. Обчислена за в'язкісною характеристичі молекулярна

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

маса називається середневязкостной молекулярної масою і зазвичай виражається значенням її логарифма.

#### 2.6.2 Визначення показника плинності розплаву:

Апарат для визначення ПТР (ГОСТ 11645-73) являє собою пластомір, що шприцює, внутрішній діаметр сопла якого дорівнює 2,09 мм, зі штоком і вантажем на ньому, рівним 2,16 кг, термопарою для виміру температури розплаву, яка при визначенні індексу підтримується постійною  $463 \text{ K} \pm 0,5$  ( $190 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Низький індекс розплаву відповідає високому внутрішньому тертю, властивому матеріалу з високою молекулярною масою. Таким чином, що визначається даним методом показник плинності розплаву дозволяє, з відомим наближенням внаслідок недостатньої точності вимірювання, класифікувати сорти поліетилену за розміром молекул полімеру.

#### 2.6.3 Визначення щільності (об'ємної маси):

Метод обміру та зважування. Метод полягає у визначенні щільності речовини по відношенню маси зразка до його обсягу, визначеного безпосереднім зважуванням та обміром. Можна вимірювати обсяг іншими методами, наприклад, за витісненим обсягом рідини для зразків неправильної або важко вимірюваної форми. Метод застосовується визначення щільності (об'ємної маси) виробів і напівфабрикатів (стрижні, бруски, труби) і забезпечує точність вимірювання до 0,5% при точності вимірювання обсягу 0,3% і 0,2% маси.

Метод гідростатичного зважування. Метод полягає у порівнянні мас однакових обсягів випробуваної речовини та рідини відомої густини (наприклад, дистильованої води). Метод призначений для визначення щільності (об'ємної маси) формованих виробів (стрижні, бруски, трубки); він забезпечує точність виміру до 0,1%.

Пікнометричний метод. Метод полягає у порівнянні мас однакових обсягів речовини, що підпадається випробуванню та рідини відомої щільності. Метод застосовується визначення щільності формованих виробів, прес-порошкових гранул, пластівців; він забезпечує точність виміру до 0,05.

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Флотацийний метод полягає у порівнянні щільності зразка із щільністю відомої рідини в момент переходу зразка у зважений стан. Метод застосовується для визначення щільності пластмас (переважно поліолефінів) у вигляді гранул і будь-яких формованих виробів. Як робочу рідину використовують суміш етиловий спирт — вода. Метод придатний для визначення щільності полімерів від  $910 \text{ кг/м}^3$  ( $0,9100 \text{ г/см}^3$ ) з точністю до  $0,0002 \text{ г/см}^3$ .

Метод градієнтної колонки заснований на порівнянні глибини занурення випробуваного зразка та рідини відомої щільності в циліндрі або трубці з розчином, у якого щільність змінюється за висотою (градієнтна колонка).

Метод застосовується для визначення щільності виробів як плівок, гранул, волокон, і навіть будь-яких формованих виробів. Точність цього залежить від перепаду щільності рідини за висотою градієнтної колонки. За «чутливості» колонки  $0,0001 \text{ г/см}^3$  на міліметр метод точність досягає  $0,05\%$ .

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

## 2.7. РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ

Вихідні дані:

Річна продуктивність поліетилену: 20 215 т/рік.

Технологічна лінія: 1.

Час роботи: 8760 часов.

Марка : 10703-020.

Витратний коефіцієнт за ініціатором «С»: 0,6.

Витратний коефіцієнт за ініціатором «А»: 0,3.

Річна продуктивність однієї технологічної лінії становить 20 215 т поліетилену за 8760 годин, що становить 2 307,64 кг/годину товарного поліетилену з однієї технологічної нитки (при цьому краща продуктивність лінії в зимовий період значно вища за кращу продуктивність літнього періоду).

Втрати поліетилену на стадіях грануляції I ступеня та полімеризації становлять відповідно до норм утворення відходів розділу

"Норми утворення відходів":

$$3,9 + 0,75 + 0,18 = 4,83 \text{ кг/т};$$

где 3,9 кг/т - надситна та підситна фракція;

0,75 кг/т - низькомолекулярний поліетилен;

0,18 кг/т - поліетиленові брили, що утворюються при пуске;

4) Втрати поліетилену під час переробки становлять:

$$0,94 + 1,41 + 5,4 + 0,37 + 7,7 = 15,82 \text{ кг/т};$$

где 0,94 кг/т - відходи у вигляді джгутів та брил;

1,41 кг/т - пил та стружка;

5,4 кг/т - відходи при технологічній переробці;

0,37 кг/т - відходи у вигляді плівки;

7,7 кг/т - розсипи під час розфасовці та развантаженні в транспорт;

5) Усього втрати з виробництва становлять:

$$4,83 + 15,82 = 20,65 \text{ кг/т};$$

$$20,65 * 2,421 = 49,995 \text{ кг/час};$$

6) Кількість продуктів полімеризації етилену, що вийшли в реакторі,

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

становить:

$$2307,64 + 49,995 = 2\,357,63 \text{ кг/час};$$

де 2307,64 кг/час – товарний поліетилен;

49,995 кг/час - втрати з виробництва;

7) Втрати етилену за рахунок витоків в атмосферу (продування, підготовка до пуску та ін.):

$$2,307 \times 10 = 23,07 \text{ кг/час};$$

де 2,307 т/час - товарний поліетилен;

10 кг/т - кількість викидів в атмосферу відповідно до норм утворення відходів розділу "Охорона навколишнього середовища";

8) Кількість ініціатора "С", що подається в реактор:

$$2,307 \times 0,6 = 1,3842 \text{ кг/час};$$

де 0,6 кг/т - видатковий коефіцієнт за ініціатором "С";

9) Кількість ініціатора "А", що подається в реактор:

$$2,307 \times 0,3 = 0,6621 \text{ кг/час};$$

де 0,3 кг/т - видатковий коефіцієнт за ініціатором "А";

10) Кількість каталізаторного масла (рідкої фракції НМПЕ), що подається в реактор:

$$2,307 \times 3,4 = 7,8438 \text{ кг/час};$$

где 3,4 кг/т - витратний коефіцієнт за маслом;

11) Кількість робочого газу, що надходить до реактора, становить:

$$16385,65 - 1028 = 15357,6 \text{ кг/час};$$

де 16385,65 кг/час - продуктивність компресорів II каскаду;

1028 кг/час – витоку сальників компресорів II каскаду;

12) Кількість продуктів реакції, що входять у відокремлювач високого тиску з реактора:

$$15357,6 + (7,8438 + 1,3842 + 0,6621) = 16434,3 + 9,8901 = 15\,367,4 \text{ кг/час};$$

де 15357,6 кг/час – сумарний етилен на полімеризацію;

9,89019 кг/час - ініціатори та каталізаторні олії (рідка фракція НМПЕ);

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40



13) Кількість поліетилену, що входить у відділник низького тиску:

$$2\,357,63 - 1,8 = 2\,355,83 \text{ кг/час};$$

де 2 357,63 кг/час – продукти полімеризації;

1,8 кг/час – низькомолекулярний поліетилен;

14) Кількість газу, що не прореагував, що надходить у відділник низького тиску з реактора:

$$15\,367,4 - 2\,357,63 = 13\,009,777 \text{ кг/час};$$

де 15 367,4 кг/час - продукти полімеризації, що входять у відділник високого тиску з реактора;

2 357,63 кг/час – продукти полімеризації, що вийшли в реакторі.

Таблиця 3 — Матеріальний баланс для 1 лінії за 1 часа.

Вхід	кг/год	%	Вихід	кг/год	%
Робочий газ (етилен)	15357,6	99,9366	Поліетилен	2 357,63	15,026
Ініціатор «С», трет-бутилпербензоат	1,3842	0,0088	Етилен що не прореагував	13 009,77	84,973
Ініціатор «А», Ді-трет-бутилпероксид	0,6621	0,0044			
Каталіт. олія (рідка фракція НМПЕ)	7.8438	0,050			
Разом:	15 367,4	100	Разом:	15 367,4	100

Таблиця 4— Матеріальний баланс лінії за 8760 часа.

