

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ...	9
ВСТУП	10
1 Аналіз технологічної схеми процесу отримання вторинного поліетилен-теререфталату.....	12
1.1 Характеристика ПЕТ	12
1.2 Основні способи отримання поліетилентеререфталату	13
1.3 Основні способи промислової утилізації поліетилентеререфталату	15
1.4 Опис технологічної схеми процесу отримання вторинного ПЕТ	17
2 Розрахунок матеріального балансу процесу отримання вторинного поліетилен-теререфталату.....	19
2.1 Теоретичні засади розрахунку матеріального балансу.....	19
2.2 Аналіз структури ХТС	20
3 Комп'ютерний розрахунок параметрів системи керування рівнем	28
3.1 Розрахунок налаштувань за частотними характеристиками об'єкта (забезпечення заданого запасу стійкості в системі).....	29
3.2 Розрахунок оптимального налаштування регулятора на степінь коливальності m	29
3.3 Розрахунок оптимального налаштування регулятора за величиною максимуму АЧХ (на показник коливальності M)	30
3.4 Визначення налаштувань ПІД – регулятора.....	32
3.5 Побудова перехідного процесу в замкненій системі регулювання.....	33
3.6 Частотний метод розрахунку перехідного процесу	33
3.7 Розробка моделі каналу керування рівнем в ємності моноетаноламіну.....	34
3.8 Розрахунок оптимальних налаштувань ПІД регулятора	36
3.9 Розрахунок та побудова перехідної характеристики ПІД-регулятора.....	41
4 Автоматизація процесу отримання вторинного ПЕТ	43

					ХА 3115 1490 001 ПЗ			
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пастушенко О.В.			Комп'ютерний розрахунок процесу отримання вторинного поліетилентеререфталату Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Акрушів
Перевір.							7	90
Н. Контр.		Шахновський			НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ХТФ, гр. ХА – 31			
Затв.		Бондаренко С.Г.						

4.1	Визначення контурів системи автоматизації.....	43
4.2	Розробка схеми автоматизації.....	45
5	Економіко-організаційні розрахунки процесу отримання вторинного поліетилентерефталату.....	48
5.1	Теоретичні відомості для техніко–економічного обґрунтування процесу отримання вторинного поліетилентерефталату.....	49
5.2	Техніко–економічні показники отримання вторинного поліетилентерефталату.....	54
5.3	Розрахунок вартості дипломного проекту по отриманню вторинного поліетилентерефталату.....	60
6	Охорона праці.....	65
6.1	Виявлення шкідливих та небезпечних факторів. Заходи з ОП.....	65
6.1.1	Повітря робочої зони.....	65
6.1.2	Виробниче освітлення.....	66
6.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	69
6.1.4	Електробезпека.....	69
6.1.5	Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання.....	70
6.2	Пожежна безпека.....	71
	ВИСНОВКИ.....	73
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74
	ДОДАТКИ.....	75
	Додаток А. Розрахунок налаштувань ПД-регулятора.....	76
	Додаток Б. Специфікація приладів.....	88

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПЕТ – поліетилентерефталат;

МЕА – моноетаноламін;

ХТС – хіміко-технологічна система;

МТБ – матеріально-тепловий баланс;

Р – тиск;

Т – температура;

Н – рівень;

ФОП – фонд оплати праці;

ОФ – основні фонди;

А – амортизація основних фондів;

ОбЗ – оборотні засоби;

С – собівартість;

П – прибуток;

Ц – ціна;

Р – рентабельність;

Е – ефективність підприємства;

ФОП – фонд оплати праці;

ЗП – заробітна плата;

ОП – охорона праці;

КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Поліетилентерефталат (ПЕТ) – це складний термопластичний поліефір терефталевої кислоти та етиленгліколю. Він є міцним, жорстким та водночас легким матеріалом, фізичні характеристики якого роблять його ідеальним для використання у різних сферах.

ПЕТ знаходить різноманітні застосування завдяки широкому спектру властивостей, а також можливості управляти його кристалічністю. Основне застосування пов'язано з виготовленням різної тари та упаковок, зокрема пляшок для газованих напоїв, оскільки ПЕТ володіє чудовими бар'єрними властивостями. Також поліетилентерефталат використовується у виробництві меблів, автомобілів і машин, у виробництві тканин і волокнистих матеріалів, одягу та взуття, плівка з ПЕТ є основою для виробництва магнітних носіїв (аудіо, відео касет, комп'ютерних дисків тощо) і фотоплівок.

При виготовленні тари та упаковки об'єм відходів складає в залежності від сировини і технології 0,9 – 1,2 %. Більшу ж частину відходів з поліетилентерефталату складають вироби, які вибули з споживання, до них відносяться упаковка, тара для рідин, композиційні матеріали тощо.

Напрями використання вторинного поліетилентерефталату в світі різноманітні. Біля третини вторинного ПЕТ використовується для виготовлення волокон для килимів, синтетичних ниток, одягу та текстилю. Інші напрями застосування вторинного поліетилентерефталату стосуються виготовлення листів і плівки, бандажної стрічки та виробництва тари.

Волокна з вторинного ПЕТ знаходять широке застосування. Їх використовують для виготовлення частин автомобілів (килими, оббивка), а також для виготовлення килимових покриттів для жилого та офісного приміщення.

Волокна великого діаметру використовується як утеплювач спортивного одягу, спальних мішків і як наповнювач м'яких іграшок. З волокон меншого діаметру отримують штучну бавовну, яка використовується для трикотажних сорочок, светрів та шарфів (светр з штучної бавовни може містити до 25 % перероблених ПЕТ пляшок). Волокнисті матеріали більш гіршої якості можуть

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		10

бути використані в якості сорбенту на очисних станціях АЗС, в якості утеплювача чи наповнювача.

З відходів ПЕТ та мінеральних добавок, таких як зола або пісок, можна отримати полімербетон. Це дуже міцний та і довговічний матеріал який знайшов широке застосування через свої властивості: він легкий, швидко твердіє і утворює міцне щеплення з бетонною поверхнею, його можна швидко наносити і змінювати товщину, що дуже важливо для покриття мостів і поверхонь виробничих приміщень.

В Україні не ведеться статистика використання виробів з поліетилентерефталату та утворених відходів з них. На даний час немає сортування відходів та розділення його за типом, всі відходи вивозяться на полігони та захоронюються, також в Україні відсутній ринок відходів ПЕТ та продукції, виготовленої з них. Лише в 2009 році в Україні почали розробляти програми по впровадженню сортування відходів, їх утилізації чи переробки. При цьому рекомендується організувати на місцях роздільний збір ПЕТ-пляшок для населення, підприємств, пов'язаних з торгівлею, та точок масового скопичення сміття (стадіони, пляжі, місцеві ринки та парки). Особливу увагу необхідно приділити розвитку підприємств по виробництву готової продукції з використанням вторинного ПЕТ, а також напрямках по їх просуванню на ринок.

Лише невелика кількість світових відходів поліетилентерефталату піддають утилізації. На даний момент в світі не існує великої кількості напрямів по утилізації відходів ПЕТ, підприємствам дешевше і доцільніше відправити відходи на переробку. Тому актуальність деструкції відходів поліетилентерефталату до вихідних компонентів є досить актуальною в наш час [1-3].

Метою бакалаврського проекту є дослідження процесу отримання вторинного поліетилентерефталату, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля для керуванням рівнем в ємності зберігання моноетаноламіну, розробка функціональної схеми автоматизації виробництва, оцінка економічних показників та розробка заходів, спрямованих на створення безпечних і здорових умов праці.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 Аналіз технологічної схеми процесу отримання вторинного поліетилентерефталату

1.1 Характеристика ПЕТ

Поліетилентерефталат – це термопластичний полімер, який є найпоширенішим серед поліефірів. ПЕТ матеріал володіє прозорістю, високою міцністю, хорошою пластичністю (причому в нагрітому стані, і в холодному), хімічну стійкість. Даний матеріал піддається обробці свердлінням, пилянням, фрезеруванням. Всі свої характеристики ПЕТ матеріал зберігає і при низьких температурах, до -40, і при високих, до +75 градусів.

ПЕТ матеріал має високу хімічну стійкість до бензину, масел, жирів, спиртів, ефіру, розбавлених кислот і лугів. Поліетилентерефталат не розчинний у воді і багатьох органічних розчинниках, розчинний лише при 40-150 градусах в фенолах, аніліні, бензиловому спирті, хлороформі, піридині, дихлороцетовій і хлорсульфоновій кислотах. Нестійкий до кетонів, сильних кислот і лугів. Має підвищену стійкість до дії водяної пари.

