

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 Технологічна схема процесу абсорбції аміаку із продувних газів та її характеристика .	10
1.1 Загальна характеристика виробництва аміаку в Україні.....	10
1.2 Технологічна схема процесу. Опис схеми.....	11
1.3 Механізм процесу абсорбції	14
1.4. Особливості обладнання для реалізації технології	15
2. Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу абсорбції аміаку	19
3. Комп'ютерне моделювання розрахунку абсорбційної колони	22
3.1 Розрахунок основних параметрів процесу	22
3.2 Складання математичної моделі.....	30
3.3 Технічне завдання на програмний модуль	31
3.4 Програмний модуль для моделювання процесу абсорбції	32
3.5 Інструкція користувачу програмного продукту	33
4 Автоматизація технологічної схеми процесу абсорбції аміаку	35
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	35
4.2 Визначення параметрів автоматизації	37
4.3 Опис схеми автоматизації	37
5 Економіко-організаційні розрахунки процесу абсорбції аміаку із продувних газів	41
6. Охорона праці	50
6.1 Виявлення і аналіз виробничих (шкідливих і небезпечних) факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці	50
6.1.1 Повітря робочої зони	50
6.1.2 Виробниче освітлення	52

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерний розрахунок процесу абсорбції аміаку із продувних газів у виробництві аміаку Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Жежерун Я.В.								7	105	
Перевір.		Бойко Т. В						КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафКХТП				
Реценз.												
Н. Контр.		Шахновський										
Затверд.		Бойко Т.В.										

6.1.3 Виробничий шум і вібрація	52
6.1.4 Електробезпека.....	53
6.1. 5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	57
6.2 Пожежна безпека.....	58
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ.....	64
Додаток А.....	64
Додаток Б	64
Додаток Г	64
Додаток Д.....	64
Додаток Ж.....	64
Додаток З.....	65
Додаток К.....	65

ВСТУП

Сучасні хіміко-технологічні процеси – це дуже складна система з високою швидкістю протікання та чутливістю до відхилення режимних параметрів від нормальних значень, з використанням вибухо- та пожежонебезпечних речовин, які перероблюються в шкідливих умовах роботи.

Щороку зростає виробництво аміаку, тому постає необхідність вибору такої технологічної схеми виробництва, яка була б найбільш раціональною, з найвищим коефіцієнтом корисної дії екологічності та безпеки.

Для виробництва аміаку та азотних добрив в Україні основною сировиною є природний газ, під час синтезу якого, задля звільнення від інертних газів, необхідно постійне скидання частини газів, яка відправляється на спалювання. В склад цих продувних газів входить деякий відсоток аміаку.

Утилізацією продувних газів є спалювання. Доведено та економічно обґрунтовано доцільність використання продувних газів в технологічному процесі з попереднім вилученням із газу аміаку шляхом використання водної абсорбції.

Мета даного дипломного проекту - підвищення екологічності та ефективності хіміко-технологічного процесу виробництва аміаку.

В дипломному проекті будуть представлені :

- розрахунок основних технологічних параметрів,
- розрахунок матеріального балансу,
- розробка програмного модуля для розрахунку конструкційних параметрів абсорбційної колони та моделювання процесу,
- розробка схеми автоматизації виробництва,
- оцінка його техніко-економічних показників
- аналіз охорони праці на підприємстві.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.			Дата		

1 Технологічна схема процесу абсорбції аміаку із продувних газів та її характеристика .

1.1 Загальна характеристика виробництва аміаку в Україні

Гордістю хімічної індустрії України, однією із передових галузей є сучасна азотна промисловість, в якій використовуються найсучасніші досягнення науки і техніки з впровадженням автоматизації виробничих процесів. Це дозволяє знизити собівартість продукції, яка випускається, оптимізувати технологічний режим, підвищити якість продукції.

Виробниками аміаку в Україні є підприємства хімічного холдингу OSTCHEM, до якого входять «Рівнеазот», Сєвєродонецьке об'єднання «Азот», Черкаський «Азот» та Концерн «Стирол», а також Одеський припортовий завод та «ДніпроАзот».

Подальший розвиток азотної промисловості в Україні можливий, якщо:

- удосконалювати існуючі технологічні процеси з високопродуктивним апаратурним оформленням,
- наладити виробництво різноманітної малотоннажної продукції,
- більш глибоко використовувати тепло хімічних реакцій,
- впроваджувати високоактивні каталізатори,
- підвищувати якість продукції, що випускається,
- розробляти і впроваджувати енерго - ресурсозберігаючі і екологічно - чисті технології з використанням в управлінні технологічним процесом сучасної електронно-обчислювальної техніки.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						10
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.2 Технологічна схема процесу. Опис схеми.

Видалення аміаку із продувних газів, що надходять з установки синтезу аміаку, перед їх спалюванням, є економічно вигідним для підприємства. Тож розглянемо процес водяної абсорбції аміаку.

Процес відбувається при постійному тиску в 2,1МПа та ізотермічному режимі з постійною температурою 35 °С.

В системі спостерігається 4 масових потоки I — продувні гази; II — аміачна вода як готова продукція; III — хімічно очищена вода, яка забезпечує процес відмивання аміаку з газу; IV – гази, що виходять з абсорбційної колони (рис.1.1).

Продувні гази в кількості 5000 нм³/год. з тиском не більше 2,1 МПа і температурою 40°С з агрегатів синтезу аміаку через вузли відбору і прилади обліку витрати направляються на установку в нижню частину абсорбційної колони поз. 1. Там вони поступово піднімаються по ковпачкових тарілках з нижньої до 1-ої та відмиваються від аміаку. З ємності поз. 6 насосом поз. 5-1/5-2 в верхню частину абсорбційної колони поз. 1, для абсорбції аміаку, подається хімічищена вода разом з технологічним та паровим конденсатом, що надходять з ємності поз. 8. Відповідний температурний режим для надходження води підтримується завдяки холодильнику поз. 7, який охолоджує паровий конденсат із ємності поз. 8.

З заводської мережі хімічищена вода надходить в ємність поз. 6. з витратою 6 м³/год. та температурою не вище 30°С В ємність поз. 6 також надходить технологічний конденсат, який утворюється у вологовідділювачі, і паровий конденсат з ємності поз. 8.

Після чого, суміш хімічищеної води і конденсатів надходить з ємності поз. 6 на всмоктування насосом поз. 5-1/5-2 і з тиском 17÷20 МПа (170÷200 кгс/см²) та витратою 4 м³/год. подається на верхню тарілку абсорбційної колони поз. 1.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						11
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Охолодження аміачної води до 35°C, відведеної з 8-ї тарілки абсорбера, забезпечує холодильник (типу труба в трубі) поз. 2-1/2-2.

Готова аміачна вода поступає на склад після ємності поз.4 , яка служить для аварійного накопичення аміачної води.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						12
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 – Технологічна схема абсорбції аміаку із продувних газів, де:
апарати: 1 – абсорбційна колона, 2-1, 2-1, 3, 7 – холодильники, 5-1, 5-2, 9-1, 9-2 –
насос, 4, 6, 8 – ємність
потоки: I – продувний газ, II – аміачна вода, III – вода, IV – паровий конденсат .

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ

1.3 Механізм процесу абсорбції

Абсорбція - це процес поглинання одного або декількох компонентів газової (або парової) суміші рідким поглиначем – абсорбентом.

У виробництві деяких кислот; при поглинанні коштовних компонентів або видаленні шкідливих домішок із газів застосовують абсорбційні процеси .

Процес абсорбції складається з двох фаз (рідкої і газоподібної) та являє собою масообмін в системі. Рівновага між фазами відсутня при переході речовини з однієї фази в іншу.

У складанні математичних моделей використовують блочний принцип, який повинний включати: опис фазової рівноваги в системі газ-рідина, кінетику протікання процесу, опис структури потоків фаз в апараті.

При даній температурі і тиску в стані рівноваги будь-якої концентрації речовини, що розподіляється, в одній фазі відповідає рівноважна їй концентрація цієї речовини в іншій фазі:

(1.1)

де x – вміст речовини, що розподіляється в одній фазі, y_p – рівноважна їй концентрація цієї речовини в іншій фазі.

Для малих концентрацій розчину саме закон Генрі, характеризує рівновагу в системі газ-рідина, відповідно до якого:

(1.2)

де y_p - концентрація компонента в газовій фазі, рівноважної з рідиною, x – концентрація компонента в рідкій фазі, H – постійна при даній температурі і тиску величина [2].

