

ЗМІСТ

				стор.
Зміст				9
Вступ				10
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва				13
1.1 Методи отримання водню для цеху синтезу аміаку				13
1.1.1 Залізнопаровий спосіб				13
1.1.2 Виробництво водню методом електролізу				13
1.1.3 Конверсія природного агу				13
1.2 Порівняння методів отримання водню в синтезі аміаку				14
2 Характеристика виробленої продукції, вихідної сировини та напівпродуктів, матеріалів, енергетичних ресурсів				16
3 Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування технологічних режимів				20
3.1 Основи процесу парового реформінгу природного газу				20
3.2 Фізико-хімічні основи процесу парової конверсії природного газу				21
3.3 Рівновага парової конверсії метану				22
3.4 Кінетика процесу парової конверсії метану				25
4 Опис технологічної схеми виробництва				27
5. Визначення витрати сировини та допоміжних матеріалів				30
5.1 Матеріальний баланс				30
5.2 Енергетичний баланс				33
5.3 Визначення витратних коефіцієнтів виробництва аміаку				37
6.Характеристика технологічного обладнання				40
6.1 Розрахунок та вибір основного технологічного апарату				40
6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання				41
6.2.1 Розрахунок турбокомпресору технологічного газу				41
6.2.2 Розрахунок парової турбіни турбокомпресору				43
6.2.3 Розрахунок вогневного підігрівача				44

					ХН 3213 1440 000 ПЗ		
	№ докум.	Підпис					
Розроб.	Самойленко Д.Е.				Lіт.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Супрунчук В.І						83
					Відділення конверсії природного газу (І-ша ступінь) цеху синтезу аміаку		
Н. Контр.	Супрунчук В.І.				НТУУ «КПІ», ХТФ, гр.ХН-32		
Затверд.	Толстопалова Н.М.						

6.2.4 Розрахунок абсорбера H ₂ S	45
7 Автоматичний контроль та керування виробництвом	46
7.1 Аналіз технологічного процесу отримання технологічного газу	48
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації	49
8 Економіко-організаційні розрахунки	53
8.1 Підприємство у промисловій структурі держави	53
8.2 Схема організації відділення парової конверсії	54
8.3 Класифікація виробничих процесів	54
8.4 Режим роботи підприємства	54
8.5 Кількість обладнання	55
8.6 Технологічний контроль	57
8.7 Калькуляція собівартості	60
9 Охорона праці	67
9.1.1 Повітря робочої зони	67
9.1.2 Виробниче освітлення	69
9.1.3 Виробничий шум та вібрація	71
9.1.4 Електробезпека	72
9.1.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання	74
9.2 Пожежна безпека	75
10 Екологічна безпека виробництва	78
10.1 Аналіз джерел відходів, що утворюються на виробництві	78
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва	82
Висновки	84
Список літератури	86
Додаток А	
Додаток Б	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					10

ВСТУП

У всіх індустріально розвинених країнах азотна промисловість є однією з основних провідних галузей. Такий бурхливий розвиток азотної промисловості зумовлений в першу чергу необхідністю задоволення нестримно зростаючого населення земної кулі продуктами землеробства. Без мінеральних добрив, в першу чергу азотних, неможливо вирішити завдання інтенсифікації сільського господарства, а з ростом сільського господарства зростає дефіцит у зв'язаному азоті в оброблюваних ґрунтах.

Технологічний газ є основною проміжною сировиною у виробництві аміаку, об'єми його виробництва в світі складають мільйони тон на рік. За рахунок великого попиту у сполуках зв'язаного азоту, за об'ємами виробництво конвертованого газу поступається лише виробництвам сірчаної кислоти та кисню.

Процес одержання технологічного газу або синтез-газу – достатньо складний комплекс хімічних перетворень, які протікають у гомогенній або гетерогенній фазах, в тому числі за присутності каталізаторів.

Технологія виготовлення технологічного газу в світі с кожним роком все вдосконалюється. Будівництво нових заводів і установок здійснюється на основі все більш раціональних і досконалих технологічних схем, застосовуються все більш надійні конструкції технологічних апаратів і енергетичних машин, більш активні, селективні і стабільні каталізатори. Зростає ступінь автоматизації управління виробництвом, використовуються досягнення хімічної фізики, укрупнюються потужності одиничних агрегатів. Таким чином скорочується кількість агрегатів при збереженні заданих значень потужності.

В Україні АВС виробляється в основному на п'яти великих хімічних комбінатах на установках великої одиничної потужності агрегатів 600 і 1360 тон аміаку на добу. Більшість з них побудовані у 80-х роках минулого сторіччя

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						11

і на сьогоднішній час хоч і відповідають світовому рівню, але потребують негайної реконструкції та модернізації.

Отже, узагальнюючи вищевикладене та реально оцінюючи сьогоденний стан промислового виробництва конвертованого газу в Україні з одночасним порівнянням світових здобутків, можна зробити висновок про актуальність поставленої теми на даний час. Крім того, звертаючи увагу на стрімке зростання світового попиту на нітрогеновмісні продукти, можна передбачити зацікавленість у розвитку цієї теми в майбутні періоди.

В дипломному проекті наведено розрахунки виробництва синтез-газу з використанням природного газу в агрегаті великої одиничної потужності 1360 тон на добу за аміаком.

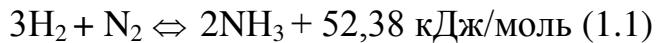
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					12

ХН 3213 1440 000 ПЗ

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

1.1 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ДЛЯ СИНТЕЗУ АМІАКУ

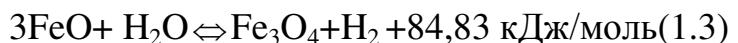
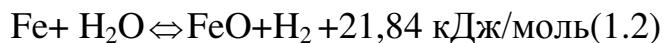
Основною сировиною для виготовлення аміаку є водень та азот.



У данному розділі приводиться коротка характеристика методів отримання водню.

1.1.1. Залізопаровий спосіб

Один з найстаріших хімічних методів отримання водню. Заснований на взаємодії свіже відновленого заліза з водяним паром при температурі каління (1080 К) по реакціям:



При цьому в газову фазу разом з непрореагованим водяним паром виділяється і водень а контактна маса окислюється до Fe_3O_4 . Після витрати відновленого заліза період отримання водню змінюється періодом відновлення контактної масою за допомогою регенераторного газу.

Через періодичність процесу наведений спосіб відрізняється значими витратними коефіцієнтами, малою продуктивністю, низькою якістю отриманого водню і зараз не використовується [2].

1.1.2 Виробництво водню методом електролізу

Електролітичний метод виробництва водню і кисню заснований на реакції



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						13

Внаслідок малого ступіня дисоціації води її питома електропровідність невелика при 290 К, тому електроліз води проводять в присутності електролітів, які мають високу ступінь дисоціації. В промисловості як правило використовують гідроксид калію.

Для синтезу аміаку також може бути використаний водень, отриманий одночасно з основними продуктами - хлором та гідроксидом натрію при електролізі водних розчинів NaCl.

Кількість водню, що при цьому утворюється, визначається за реакцією:



Через велику енергоємність та складність реалізації електролітичних методів в промислових масштабах, на даний момент електролітичний водень займає приблизно декілька відсотків світового об'єму отримання синтетичного аміаку [2].

1.1.3 Конверсія природного газу

Неповним окисленням метану і його гомологів можна отримати водень та оксид вуглецю (ІІ). Вихідною сировиною на більшості підприємств є природний газ, але також можливе використання попутних газів нафтодобувної промисловості, коксові гази, синтез-газ, що утворюється при комплексній переробці природного газу з метою отримання ацетилену.

Саме такий метод займає першу позицію в світовій практиці аміачної промисловості, включаючи вітчизняні установки продуктивністю 600 та 1360 тонн на добу. Він характеризується глибокою рекуперацією теплоти екзотермічних стадій процесу. Низькопотенціальна теплота конвертованої парогазової суміші, відпарної пари розгонки конденсату використовується в теплообмінниках та для підігрівання живильної води котлів. Високо

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						14

потенціальна теплота технологічного газу, димових газів трубчастої печі застосовується для отримання пари

1.2 ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ В СИНТЕЗІ АМІАКУ

Основні характеристики кожного з методів наступні:

Залізопаровий спосіб:

- періодичність;
- високі витратні коефіцієнти;
- низька якість отриманого;

Електролітичний метод:

- продуктом є чистий водень;
- велика енергоємність;
- використання дорогоцінних металів для анодів і катодів.
- складність технології.

Конверсія природного газу:

- висока рекуперація тепла;
- можливість використання різних джерел сировини при однотипній технологічній схемі.

Таким чином, на основі аналізу науково-технічної літератури та досвіду роботи передових підприємств серед методів отримання водню, врахувавши переваги та недоліки кожного із них, обираємо найдоцільніший метод, а саме конверсію природного газу. Дано технологія найуживаніша сьогодні для підприємств виробництва аміаку, дозволяє досягти заданої продуктивності, відповідної нормам різних промислових та енергетичних об'єктів [1].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						15

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНІ ТА НАПІВПРОДУКТІВ, МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Товарною формою продукції технологічного процесу є технічний газ. Характеристика продукції визначається регламентом цеху.

Застосування: технічний газ застосовується для виробництва аміаку, після проходження трубчатого реактору направляється в шахтний реактор на пароповітряний реформінг.

Вимоги до природного газу формуються на підставі ГОСТ 27577-2000.

Відповідно до цих стандартів природний газ — це газова суміш, компонентами якої в основному є насичені вуглеводні, азот, оксид вуглецю (IV) і сірководень [1].