Аморфний поліетилентерефталат – твердий прозорий з сірувато-жовтуватим відтінком, кристалічний – твердий, непрозорий, безбарвний. Відрізняється низьким коефіцієнтом тертя (в тому числі і для марок, що містять скловолокно). Термодеструкція ПЕТ має місце в температурному діапазоні 290-310 С. Деструкція відбувається статистично уздовж полімерного ланцюга; основними летючими продуктами є терефталева кислота, оцтовий альдегід і 12O_2 оксид вуглецю. При 900°C генерується велика кількість різноманітних вуглеводнів; в основному летючі продукти складаються з 12O_2 окс вуглецю, 12O_2 оксиду вуглецю і метану. Для запобігання окислення ПЕТ під час переробки можна використовувати широкий ряд антиоксидантів. Характеристика ПЕТ наведена в таблиці 1.1.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.1 – Характеристика ПЕТ

1.2 Основні способи отримання поліетилентерефталату

Поліетилентерефталат (ПЕТ) є полімером пара - (тере) фталевої кислоти і етиленгліколю. Він може бути отриманий трьома способами:

- 1) з хлорангідридов терефталевої кислоти і гліколю в середовищі інертного розчинника, у присутності лужного каталізатора;
- 2) при поліетерифікації терефталевої кислоти і гліколю, взятого в надлишку, в присутності каталізаторів етерифікації;
- 3) при етерифікації диметилтерефталату етиленгліколем з наступною поліконденсацією утворився диглікольтерефталат.

Перші два способи не знайшли широкого застосування через обмеженість сировинних ресурсів (хлорангідридів терефталевої кислоти) і труднощі проведення процесу.

В промисловості найбільшого поширення набув останній спосіб.

Поліетилентерефталат отримують поліконденсацією кристалічної терефталевої кислоти або диметилового ефіру з рідким етиленгліколем з періодичної або безперервної схеми в дві стадії : етерифікації терефталевої і зофталевої кислот етиленгліколем і поліконденсації у присутності каталізатора - триоксиду сурми.

За техніко-економічними показниками перевагу має безперервний процес отримання поліетилентерефталату з кислоти і етиленгліколю. Етерифікація кислоти етиленгліколем (молярне співвідношення компонентів від 1:1,2 до 1:1,5) проводять при 240-270 °С і тиску 0,1-0,2 МПа.

Отриману суміш бі-(2-гідроксіетил) терефталат з його олігомерами піддають поліконденсації в декількох послідовно розташованих апаратах, забезпечених мішалками, при поступовому підвищенні температури від 270 до 300 °С і зниженні тиску від 6600 до 66 Па.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		13

Перша стадія, поліконденсація, включає в себе кілька послідовних процесів. По-перше, це змішання всіх компонентів: основної сировини, різних добавок, необхідних каталізаторів і ін. По-друге, наступним етапом виробництва поліетилентерефталату є етерифікація, що представляє собою процес, характеризується отриманням складних ефірів з різних спиртів і кислот.

Два таких суміжних процеси, як предполіконденсація і безпосередньо поліконденсація об'єднуються на одному етапі. Тут здійснюється синтез полімерів, який супроводжується виділенням побічних продуктів реакції (низькомолекулярні з'єднання). Заключним моментом першої стадії виробництва поліетилентерефталату є процес гранулювання. З аморфного полімеру, що володіє низьким ступенем в'язкості, отримують безбарвні гранули.

Друга стадія отримання ПЕТ, характерна для класичної технології виробництва цього матеріалу, є твердофазною дополіконденсацію. Процес являє собою послідовне охолодження і нагрівання отриманих гранул. Вони нагріваються до високих температур, що сприяє підвищенню молекулярної маси продукту і, як наслідок, збільшення ступеня в'язкості полімеру.

Також існує технологія отримання поліетилентерефталату з диметилтерефталату.

Після завершення процесу, розплав поліетилентерефталату видавлюється з апарата, охолоджується (При швидкому охолодженні отримують аморфний ПЕТ, при повільному - кристалічний) і гранулюється (товарний ПЕТ випускається зазвичай у вигляді грануляту з розміром гранул 2-4 міліметри) або направляється на формування волокна [4].

Останнім часом в світі широке розповсюдження отримав одностадійний синтез ПЕТ з етиленгліколю і терефталевої кислоти за безперервною схемою. І саме даний спосіб визнається досить перспективним.

1.3 Основні способи промислової утилізації поліетилентерефталату

Виділяють декілька основних напрямлень переробки поліетилен-терефталату, які умовно можна розділити на три основні групи – механічні, хімічні та термічні.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		14

Механічний спосіб базується на подрібненні відходів, їх промиванні, видаленні залишків етикетки, пробок, сушки з отриманням вторинного ПЕТ, який придатний для повторного використання. При цьому форми вторинного ПЕТ можуть мати різну форму. Для переробки ПЕТ-відходів використовують подрібнювачі, млини, гранулятори.

Механічні методи переробки і утилізації поліетилентерефталату є досить оптимальними в наш час, оскільки за допомогою наведених методів можна утилізувати велику кількість даного виду пластику, отримуючи готові матеріали: нові види будівельних матеріалів, добавки до основних компонентів в різних видах промисловості, а зважаючи на швидке збільшення об'ємів утворення відходів ПЕТ – це є досить важливим. Також наведені методи не потребують великих затрат.

Але з точки зору повної утилізації механічні методи не є позитивними, оскільки залишається велика кількість відходів ПЕТ, які не можуть бути перероблені в той чи інший вид матеріалу, тому проблема повної переробки і утилізації залишається. З цього боку більш актуальними є хімічні методи переробки і утилізації відходів поліетилентерефталату. Суттю хімічних методів є деструкція відходів ПЕТ в присутності різних класів органічних з'єднань. В залежності від типу хімічного агента, що викликає деструкцію (вода, водні розчини лугу, спирти, кислоти та інші), процеси можна розділити на: алкоголіз (використання спирту в якості деструкційного матеріалу), гідроліз (деструкція полімеру при взаємодії з іонами водню), гліколіз (розклад при взаємодії з етиленгліколем), метаноліз (деполімеризація в присутності метанолу), омилення (розклад полімеру при безпосередній взаємодії з лугом) та інші.

Одним з найбільш простих термічних способів ліквідації пластмасових відходів є їх спалювання. Проте спалювання деяких видів полімерів супроводжується утворенням токсичних газів: хлориду водню, оксидів азоту, аміаку, ціаністих з'єднань та інших, тому такий спосіб утилізації призводить до забруднення навколишнього середовища токсичними газами, які негативно впливають на стан здоров'я людини.

						ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			15

Ще одним способом термічної утилізації відходів ПЕТ є піроліз — термічне розкладання органічних речовин у відсутність кисню з метою здобуття корисних продуктів [5].

Високі вимоги екологічної безпеки, що пред'являються до полімерів, викликають необхідність використовувати нові методи утилізації полімерних відходів шляхом їх саморозкладу під дією мікроорганізмів (біодеградація), УФ-випромінювання (фотодеградація) і води (гідролізація).

1.4 Опис технологічної схеми процесу отримання вторинного ПЕТ

Рисунок 1.1 - Технологічна схема процесу отримання вторинного ПЕТ:

1 – бункер ПЕТ; 2 – дозатор ПЕТ; 3 – ємність моноетаноламіну; 4 – апарат розчинення; 5 – фільтр грубої очистки; 6, 11 – теплообмінники; 7 – гомогенізатор; 8 – ємність води; 9 – фільтр очистки і промивки готового продукту; 10 – рекуперативний випарний апарат (для випаровування моноетаноламіну); I – подрібнений ПЕТ; II – моноетаноламін; III – розчин поліетилентерефталату в моноетаноламіні; IV – осад; V – очищений розчин поліетилентерефталату в моноетаноламіні; VI – вода; VII – діфенільна суміш; VIII – готовий продукт (вторинний ПЕТ); IX – водний розчин моноетаноламіну.

Згідно даної схеми, спочатку у бункер 1 та ємність 3 подають вихідні речовини (подрібнений ПЕТ та моноетаноламін відповідно). Після цього, у апарат розчинення 4 завантажують подрібнений ПЕТ та моноетаноламін, де ці компоненти нагріваються за допомогою діфенільної суміші до температури 200°C. Так як процес періодичний, то витрати вихідних речовин чітко визначені 1000 кг моноетаноламіну та 500 кг ПЕТ.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		16

Після розчинення отриманий розчин поліетилентерефталату в моноетаноламіні передають до фільтру грубої очистки 5, у якому відбувається відділення механічних домішок (1% від загальної кількості ПЕТ).

Очищений розчин подають до теплообмінника 6, де він охолоджується до температури 150 °С.

Далі розчин подають до гомогенізатора 7, у якому він змішується з водою (витрата води - 1500 кг) та охолоджується до температури 75-80 °С. На виході отримуємо водний розчин поліетилентерефталату в моноетаноламіні.

Далі водний розчин потрапляє до фільтру очистки і промивки 9 (промивається водою -100 кг). З цього фільтру вторинний ПЕТ надходить до ємності готового продукту.

Далі водний розчин моноетаноламіну потрапляє до рекуперативного випарного апарату 10, у якому відбувається процес випаровування моноетаноламіну. Моноетаноламін, що випарувалася, повертається до ємності 3 (втрата моноетаноламіну – 80 кг).

Вода, що залишилася після випарування переходить до теплообмінника 11, де охолоджуються до температури 20 - 25 °С.

Охолоджена вода повертається до ємності 8 для повторного використання.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		17

2 Розрахунок матеріального балансу процесу отримання вторинного поліетилентерефталату

2.1 Теоретичні засади розрахунку матеріального балансу

Метою функціонування будь – якої виробничої системи є отримання продуктів в необхідній кількості і необхідної якості при оптимальному використанні ресурсів. Для розв'язання цих задач використовують різні методи, в основі яких лежить матеріальний баланс, який зв'язує витрату сировини з кількістю отриманого продукту.

