

РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить: 85 с., 15 рис., 27 табл., 4 додатки, 16 джерел.

СИНТЕЗ АМІАКУ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК, РЕАКТОР АКСІАЛЬНОГО ТИПУ, КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ, СЕМСАД, СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ.

Об'єкт дослідження – технологічний процес синтезу аміаку продуктивністю 1360 т / добу.

Мета роботи – комп'ютерний розрахунок процесу синтезу аміаку на основі імітаційного моделювання об'єктів хімічної технології. В проекті обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу та її опис. Виконано комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу. У інтегрованому середовищі Visual Studio C# розроблено обчислювальний модуль для проектного розрахунку технологічного реактору аксіального типу. Обрано основне і допоміжне обладнання у відповідності з заданою потужністю виробництва.

Запропоновано схему автоматизації процесу. Досліджено ступінь безпечності виробництва та технічні рішення з охорони праці. Розраховано техніко-економічні показники.

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит: 85 с., 15 рис., 27 табл., 4 приложений, 16 источников.

СИНТЕЗ АММИАКА, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС, КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ, РЕАКТОР АКСИАЛЬНОГО ТИПА, КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ, СЧЕМСАД, СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ.

Объект исследования - технологический процесс синтеза аммиака производительностью 1360 т / сутки.

Цель работы - компьютерный расчет процесса синтеза аммиака на основе имитационного моделирования объектов химической технологии. В проекте обоснованы нормы технологических режимов, приведена технологическая схема процесса и ее описание. Выполнен компьютерный расчет материальных балансов процесса. В интегрированной среде Visual Studio C # разработан вычислительный модуль для проектного расчета технологического реактора аксиального типа. Избрано основное и вспомогательное оборудование в соответствии с заданной мощностью производства.

Предложено схему автоматизации процесса. Исследована степень безопасности производства и технические решения по охране труда. Рассчитаны технико-экономические показатели.

ABSTRACT

Diploma project contains: 85 p., 15 fig., 27 tables, 4 appendixes, 16 sources.

AMMONIA SYNTHESIS, MASS BALANCE, COMPUTER CALCULATION, REACTOR OF ACCIDENTAL TYPE, CONTROL AND REGULATION, CHEMCAD, STRUCTURAL ANALYSIS.

The object of research - the technological process of ammonia production with a productivity of 1360 tons / day.

The purpose of the work is the computer calculation of ammonia production based on simulation of chemical technology objects. The project substantiates the norms of technological regimes, provides a technological diagram of the process and its description. The computer calculation material balances of the process is executed. In the integrated environment Visual Studio C # developed a computing module for the design calculation of the axial process reactor. The main and auxiliary equipment was selected in accordance with the given production capacity.

Proposed scheme of process automation. The degree of safety production and technical solutions for occupational safety have been investigated. Techno-economic indicators are calculated.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
1 Технологічна схема виробництва аміаку.....	11
1.1 Опис основної хімічної реакції.....	11
1.2 Використання каталізатора.....	11
1.3 Опис технологічної схеми виробництва аміаку	12
2 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва аміаку.....	15
2.1 Виконання структурного аналізу ХТС.....	15
2.2 Розрахунок матеріального балансу у середовищі ChemCad.....	19
3 Розрахунок реактору синтезу аміаку.....	21
3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля	21
3.2 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля	30
3.3 Інструкція користувачу програмного продукту	32
4 Автоматизація технологічної схеми процесу синтезу аміаку	33
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми.....	34
4.2 Опис системи автоматизації.....	35
5 ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	38
5.1 Схема організації цеху синтезу аміаку	38
5.2 Технологічна підготовка виробництва	39
5.3 Чисельність персоналу.....	40
5.4 Контроль виробництва.....	42

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	42
5.6 Розрахунок техніко-економічних показників	44
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
6.1 Виявлення і аналіз виробничих (шкідливих і небезпечних) факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці	45
6.1.1 Повітря робочої зони	45
6.1.2 Виробниче освітлення	46
6.1.3 Виробничий шум і вібрація.....	46
6.1.4 Електробезпека.....	48
6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання.....	51
6.2 Пожежна безпека.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55
Додаток А.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Г	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Q_p – теплота реакції;

P – тиск;

T – температура;

СГ – свіжий газ;

АВС – азото-воднева суміш;

ЦГ – циркуляційний газ;

ХТС – хіміко-технологічна система;

$V_{кат}$ – об'єм каталізатора;

β – ступінь активності каталізатора;

Π – продуктивність;

δ_T – тепловтрати;

A_1 – параметр тепловідведення до зовнішньої теплообмінної трубки;

K_{T1} – відповідний коефіцієнт теплопередачі;

$F_{T1,пит}$ – питома поверхня теплопередачі зовнішніх трубок каталізатора;

VS – середовище розробки Visual Studio;

ФОП – фонд оплати праці;

ОЗ – основні засоби;

A – амортизація основних фондів;

C – собівартість;

Π – прибуток;

Ц – ціна;

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сполуки азоту – складова усіх білкових сполук – відіграють винятково важливу роль у житті на Землі й широко застосовуються в усіх сферах діяльності людини. Проте природні ресурси азотовмісних сполук є надзвичайно обмеженими. Тому, починаючи з 20-х років ХХ століття, постійно зростаючі потреби в них задовольняються на основі єдиного методу – промислового синтезу аміаку. Великомасштабне виробництво цього проміжного продукту створило потужне сировинну базу для одержання азотної кислоти, карбаміду, азотистих мінеральних добрив, полімерних матеріалів, вибухових речовин, лікарських препаратів та багатьох інших речовин.

У розробку виробництва аміаку найважливіший внесок зробив німецький хімік Ф. Габер, який у 1908 році запатентував процес прямого з'єднання азоту і водню при температурі 550 °С та тиску 19.6 МПа у присутності осмієвого каталізатора. Процес був впроваджений у промисловість німецьким інженером К. Бошем. Перша установка для одержання синтетичного аміаку була побудована фірмою “BASF”. З 1913 року в Німеччині почав працювати перший завод синтетичного аміаку.

Подальша історія розвитку виробництва аміаку, яке відрізняється високою енергомісткістю, може розглядатись як постійна боротьба за підвищення коефіцієнта корисного використання електричної, теплової та механічної енергії.

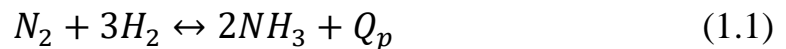
Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання аміаку продуктивністю 1360 т/добу, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля, розробка схеми автоматизації виробництва, оцінка його техніко-економічних показників та аналіз охорони праці на підприємстві.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна схема виробництва аміаку

1.1 Опис основної хімічної реакції

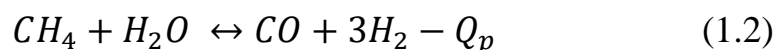
Реакція синтезу аміаку з азоту та водню:



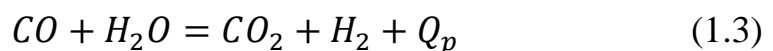
належить до класу оборотних рівноважних реакцій, що протікають з виділенням теплоти та зменшенням об'єму. В умовах, що рекомендуються термодинамічним аналізом для зсуву рівноваги вправо – високий тиск і низька температура, реакція протікає вкрай повільно, і тому в промисловості синтез аміаку здійснюється у присутності каталізатора за підвищеного тиску $p = 9.81 \dots 98.1$ МПа та підвищеної температури ($t = 350 \dots 550$ °С).

Для синтезу аміаку використовується азотно-воднева суміш, у якій вміст реагентів відповідає стехіометрії рівняння (1.1): $N_2 : H_2 = 1 : 3$. Джерелом N_2 завжди є повітря, джерелом H_2 – різні види палив (кам'яне вугілля, кокс, коксовий газ, природні та супутні гази). У наш час основною сировиною для одержання водневмісних газів є природний газ, що містить метан. Перетворення CH_4 у H_2 у дві стадії:

1) Конверсія метану



2) Конверсія оксиду вуглецю



1.2 Використання каталізатора.

Каталітичну активність щодо реакції синтезу аміаку виявляють багато елементів, однак більшість з них не знайшли практичного застосування внаслідок невисокої активності, недостатньої стійкості чи високої вартості. На сьогодні у промисловості дістали значного поширення залізни плавлені каталізатори, у яких як промотуючі добавки вводять: Al_2O_3 – для одержання високорозвиненої

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхні; K_2O та CaO – для збільшення питомої активності; SiO_2 – для підвищення стійкості до каталітичних отрут, що містять в азотно-водневій суміші. Необоротне отруєння каталізатора викликають в основному сірчисті сполуки, а кисневмісні сполуки (H_2O , CO , CO_2) діють оборотно, оскільки після пропускання чистої азотно-водневої суміші активність каталізатора частково відновлюється.

За експлуатаційними показниками одним з найбільш досконалих є каталізатор марки СА-1, який при дотриманні таких умов: $t \approx 400 \dots 500 \text{ }^\circ\text{C}$; $p < 60$ МПа; вміст кисневих сполук – менше $40 \text{ см}^3/\text{м}^3$; вміст – сірчистих сполук – менше $1 \text{ см}^3/\text{м}^3$, - забезпечує стабільний процес синтезу аміаку протягом 2-4 років.