Вхід	кг/год	%	Вихід	кг/год	%
Робочий газ (етилен)	134 532 576	99,9366	Поліетилен	20 652 838,8	15,026
Ініціатор "С", трет-бутилпербензоат	12 125,592	0,0088	Етилен що не прореагував	113 965 585,2	84,973

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Ініціатор «А», Ді-трет-бутилпероксид	5 799,996	0,0044			
Каталіт. олія (рідка фракція НМПЕ)	68 711,688	0,050			
Разом:	134 619 213,27	100	Разом:	134 618 424	100

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

## 2.8. ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА, ШЛЯХИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ

Вихідна сировина для екструзії, що подається в бункер, може бути у вигляді порошку, гранул, стрічок. Останній вид сировини характерний для переробки відходів промислового виробництва плівок, яка здійснюється на спеціальних екструдерах, забезпечених примусовими живильниками - дозаторами, що встановлюються в бункерах. Рівномірне дозування матеріалу з бункера забезпечує хорошу якість екструдату. Переробка полімеру у вигляді гранул - найкращий варіант живлення екструдера. Це пояснюється тим, що гранули полімеру менше схильні до "зависання", утворення заторів в бункері, ніж порошок. Порошкоподібний матеріал може злежуватися в процесі зберігання та транспортування, в тому числі й під час проходження через бункер. Гранульований матеріал на відміну від порошку має постійну насипну масу. За умови переробки багатокомпонентних матеріалів для завантаження їх в бункер застосовуються індивідуальні дозатори: шнекові (об'ємні), вібраційні, вагові і т.д. Якщо під час застосування переробки порошкоподібних матеріалів останні мають непостійну сипучість, то в бункерах утворюються "склепіння", зависаючі на стінках бункера. Живлення шнека матеріалом припиняється. Для усунення цього необхідно в бункер поміщати ворошители. Сипучість матеріалу залежить у великій мірі від вологості: чим більше вологість, тим менше сипкість. Тому матеріали повинні бути спочатку підсушені. Для збільшення продуктивності машини гранули можна заздалегідь підігріти. Застосовуючи пристосування для примусової подачі матеріалу з бункера на шнек, також вдається істотно підвищити продуктивність машини (в 3- 4 рази). Під час ущільнення матеріалу в міжвитковому просторі шнека витіснене повітря виходить назад через бункер. Якщо видалення повітря буде неповним, то він залишиться в розплаві та після формування утворює в виробі порожнини. Це є браком виробів. Зміна рівня заповнення бункера матеріалом за висотою також впливає на повноту заповнення шнека. Тому бункер забезпечений спеціальними автоматичними

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

рівнемірами, за командою яких відбувається завантаження бункера матеріалом до потрібного рівня. Завантаження бункера екструдера здійснюється за допомогою пневмотранспорту. Живлення шнека залежить від форми частинок сировини та їх щільності. Гранули, отримані різкою заготовки на гарячій решітці гранулятора, не мають гострих кутів і ребер, що сприяє їх кращій сипучості. Гранули, отримані холодної рубкою прутка-заготовки, мають гострі кути, плоский перетин зрізу, що сприяє їх зчепленню і, як наслідок, погіршення сипучості. За тривалої роботи екструдера можливий перегрів циліндра під лійкою бункера та самого бункера. В цьому випадку гранули почнуть злипатися, і припиниться їх подача на шнек (утворюється так званий "козел"). Для запобігання перегріву цієї частини циліндра в ньому робляться порожнини для циркуляції охолоджуючої води

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

## 2.9. РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Опис основного апарату та режиму його роботи

Реактор призначений для проведення газофазної полімеризації в псевдозрідженому шарі в присутності хроморганічних каталізаторів "S-9", являє собою циліндричний посуд з розширеною верхньою частиною. Розширена верхня частина запобігає винесення псевдозріджених частинок поліетилену за рахунок зниження швидкості газового потоку. Усередині реактора на рівні нижнього фланця вбудована решітка, яка служить для утримання шару порошку поліетилену. Грати мають 1360 отворів діаметром 14,3 мм. Ці отвори прикриті металевими куточками, які запобігають попаданню порошку поліетилену під грати та покращують розподіл газу. Під решіткою встановлено відбійну парасольку, яка служить для більш рівномірного розподілу газу.

Для очищення внутрішньої поверхні, а також проведення внутрішнього огляду реактора обладнаний чотирма люками-лазами. Кожен люк-лаз має вставний стакан, необхідний для згладжування внутрішньої поверхні реактора і запобігання скупчення порошку поліетилену в порожнині люка-лаза, його спікання та утворення агломерату.

Тиск реактора підтримується на заданому рівні шляхом зміни ступеня відкриття клапана, встановленого на лінії подачі свіжого етилену. За перевищенням тиску надлишок газу скидається через клапан факел.

Для контролю температури за всією висотою реактора передбачені датчики температури, що реєструють температуру зон на багатоточковому самописці. Передбачені також термокишені для проведення контрольних вимірювань температури у різних точках реактора. Для охолодження циркуляційного газу лінії нагнітання компресора передбачений водяний холодильник.

Продуктивність реактора регулюється кількістю каталізатора, що подається шляхом зміни швидкості обертання ротора живильника.

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 2.10 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок реактора

Ступінь перетворення  $\gamma = 99,5\%$

Прийmemo константу швидкості  $K_p = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{кмоль}\cdot\text{с})$

Щільність реакційної суміші  $\rho_c = 2270 \text{ кг/м}^3$ ;

Визначаемо об'єм реакційної суміші:

$$V = \frac{M_c}{\rho_c} = \frac{4586,6}{2270} = 20,2 \text{ м}^3/\text{т}$$

де  $M_c$  - Маса реакційної суміші

$$M_c = 152,8 + 4433,7 = 4586,6 \text{ кг}$$

Концентрація реагентів:

$$x_{\text{O}_2} = \frac{M}{M_c} = \frac{4433,7}{4586,6 \cdot 58} = 0,017 \text{ кмоль/м}^3$$

$$x_{\text{H}_2} = \frac{M}{M_{\text{H}_2}} = \frac{152,8}{4586,6 \cdot 2} = 0,017 \text{ кмоль/м}^3$$

Початкова концентрація етилену:

$$X_1 = \frac{X}{1-0,995} = \frac{0,017}{1-0,995} = 3,4 \text{ кмоль/м}^3$$

Швидкість реакції:

$$r = K_p \cdot X_1 \cdot x_{\text{H}_2} = 5,7 \cdot 10^{-4} \cdot 3,4 \cdot 0,017 = 0,332 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{кмоль}\cdot\text{с})$$

Прийmemo час реакції 3 години = 10800с коефіцієнт заповнення реактора  $\varphi = 0,75$  коефіцієнт резерву потужності  $a = 0,15$ .

Об'єм реактора складе:

$$V = \frac{V_p \cdot \tau(1+a)}{\varphi}$$

$$V = \frac{20,2 \cdot 10800(1+0,15)}{0,75 \cdot 3600} = 93 \text{ м}^3$$

Підбираемо 2 реактори з ємністю 50 м<sup>3</sup> діаметр  $D = 3000$  м; площа теплообмінної поверхні (сорочки) 69,7 м<sup>2</sup>; висота рівня реакційної суміші 5,57м.

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

У кваліфікаційній роботі магістра розглядається технологічний процес виробництва поліетилену високого тиску.

Завданням охорони праці є зведення до мінімуму травмування або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту за максимальної продуктивності праці.

Працівники проходять навчання з питань охорони праці відповідно до вимог, що визначають порядок і види навчання. За своєчасне та якісне проведення навчання відповідає служба охорони праці, інженери з охорони праці або інженерно-технічні працівники, призначені для виконання цих функцій наказом керівника підприємства. Нові працівники проходять навчання відповідно до Типового положення про навчання і підвищення кваліфікації працівників. У журналі реєстрації навчання фіксуються теми, за якими проводилося навчання.

3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів та інженерно-технічні заходи з охорони праці

3.1.1 Освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VII-б. В таблиці 5 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Природне освітлення використовується в світлий час доби, і створюється в виробничих приміщеннях через вікна або інші засклені прорізи. У вечірній і нічний час, згідно ДБН В.2.5-28-06, в корпусах виробництва використовується штучне освітлення, що створюється світильниками типу ВЗГ-200, виконаними у вибухозахисному виконанні.