На стадії проектування комп'ютерний розрахунок МТБ дозволяє визначити кількісні характеристики функціонування системи: матеріальні і теплові навантаження, продуктивність елементів системи, масові витрати грючої пари і охолоджуючої води, кількості теплоти і енергії. МТБ і продуктивність апаратів схеми є вихідною інформацією для технологічного, конструктивного і техніко – економічного розрахунку елементів ХТС.

Розрахунок МТБ узагальнюють у вигляді таблиць, що складаються із проходу (вихідна сировини, яка задіяна в ході технологічного процесу або його стадії) і витрат (готова продукція, відходи виробництва, втрати) та таблиць теплового балансу, що містять прихід і витрати теплоти [12].

При складанні таблиць в основу розрахунку покладено закон збереження маси і енергії. Ліву частину рівняння матеріального балансу складає маса (масова витрата) усіх видів сировини і матеріалів, що поступають на переробку $\sum G_{j,ВХ}$, а праву – маса продуктів, що покидають апарат $\sum G_{j,ВИХ}$, і виробничі втрати $\sum G_{j,ВТР}$:

(2.1)

де $G_{j,ВХ}$ - масова витрата j-го потоку, що надходить в апарат, кг/год; $G_{j,ВИХ}$ - масова витрата j-го потоку, що виходить за апарату, кг/год; $G_{j,ВТР}$ - масова витрата j-го потоку, що втрачається, кг/год [6].

В даному дипломному проекті виконується розрахунок тільки матеріального балансу схеми, так як розрахунок теплового балансу не визначається умовами процесу та завданням на проектування.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Аналіз структури ХТС

Технологічна схема процесу отримання вторинного поліетилентерефталату (рисунок 1.1) має зворотні зв'язки, тобто є замкненою. Тому спочатку необхідно провести структурний аналіз, основною метою якого є отримання оптимальної послідовності розрахунку схеми.

Розглянуту схему отримання вторинного ПЕТ можна представити у вигляді структурної схеми, зображеної на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 - Структурна схема отримання вторинного ПЕТ

В таблицях 2.1 та 2.2 вказана відповідність апаратів та відповідність потоків технологічної схеми (ТС) до структурної схеми (СС).

Таблиця 2.1 – Відповідність апаратів

Таблиця 2.1 – Відповідність апаратів (продовження)

Таблиця 2.2 – Відповідність потоків

Визначимо послідовність розрахунку апаратів, для цього складемо матрицю шляхів «М»

Та знайдемо матрицю контурів D.

З матриці видно, що система містить 1 комплекс К. Звідси попередня послідовність розрахунку схеми: .

Для отриманого комплексу складаємо таблицю суміжності (таблиця 2.3) та побудуємо прадерево комплексу К (рисунок 2.2).

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.3 – Таблиця суміжності комплексу К

Рисунок 2.2 – Прадерево комплексу К

Як видно з рисунку 2.2 в комплексі К є 3 контури:

- контур 1: 2-3-4-5-6-8-9-2;
- контур 2: 6-8-9-10-7-6;
- контур 3: 8-9-10-7-8.

Будуємо матрицю контурів для комплексу К. Отримана матриця контурів наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Матриця контурів комплексу К

Розриваємо зв'язок де значення f найбільше, в даному випадку це зв'язок 8-9. Структурна схема з розривом зв'язку представлена на рисунку 2.3.

Рисунок 2.3 - Структурна схема отримання вторинного ПЕТ з розривом рециклу

Оптимальна послідовність розрахунку схеми:

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в середовищі MathCad.

Початкові дані до розрахунку матеріальних балансів наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Початкові дані до розрахунку матеріальних балансів

Схема для розрахунку матеріального балансу представлена на рисунку 2.4.

Рисунок 2.4 – Схема процесу для розрахунку матеріального балансу:

1 – дозатор ПЕТ; 2 – ємність моноетаноламіну; 3 – апарат розчинення; 4 – фільтр грубої очистки; 5, 10 – теплообмінники; 6 – гомогенізатор; 7 – ємність води; 8 – фільтр очистки і промивки готового продукту; 9 – рекуперативний випарний апарат (для випаровування моноетаноламіну); 1, 2 – подрібнений ПЕТ;

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		20

3, 24, 25 – моноетаноламін; 6 – розчин поліетилентерефталату в моноетаноламіні;
7 – осад; 8, 11 – очищений розчин ПЕТ в МЕА; 14 – водний розчин ПЕТ в МЕА;
9, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23 – вода; 4, 5 – діфенільна суміш; 15 – готовий
продукт (вторинний ПЕТ); 17 – водний розчин моноетаноламіну.

Результати розрахунку технологічної схеми представлені в таблицях 2.6 –
2.10.

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс апарата розчинення (3)

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс гомогенізатора (6)

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс фільтра очистки і промивки готового
продукту(8)

Таблиця 2.9– Матеріальний баланс рекуперативного випарного апарату (9)

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс схеми отримання вторинного ПЕТ

Продуктивність схеми – 499 кг/год вторинного ПЕТ.

Як видно з таблиці 2.10, матеріальний баланс схеми зійшовся. Робимо з
цього висновок, що схема працює вірно.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		21

3. Комп'ютерний розрахунок параметрів системи керування рівнем

Перед установкою на об'єкті керування та в процесі експлуатації системи автоматичного регулювання необхідно проводити розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів, при яких система, будучи в достатній мірі стійкою, задовольняє прийнятним показниками якості перехідного процесу.

Від якості настроювання регулятора залежить ефективність функціонування САР. Вибір оптимальних параметрів настроювання регуляторів є одним з найбільш важливих і складних етапів налагодження САР. Оптимальні параметри регуляторів підвищують якісні та економічні показники роботи основного і допоміжного устаткування, а також надійність їх експлуатації [14].

Динамічні властивості САР залежать від характеристик об'єкта і регулятора. Всі параметри САР можна розділити на три групи:

- задані параметри, які не можна змінювати (наприклад, статичні і динамічні параметри об'єкта);
- параметри, які можуть бути обрані конструктором при розробці регулятора, але не можуть бути змінені при налаштуванні;
- параметри, які можна змінити при налаштуванні.

Розробка САР на основі промислового регулятора передбачає рішення задачі визначення та встановлення параметрів регулятора за заданими параметрами об'єкта. Розв'язання цієї задачі здійснюється у наступному порядку:

- на підставі відомостей про регульований об'єкт, характер збурень, керуючі впливи та ін. вибирається досить простий типовий закон регулювання;
- проводиться розрахунок оптимального налаштування регулятора;
- проводиться аналіз якості роботи системи при знайдених оптимальних налаштуваннях регулятора;
- якщо система не задовольняє поставленому завданню, обирають більш складний закон регулювання;
- якщо і цей захід не дає задовільних результатів, то ускладнюють структуру САР (вводять додаткові контури регулювання, уточнюють характер

впливу збурень і т.д.).

Параметри налаштування регуляторів повинні бути обрані такими, щоб у замкненій системі автоматичного регулювання був забезпечений заданий запас стійкості; при цьому обраний показник якості регулювання повинен відповідати необхідному (або повинен мати екстремальне значення).

Оскільки в теорії автоматичного регулювання запас стійкості може бути оцінений по-різному, а також використовуються різні показники якості регулювання, в інженерних розрахунках застосовуються декілька методів визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів [7].

3.1 Розрахунок налаштувань за частотними характеристиками об'єкта (забезпечення заданого запасу стійкості в системі)

Амплітудно-фазову характеристику (АФХ) об'єкта керування можна використовувати для розрахунку налаштувань регуляторів, де головним критерієм є забезпечення заданого запасу стійкості в системі.

Як наголошувалося раніше, система автоматичного регулювання повинна мати достатній запас стійкості, і в межах запасу стійкості не менше заданого, якість регулювання повинна бути як найкращою в сформульованому сенсі.

Запас стійкості системи може бути оцінений величиною m (ступінь коливальності системи) або величиною M (показник коливальності), які характеризують затухання коливальної складової перехідного процесу і зв'язані залежністю із ступенем затухання Ψ [7].

3.2 Розрахунок оптимального налаштування регулятора на ступінь коливальності m

Для неперервних систем регулювання при зображенні коренів характеристичного рівняння на комплексній площині вимога стійкості САР зводиться до того, щоб всі корені розташовувалося в лівій напівплощині. Для довільного кореня характеристичного рівняння справедливий запис:

(3.1)

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		23

Якщо хоча би один корінь лежить в правій на півплощині комплексного змінного, то система нестійка. Якщо ж є корені, що знаходяться на уявній осі, система знаходиться на межі стійкості.

Тривалість перехідного процесу і інтенсивність його затухання визначаються значеннями кореня, який найближче розташований до уявної осі [7].

З початку координат проведемо промені через два комплексно спряжених кореня так, щоб решта всіх коренів опинилася між цими променями (рисунок 3.1).