Оскільки у промислових умовах при одноразовому породженні азотно-водневої суміші крізь шар каталізатора ступінь перетворення, що досягається, становить лише 20 – 25%, процес здійснюється багаторазово за циркуляційною схемою: після виділення NH_3 суміш повертається до зони реакції. Такий рецикл призводить до накопичення у циркулюючій азотно-водневій суміші інертних домішок, які містяться в ній – метану CH_4 та аргону Ar , що зменшує парціальні тиски реагентів N_2 та H_2 і знижує вихід продукту.

1.3 Опис технологічної схеми виробництва аміаку

Конкретною формою реалізації енерготехнологічного принципу є агрегат виробництва аміаку потужністю 1360 т/добу, технологічна схема якого передбачає послідовне виконання таких стадій:

- 1) Компресія природного газу до 4.5 – 4.9 МПа;
- 2) Очищення природного газу від сірки до вмісту $\leq 0.5 \cdot 10^{-4} \%$;
- 3) Пароповітряна двоступінчаста конверсія природного газу до кінцевого вмісту метану 0.3 %
- 4) Двоступінчаста конверсія оксиду вуглецю до вмісту 0.2 – 0.5%;
- 5) Очищення конвертованого газу від діоксиду вуглецю до вмісту 0.01 – 0.001 %;

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 6) Метанування залишків СО та СО₂ до вмісту $(5...10) \cdot 10^{-4} \%$;
- 7) Компресія азотно-водневої суміші до тиску 20 – 32 МПа;
- 8) Власне синтез аміаку й вилучення його з циркуляційного газу.

На рисунку 1.2 наведена технологічна схема виробництва аміаку в цільовій завершальній стадії.

Рисунок 1.1 – Схема виробництва аміаку продуктивністю 1360 т/добу:

1 – пусковий підігрівач; 2 – колона синтезу аміаку; 3 – водяний підігрівач; 4 – виносний теплообмінник; 5 – апарат повітряного охолодження; 6 – сепаратор; 7 – циркуляційний компресор; 8 – конденсаційна колона; 9 – випарник рідкого аміаку; 10 – збірник рідкого аміаку; 11 – конденсаційна колона; 12, 13 – випарники; 14 – сепаратор; 15 – переохолодники; 16 – розширювач; 17 – магнітні фільтри.

Свіжа азотно-воднева суміш (СГ) надходить у нижню частину конденсаційної колони 8, де, барботуючи крізь шар рідкого аміаку, очищується від слідів Н₂О, СО₂, масла й одночасно насичується до 3 – 5 % NH₃. У цій же колоні відбувається її змішування з циркуляційним газом (ЦГ), що надходить. Одержана суміш спрямовується в теплообмінник конденсаційної колони, де нагрівається до 35 °С, охолоджуючи газ, який надходить з циркуляційного компресора 7. З конденсаційної колони циркуляційний газ спрямовується у виносний теплообмінник 4, в якому нагрівається до 185 – 195 °С за рахунок теплоти газу, що надходить з колони синтезу 2 через водяний підігрівач 3. Потім циркуляційний газ спрямовується у колону синтезу аміаку 2, де у внутрішньому теплообміннику нагрівається за рахунок теплоти конвертованого (того, що прореагував) газу до 400 – 440 °С і надходить до зони каталізу. Пройшовши послідовно чотири адіабатних шари каталізатора, азотно-воднево-аміачна суміш із вмістом аміаку 15% та температурою 500 – 515 °С входить до внутрішнього теплообмінника, де охолоджується до 330 °С і виходить із колони синтезу. Температурний режим у

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зоні каталізу, який не перевищує обмеження на максимально допустиму температуру експлуатації каталізатора 823К (550°C), регулюється подачею холодного байпасного газу. Колони синтезу аміаку усіх конструкцій працюють у автотермічному режимі, отже підігрівання початкової реакційної суміші до температури початку реакції здійснюється в них тільки за рахунок рекуперації теплоти реакційної суміші, що прореагувала, без підведення енергії зовні. Для запуску колон синтезу аміаку та для нагрівання газу при порушеннях автотермічного режиму застосовується пусковий підігрівач з вогневим підігрівом 1.

Після проходження через колону синтезу аміаку 2 конвертований газ спрямовується у підігрівач води 3, де охолоджується до 215 °С, нагріваючи при цьому воду, яка знаходиться під тиском 12 МПа, від 102 до 280 – 290 °С. Нагріта вода випаровується пізніше у котлах-утилізаторах конверсії CH_4 та конверсії CO I ступеня з одержанням пари високих параметрів. Подальше охолодження газу до 65 °С здійснюється у виносному теплообміннику 4, а потім до 40 °С – в апаратах повітряного охолодження 5 (вузол первинної конденсації), у яких з газу конденсується частина аміаку. Аміак, що сконденсувався, відділяється у сепараторі 6, а газова суміш, що містить 10 – 12 % NH_3 , іде на циркуляційне колесо компресора 7, де знову стискається до 32 МПа.

Після цього циркуляційний газ з температурою 50 °С надходить до системи вторинної конденсації, яка складається з конденсаційної колони 8 і випарників рідкого аміаку 9. У теплообміннику конденсаційної колони газ охолоджується до 18 °С і потім надходить до трубки випарника 9, де охолоджується до -5 °С за рахунок кипіння NH_3 у міжтрубному просторі; при цьому відбувається конденсація більшої частини аміаку. Суміш охолодженого циркуляційного газу та NH_3 , що сконденсувався, повертається до сепараційної частини конденсаційної колони, де відбувається відділення рідкого аміаку, та змішування циркуляційного газу зі свіжою азотно-водневою сумішшю. Так циркуляційний цикл замикається.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рідкий аміак з первинного сепаратора 6 з температурою 40 °С, пройшовши магнітні фільтри 17, очищується від каталізаторного пилу і змішується з рідким аміаком з конденсаційної колони 8. Потім його дроселюють до тиску 2 МПа і відводять у збірник рідкого аміаку 10. При дроселюванні рідкого аміаку відбувається виділення розчинених у ньому газів H_2 , N_2 , O_2 , CH_4 . Ці гази, що називають танковими, містять 16 – 18% аміаку. Утилізація аміаку з танкових газів здійснюється шляхом його конденсації у випарнику 13 на лінії танкових газів за температури -25 °С. З випарника танкові гази та аміак, що сконденсувався, надходять у сепаратор 14 для відділення рідкого аміаку, який спрямовується у збірник 10. Рідкий аміак збірника 10 через переохолодники 15 і розширювач 16 надходить в ізотермічні сховища.

Для підтримки у циркуляційному газі сталого вмісту інертних домішок (не вище 15%) здійснюють постійний відбір частини газу після первинної конденсації на виході з сепаратора 6. Продувальні гази містять 8 – 9% аміаку, який відділяється за температури -25...-35 °С у конденсаційній колоні 11 і випарнику 12 продувальних газів. Суміш танкових і продувальних газів після очистки використовують як паливний газ [1].

2 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва аміаку

2.1 Виконання структурного аналізу ХТС

Спершу складемо таблицю відповідності потоків та апаратів для того, щоб на основі технологічної схеми (рис. 1.1) сформувані структурну схему потоків та апаратів. З технологічної схеми можна виділити структурну схему (рис.2.1), яка складається з одинадцяти апаратів, які впливають саме на основну частину синтезу аміаку, а саме:

1 – змішувач; 2 – компресор; 3 – теплообмінник ; 4 – реактор; 5 – повітряний охолоджувач; 6 – сепаратор; 7 – випаровувач

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Формалізація задачі ХТС

Рис 2.1 – Структурна схема процесу гідрогенізації фенолу

Виконаємо послідовно всі етапи структурного аналізу цієї схеми.

1. Сформуємо матрицю суміжності А.

Цей етап виконаємо із використанням програмного пакету MathLab

```
>> A = [0 1 0 0 0 0 0; 0 0 1 0 0 0 0; 0 0 0 1 0 0 0; 0 0 0 0 1 0 0; 0 0 0 0 0 1 0; 1 0 0 0 0 0 0  
1; 0 0 0 0 0 0 0]
```

A =

```
0 1 0 0 0 0 0  
0 0 1 0 0 0 0  
0 0 0 1 0 0 0  
0 0 0 0 1 0 0  
0 0 0 0 0 1 0  
1 0 0 0 0 0 1  
0 0 0 0 0 0 0
```

2. Застосуємо алгоритм покриття для визначення комплексів схеми. За алгоритмом маємо звести матрицю суміжності А послідовно в степені 2, 3, 4, 5, 6, 7 та логічної їх помножити. В результаті отримаємо матрицю шляхів С. В MatLab ця дія виглядає так:

```
>> C=[A|A^2|A^3|A^4|A^5|A^6|A^7]
```

C =

```
1 1 1 1 1 1 1  
1 1 1 1 1 1 1  
1 1 1 1 1 1 1  
1 1 1 1 1 1 1
```

```
1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0
```

3. Для отримання матриці D , що вказує на наявні комплекси необхідно виконати в MatLab дію:

```
>> D=C&C'
```

D =

```
1 1 1 1 1 1 0
1 1 1 1 1 1 0
1 1 1 1 1 1 0
1 1 1 1 1 1 0
1 1 1 1 1 1 0
1 1 1 1 1 1 0
0 0 0 0 0 0 0
```

4. З матриці D випливає, що в схемі буде один комплекс $K=(1,2,3,4,5,6)$.