Таблиця 2.1 – Природний газ, склад за ГОСТ 27577-2000

Компонент	Вміст об'ємних долей
Метан	0,6÷1
Етан	0,00÷0,12
Пропан	0,00÷0,6
Бутан	0,00÷0,4
Пентани	0,00÷0,4
Азот	0,00÷0,16
Оксид карбону (IV)	0,00÷0,16
Сірководень	0,00÷0,01
Гелій	0,000÷0,002
Інших компонентів в сумі	менше 0,002

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.	16
					XH 3213 1440 000 ПЗ	

Контроль чистоти водяної пари досягається ретельною очисткою парового конденсату. На 1 етапі проходить часткове знесолення води методом іонного обміну відбувається в послідовно розташованих Н - катіонітових фільтрах, декарбонізаторі і ОН - аніонітових фільтрах.

На 2 етапі отримання демінералізованої води і очищення турбінного конденсату методом іонного обміну відбувається на фільтрах змішаної дії, заповнених одночасно катіонітovoю і аніонітovoю смолами.

Таблиця 2.2 –Норми вмісту домішок в водяному парі

Домішки	Вміст домішок в парі, мг/кг	
	низького тиску (3-4МПа)	високого тиску
Водорозчинні солі		
всього	0,25	0,015-0,02
солі натрія	0,05-0,1	0,007-0,01
солі кальцію	0,02-0,05	-
Сполуки		
заліза (на Fe)	0,11	0,01-0,02
міді (на Cu)	0,11	0,005-0,010
кремнію (на SiO ₂)	0,025-0,05	0,008-0,015
хлору (на Cl ₂)	0,1-0,2	0,01-0,025
фосфору (на PO ₄)	0,1	0,01
сірки (на SO ₄)	0,05-0,1	-

До азоту як сировинного компоненту застосовуються вимоги відповідно до ГОСТ 9293-74. За цим стандартом газоподібний азот – це інертний газ без кольору і запаху густиноро 1,25046 кг/м³ при 0 °C і тиску 101,3 кПа.

Питомий об'єм газоподібного азоту дорівнює 860,4 дм³/кг при тиску близько 105 Па і температурі 290 °C.

Рідкий азот - безбарвна рідина, без запаху з температурою кипіння мінус 77,35 °C при тиску 101,3 кПа.

Вимоги до газоподібного азоту наводяться у таблиці 2.3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						17

Газоподібний і рідкий азот приймається партіями. Партию вважають однорідний за своїми якісними показниками азот одного змінного вироблення, що супроводжується одним документом про якість, при цьому при перевезенні азоту в цистернах за партію береться кожна цистерна. Кожна партія газоподібного і рідкого азоту повинна супроводжуватися документом про якість, що містить:

- найменування підприємства-виробника і його товарний знак;
- найменування і сорт продукту;
- номер партії;
- дату виготовлення;
- об'єм газоподібного азоту в кубічних метрах, масу рідкого азоту в тоннах або кілограмах;
- результати проведених аналізів або підтвердження про відповідність продукту вимогам справжнього стандарту;
- позначення чинного стандарту;
- номер цистерни рідкого азоту.

Таким чином, загальні вимоги до якості готової продукції, сировини та матеріалів наводяться у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні властивості сировини, матеріалів, продукції

Найменування сировини, матеріалів, готової продукції	Стандарти або технічні вимоги	Показники обов'язкові до контролю	Регламентовані показники з допустимими відхиленнями
1	2	3	4
Конвертований газ	Регламент цеху	Об'ємна частка метану %, не більше	0,3÷0,5
Найменування	Стандарти або	Показники	Регламентовані
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис Дат
			XH 3213 1440 000 ПЗ
			Арк. 18

сировини, матеріалів, готової продукції	технічні вимоги	обов'язкові до контролю	показники з допустимими відхиленнями
---	-----------------	----------------------------	--

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Газ природний	ГОСТ 27577- 2000	Масова частка метану, %	60,0÷100
		Масова частка оксиду карбону (IV), %	0÷16
		Масова частка сірководню, %	0÷1
		Концентрація пари води, мг/м ³	9,0±5 %
Азот технологічний газоподібний	ГОСТ 9293-74	Об'ємна частка азоту, %, не менше	99,98
		Об'ємна частка кисню, %, не більше	0,02
Азотоводнева фракція	Постійний технологічний регламент відділу розділу залишкових газів цеху виробництва аміаку	Об'ємна частка водню, %	91,8-93,0
		Об'ємна частка азоту, %	6,9-8,1
		Об'ємна частка argonu, %, не більше	0,1
Поглинач СПС-Ф	Стандарт	Вміст ZnO, мас. %	90

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					19

ХН 3213 1440 000 ПЗ

	виробника	Діаметр, мм	4-6
--	-----------	-------------	-----

Отже, дана технологія має стабільно забезпечувати задані показники якості продукту, за умови дотримання показників якості сировини.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА, ХІМІЗМ, ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

3.1 ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ПАРОВОГО РИФОРМІНГУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Основні стадії сучасних технологічних схем виробництва технологічного газу представлені наступними процесами[1]:

- Гідрування сіркоорганічних сполук, що містяться в природному газі, в сірководень на кобальтмолібденовому каталізаторі.
- Поглинання сірководню поглиначем на основі оксиду цинку.
- Первінний риформінг очищеного від сірчистих сполук природного газу в трубчатій печі .
- Конверсія залишкового метану, що міститься в частково конвертованому газі після первінного риформінгу, в водень і оксид карбону (II) при підвищених температурах. Стадія вторинного риформінгу це стадія, на якій в систему подається повітря для підготовки синтез-газу з необхідним стехіометричним співвідношенням азот:водень.
- Високо і низько температурна конверсія оксид карбону (II) з одночасним отриманням еквівалентних кількостей водню.
- Очищення конвертованого газу від оксид карбону (IV) розчинами поташу або моноетаноламіну.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					20

ХН 3213 1440 000 ПЗ

- Метанування (гідрування) залишкової кількості оксидів карбону (ІІ) та (ІV) для отримання очищеного синтез-газу з вмістом оксидів карбону не більше 10 ppm.

Парова конверсія природного газу – перша ступінь конверсії, що перебігає в трубчатому реакторі на нікелевому каталізаторі за реакціями:



3.2 ФІЗИКО ХІМІЧНІ-ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Основними реакціями процесу є реакції 3.1 та 3.2.

Природний газ, очищений від сірковмісних сполук, при температурі не більше 830 ° С і тиску не більше 3,63 МПа (37 кгс / см²) піддається конверсії з водяною парою в присутності нікелевого каталізатора в трубчатому реакторі.

Для процесу конверсії метану розроблено та запропоновано різні каталізатори. Кращими каталізаторами для прискорення реакцій конверсії метану вважаються нікелеві, нанесені на різні підкладки. Випробування кобальту, заліза, хрому, молібдену і вольфраму в якості каталізуючих компонентів показали, що вони хоча і мають каталітичну дію на реакцію конверсії метану, однак менш активні, ніж нікелеві каталізатори.

Найважливішим фактором, що впливає на якість нікелевого каталізатора, є вибір носія, що забезпечує отримання каталізатора з достатньою механічною міцністю і високорозвиненою поверхнею. Найбільше застосування в якості носіїв знайшли: оксид алюмінію (глинозем), шамот, периклаз (плавлений оксид магнію) і кизельгур. Кращими промоторами (активаторами) нікелевого

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						21

катализатора, нанесеного на оксид алюмінію, виявилися MgO, Al₂O₃, Cr₂O₃, ThO₂.

На території СНД зараз передовими катализаторами парового риформінгу є катализатори фірми «Alvigo»: НІАП-18, НІАП-03-01, К-905-D1, К-87-3. На відміну від застарілих катализаторів серії ГІАП катализатори «Alvigo» мають більший термін експлуатації (від п'яти до шести років проти трьох-чотирьох серії ГІАП) та більшим діапазоном експлуатаційних показань, такі як температура на виході трубчатої печі, відношення пар:газ та тиск [14].

В таблиці 3.1 наведені характеристики цих катализаторів

Таблиця 3.1 –Характеристики катализаторів [14]

Характеристика	НІАП-18	НІАП-03-01	К-905-D1	К-87-3
Зовнішній вигляд	Циліндричні кільця сірого кольору	Циліндричні таблетки сірого кольору	Кільця Рашига сірого кольору	Циліндри сірого кольору
Хімічний склад, %	NiO – 10:12	NiO – 11	NiO – 10-12 Промотори-3	NiO – 10-12 Промотори-3
Насипна густина, кг/дм ³	1,0	1,0	1	1,2
Розміри, мм	14,5x12x6,5	16,5x14,0	16x6x16	15x15
Відношення пара-газ	3,5-4	3,5-4	2-3,5	2-3,5
Об'ємна швидкість за вихідним газом, год ⁻¹	1500:1800	2000	2000	2000

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					22

3.3 РІВНОВАГА ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ

Розрахунок рівноважного складу газу виконується за реакціями (3.1), (3.2). За законом діючих масс константи рівноваги цих рівнянь представлені відповідно у вигляді рівнянь:

$$(3.4) \quad K_{p1} = \frac{p_{CO} \cdot p_{H_2}^3}{p_{CH_4} \cdot p_{H_2O}}$$

$$K_{p2} = \frac{p_{CO_2} \cdot p_{H_2}}{p_{CO} \cdot p_{H_2O}} \quad (3.5)$$

Відповідно до закону Дальтона, для ідеальних газів справедливее співвідношення:

$$p_i = N_i \cdot P \quad (3.6)$$

де N_i – мольна частка i -того компоненту системи,

P – тиск в системі.

Тоді рівняння констант рівноваги реакції приймає загальний вигляд:

$$(3.7)$$

де A і B – вихідні речовини з відповідними стехіометричними коефіцієнтами a і b ;

C і D – продукти реакції з відповідними стехіометричними коефіцієнтами c і d ,

P – тиск в системі.