					ЛП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						14
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Кінетика процесу (рис. 1.2) така: при відсутності рівноваги між фазами відбувається перенос речовини з однієї фази в іншу, відповідно до рівняння масопередачі:

$$(1.3)$$

де dM – кількість речовини, що перейшло, з однієї фази в іншу через міжфазну поверхню dF за час dt , кг; K – коефіцієнт масопередачі, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{од.конц.})$.

Рисунок 1.2 –Схема процесу абсорбції

Різниця між поточною концентрацією компонента і його рівноважною концентрацією в будь - якій точці по висоті апарата є рушійною силою процесу абсорбції [2].

Насадкові, тарілчасті або поличні апарати колонного типу використовують у більшості випадків для абсорбції.

1.4. Особливості обладнання для реалізації технології

Абсорбцію аміаку проводять у насадкових та тарілчастих апаратах колонного типу в більшості випадків.

У насадковій колоні опорні решітки мають отвори або щілини для проходження газу і стоку рідини. Насадка укладається на опорні решітки. Рідина за допомогою розподільника рівномірно зрошує насадкові тіла і стікає вниз.

Рівномірного розподілу рідини по перерізу колони не досягається, що пояснюється пристінковим ефектом - більшою щільністю укладання насадки в центральній частині колони, ніж у її стінок.

Щоб насадка працювала ефективно, вона повинна відповідати таким основним вимогам: 1) володіти великою поверхнею в одиниці об'єму; 2) добре змочуватися зрошувальною рідиною, 3) надавати малий гідравлічний опір газовому потоку; 4) бути стійкою до хімічної дії рідини і газу, що рухаються в

колоні; 6) мати малу питому вагу; 7) мати високу механічну міцність;					Арк
ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ					15
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	

8) мати невисоку вартість. Насадок, що повністю задовольняють всім зазначеним вимогам, не існує, тому, що збільшення питомої поверхні насадки тягне за собою збільшення гідравлічного опору апарату і зниження граничних навантажень.

Розглянемо принцип роботи тарілчастої колони. Тарілчасті абсорбери, як правило, - це вертикальні колони, всередині яких на певній відстані один від одного розміщені горизонтальні перегородки - *тарілки*. За допомогою тарілок здійснюється спрямований рух фаз і багаторазове взаємодія рідини і газу. За способом зливу рідини з тарілок барботажні абсорбери можна розділити на колони з тарілками із зливними пристроями і з тарілками без зливних пристроїв.

Відрізняють тарілки двох видів: сіткові та ковпачкові. Колона з сітковими тарілками – це вертикальний циліндричний корпус з горизонтальними тарілками, в яких рівномірно просвердлено значне число отворів діаметром 1-5 мм. Для зливу рідини і регулювання її рівня на тарілці служать переливні трубки, нижні кінці яких занурені у склянки. Газ проходить крізь отвори тарілки і розподіляється в рідині у вигляді дрібних струмків і бульбашок. При дуже малій швидкості газу рідина може просочуватися (або «провалюватися») через отвори тарілки на нижче розташовані, що повинно привести до істотного зниження інтенсивності масопередачі.

На рис. 1.3 показано приклад ковпачкової тарілки. На кожній тарілці є патрубки 1, закриті зверху ковпачками 2. Через переливи 3 рідина перетікає з тарілки на тарілку. Рівень рідини на тарілці при цьому встановлюється кілька вище верхнього обрізу зливного порогу 4. Нижня частина зливної перегородки опущена під рівень рідини, що створює гідравлічний затвір, який не допускає проходження газу через перелив. Для того, щоб не допустити проходження газу через перелив, нижня частина зливної перегородки опущена під рівень рідини, що створює гідравлічний затвір. Рух рідини по тарілці від переливу з вище розміщеної тарілки до переливу нижньої тарілки відбувається в

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						16
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

горизонтальному напрямку. Щоб рідина перетікала тільки через переливи, а не через патрубки, верхні обрізи останніх повинні бути вище рівня рідини на тарілці. Ковпачки нижніми краями, занурені в рідину. Газ проходить по патрубкам 1 в простір під ковпачками і, виходячи з-під ковпачка, барботує через шар рідини.

Рисунок 1.3 – Схема абсорбційної колони з ковпачковими тарілками:

1 – патрубки; 2 – ковпачки; 3 – переливи; 4 – зливний поріг

Різні типи ковпачкових тарілок відрізняються конструкцією ковпачків. За формою розрізняють круглі (рис. 1.4, а) та прямокутні (рис. 1.4, б) ковпачки. Ковпачки іншої форми застосовуються рідко.

Рисунок 1.4 – Ковпачки:

а – круглий з прямокутними отворами; б – прямокутний з зубцями

Нижні краї ковпачків зазвичай забезпечені зубцями (рис. 1.4, б) або прорізами у вигляді вузьких вертикальних щілин (рис. 1.4, а). Іноді вживають ковпачки з гладким нижнім краєм.

Усувати односторонній вихід газу з-під ковпачка в разі відхилення площини його нижнього краю від горизонталі внаслідок перекоосу при монтажі – це основне призначення зубців і прорізів.

Ковпачки з зубцями та нижнім гладким краєм встановлюють з деяким зазором по відношенню до площини тарілки. Ковпачки з прорізами також встановлюють з зазором до цієї площини, але вони можуть бути встановлені і без нього.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						17
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Найбільш поширені тарілки з ковпачками порівняно невеликого діаметра (80-150 мм; при забруднених рідинах до 200-300 мм); такі ковпачки на тарілці встановлюють зазвичай в значній кількості (багатоковпачкові тарілки)[3].

Після аналізу всіх вище перерахованих апаратів, в проекті для рішення поставленої задачі обрано абсорбційну колону тарілчастого типу з ковпачковими тарілками.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						18
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2. Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу абсорбції аміаку

Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу водної абсорбції аміаку з продувних газів у виробництві аміаку дає змогу оцінити залежність отриманого продукту від витрати сировини. Вхідні дані до розрахунку матеріального балансу приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вхідні дані до розрахунку матеріального балансу

Матеріальний баланс по компоненту, що абсорбується виражається наступним чином [4]:

Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу виконано в спеціалізованому середовищі ChemCad 6.3.1.

Розроблена схема наведена на рис. 2.1. У схемі задіяні апарати, які не впливають на матеріальний баланс (не змінюють стан речовини), тому при складанні балансу враховуємо лише масообмінні апарати.

Рисунок 2.1 – Схема для моделювання процесу абсорбції аміаку водою в ChemCad 6.3.1, де

1 –насос, 2 – ємність, 3 – абсорбційна колона, 4 - холодильник;

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ

Арк
20

При моделюванні процесу абсорбції за допомогою програмного середовища ChemCad, були використані апарати, перелік яких наведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік апаратів в середовищі ChemCad

Матеріальний баланс для даного процесу абсорбції, отриманий за допомогою програмного середовища ChemCad 6.3.1, наведений в таблиці 2.3 та представлений в додатку А.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку процесу

Приведена маса аміаку, розчинена у воді, відповідає заданій концентрації аміачної води на виході, що складає 25%:

(2.1)

Висновок: матеріальний баланс процесу водної абсорбції аміаку з продувних газів розраховано вірно. З отриманими результатами переходимо до розрахунку конструкційних параметрів абсорбційної колони та параметрів процесу абсорбції.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3. Комп'ютерне моделювання розрахунку абсорбційної колони

3.1 Розрахунок основних параметрів процесу

Для створення програмного модуля для розрахунку основних конструкційних параметрів абсорбційної колони та моделювання процесу абсорбції аміаку водою із продувних газів треба скласти математичну модель, яка описує процес. Виходячи з блокового принципу складання математичних моделей опис процесу абсорбції повинен включати: опис фазової рівноваги в системі газ-рідина, кінетику протікання процесу, опис структури потоків фаз в апараті [4].

Процес характеризується наступними параметрами: витрата вхідних потоків; початкові концентрації аміаку в рідкій та газовій фазах; висота сепараційної зони колони (зона, яку займають всі тарілки колони), коефіцієнт масопередачі. Для комп'ютерного моделювання процесу абсорбції необхідно розробити алгоритм. Вхідні дані для розрахунку приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вхідні дані для розрахунку

Розрахуємо ряд необхідних даних, які знадобляться для розрахунку параметрів протікання процесу абсорбції[5].