Далі може бути сформована послідовність розрахунку з комплексів й поодиноких вершин:

ППРС = [1 2 3 4 5 6]

5. На цьому кроці для комплексу отримаємо контури та множини оптимально розвиваючих дужок ОРМД.

Спершу побудуємо прадерево комплексу K_1 . Для цього використаємо список суміжності:

Таблиця 2.2 Список суміжності для K_1

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Будуємо прадерево комплексу

З прадерева отримано два контури

I. 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 1

II. 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7

Таблиця 2.3 – Матриця контурів K1

Максимальні степені входження дужок рівні $f = 2$ при рівних параметричностях, а це означає, що контури не мають спільних дужок й будь-яка дужка може бути розірваною. Але, розриваємо контур з рециклом 6 – 1. Тому отримана ОМРД = $\{(6,1)\}$

Рис. 2.2 – Структурна схема Процесу з розірваним зв'язком.

Таким чином, розірвавши отримані дуги, отримуємо послідовність розрахунку схеми:

ОПРС = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок матеріального балансу у середовищі ChemCad

У даному розділі виконується комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу отримання аміаку, визначення загальних та покомпонентних витрат, складів потоків.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в спеціалізованому середовищі ChemCad 6.3.1. Розроблена схема наведена на рисунку 2.3. При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообміні апарати. Результати розрахунку матеріального балансу схеми наведено в таблицях 2.5 – 2.13.

Рисунок 2.3 – Схема отримання аміаку в ChemCad 6.3.1

Для створення схеми зображеної на рис. 2.3 схему, було обрано з бібліотеки відповідні апарати, які найбільш точно відображають характер реальних апаратів і найкраще підходять для технології, що реалізує ХТС.

Список використаних блоків та матеріальних потоків, що проходять між ними наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Список використаних блоків та матеріальних потоків

Опис блоків бібліотеки моделей:

- Simple heat exchanger – теплообмінний апарат. Застосовується для теплообмінних процесів.
- Mixer – змішувач. Зміщує кілька потоків в один.
- Component separator - розділювач компонентів . Використовується для Сепарації компонентів.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Compressor - компресор. Дозволяє змінити тиск потоків. Використовується для моделювання політропних відцентрових компресорів, об'ємних компресорів, адіабатичних компресорів.
- Kinetic Reactor – кінетичний реактор. Реактор для моделювання складних послідовних, або серійних реакцій. Застосовується коли відомі стехіометричні рівняння процесу.
- Fired Heater – випаровувач. Дозволяє змінити фазу речовини.

Таблиця 2.5 – Специфікація апаратів

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс реактора.

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс змішувача.

Таблиця 2.8 – Компресора.

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс теплообмінника 3.

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс теплообмінника 5.

Таблиця 2.11 – Матеріальний баланс сепаратора.

Таблиця 2.12 – Матеріальний баланс випарника.

Таблиця 2.13 – Загальний матеріальний баланс

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу синтезу аміаку у спеціалізованому середовищі ChemCad v. 6.3.1 розрахований вірно. Результати розрахунків приведені у додатку А.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунок реактору синтезу аміаку

Розробити обчислювальний модуль для комп'ютерного моделювання процесу синтезу аміаку в реакторі аксіального типу.

Вихідні дані для розрахунку:

Тип реактору	реактор аксіального типу
Об'ємна витрата газового потоку, v_0	208 230 м ³ /Год
Температура потоку на вході, T_0	633 К
Тиск синтезу, p	300 атм
Вміст аміаку, $N_{NH_3,0}$	0.05
Вміст інертів, $N_{IH,0}$	0.08
Вміст кисню, N_{O_2}	$7 \cdot 10^{-6}$
Відношення атомів азоту та водню, α	3
Об'єм каталізатора, $V_{кат}$	5.81 м ³
Ступінь активності каталізатора, β	1

Результатами розрахунку є:

1. Ступінь перетворення азотводневої суміші x ;
2. Вміст аміаку N_{NH_3} ;
3. Продуктивність Π ;
4. Температура у шарі каталізатора T ;
5. Температура внутрішніх T_2 та зовнішніх T_1 протитечійних теплообмінних трубках.

3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля

Ієрархічна структура математичної моделі автотермічної реакторної системи може бути подана у вигляді схеми, наведеної на рис. 3.1.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.1 – Ієрархічна структура математичної моделі АРС

Математичний опис рівнів I та II, обмежується розглядом одиничного зерна каталізатора. Рівень III являє собою математичний опис нерухомого шару зерен каталізатора, у якому протікають процеси перенесення компонентів реакції та теплоти; рівень IV доповнює його математичним описом внутрішнього теплообміну і, таким чином, формує математичний опис каталітичного реактора синтезу аміаку в цілому.

Складаючи математичний опис рівня III ієрархії – нерухомого шару каталізатора – звичайно приймають наступні допущення, обґрунтованість яких доведена.

1. Нерухомий зернистий шар каталізатора відповідає квазігомогенній фізичній моделі, згідно з якою шар розглядається як однорідне середовище з безперервним розподілом концентрацій та температур.

2. Режим руху потоку газу відповідає моделі ідеального витіснення, оскільки у промислових умовах синтез аміаку здійснюється, як правило, при високих лінійних швидкостях потоку в області розвиненої турбулентності. При цьому в кожному поперечному перерізі шару каталізатора лінійна швидкість, склад і температура реакційного середовища є сталим і повздовжнє перемішування у ньому відсутнє.

3. Впливом падіння тиску газу в шарі каталізатора можна знехтувати.

4. Процес синтезу аміаку в шарі каталізатора протікає у стаціонарному режимі.

У загальному випадку математичний опис шару каталізатора має містити рівняння покомпонентного матеріального балансу для N_2 , H_2 , та NH_3 і рівняння теплового балансу. Звичайно складають рівняння матеріального балансу лише для ключового компонента – продукту реакції NH_3 , включаючи до нього як змінну величину ступінь перетворення початкової реакційної суміші на аміак x (3.1), що дає безпосередню оцінку ефективності протікання синтезу.

$$x = \frac{v_{NH_3} - v_{NH_3,0}}{v_0} \quad (3.1)$$

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де v_{NH_3} та $v_{NH_3,0}$ – відповідно поточний і початковий об’ємні потоки аміаку в реакційній суміші м³/год; v_0 – початкова об’ємна витрата реакційної суміші м³/год

При цьому молярні вмісти N₂, H₂, та NH₃ визначаються за відомим значенням x з використанням співвідношень 3.2 – 3.4:

$$N_{NH_3} = \frac{N_{NH_3,0} + x}{1 - x}; x = \frac{N_{NH_3} - N_{NH_3,0}}{1 + N_{NH_3}} \quad (3.2)$$

$$N_{H_2} = \frac{N_{H_2,0} - 1.5x}{1 - x} \quad (3.3)$$

$$N_{N_2} = \frac{N_{N_2,0} - 0.5x}{1 - x} \quad (3.4)$$

Таке рівняння матеріального балансу балансу в режимі ідеального витіснення може бути одержане на підставі загального виразу, яке для продукту реакції набуває вигляду:

$$\frac{dF_{NH_3}}{dV} = W(x, T) \quad (3.5)$$

де F_{NH_3} – молярний потік аміаку в загальному потоці реакційної суміші; V – об’єм реакційного простору – об’єм каталізатора $V_{кат}$; $W(x, t)$ – швидкість процесу утворення NH₃, що визначається ступенем перетворення x та температурою у шарі каталізатора T .

Для введення ступеня перетворення у рівняння (3.1) необхідно визначити взаємозв’язок величин F_{NH_3} та x . З урахуванням простих співвідношень:

$$F_{NH_3} = \frac{V_{NH_3}}{22.4}; F_{NH_3,0} = \frac{V_{NH_3,0}}{22.4}; \quad (3.6)$$

вираз 3.1, який визначає ступінь перетворення x , матиме вигляд:

$$x = \frac{22.4(F_{NH_3} - F_{NH_3,0})}{v_0} \quad (3.7)$$

Звідси шуканий взаємозв’язок визначається рівністю:

$$F_{NH_3} = F_{NH_3,0} + \frac{v_0}{22.4} x \quad (3.8)$$

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а необхідна похідна – співвідношенням

$$dF_{NH_3} = \frac{v_0}{22.4} dx \quad (3.9)$$

Для більш зручного аналізу результатів пройдений газом об'єм каталізатора $V_{кат}$ виразимо як частку від усього об'єму каталізатора $V_{кат}$ через безрозмірну просторову координату z :

$$z = \frac{v_{кат}}{V_{кат}} dx \quad (3.10)$$

або

$$z = \frac{l_{кат}}{L_{кат}} dx \quad (3.11)$$

де $l_{кат}$ та $L_{кат}$ – відповідно поточна пройдена та загальна довжина шару каталізатора.