Для реакцій 3.1 та 3.2 відповідно:

$$K_{p1} = \frac{N_{CO} \cdot N_{H_2}^3}{N_{CH_4} \cdot N_{H_2O}} \cdot P \quad (3.8)$$

$$K_{p2} = \frac{N_{CO_2} \cdot N_{H_2}}{N_{CO} \cdot N_{H_2O}} \quad (3.9)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						23

Приймемо ступінь перетворення за водяною парою для реакції 3.1 X1, а для реакції 3.2 – X2. Тоді рівняння 3.8 та 3.9 з врахуванням того, що реакції 3.1. та 3.2 перебігають послідовно, приймають вигляд:

$$K_{p1} = \frac{(N_{CO}^0 + N_{H_2O}^0 \cdot X1 - N_{H_2O}^0 \cdot X2) \cdot (N_{H_2}^0 + 3 \cdot N_{H_2O}^0 \cdot X1 + N_{H_2O}^0 \cdot X2)^3}{(N_{H_2O}^0 - N_{H_2O}^0 \cdot X1 - N_{H_2O}^0 \cdot X2) \cdot (N_{CH4}^0 - N_{H_2O}^0 \cdot X1)} \times \\ \times \left(\frac{P}{1 + 2 \cdot N_{H_2O}^0 \cdot X1} \right)^2; \quad (3.10)$$

$$K_{p2} = \frac{(N_{CO_2}^0 + N_{H_2O}^0 \cdot X2) \cdot (N_{H_2}^0 + 3 \cdot N_{H_2O}^0 \cdot X1 + N_{H_2O}^0 \cdot X2)}{(N_{H_2O}^0 - N_{H_2O}^0 \cdot X1 - N_{H_2O}^0 \cdot X2) \cdot (N_{CO}^0 + N_{H_2O}^0 \cdot X1 - N_{H_2O}^0 \cdot X2)} \cdot 1; \quad (3.11)$$

де N_i^0 – початкова молярна частка компоненту в системі.

Отже результатом є система з двох рівнянь з двома невідомими. Обчислити значення констант рівноваги реакцій за заданої температури можливо за рівняннями Вант-Гоффа, рішення системи рівнянь виконується за допомогою обчислювальних програм, такі як, на приклад, середовища MathCad та Excel [13].

Істотний вплив на ступінь перетворення метану надає застосування надлишку водяної пари. На рисунку 3.1 представлено графік залежності рівноважного вмісту залишкового метану в конвертованому газі від кількості водяної пари у вихідній суміші при різному тиску.

На практиці конверсію метану і його гомологів проводять при значному надлишку водяної пари понад стехіометричного. З підвищенням температури відносна витрата водяної пари може бути зменшена внаслідок зсуву рівноваги реакції в сприятливу сторону і збільшення швидкості процесу [4].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					24

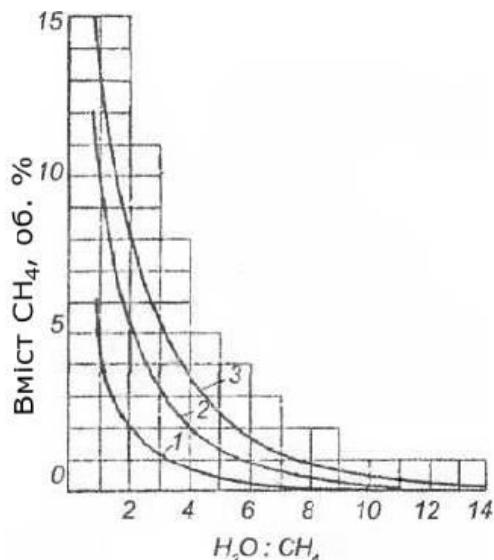


Рисунок 3.1 – Залежність концентрації залишкового метану від відношення $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_4$ при каталітичній конверсії метану

Хоча оптимальний вихід продукту досягається і при відношенні пара-газ 3,7:1, доцільніше обрати робочий режим з відношенням 4:1, оскільки пару підприємство виробляє самостійно і його собівартість відносно мала, а надлишок пари забезпечує більший вихід продукту і попереджає закоксовування каталізатору.

3.4 КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ ПАРОПОВІТРЯНОЇ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ

Пароповітряну конверсію метану можна умовно розділити на проміжні стадії:



Загальне ж рівняння відповідає рівнянню (3.1). Цей механізм можна підтвердити тим, що на каталізаторі відбувається розклад метану на елементи, та при нестачі водяної пари осідає вуглець. Процес конверсії метану на нікелевому каталізаторі перебігає в зовнішньодифузійній області.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк. 25

Швидкість конверсії визначається реакцією утворення проміжної сполуки. Швидкість конверсії підпорядковується кінетичному рівнянню:

$$-\frac{dp_{CH_4}}{d\tau} = k \cdot \frac{p_{CH_4} p_{H_2O}}{K_P p_{CH_4} p_{H_2O} + p_{H_2}}. \quad (3.14)$$

Після деяких перетворень кінетичне рівняння набуває вигляду:

$$-\frac{dp_{CH_4}}{d\tau} = k \cdot \frac{p_{CH_4}}{p_{H_2}}. \quad (3.15)$$

Швидкість процесу окиснення при температурі 1573 К описується рівнянням [2]:

$$-\frac{p_{CH_4}}{d\tau} = k \cdot \frac{p_{CH_4} \cdot p_{H_2O}}{10p_{H_2} + p_{H_2O}}, \quad (3.16)$$

де p_i – поточні парціальні тиски реагентів;

k – константа швидкості;

τ – час реакції, с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					26

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Природний газ з заводського колектора під тиском близько 1,2 МПа проходить через витратомір і після цього ділиться на два потоки. Один потік, що йде на конверсію, змішують в співвідношенні приблизно 10: 1 з азотоводневою сумішшю, що надходить з відділення синтезу аміаку, і направляють в сепаратор 21 для відділення вищих вуглеводнів, що знаходяться в крапельно-рідкому стані. Потім газ направляють на стиск в двоступеневий турбокомпресор 22.

З компресора газ під тиском близько 4 МПа при температурі 130-140 °C надходить в радіаційно-конвективний вогневий підігрівач 1, звідки виходить при 400 °C. Потім його направляють в апарат 2 гідрування сірковмісних органічних сполук до сірководню на алюмо-кобальт-молібденовому каталізаторі. У двох послідовно встановлених адсорberах 3 (на схемі показаний один) відбувається очищення газу від сірководню поглиначем на основі цинку до вмісту сірки не вище 0,5 мг/м³ газу. Далі природний газ змішують у змішувачі 4 з водяною парою в співвідношенні пар: газ ~ 4.

Отриману парогазову суміш направляють в підігрівач 11, розташований в конвективній камері трубчастої печі, де температура її за рахунок теплоти димових газів підвищується до 500:550 °C (773:823 K). Нагріта парогазова суміш надходить в розподільні колектори 13, з яких вона через газопідвідні трубки при тиску 37 atm потрапляє в реакційні труби 14, встановлені в радіаційній камері 16 трубчастої печі. У реакційних трубах на нікелевому каталізаторі відбувається конверсія природного газу водяною парою.

Теплоту, необхідну для реакції, отримують спалюванням природного газу в міжтрубному просторі печі. З реакційних труб конвертований газ при температурі 800-830 °C з вмістом близько 10% залишкового метану проходить

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.	ХН 3213 1440 000 ПЗ	27

через нижні секційні колектори 18 і секційні підйомні газовідвідні труби 17, розташовані в просторі печі, що обігрівається.

Звідси газ потрапляє в верхній колектор 15, футерований теплоізоляційним бетоном і поміщений в водяну сорочку.

Другий потік природного газу, призначений для спалювання в трубчастій печі, вогневому підігрівачі і топках допоміжного і пускового котлів, надходить в дегазатор 24. В цей апарат скидають також газовий конденсат природного газу з сепаратора 21. Легкі фракції конденсату випаровуються при нагріванні дегазатора глухою парою і збагачують паливний газ.

Частина паливного газу підігрівається в теплообміннику 8 і при температурі близько 150 °C подається в склепінні пальники для спалювання в міжтрубному просторі трубчастої печі, потім в додаткові пальники, встановлені в конвективній частині трубчастої печі перед пароперегрівачем 9, і в допоміжні тунельні пальники, встановлені в газоходах радіаційної частини трубчастої печі. Інша частина паливного газу спалюється в вогневому підігрівачі 1, допоміжному котлі 10 і (при пуску агрегату) в топці пускового котла (на схемі не показаний).

Димові гази при температурі 1000-1070 °C з радіаційної камери потрапляють в камеру конвективного теплообміну печі 16 і далі при температурі близько 160 °C викидаються в атмосферу двома димосмоктами 6 через димову трубу. Поживна деаерована хімічно очищена вода при температурі 100 °C нагнітається насосом під тиском 11 МПа в економайзер 7 і теплообмінники, що знаходяться у відділеннях метанування залишкових кількостей CO і CO₂ і синтезу аміаку. Тут вона підігрівається до 300 °C і надходить в парозбірник 13, а потім - у допоміжний котел-утилізатор 10, вбудований в конвективну частина трубчатої печі, в котли-утилізатори 21 і 22, встановлені після шахтного реактора, і в котел-утилізатор після конвертора CO першого ступеня (на схемі не показаний).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						28

Насичена пара з котлів-утилізаторів під тиском 10, 6 МПа при температурі 314 °С повертається в парозбірник 13, проходить пароперегрівач 9 і під тиском 10,1 МПа при 480 °С надходить на основну турбіну компресора синтез-газу, що працює з протитиском . Частина пари з основної турбіни під тиском 41,5 атм при 370 ° С надходить в змішувач 4 для конверсії природного газу в трубчастої печі. Решта пари розподіляється між конденсаційними турбінами і турбінами, які працюють з протитиском [1].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					29

ХН 3213 1440 000 ПЗ

5. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ СИРОВИНИ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

5.1 МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Для спрощення розрахунків приймається, що в природному газі є тільки метан та інерти. Матеріальний баланс приведений на 1000 м³ природного газу.

Вихідні дані:

Об'єм газу – 1000 м³;

Температура – 1050 К;

Співвідношення пара-газ: 4-1.