Початкова відносна молярна концентрація аміаку в газовій фазі, що поступає в абсорбер

(3.1)

де u_1 – вміст аміаку в газі на вході в колону, %об.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						22
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Кінцева відносна молярна концентрація аміаку в газовій фазі, що покидає абсорбер

$$y_2 = a y_1 \quad (3.2)$$

де y_1 – вміст аміаку в газі на вході в колону, %об; $a = 95\%$ – ступінь вилучення.

Початкова відносна молярна концентрація аміаку у воді, що поступає в абсорбер складає 0 кмоль/кмоль, а кінцева відносна молярна концентрація аміаку, що покидає абсорбер дорівнює:

$$y_2 = 0 \quad (3.3)$$

Витрати продувних газів та води, що поступають в колону, приведені в таблицях 3.2 – 3.3.

Таблиця 3.2 – Значення витрати газу на вході в колону

Таблиця 3.3 – Значення на вході в колону витрат води

Розрахуємо молярну масу газу за наступною формулою:

$$M_r = \frac{P}{\rho_r T} \quad (3.4)$$

Густина газу :

$$\rho_r = \frac{P M_r}{R T} \quad (3.5)$$

Де μ_r – молярна маса газу; $T_0 = 273 \text{ K}$; $P_0 = 0,1 \text{ Мпа}$; T – температура протікання процесу; P – тиск при якому проходить процес.

Об'ємна витрата інертного газу при нормальних умовах

$$V_r = \frac{y_1 V_{г1}}{a} \quad (3.6)$$

де y_1 – вміст аміаку в газі на вході в колону, %об; V_r – витрата продувних газів, $\text{м}^3/\text{год}$.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						23
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Молярна витрата аміаку:

(3.7)

де y_1 – вміст аміаку в газі на вході в колону, %об; V_r – витрата продувних газів, м³/год; $a = 95\%$ – ступінь вилучення.

Гранично допустима швидкість газової фази, розраховується за наступною формулою:

(3.8)

Де ρ_r – густина газу; ρ_v – густина води при температурі процесу.

Швидкість потоку газу приймається в межах 80% від гранично допустимої

(3.9)

За отриманою швидкість можливо дізнатися діаметр абсорбційної колони

(3.10)

За таблицею стандартних діаметрів колон приймається діаметр колони – 1,6 м. За обраним діаметром перераховується робоча швидкість газового потоку:

(3.11)

Робоча швидкість не повинна виходити з діапазону 75 – 90 % від гранично допустимої швидкості газу. Отримана робоча швидкість відповідає даному діапазону.

За отриманим діаметром колони та робочою швидкістю обираємо тип ковпачкової тарілки – ТСК-Р з наступними параметрами, що приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри ковпачкової тарілки ТСК-Р

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						24
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

Площу вільного перерізу отворів приймається $f_{\text{отв}} = 10\%$ від загальної площі вільного перерізу апарату. Тоді швидкість газу в отворах:

(3.12)

Відношення площі вільного перерізу сегменту переливного пристрою до площі тарілки приймається $R = 10\%$ та розрахуємо площу вільного перерізу зливного пристрою

(3.13)

Швидкість рідкої фази в переливному пристрої

(3.14)

де L – витрата води, кмоль/год; ρ_v – густина води при температурі протікання процесу; $f_{\text{пер}}$ – площа вільного перерізу зливного пристрою, м^2 .

Гідравлічний опір тарілки від сил поверхневого натягу

(3.15)

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини Нн/м; $d_e = 0,005$ – еквівалентний діаметр отвору тарілки, м.

Висота відкриття прорізі ковпачка

(3.16)

де V – витрата продувних газів, $\text{м}^3/\text{с}$; m – кількість ковпачків на тарілці; z – діаметр ковпачка, мм; b – ширина прорізі ковпачка, мм.

Глибина барботажу

(3.17)

де P – тиск при якому проходить процес.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						25
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Висота підпору рідини над зливним порогом (3.18)

де L – витрата води, м³/с; $\Pi = 1,238$ – периметр зливу, м.

Висота зливного порогу на ковпачковій тарілці (3.19)

Висота піни (газорідкої суміші) (3.20)

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини; k_1, k_2, k_4 – коефіцієнти рівняння для ковпачкової тарілки.

Статичний опір товщі рідини (3.21)

Висота статичного рівня рідини (3.22)

Опір сухої тарілки (3.23)

де $\xi = 4,5$ – коефіцієнт опору сухої ковпачкової тарілки.

Загальний опір тарілки (3.24)

Висота рідини в переливному пристрої (3.25)

Мінімальна відстань від зливного пологу до наступної тарілки, що забезпечує гідрозатвір в зливному патрубку розраховується за формулою:

(3.26)

де $h_{\text{п}}$ – висота піни, м.

Висота зливного порогу – 13 см, відстань від зливного порогу до наступної тарілки повинна складати – 6 см. Тому приймається відстань між тарілками 20 см.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості газової суміші приведений у формулі 3.1.27. Для цього запишемо з таблиці [5] коефіцієнти динамічної в'язкості речовин при температурі 35°C.

(3.27)

Розрахуємо критерій Рейнольдса та дифузійний критерій Прандля для газової фази

(3.28)

де ω_p – робоча швидкість газу, м/с; ρ_g – густина газу, кг/м³; η_{cm} – динамічна в'язкість газової суміші, м/с.

Коефіцієнт дифузії аміаку в газовій фазі

(3.29)

де $D = 0,000017$ – дифузія аміаку в газі при початкових умовах, м²/с; $P_0 = 0,1$ МПа; P – тиск при якому протікає процес, МПа.

Критерій Прандля

(3.30)

де η_{cm} – динамічна в'язкість газової суміші, м/с; ρ_g – густина газу, кг/м³;

D_g – коефіцієнт дифузії аміаку в газовій фазі, м²/с.

(3.31)

Знаходимо критерій Нусельта

(3.32)

Коефіцієнт масовіддачі по газовій фазі

(3.33)

де Nu_g – критерій Нусельта для газової фази; D_g – степінь дифузії аміаку в газовій фазі, м²/с; $h_{ст}$ – висота статичного рівня рідини, м.

Розрахуємо ті ж самі критерії для рідкої фази

					ЛП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						27
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

(3.34)

де ω_p – робоча швидкість газу, м/с; ρ_v – густина води, кг/м³; $h_{ст}$ – висота статичного рівня рідини, м; η_v – коефіцієнт динамічної в'язкості води м/с.

Коефіцієнт дифузії аміаку в газовій фазі

(3.35)

де $D = 1,8 * 10^{-9}$ м²/с – коефіцієнт дифузії аміаку в воді, м²/с; $P_0 = 0,1$ МПа;
 P – тиск при якому протікає процес, МПа.

Критерій Прандля

(3.36)

де η_v – коефіцієнт динамічної в'язкості води м/с; ρ_v – густина води, кг/м³;
 D_v – коефіцієнт дифузії аміаку в воді, м²/с.

Знаходимо критерій Нусельта

(3.37)

Коефіцієнт масовіддачі по газовій фазі

(3.38)

де Nu_v - критерій Нусельта для рідкої фази; D_v – коефіцієнт дифузії аміаку у воді фазі, м²/с; ρ_v – густина води, кг/м³; $h_{ст}$ – висота статичного рівня рідини, м;

Робоча площа тарілки без врахування переливу

(3.39)

де d – діаметр колони, м; $f_{пер}$ – площа вільного перерізу зливного пристрою, м²;

Для того щоб розрахувати необхідну кількість тарілок в колоні побудуємо робочу та рівноважну лінії процесу. Робоча лінія (рис. 3.1) будується по двом точкам: (y_1, x_2) ; (y_2, x_1) [6].

Рисунок 3.1 – Робоча лінія процесу

					ЛП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						28
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Запишемо діапазон значень концентрацій аміаку в обох фазах з певним кроком зміни, для кожного значення концентрації розрахуємо рівноважну концентрацію за формулами 3.40 – 3.42:

(3.40)

де H – константа Генрі; x – значення концентрації аміаку в воді.