Звідси

$$v_{кат} = V_{кат} z \quad (3.12)$$

$$dv_{кат} = V_{кат} dz \quad (3.13)$$

Після введення 3.9 та 3.13 рівняння матеріального балансу 3.2 набуває вигляду:

$$\frac{dF_{NH_3}}{dV} = \frac{v_0}{22.4V_{кат}} \cdot \frac{dx}{dz} = W(x, T) \quad (3.14)$$

Комплекс величин являє собою:

$$\frac{v_0}{22.4V_{кат}} = F_0 \quad (3.15)$$

де F_0 – молярна питома витрата початкового газового реакційного потоку на вході у реактор, кмоль/(м³·год).

З урахуванням 3.15 рівняння матеріального балансу 3.14 у математичному описі шару каталізатора набуває остаточного вигляду:

$$\frac{dx}{dz} = \frac{1}{F_0} W(x, T) \quad (3.16)$$

Рівняння теплового балансу шару каталізатора має враховувати тепловиділення внаслідок протікання екзотермічної реакції синтезу аміаку,

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тепловідведення від шару каталізатора до зовнішньої трубки Фільда та тепловтрати у кільцевий зазор між корпусом колони і реактора. Для математичного опису зміни температури за висотою шару каталізатора dT/dz використовується рівняння теплового балансу ідеального витіснення.

Ввівши $dl = L_{\text{кат}} dz$, виразивши молярний потік реакційної суміші F через питомий молярний потік F_0 рівністю $F = F_0 V_{\text{кат}}$ та позначивши температуру газу у зовнішній трубці T_1 , з урахуванням тепловтрат δ_T після перетворення одержимо:

$$\frac{dT}{dz} = \frac{\Delta T_{\text{ад}}}{F_0} W(x, T) - A_1 (T - T_1) - \delta_T \quad (3.17)$$

Тут адіабатичне розігрівання реакційної суміші:

$$\Delta T_{\text{ад}} = \frac{Q_p}{c_p} \quad (3.18)$$

де Q_p та c_p – відповідно тепловий ефект реакції, Дж/кмоль NH_3 , та молярна теплоємність реакційної суміші, Дж/(кмоль·К); A_1 – параметр тепловідведення до зовнішньої теплообмінної трубки:

$$A_1 = \frac{3600 K_{T_1} F_{T_1, \text{пит}}}{F_0 c_p} \quad (3.19)$$

де K_{T_1} – відповідний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К); $F_{T_1, \text{пит}}$ – питома поверхня теплопередачі зовнішніх трубок каталізатора.

Слід звернути увагу на те, що перший член рівняння 3.17 визначає підйом температури у шарі каталізатора внаслідок тепловиділення під час протікання реакції синтезу аміаку, другий член – зменшення температури внаслідок відведення теплоти від шару каталізатора до потоку холодного газу в зовнішній трубці Фільда, третій член – зменшення температури внаслідок тепловтрат до кільцевого зазору.

Таким чином, одержаний математичний опис шару каталізатора – рівня III ієрархічної структури математичної моделі АРС синтезу аміаку – являє собою систему рівнянь матеріального і теплового балансів 3.16 та 3.17.

На рівні IV ієрархії математичний опис внутрішнього теплообміну має містити рівняння, що описують зміну температури газового потоку в зовнішній

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

dT_1/dz та внутрішній dT_2/dz трубках Фільда. Складаючи ці рівняння на основі теплового балансу, використаємо вміщений у формулі 3.17 вираз, згідно з яким зміна температури по довжині за рахунок теплопередачі дорівнює добутку параметра тепловідведення та різниці температур.

Відповідно до цього підйом температури газу в зовнішній трубці T_1 внаслідок теплонадходження від шару каталізатора визначається виразом $A_1(T - T_1)$. Беручи до уваги, що розбіжність напрямків зміни температури T_1 і просторової координати z дає відємну похідну dT_1/dz , запишемо:

$$-\frac{dT_1}{dz} = A_1(T - T_1) - A_2(T_1 - T_2) \quad (3.20)$$

або в остаточному вигляді:

$$\frac{dT_1}{dz} = A_1(T_1 - T) + A_2(T_1 - T_2) \quad (3.21)$$

Тут параметр тепловідведення A_2 за аналогією з виразом для параметр A_1 3.19 визначається співвідношенням:

$$A_1 = \frac{3600K_{T2}F_{T2,пит}}{F_0c_p} \quad (3.22)$$

де K_{T2} – відповідний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К); $F_{T2,пит}$ – питома поверхня теплопередачі внутрішніх трубок каталізатора.

Оскільки у внутрішній трубці відбувається підйом температури газу T_2 за рахунок передачі теплоти від більш нагрітого газового потоку в зовнішній трубці, аналогічно можна записати:

$$\frac{dT_2}{dz} = A_2(T_1 - T_2) \quad (3.23)$$

Одержані рівняння 3.21 та 3.23 є математичним описом внутрішнього теплообміну в реакторі.

У цілому математичний опис каталітичного реактора з нерухомим шаром каталізатора та внутрішнім теплообміном, що відповідає рівню IV ієрархії структури математичної моделі АРС синтезу аміаку, за прийнятих допущень на

						ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
							26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

підставі 3.17, 3.18, 3.21, 3.23, являє собою наступну систему звичайних диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dz} = \frac{1}{F_0} W(x, T) \\ \frac{dT}{dz} = \frac{\Delta T_{ад}}{F_0} W(x, T) - A_1(T - T_1) - \sigma_T \\ \frac{dT_1}{dz} = A_1(T_1 - T) + A_2(T_1 - T_2) \\ \frac{dT_2}{dz} = A_2(T_1 - T_2) \end{array} \right. \quad (3.24)$$

Граничні умови для системи рівнянь математичного опису 3.24 формулюються виходячи з неперервності температури у граничних точках та відсутності перетворення на вході в реактор.

На підставі цього згідно з схемою ректора рис. 9.1 одержимо систему граничних умов:

$$\left\{ \begin{array}{l} x|_{z=0} = 0; T|_{z=0} = T_1|_{z=0} \\ T_1|_{z=0} = T_{II}; T_1|_{z=1} = T_2|_{z=1}; T_2|_{z=0} = T_0 \end{array} \right. \quad (3.25)$$

Продуктивність реактора II, яка є показником його функціонування, визначається формулою:

$$\Pi = v_0 x_K \frac{0.771 \cdot 24}{1000} \quad (3.26)$$

де x_K – кінцеве досягнуте значення ступеня перетворення x на виході з реактора при $z = 1$; 0.771 кг/м^3 – густина газоподібного аміаку за нормальних умов; множник $24/1000$ переводить Π (кг/год) у Π (т/добу).

$$v_0 x_K = v_{NH_3, K} - v_{NH_3, 0} \quad (3.27)$$

перейшовши до молярних часток аміаку в кінцевій і початковій сумішах, одержимо:

$$v_0 x_K = v_K N_{NH_3, K} - v_0 N_{NH_3, 0} \quad (3.28)$$

З урахуванням $v_K = v_0(1 - x_K)$ вираз 3.28 набуває вигляду:

$$v_0 x_K = v_0(1 - x_K) N_{NH_3, K} - v_0 N_{NH_3, 0} \quad (3.29)$$

звідки

						ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
							27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$x_K = \frac{N_{NH_3,K} - N_{NH_3,0}}{1 + N_{NH_3,K}} \quad (3.30)$$

Підставивши 3.30 у 3.26, дістанемо:

$$\Pi = v_0 \frac{N_{NH_3,K} - N_{NH_3,0}}{1 + N_{NH_3,K}} \frac{0.771 \cdot 24}{1000} \quad (3.31)$$

Враховуючи відмінність молярних об'ємів аміаку та азотно-водневої суміші за нормальних умов, поправковим коефіцієнтом 1.03 приведемо 3.31 до наступного остаточного вигляду:

$$\Pi = v_0 \frac{N_{NH_3,K} - N_{NH_3,0}}{1 + 1.03N_{NH_3,K}} 0.0185 \quad (3.32)$$

Параметри математичної моделі реактора 3.24 кількісно оцінюються наступним чином.

Параметри математичної моделі реактора 3.24 кількісно оцінюються наступним чином.

1. Значення адіабатичного розігріву $\Delta T_{ад}$ 3.19 для реальних промислових умов може бути точно розраховане на основі правильного значення теплового ефекту реакції $Q_p = Q_{x.v} - Q_{зм}$, який є результуючою величиною додатного теплового ефекту власне хімічної взаємодії $Q_{x.v}$ за рівнянням при повному перетворенні азотно-водневої суміші на аміак і від'ємного теплового ефекту змішування $Q_{зм}$ аміаку з азотно-водневою сумішшю. Внаслідок того, що тепловий ефект реакції Q_p має надзвичайно складну залежність від температури, тиску і складу реакційної суміші та відомий лише графоаналітичний спосіб його визначення, при розрахунках на ЕОМ значення Q_p приймаємо сталим.