Таблиця 5 – Норми штучного освітлення коефіцієнта природної освітленості КПО виробничих приміщень

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Характеристика зорової роботи	Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні		
Розряд здорової роботи	VII-б		
Штучне освітлення	Освітленість, лк	За системи загального освітлення	100
		За системи комбінованого освітлення	
Природне освітлення	КПО, ен, %	За бокового освітлення	0,3
		За верхнього освітлення	0,7

Приміщення виробництва ПЕВТ оснащені освітлювальним обладнанням відповідно до зазначених вище норм. Проводка освітлювальної мережі виконується кабелем з алюмінієвими жилами в лотках. Освітленість виробничих приміщень становить 30 лк.

Освітлення побутових приміщень, лабораторій, приміщень КВП становить 200 лк і здійснюється люмінесцентними лампами денного освітлення типу Л.Д.

Також передбачено аварійне освітлення. Аварійне освітлення має незалежне джерело живлення і може вмикатися автоматично або вручну. Аварійне освітлення повинно забезпечувати освітленість не менше 2 люкс, якщо люди перебувають у приміщенні, не менше 1 люкс, якщо вони знаходяться в приміщенні і не менше 0,5 люкс, якщо вони продовжують працювати, і не менше 5% від мінімального стандарту для цих поверхонь.

Розрахунок штучного висвітлення. Відповідно до «Правил улаштування підприємств» на проєктованій фазі обрано світильники ВЗГ - 200 з лампою розжарення загального призначення НГ - 220 - 200. За табличними даними знаходимо світловий потік лампи, він дорівнює 2800 люменів. За табличними даними норма освітлення має бути не менше 50 люксів. Визначаємо світловий потік F (люмен) за формулою:



$$F = K \times E \times S / \rho,$$

де К - коефіцієнт запасу, приймається рівним 1,3 для ламп розжарювання, встановлених у приміщеннях з малим виділенням пилу, диму та кіптяви;

Е - освітленість робочого місця відповідно до санітарної норми, люкс;

S - площа підлоги, м<sup>2</sup> ;

ρ-коефіцієнт використання світлового потоку для даного робочого приміщення, відношення довжини приміщення до ширини, коефіцієнт відображення стелі (m), стін (ρст), розрахункової поверхні (ρрп)

Світильники розташовані на висоті 3 метри. Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку для даного робочого приміщення. За табличними даними знаходимо індекс приміщення, у разі він дорівнює 3.0. За табличними даними приймаємо коефіцієнти відбиття:

від стелі - 50%; від стінок - 30%;

від розрахункової поверхні - 10%.

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку, він дорівнює - 39% чи 0,39. Визначаємо світловий потік:

$$F = 1,3 \times 50 \times 1200 / 0,39 = 200000 \text{ люм}$$

Визначаємо кількість світильників у робочій секції:

$$a = F/F_0,$$

де F - світловий потік, люм;

F<sub>0</sub> - світловий потік однієї лампи, люм.

$$a = 200000/2800 = 71,4 \approx 71$$

Приймаємо 71 світильник.

Один на рік здійснюється контроль освітленості люксометром ю-117.

### 3.1.2 Захист від шуму та вібрації

Джерелами вібрації на виробництві, що проектується, є вентилятор. Джерелами шуму на виробництві є реактор, сепаратори, дільники, компресори, насоси. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.

Таблиця 6 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні шуму еквівалентні і рівні шуму, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Згідно ДСН 3.3.6.037-99 у виробничих приміщеннях рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА. Згідно ДСН 3.3.6.039-99, допустимий рівень вібрації в приміщенні 1-го ступеня – 3 дБ, а для 2-ї ступені шкідливості – до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості – більше 3,1 лБ. Дане виробництво належить до 2-го ступеня шкідливості за вібрацією.

Основними організаційними заходами боротьби з шумом і вібрацією є: розташування відділення компресії етилену з підвищеним рівнем шуму на відстані від малошумних приміщень; дистанційне керування вібро-акустичним обладнанням з кабін; застосування індивідуальних засобів захисту від шуму та вібрацій, проведення санітарно - профілактичних заходів для робітників, зайнятих на вібро-акустичному активному обладнанні; ізоляція фундаменту під вібро-активним обладнанням від несучих конструкцій та інженерних комунікацій; активна та пасивна віброізоляція компресорів і насосів, робочих місць операторів і машиністів.

#### 3.1.4 Електробезпека

Електричне устаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьох-провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Для змінного струму із частотою 50 Гц гранично допустимі значення напруги дотику й струму, що

					<i>XТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>					<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>						<i>50</i>

проходить через тіло людини, за аварійного режиму  $I_{л} = 6 \text{ мА}$ ,  $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$ ; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_{л} = 0,3 \text{ мА}$ ,  $U_{\text{дот}} = 3 \text{ В}$ .

Порівняємо розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму: ,

$$I_{л} = \frac{U_{\phi} \cdot 10}{R_{л} + R_{o}} = \frac{220 \cdot 10}{4000 + 4} = 0,05 \text{ А}$$

де  $R_{л} = 2 \dots 4 \text{ кОм}$ , опір тіла людини;  $R_{o} = 4 \text{ Ом}$ , опір заземлення;  
 $U_{\phi} = 220 \text{ В}$ , фазова напруга.

Напруга дотику розраховується за формулю:

$$I_{л} = I_{л} \cdot R_{o} \cdot 10 = 2 \text{ А}$$

Для захисту людей від ураження електричним струмом в умовах виробництва застосовуються такі заходи струмоведучих систем, всі електроустановки мають додаткове заземлення, захисне відключення та ізоляцію.

Застосовуваний в цеху етилен і поліетилен, що одержують мають високі об'ємно-питомі опори, рівні в середньому  $1 \text{ 015 Ом}$ .

Під час переміщення за апаратах та трубопроводах етилену, рідин, гранульованого поліетилену відбувається виникнення зарядів статичної електрики. У процесі транспортування та переміщення гранул поліетилену утворюється його пил. За наявності вибухонебезпечної концентрації етилену або поліетиленового пилу в повітрі розряди статичної електрики можуть призвести до вибуху.

Для забезпечення надійності захисту від статичної електрики передбачаються наступні заходи:

1) Відведення статичної електрики здійснюється шляхом заземлення устаткування та комунікацій

2) Обладнання, трубопроводи, вентиляційні короба та кожухи термоізоляції повинні представляти собою за всієї довжиною безперервний ланцюг, що в межах цеху приєднана до контуру заземлення не менше, ніж в двох точках;

3) Для транспортування гранульованого поліетилену застосовуються труби з металу;

4) Для запобігання можливості виникнення вибухонебезпечних концентрацій етилену та поліетиленового пилю здійснюється подача азоту в апарати і трубопроводи;

5) Проведення робіт усередині апаратів, де можливе виникнення вибухонебезпечної концентрації, забороняється працювати в одязі з синтетичних тканин;

Лабораторна перевірка справності пристроїв захисту від статичної електрики проводиться не рідше одного разу на рік за графіком, затвердженим головним інженером заводу.

#### 3.1.4 Безпека технологічного процесу та обслуговування обладнання

До виконання робіт з етиленом допускаються особи, які досягли 18-років і пройшли медичний огляд відповідно та не мають медичних протипоказань, пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці та за наявності розписки про безпеку етиленом. Під час роботи з етиленом можливе подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів, головний біль, дзвін у вухах, неврити, розлади зору.

Перед початком роботи передбачено:

1) Включити загально-обмінну припливно-витяжну вентиляцію. Перевірити: наявність і справність засобів індивідуального та колективного захисту; справність технологічного обладнання, за виявленні несправностей обладнання та засобів колективного захисту сповіщається керівник;

2) Транспортування етилену здійснюється засобом, який виключає можливість попадання його у виробниче та навколишнє середовище. Етилен зберігається у спеціальній залізній тарі;

3) Етилен зберігається у спеціальних приміщеннях з підлогами, що легко змиваються водою. Приміщення обладнано вентиляцією;

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

4) За умови закінчення робіт передбачено: прибрати робоче місце. Залишок етилену (від добового запасу), що не повністю витратився під час роботи, здається на склад.

5) Безпека в цеху під час проведення технологічного процесу та ремонтних робіт забезпечується засобами колективного захисту в справному стані.

### 3.2 Пожежна безпека

На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перенавантаження електроустаткування, нагріті стінки обладнання, іскри електрообладнання та від тертя деталей машин, виникнення електричної дуги за обриву ланцюгів високої напруги, перегріву електроустаткування.