Відкладаємо точки y_p та проводимо рівноважну лінію процесу (рис 3.2). Між рівноважною та робочою лініями проводиться ступінчата ломана лінія в діапазоні концентрацій x_1 та x_2 . Кількість сходинок ломаної лінії позначає кількість тарілок в абсорбційній колоні.

Рисунок 3.2 – Графічна інтерпретація кількості тарілок
в абсорбційній колоні

Розрахуємо коефіцієнт масопередачі:

(3.41)

де φ – кут нахилу рівноважної лінії; β_y – коефіцієнт масовіддачі по газовій фазі; β_x – коефіцієнт масовіддачі по рідкій фазі.

Розрахуємо загальну довжину апарату приймаючи висоту днища $2m$ та кришки – $1m$:

(3.42)

де N – загальна кількість тарілок; $h_{\text{пор}}$ – висота зливної перегородки, m ; H_{min} – відстань між тарілками, що забезпечують гідрозатвір, m .

Всі розрахунки представлені в додатку Б

Проведені вище розрахунки дають всі необхідні дані для написання математичної моделі процесу абсорбції та моделювання процесу поглинання аміаку водою із продувних газів.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3.2 Складання математичної моделі

Вода з колони за допомогою холодильника типу труба в трубі 2-1 та 2-2 охолоджується до температури 35°C (температура процесу, що підтримується в колоні) та повертається в колону; де температура обох фаз, що надходять до колони однокова, з чого робимо висновок, що процес проходить при ізотермічному режимі. Наступними характеристиками процесу є те, що потоки рідини та газу рухаються на зустріч один одному; масові витрати і швидкості відповідних потоків постійні; газ і поглинач не взаємодіють один з одним [5].

Коміркова модель, в якій відбувається ідеальне перемішування в межах комірки і відсутнє перемішування між комірками, є найкращою математичною моделлю для тарілчастої колони, що працює в ізотермічному режимі [5].

На процес абсорбції безпосередньо впливають основні параметри: витрати обох компонентів; початкова концентрація аміаку, як у газі так і у воді; висота сепараційної зони абсорбційної колони. Для складання математичної моделі процесу водяної абсорбції аміаку використовуємо параметри, які були розраховані у попередньому розділі [1].

При моделюванні процесу абсорбції в тарілчастій колоні можна скористатися комірковою моделлю. З урахуванням того, що:

- газ і поглинач не взаємодіють один з одним,
- гідродинаміка потоків описується комірковою моделлю, згідно з якою відбувається ідеальне перемішування в межах комірки і відсутнє перемішування між комірками,
- масові витрати і швидкості відповідних потоків постійні,
- процес абсорбції відбувається в ізотермічному режимі.

Математичну модель статичного процесу абсорбції в *i*-й комірці можна представити як:

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						30
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

(3.43)

де K – коефіцієнт масопередачі, $\text{кмоль}/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$; S_T – робоча площа тарілки, м^2 ;
 L – витрата води $\text{кмоль}/\text{год}$; G – витрата газу $\text{кмоль}/\text{год}$; y – концентрація аміаку в газі, $\text{кмоль}/\text{кмоль}$, y^* – концентрація аміаку в газовій фазі, рівноважної з рідиною, $\text{кмоль}/\text{кмоль}$.

Вхідні дані для розрахунку математичної моделі приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Дані для складання математичної моделі процесу водяної абсорбції аміаку

Для розв'язання вище записаної математичної моделі процесу абсорбції був розроблений модуль на мові програмування C++ за для розрахунку параметрів процесу та його моделювання.

3.3 Технічне завдання на програмний модуль

Розрахунковий модуль призначений для комп'ютерного моделювання процесу абсорбції аміаку водою із продувних газів в абсорбційній колоні з ковпачковими тарілками.

Вихідними даними для розрахунку є:

1. Концентрація аміаку в газі при вході в колону ($\text{кмоль}/\text{кмоль}$).
2. Концентрація аміаку в воді на виході із колони ($\text{кмоль}/\text{кмоль}$);
3. Витрата продувних газів ($\text{м}^3/\text{год}$);
4. Витрата води ($\text{м}^3/\text{год}$);
5. Тиск при якому протікає процес (МПа);
6. Температура при якій протікає процес (К);
7. Константа Генрі;

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						31
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Вимоги до програмного модулю:

1. Наявність більше однієї форми для зручного представлення результатів;
2. Наявність полів для вводу даних користувачем;
3. Наявність довідки;
4. Програмний модуль повинен виводити отримані розрахунки на форму;
5. Можливість формування та збереження звіту за бажанням користувача.
6. Передбачити блокування кнопок, що не можуть виконати розрахунки без введення необхідних даних;
7. Наявність меню.

Середовище для реалізації розрахункового модуля MS Visual Studio 2015.

3.4 Програмний модуль для моделювання процесу абсорбції

Алгоритм обчислювального модуля був розроблений відповідно до технічного завдання . Блок- схема представлена в Додатку В.

Структура обчислювального модуля:

- Файли форм – MyForm1.h – MyForm3.h
- Файл проекту – Project1

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.6.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						32
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення для моделювання процесу абсорбції

Схема взаємодії форм представлена на рисунку 3.3.

Рисунок 3.3 – Схема взаємодії між формами програмного модуля

Розроблений програмний модуль складається з наступних процедур обробки подій, що наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення

При різних характеристиках вхідного газу, параметрах вхідних потоків та концентраціях аміаку у воді, що виходить з абсорберу, можна використовувати даний програмний модуль для визначення основних технологічних показників процесу.

3.5 Інструкція користувачу програмного продукту

Програмний модуль призначений для перевірного розрахунку абсорбційної колони, що працює в ізотермічному режимі та при постійному тиску та визначення параметрів абсорбції аміаку із продувних газів.

Графічний інтерфейс користувача, який відкривається при завантаженні програми наведено на рисунку 3.4.

Рисунок 3.4 – Головне вікно програми

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						33
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Головне вікно містить поля для вводу вхідних даних: вміст аміаку в газі на вході в колону; вміст аміаку в воді, що покидає колону; тиск; температура; константа Генрі; витрата продувних газів; витрата води. На головній формі також розташовані поля для виведення отриманих параметрів колони.

Для виконання розрахунків, після вводу необхідних даних, слід натиснути на кнопку «Розрахунок апарату». Після чого розраховані результати будуть виведені на форму (рис. 3.5).

Рисунок 3.5 – Розрахунок параметрів процесу

За допомогою кнопки «Моделювання процесу» переходимо на наступну форму та натискаємо «Розрахувати» (рисунок 3.6).

Рисунок 3.6 – Графічна інтерпретація результатів розрахунку

Для отримання загальної інформації щодо програмного продукту або інструкції щодо користування програмою (рисунок 3.7) необхідно звернутися до довідки за допомогою меню «Довідка» або кнопки «Довідка» на будь-якій формі.

Рисунок 3.7 – Вікно довідки

За отриманими результатами можна сформувати звіт та зберегти його в будь-яке місце за бажанням користувача. Для цього необхідно перейти в меню «Файл» - «Зберегти файл» (рис 3.8).

Рисунок 3.8 – Збереження результатів роботи програми

						Арк
						34
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	

Отриманий звіт виглядає наступним чином (рис 3.9):

Рисунок 3.9 – Звіт з отриманими результатами розрахунку

Отже, за результатами розробленого програмного модуля було виконано перевірочний розрахунок абсорбційної колони для абсорбції аміаку з продувних газів при ізотермічному режимі та постійному тиску.

Кресельник визначеної колони представлений у Додатку 3.

Для якісного та безпечного протікання процесу, який протікає при постійній температурі та тиску, потрібно контролювати, регулювати та підтримувати параметри, при яких він протікає. Виходячи з цього, є доцільним автоматизувати дане виробництво. Приклад схеми автоматизації приведений в наступному розділі.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу абсорбції аміаку

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Для забезпечення контролю за якістю продукції, раціональним використанням сировини та енергії розроблюють системи автоматизації виробництва, які дозволяють мінімізувати використання ручної праці на небезпечних об'єктах. Особливо це актуально для хімічних виробництв, які використовують вогне – і вибухонебезпечні речовини в умовах підвищеної екологічної небезпеки і потребують значних затрат енергії.

Особливість даної схеми полягає в роботі апаратів під високим тиском 2,1 МПа та використанні вибухонебезпечної сировини - продувних газів.