Теплоємність газових азотоводневоаміачних сумішей відомого складу за заданої температури може бути розрахована за правилом адитивності з урахуванням залежності теплоємності окремих компонентів N_2 , H_2 та NH_3 від температури. Оскільки при розрахунку реактора за системою рівнянь 3.24 значення поточних температур газового потоку T , T_1 , T_2 є величинами, які спочатку невідомі і визначаються у результаті обчислень, точний розрахунок теплоємності $c_p(T)$

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потребує застосування методу ітерацій, що за складності розв'язання системи 3.24 призводить до невиправдано великих витрат машинного часу. Тому значення теплоємності реакційної суміші приймаємо постійним і таким, що відповідає відомим складу та температурі на вході у реактор.

Таким чином, величина адіабатичного розігріву $\Delta T_{ад}$ у розрахунках також є постійною, якій звичайно надають значення ≈ 14.5 К на 1% утвореного NH_3 або 16.2 К на 1 % ступеня перетворення (відповідно 1450 та 1620 К на 100%).

2. Оскільки тепловтрати становлять незначну частину теплового балансу реактора, їх обчислення може носити приблизний характер. Приймається, що тепловтрати у кільцевий зазор δ_T знижують температуру в шарі каталізатора на 12 – 20 К.

3. Параметри теплообміну крізь стіни зовнішніх A_1 та внутрішніх A_2 подвійних протитечійних трубок розраховуються за рівняннями 3.20 і 3.23 на основі попередньо обчислених коефіцієнтів теплопередачі K_{T1} , K_{T2} . З літературних джерел відомі межі зміни $A_1 = 1.25 \dots 2$ та співвідношення $A_1: A_2 = 2 \dots 1$. Відповідно до цього у розрахунках прийmemo $A_1 = 1.5$, $A_2 = 0.7$.

Аналіз рівнянь математичної моделі реактора 3.24 разом з кінетичними моделями процесу синтезу аміаку приводить до наступної класифікації параметрів, які в них містяться.

1. Технологічні параметри:

а) параметри стану вхідного потоку в реактор:

$$F_0, p, T_0, N_{NH_3,0}, N_{H_2,0}, N_{O_2}, \alpha$$

б) параметри стану каталізатора: β ;

в) режимний регульований параметр: T_0 .

2. Технологічні параметри реактора: $V_{кат}$.

3. Параметри математичних моделей:

а) параметри кінетичної моделі: k_0, E, A_0 ;

б) параметри моделі реактора: $T_{ад}, A_1, A_2, \delta_T$.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з постановкою задачі з чотирьох значень граничних умов на вході у реактор $x(0)$, $T(0)$, $T_1(0)$ та $T_2(0)$, знання яких необхідне для розв'язання системи диференціальних рівнянь 3.24 як прямої задачі, відомі лише два: значення $x(0) = 0$ та $T_2(0) = T_0$. У зв'язку з цим виникає необхідність розв'язання задачі з невідомими граничними умовами $T(0)$ та $T_1(0)$, що дорівнюють T_{Π} . Використовуючи балістичний метод “пристрілки” за температурою T_{Π} у допустимому діапазоні від $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ до T_0 з кроком ΔT_{Π} , можна задавати тим самим відсутні граничні умови $T_1(0) = T_2(0) = T_{\Pi}$ та розв'язувати у цих точках на інтервалі $550\text{ }^{\circ}\text{C} - T_0$ систему рівнянь 3.24 чисельним методом Рунге-Кутта четвертого порядку. Після розв'язання у кожній точці T_{Π} необхідно перевіряти виконання граничної умови на виході з шару каталізатора $T_1(1) = T_2(1)$ обчислення різниці (небалансу) цих температур $\Delta = |T_1(1) - T_2(1)|$.

Порівняння знаків небалансів у різних точках діапазону пошуку T_{Π} дозволяє знайти підінтервали ΔT_{Π} , які містять корінь неявного рівняння $\Delta = f(T_{\Pi})$, тобто таке значення температури T_{Π} , при якому $\Delta = 0$. Для точного обчислення значення кореня у знайдених підінтервалах можна використати метод дихотомії [1].

3.2 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля

Відповідно до математичної моделі було розроблено алгоритм обчислювального модулю. Для розробки була вибрано середовище VS, а мовою написання C#.

Все рішення складається з каталогів в яких містяться відповідні розділи рисунок 4.1.

Рисунок 3.2 – Дерево рішень проекту

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура обчислювального модуля:

1. Файл форми – Form1.cs
2. Файли БД – DataBase
 - 2.1 Опис структури даних таблиці даних – Ammonia.cs
 - 2.2 Поєднання структури з середовищем VS – EFBbContext.cs
 - 2.3 Репозиторій – Repository.cs
3. Файли описуючі модель даних – Model
 - 3.1 Клас описує реактор – Model.cs
 - 3.2 Клас описує реакцію – ReactionModel.cs
4. Файл описуючий взаємодію моделі та форми – Presenter
 - 4.1 Клас описує поєднання моделі та форми – Presenter.cs
5. База даних – AmmoniaDasaSet1.xsd

Схема взаємодії по шаблону MVP наведена на рисунку 3.3

Рисунок 3.3 – Схема взаємодії елементів шаблону MVP

Основна логіка програмного модуля лежить в описі класу моделі – Model.cs.

Призначення кожного метода наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Методи класу моделі реактора та їх призначення

Всі інші методи та класи в програмному модулі являються допоміжними для формування результатів, подання їх в коректній табличній та графічній формі та зручного контакту з користувачем. Всі елементи використані в програмі наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні елементи програмного модуля та їх призначення

Алгоритм основного методу Start наведено на рисунку 3.4, блок-схем інших методів наведені в додатку Б.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.4 – Блок-схема методу Start

Отже, в даному розділі подана характеристика елементів, що входять до складу розробленої програми, а саме основних процедур та компонентів, що були використані.

3.3 Інструкція користувачу програмного продукту

Програмний модуль призначений для розрахунку параметрів функціонування реактора. Графічний інтерфейс користувача, який відкривається при завантаженні програми наведено на рисунку 3.5

Рисунок 3.5 – Головне вікно програми

Головне вікно містить поля для вводу вихідних параметрів та початкових умов. Для виконання розрахунку слід ввести початкові дані у відповідні поля та натиснути кнопку “Розрахувати параметри ректора”.

Після чого з’являться доступними вкладки “Профільні х-ки реактора...” в яких виводяться в табличній та графічній формі розраховані параметри реактора (продуктивність, швидкість реакції, ккд, константа рівноваги, вміст аміаку, температура в внутрішніх та зовнішніх трубках).

Приклад розрахунку наведено на рисунку 3.6 – 3.9.

Програмний код для даного обчислювального модуля наведений в додатку В.

Рисунок 3.6 – Профільні характеристики (T , T_1, T_2) реактора при $\beta = 1$

Рисунок 3.7 – Профільні характеристики (W , $Prod$, E_{ta}) реактора при $\beta = 1$

Рисунок 3.8 – Профільні характеристики (T , T_1, T_2) реактора при $\beta = 0.8$

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.9 - Профільні характеристики (W, Prod, Eta) реактора при $\beta = 0.8$

Отже, було порівняно профільні характеристики функціонування реактора на початку робочого циклу при ступені активності каталізатора (β) 1 рис. 3.6 – 3.7 та у наступний період експлуатації коли ступінь дорівнював 0.8 рис. 3.8 – 3.9, за однакової температури на вході у реактор. Звідки видно, що знижується швидкість процесу та вміст аміаку, що зменшує продуктивність реактора з 367.2 до 294 т/добу.

Значно зменшується температура початку реакції з 754.3 до 705.2 К, при цьому суттєво змінюються координата і температура гарячої точки. Тому контроль за положенням і значенням температури гарячої точки може служити непрямим методом діагностики поточного стану каталізатора.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу синтезу аміаку

Складне апаратуро-технічне оформлення процесу синтезу аміаку, високі значення параметрів (тиск і температура газів, пару і рідин), присутність вибухонебезпечних і отруйних речовин викликають необхідність особливої уваги

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до контролю технологічних показників виробництва і його автоматичному регулюванню.

Впровадження одно-агрегатних енерготехнологічних схем великої потужності поставило особливо високі вимоги до контролю і регулювання виробництва. Неперервність технологічної схеми, при якій порушення якогось основного параметра чи тимчасова розгрузка одного блоку може привести до необоротних змін режиму роботи чи зупинці всього агрегату, відсутність проміжних ємностей і жорсткі зв'язки між окремими блоками, тривалість робочого циклу потребують створення єдиної автоматизованої системи управління агрегатом синтезу аміаку. Тому розгляд питань автоматизації і контролю виробництва неможливе без врахування системи контролю і управління всього агрегату.