Таблиця 5.1- Вихідний склад газу

Компоненти	Природний газ		Азотоводнева суміш		Змішаний газ	
	м ³	%	м ³	%	м ³	%
CO ₂	0,8	0,08		0	0,8	0,07
CH ₄	984,7	98,47	0,69	0,69	985,39	89,58
H ₂	0	0	74,4	74,4	74,4	6,76
Ar	0	0	0,31	0,31	0,31	0,03
N ₂	14,5	1,45	24,6	24,6	39,1	3,55
Всього	1000	100	100	100	1100	100,00

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						30

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					31

ХН 3213 1440 000 ПЗ

Таблиця 5.2 – Склад паро-газової суміші

Компоненти	Паро-газова суміш		
	m^3	%	
CO ₂	0,80	0,015686	0,000157
CH ₄	985,39	19,32137	0,193214
H ₂ O	4000	78,43137	0,784314
Ar	0,31	0,006078	6,08E-05
N ₂	39,1	0,766667	0,007667

У розділі 3.2 описано розрахунок рівноважного складу суміші, для якого необхідно обчислити константи рівноваги за заданої температури.

Числові значення констант рівноваги Kр1 і Kр2 з рівнянь 3.10 і 3.11 можна обчислити для будь-якої температури:

$$\frac{LgK_p}{T} = \frac{1}{R} \left(\frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} - \frac{1}{P_{\text{пар}} - P_1} - \frac{1}{P_{\text{пар}} - P_2} \right); \quad (5.1)$$

$$LgK_p = \frac{R}{T} \left(\frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} - \frac{1}{P_{\text{пар}} - P_1} - \frac{1}{P_{\text{пар}} - P_2} \right). \quad (5.2)$$

За температури 1050 К значення цих констант становлять:

$$LgK_p = 1,908648751; \quad K_p = 81,03054328;$$

$$LgK_p = 0,063315984; \quad K_p = 1,156953712;$$

Підставивши отриманні значення констант рівноваги та значення об'ємних відсотків паро-повітряної суміші з таблиці 5.2 у рівняння 3.10 та 3.11 отримаємо:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					32

ХН 3213 1440 000 ПЗ

$$\frac{(0 + 0.784134 \cdot x_1 - 0.784134 \cdot x_2) \cdot (0.014588 + 3 \cdot 0.784134 \cdot x_1 + 0.784134 \cdot x_2)}{(0.784134 - 0.784134 \cdot x_1 - 0.784134 \cdot x_2) \cdot (0.193214 - 0.784134 \cdot x_1)} \times \\ \times \left(\frac{3 \cdot 10}{1 + 2 \cdot 0.784134 \cdot x_1} \right)^2 - 81.030543 = 0 ; \quad (5.3)$$

$$\frac{(3 \cdot 0.784134 \cdot x_1 + 0.784134 \cdot x_2 + 0.014588) \cdot (0 + 0.784134 \cdot x_2)}{(0.784134 - 0.784134 \cdot x_1 - H_2O \cdot x_2) \cdot (0 + 0.784134 \cdot x_1 - 0.784134 \cdot x_2)} - 1.156953 = 0 \quad (5.4)$$

Вирішення системи рівнянь виконувалось в системі MathCad (Додаток А).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					33

ХН 3213 1440 000 ПЗ

Ступінь перетворення водяної пари по першій реакції (X1) та другій акції (X2) були отримані такі:

$$X1=0.164$$

$$X2=0.095$$

Збільшення об'єму знаходимо за формулою:

$$V_{\text{кінцеве}}/V_{\text{початкове}} = 1 + 2 \cdot N_{H2O} \cdot X1 = 1,254 \quad (5.5)$$

Розрахунок в середовищі MathCad наведений на рисунку 5.1

```

x1 := 0.1           x2 := 0
Given
CH4 := 0.193214      k1 := 81.030543
H2O := 0.784134
CO := 0              k2 := 1.156953
h2 := 0.014588


$$\frac{(0 + H2O \cdot x1 - H2O \cdot x2) \cdot (h2 + 3 \cdot H2O \cdot x1 + H2O \cdot x2)^3}{(H2O - H2O \cdot x1 - H2O \cdot x2) \cdot (CH4 - H2O \cdot x1)} \cdot \left( \frac{3 \cdot 10}{1 + 2 \cdot H2O \cdot x1} \right)^2 - k1 = 0$$


$$\frac{(3 \cdot H2O \cdot x1 + H2O \cdot x2 + h2) \cdot (0 + H2O \cdot x2)}{(H2O - H2O \cdot x1 - H2O \cdot x2) \cdot (0 + H2O \cdot x1 - H2O \cdot x2)} - k2 = 0$$

Find(x1,x2) =  $\begin{pmatrix} 0.162 \\ 0.095 \end{pmatrix}$ 
Xa1 := 0.162          Xa2 := 0.095
1 + 2 · H2O · Xa1 = 1.254
COx :=  $\frac{(H2O \cdot Xa1 - H2O \cdot Xa2)}{1.254} = 0.042$ 
H2x :=  $\frac{(h2 + 3 \cdot H2O \cdot Xa1 + H2O \cdot Xa2)}{1.254} = 0.375$ 
H2Ox :=  $\frac{(H2O - H2O \cdot Xa1 - H2O \cdot Xa2)}{1.254} = 0.465$ 
CH4x :=  $\frac{(CH4 - H2O \cdot Xa1)}{1.254} = 0.053$ 
CO2x :=  $\frac{(H2O \cdot Xa2)}{1.254} = 0.059$ 

```

Рис. 5.1 – Розрахунок рівноважного складу технологічного газу у середовищі MathCad

де k_1, k_2 – константи реакція 3.1 і 3.2 відповідно;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						34

$\text{CH}_4, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}, \text{h}_2$ – початкова молярна частка метану, водяної пари, оксиду вуглецю (І) та водню відповідно;

$\text{CO}_x, \text{H}_2x, \text{H}_2\text{O}_x, \text{CH}_4x, \text{CO}_2x$ – рівноважні концентрації оксиду вуглецю (І), водню, водяної пари, метану та оксиду вуглецю (ІІ) відповідно.

x_1, x_2 – ступень перетворення водяної пари для реакції 3.1 та 3.2 відповідно.

Враховуючи всі надані вище розрахунки, склад газу після первого ступеня конверсії наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Об'єм та склад газу на виході з трубчастої печі.

Компонент	Вологий газ		Сухий газ	
	м ³	об.%	м ³	об.%
CO ₂	377,329	5,900	377,329	11,025
CO	268,607	4,200	268,607	7,848
H ₂	2398,275	37,500	2398,275	70,072
CH ₄	338,956	5,300	338,956	9,904
Ar	0,310	0,005	0,310	0,009
N ₂	39,100	0,611	39,100	1,142
H ₂ O	2973,861	46,500	0,000	0,000
Всього	6395,400	100,000	3422,577	100,000

Ступінь перетворення метану 65,57%, що відповідає сучасним технологічним режимам відділів парової конверсії природного газу підприємства виробництва аміаку.

5.2 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС

Температура парогазової суміші на вході в піч $t_0=525^{\circ}\text{C}$,

Температура конвертованого газу на виході з реакційних труб $35\text{г} = 777^{\circ}\text{C}$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						35

Температура димових газів на виході з радіаційної зони $t_{\text{дг}}=1040^{\circ}\text{C}$.

Середня теплоємність сухого змішаного газу від 0 до 525°C , $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$, $\text{Срзм}=2,1717$. Середня теплоємність водяної пари від 0 до 525°C , $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$, $\text{Срvp}=1,596$.

Середня теплоємкість вологого конвертованого газу на виході від 0 до 825°C , $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$, $\text{Сркг}=1,5814$.

Середня теплоємність вологих димових газів від 0 до 1040°C , $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$, $\text{Срдг}=1,518$.

Теплотворна здатність метану, $\text{кДж}/\text{м}^3 = 35840$.

Рівняння теплового балансу трубчатої печі [4]:

$$\mathbf{Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 + Q_5 - Q_6 = 0}, \quad (5.6)$$

де Q_1 – фізична теплота парогазової суміші на вході; Q_2 – теплота, яка виділяється при спалюванні $x \text{ м}^3$ природного газу; Q_3 – витрати теплоти на хімічні реакції; Q_4 – фізична теплота парогазової суміші на виході; Q_5 – фізична теплота димових газів; Q_6 – втрати теплоти в оточуюче середовище.

Прихід теплоти

Фізична теплота парогазової суміші на вході, кДж :

$$Q_1 = V_{\text{зм}} \cdot \text{Срзм} \cdot t_0 + V_{\text{vp}} \cdot \text{Срvp} \cdot t_0 = 4491742,5 \quad (5.7)$$

Для визначення теплотворної здатності газу приймаємо наступні довідникові значення теплотворної здатності окремих углеводнів ($\text{кДж}/\text{м}^3$):

Нижню теплотворна здатність 1 м^3 природного газу, склад кого наведений в таблиці 3.1:

$$q=35291,648 \text{ кДж}$$

Температура природного газу і повітря, які надходять на спалювання в горілках, приймається рівній 0°C – фізична теплота з паливним газом дорівнює 0, тоді теплота горіння природного газу в міжтрубному просторі, кДж :

$$Q_{\text{гор}} = 2412238,943; \quad (5.8)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						36

Тепловий ефект реакції визначається з різниці:

$$Q = \sum Q_K - \sum Q_H; \quad (5.9)$$

де $\sum Q_K$ – алгебраїчна сума теплоти утворення сполук в кінцевій парогазовій суміші (конвертованому газі);

$\sum Q_H$ – алгебраїчна сума теплоти утворення сполук в початковій парогазовій суміші.

Приймаємо наступні довідкові значення теплоти утворення (ΔH) сполук при 0°C (кДж/м³):

Таблиця 5.4 – Теплоти утворення (ΔH) сполук при 0°C

Компонент	CO ₂	CO	H ₂ O	CH ₄
Теплоти утворення сполук (ΔH), кДж/м ³	17547	4932	10789	3295

Тоді витрата теплоти хімічних реакцій з урахуванням таблиць 5.1 і 5.3 дорівнює, кДж:

$$Q_3 = \sum Q_K - \sum Q_H = -5269296,96 \quad (5.10)$$

Знак мінус свідчить про загально відому ендотермічність процесу парової конверсії.