Завдання технологічного процесу полягає в отриманні заданого виходу

кінцевого продукту - аміачної води. Аналіз технологічної схеми показав,					Арк
ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ					35
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	

що для забезпечення необхідного виходу продукту та протікання процесу за технічним регламентом необхідно обов'язково мати засоби відсікання при аварійних ситуаціях, регулювати та контролювати наступні параметри автоматизації:

контроль за вхідними параметрами

- температуру в трубопроводах подачі продувного газу, хімічищеної води та конденсату водяної пари.
- тиск в трубопроводах подачі продувного газу та хімічищеної води, азотної продувки.
- витрату продувного газу, хімічищеної води та технологічної води
- підтримка рівня хімічищеної води в абсорбері, конденсату водяної пари,
- підтримка рівня в кубовій частині абсорбера,
- концентрацію аміаку у вихідному газі та отриманій аміачній воді.
- тиск в трубопроводі вихіду аміачної води 25%,
- витрату очищених газів від аміаку та амводи 25%,
- температура в трубопроводі вихіду аміачної води , в трубопроводі відведення аміачної води на склад та відведеної води після охолодження з 7-ї тарілки абсорбера.

Після аналізу технологічної схеми, можна визначити необхідний рівень автоматизації виробництва, обрати об'єкти автоматизації, обрати регульовані і регулюючі параметри, визначити параметри контролю, реєстрації та регулювання. Для обраних параметрів було визначено необхідну точність вимірювання і регулювання (норми технологічного режиму) та діапазони їх можливої зміни.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						36
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

4.2 Визначення параметрів автоматизації

Для безпечної роботи схеми, підтримання робочих параметрів, отримання цільового продукту і попередження аварійної ситуації було обрано наступні параметри регулювання, які наведені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Місце заміру параметру на технологічному об'єкті.
Параметри регулювання та контролю виробництва

На основі обраних параметрів можна обирати технічні засоби автоматизації.

При підборі засобів автоматизації слід враховувати особливості технологічного режиму. При цьому слід дотримуватися наступних правил:

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

Засоби автоматизації вибрані за каталогами фірм виробників [7-13] та зведені в специфікації, яка наведена в додатку Д.

4.3 Опис схеми автоматизації

Контроль та регулювання температури: вибрано датчик температури каналний Honeywell NTC LF20 (діапазон вимірювання температури -50-150°C) – призначений для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах, шляхом перетворення опору у уніфікований вихідний сигнал 4-20мА. Отриманий з датчика (поз. 2а, 7а, 11а, 13а, 17а,18а) уніфікований сигнал поступає на електричний ПД-регулятор (поз. 2в, 7в, 11в, 13в, 17в, 18в) з

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						37
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

вхідним сигналом 4 – 20 мА виробництва фірми ТОВ НВП “Мікротерм” м. Сєверодонецьк.

Сигнал від ПДД регулятора йде на виконавчий механізм в ролі якого виступає електричний виконавчий механізм МЕО-40/10 0,25-99К з вхідним сигналом 4..20мА, вихідний сигнал 3 фази 380В виробництва НВО « Теплоавтомат» м. Харків.

Контроль та регулювання витрати: для вимірювання витрати в трубопроводі подачі продувального газу (контур 1) використано витратомір газу високого тиску Honeywell SMV3000 (поз. 1а) з вхідним сигналом 4..20мА. Отриманий від витратоміру сигнал поступає на електричний ПДД регулятор (поз. 1б) з вхідним та вихідним сигналом 4..20мА. Сигнал від ПДД регулятора йде на виконавчий механізм в ролі якого виступає клапан електромагнітний Madasm16/гмз вхідним сигналом 4..20мА.

Для вимірювання витрати хімічещеної води та технічної води з мережі в трубопроводах, а також витрати аміачної води використано витратоміри змінного перепаду тиску Honeywell PV230 (поз.8б, 19б, 20б, 21б, 22б) з вихідним уніфікованим сигналом 4..20мА. Отриманий від витратоміру сигнал поступає на електричний ПДД регулятор з вхідним та вихідним сигналом 4..20мА (поз. 8в, 19в, 20в, 21в, 22в). Отриманий з регулятора сигнал поступає на виконавчий механізм в ролі якого виступає клапан електромагнітний 21Н7КВ120 з вхідним сигналом 4..20мА.

Контроль та регулювання рівню: для виміру рівню хімічещеної води в абсорбційній колоні використовуються безконтактний радарний рівнемір Honeywell RM70 (поз.9а) .Рівнемір також виступає в ролі перетворювача та видає на виході уніфікований сигнал 4..20мА, який далі передається на регулятор рівня V3.2 (поз. 9б) з вхідним та вихідним сигналом 4..20мА. Сигнал з регулятора передається на регулюючий механізм в ролі якого виступає клапан електромагнітний нормально відкритий 21Н7КВ120 ТОВ ТД «Арма Профі» з

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						38
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

вхідним сигналом 4..20мА (поз. 9в). В результаті такого регулювання збільшується або зменшується витрата готової аміачної води.

Для виміру рівню в усіх ємностях (контури 4, 6, 12) було використано – комплект регулювання рівня, що складається з кондуктометричного датчика та електронний регулятор рівня рідини ЕРСУ-3 САУ-М6 (поз. 4а, 6а, 12а) . Сигнал з регулятора передається на регулюючий механізм в ролі якого виступає клапан електромагнітний нормально відкритий 21Н7КВ120ТОВ ТД «Арма Профі» з вхідним сигналом 4..20мА (поз. 4в, 6в, 12в). В результаті такого регулювання збільшується або зменшується витрата води.

Контроль та регулювання концентрації: Для вимірювання концентрації на виході газу після абсорбера (контур 14) використовується цифровий термокондуктометричний аналізатор для бінарних газових сумішей qw1807866 з вихідним сигналом 4..20мА (поз. 14а) . Отриманий з аналізатора сигнал поступає на показуючий автоматичний прилад в вхідним сигналом 4..20мА(поз. 14б).

Для вимірювання концентрації на виході з нижньої частини абсорбера (контур 16) використовується концентратомір Honeywellз вихідним сигналом 4..20мА (поз. 16а). Отриманий з концентратоміра сигнал поступає на показуючий автоматичний прилад з вхідним сигналом 4..20мА (поз. 16б).

Контроль та регулювання тиску: для контурів регулювання тиску в ємності для технологічної води та в абсорбційній колоні (контури 5 та 15) був обраний комплекс приладів, що складається з перетворювача тиску, який отримує значення вимірюного тиску з датчику (поз. 5, 15) та перетворює його в уніфікований сигнал (вихідний сигнал - 4-20мА. Отриманий, на виході з перетворювача сигнал, поступає на універсальний вимірювач-регулятор (вхідний сигнал 4-20мА (поз. 5б та 15б). Отриманий з регулятора сигнал передається на виконавчий механізм в ролі якого виступає клапан електромагнітний Madasm16/гмз вхідним сигналом 4..20мА(поз. 5в та 15в). Результатом керування є зміна витрати сировини, що потрапляє в ємність.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						39
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Для регулювання тиску в трубопроводі подачі продувних газів та в трубопроводі відведення аміачної води (конури 3 та 10) було використано наступні прилади: мембранний перетворювач тиску РМР75 (діапазон вимірювання від 0,1 до 4 МПа), який перетворює отримане значення тиску в уніфікований сигнал 4-20мА (поз. 3а та 10а). Мембранний перетворювач передає сигнал на універсальний вимірювач-регулятор ТРМ 10-1.У.ИТ («ОВЕН») з вхідний сигнал 4-20мА (поз. 3 та 10б). З регулятора сигнал передається на виконавчий механізм в ролі якого виступає клапан електромагнітний Madasm16/rmz вхідним сигналом 4..20мА, розташований на позиціях 3в та 10в.

Відповідно до обраних контурів, параметрів та технічного обладнання була розроблена принципова схема автоматизації., яка забезпечує роботу технологічної схеми відповідно обраного режиму.

Технологічна схема автоматизації процесу абсорбції аміаку із продувних газів у виробництві аміаку наведена в додатку Ж.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						40
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

5 Економіко-організаційні розрахунки процесу абсорбції аміаку із продувних газів

Щороку зростає виробництво аміаку, тому постає необхідність вибору такої технологічної схеми виробництва, яка була б найбільш раціональною, з найвищим коефіцієнтом корисної дії екологічності та безпеки.