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Завдання технологічного процесу виробництва полягає в синтезі цільового продукту – аміаку та підтриманні заданої продуктивності виробництва. Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення необхідного виходу аміаку та протікання процесу за технічним регламентом необхідно регулювати наступні параметри: витрату природного газу на вході до пускового нагрівача, витрату АВС на вході до реактора, витрату повітря в конденсаційну колону, витрату рідкого аміаку в випарники, але на якість та вихід основного продукту – аміаку впливає температура та тиск в реакторі, які потрібно регулювати та контролювати відповідно до вимог технічного регламенту.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва. В результаті чого обрано параметри об'єкту автоматизації, що підлягають контролю та регулюванню.

Відповідно до обраних параметрів регулювання, контролю, сигналізації були вибрані місця для заміру параметру на технологічному об'єкті та номінальні значення параметрів, межі їх зміни. Всі дані занесемо до таблиці 4.1.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва аміаку

На основі даних, наведених в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу синтезу аміаку включає в себе чотири регулюючих контурів та тринадцять один контур контролю (в тому числі один контур контролю та сигналізації).

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.

Тому для автоматизації процесу виробництва аміаку були вибрані технічні засоби автоматизації за каталогами відповідних виробників [9-14].

4.2 Опис системи автоматизації

Контроль та регулювання температури

Підтримання температури в реакторі і випарниках є одним з найважливіших факторів впливу на продуктивність керованого процесу. В якості вимірювальних приладів температури з необхідною точністю для контурів 1, 3, 6, 7 було обрано термопару марки ТХК з токовим виходом (поз. 1-1, 3-1, 6-1) з діапазоном вимірювання температури від -40°C – 600°C , що призначені для вимірювання температури у рідких та газоподібних з малою похибкою, шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА та для контурів 25, 30, 34 та термоперетворювач опору мідний марки ТСПУ-0289 (поз. 7-1, 9-1, 25-1, 30-1, 34-1) в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Отримані сигнали передаються на показуючий ПІД - регулятор марки ТРМ10 (поз. 1-2, 3-2, 6-2, 7-2, 9-2, 25-2, 30-2, 34-2), який відображає вимірювану температуру і в контурі регулювання видає регулюючий вплив на виконавчий механізм марки МЭО-40 (поз. 1-3), який:

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в контурі 1: змінює подачу природного газу для підтримання температури 320 °С;

Контроль та регулювання витрат

Для контролю та регулювання витрати в контурах використовується ультразвуковий витратомір марки Prosonic Flow 90/93U (поз. , 8-1, 10-1, 11-1, 12-1, 13-1, 16-1, 17-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 22-1, 23-1, 24-1, 26-1, 27-1, 28-1, 29-1, 31-1, 32-1, 33-1, 35-1) з температурою вимірюваного середовища від -30 до 2200 °С, прилад містить вбудований первинний перетворювач у вих. сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з витратоміру передається на показуючий ПД – регулятор марки ТРМ10 (поз. 8-2, 10-2, 11-2, 13-2, 16-1, 17-2, 18-2, 19-2, 20-2, 26-2, 27-2, 28-2, 29-2, 31-2, 32-2, 33-2, 35-2), який відображає вимірювану витрату.

Контури 12, 13 виконують функцію підтримання співвідношення реагентів: сигнали з витратомірів в трубопроводах подачі повітря та виходу з конденсаційної колони передаються на двоканальний ПД-регулятор марки 2ТРМ1 (поз. 13-2), який видає регулюючий вплив на виконавчий механізм марки МЭО-40(поз. 13-3), який змінює витрату повітря.

Контури 21, 22, 23, 24 виконують функцію підтримання співвідношення реагентів: сигнали з витратомірів в трубопроводах подачі газоподібного аміаку передаються на восьмиканальний ПД-регулятор марки 2ТРМ138В (поз. 24-2), який видає регулюючий вплив на виконавчий механізм марки МЭО-40(поз. 24-3), який змінює витрату рідкого аміаку, що в подальшому подається у випарники для підтримання заданого співвідношення реагентів.

Контроль та регулювання тиску

Регулювання тиску є другим визначальним параметром для підтримання продуктивності цільового процесу. Для вимірювання тиску в контурах 2, 14 використано манометр ам'ячний марки МП4АУ (поз. 2-1, 14-1) який може використовуватися у вибухонебезпечних і агресивних середовищах для вимірювання тиску від 1 до 60 МПа в рідких і газоподібних середовищах, вихідний сигнал манометру 0 – 20 мА, ступінь захисту - IP40. В контурах регулювання тиску

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цифровий манометр передає сигнал на показуючий ПІД-регулятор марки ТРМ10 (поз. 5-2, 9-2, 11-2).

Сигналізація концентрації шкідливих речовин в приміщенні

Для попередження аварійних ситуацій на виробництві використано контури контролю концентрацій аміаку в повітрі 4 контур.

В контурі 4 для аварійної сигналізації при виявленні аміаку в повітрі в цеху встановлений газоаналізатор марки Дозор-С з датчиком (поз. 4-1, 4-2), що розміщується в високому місці цеху, отриманий сигнал передається на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ10 (поз. 4-3). При перевищенні об’ємної концентрації аміаку у цеху спрацьовує аварійна світлова сигналізація. Максимальний час встановлення показань - 35с, поріг включення 20 мг/м³.

Розглянута система автоматизації забезпечує безпечно і оптимальне протікання процесу за технічним регламентом.

Контроль якості

В контурі 15 розміщений стаціонарний газоаналізатор водню і азоту ГТВ-1101М-А з датчиком (15-1, 15-2), який контролює вміст водню (діапазон 70 – 100 %) та азоту (діапазон 0 – 60 %) та подає отриманий сигнал на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ10 (поз. 15-3).

Пуск двигуна

Кнопка SB1 має назву «СТОП», а SB2 має назву «ПУСК» і вони при допомозі магнітного пускача МП1 забезпечують вимикання та вмикання живлення електромотора М1. У позначенні кнопки SB1 і SB2 присутня літера А, яка вказує на сигналізацію у вигляді підсвічування кнопки червоним кольором і відповідно зеленим кольором.

Розроблена схема автоматизації повністю задовольняє технологічні потреби та вимоги цеху синтезу аміаку. Специфікація до обраних засобів наведена в додатку Г.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Схеми організації цеху синтезу аміаку

Аміак – один із основних продуктів хімічної промисловості, виробництво якого складає мільйони тон на рік. В зв'язку з великим попитом людства у продуктах зв'язаного азоту, світове виробництво аміаку відноситься до великотоннажних виробництв.

Проект передбачає розробку цеху синтезу рідкого аміаку продуктивністю 1360 т/добу.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Організаційна структура повинна повністю забезпечити потреби цеху в обслуговуванні. Таким чином в цеху повинні працювати:

Рисунок 5.1 – Структура працівників на підприємстві

5.2 Технологічна підготовка виробництва

Виробничі процеси цеху поділяються на основні, допоміжні, підсобні та бічні наведені у таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Класифікація виробничих процесів цеху

Колона синтезу має продуктивність 1360 т/добу і все допоміжне обладнання підбрано так, щоб при експлуатації не виникало часу простою на жодній із стадій. Оскільки цех працює безперервно і за один цикл обробляється приблизно 180 м³/с синтез газу, то було обрано паралельний ВРПП.

При обраному ВРПП зайнятість усіх працівників проводиться в повному обсязі, дозволяє надати максимальну кількість продукції за день і найпродуктивніше використовується приміщення та обладнання.

Тривалість виробничого процесу складає 4 години і складається із 4 операцій таблиця 5.2, оскільки виробництво безперервне працює 4 зміни по 6 годин без перерв.

Таблиця 5.2 – Тривалість операцій виробничого процесу

Графік паралельного ВРПП по стадіям:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n - 1)t_{\text{max}} = 4 + 3 = 7 \text{ год} \quad (5.1)$$

Рисунок 5.2 – Графік паралельного ВРПП

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Чисельність персоналу

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання обсягу робіт та для повної комплектації робочих місць за зміну.

Режим роботи – в чотири зміни, тривалістю зміни 6 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Для керуючого персоналу та фахівців робочий тиждень має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи однозмінний тривалістю робочої зміни 8 годин.

Для робочого персоналу – зміна повинна складатися з начальника зміни (1), помічника начальника зміни (1), апаратника (4), робочі (10), охоронці (3), прибиральник (1), водій (1) – це ті, які мають чотири змінний графік роботи, а адміністративно-управлінський персонал працює в складі – начальник цеху (1), інженер (1), технолог (1), електрик (1), механік (1), менеджер з постачання (1), завідуючий складом (1), бухгалтер (1), економіст (1).

Отже, явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу:

$$Ч_{\text{яв}} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 9 \quad (5.2)$$

Явочна кількість виробничого персоналу:

$$Ч_{\text{яв}} = (1 + 1 + 4 + 10 + 3 + 1 + 1) * 4 = 84 \quad (5.3)$$

Чисельність за списком – потреба цеху у працівниках, крім штатної, для виконання непланованих робіт, заміна хворих, відсутніх у відпустках або відсутні з інших поважних причин, також сюди включають консультантів, сумісників і т.д.