Всього надходить теплоти, кДж:

$$Q_{\text{пр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3; \quad (5.11)$$

Витрата теплоти.

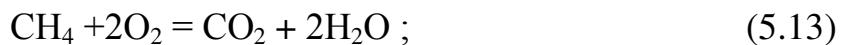
Фізична теплота парогазової суміші на виході, кДж:

$$Q_4 = V_{\text{кг}} \cdot С_{\text{ркг}} \cdot t_{\text{ркг.}} = 7858333,68 \quad (5.12)$$

Визначимо склад і кількість димових газів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						37

При згоранні утворюються димові гази, кількість і склад яких визначається реакціями повного окиснення вуглеводнів. Так, для метану і етану:



Теоретична витрата O_2 на спалювання 1 m^3 природного газу з врахуванням його складу і стехіометрії реакцій, m^3 :

$$0,9847 \cdot 2 = 1,9694$$

Витрата повітря на спалювання при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,25$ наведено в таблиці 5.7:

Таблиця 5.5 – Об’єм і склад повітря, необхідного для спалення 1 m^3 метану

V повітря	11,723 m^3
V N_2	9,144 m^3
V Ar	0,117 m^3
V O_2	2,462 m^3

Враховуючи рівняння 5.19, склад димових газів буде таким:

Таблиця 5.6 – Склад димових газів

Компонент	m^3	об. %
CO_2	0,985	7,75
O_2	0,492	3,87
N_2	9,144	71,96
Ar	0,117	0,92
H_2O	1,969	15,50
Всього	12,707	100,00

Звідси фізична теплота димових газів, кДж :

$$Q_5 = V_{\text{ДГ}} \cdot x \cdot C_{\text{РДГ}} \cdot t_{\text{ДГ}} = 12478142,16 \quad (5.14)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						38

Втрати теплоти в оточуюче середовище Q_6 за практичними даними приймаємо рівними 837400 кДж на 1000 м³ природного газу, що подається на парову конверсію.

Загальна витрата теплоти, кДж :

$$Q_{vyt} = Q_4 + Q_5 + Q_6; \quad (5.15)$$

Рівняння теплового балансу печі:

$$Q_{pr} = Q_{vyt}, \text{ або } Q_{pr} - Q_{vyt} = 0.$$

Розрахунок кількості газу, необхідного на опалювання трубчатої печі:

$$x = 622,00071527 \text{ м}^3.$$

Розрахунок енергетичного балансу виконаний у середовищі Excel (Додаток Б).

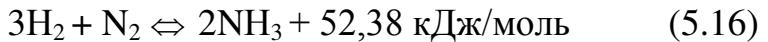
Таблиця 5.7 – Тепловий баланс трубчатої печі

Прихід теплотив піч	Кількість		Витрата теплоти з печі	Кількість	
	кДж	%		кДж	%
З сумішшю природного газу та водяної пари при 525°C	4491742,5	16,99	З парогазовою сумішшю на виході з печі при 825°C	7858333,68	29,72
Теплота спалювання природного газу	21951430,3	83,01	З димовими газами з печі при 1040°C	12478142,16	47,19
			Теплота реакції при 0°C	5269296,96	19,93
			Втрати теплоти	837400	3,17
Всього	26443172,8	100	Всього	26443172,8	100

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					39

5.3 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ

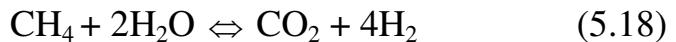
Синтез аміаку проходить за реакцією:



Розрахуємо витрату водню на 1 тону аміаку, беручи до уваги необхідність продувки, що становить 12% від стехіометричної кількості [2]:

$$V_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{NH}_3} \cdot V_{\text{N}}}{M_{\text{NH}_3}} \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,12 = \frac{1000 \text{ кг} \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}{17 \text{ кг/кмоль}} \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,12 = 2213,647 \text{ м}^3 \quad (5.17)$$

Конверсія метану проходить за реакцією:



Тоді кількість метану, необхідна на отримання заданого об'єму водню:

$$V_{\text{CH}_4} = \frac{V_{\text{NH}_3}}{4} = \frac{2213,6470 \text{ м}^3}{4} = 553,411 \text{ м}^3 \quad (5.19)$$

Продуктивність цеху за аміаком становить 1360 тон на добу, розрахуємо витрату метану на годину:

$$; \quad V_{\text{CH}_4}^{\text{год}} = \frac{V_{\text{CH}_4}}{24} \cdot Q = \frac{553,411}{24} \cdot 1360 = 31361,657 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.20)$$

До метану, що йде на конверсію, у відношенні 1 до 10 додається азотоводнева суміш, а потім у відношенні 4:1 – водяна пара. Витратні коефіцієнти відповідно:

$$V_{\text{ABC}}^{\text{год}} = \frac{V_{\text{CH}_4}^{\text{год}}}{10} = 3136,1657 \text{ м}^3/\text{год} ; \quad (5.21)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{год}} = V_{\text{CH}_4}^{\text{год}} \cdot 4 = 125446,627 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.22)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						40

Виходячи з енергетичного балансу (розділ 5.2) на опалення 1000 м³ газу, що йде на конверсію, витрачається 622 м³ опалювального газу. Тоді витрата опалювального газу в трубчатій печі становить:

$$V_{\text{оп. газу}} \frac{\text{год}}{\text{год}} = V_{\text{CH}_4} \frac{\text{год}}{\text{год}} \cdot \frac{x}{1000} = \frac{31361,357 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 622 \text{ м}^3}{1000 \text{ м}^3} \\ = 19506,764 \text{ м}^3/\text{год}$$
(5.23)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					41

ХН 3213 1440 000 ПЗ

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО АПАРАТУ

Основним апаратом являється трубчаста піч. Для цеху продуктивністю 1360 тон аміаку на добу стандартною є піч на 500 реактивних труб. Саме така кількість труб дозволяє задовільнити задану продуктивність виробництва.

Елементарним реактором парової конверсії є реакційна труба. Вимоги до термостійкості таких туб дуже високі, тому їх виготовляють з сталі марки 45Х25Н20С. Силіцій у складі сталі забезпечує утворення силікатної плівки, що попереджає поглибленню корозійних агентів у товщу матеріалу. Недоліком цих сталей є їх хрупкість в процесі експлуатації, тому в при монтажних роботах та загрузці кatalізатору недопустимі будь-які механічні удари. Строк експлуатації реакційних труб повинен становити від 7 до 10 років.

При аварійному ушкодженні в реакційних трубах утворюються тріщини, а потім – великі щілини. Газ, що через них виходить, одразу спалахує, утворюючи факел, який при великому розмірі щілини починає перегрівати сусідні труби і руйнувати футеровку камери.

Розрахунок [13]:

Кatalізатором парової конверсії природного газу є кatalізатор марки НІАП з об'ємною швидкістю за вихідним 2000 год^{-1} [14].

Розрахуємо об'єм кatalізатору:

$$V_{\text{кат}} = \frac{V_{\text{CH}_4}^{\text{год}}}{W} = \frac{31361,657}{2000} = 15,8 \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

Висота заповнення реакційної труби складає 9 метрів, внутрішній діаметр складає 0,074 м. Тоді об'єм кatalізатору в одній трубці складає[^]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						42

$$V_{\text{кат}}^{\text{трубки}} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 0,037^2 \cdot 9 = 0,039 \text{ м}^3 \quad (6.2)$$

Тоді кількість реакційних труб, враховуючи коефіцієнт запасу 1,2, дорівнює:

$$N_{\text{мпюб}} = \frac{V_{\text{кат}} \cdot 1,2}{V_{\text{кат}}^{\text{трубки}}} = \frac{15,8 \cdot 1,2}{0,039} = 487 \quad (6.3)$$

Отже, обираємо стандартну трубчату піч з кількістю труб 500 штук.

6.2 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.2.1 Розрахунок турбокомпресора технологічного газу

Компресор повинен подавати $V=31621,657 \text{ нм}^3/\text{год}$ повітря, стисленого до тиску $p_{\text{абс}} = 38 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Початковий тиск атмосферний, початкова температура 18°C . Визначити: а) число ступенів стиснення і розподіл тиску по ступенях; б) потужність, що витрачається, приймаючи к.к.д. компресора рівним 0,7; в) витрату води в холодильниках компресора при нагріванні її на 10°C .

Розрахунок [4]:

а) При ступені стиснення, що допускається, в одній ступені $\sim x = 4$ необхідне число ступенів буде рівне:

$$n = \frac{\lg p_{\text{кон}} - \lg p_1}{\lg x}, \text{ в даному випадку } n = \frac{\lg p_{\text{абс}}}{\lg x},$$

$$n = \frac{\lg 38}{\lg 4} = 2,62 \approx 3. \quad (6.4)$$

Нехтуючи втратою тиску між ступенями, уточнимо ступінь стиснення в кожній ступені триступеневого компресора:

$$x = \sqrt[3]{p_{\text{абс}}} = \sqrt[3]{38} \approx 3,36. \quad (6.5)$$

Таким чином, розподіл тиску по ступенях наведений у таблиці 6.1:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					43

ХН 3213 1440 000 ПЗ

Таблиця 6.1 – Розподіл тиску по ступенях

	$p_{\text{поч}}$	$p_{\text{кон}}$
I ступінь	1	3,36
II ступінь	3,36	11,3
III ступінь	11,3	38

б) Теоретична витрата роботи визначається за формулою:

$$L_{\text{ад}} = nRT_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{\text{кон}}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{kn}} - 1 \right]. \quad (6.6)$$

Для повітря знаходимо:

$$K=1,31; R = 8310/29 = 286,55 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}, \rho_0 = 1,22 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Приймаючи, що в проміжних холодильниках метан охолоджується до $T_1 = 30^{\circ}\text{C}$ (303 К), одержуємо:

$$L_{\text{ад}} = 3 \cdot 286,55 \cdot 303 \cdot \frac{1,31}{1,31-1} \left[\left(\frac{38}{1} \right)^{\frac{1,31-1}{1,31 \cdot 3}} - 1 \right] = 663061,3 \text{ Дж/кг}. \quad (6.7)$$

Потужність, що витрачається, обчислюємо за формулою:

$$N = \frac{V \cdot \rho_0 \cdot L_{\text{ад}}}{3600 \cdot 1000 \cdot n} = \frac{31621,657 \cdot 1,22 \cdot 663061,3}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,7} = 10150,737 \text{ кВт} \quad (6.8)$$

в) Для визначення витрати води в холодильниках компресора знайдемо температуру в кінці стиснення в ступенях II і III, приймаючи, що в проміжних холодильниках після I і II ступені повітря охолоджується до 303 К. У циліндрі I ступені компресора температура в кінці стиснення буде дещо нижче, оскільки в I ступінь метан засмоктується не при 30°C , а при 18°C .