Для виробництва аміаку та азотних добрив в Україні основною сировиною є природний газ, під час синтезу якого, задля звільнення від інертних газів, необхідно постійне скидання частини газів, яка відправляється на спалювання. В склад цих продувних газів входить деякий відсоток аміаку.

Утилізацією продувних газів є спалювання. Доведено та економічно обґрунтовано доцільність використання продувних газів в технологічному процесі з попереднім вилученням із газу аміаку шляхом використання водної абсорбції.

В цеху абсорбції аміаку із продувних газів працює 6 осіб під час однієї зміни, тобто, явочна чисельність персоналу складає:

(5.1)

Перелік осіб, що працюють в даному відділенні наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Персонал цеху абсорбції аміаку з продувних газів

Режим роботи працівника складає 6-ти годину робочу зміну, оскільки в цеху шкідливі умови праці. Так як підприємство працює цілодобово, то графік змін на підприємстві має такий вигляд:

- 1-а зміна з 6:00 до 12:00;
- 2-а зміна з 12:00 до 18:00;
- 3-а зміна з 18:00 до 00:00;
- 4-а зміна з 00:00 до 6:00.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						41
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Кількість бригад розраховуємо виходячи з режиму роботи підприємства і тривалості роботи працівника. Графік змінності приведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Графік змінності працівників

Знаходимо фактичний відпрацьований час кожним працівником:

(5.2)

де $T_{зм.об.}$ – зміно оборот, днів; $T_{вих.}$ – кількість вихідних; $T_{відп.}$ – відпустка.

Розраховуємо чисельність персоналу за списком:

(5.3)

Розраховуємо фонд заробітної плати (таблиця 5.3)

Таблиця 5.3 - фонд заробітної плати бригади

Фонд оплати праці за рік становить

(5.4)

Затрати на сировину приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок вартості сировини для абсорбції аміаку з продувних газів

Отже, річні затрати на сировину складають: $Z_c = 438\,646\,838,4$ грн/рік.

Розраховуємо затрати на електроенергію: тариф за приєднану потужність : $T_{пр} = 2,6$ грн/кВт; потужність обладнання: $N_{об} = 60$ кВт/т; освітлення цілодобове: $N_{ос} = 30$ кВт/добу.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						42
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Кількість отриманого продукту за рік становить 35 040 т. Розрахуємо річні витрати на електроенергію приймаючи до уваги, що підприємство працює цілодобово:

(5.5)

Розрахуємо витрати на опалення цеху приймаючи площу приміщення 1500м² та тарифну ставку на опалення 31,55 грн/м²в місяць, сезон опалення 6 місяців:

(5.6)

Оборотні фонди та їх вартість приведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Вартість оборотних фондів підприємства

Розрахунок вартості основних фондів підприємства приведений в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Вартість основних фондів підприємства

Сумарна вартість ОФ:

(5.7)

Знаючи вартість ОФ та норми амортизації, розрахуємо величину амортизаційних відрахувань:

(5.8)

Собівартість

(5.9)

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						43
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Собівартість одиниці продукції: (5.10)

Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукту: (5.11)

Прибуток підприємства з одиниці продукції: . (5.12)

Прибуток за рік (5.13)

Рентабельність підприємства (5.14)

Ефективність підприємства: (5.15)

де К – капіталовкладення у реалізацію даного проекту: (5.16)

(5.17)

Період повернення капіталовкладень: (5.18)

Фондовіддача, фондоємність, фондоозброєність: (5.19)

(5.20)

(5.21)

Під час виконання даного дипломного проекту був розроблений програмний модуль, який має на меті розрахунок та моделювання процесу абсорбції аміаку із продувних газів при різних початкових умовах без втручання людини та проведена автоматизація виробництва, що має на меті керування процесом без втручання людини.

Отже, при застосуванні вище перерахованих комплексів, можна скоротити кількість персоналу на виробництві, що, в свою чергу, відобразиться на техніко-економічних показниках. Розрахуємо техніко-економічні показники виробництва при використанні програмного модуля та контурів автоматизації на виробництві.

Кількість працівників, що працюватимуть на автоматизованому підприємстві приведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Персонал цеху абсорбції аміаку з продувних газів на автоматизованому виробництві

Явочна чисельність працівників в такому випадку складатиме:

(5.22)

Розрахуємо чисельність персоналу за списком:

(5.23)

Розрахуємо фонд заробітної плати (таблиця 5.8)

Таблиця 5.8 - фонд заробітної плати

Фонд оплати праці за рік становить

(5.24)

У випадку використання програмного комплексу, його вартість необхідно включити в склад основних фондів.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						45
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахуємо вартість програми. Вартість роботи програміста складає 200 грн. за годину роботи. На написання програмного модуля було витрачено 6 днів по 5 годин роботи кожного дня. Отже, зарплата програміста складатиме $ЗПр. = 6\ 000$ грн. Написання програмного модуля включає в себе витрати на світло. За годину роботи комп'ютер споживає 90,06Вт. При розрахунку на 6 днів по 5 годин роботи отримуємо – 2701,8 Вт або 2,7018 кВт. Вартість електроенергії становить 1,68 грн./кВт. Отже, вартість програми складає:

(5.25)

Затрати на сировину приведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок вартості сировини для абсорбції аміаку з продувних газів

Отже, річні затрати на сировину складають: $Зс = 438\ 646\ 838,40$ грн/рік.

Розрахуємо витрати на електроенергію згідно одноставкового нерегульованого тарифу для підприємства, 2,6 грн /кВт год.

Потужність обладнання $Н_{об.} = 60$ кВт/т, також додатково рахуємо потужність 5-ти комп'ютерів ($Н_{комп.} = 12$ кВт/доба); Освітлення цілодобове: $Н_{ос.} = 30$ кВт/доба

Підприємство працює цілодобово 365 днів на рік. Річні витрати на електроенергію:

Оборотні фонди та їх вартість приведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Вартість оборотних фондів підприємства

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						46
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунок вартості основних фондів підприємства приведений в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Вартість основних фондів підприємства

До розрахованої раніше вартості основних фондів додаємо вартість програми та комп'ютерів отримаємо:

(5.26)

Перерахуємо амортизацію. До розрахованої раніше амортизації додаємо вартість програми та комп'ютерів.

(5.27)

Собівартість автоматизованого виробництва з використанням запропонованого програмного продукту:

(5.28)

Собівартість одиниці продукції:

(5.29)

Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукту:

(5.30)

Прибуток підприємства з одиниці продукції:

(5.31)

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						47
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Прибуток за рік:

(5.32)

Рентабельність підприємства:

(5.33)

Ефективність підприємства:

(5.34)

де K – капіталовкладення у реалізацію даного проекту:

(5.35)

(5.36)

Період повернення капіталовкладень:

(5.37)

Фондовіддача, фондоємність, фондоозброєність:

(5.38)

(5.39)

(5.40)

Порівняння техніко-економічних показників звичайного виробництва та автоматизованого виробництва з використанням програмного модуля приведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Порівняння техніко-економічних показників

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						48
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Як видно з вище приведених розрахунків, автоматизоване виробництво, що керується отриманими розрахунками за допомогою програмного модуля, є ефективнішим. Період повернення капіталовкладень в таке виробництво скорочується з 7,5 років до 7,3років, Прибуток збільшився на 1 004 947,20 грн/рік за рахунок використання програмного модуля на автоматизованому підприємстві . Загалом, економічні показники підприємства зростають.

Отже, можна зробити висновок, що автоматизоване виробництво, що керується розрахунками, отриманими за допомогою програмного модуля, є більш економічно вигідним, порівняно зі звичайним виробництвом.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						49
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

6. Охорона праці

Як випливає з технологічної частини проекту, у виробництві містяться шкідливі пожежонебезпечні речовини і матеріали, використовується механічна, теплова, електрична енергії та енергія газів під тиском, висока температура в апаратах трубопроводів, пожежонебезпечні матеріали та речовини. Внутрішньоцеховий транспорт представлений трубопроводами.

В даному розділі на підставі аналізу всіх можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектуваному об'єкті, розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

6.1 Виявлення і аналіз виробничих (шкідливих і небезпечних) факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що виконуються у даному цеху за витратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості.

У таблиці 6.1 наведені прийняті проектом гігієнічні норми метеорологічних умов у приміщенні цеху, що проектується.