На установці передбачені такі засоби пожежогасіння:

дренажна установка для створення зрошення займистих предметів і конструкцій. Автоматичне включення відбувається за плавлення легкоплавкого замка троса дренчерній установки. Ручне включення установки відбувається відкриттям відповідної запірної арматури. У зимовий час колектор дренчерної арматури на зовнішній установці для уникнення заморожування, звільняється від води. За необхідністю, відкривають арматури загального трубопроводу пожежної води, заповнюють колектор водою та приводять секції в дію, як зазначено вище.

на установці є вогнегасники ОУ-2, ОПУ-5 для гасіння локального займання, пожежний водопровід, пісок, лопати, носилки, пожежні сповіщувачі.

для уникнення утворення вибухонебезпечних концентрацій етилену в повітрі на установці встановлені газоаналізатори з пристроєм світлової та звукової сигналізації СВК-ЗМ, що сигналізує про наявність в повітрі горючих газів, парів і їх сумішей.

У таблиці 7 наведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю.

Встановлюється охоронно – пожежна сигналізація автоматичного типу.

Перед початком роботи трубопроводи будуть продуватись повітрям з перевіркою результатів продувки. Для захисту електроустаткування від

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

загоряння використовують регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

Таблиця 7- Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Речовини, що мають обіг у виробництві		Етилен
Агрегатний стан речовин у нормальному стані		Газ
Горючість, займистість		Вибухонебезпечна, горюча
Показники пожежної вибухонебезпечності	Температура спалаху, °С	135,1
	Температура займання, °С	136,1
	Температура самозаймання, °С	540
Межа запалення	% об'ємних	3-34
	мг/м <sup>3</sup>	3
Вибухонебезпечні суміші з повітрям	Категорія	II
	Група	T2
Вогнегасні засоби		Вуглекислотні вогнегасники типу ОУ- 2
Категорія приміщення за ОНТП 24-86		A
Клас приміщення / зона/ і зовнішніх установок згідно з ПУЕ		B-1a
Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштування блискавкозахисту згідно з СН 305-77		2А-Т2 2В-Т2

Небезпечні потенціали можуть виникати також в результаті прямих і вторинних проявів блискавки. Розряди атмосферної електрики здатні викликати вибухи, загоряння, руйнування наземної частини об'єктів, тому в слід передбачити систему захисних заходів безпеки від дії блискавок. Від прямих ударів блискавки, споруди захищають блискавковідводи стрижневого типу. Для захисту від вторинних проявів блискавок, все обладнання і апаратура з'єднуються між собою таким чином, щоб вони склали єдиний безперервний ланцюг, який заземлюється у кількох місцях. Перевірка заземлення та замір опору проводиться не рідше одного разу на рік, розтин заземлення - раз на 10 років. Опір заземлення не повинен перевищувати 20 Ом.

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## 4. БУДІВЕЛЬНО – КОМПОНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

### 4.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ

Під час проєктування виробничих приміщень важливо враховувати санітарні параметри виробничих процесів та дотримуватися норм корисної площі для працівників. Нормативи корисної площі повинні відповідати встановленим стандартам для забезпечення комфортних умов праці. Крім того, необхідно дотримуватися нормативів щодо розміщення обладнання та ширини проходів, щоб забезпечити безпечну експлуатацію та легке обслуговування обладнання.

Виробнича будівля для виготовлення поліетилену була спроектована відповідно до чинних загальних та галузевих норм і правил з будівництва, охорони праці, пожежної безпеки, захисту від блискавки, та захисту від статичної електрики, а також з врахуванням інженерно-технічних заходів цивільної оборони, режиму таємності робіт. Проєкт також відповідає чинним "Правилам будови підприємств".

Згідно з вказаними правилами, категорія приміщень визначена як "Ал". Згідно з "Правилами будови електроустановок", майстерня для виготовлення поліетилену, яка включає у себе улаштування та експлуатацію електрообладнання, відповідає класу 22.

Враховуючи СНиП 2.01.02-85, будівля майстерні має II ступінь вогнестійкості. Оскільки вимоги техніки безпеки визначають вибір кількості поверхів, в даному випадку обрано одноповерхову будівлю без горища.

Виробнича частина:

- фундаменти – бетонні;
- колони та підкранові балки – збірні залізобетонні;
- стіни та перегородки – цегляні;
- несучі конструкції, перекриття – монолітні та збірні залізобетонні плити;
- несучий елемент покрівлі – збірні залізобетонні плити;
- утеплювач – цементно-фібролітові плити;

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

- покрівлі – руберойд.

Службово-побутова частина

- фундамент – збірні балки;

- несучий каркас – залізобетонні балки, колони, плити;

- стіни та перегородки – цегляні, дерев'яні;

Зовнішні стіни майстерні та службово-побутових будівель викладаються червоною цеглою марки "75" з використанням розчину марки "25". Кладка виконується з розширеними швами, та на лицевій поверхні фасадів добірно використовується високоякісна цегла. Зсередини стіни виробничої частини облицьовуються розчином з надлізкою в швах та піддаються двом шарам вапняного молока. Після того стіни та стелі затираються, ретельно вирівнюються цементним розчином (відношення 1:22) і покриваються міткалем.

У цих приміщеннях стіни та стелі, після суцільного шпаклювання та двократного шліфування пемзою, фарбуються олійною фарбою, без торцювання поверхні.

Внутрішні стіни службових приміщень штукатуряться суцільним розчином і фарбуються олійними фарбами до висоти 1,7 м, вище покриваються крейдою. Стіни душових приміщень також штукатурять цементним розчином і облицьовують глазурованою плиткою до висоти 2 м. Вище облицьованої поверхні стін і стель душових фарбуються олійною фарбою білого кольору.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						56
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



## 4.2 КОМПОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В БУДІВЛІ

Під час планування розміщення обладнання вирізняються різноманітні принципи організації будівельного простору. Один із підходів - це концепція єдиного залу, іноді з додатковими міжповерховими майданчиками та вирізами. Інший підхід включає розділення цеху на окремі ізольовані приміщення. Також існує змішаний тип компонування, який об'єднує загальний зал та ізольовані відділення для оптимальної організації простору.

Важливим аспектом за цих умов є можливість виведення окремого обладнання на відкриті майданчики поза межами будівлі, що сприяє оптимізації просторового розташування та може полегшити процеси обслуговування та технічного обслуговування. Такий диференційований підхід до компонування обладнання дозволяє досягти максимальної ефективності використання простору та оптимізувати робочі процеси.

Під час компонування обладнання слід враховувати такі положення:

- Апаратуру доцільно розташовувати вздовж повздовжніх осей будівлі, забезпечуючи відстань не менше 1,0 м між окремими апаратами. Потрібно уникати перехрещення матеріальних потоків.

- Однотипові апарати можна об'єднувати у спеціалізовані агрегати для взаємозамінності та зручного обслуговування.

- Необхідно уникати загородження обладнанням вікон, забезпечуючи віддаль не менше 2 м або відповідну діаметру найбільшого апарату.

- Сховища для зберігання токсичних речовин бажано розташовувати зовні будівлі, не затемнюючи вікон і не ускладнюючи доступ до цеху.

- При використанні й центрифуг, що викликають вібрацію, їх переважно розташовують на першому поверсі на спеціальних фундаментах.

- У цеху повинно бути не менше двох входів (виходів), розташованих у протилежних кінцях будівлі.

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

- Багатоповерхові приміщення повинні мати монтажні отвори для підняття обладнання на верхні поверхи, забезпечуючи вільний доступ на першому поверсі та вільний доступ до монтажного отвору.

Внутрішні пристрої та етажерки можуть використовуватися для розміщення обладнання на різних рівнях у виробничих цехах.

Під час розміщення обладнання у будівлі важливо враховувати ряд ключових аспектів для забезпечення ефективності та безперебійності виробничих процесів. В першу чергу, необхідно здійснювати такий розташування обладнання, щоб забезпечити зручність його обслуговування та легкість демонтажу під час ремонтних заходів.

Другий аспект стосується мінімізації протяжності технологічних ліній, що сприяє оптимізації транспортування матеріалів та обробки продукції. Максимальна ефективність використання виробничої площі є ключовою, оскільки це сприяє економії простору та підвищенню продуктивності.

Загальне компонування та планування обладнання вирішено з урахуванням найбільш раціональної організації праці та технологічного процесу. Розташування обладнання в приміщенні виконано з урахуванням безпеки працюючих і зручності обслуговування апаратів, їх ремонту відповідно до вимог безпеки та охорони праці, відповідно до "Правил будови підприємств" і будівельних норм і стандартів.