За рівнянням:

$$T_2/T_1 = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 303 \cdot 3,36^{\frac{0,31}{1,31}} = 403,64 K = 130,64^{\circ}\text{C}.. \quad (6.9)$$

Приймаючи приблизно питому теплоємність повітря при значеннях тиску 3,36; 11,3 і 38 кгс/см² однаковою і рівною $C_p = 1,006 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$, знаходимо, що

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						44

в трьох холодильниках компресора (після I, II і III ступені) охолоджуюча вода повинна відводити теплоти:

$$Q = n \cdot V \cdot \rho_0 \cdot Cp \cdot \frac{T_2 - T_1}{3600} = 3 \cdot 31621,657 \cdot 1,22 \cdot 1,006 \cdot \frac{130,64 - 30}{3600} = \\ 3254856 \text{ Вт} \quad (6.10)$$

Ця ж кількість теплоти може бути обчислена як теплота, еквівалентна роботі стиснення:

$$Q = L_{ad} \cdot V \cdot \frac{\rho_0}{3600} = \frac{663061,3 \cdot 31621,657 \cdot 1,22}{3600} = 7105516,1 \text{ Bm} \quad (6.11)$$

При нагріванні води на 10^0C витрата її складе:

$$G_b = \frac{Q}{C(t_1 - t_2)} = \frac{7105516,1}{4,19 \cdot 10^3 \cdot 10} = 169,5 \text{ кг/с} \quad (6.12)$$

$$V = \frac{169,5 \cdot 3600}{1000} = 610,2 \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.13)$$

де, $C = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ – питома теплоємність води.

6.2.2 Розрахунок парової турбіни турбокомпресора

В агрегаті синтезу аміаку потужністю 1360 т/добу застосовують двохкорпусний центробіжний компресор з приводом від парової конденсаційної турбіни. Між корпусами встановлено редуктор. Тиск повітря на лінії нагнітання ($33 \div 34$) атм.

Розрахунок парової турбіни проводимо наступним чином: для розрахунку задамося приблизною витратою пари, а потім за допомогою підбору параметрів знаходимо точну витрату пари.

Розрахунок [4]:

Температура пари після розширення у турбіні, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{kxg} = (t_{0xg} + 273,2) \cdot \left(\frac{p_{kxg}}{p_{xg}} \right)^{\frac{K-1}{K} \cdot \frac{1}{eta}} = (310 + 273,2) \cdot \left(\frac{40}{160} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4} \cdot \frac{1}{0,8}} = 411,77, \quad (6.14)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						45

де, t_{0xg} – температура пари на вході до турбіни, °C, p_{xg} – тиск пари на вході до турбіни, атм, p_{kxg} – тиск пари на виході із турбіни, атм, К – показник адіабати, ета – адіабатичний ККД, частка.

Теплота, що надходить з парою, кДж/год.:

$$Q_{01} = V_{xg} \cdot C_{p0} \cdot t_{0xg} / 22,4 = 51657,07 \cdot 121,293 \cdot \frac{320}{22,4} = 89509151,61, \quad (6.15)$$

де, V_{xg} – об'ємна витрата пари в турбіну, $\text{нм}^3/\text{год}$, C_{p0} – теплоємність пари при температурі t_{0xg} , кДж/(кмоль·гр).

Теплота, що відходить з парою, кДж/год.:

$$Q_{02} = V_{xg} \cdot C_p \cdot t_{kxg} / 22,4 = 51657,07 \cdot 37,278 \cdot 411,77 / 22,4 = 35399131,2, \quad (6.16)$$

де, C_p – теплоємність пари при температурі t_{kxg} , кДж/(кмоль·гр).

Потужність парової турбіни, кВт:

$$NT = (Q_{01} - Q_{02}) \cdot N_{vt} / 3600 = (89509151,61 - 35399131,2) \cdot 0,98 / 3600 = \\ = 14729,95, \quad (6.17)$$

де, N_{vt} – ККД парової турбіни, частка.

Отже, витрата пари становить 51657,07 $\text{нм}^3/\text{год}$, а потужність парової турбіни 14729,95 кВт, це задовільняє умови для роботи турбокомпресора. Потужність турбіни взята з запасом 1.1.

6.2.3 Розрахунок вогневого підігрівача

В вогневому підігрівачі газ, що йде на очистку від сполук сірки, нагрівається з 140 °C до 400 °C. На 1 тону аміака необхідно 553,4 м^3 газу (5.12). Тоді теплоту, необхідну на нагрівання цього об'єму, можна обчислити за формулою:

$$Q = C \cdot V \cdot \Delta t = (2,17 \cdot 553,4 \cdot (400 - 140)) = 312228,28 \text{ кДж/год} \quad (6.18)$$

Нижня теплотворна здатність одного метра кубічного газу, склад якого наведений у таблиці 5.1, становить 35291,648 кДж. Тоді кількість опалювального газу в вогнєвий підігрівач може бути розрахована:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						46

$$G_{газу} = Q/q = (312228,28 \text{ КДж/год}) / (35291,648 \text{ КДж}) = 8,8 \text{ м}^3 \quad (6.18)$$

або

$$G_{газу} \text{ год} = 8,8 \cdot 1360 / 24 = 502 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (6.19)$$

6.2.4 Розрахунок абсорбера H₂S

Поглинач має СПС-Ф об'ємну швидкість за вихідним газом 1700 год⁻¹[14].

Час роботи до просоку сырки складає від 20 до 24 місяців [2]. Витрата природного газу, що йде на конверсію, становить 31361,657 м³/год. Тоді об'єм поглинача становить:

$$V_{поглинача} = G_{газу} / W = 31361,657 / 1700 = 18,45 \text{ м}^3 \quad (6.20)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					47

ХН 3213 1440 000 ПЗ

7АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо- та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів [5].

Автоматичні контроль та керування виробничими технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу [7].

Аміак—найважливіший напівпродукт азотної промисловості. Найважливіші області його застосування: у виробництві азотної кислоти, сечовини, аміачної селітри, карбонату і сульфату амонію, амофосу, уротропіну, як рідке добриво або в якості холодаагенту.

У зв'язку з великим попитом людства в продуктах зв'язаного азоту (особливо азотних добрив) світове виробництво аміаку відноситься до великотоннажних виробництв, яке за загальним тонажем поступається тільки виробництву сірчаної кислоти та кисню [8].

7.1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ГАЗУ

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу отримання очищеної води слід передбачити автоматичний контроль і регулювання таких параметрів:

- контроль і регулювання витрати опалювального газу;
- контроль і регулювання повітря на спалення;
- контроль і регулювання витрати газу, що йде на конверсію;
- вимірювання тиску газу на конверсію, що надходжує;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.	48
					XH 3213 1440 000 ПЗ	

- вимірювання рівня рідини в дегазаторі;
- вимірювання температури газу після турбокомпресора;
- вимірювання тиску газу після турбокомпресора;
- контроль і регулювання подачі азото-водневої суміші;
- вимірювання температури газу після підігріву на радіаційному-підігрівачі;
- вимірювання температури газу після очищення від сполук сірки;
- вимірювання і регулювання витрати газу після очистки від сполук сірки
- контроль і регулювання витрати водяної для змішування з газом.
- контроль температури газу у розподільчому коллекторі
- контроль температури в міжтрубному просторі
- контроль температури в реакційній трубі
- контроль температури димових газів
- контроль температури газу на виході з трубчатої печі.

Основні параметри регулювання та контролю виробництва наведено в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контролюваного чи ре- гульованого параметра	Норми технологічного режими та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід опалювального газу	Витрата	19720 м ³ /год	контроль, регулювання
2	Трубопровід газу, що йде на конверсію	Витрата	31360 м ³ /год	контроль, регулювання
3	Трубопровід АВС	Витрата	3136 кгс/см ²	контроль, регулювання
4	Дегазатор	Рівень	0,6...1 м	контроль

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						49

Продовження таблиці табл.7.1

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контролюваного чи ре- гульованого параметра	Норми технологічного режими та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
5	Трубопровід газу, що йде на конверсію	Температура	130...140°C	контроль, регулювання
6	Трубопровід газу, що йде на конверсію, після компресії	Тиск	38 кгс/см ²	контроль
7	Трубопровід газу, що йде на конверсію, після компресії	Температура	130...140 °C	контроль
8	Трубопровід газу, що йде на конверсію, після підігрівача	Температура	350...400 °C	контроль, регулювання
9	Трубопровід газу, що йде на конверсію, після очищення від сірки	Температура	350...400 °C	контроль
10	Трубопровід газу, що йде на конверсію, після очищення від сірки	Витрата	31360 м ³ /год	контроль, регулювання
11	Трубопровід водяної пари	Витрата	125449м ³ /год	контроль, регулювання
12	Трубопровід паро-газової суміші	Температура	500...550 °C	контроль
13	Реакційна труба трубчастої простір печі	Температура	800...850 °C	контроль, сигналізація
14	Міжтрубний простір	Температура	1035 °C	контроль
15	Верхній коллектор трубчастої печі	Температура	800...830 °C	контроль, регулювання
16	Димовсмоктувач	Температура	240 °C	контроль
17	Трубопровід опалювального газу, що йде в трубчасту піч	Витрата	23559м ³ /год	контроль, регулювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.	50
					XH 3213 1440 000 ПЗ	

Продовження таблиці табл.7.1

18	Трубопровід опалювального газу, що йде в вогнєвий підігрівач	Витрата	18847 м ³ /год	контроль, регулювання
19	Трубопровід повітря, що йде в вогнєвий підігрівач	Витрата	1092 м ³ /год	контроль, регулювання
20	Трубопровід повітря, що йде в трубчату піч	Витрата	873 м ³ /год	контроль, регулювання

7.2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання [4, 5]. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Контроль, регулювання витрати природного газу в опалювальному трубопроводі забезпечує контур 1, який складається з первинного перетворювача витрати (поз. 1-1), проміжного перетворювача (1-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (1-3), регулювального блока (1-4), пневматичного виконавчого механізму (1-5).