Таблиця 6.1 – Величини параметрів мікроклімату

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючи конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°C

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						50
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт. Допустима температура зовнішньої поверхні обладнання:

(6.1)

За способом організації повітрообміну передбачена загальнообмінна, місцева й комбінована вентиляція. Передбачається схема вентиляції згори до низу. У приміщенні цеху передбачена загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція та місцева припливно-витяжна вентиляція. Додатково передбачені витяжні шафи.

Тепловиділення у виробничих приміщеннях нейтралізують шляхом теплової ізоляції частин компресора природного газу. Для захисту рук від опіків при ремонтах, а також при огляді обладнання робітники користуються спеціальними рукавицями.

При порушенні технологічної роботи цеху можливі викиди конвертованого газу. Проводяться попередні і періодичні (один раз на рік) медогляди.

Коротка санітарна характеристика робочої зони наведена у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Санітарна характеристика робочої зони

Проектом передбачено проводити наступні заходи. Проведення два рази на місяць контролю вмісту у повітрі робочої зони шкідливих речовин і параметрів. Використання термографів для безперервного контролю температури. Визначення відносної вологості повітря за допомогою стаціонарного (психрометр Августа), а також аспіраційного психрометра М-34.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						51
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду робіт середньої точності групи IV г.

Проектом передбачено три види освітлення: природне, штучне і суміщене освітлення.

Система природного освітлення – комбіноване освітлення.

Штучне освітлення представлено системою загального рівномірного освітлення і здійснюється в цеху за допомогою газорозрядних ламп низького тиску (люмінесцентні типу ЛБ-40). Світильники - пиловологонепроникні ЛПО-01.

Проектом передбачена робота аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення, яке представлено люмінесцентними лампами.

У виробничих і побутових приміщеннях прийнята система загального рівномірного освітлення. Для оцінки освітленості у виробничих приміщеннях передбачено фотоелектричний люксметр Ю-116. Норми параметрів освітлення, згідно ДБН В 2-5.28.-06 наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3– Норми виробничого освітлення

6.1.3 Виробничий шум і вібрація

Джерелом шуму на виробництві можуть бути: компресори. Для зниження рівня шуму на робочому місці оператора, проектом прийнято закрити ці механізми кожухами із звуконепроникного матеріалу.

Службами відділу охорони праці періодично проводяться виміри виробничого шуму, вібрації на робочих місцях за допомогою приладів ВШВ-2, ВШВ-2п (вимірниками шуму і вібрації), а також універсальним віброакустичним комплектом фірм RFT (Німеччина) і «Бюль і Кеер» (Данія).

					ЛП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						52
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не повинен перевищувати 50 дБА. Фактичний рівень шуму складає 46дБА, що відповідає нормі.

Передбачено істотне ослаблення шуму якісним монтажем окремих вузлів машин і своєчасним проведенням планового запобіжного ремонту.

Для зниження шуму на шляху його розповсюдження передбачається облицювання частини внутрішніх поверхонь звукопоглинальними матеріалами (пінопласт).

Для зменшення шкідливого впливу вібрації компресора він встановлюється на окремих станинах і обшивається окремими кожухами, окрім того встановлюються віброізолюючі прокладки в місцях кріплення з робочою поверхнею.

Рівень загальної технологічної вібрації згідно ДСН 3.3.6.039-99 для таких октавних смуг 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц не повинен перевищувати 109, 107, 98, 93, 91, 91, 91 дБ відповідно.

Віброізоляція здійснюється шляхом установки джерел вібрації на віброізолятори.

Передбачено застосування гумових, пружинних, комбінованих віброізоляторів. Для зменшення вібрації кожухів, огорож та інших деталей, вироблених із сталевих листів, коливання яких часто відбуваються у резонансному режимі, застосовують вібропоглинання.

Воно досягається нанесенням на віброуючу поверхню матеріалів, що володіють великим внутрішнім тертям (гуми, пластиків, вібропоглинаючих мастик) і розсіюючих енергію коливань.

6.1.4 Електробезпека

Цех, який проектується, відноситься до класу приміщень з особливою небезпекою, оскільки присутні дві умови особливої небезпеки:

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						53
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

- наявність струмопровідної підлоги (металева та бетонна);
- можливість одночасного доторкання людини до струмопровідних частин електроустановки і металоконструкцій, що мають контакт із землею.

Ураження електричним струмом можливе у результаті дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Найбільш часто відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Розрахунок сили струму, який проходить через тіло людини, розраховується за формулою:

(6.2)

(6.3)

де $R_{л}$ – опір тіла людини, $R_{л} = 2 \dots 4$ кОм;

$R_0 = 4$ – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

$I_{л}$ – електричний струм, який проходить через людину;

$U_{\phi} = 220$ В – фазна напруга.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять: $I_{л} = 6$ мА і $U_{д} = 36$ В змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1$ с та $I_{л} = 0,3$ мА і $U_{д} = 2$ В при нормальному режимі при $\tau \leq 10$ хв/добу. $R_{л} = 3000$ Ом, $R_0 = 4$ Ом.

Отже, розраховані значення $I_{л}$ і $U_{д}$ значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками.

На проєктованому підприємстві з метою збереження здоров'я персоналу

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						54
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

всі струмоведучі частини обладнання, до яких можливий дотик персоналу, ізолювані (опір ізоляції електропроводів вище 0.5 М (Ом)).

Метою розрахунку занулення є розрахунок оптимального захисту від небезпеки ураження електричним струмом при порушенні ізоляції і появи на корпусах обладнання небезпечної напруги.

Перевіряємо умови забезпечення вимикальної здатності занулення:

(6.4)

Визначаємо номінальний струм електродвигуна

(6.5)

де P - номінальна потужність двигуна, кВт;

U_n - номінальна напруга, В;

$\cos\alpha$ - коефіцієнт потужності.

Значення зовнішнього індуктивного опору петлі фаза-нуль для розрахунку береться 0.6 Ом/км.

Визначаємо пусковий струм двигуна:

(6.6)

Розраховуємо номінальний струм плавкої вставки:

(6.7)

де α - коефіцієнт режиму роботи електродвигуна; $\alpha = 2$ при нечастих пусках двигуна.

Визначаємо очікуване значення $I_{к.з.}$:

(6.8)

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Обираємо стандартне значення перетину нульового дроту 4x10 мм і розрачуємо густину струму δ :

(6.9)

За табличними даними знаходимо активні і індуктивні опори сталевих провідників.

Для цього задаємося перетином і завдовжки нульового l_n і фазового l_ϕ сталевих провідників:

l_n - 50 м; перетин 4x40 мм; $S = 160 \text{ мм}^2$;

l_ϕ - 100 м; перетин $\Phi = 8 \text{ мм}$; $g = 50,27 \text{ мм}$

Перетин нульового провідника і його матеріал вибирається при умові, що повна провідність нульового провідника була не менше ніж 50% повній провідності фазового дроту:

(6.10)

Активний опір фазового і активного опору нульового дроту вибирається залежно від площі перетину і густини струму:

(6.11)

(6.12)

Визначаємо внутрішні індуктивні опори фазового і індуктивного провідників X_ϕ і X_n :

(6.13)

(6.14)

де X_w - індуктивний опір провідника, Ом; l - довжина провідника, км

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль $X_1 = 0,6 \text{ Ом/км}$.

Загальна довжина петлі фаза-нуль $1,5 \cdot 100 = 150 \text{ м} = 0,15 \text{ км}$

(6.15)

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						56
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Розраховуємо опір петлі фаза-нуль по залежності:

(6.16)

де Z_T - опір трансформатора, Ом.

Виконуємо перевірку умови надійного спрацьовування захисту:

(6.17)

Отже, струм $I_{к.з}$ більше ніж в 3 рази перевищує величину струму плавкої вставки, тому при замиканні на корпус плавка вставка перегорить впродовж 5...7 секунд. Завдяки цьому відбудеться відключення пошкодженої фази.

По значеннях номінального I вибираємо плавку вставку серії ПН - 100 з номінальним $I = 80$ А при напрузі в мережі 380 В.

Отже, розраховане занулення та обрана плавка вставка дозволяють забезпечити безпеку від ураження людини електричним струмом при порушенні ізоляції і появі на корпусах обладнання небезпечної напруги.

6.1. 5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму, неправильній експлуатації устаткування, що може призвести до аварій, вибухів, пожеж на виробництві.