Рисунок 3.1 – Процес визначення степені коливальності

Степінь коливальності m процесу характеризує загасання його коливальних складових і чисельно дорівнює абсолютному значенню відношення дійсної частини кореня характеристичного рівняння α до коефіцієнта при уявній частині ω з найменшим абсолютним значенням цього відношення:

$$(3.2)$$

Чим більше m , тим швидше затухає коливальний процес.

3.3 Розрахунок оптимального налаштування регулятора за величиною максимуму АЧХ (на показник коливальності M)

Запас стійкості замкненої системи визначається ступенем віддалення АФХ розімкненої системи $W(j\omega)$ від точки з координатами $(-1, j0)$. Проходження АФХ через цю точку відповідає знаходженню САР на коливальній межі стійкості. Віддалення АФХ від точки $(-1, j0)$ вправо відповідає підвищенню запасу стійкості. Цю відстань можна характеризувати за допомогою двох позитивних чисел, які називають запасами стійкості системи за амплітудою (модулю АФХ) і за фазою. Запас стійкості за модулем – це довжина відрізка S (рисунок 3.2), яка дорівнює відстані від точки перетину АФХ розімкненої системи від'ємної дійсною осі до точки з координатами $(-1, j0)$.

Рисунок 3.2 – Запас стійкості за модулем і за фазою

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		24

Чисельно він показує, на скільки повинен змінитися модуль АФХ розімкненої системи при незмінних фазових співвідношеннях для виходу системи на границю стійкості. Запас стійкості за фазою – це кут γ , який лежить між дійсною і від’ємною піввіссю і променем, проведеним з початку координат в точку перетину АФХ розімкненої системи з колом одиничного радіуса з центром в початку координат.

Запас стійкості зручно характеризувати показником коливальності системи M (рисунок 3.3). Показник коливальності M – це відношення максимального значення амплітудно–частотної характеристики (АЧХ) замкненої системи (модуля АФХ) до її значення при нульовій частоті - $\omega=0$ (початкової координати).

Рисунок 3.3 – Амплітудно-частотна характеристика і показник коливальності

Показник коливальності M є показником запасу стійкості системи. Зручність показника коливальності визначається тим, що запас стійкості системи характеризується одним числом, що має для порівняно широкого класу систем регулювання порівняно вузькі межі ($M=1.1..1.6$). Умовно вважається, що значення $M=1.4-1.6$ є оптимальним для промислових характеристика і показник коливальності САР, оскільки в цьому випадку перерегулювання забезпечується в межах від 20% до 40% [7].

3.4 Визначення налаштувань ПД – регулятора

Порядок налаштування ПД – регулятора:

1. Будується АФХ об’єкту.
2. Задаються значенням постійної часу регулятора T_{i1} .
3. Будується АФХ розімкненої системи при $k_p=1$, $T_i= T_{i1}$.
4. Будується промінь під кутом β до від’ємної дійсної піввісі.
5. Будується M -коло з центром на від’ємній дійсній півосі, яке одночасно дотикається до променя і до АФХ розімкненої системи.
6. Визначають радіус отриманого кола r .

7. Визначають необхідний коефіцієнт підсилення регулятора k_p за формулою (3.3):

(3.3)

8. Таким чином, отримують першу пару налаштувань ПІД-регулятора k_{p1} і T_{i1} .

9. Задаються новим значенням постійної часу регулятора T_{i2} і по аналогії отримують другу пару налаштувань - k_{p2} і T_{i2} .

10. Процедуру повторюють декілька разів (4-5) і отримують відповідне число рівноцінних пар налаштувань ПІД-регулятора.

11. За результатами розрахунків в площині параметрів налаштувань регулятора k_{pi} та T_i будують границю області запасу стійкості. У цій області максимум АЧХ замкненої системи не буде перевищувати заданої величини.

3.5 Побудова перехідного процесу в замкненій системі регулювання

Після визначення оптимальних налаштувань регуляторів необхідно розрахувати та побудувати перехідний процес в замкнутій САР за каналом «завдання - вихід» при отриманих оптимальних параметрах налаштування заданих регуляторів. Побудова перехідного процесу є завершаючим етапом дослідження автоматичної системи. За отриманим графіком перехідного процесу можна наочно визначити основні показники якості процесу регулювання.

Існують три групи методів побудови перехідних процесів: аналітичні, графоаналітичні й чисельні. Аналітичні методи побудови перехідних процесів засновані на вирішенні рівняння динаміки, що описує рух системи. Широкого поширення набули наближені графічні і графоаналітичні методи з використанням дійсних частотних характеристик. У даний час особливе значення мають чисельні методи побудови перехідних процесів, що ґрунтуються на застосуванні пакетів прикладних програм [7].

3.6 Частотний метод розрахунку перехідного процесу

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		26

Частотний метод розрахунку перехідного процесу був розроблений В.В. Солодовниковим. Згідно цього методу за відомою дійсною частотною характеристикою $Re(\omega)$ можна побудувати графік зміни вихідної величини x за часом. Для цього застосовується функція:

(3.4)

Отримання частотної характеристики $Re(\omega)$ за відомою передавальною функцією виконується досить просто. Для обчислення інтеграла застосовують метод трапецій (що полягає в заміні характеристики $Re(\omega)$ трапеціями з подальшим визначенням інтеграла) або чисельні методи. Формула легко програмується. Також легко виконати обчислення за цією формулою з використанням математичних пакетів, наприклад Mathcad [7].

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		27

3.7 Розробка моделі каналу керування рівнем в ємності моноетаноламіну

Згідно з представленою розрахунковою схемою (рисунок 3. 4), об'єкт має два вхідних потоки Q_1 та Q_2 і один вихідний – Q_3 . На значення рівня (H) ми можемо впливати лише потоком Q_1 , так як потік Q_2 це моноетаноломін який повертається з рецирку, а потік Q_3 – моноетаноламін який необхідний для очистки поліетилентерефталату в визначеній кількості.

Рисунок 3.4 – Розрахункова схема ємності з регулюванням рівня

Виходячи з вище сказаного, отримуємо рівняння статички, яким являється рівняння матеріального балансу:

(3.5)

Витрати Q_1 , Q_2 і Q_3 можна виразити через відкриття клапанів на входах і виході. Якщо z , u і q – відносне відкриття клапанів на входах і виході, то витрати Q_1 , Q_2 і Q_3 будуть дорівнювати:

(3.6)

(3.7)

(3.8)

де C_{v1} , C_{v2} , C_{v3} – коефіцієнти витрати; ρ – густина; H – рівень; P_p – тиск рідини в ємності.

З урахуванням виразів (3.6), (3.7) і (3.8) рівняння (3.5) матиме вигляд:

(3.9)

З урахуванням акумуляції рідини в об'єкті при зміні рівня H із рівняння статички (3.9) отримаємо рівняння динаміки об'єкта:

(3.10)

В якості змінних приймемо параметри z та H , інші приймемо постійними. В результаті отримуємо нелінійне диференціальне рівняння [8]. Знайдемо його лінійне приближення:

(3.11)

В зв'язку з громіздкістю отриманих і проміжних виразів доцільно користуватися проміжними позначеннями:.

З урахуванням проміжних позначень рівняння динаміки буде мати вигляд:

(3.12)

Після перетворення рівняння (3.12) по Лапласу отримуємо рівняння динаміки для нашого об'єкту регулювання:.

(3.13)

Так як регулювання рівня здійснюється лише ступенем відкриття клапана z , з рівняння динаміки отримуємо передавальну функцію об'єкту регулювання, яка необхідна для розрахунку оптимальних налаштувань ПД регулятора:

(3.14)

3.8 Розрахунок оптимальних налаштувань ПД регулятора

1) Вводимо відомі параметри передавальної функції об'єкта:

$\rho = 1.015 \text{ г/см}^3$ – густина

$z = 0.08$; $u = 1$; $q = 1$ – коефіцієнти відкриття клапанів

$H = 0.9 \text{ м}$ – рівень в ємності моноетаноламіну

$S = 1.43 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу

$Cv1 = 7.95 \text{ см/год}$; $Cv2 = 8.87 \text{ см/год}$; $Cv3 = 9.82 \text{ см/год}$ – коефіцієнти витрати

2) Знаходимо передавальну функцію об'єкта за формулою:

(3.15)

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		29

3) Знаходимо передавальну функцію ПД-регулятора за формулою: (3.16)

4) Записуємо передавальну функцію розімкненої системи: (3.17)

Підставивши значення отримаємо рівняння: (3.18)

Інтегральна та диференціальна складові регулятора зв'язані між собою формулою: (3.19)

Визначимо, що $T_{пр} =$ Задавши початкове значення $\alpha =$, можемо зробити заміну: $T_{пр} =$

Замінюємо p , у формулі (3.18) на $j\omega$: (3.20)

Будуємо АФХ розімкненої системи із $T_i=0,1$ (рисунок 3.5).

Рисунок. 3.5 – АФХ розімкненої системи з ПД-регулятором

5) Знаходження оптимального значення коефіцієнта пропорційності.

I-ша пара налаштувань:

При $T_i = 0.1$ визначено параметр $L = 13$ та $k_p = 0.1517$. Графік побудови представлений на рисунку 3.6.