Контур 2 застосовують для регулювання та контролю витрати природного газу, що йде на конверсію, в трубопроводі. Складається з первинного перетворювача витрати (2-1), проміжного перетворювача (2-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (2-3), регулювального блока (2-4), пневматичного виконавчого механізму (2-5).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					51

Для контролю, реєстрування тиску газу, що йде на конверсію контур 3. Складається з (3-1), проміжний перетворювач (3-2), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (3-3).

Для вимірювання і реєстрації рівня рідини в дегазаторі використовується контур 4. Включає в себе первинний вимірювач рівня (4-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (4-2).

Для контролю, вимірювання та реєстрування тиску після стискання газу в турбокомпресорі використовується контур 5. Включає в себе первинний вимірювач тиску (5-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (5-2).

Для контролю, вимірювання та реєстрування температури після стискання газу в турбокомпресорі використовується контур 6. Включає в себе первинний вимірювач температури (6-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (6-2).

Для контролю, реєстрування та регулювання витрати азото-водневої суміші використовується контур 9, що складається з первинного перетворювача витрати (поз. 7-1), проміжного перетворювача (7-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (7-3), регулювального блока (7-4), пневматичного виконавчого механізму (7-5).

Для вимірювання, реєстрування та контролю температури після підігрівання в підігрівачі використовується контур 8. Включає в себе первинний вимірювач температури (8-1), мікропроцессорний регулятор (8-2).

Контур 9 застосовують для контролю та регулювання подачі опалювального газу в вогнєвий підігрівач. Контур містить пневматичний виконавчий механізм (9-1), проміжного перетворювача (9-2), пневматичний регулятор (9-3).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.	ХН 3213 1440 000 ПЗ	52

Контур 10 застосовують для контролю та регулювання подачі повітря в вогневий підігрівач. Контур містить пневматичний виконавчий механізм (10-1), проміжного перетворювача (10-2).

Для контролю, вимірювання та реєстрування температури після сіркоочистки газу використовують контур 11. Включає в себе первинний вимірювач температури (11-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (11-2).

Для контролю, реєстрування та регулювання витрати газу після сіркоочистки використовується контур 12, що складається з первинного перетворювача витрати (поз. 12-1), проміжного перетворювача (12-2).

Контур 13 застосовують для контролю та регулювання подачі пару. Контур містить пневматичний виконавчий механізм (13-1), проміжного перетворювача (13-2), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (11-3), пневматичний регулятор (13-4).

Для контролю, вимірювання та реєстрування температури перед подачею газової суміші в піч використовується контур 14. Включає в себе первинний вимірювач температури (14-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (14-2).

Для контролю, вимірювання та реєстрування температури після конверсії використовується контур номер 15. Включає в себе первинний вимірювач температури (15-1), мікропроцесорний регулятор (15-2).

Контур 16 застосовують для контролю та регулювання подачі опалювального газу в трубчату піч. Контур містить пневматичний виконавчий механізм (16-1), проміжного перетворювача (16-2), пневматичний регулятор (16-3).

Контур 17 застосовують для контролю та регулювання подачі повітря в трубчату піч. Контур містить пневматичний виконавчий механізм (17-1), проміжного перетворювача (17-2).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						53

Для контролю, вимірювання, реєстрування температури димових газів використовується контур 18 . Включає в себе первинний вимірювач температури (18-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (18-2).

Для контролю, вимірювання та реєстрування температури в трубчатому реакторі печі та сигналізації використовується контур 19. Включає в себе первинний вимірювач температури (19-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (19-2).

Для контролю, вимірювання та реєстрування температури газів в міжтрубному просторі використовуємо контур 16. Включає в себе первинний вимірювач температури (20-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад

(20-2).

Специфікація до схеми автоматизації наведена в таблиці А1 Додатку А.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.	ХН 3213 1440 000 ПЗ	54

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

8.1 ПІДПРИЄМСТВО У ПРОМИСЛОВІЙ СТРУКТУРІ ДЕРЖАВИ

Підприємство працює на легальному ринку у відповідності із законодавством України і є виробником аміаку.

Організаційно-правова форма: публічне акціонерне товариство. Код КВЭД: 20.15 Виробництво добрив і азотних сполук. У підприємства приватна форма власності.

В даній роботі розглядається один із підрозділів підприємства, а саме відділ реформінгу природного газу (І ступінь).

За структурою виробництва дане відділення – вузькоспеціалізоване; за витратними ресурсами – матеріаломістке; за потужністю – велике, за впливом на предмет праці обробне. За режимом роботи протягом року – позасезонні. За чисельністю персоналу – велике. За вартістю власного майна – велике. За типом виробничих структур дане підприємство відноситься до предметного типу.

Основні принцип діяльності даного відділення: орієнтація на потребу підприємства у синтез-газі.

Мета діяльності цеху – виробництво синтез-газу, головним компонентом яким є водень, для потреби наступних ланок виробництва; та, як наслідок, отримання завдяки цьому максимально можливого прибутку.

8.2 СХЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДДІЛЕННЯ ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ

У відділі парової конверсії цеху виробництва аміаку працює 58 людей, з них:

- Головний інженер (1 особа);
- Замісник головного інженера (1 особа);
- Головний технолог (1 особа);
- Головний енергетик (1 особа);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						55

- Головний механік (1 особа);
- Головний будівельник (1 особа);
- Головний відділу КВПіА (1 особа);
- Начальник зміни (4 осіб);
- Помічник начальника зміни (4 осіб);
- Апаратники (16 осіб);
- Менеджер з постачання (1 особа);
- Завідуючий складом (1 особа);
- Начальник лабораторії (1 осіб);
- Лаборант (8 осіб);
- Охоронець (8 осіб);
- Прибиральник (4 осіб);
- Водій вантажник (4 осіб).

8.3 КЛАСИФІКАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЦЕХУ

Виробничі процеси, залежно від відношення до кінцевої продукції, поділяються на: основні, допоміжні, підсобні та бічні.

Таблиця 8.1 – Класифікація виробничих процесів цеху [2]

Основні	1. Компресія 2. Підігрів газової суміші 3. Сіркоочистка 4. Парова конверсія метану першого ступеню
Допоміжні	1. Купівля засобів і реактивів
Бічні	2. Прибирання приміщення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					56

8.4 РЕЖИМ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Через специфічність роботи обладнання та режиму виробництва процес мусить бути безперервним, оскільки зупинка роботи обладнання може привести до його ушкодження та значних витрат, тому обирає послідовний ВРПП неможливо. Оскільки всі виробничі процеси мають однакову тривалість виробничого процесу, то графіки при паралельному та синхронізованому ВРПП мають одинаковий вигляд, і, відповідно, однакові тривалості виробничих циклів (ритм $R = t_{max}$).

Таблиця 8.2 – Тривалість операцій виробничого процесу.

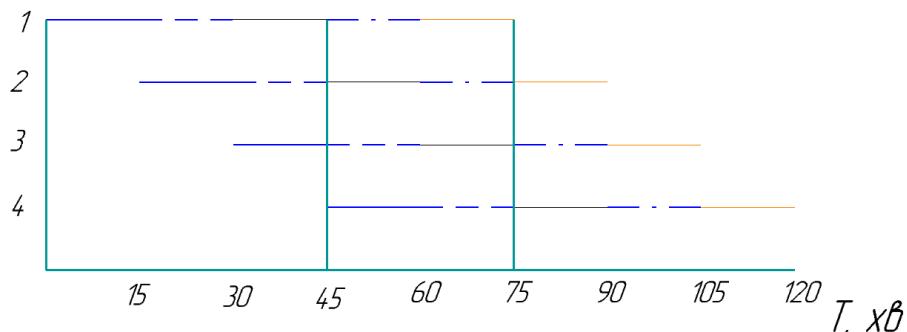
	Операція	Час виконання, хв.
	Компресія	15
	Підігрів газової суміші	15
	Сіркоочистка	15
	Парова конверсія метану першого ступеню	15

$$T_{ВЦ} = T_{ВЧ} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год} = 525600 \text{ хв}$$

Річні кількість партій газу тоді буде дорівнювати:

$$B = \frac{T_{ВЦ} - \Sigma t}{t_{max}} + 1 = \frac{525600}{15} + 1 = 35040,6$$

Рис. 8.1 Послідовний ВРПП



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						57

Тривалість роботи підприємства:

$$T_{\text{вч}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год.}$$

Кількість бригад:

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2016} = 4.$$

Отже, щоб забезпечити безперервний процес роботи підприємства потрібно 4 бригади.

Графік змінності працівників у безперервному процесі [9]

Графік змін на підприємстві:

1-а зміна: 00.00 – 08.00 год;

2-а зміна: 08.00 – 16.00 год;

3-я зміна: 16.00 – 00.00 год.