Необхідно дотримуватись встановлених норм та правил щодо охорони праці, техніки безпеки та протипожежного захисту, щоб забезпечити безпеку працівників та матеріальних ресурсів у виробничому середовищі. Такий комплексний підхід до планування та розміщення обладнання сприяє оптимізації виробничих процесів та підвищенню ефективності виробництва.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

### 4.3 ОПАЛЮВАЛЬНА ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНА СИСТЕМИ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ

Система опалення у вогне- та пожеженебезпечних будівлях та приміщеннях повинна відповідати вимогам СНиП та чинним "Правилам улаштування підприємств...".

Для опалення виробничих приміщень використовують водяне опалення.

Водяне опалення є ефективним способом опалення великих приміщень, оскільки дозволяє рівномірно розподіляти тепло за всім простором. Крім того, централізоване опалення може бути зручним у керуванні, оскільки температуру можна регулювати з одного пункту.

Водонагрівачі, теплові пункти та водопідігрівальні установки, які обслуговують виробництво, розміщені в ізольованих приміщеннях і мають самостійні входи ззовні. У водяному опаленні вода нагрівається парою у підігрівниках-бойлерах, що є простим, економічним, доступним та безпечним методом опалення.

Сприятливі умови праці в виробничих приміщеннях досягаються за умови встановлення витяжної та приточно-витяжної вентиляційної системи. Використання витяжної вентиляції допускається у приміщеннях, які не є місцем постійного та тривалого перебування людей, а також вимагають видалення невеликого об'єму повітря.

Роботи, що виконуються в цеху за важкістю, згідно ДСН 3.3.6.042-99, відносяться до категорії Па. Санітарні та фактичні норми параметрів мікроклімату для робіт, які виконуються в приміщенні, наведені в таблиці 8

З метою забезпечення нормативних рівнів параметрів мікроклімату та чистоти робочої зони передбачені наступні засоби та заходи: механізація і автоматизація тяжких і праце-містких робіт; дистанційне управління процесами й апаратами; раціональне розміщення устаткування, агрегатів і т.п., наявність теплоізоляції устаткування, агрегатів комунікації й інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

Таблиця 8 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Період роботи	Категорія робіт	Температура, °С		Вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.
Холодний	Па	18-20	15-24	40-60	75	0,2	0,3
Теплий		21-23	17-29		65	0,3	0,2-0,4

В таблиці 9 наведено основні санітарні характеристики підприємства, а саме цеху отримання поліетилену високого тиску.

Таблиця 9 – Коротка санітарна характеристика виробництва

Назва виробничої дільниці	Цех полімеризації
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Етилен
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	Речовини малої небезпечності. Загальнотоксична речовина викликає задуху, головний біль, ураження ЦНС
ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	100
Клас небезпечності шкідливої речовини	IV малотоксична речовина
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Респіратор фільтруючий РПГ-67, промисловий протигаз марки "СО", провітрювання приміщення.
Засоби долікарняної допомоги	Винести на свіже повітря, відновити прохідність дихальних шляхів, безперервна інгаляція кисню
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Автоматичний стаціонарний сигналізатор і газоаналізатор

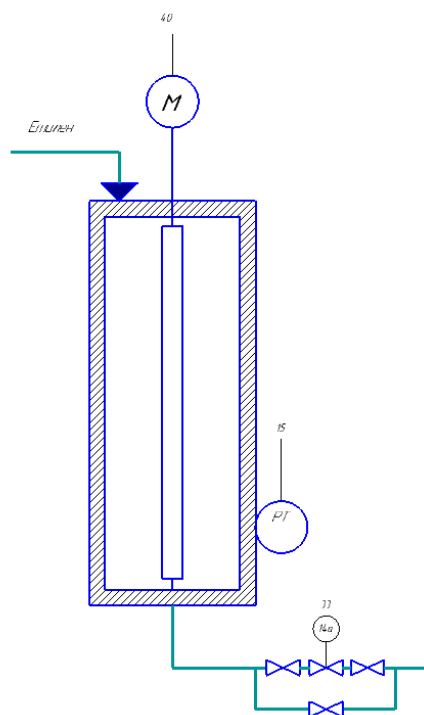
## 5.ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Поліетилен - найдешевший полімер, що займає перше місце в світовому виробництві поліолефінів. Цей унікальний матеріал поєднує в собі найцінніші властивості та здатність перероблятися усіма високопродуктивними методами, що існують для термопластів.

Основний процес полімеризації етилену проходить в трубчастому реакторі, трубчастий реактор являє собою вертикальним циліндром, що складається із зовнішнього корпусу і вставленого в нього внутрішнього патрона з мішалкою. Підігрів розчину і підтримання температур здійснюється за допомоги реакції полімеризації і виділення тепла підчас розчеплення молекул етилена на поліетилен, для підтримання температури 190-250 потрібно керувати мішалкою. Отримання математичного опису об'єкта управління

Контур регулювання температури в трубчастому реакторі зображений на рисунку 2.



Рисунку 2- Контур регулювання температури в трубчастому реакторі

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

В результаті синтезу ми повинні отримати перехідний процес з такими показниками якості:

Час перехідного процесу –  $t_p \leq 20$  с

Перерегулювання –  $\sigma \leq 5\%$

Отримання математичного опису об'єкта керування.

Математична модель об'єкта управління без настройки регулятора у вигляді кривої розгону представлена на рисунку

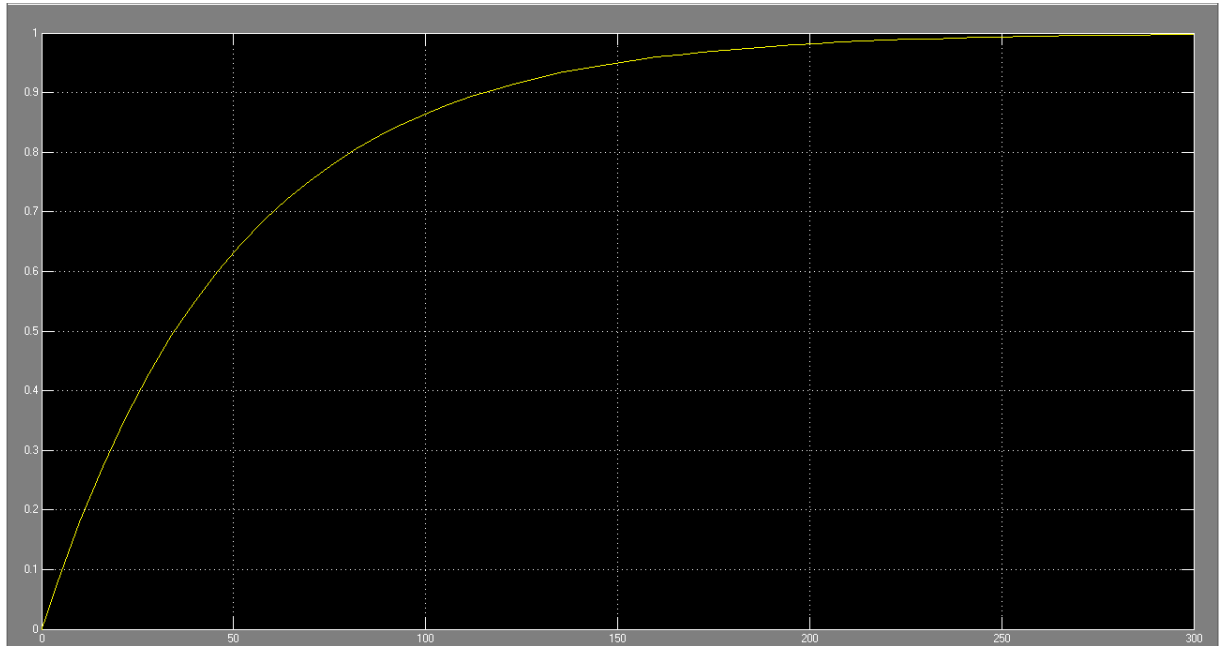


Рисунок 3 - Крива розгону об'єкта управління без настройки регулятора

Згідно кривою розгону мимаємо такі показники якості:

Час перехідного процесу –  $t_p = 150$  с

Перерегулювання –  $\sigma = 0\%$

Після внесення в регулятор інших параметрів на математична модель об'єкта управління має такий вигляд