Рисунок 3.6 – I-ша пара налаштувань ПД регулятора

II-га пара налаштувань:

При $T_i = 0.15$ визначено параметр $L = 7.7$ та $k_p = 0.2652$. Графік побудови представлений на рисунку 3.7.

Рисунок 3.7 – II-га пара налаштувань ПД-регулятора

III-я пара налаштувань:

При $T_i = 0.2$ визначено параметр $L = 5.1$ та $k_p = 0.4003$. Графік побудови представлений на рисунку 3.8.

Рисунок 3.8 – III-я пара налаштувань ПІД-регулятора

IV-а пара налаштувань

При $T_i = 0.25$ визначено параметр $L = 3.45$ та $k_p = 0.5918$. Графік побудови представлений на рисунку 3.9.

Рисунок 3.9 – IV-та пара налаштувань ПІД-регулятора

V-а пара налаштувань

При $T_i = 0.3$ визначено параметр $L = 2.3$ та $k_p = 0.8877$. Графік побудови представлений на рисунку 3.10.

Рисунок 3.10 – V-та пара налаштувань ПІД-регулятора

Після того, як було розраховано декілька точок, потрібно побудувати графік залежності K_p/T_i (таблиця 3.1), для отримання оптимальних значень налаштування ПІД-регулятора [7].

Таблиця 3.1 – Залежність T_i і k_p

Записуємо у масив знайдені значення K_p та T_i , та будуємо графік залежності (рисунок 3.11).

Рисунок 3.11 – Залежність K_p/T_i

Так як дотичну провести не можна, найкращими налаштуваннями будуть ті, при яких відношення k_p до T_i є найбільшим:

$$k_p/T_i = \begin{pmatrix} 1.571 \\ 1.768 \\ 2.001 \\ 2.367 \\ 2.959 \end{pmatrix}$$

Робимо висновок, що найкращою парою налаштувань є: $k_p = 0.8877$ при $T_i = 0.3$.

3.8 Розрахунок та побудова перехідної характеристики ПІД-регулятора

Використаємо передавальну функцію об'єкту із регулятором, тобто розімкненої системи, задані параметри об'єкту та визначені налаштування регулятора $k_p = 0.8877$ при $T_i = 0.3$ [11].

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		31

Визначимо передавальну функцію замкненої системи та її АФХ (рисунок 3.12) через формулу (3.21). Побудуємо перехідну характеристики за формулою (3.22) [7].

(3.21)

(3.22)

Рисунок 3.12 – Перехідна характеристика системи з ПД-регулятором.

В результаті комп'ютерного розрахунку параметрів системи керування рівнем була побудована її перехідна характеристика та підбрані налаштування ПД-регулятора.

Розрахунок параметрів системи керування рівнем при використанні ПД-регулятора був виконаний в програмному середовищі MathCad. Алгоритм розрахунку системи наведений у додатку А.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		32

4. Автоматизація процесу отримання вторинного ПЕТ

4.1 Визначення контурів системи автоматизації

Автоматизація виробництва – вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем. Сучасний стан розвитку автоматизації виробництва привів до появи якісно нової системи технологічних машин з керуючими засобами, що базуються на застосуванні електронних обчислювальних машин, програмованих логічних контролерів, інтелектуальних засобів вимірювання і контролю, інформаційно об'єднаних промисловими мережами [13].

Розробка системи автоматизації виробництва є одним із найважливіших етапів його проектування, оскільки забезпечує контроль за якістю продукції, раціональним використанням сировини та енергії, дозволяє мінімізувати використання ручної праці. Також провадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму на підприємстві. Це особливо актуально для хімічних виробництв, де є підвищена небезпека для здоров'я та життя людини [9].

Ціллю процесу є отримання на виході вторинного поліетилентерефталату в заданій кількості та якості. На процес впливають температура в апараті розчинення, витрати вихідних компонентів, тиск у фільтрах. Аналіз показав, що для нормального функціонування схеми необхідно:

- регулювати температуру в апараті розчинення, гомогенізаторі та теплообмінниках, контролювання температури в випарнику;
- контролювати тиск у фільтрах;
- регулювати та сигналізувати рівень в ємності з водою, регулювати рівень в ємності з моноетаноламіном та контролювати рівень в бункері поліетилентерефталату;
- контролювати витрату потоків.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, обрано об'єкти автоматизації, обрано регульовані і

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		33

регулюючі параметри, визначено параметри контролю, реєстрації та регулювання [15]. Для обраних параметрів було визначено необхідну точність вимірювання і регулювання (норми технологічного режиму) та діапазони їх можливої зміни. Ці дані наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри контролю та регулювання процесом

Таблиця 4.1 – Параметри контролю та регулювання процесом (продовження)

4.2 Розробка схеми автоматизації

На основі даних, наведених в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу отримання вторинного поліетилентерефталату. Вона включає в себе шість регулюючих контурів (в тому числі один контур регулювання та сигналізації) та тринадцять контурів контролю [9].

При виборі приладів та засобів автоматизації слід дотримуватись наступних правил:

- для регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуються однотипні засоби автоматизації;
- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;
- діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.

Вибрані засоби автоматизації зведені в специфікації, яка наведена в додатку Б.

Контроль та регулювання температури

В якості вимірювального приладу температури для контурів 1, 2, 3, 5 було обрано термометр опору мідний ТСМ 9714 (поз. 1а, 2а, 3а, 5а) з діапазоном вимірювання температури від -60°C – $+200^{\circ}\text{C}$, який призначений для вимірювання температури шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Сигнал з термометра опору подається на показуючий мікропроцесорний регулятор марки МІК-2 (поз. 1б, 2б, 3б, 5б), що показує температуру і в контурі регулювання дає регулюючий вплив на виконавчий механізм.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		34

В якості вимірювального приладу температури для контуру 4 було обрано термометр опору мідний ТСМ 9714 (поз. 4а) з діапазоном вимірювання температури від -60°C – $+200^{\circ}\text{C}$, який призначений для вимірювання температури шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал. Сигнал з термометра опору подається на двухканальний вимірювач – 2ТРМ0 (поз. 4б), що показує температуру.

Контроль тиску

Для контролю тиску в контурах 6, 7 було обрано вимірювальний перетворювач тиску серії КВАНТ (поз. 6а, 7а) та двухканальний вимірювач (поз. 6б, 7б) для показання значення тиску.

Контроль витрати

Для контролю витрати в контурах (поз. 8а, 9а, 10а, 11а, 12а, 13а, 14а, 15а, 16а) встановлена діафрагма камерна ДКС, що представляю собою звужувальний пристрій з кутовим способом відбору тиску, що складається з діафрагми, виконаної у вигляді тонкого диска з отвором, що має з боку входу потоку гостру прямокутну кромку, розташованого між камерами усереднення, призначеними для усереднення тиску. Камера усереднення з'єднується з одного боку через переривчасту кільцеву щілину з трубопроводом, а з іншого - через круглий отвір із засобом вимірювання перепаду тиску. Значення перепаду тисків подається на пневматичні передавальні перетворювачі перепаду тиску із квадратичною функцією перетворення – 13ДД11 (поз. 8б, 9б, 10б, 11б, 12б, 13б, 14б, 15б, 16б). Він призначений для роботи в системах автоматичного контролю і управління виробничими процесами з метою видачі інформації у вигляді уніфікованого пневматичного сигналу про перепад тиску і витраті рідини. В якості показувального пристрою виступає пневматичний малогабаритний лічильник витрати ФШ0061 (поз. 8в, 9в, 10в, 11в, 12в, 13в, 14в, 15в, 16в). Він призначений для безперервного сумування значень витрати за будь-який проміжок часу [9].

Контроль та регулювання рівня

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		35

Для контролю рівня у бункері з подрібненим поліетилентерефталатом використано первинний перетворювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н» (поз. 17а) та вимірювач двухканальний (поз. 17б).

Для контролю та регулювання рівня в ємності моноетаноламіну використано первинний перетворювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н» - АП-91 (поз. 18а), проміжний вимірювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н» - ППИ-5Н (поз. 18б) та показуючий ПД-регулятор марки ТРМ1 (поз. 18в).

Для контролю, регулювання та сигналізації рівня в ємності з водою використано поплавковий датчик рівня ОВЕН ПДУ (поз. 19а) та показуючий регулятор рівня рідини САУ-М7Е (поз. 19б), який обладнаний сигналізацією верхнього та нижнього рівня заповнення ємності [16].

Розроблена схема автоматизації забезпечує проведення процесу згідно технологічного регламенту.

						Аркуш
						36
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ХА 3115 1490 001 ПЗ	

5 Економіко-організаційні розрахунки процесу отримання вторинного поліетилентерефталату

Поліетилентерефталат – це складний термопластичний поліефір терефталевої кислоти та етиленгліколю. Він є міцним, жорстким та водночас легким матеріалом, фізичні характеристики якого роблять його ідеальним для використання у різних сферах.