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} * K_{\text{пер}} \quad (5.4)$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{рік}}^{\text{підп}}}{T_{\text{прац}}^{\text{норм}}} = \frac{8760}{1821} = 5 \quad (5.5)$$

де $K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перерахунку, $T_{\text{рік}}$ – річний робочий час цеху, $T_{\text{прац}}$ – річний робочий час цеху з урахуванням святкових вихідних, хвороб та відпусток.

Тоді чисельність за списком становить:

$$Ч_{\text{сп}} = 21 * 5 = 105 \text{ осіб.} \quad (5.6)$$

Тривалість роботи цеху на рік:

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{підп}}^{\text{рік}} = 365 * 24 = 8760 \text{ год/рік} \quad (5.7)$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365-11}{7} * 36 = 1821 \text{ год/рік} \quad (5.8)$$

Кількість бригад:

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{підп}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{норм}}} = \frac{8760}{1821} = 5 \text{ бригад} \quad (5.9)$$

Отже, щоб забезпечити безперервний процес роботи потрібно 5 бригад.

Графік змін: 1-а зміна 06:00 – 12:00, 2-а зміна 12:00 – 18:00, 3-я зміна 18:00 – 24:00, 4-а зміна 24:00 – 6:00.

Таблиця 5.3 – Графік змінності робочого персоналу

Фактична тривалість роботи працівника за рік, які працюють позмінно:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм}}^{\text{об}}} (T_{\text{зм}}^{\text{об}} - T_{\text{вих}}) * t_{\text{зм}} = \frac{365}{25} (25 - 5) * 6 = 1752 \text{ год} \quad (5.10)$$

Недопрацювання працівника за рік:

$$T_{\text{недопр}} = 1821 - 1752 = 69 \text{ год} \quad (5.11)$$

Тривалість роботи адміністративно-управлінського персоналу:

$$T_{\text{прац}}^{\text{норм}} = \frac{365-11}{7} * 40 * (8 - 1) * 1 = 2016 \text{ год/рік} \quad (5.12)$$

Графік змінності адміністративно-управлінського персоналу: одна зміна 09:30 – 17:30 год.

Таблиця 5.4 – Графік змінності адміністративного персоналу

Фактична тривалість роботи адміністративно-управлінського персоналу:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм}}^{\text{об}}} (T_{\text{зм}}^{\text{об}} - T_{\text{вих}}) * t_{\text{зм}} = \frac{365-11}{7} (7 - 2) * 8 = 2023 \text{ год} \quad (5.13)$$

Перепрацювання робітника за рік:

$$T_{\text{пер}} = 2085 - 2023 = 62 \text{ год} \quad (5.14)$$

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції яка випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль – перевірка якості продукції, що надходить на підприємство, як сировини. На даному підприємстві це визначення якості вихідної сировини (вміст природного газу та повітря). Цей контроль проводиться лаборантами цеху. Вони зобов'язані вести журнал вхідного контролю.

Проміжний контроль – це перевірка технологічної дисципліни при виконанні технологічного процесу. Виконується головним технологом, який веде журнал проміжного контролю.

Заключний контроль – це оцінка якості готової продукції, в нашому випадку аміаку. Основна мета цього контролю – виявлення браку. Заключний контроль проводять технолог та начальник лабораторії. Результати заключного контролю заносять до журналу заключного контролю, згідно якого оформляється паспорт на продукцію.

5.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які у розпорядженні цеху, використовуються в процесі виготовлення продукції і повертаються підприємством в ході продажу. До оборотних засобів відносять:

- Заробітна плата;
- Затрати на сировину та електроенергію;
- Оренда приміщення;
- Заміна каталізаторів та ремонт частин;

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заробітна плата працівників цеху наведена в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Заробітна плата працівників цеху

Отже, сумарна З/П за місяць складає 698 500, а за рік складатиме 8 382 000 гривень.

$$\text{ФОП} = 8\,382\,000 * 1,22 = 10\,226\,040 \text{ гривень/рік} \quad (5.15)$$

Оскільки для добування H_2 необхідний природний газ ціна якого на 1 травня 2018 для промислових споживачів, які попередньо оплатили поставку газу становить 9,1428 грн/м³. За 1 годину в систему входить 65 330 м³ природного газу. N_2 та Ar потрапляють в систему з повітря, тобто безкоштовно. Відповідно затрати на сировину обмежуються затратами на природний газ:

$$C_{\text{газ}} = 65\,330 * 24 * 365 * 9,1428 = 5\,232\,340\,326,24 \text{ гривень/рік} \quad (5.16)$$

Витрати на запасні частини для ремонту складають – 500 000 гривень/рік.

Витрати на заміну каталізаторів складають – 1 000 000 гривень/рік.

Вартість оренди:

- Виробнича будівля і складські приміщення – 1 200 000 гривень/рік;
- Офісне приміщення – 600 000 гривень/рік.

Сумарна витрата на оренду становить 1 800 000 гривень/рік.

Вартість оборотних засобів таким чином становить:

$$\text{ОбЗ} = 10\,226\,040 + 5\,232\,340\,362,24 + 500\,000 + 1\,000\,000 + \quad (5.17) \\ 1\,800\,000 = 5\,245\,866\,402,24 \text{ гривень/рік}$$

Основні фонди – це засоби праці, які багаторазово використовуються у виробництві, не змінюють свою форму тривалий час, а їх вартість враховується у вартість готової продукції.

До основних фондів належать:

- Будівлі і споруди
- Машини і обладнання
- Транспорт

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виробничий інвентар
- Нематеріальні активи

Основні фонди зведені в таблицю 5.6, в якій амортизація розрахована за формулою:

$$A = \frac{\text{Фпп} + \text{К} + \text{Р} - \text{Л}}{\text{Т}_{\text{експ}}} \quad (5.18)$$

де А – амортизація, грн/рік; Фпп – повна початкова вартість, грн; К – витрати на капітальні ремонти, грн; Р – витрати на поточні ремонти, грн; Л – ліквідаційна вартість, грн; Т_{експ} – плановий період експлуатації, років.

Таблиця 5.6 – Основні фонди

5.6 Розрахунок техніко-економічних показників

Всі показники були зведені в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Техніко-економічні показники

З отриманих результатів можна зробити висновок, що підприємство вигідне, оскільки має термін повернення капіталовкладень менше 7 років та досить високу економічну ефективність.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Як впливає з технологічної частини проекту в проектованому виробництві обертаються шкідливі пожежонебезпечні речовини і матеріали, використовується електрична, механічна, теплова та енергія стислого газу.

Внутрішньоцехове обладнання представлене підйомними механізмами: козовими кранами. Технічні рішення в проекті прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

6.1.1 Повітря робочої зони

Роботи, що виконуються на запроектованому цеху за затратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості II б (ДСН 3.3.6.042- 99).

У таблиці 6.1 наведені прийняті проєктом гігієнічні норми метеорологічних умов у приміщенні цеху, що проєктується.

Таблиця 6.1 – Санітарні оптимальні норми параметрів мікроклімату

Температура зовнішньої поверхні технологічного обладнання не перевищуватиме температуру повітря в цеху більше ніж на 2 °С.

$$t_{\text{поверх}} = t_{\text{навк.сер.}} + 2^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{поверх}} = 22 + 2 = 24^{\circ}\text{C}$$

де $t_{\text{навк.сер.}}$ – оптимальне значення температури повітря робочої зони в теплий період року.

У таблиці 6.2 наведена коротка санітарна характеристика цеху відповідно до ГОСТу 12.1.005.88.

Таблиця 6.2 – Санітарні норми

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 чотирьохступінчатого компресора та центрального циркуляційного компресора. Для захисту рук від опіків при ремонтах, а також при огляді

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання робітники користуються спеціальними рукавицями або надолонниками.

При порушенні технологічної роботи цеху, можливі протікання аміаку, а також синтез газу. Проводяться попередні і періодичні (один раз на рік) медогляди.

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. Встановлення чашечних анемометрів для спостереження за швидкістю руху повітря у приміщенні цеху.

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду Vг. 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 представлене 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 приведені у таблиці 9.3.

Таблиця 6.3 – Норми виробничого освітлення

6.1.3 Виробничий шум і вібрація

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В проектованому виробництві у якості обладнання використовуються: колони синтезу, компресори, конденсаційні колони, теплообмінники, сепаратори, трубопроводи. Джерелом шуму на виробництві можуть бути: компресори. Для зниження рівня шуму на робочому місці оператора під час очищення, проектом прийнято ці механізми закрити кожухами із звуконепроникного матеріалу. Найбільш шумне місце – це ділянка компресорного відділення, де рівень звуку досягає 70 дБА, (згідно ДСН 3.3.6.037-99, допустимий рівень звуку - 80 дБА).

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

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).

Джерелами вібрації можуть бути: компресор. Для зменшення шкідливого впливу вібрації компресора, він встановлюється на окремих станинах і обшивається окремими кожухами.