Експлуатація обладнання дозволяється персоналу, який пройшов спеціальне навчання, первинний та повторний інструктаж з охорони праці і має посвідчення про здачу іспиту на право роботи на даному виді устаткування.

Заходи для зменшення шкідливих виробничих факторів до допустимих рівнів, передбачені проектом:

- Дотримання параметрів технологічного режиму, правил безпеки для виробництв основної хімічної промисловості, виробничих інструкцій для

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						57
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

робочих місць, а також інструкцій для ремонту обладнання і трубопроводів для пуску і зупинки цеху;

- Справність запобіжних пристосувань контрольно-вимірювальних приладів, сигналізації, блокувань; безперебійне постачання контрольно-вимірювальних приладів стиснутим повітрям і електроенергією;
- Систематичний контроль за станом повітряного середовища у виробничих приміщеннях;
- Систематичний контроль за герметичністю обладнання і трубопроводів;
- Надійне встановлення та справність огорож приводів і всіх інших частин і механізмів, які рухаються і обертаються, а також монтажних отворів і прямиків;
- Безперебійна і ефективна робота вентиляційних установок;
- Передбачено заземлення всього електрообладнання і пускових пристроїв;
- Передбачено наявність віброоснови для зниження шуму і вібрації насосного і вентиляторного обладнання;
- Передбачено використання засобів індивідуального захисту.

– Частина компресорів, що нагріваються до температури понад 25 ° С, теплоізовані або закриті кожухом;

– Трубопроводи, які містяться у технологічних лініях продувального газу, пари, води регулярно перевіряються на зношування та герметичність;

Небезпеку складає витік продувального газу, при цьому виникає ризик отруєння і надзвичайної пожежонебезпечної ситуації.

6.2 Пожежна безпека

Джерелами займання можуть бути відкритий вогонь, розпечені або нагріті стінки апаратів та обладнання, іскри електрообладнання, що можуть виникнути в результаті теплового або механічного пошкодження цілісності ізоляції; обладнання, а також прямий удар блискавки в будівлю.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						58
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

За захистом від блискавки виробнича будівля відноситься до III категорії. Будівлі захищаються від прямих ударів блискавки блискавковідводами (стрижньові, вкриті ізоляцією). Для захисту від занесення високих потенціалів блискавки по трубопроводам – заземленням їх, перед входом до будівлі.

У якості захисту від дії статичної електрики використане заземлення. Для захисту електрообладнання від загорання застосовуються пристрої захисного вимкнення (реле типу ЕЛ-1, ЕЛ-12.), передбачена ізоляція електропроводки (гетинакс, текстоліт).

За ступенем вогнестійкості виробнича будівля відносяться до 1 групи. У виробничому корпусі і на території проектуваного заводу передбачаються наступні протипожежні заходи:

- у виробничому корпусі передбачено 8 виходів, що забезпечують евакуацію людей при пожежах;
- через кожні 5,0...7,5 м по ланцюгу зовнішнього водопроводу встановлені гідранти;
- передбачені внутрішній протипожежний трубопровід;
- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- вода береться з водопровідної мережі даного підприємства;
- із зовнішньої сторони будівлі встановлено три пожежні сходи.

На проектуваному підприємстві передбачається пожежна сигналізація і зв'язок.

Протипожежні розриви між будівлями складають 10м.

Для уникнення іскор удару чи тертя рухомі частини обладнання своєчасно змащуються.

Для гасіння пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід, в приміщенні знаходяться ємності з піском і пожежні щити.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						59
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. У дипломному проекті проведено комп'ютерний розрахунок процесу абсорбції аміаку із продувних газів в виробництві аміаку.
Видалення аміаку із продувних газів, що надходять з установки синтезу аміаку, перед їх спалюванням, є економічно вигідним для підприємства.
2. Для рішення поставленої задачі обрано абсорбційну колону тарілчастого типу з ковпачковими тарілками.
3. Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу виконано в спеціалізованому середовищі ChemCad 6.3.1. У розроблену схемувключено апарати, які не впливають на матеріальний баланс (не змінюють стан речовини), тому при складанні балансу враховані лише масообмінні апарати.
4. Розраховані основні конструктивні параметри абсорбційної колони. За таблицею стандартних діаметрів колон та робочою швидкістю газового потоку прийнято діаметр колони – 1,6 м з ковпачковими тарілками ТСК-Р.
5. Для розрахунку параметрів процесу був написаний модуль на мові програмування C++.
6. Було виконано **перевірочний** розрахунок абсорбційної колони для абсорбції аміаку з продувних газів при ізотермічному режимі та постійному тиску.
7. Проведено аналіз технологічної схеми і визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, обрані об'єкти автоматизації, обрані регульовані і регулюючі параметри, визначені параметри контролю, реєстрації та регулювання. Для обраних параметрів було визначено необхідну точність вимірювання і регулювання (норми технологічного режиму) та діапазони їх можливої зміни.
8. Впровадження результатів розрахунків дасть економічний ефект 1млн.004тис.947,2 грн./рік.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						60
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Технологія зв'язаного азоту. Підручник [Текст]/ Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О.Я. ЛОБОЙКО, Г.І. ГРИНЬ. – Харків: НТУ «ХП», 2007. – 536 с.
2. БОЙКО Т.В. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напрямку підготовки «Хімічна технологія та інженерія» [Текст]/ Т.В.Бойко, В.І. Бендюг, І.О. Потяженко. – К: НТУУ «КП», 2007. – 128 с.
3. РАММ В.М. Абсорбция газов [Текст] / В.М. Рамм. –М.: «Химия», 1976. –654с.
4. ФЛОРЕА О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии [Текст] / О. Флореа, О. Смигельский. – М.: «Химия», 1971. –448с.
5. ПАВЛОВ, К.Ф., РОМАНКОВ П.Г., НОСКОВ А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов [Текст] / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков А.А. –Л.: «Химия», 1981. –560с.
6. ШЕРВУД Т.Массопередача [Текст] / Т. Шервуд, Р Пигфорд, Ч Уилки. – М.: «Химия», 1982. – 696с.
7. Офіційний сайт компанії Honeywell [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://honeywell.com>– Назва з екрану.
8. Офіційний сайт компанії «Овен» [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.owen.ru>– Назва з екрану.
9. Офіційний сайт компанії «Endress + Hauser» [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.ru.endress.com/>– Назва з екрану.

10. Офіційний сайт компанії ООО «ДП УКРГАЗТЕХ» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.dgt.com.ua/>– Назва з екрану.
11. Офіційний сайт компанії ПНВП «Промприлад» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://termokip.com.ua/>– Назва з екрану.
12. Офіційний сайт компанії ТОВ НВП “Микротерм” [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mikroterm.lg.ua/>– Назва з екрану.
13. Офіційний сайт компанії ДП «Львівприлад» м. Львів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://lvivprilad.business-guide.com.ua/> – Назва з екрану.
14. Офіційний сайт компанії ТОВ ТД «Арма Профі» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://armaprofi.zakupka.com/>– Назва з екрану.
15. Економіка підприємства : навч. посібник [Текст]/ за заг. ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2003. – 264с.
16. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: ДСН 3.3.6.042-99 - №42; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
17. Естественное и искусственное освещение [Текст]: НиП II-4-79 – М.: Стройиздат, 1980. – 48с.
18. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст]: ДСН 3.3.6.037-99 - №37; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
19. Збірка тез доповідей VI Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології [Текст]/ О.В. Гайдай. –Київ: НТУУ «КПІ», 16–279 с.

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						62
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

20. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Чотирнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції– К.: НТУУ “КПІ”, 2016. –455 с.

					ЛП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						63
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Матеріальний баланс змодельованої схеми в середовищі ChemCad

Додаток Б

Розрахунок конструкційних параметрів абсорбційної колони (фрагмент лістингу MathCad)

Додаток В

Алгоритм розрахунку колони та моделювання процесу

Додаток Г

Програмний код обчислювального модуля

Додаток Д

Специфікація устаткування

Додаток Ж

Технологічна схема автоматизації процесу абсорбції аміаку із продувних газів у виробництві аміаку

					ДП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						64
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Додаток З

Креслення абсорбційної колони

Додаток К

Специфікація абсорбційної колони

					ЛП ХА 4127 1490 001 ПЗ	Арк
						65
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		