ПЕТ знаходить різноманітні застосування завдяки широкому спектру властивостей, а також можливості управляти його кристалічністю. Основне застосування пов'язано з виготовленням різної тари та упаковок, зокрема пляшок для газованих напоїв, оскільки ПЕТ володіє чудовими бар'єрними властивостями. Також поліетилентерефталат використовується у виробництві меблів, автомобілів і машин, у виробництві тканин і волокнистих матеріалів, одягу та взуття, плівка з ПЕТ є основою для виробництва магнітних носіїв (аудіо, відео касет, комп'ютерних дисків тощо) і фотоплівки. Напрями використання вторинного поліетилентерефталату в світі різноманітні. Біля третини вторинного ПЕТ використовується для виготовлення волокон для килимів, синтетичних ниток, одягу та текстилю. Інші напрями застосування вторинного поліетилентерефталату стосуються виготовлення листів і плівки, бандажної стрічки та виробництва тари.

Одним з 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 вторинного ПЕТ є розрахунок його основних техніко-економічних показників, за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності підприємства.

									Аркуш
									37
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	ХА 3115 1490 001 ПЗ				

5.1 Теоретичні відомості для техніко–економічного обґрунтування процесу отримання вторинного поліетилентерефталату

Виробничий процес – це складний комплекс первинних процесів: основних, допоміжних і обслуговуючих підрозділів підприємства, що забезпечують своєчасний випуск заданої продукції.

Види виробничих процесів:

- 1) основні – пов’язані з виготовленням готової продукції, яка формує призначення підприємства;
- 2) допоміжні – пов’язані для заготівлі або одержання комплектуючих для обслуговування виробництва (складування, транспортування);
- 3) бічні – виробництво продукції з відходів основного виробництва;
- 4) підсобні – не мають безпосереднього відношення до виробництва продукції, обслуговують допоміжні.

Предмет праці – сировина, матеріали, які підлягають обробці. Предмети праці входять до складу оборотних засобів.

Виробничий процес – це період часу, необхідний для випуску готової продукції.

Основні засоби (ОЗ) – це засоби праці, що неодноразово беруть участь у виробничому процесі, не змінюючи при цьому своєї первинної форми. Їх вартість переноситься на вартість готової продукції частинами в міру зношення шляхом амортизаційних відрахувань.

До основних засобів належать:

- будівлі і споруди;
- машини і обладнання;
- транспорт;
- виробничий і господарський інвентар;
- нематеріальні активи (права, ліцензії, сертифікати).

Основні засоби поділяються на активні та пасивні:

- 1) активні – безпосередньо впливають на предмет праці (машини і обладнання, інструменти та засоби, вимірювальна та обчислювальна техніка);

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		38

2) пасивні – засоби, які безпосередньо не впливають на предмет праці, але є необхідними для виробничого процесу (будівлі та споруди, силове устаткування, транспортні засоби, інвентар).

Грошова оцінка основних засобів характеризується такими параметрами:

- повна початкова вартість ($\Phi_{п.п.}$) – вартість придбання або створення основних засобів з урахуванням гуртової ціни, витрат на доставку, витрати на монтаж, установку, тобто всі витрати до моменту запуску основних засобів у виробництво:

- відновлювальна вартість ($\Phi_{відн.}$) – вартість, яку необхідно додати на момент переоцінки основних засобів для відновлення їх до початкового робочого стану;

- залишкова вартість ($\Phi_{за}$) – різниця між $\Phi_{ПП}$ та нарахованим зносом основних засобів:

;

- ліквідаційна вартість ($\Phi_{лікв.}$) – сума грошей або інших активів, яку підприємство очікує отримати від реалізації (ліквідації) ОЗ після закінчення терміну їх експлуатації.

Калькуляція – документ, який дозволяє систематизувати витрати на виробництво одиниці продукції і визначити її собівартість. Це спосіб групування витрат і визначення собівартості, придбання матеріальних цінностей, виготовлення продукції або виконання робіт на конкретному підприємстві, у конкретних умовах.

Кошторис – документ для систематизації витрат і розрахунку собівартості робіт.

Амортизація – це економічний процес, що кількісно відображає втрату основними засобами своєї вартості, яка амортизується, та її систематичний розподіл (перенесення) на заново створений продукт (виконану роботу, надану послугу) протягом періоду їх корисного використання.

, (5.1)

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		39

де K – витрати на капремонт за час $T_{ecnл.}$ – термін експлуатації; P – вартість ліквідації ОЗ.

Норма амортизації — відсоткове відношення часткової суми амортизації до повної початкової амортизації.

Собівартість – це всі витрати на виробництво і реалізацію товару (послуги або виконання роботи) в грошовому вигляді. Розраховується за наступною формулою:

(5.2)

де A – амортизація основних засобів, $ОбЗ$ – оборотні засоби.

Норма амортизації – це відсоток амортизаційних відрахувань від балансової вартості основних засобів.

Окрім ОЗ кожне підприємство обов'язково повинно мати оборотні засоби або оборотний капітал. Оборотний капітал – це фінансові ресурси, вкладені в об'єкти, використання яких здійснюється підприємством протягом одного виробничого циклу.

Оборотні засоби – засоби, що перебувають у розпорядженні підприємства і можуть бути переведені в готівку протягом одного виробничого циклу або року. Оборотні засоби включають запаси матеріалів, залишки готової продукції, дрібне знаряддя з тривалістю використання не меншою 1 року, а також готівку; грошові засоби, вкладені капітали. Оборотний капітал, що вкладається у виробництво і реалізацію продукції, споживається повністю і відтворюється відразу після завершення виробничого циклу через реалізацію товару.

До основних техніко – економічних показників належать:

- випуск продукції;
- фондвіддача ОЗ – це відношення обсягу виробленої продукції підприємства до середньорічної вартості ОЗ, що показує, який обсяг виробленої продукції припадає на одиницю вартості ОЗ, тобто:

(5.3)

де B – запланований випуск продукції за певний період; $C_{сер}$ – середньорічна вартість ОЗ.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		40

- Фондомісткість ОЗ — це показник, обернений до фондovіддачі. Він показує, яка вартість ОЗ припадає на одиницю виробленої продукції, тобто: (5.4)

- Капіталовкладення: (5.5)

- Собівартість продукції — це вираження у грошовій формі поточних витрат підприємства на підготовку виробництва продукції, її виготовлення і збут.

Для забезпечення беззбиткової виробничо-господарської діяльності підприємства ці витрати повинні відшкодовуватись за рахунок виручки від продажу виготовленої продукції.

Собівартість продукції відображає рівень витрат підприємства на її виробництво і комплексно характеризує ефективність використання ним ресурсів, організаційний і технічний рівень виробничого процесу, рівень продуктивності праці: (5.6)

де A — амортизаційні відрахування; $Z_{сир}$, $Z_{електр}$ — витрати на сировину, обладнання та електроенергію відповідно; $\Phi ОП$ — фонд оплати праці: (5.7)

де $ЗП$ — заробітна плата — ціна, що сплачується за використану працю, грошова вартість робочої сили; *Нарахування* — сума коштів, яку підприємство обов'язково сплачує до державних засобів соціального захисту (22%).

- Ціна (Ц) — означає кількість грошей, за яку продавець згоден продати, а покупець готовий купити одиницю товару (певної цінності, в т.ч. нематеріальної, наприклад, знання).

- Прибуток — абсолютна величина, що характеризує доцільність існування підприємства: (5.8)

- Рентабельність — показник ефективності роботи підприємства, який характеризує ефективність повернення вкладених коштів. (5.9)

- Економічна ефективність: (5.10)

- Період повернення капіталовкладень – кількість часу, необхідна для покриття витрат на той чи інший проект, або для повернення коштів вкладених підприємством, за рахунок коштів, одержаних в результаті основної діяльності по даному проекту:

(5.11)

Кадри характеризуються наступними показниками:

1) Чисельність явочна – максимально допустима чисельність працівників необхідних для виконання відповідного обсягу робіт і повної комплектації робочих місць протягом робочої зміни.

(5.12)

де B – запланований випуск продукції за певний період; H_e - норма виробітку; K_{en} – коефіцієнт виконання норми; K_{nn} – коефіцієнт перегляду норм у поточному періоді.

2) Норма виробітку — становлений обсяг робіт, який працівник чи група працівників повинна виконати у відповідних організаційно-технічних умовах за визначений період часу відповідно до своєї кваліфікації.

(5.13)

де $Ч$ – чисельність персоналу, зайнята на випуск певної продукції; T – період часу, за який випускається дана продукція.

3) Чисельність за списком – характеризує потребу підприємства у кадровому забезпеченні, і ,крім штатних посад, містить працівників, необхідних для заміщення хворих, осіб у відпустках, відсутніх за інших причин, консультантів, експертів та інших позаштатних працівників.

(5.14)

(5.15)

де $T_{нідн}^{рік}$ – тривалість роботи підприємства за рік; $T_{прац}^{рік}$ – тривалість роботи працівника за рік.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		42

5.2 Техніко–економічні показники отримання вторинного поліетилен-терeftгалату

На виробництві обов'язковими працівниками, які необхідні для виконання відповідного обсягу робіт і повної комплектації робочих місць протягом зміни, є: начальник зміни, оператор та пакувальник. На підставі цього приймаємо, що чисельність явочна: $Ч_{яв.} = 3$ чоловіка, а за списком $Ч_{з.с.} = 25$ чоловік. Перелік посад, кількість працівників та їх заробітна плата наведена в таблиці 5.1.