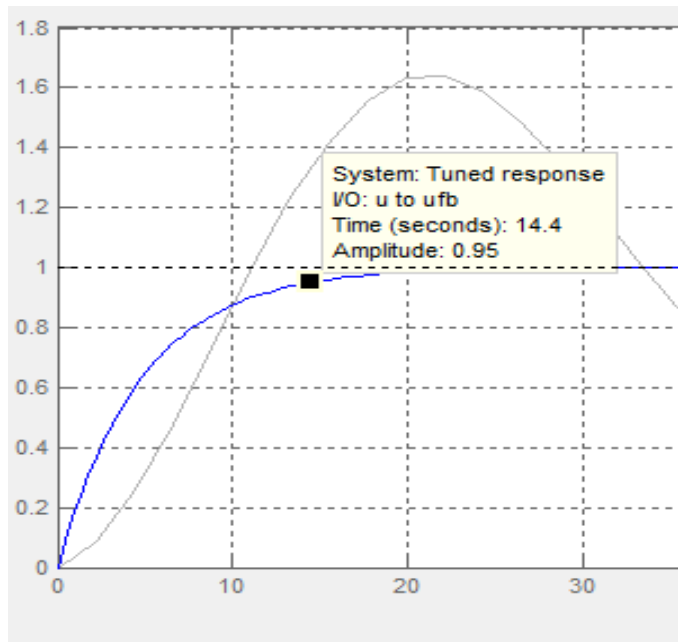


Рисунок 4 - Крива розгону об'єкта управління з настройками регулятора  
 Параметри настройки регулятора приведені нижче

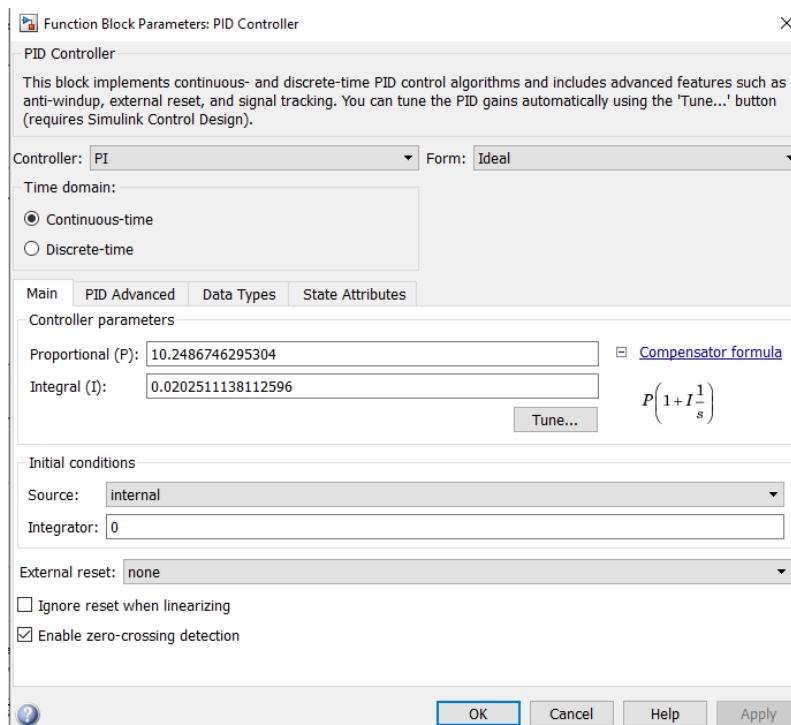


Рисунок 5 - Налаштування ПІ-регулятора

Згідно кривою розгону мимаємо такі показники якості:

Час перехідного процесу –  $t_p = 14,5 \text{ с}$

Перерегулювання –  $\sigma = 0\%$

Що повністю відповідає показникам якості і безпосередньою пливає на обсяг випускаємої продукції.

Одним з головних показників діяльності підприємства є собівартість продукції, яка комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів, рівень технічного розвитку виробництва, досконалість системи управління та значною мірою визначає кінцеві результати діяльності підприємства – прибуток і рентабельність.

Метою проведення економіко – організаційного обґрунтування процесу отримання поліетилену високого тиску є розрахунок його основних техніко – економічних показників без налаштування регулятора та зі налаштуванням і порівняння їх , за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності існування підприємства, що займається виготовленням даної продукції

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>64</i>



## 5.2 ВИД РУХУ ПРЕДМЕТІВ ПРАЦІ

Послідовність проходження предметів праці всіма стадіями виробничого процесу називається видом руху предметів праці (ВРПП). Послідовний ВРПП – поопераційна, по одинична обробка на кожній стадії з наступним передаванням на чергову стадію всієї партії виробів одночасно. Послідовний ВРПП застосовується у періодичних процесах, за умов одиничного виробництва.

Одиничним виробом вважатимемо виготовлення однієї партії поліетилену (1000 кг).

Таблиця 10 - Тривалість обробки одиниці товару по апаратам

№	Технологічна стадія	Тривалість,хв
1	Змішувач	3
2	Лічильник	2
3	Компресор першого каскаду	2
4	Масловіддільник низького тиску	3
5	Компресор другого каскаду	2
6	Трубчастий реактор	10
7	Редукційний вентиль	3
8	Масловіддільник високого тиску	6
9	Гранулюючий агрегат	4

Кількість робочих – 1 людина. Визначимо тривалість одного циклу:

$$t = \sum_{i=1}^m t_i = 3 + 2 + 2 + 3 + 2 + 10 + 3 + 6 + 4 = 35 \text{ хв}$$

$$n = \frac{T_{\text{зміни}}}{T_{\text{посл.}}} = \frac{8 * 60}{35} \approx 13 \text{ партій}$$

де  $T_{\text{зміни}}$  - тривалість однієї зміни, на даному підприємстві  $T_{\text{зміни}} = 8$  год;

$n$  -кількість одиниць продукції, яка виготовляється за зміну.

Отже, за одну зміну, один робочий може виготовити 13 партій поліетилену (13 000 кг).

### 5.3 ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОРІЧНОЇ ТРИВАЛОСТІ ВИРОБНИЧОГО ЦИКЛУ ТА РІЧНОГО ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ

Кількість календарних днів 365. Кількість робочих змін – 3, тривалість робочої зміни 8 годин. Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції, якщо:

- фактична тривалість виробничого циклу  $T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = 35 \cdot 13 = 455 \text{ хв} = 7,58 \text{ год}$ ;
- річна тривалість роботи підприємства  $T_p = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}$ ;
- режим роботи цілодобово;
- виробництво поліетилену за 1 цикл – 13 000 кг.

$$T_{T_p}^{\text{с.р}} = \frac{24 \cdot 365}{T_p} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = \frac{24 \cdot 365}{8760} \cdot 7,58 = 7,58 \text{ год}$$

За зміну виготовляємо 13 партій, таким чином за день виготовляється 39 партію, визначимо випуск продукції за 1 день:

$$V_{\text{доба}} = 39 \cdot 1000 = 39\,000 \text{ кг/добу}$$

Тоді за рік виготовляється:

$$V = 365 \cdot 39\,000 = 14\,235\,000 \text{ кг/рік}$$

Час, який залишається, виділяється на обслуговування, ремонт обладнання та прибирання території.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

## 5.4 РОЗРАХУНОК КІЛЬКІСТЬ ОДИНИЦЬ ОБЛАДНАННЯ, ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПЕРСОНАЛУ ТА ГРАФІК РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Кількість одиниць обладнання та його ціна наведена у таблиці 9

Таблиця 11 - Кількість одиниці обладнання на один виробничий цикл

№	Апарат	Кількість	Ціна,грн
1	Змішувач	1	20000
2	Лічильник	1	15000
3	Компресор першого каскаду	1	100000
4	Масловіддільник низького тиску	1	55000
5	Компресор другого каскаду	1	150000
6	Трубчастий реактор	1	600000
7	Редукційний вентиль	1	35000
8	Масловіддільник високого тиску	1	80000
9	Гранулюючий агрегат	1	150000

Кількість персоналу наведено у таблиці 12

Таблиця 12- Кількість працюючих

Посада	Кількість чоловік
Директор	1
Заступник директора	1
Головний бухгалтер	1
Головний технолог	1
Головний інженер	1
Напчальник заводу	1
Інженер	$1 \cdot 4 = 4$
Технолог	$1 \cdot 4 = 4$
Вантажник	$2 \cdot 4 = 8$
Охорона	$3 \cdot 4 = 12$

Підприємство працює 365 днів на рік в 3 зміни тривалістю 8 годин.