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, а також гнучких вставок у комунікаціях повітроводів.

Застосовують гумові, пружинні, комбіновані віброізолятори. 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 (гума, пластик, вібропоглинаючий

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ластик) і розсіюючи енергію коливань. В будівлі передбачені будівлі для насосного обладнання для зниження рівня шуму та вібрації.

6.1.4 Електробезпека

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

- Наявність струмопровідної підлоги (металева та бетонна);
- Можливість одночасного дотику людини до неструмопровідних частин електроустановки і металоконструкцій, що мають контакт із землею.

Електрообладнання в цеху живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі постійного струму з напругою 380/220В, частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю.

Ураження електричним струмом можливе у результаті впливу 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:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{л} + R_0}, mA \quad (6.1)$$

$$U_{д} = I_{л} \cdot R_{л}, B \quad (6.2)$$

де $R_{л}$ – опір людини (2 – 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. Тоді згідно з рівняннями 6.1 – 6.2:

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{л} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73.23, mA \quad (6.3)$$

$$U_{д} = 73.23 \cdot 3 = 219.72, B \quad (6.4)$$

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 проектуваному підприємстві з метою збереження здоров'я персоналу всі струмоведучі частини обладнання, до яких можливий дотик персоналу, ізольовані (опір ізоляції електропроводів вище 0.5 МОм).

Як захист від ураження електрикою розраховано занулення.

Перевіряємо умови забезпечення вимикальної здатності занулення:

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot I_{пн.вст}^н \quad (6.5)$$

Визначаємо номінальний струм електродвигуна:

$$I_{ел.дв}^н = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos\alpha} = \frac{1000 \cdot 3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 17.1 A \quad (6.6)$$

де P – номінальна потужність двигуна, кВт; $U_{н}$ – 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:

$$I_{ел.дв}^{пуч} = 7.5 \cdot I_{н} = 7.5 \cdot 17.1 = 128.2 A \quad (6.7)$$

Розрахуємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{пл.вс}^н = \frac{I_{ел.дв}^{пуч}}{\alpha} = \frac{128.1}{2} = 64.1 A \quad (6.8)$$

де α – коефіцієнт режиму роботи електродвигуна; $\alpha = 2$ – з нечастими пусками двигуна.

Визначаємо очікуване значення $I_{к.з}$ за формулою 6.5:

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot 64.1 = 192.3 A \quad (6.9)$$

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо стандартне значення перетину нульового дроту 4x10 мм і розрахуємо густину струму δ :

$$\delta = \frac{I_{к.з}}{\alpha} = \frac{192.3}{4 \cdot 40} = 1.6 \frac{A}{\text{мм}^2} \quad (6.10)$$

За табличними даними знаходимо активні і індуктивні опори сталевих провідників. Для цього задаємось перетином і завдовжки нульового l_n і фазового l_ϕ сталевих провідників:

$$l_n = 50 \text{ м}; \text{ перетин } 4 \times 40 \text{ мм}; S = 160 \text{ мм}^2;$$

$$l_\phi = 100 \text{ м}; \text{ перетин } \Phi = 8 \text{ мм}; S = 50.27 \text{ мм}^2$$

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

$$\frac{1}{R_n + X_n} \geq \frac{R_\phi + X_\phi}{2} \quad (6.11)$$

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

$$R_\phi = r \cdot l_\phi = 6.4 \cdot 0.1 = 0.64 \text{ Ом} \quad (6.12)$$

$$R_n = r \cdot l_n = 1.81 \cdot 0.05 = 0.09 \text{ Ом} \quad (6.13)$$

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

$$X_\phi = X_w \cdot l_\phi = 6.4 \cdot 0.1 = 0.64 \text{ Ом} \quad (6.12)$$

$$X_n = X_w \cdot l_n = 1.81 \cdot 0.05 = 0.09 \text{ Ом} \quad (6.13)$$

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 $1.5 \cdot 100 = 150 \text{ м} = 0.15 \text{ км}$, тоді $X_1 = 0.6 \cdot 0.15 = 0.09 \text{ Ом}$.

Розрахуємо опір петлі фаза-нуль по залежності 6.14:

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_T = \sqrt{(R_\phi + R_H)^2 + (X_\phi + X_H + X_L)^2} = \quad (6.14)$$

$$= \sqrt{(0.064 + 0.009)^2 + (0.38 + 0.054 + 0.09)^2} = 0.778 \text{ Ом}$$

де Z_T – опір трансформатора, Ом.

Виконуємо перевірку умови надійного спрацьовування захисту:

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot I_{пн.вст}^H \geq 462 \geq 3 \cdot 64.1 \text{ А}; \quad (6.15)$$

$$462 > 192.3.$$

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

За значенням номінального I вибираємо плавку вставку серії ПН - 100 з номінальним $I = 80 \text{ А}$ при напрузі мережа 380 В.

6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

В проектуваному виробництві використовується різноманітне обладнання: транспортні засоби (електрокари), колони синтезу, трубопроводи та компресори, які з точки зору техніки безпеки створюють небезпеку.

Для уникнення травм робітників транспортні шляхи, призначені для цехового транспорту і проходи на території підприємства проектуються таким чином, щоб транспорт було видно заздалегідь; або ж використовують звукові сигнали. Конструкцією колони синтезу передбачено зручність і безпеку її обслуговування і ремонту, монтажу та демонтажу механізмів, вузлів і оснащення.

Частини компресорів, що нагріваються до температури понад 25°C , теплоізовані або закриті кожухом.

Причиною травматизму, смерті може бути падіння важких частин оснащення, тому операції знімання та установки форм максимально механізовані.

Певну небезпеку складає протікання аміаку з трубопроводів, при цьому виникає ризик удушення, втрати свідомості, смерті.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубопроводи, які використовуються для подачі синтез газу на різні стадії синтезу аміаку, регулярно перевіряють на зношування та герметичність.

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.

За захистом від блискавки виробнича будівля відноситься до III категорії. Будівлю захищено 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 застосовано 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 проектного заводу передбачаються наступні протипожежні заходи:

- у виробничому корпусі передбачено 6 виходів, що забезпечують евакуацію людей при пожежах;

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- через кожні 5.0 – 7.5 м по ланцюгу зовнішнього водопроводу встановлені гідранти;
- передбачений внутрішній протипожежний трубопровід;
- улаштування протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- вода береться з водопровідної мережі даного підприємства;
- із зовнішньої сторони будівлі встановлено дві пожежні сходи.

На проєктованому підприємстві передбачається пожежна сигналізація і зв'язок. Протипожежні розриви між будівлями складають 10 м.

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. Показники пожежо- та вибухонебезпечності наведено у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті був розглянутий процес отримання аміаку продуктивністю 1360 т/добу.

Було вирішено наступні задачі:

1. Проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу
2. Розраховано матеріальний баланс схеми процесу
3. Відповідно до технічного завдання розроблено обчислювальний модуль реактору аксіально типу
4. Розроблено схему автоматизації технологічного процесу, підібрані необхідні технічні засоби автоматизації
5. Виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори
6. Розраховано техніко – економічні показники виробничого процесу синтезу, за якими визначено, що дане виробництво є доцільним.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Царьова З. М. Основы теории химических реакторов [Текст] / З. М. Царьова, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Є. І. Орлова. – Харків, 2002. – 615 с.
2. Бугаєва Л. М. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів [Текст] : навч. Посіб. / Л. М. Бугаєва, Ю. О. Безносик, Г. О. Статюха. – Київ, 2014. – 132 с.
3. Кузнецов Л. Д. Синтез аммиака [Текст] / Л. Д. Кузнецов, Л. М. Дмитренко, П. Д. Рабина, Ю. А. Соколинский. – Москва, 1982. – 296 с.
4. Аміак [Електронний ресурс] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Аміак>
5. Шевчук О. Design Patterns via C# [Текст] / О. Шевчук, Д. Охрименко, А. Касьянов., 2015.
6. Історія відкриття аміаку [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://studopedia.ru/3_135567_istoriya-otkritiya-ammiaka.html
7. Синтез аміаку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://elearning.sumdu.edu.ua/>
8. Кафаров В.В., Математическое моделирование основных процессов химических производств [Текст] / В. В. Кафаров, М. В. Глебов : Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400с.
9. Официальный сайт «ВАТ ОВЕН» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.owen.ru/> - Название с экрана.
10. Официальный сайт «РИЗУР» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rizur.ru/>- Название с экрана.
11. Сайт промислових товарів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://prom.ua/> - Назва з екрану.
12. Офіційний сайт ООО «Оптима-Комплекс» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.optima.zp.ua/> - Назва з екрану.
13. Официальный сайт ПО «Электроприбор» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.elpribor.ru/>- Название с экрана.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Официальный сайт ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры» [Электронный ресурс] – Режим доступа: kzeap.ru/- Название с экрана.
15. 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.
16. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Текст]: ДСН 3.3.6.039.99 - № 39; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.

					ДП ХА 4123 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56