Графік змін на підприємстві: 1-а зміна: 0.00 – 8.00; 2-а зміна: 8.00 – 16.00; 3-я зміна: 16.00 – 24.00.

Проте, якщо не використовувати автоматизовану систему управління технологічними процесами, знадобиться більша кількість працівників для обслуговування всіх апаратів, звідси виросте чисельність персоналу явочна та за списком. Так для обслуговування всіх апаратів за зміну знадобиться не 1 оператор, а 4. Тоді чисельність за списком зросте на 12 працівника, що призведе до збільшення витрат на заробітну платню на 192 000 грн/місяць, та нарахування на 42 240 грн/місяць.

Таблиця 5.1 – Заробітна плата працівників за місяць

Графік роботи для: генерального та виконавчого директорів, бухгалтера, маркетолога, головного інженера, відділу продажів, закупівель та кадрів – наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Графік роботи працівників на підприємстві

Графік змінності для начальника зміни, оператора та пакувальника наведений в таблиці 5.3.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 5.3 – Графік роботи працівників у виробничому цеху

Ціна основних фондів наведена в таблиці 5.4, а оборотних в таблиці 5.5.

Таблиця 5.4 – Ціна основних фондів

Таблиця 5.5 – Ціна оборотних фондів

*Вартість електроенергії згідно одноставкового нерегульованого тарифу для підприємства на 2017 рік становить 2 грн за 1 кВт/год.

**Оптова ціна сировини: подрібнений поліетилентерефталат – 5 грн/кг; моноетаноламін – 40 грн/кг; діфенільна суміш – 12 грн/кг; вода – 5,2 грн/м³.

Розрахуємо основні техніко-економічні показники отримання вторинного поліетилентерефталату:

- 1) Основні фонди без (ОФ_{без авт.}) та з автоматизацією (ОФ_{з авт.}) склали:
- 2) Оборотні фонди без (ОбФ_{без авт.}) та з автоматизацією (ОбФ_{з авт.}) склали:
- 3) Фонд оплати праці без (ФОП_{без авт.}) та з автоматизацією (ФОП_{з авт.}):
- 4) Амортизація основних фондів:

де $\Phi_{п.п.}$ – повна початкова вартість ОФ без та з автоматизацією; Л – ліквідаційна вартість; $T_{експ.}$ – час експлуатації.

5) Собівартість продукції становить:

6) Собівартість одиниці продукції становить:

•

де $B = 4\,380\,000$ – випуск продукції за рік, кг/рік.

7) Оптова ціна одиниці продукції ($\Pi_{од.прод.}$) вторинного поліетилентерефталату на ринку становить від 23 грн/кг, тому $\Pi_{од.прод.} = 23$

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		44

грн/кг. Також відніmemo податок на додану вартість (ПДВ), який складає 20 % від чистої вартості продукції, тоді ціна чистої продукції становитиме:

8) Рентабельність без ($P_{\text{без авт.}}$) та з автоматизацією ($P_{\text{з авт.}}$) складає:

9) Чистий прибуток без ($\Pi_{\text{без авт.}}$) та з автоматизацією ($\Pi_{\text{з авт.}}$):

10) Капіталовкладення:

11) Період повернення капіталовкладень:

12) Коефіцієнт економічної ефективності:

13) Фондовіддача без ($\Phi В_{\text{без авт.}}$) та з автоматизацією ($\Phi В_{\text{з авт.}}$):

14) Фондоємність без ($\Phi \text{Є}_{\text{без авт.}}$) та з автоматизацією ($\Phi \text{Є}_{\text{з авт.}}$) дорівнює:

15) Фондоозброєність складає:

Порівняння техніко-економічних показників отримання вторинного ПЕТ без автоматизації та з автоматизацією наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Порівняння техніко–економічних показників

З таблиці видно, що введення автоматизації на виробництві дозволяє значно скоротити чисельність персоналу, а звідси і витрати на заробітну плату, які склали 2 810 880 грн, при цьому зменшується собівартість продукції на 0,6374 грн/кг.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		45

5.3 Розрахунок вартості дипломного проекту по отриманню вторинного поліетилентерефталату

Для виконання дипломного проекту дається 90 днів, тобто 3 місяця. Виконавець дипломного проекту працює по 5 годин в день, 5 днів на тиждень, тобто 22 дні у місяць, або 110 год/місяць. Станом на 01.01.2017 мінімальна заробітна плата становить 3 200 грн/місяць, або 19,34 грн/год, а також врахуємо тарифний коефіцієнт, який для інженерів (10 – 12 розряд єдиної тарифної сітки) дорівнює 1,82 – 2,12. Розрахуємо заробітну плату (ЗП) виконавця за весь період:

Визначимо також заробітну плату викладачів, які консультують виконавця дипломного проекту з тих чи інших питань. Так як всі консультанти – доценти к.т.н, то їх ЗП становить 7 000 грн/місяць, тоді визначимо скільки часу вони затрачають на консультивання по виконанню дипломного проекту:

- Матеріальний баланс – 8 год/місяць.
- Математична модель – 8 год/місяць.
- Автоматизація – 8 год/місяць.
- Економіка – 8 год/місяць.
- Охорона праці – 8 год/місяць.
- Креслення та плакати – 8 год/місяць.
- Керівник дипломного проекту – 8 год/місяць.
- Завідуюча кафедри – за 3 місяці витрачає 30 хвилин.
- Контроль і перевірка виконаної роботи – за 3 місяці витрачається 1 година.

В середньому викладачі відпрацьовують приблизно 160 год/місяць, за які отримують 7 000 грн, тоді можна вважати, що за 1 годину праці викладачі отримують в середньому 43,75 гривень. Заробітна плата викладачів за консультивання по виконанню дипломного проекту наведена в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Заробітна плата викладачів за консультивання

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 5.7 – Заробітна плата викладачів за консультування (продовження)

Загальні витрати університету на заробітну платню викладачам та виконавцю дипломного проекту становить:

А також врахуємо нарахування, які складають 22 % від заробітної плати, тоді фонд оплати праці (ФОП) становитиме:

Розрахунок вартості комп'ютера, програм та його налаштувань враховувати не будемо, так як на момент видачі завдання по дипломному проекту вже були куплені, встановлені та налаштовані.

Таким чином нам залишається розрахувати витрати на оренду приміщення, електроенергію та видаткові матеріали, які знадобилися для виконання поставленої задачі.

1) Витрата електроенергії (V_e) враховує освітлення приміщення (V_o) та живлення персонального комп'ютера ($V_{ПК}$):

де ГР – години роботи.

Враховуючи вартість електроенергії (C_e) на 2017 рік, яка дорівнює 2 грн/кВт, вартість витраченої електроенергії (E) становитиме:

2) Витрати на видаткові матеріали зведені до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Витрати на видаткові матеріали

3) Витрата на оренду приміщення становить 1 600 грн/місяць, тоді за три місяці вартість становитиме 4 800 грн.

Знаючи основні витрати, можна розрахувати оборотні засоби (ОбЗ):

Розрахуємо амортизацію:

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		47

де $\Phi_{п.п}$ – повна початкова вартість; Р – витрати на ліквідацію ОФ після закінчення експлуатації.

Тоді собівартість (С) становитиме:

Визначимо ціну дипломного проекту:

де $\Pi = 40\%$ – прибуток; ПДВ – податок на додану вартість, який становить 20% від суми собівартості та прибутку.

Техніко-економічні показники наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Техніко-економічні показники дипломного проекту

Отже, собівартість дипломного проекту становить 29 157 грн.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		48

6 Охорона праці

Розглянувши технологічну схему отримання вторинного ПЕТ можна прийти до висновку, що на виробництві використовуються шкідливі й небезпечні виробничі фактори, пожежонебезпечні матеріали та речовини, електрична, механічна, теплова енергії, енергія хімічних реакцій.

До небезпечного обладнання на даному виробництві можна віднести: фільтр (апарат під тиском), теплообмінник, випарник, електричні та механічної дії.

При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики.

На базі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва, розроблені відповідні заходи щодо створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці та норм безпеки [10].

6.1 Виявлення шкідливих та небезпечних факторів. Заходи з ОП

6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Пб. У таблиці 6.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату, прийняті проектом.

На виробництві передбачається використання МЕА (моноетаноламін). Дана речовина подається у вигляді розчину.

Таблиця 6.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Для нормалізації повітря робочої зони проектом передбачено використання системи штучної вентиляції. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію, для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		49

Для підвищення ефективності вентиляційних систем передбачена герметизація всього технологічного обладнання.

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначена для швидкого видалення великих кількостей шкідливих та вибухонебезпечних речовин, а також забрудненого газом повітря, що виникає при порушеннях технологічного процесу або аваріях технологічного обладнання [10].

Для контролю мікроклімату використовуються: термометри (для вимірювання температури), психрометри (для вимірювання вологості) та анемометри (для визначення швидкості руху повітря).

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б.

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного та суміщеного освітлення. Природне освітлення являє собою систему бокового освітлення. Штучне освітлення представлене системою, в якій світильники розміщують у верхній зоні приміщення. У таблиці 6.2 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 6.2 – Норми штучного освітлення коефіцієнта природної освітленості КПО виробничих приміщень.