Розрахуємо кількість бригад, для цього треба визначити нормативний час роботи, одиничного працівника:

$$T_{\text{прац}}^{\text{н}} = \frac{(365 - T_{\text{св.}})}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}} - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год/рік}$$

де  $T_{\text{св}}$  – кількість святкових днів у році;

40 – кількість годин на тиждень, які повинні відпрацювати працівники;

$T_{\text{св}}$ - кількість святкових днів, які не співпадають з вихідними днями.

$$T_{\text{підприєм.}}^{\text{рік}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік}$$

Кількість бригад:

$$N_{\text{бригад}} = \frac{T_{\text{підприєм.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{н}}} = \frac{8760}{2016} \approx 4 \text{ бригади}$$

Отже, працюватиме 4 бригади. виробничого персоналу за графіком змінності наведеним у таблиці 13. Початок роботи о 600, кінець робочого дня –1400 (для першої зміни, відповідно друга - 1400 - 2200 та третя - 2200 - 600).

Таблиця 13 – Графік змінності

№	Дні																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	3	В	В	1	1	1
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	В	1	1	1	В	2	2	2
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	1	2	2	2	2	В	3	3
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В

Директор, заст. директора, гол. бухгалтер, гол. технолог, гол. Інженер та начальник цеху працюватимуть з 800 до 1600 та 5 днів на тиждень

Знаходимо фактичний відпрацьований час кожним працівником:

$$T_{\text{факт.}}^{\text{роб.}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об}}} (T_{\text{зм.об}} - T_{\text{вих}}) = 2190 \text{ год}$$

Розрахуємо чисельність за списком:

					ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		68

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{я}} \cdot \frac{365 \cdot 24}{T_{\text{факт.}}^{\text{роб.}}} + Ч_{\text{адмініст.}} = 34 \text{ особи}$$

## 5.5 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА СИРОВИНУ ТА МАТЕРІАЛИ

До основних фондів даного підприємства належать:

- Приміщення = 81 000 000 грн.;
- Обладнання = 1 500 000 грн.;
- Транспорт = 15 000 грн.;
- Сертифікат = 5 000 грн. (терміном на 2 роки).

Сумарна вартість ОФ:

$$\text{ОФ} = 81000000 + 150000 + 15000 + 5000 = 82\,519\,000 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо фонд заробітної плати (прийmemo середню заробітну плату  
одиничного працівника ЗПсер. = 15000грн/міс):

$$\text{ЗП} = 12 \cdot \text{ЗПсер.} \cdot Ч_{\text{с}} = 12 \cdot 15000 \cdot 34 = 6\,120\,000 \text{ грн/рік}$$

Відрахування на соціальні заходи здійснюються за встановленими  
законодавством ставками від витрат на оплату праці і складає 22%:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + 22\% = 6\,120\,000 + 22\% = 7\,466\,400 \text{ грн/рік}$$

Затрати на сировину приведені в таблиці 14

Таблиця 14 – Розрахунок вартості сировини

Найменування	Витрата, кг/добу	Ціна грн./м <sup>3</sup>	Сума витрат, грн/рік
Етилен	11260	30	337 800
Оксиген	1124,2	5,6	6 295,52
Разом			344 095,52

## 5.6 СОБІВАРТІСТЬ ОДИНИЦІ ПРОДУКЦІЇ

Отже, річні затрати на сировину складають:  $Z_c = 344\,095,52$  грн/рік.

Розрахуємо річні витрати на електроенергію приймаючи до уваги, що підприємство працює цілодобово, тариф за приєднану потужність:  $T_{пр} = 2,68$

грн/кВт; потужність обладнання:  $N_{об} = 60$ кВт/т; освітлення цілодобове  $N_{ос} = 30$ кВт/добу; кількість отриманого продукту за рік становить 14 235 т.

$$Z_{e/e} = 2,68 \cdot \left( N_{об} \cdot V_{рік} + N_{ос} \cdot 365 \cdot \frac{2}{3} \right) + 0,84 \cdot \left( N_{об} \cdot V_{рік} + N_{ос} \cdot 365 \cdot \frac{1}{3} \right) \\ = 3\,018\,389,4 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо витрати на опалення цеху приймаючи площу приміщення 72000 м<sup>2</sup> та тарифну ставку на опалення 10 грн/м<sup>2</sup> міс, сезон опалення 6 місяців:

$$Z_{опал} = 72000 \cdot 10 \cdot 6 = 4\,320\,000 \text{ грн/рік}$$

Вартість оборотних засобів:

- Закупівля сировини = 648 673 620 грн./рік
- Витрати на електроенергію = 3 018 389,4 грн./рік
- Опалення = 4 320 000 грн./рік
- ФОП = 7 466 400./рік
- Додаткові затрати = 500 000 грн

Оборотні засоби:

$$Обз = Z_c + Z_{e/e} + Z_{опал} + ФОП + \text{Додаткові затрати} = \\ 15\,648\,884,92 \text{ грн/рік}$$

Амортизація:

$$A = A_{прим.} + A_{обл} + A_{реактор} + A_{транс} + A_{сер} \\ = \frac{81\,000\,000}{20} + \frac{90\,000}{5} + \frac{600\,000}{5} + \frac{15\,000}{20} + \frac{5\,000}{2} \\ = 4\,191\,250 \text{ грн}$$

Собівартість:

$$C = A + Обз = 4\,191\,250 + 15\,648\,884,92 = 19\,840\,134,92 \text{ грн}$$

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Обчислемо собівартість одного продукту:

$$C_{\text{од}} = \frac{C}{B} = \frac{668\,169\,659,4}{14\,235\,000} = 1,3 \text{ грн/кг}$$

Визначаємо за середніми цінами ринку та за прайслистами ціну на продукцію - 15 грн.

Визначимо рентабельність підприємства:

$$P = \frac{Ц - C_{\text{од}}}{C_{\text{од}}} \cdot 100\% = 10,5\%$$

Прибуток підприємства за рік:

$$\Pi = (Ц - C) \cdot B = (70 - 1,3) \cdot 14\,235\,000 = 195\,019\,500 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень :

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{98\,167\,884,9}{195\,019\,500} = 0,5 \text{ роки}$$

$$K = \text{ОФ} + \text{Обз} = 82\,519\,000 + 15\,648\,884,9 = 98\,167\,884,9 \text{ грн}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B \cdot Ц}{\text{ОФ}} = \frac{14\,235\,000 \cdot 70}{82\,519\,000} = 12,07$$

Фондоємність:

$$\Phi \text{Є} = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{12,07} = 0,08$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр}} = \frac{\text{ОФ}}{Ц} = \frac{82\,519\,000}{34} = 242\,702,94$$

Побудуємо ВРПП з новими настройками регулятора

Одиничним виробом вважатимемо виготовлення однієї партії поліетилену (1000 кг).

Таблиця 15 - Тривалість обробки одиниці товару за апаратами після внесення параметрів регулятора

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71

№	Технологічна стадія	Тривалість,хв
1	Змішувач	3
2	Лічильник	2
3	Компресор першого каскаду	2
4	Масловіддільник низького тиску	3
5	Компресор другого каскаду	2
6	Трубчастий реактор	1
7	Редукційний вентиль	3
8	Масловіддільник високого тиску	6
9	Гранулюючий агрегат	4

Кількість робочих – 1 людина. Визначимо тривалість одного циклу:

$$t = \sum_{i=1}^m t_i = 3 + 2 + 2 + 3 + 2 + 1 + 3 + 6 + 4 = 26 \text{ хв}$$

$$n = \frac{T_{\text{зміни}}}{T_{\text{посл.}}} = \frac{8 * 60}{26} \approx 18 \text{ партій}$$

де  $T_{\text{зміни}}$  - тривалість однієї зміни, на даному підприємстві  $T_{\text{зміни}} = 8$  год;  
 $n$  -кількість одиниць продукції, яка виготовляється за зміну.

Отже, за одну зміну, один робочий може виготовити 18 партій поліетилену (18 000 кг).

Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції, якщо:

- фактична тривалість виробничого циклу  $T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = 26 \cdot 18 = 468 \text{ хв} = 7,8 \text{ год}$ ;
- річна тривалість роботи підприємства  $T_p = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}$ ;
- режим роботи цілодобово;
- виробництво поліетилену за 1 цикл – 18 000 кг.
- $T_{T_p}^{\text{с.р}} = \frac{24 \cdot 365}{T_p} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = \frac{24 \cdot 365}{8760} \cdot 7,8 = 7,8 \text{ год}$

Розрахуємо річний випуск продукції:

					<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		72



$$B = \frac{24 \cdot 365 \cdot V_{ц}}{T_{Тр}^{с.р}} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 18000}{7.8} = 20\,215\,384,6 \text{ кг/рік}$$

Де  $V_{ц}$ -випуск продукції за один виробничий цикл.

Розрахуємо вартість програми. Вартість роботи програміста складає 800 грн за годину роботи. На написання програмного модуля було витрачено 5ч робочого часу. Отже, зарплата програміста складатиме  $З_{Пр} = 4000$  грн. Написання програмного модуля включає в себе витрати на світло. За годину роботи комп'ютер споживає 300 Вт. При розрахунку на 1 день за 8 годин роботи отримуємо 1500 Вт або 1,5 кВт. Вартість електроенергії становить 2,68 грн/кВт. Отже, вартість програми складає:

$$V_{\text{програм}} = 4000 + 1,5 \cdot 2,68 = 4\,004 \text{ грн}$$

$$ОФ = 82\,519\,000 + 4004 = 82\,523\,004 \text{ грн}$$

Розрахуємо річні витрати на електроенергію приймаючи до уваги, що підприємство працює цілодобово, тариф за приєднану потужність:  $T_{Пр} = 2,68$  грн/кВт; потужність обладнання:  $Н_{об} = 60$ кВт/т; освітлення цілодобове  $Н_{ос} = 30$ кВт/добу; кількість отриманого продукту за рік становить 20 215 т.

$$\begin{aligned} Z_{e/e} &= 2,68 \cdot \left( N_{об} \cdot V_{рік} + N_{ос} \cdot 365 \cdot \frac{2}{3} \right) + 0,84 \cdot \left( N_{об} \cdot V_{рік} + N_{ос} \cdot 365 \cdot \frac{1}{3} \right) \\ &= 4\,292\,038 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Оборотні засоби:

$$Обз = Z_c + Z_{e/e} + Z_{опал} + ФОП + \text{Додаткові затрати} = 17\,141\,970,3 \text{ грн/рік}$$

Амортизація:

$$\begin{aligned} A &= A_{\text{прим}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{реактор}} + A_{\text{транс}} + A_{\text{сер}} \\ &= \frac{81\,000\,000}{20} + \frac{90\,000}{5} + \frac{600\,000}{5} + \frac{15\,000}{20} + \frac{5\,000}{2} \\ &= 4\,191\,250 \text{ грн} \end{aligned}$$

Собівартість:

$$C = A + Обз = 4\,191\,250 + 17\,141\,970,3 = 21\,333\,220,3 \text{ грн}$$

Обчислемо собівартість одного продукту:

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						73
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$C_{од} = \frac{C}{B} = \frac{21\,333\,220,3}{20\,215\,000} = 1,05 \text{ грн/кг}$$

Визначаємо за середніми цінами ринку та за прайслистами ціну на продукцію - 15 грн.

Визначимо рентабельність підприємства:

$$P = \frac{Ц - C_{од}}{C_{од}} \cdot 100\% = 13,2 \%$$

Прибуток підприємства за рік:

$$П = (Ц - C) \cdot B = (15 - 1,05) \cdot 20\,215\,000 = 281\,999\,250 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень :

$$T = \frac{K}{П} = \frac{99\,660\,970,3}{281\,999\,250} = 0,3 \text{ роки}$$

$$K = O\Phi + Oбз = 82\,519\,000 + 17\,141\,970,3 = 99\,660\,970,3 \text{ грн}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,3} = 3,33$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B \cdot Ц}{O\Phi} = \frac{20\,215\,000 \cdot 15}{82\,519\,000} = 3,6$$

Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{3,6} = 0,27$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{озбр} = \frac{O\Phi}{Ч} = \frac{82\,519\,000}{34} = 242\,702,94$$

З розрахунків, наведених вище можна зробити висновок, що дане підприємство є рентабельним ( $P = 10.5 \%$ ), прибуток за рік може складати 195 019 500 грн. Також, можна зробити висновок, що настройки регулятора реактора, є більш економічно вигідним. Рентабельність збільшилась на 2,6 % та прибуток за рік збільшився на 55 % , тому слід впроваджувати використання даних параметрів регулятора.

						<i>ХТМ-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			74

## 5.7 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ТА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБНИЦТВА

На підставі похідних розрахунків складаємо таблицю техніко-економічних показників проектованої ділянки виробництва (таблиця 16).

Таблиця 16. Техніко-економічні показники.

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Цифрові дані
1 Річний випуск продукції:		
- у натуральному вираженні	т	20 215
- у вартісному вираженні	грн.	281 999 250
2 Облікова чисельність робочих	чол.	34
3 Фонд оплати праці	грн.	7 466 40
4 Середньомісячна зарплата	грн.	15000
5 Продуктивність праці:		
- у натуральному вираженні	кг./день.	55 383
- у вартісному вираженні	грн./день.	58 152,15
6 Собівартість одиниці продукції	грн./кг	1,05

## Висновок

У кваліфікаційній роботі магістра розглянуто процес отримання поліетилену

високого тиску. Вирішено наступні задачі:

1. Проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу отримання поліетилену високого тиску та було обрано реактор.

2. Розраховано матеріальний баланс схеми процесу отримання поліетилену високого тиску.

3. Відповідно до технологічного завдання було обрано параметри регулятора для комп'ютерного моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску.

4. Розроблено схему автоматизації процесу отримання поліетилену високого тиску, підбрані необхідні технічні засоби автоматизації.

5. Проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, визначено шляхи їх усунення.

6. Розраховано техніко-економічні показники виробничого отримання поліетилену високого тиску, за яким визначено, що дане виробництво є доцільним.

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Особенности технологии производства полиэтилена URL: <https://polimerinfo.com/polietilen/tehnologiya-proizvodstva-polietilena.html> (дата звернення 10.06.2019)
2. Бугаєва Л.М., Бойко Т.В., Безносик Ю.О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів. Київ, Інтерсервіс, 2017. 254 с.
3. Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad: Учебно-методическое пособие. Казан. гос. технол. ун-т., 2008. 160 с.
4. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Структурні, функціональні та принципові схеми / укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 48с.
5. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Схеми з'єднань, підключення, загальні та розміщення / укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 28с.
6. Бугаєва Л.М., Безносик Ю.О., Ткач В.В., Ілляшенко К.А. Моделювання реактора та схеми отримання поліетилену високого тиску безперервним методом. Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку – КМХТ2016: П'ята міжнародна науково-практична конференція (Київ 18-20 травня 2016 року). Київ, 2016. с. 110-118.
7. А.А, Безденежный. Инженерные методы составления уравнений скоростей реакции и расчета кинетических констант. Львов, Химия, 1973. 256 с.
8. Каталог ПАТ «Промприлад URL: <http://www.prylad.com.ua/index.php/ua/produktsiia>
9. КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА Навчальний посібник до дисциплін і практикумів "Промислові полімери" та "Основи технології виробництва полімерних матеріалів" для студентів хімічного факультету.  
[https://macrochem.knu.ua/pages/teaching/files/industrial\\_polymers.pdf](https://macrochem.knu.ua/pages/teaching/files/industrial_polymers.pdf)

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

9. Каталог ООО «ОВЕН» URL: <https://owen.ua/ua/vymiryuvachi-reguljatory>
10. В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. Загальна хімічна технологія. Львів: Львівська Політехніка, 2009. 552 с.
11. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
12. Поліетилен високого тиску (LDPE) <https://flexx.com.ua/ua/pe/ldpe>
13. Поліетилен високого тиску: технічні характеристики. <https://irren.com.ua/polietylen-vysokogo-tysku-tehnicni-harakterystyky.html>
12. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
13. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
14. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
15. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И. Г. Староверова: Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1978.-509.
16. ДБН В2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
17. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
18. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
19. ДСТУ ГОСТ 26568: 2009 «Вибрация методы и средства защиты».
20. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
21. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
22. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
23. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

					ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

24. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
25. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд». Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
26. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” -К.: МОЗ України, 2000.
27. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
28. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
29. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017– 617с.
30. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
31. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
32. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
33. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
34. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

					<i>ХТм-21ш.161.10.МР.01.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79