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, ремонтна. Для виконання ремонтних робіт та при відключенні робочого освітлення проектом передбачена система аварійного освітлення, яка працює від незалежного джерела живлення.

Для виміру й контролю освітленості в приміщеннях застосовують люксметр LP471 PHOT з періодичністю виміру 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок та заміни ламп.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		50

Окрім виробничого цеху, на виробництві наявний цех операторів АСУТП. Площа цього приміщення становить 40 м^2 . Проведемо розрахунок необхідної кількості світильників для цеху операторів АСУТП (ширина - 5м, довжина - 8м, висота - 3м).

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо необхідний світловий потік за формулою:

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E = 100 \text{ Лк}$;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S=40\text{м}^2$);

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку $Z = 1,1$);

K - коефіцієнт запасу, в нашому випадку $K = 1,5$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін ($\rho_{\text{ст.}}$), стелі ($\rho_{\text{стл}}$) та підлоги ($\rho_{\text{п}}$), значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{стл}} = 0,7$, $\rho_{\text{ст.}} = 0,5$ і $\rho_{\text{п}} = 0,3$.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

де h_p – розрахункова висота підвісу ($h_p = h_1 - h_2$, $h_p = 1 \text{ м}$).

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення $\eta = 0,6$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку:

Для освітлення використані лампи типу ЛХБ-40, світловий потік яких $F = 3100 \text{ Лм}$. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

де N – кількість ламп, що визначається; F - світловий потік; $F_{\text{л}}$ - світловий потік лампи.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		51

В приміщенні використовуються світильники типу ШОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 2 світильники.

6.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Основне технологічне обладнання на виробництві вторинного поліетилентерефталату практично безшумне. Джерелом шуму є викиди водяної пари з випарника та теплообмінника, протікання речовин між апаратами, фільтр. За походженням цей шум належить до гідродинамічного.

Згідно ГОСТ 12.1.003-83, рівень шуму не повинен перевищувати 65 дБ А. В цеху операторів АСУТП рівень шуму знаходиться в межах норми – 50 дБ А.

Для зменшення рівня шуму та вібрації в цеху проектом передбачені наступні заходи:

- насосні агрегати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, що представляють собою використання гнучких сполучень;
- змінюється число оборотів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою.

6.1.4 Електробезпека

Проектом передбачено здійснювати живлення електроустаткування від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Відповідно ГОСТ 12.1.038 - 82 допустимі рівні напруги дотику (U_d) і струму, що проходить через тіло людини (I_d) дорівнює: при нормальному режимі роботи електроустаткування $U_d = 2В$, а $I_d = 0,3мА$; при аварійному - відповідно 36В і 6мА.

Однофазний дотик зустрічається набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається лінійна напруга.

Струм, що проходить через людину в цьому випадку, складе:

де $U_\phi = 220 В$ – фазна напруга; $R_d = 4000 Ом$ – опір тіла людини; $R_0 = 4 Ом$ – опір нейтралі заземлення.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		52

При цьому напруга дотику складе:

Отже, розрахувавши струм, що проходить через людину і напругу дотику, та порівнявши їх з гранично допустимими (ГОСТ 12.1.038-82), порушення вимог правил електробезпеки може викликати тяжкі наслідки для здоров'я та життя людини. Тому передбачено вжити наступних заходів, щодо забезпечення електробезпеки.

Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні заходи й засоби: занулення електроустаткування; захист електропроводки від механічних ушкоджень, схованої; установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні електродвигуни та світильники; захисне відключення електроустаткування. Передбачене використання захисного одягу та пристроїв: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, що ізолюють підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри, подвійна ізоляція. Передбачена недоступність струмоведучих частин, блокування в системах пуску і зупинки обладнання, систематичний контроль ізоляції. Ремонт і обслуговування електроустаткування здійснюють не менше 2 осіб. Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного, аварійного відключення устаткування, а також звукову сигналізацію.

6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

На підприємстві є механізми, які зможуть завдати обслуговуючому персоналу травм, де:

- обертові деталі;
- апарат під тиском (до 0,4 МПа).

Можливе падіння людей з висоти 3м, тому повинне бути зроблене огороження перилами висотою до 1 м в місцях проходу людей.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		53

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильній експлуатації обладнання, поломці обладнання та можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж [10].

Головні причини аварійних ситуацій: припинення подачі технологічної води, порушення герметичності установок, відключення електроенергії, прорив транспортних труб, безлад на робочих місцях, порушення технологічного режиму, невиконання правил з техніки безпеки.

6.2 Пожежна безпека

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- механічне пошкодження електромережі;
- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;
- використання стиржньових блискавковідводів.

Будівля корпусу хімічного цеху, де знаходиться відділення пом'якшення, збудована з негорючого матеріалу другого ступеня вогнестійкості. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1. З метою дотримання правил пожежної безпеки у проекті передбачено такі запобіжні заходи: розділення апаратів протипожежними перегородками на відсіки, створення протипожежних перешкод у вигляді козирків, бортиків, протипожежний водопровід, ємності з піском і пожежні щити. Захист від прямих ударів блискавки забезпечується стиржньовим блискавковідводом. В цеху для гасіння пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники типу ВВ, ВХП. Також приміщення обладнане двома евакуаційними виходами на випадок виникнення пожежі.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 6.3.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 6.3 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

В розділі з охорони праці було визначені всі необхідні заходи для забезпечення оптимальних умов роботи працівників.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

Було проаналізовано особливості отримання вторинного поліетилен-терефталату, показано що технологія очищення ПЕТ моноетаноламіном має великі перспективи.

Виконаний розрахунок матеріальних балансів в програмному середовищі Mathcad.

Отримана математична модель об'єкта з регульованим рівнем, обрано канал регулювання та визначено налаштування ПІД-регулятора для стабілізації рівня. Розроблено і реалізовано алгоритм визначення налаштувань ПІД-регулятора в програмному середовищі Mathcad.

Розроблена схема автоматизації, яка дозволяє проводити процес згідно технологічного регламенту.

Проведено розрахунок основних техніко-економічних показників, які показують собівартість продукції, рентабельність та термін повернення капіталовкладень.

Визначені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні, розрахована необхідна кількість освітлення у виробничих приміщеннях, передбачені заходи щодо захисту від ураження виробничим шумом та вібрацією, передбачені технічні заходи та засоби для забезпечення електробезпеки.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		56

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беданок, А.Ю. Основные направления переработки и использования вторичного полиэтилентерефталата [Текст] / А.Ю. Беданок, В.А. Борисов, А.К. Микитаев и др. // Пластические массы. - 2007. - №4. - С. 48 - 52.
2. Митрофанов, Р.Ю. Переработка отходов полиэтилентерефталата [Текст] / Р.Ю. Митрофанов, Ю.С. Чистяков, В.П. Севедин. - Москва - 2006 - №6. - С. 5 - 8.
3. Пилунов, Г.А. Переработка отходов полиэтилентерефталата [Текст] / Г.А. Пилунов // Химическая промышленность. - 2001. - №6. - С. 22-28.
4. Кузнецов, С.В. Вторичные пластики: переработка ПЭТФ отходов [Текст] / С.В. Кузнецов // Пластические массы. - 2001. - №9. - С. 3 - 7.
5. Хрусталева, Е.А. Методы утилизации отходов ПЭТФ [Текст] / Е.А. Хрусталева, А.М. Кочнева, Л.И. Фридман и др. // Пластические массы. - 1984. - № 10. - С. 4 - 8.
6. Кузнецов, И.М. Материальный баланс химико-технологического процесса. [Текст] / И.М. Кузнецов, Х.Э. Харлампи, Н.Н. Батиршин // - М. Логос, 2007. - 5с.
7. Бондаренко С. Г. Теорія автоматичного керування [Текст] / С.Г. Бондаренко, О. В. Сангінова – Київ – 2013 – С. 102.
8. Ладиев Р.Я. и др. Аналитические методы описания объектов управления с сосредоточенными параметрами. Ч. 1. - К. : ЛФОП КПИ, 1973. - 134с.
9. Бондаренко С. Г. Автоматизація технологічних процесів [Текст] / С.Г. Бондаренко, О. В. Сангінова – Київ – 2017 – 163 с.
10. Ткачук К. Н. Основы охраны праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов; за ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа. 2006 – 448 с.
11. Ротач В. Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. М. : Энергия, 1973. – 440 с.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		57

12. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Химия, 1973.-752с.

13. Химико-технологические системы. Синтез, оптимизация и управление. /Под редакцией И. П. Мухленова. – Л.: Химия, 1986. – 424с.

14. Остапенко Ю.О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування. – К.: Радуга, 1999.

15. Полоцкий Л.М.,Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств.Теория, расчет и проектирование систем автоматизации.-М.:Химия, 1982.-296 с.

16. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології»/М.В.Лукінюк.-К.:НТУУ «КПІ», 2008.-236 с.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		58

ДОДАТКИ

Додаток А

Розрахунок параметрів системи керування рівнем при використанні ПД-регулятора.

					ХА 3115 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		59