Таблиця 8.3 – Графік змінності

Дні Б	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	1	1	1	1	B	2	2	2	2	B	3	3	3	3	B	B
II	B	2	2	2	2	B	3	3	3	3	B	B	1	1	1	1
III	2	B	3	3	3	3	B	B	1	1	1	1	B	2	2	2
IV	3	3	B	B	1	1	1	1	B	2	2	2	2	B	3	3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						58

8.5 КІЛЬКІСТЬ ОБЛАДНАННЯ

Кількість залученого у виробництва обладнання визначимо за допомогою схеми оптимального руху предметів праці (паралельного ВРПП), яка складається з одної технологічної лінії, яка в свою чергу містить 5 основних етапів

Таблиця 8.4 – Обладнання відділення

№	Назва апарату	Кількість одиниць
	Перший етап	
1	Компресор	2
	Другий етап	
2	Вогневий підігрівач	1
	Третій етап	
3	Реактор гідрування	1
4	Абсорбер H ₂ S	1
	Четвертий етап	
5	Трубчаста піч	1

8.6 ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ НА ВИРОБНИЦТВІ

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 [9].

Об'єктами технологічного контролю є сировина, незавершене виробництво, безпосередньо технологічний процес, працівники та готова продукція.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						59

Вхідний контроль – перевірка якості сировини, що надходить на підприємство. Суб'єктами є працівники лабораторії. На даному підприємстві це визначення якості вихідної сировини. Результати досліджень записуються до спеціального журналу вхідного контролю.

Під час поточного контролю на підприємстві здійснюється перевірка виконання технологічних операцій. Крім того контролюють як працює обладнання (один раз на тиждень) і чи немає ніяких порушень виробництва. Об'єктами є технологічний процес і обладнання, персонал і напівфабрикат. Суб'єктами є оператор обладнання, головний інженер-технолог, інженер-механік, працівники лабораторії. Апарати встановлюють згідно з правилами монтажу, вимогам пожежної безпеки. Результати контролю заносяться до журналу поточного контролю.

При вихідному контролі здійснюється оцінка якості готової продукції. Основна мета контролю є виявлення браку. Суб'єктами є головний інженер, працівники лабораторії, пакувальники. Аналіз готового продукту проводять візуально, лабораторно і геометрично. Результати досліджень записуються до журналу вихідного контролю, на підставі якого головним інженером, а потім начальником цеху заповнюється паспорт якості на продукцію, який передається на підпис безпосередньо директору підприємства.

Розрахунок втрат речовин на контроль якості відсутній, оскільки проби, котрі беруться до лабораторії мізерні в порівнянні з щорічним випуском продукції, тому ми ними нехтуємо.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						60

Паспорт якості

Враховуючи вимоги щодо якості продукту, паспорт матиме вигляд:

ПАТ «РІВНЕАЗОТ ОСТСНЕМ»

Відділ парової конверсії природного газу (І ступінь)

Паспорт якості № XX.XXX

Партія № 345-06-2017

Найменування продукту: Конвертований газ

Якість відповідає: ГОСТ Р 53521-2009

Маса партії: 120т

Форма транспортування: трубопровід

Показники якості

№	Назва показника	Значення	Норма
1	Вміст метану		9-10 (% об.)
2	Температура		777К

Дата виготовлення

Термін зберігання необмежений.

Умови зберігання: У сухому місці, при температурі не вище 25°C.

Лаборант _____.

(підпись)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						61

Головний технолог .

8.7 КАЛЬКУЛЯЦІЯ СОБІВАРТОСТІ

1. Основні фонди підприємства

- Вартість будівель та споруду: 1 400 000 грн

- Вартість обладнання:

Реактор гідрування: 575 842 грн

Поглинач H₂S: 442 000,00 грн

Компресори: 10 000 000 грн

Трубчата піч: 40 000 000 грн

Всього: 51 017 842 грн

Амортизація будівель (Термін експлуатації – 20 років)

$$A \text{ буд} = 1 400 000 / 20 = 70 000 \text{ грн/рік.}$$

Амортизація обладнання (Термін експлуатації 20 років)

$$A \text{ облад} = 51 017 842 / 20 = 2 550 892 \text{ грн/рік.}$$

Амортизаційні відрахування:

$$A = 70 000 + 2 550 892,1 = 2620892 \text{ грн/рік.}$$

Вартість основних фондів:

$$\text{ОФ} = 1 400 000 + 51 017 842 = 52 417 842 \text{ грн.}$$

2. Розрахунок витрати електроенергії:

Потужність обладнання:

$$N = 250 \text{ кВт/год.}$$

Оскільки потужність більше 35 кВт маємо перший клас напруги.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						62

Ціна 1кВт = 62,9 копійок – нічний час та в денний час - 1кВт = 179,78 копійки.

Підприємство працює 24 години на добу 365 днів на рік

Нічний час:

$$B = 365 \cdot 12 \cdot 250 \cdot 0,629 = 688\,755 \text{ грн/рік}$$

Денний час:

$$B = 365 \cdot 12 \cdot 250 \cdot 1,7978 = 1\,968\,591 \text{ грн/рік}$$

Сумарні витрати на електроенергію:

$$\text{Цел.} = 688\,755 + 1\,968\,591 = 2\,657\,346$$

3. Витрати сировини на виготовлення конвертованого газу:

Таблиця 8.5 Витрати на сировину за двох різних режимах роботи

Параметр	Річна вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 4-1, грн	Річна вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 3,7-1, грн
Природний газ	3321818574,30	3504028032,00
Водяна пара	2197741504,00	2032910891,20
Повітря	0,00	0,00
Кatalізатор	26117790,30	29019767,00
Сума	5545677868,60	5565958690,20
	Різниця	20280821,60

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					63

ХН 3213 1440 000 ПЗ

В вартості сировини врахована вартість її доставки

4. Фонд оплати праці:

Таблиця 8.6 – Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	ЗП, грн
Головний інженер	1	13 000
Замісник головного інженера	1	12 500
Головний технолог	1	11 500
Головний енергетик	1	8 000
Головний механік	1	8 000
Головний будівельник	1	8 000
Головний відділу КВПіА	1	8 000
Начальник зміни	4	$4\ 500 \cdot 4 = 18\ 000$
Помічник начальника зміни	4	$3\ 500 \cdot 4 = 14\ 000$
Начальник лабораторії	1	8000
Лаборант	8	$3\ 200 \cdot 8 = 25\ 600$
Апаратник	16	$3\ 200 \cdot 16 = 51\ 200$
Менеджер з постачання	1	5 000
Завідуючий складом	1	6 000
Водій - вантажник	4	$3200 \cdot 4 = 12\ 800$
Прибиральниця	4	$3400 \cdot 4 = 13\ 600$
Охоронець	8	$4000 \cdot 12 = 48\ 000$
Всього	58	271 200

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування} = 271\ 200 \cdot 13 \cdot 1,22 = 4\ 301\ 232 \text{ грн/рік.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					64

ХН 3213 1440 000 ПЗ

Таблиця 8.7 – Вартість оборотних фондів підприємства

Параметр	Річна вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 4-1, грн	Річна вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 3,7-1, грн
Сировина	5545677868,60	5565958690,20
ФОП	4301232,00	4301232,00
Електроенергія	2657346,00	2657346,00
Сума	5552636446,60	5572917268,20
	Різниця	20280821,40

Як видно з таблиці, перехід на відношення пара-газ 4:1 дозволяє заощадити за рахунок економії на каталізаторі (надлишок пари попереджує його закоксовування і вихід з ладу) та на витратах природного газу на підтримання температурного режиму (надлишок пари дає більшу повноту проходження реакції). Собівартість такого синтез-газу буде менша, як результат менша собівартість і кінцевого продукту цеху – аміаку, що робить його як товар більш конкурентоспроможним на ринку.

8.7 РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Випуск продукції за рік в перерахунку на Н₂:

$$B = B_{H_2} \cdot Q \cdot 365 = 2213,6 \cdot 1360 \cdot 365 = 1\ 098\ 831\ 040 \text{ м}^3$$

\

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					65

ХН 3213 1440 000 ПЗ

Таблиця 8.7 – Собівартість одиниці продукції:

Параметр	Вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 4:1, грн	Вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 3,7:1, грн
Амортизація	2620892,00	2620892,00
Оборотні фонди	5552636446,60	5572917268,20
Собівартість	5555257338,60	5575538160,20
Собівартість одиниці продукції (в переахунку на Н2)	5,06	5,07
	Різниця	0,01

На виробництво 1 т аміаку (кінцевий продукт) необхідно $2213,6 \text{ м}^3$ водню.

Таблиця 8.8 – Внесок у собівартість 1 т аміаку:

Вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 4-1, грн	Вартість за режимом роботи при відношенні пара-газ 3,7-1, грн
11191,09	11231,95
Різниця	40,86

Отже 1 тонна готової продукції буде дешевша на 40,86 грн при режимі роботи з відношенням пара-газ 4:1.

Капіталовкладення:

$$K = OбЗ + OФ$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						66

Фондовіддача:

$$\Phi = \frac{B}{0\Phi}.$$

Фондоємність:

$$\Phi C = \frac{1}{\Phi B}$$

Таблиця 8.9 - Економічні показники роботи підприємства.

Показник		Значення за режимом роботи пара-газ 4:1	Значення за режимом роботи пара-газ 3,7:1
Річний випуск продукції, м ³	B	1098831040	1098831040
Чисельність персоналу, чол.	Ч _{яв}	58	58
Капіталовкладення , грн.	K	5 600 753 056,60	5 621 033 878,20
Загальна собівартість продукції, грн/рік	C	5 550 956 106,60	5 571 236 928,20
Показник		Значення за режимом роботи пара-газ 4:1	Значення за режимом роботи пара-газ 3,7:1
Фондовіддача виробничих фондів грн/грн.	ΦB	20,96292022	20,96292022
Фондоємність, грн/грн.	ΦC	0,047703277	0,047703277

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						67

Калькуляція на вид продукції

ПАТ «РІВНЕАЗОТ OSTCHEM»

Відділ парової конверсії природного газу (І ступінь)

Калькуляція №_____

на синтез-газ

від _____ 2017 р.

Виробництво серійне

Об'єм виготовлення за рік 2018 од.

	Елемент	Сума, грн/рік
	Оборотні фонди	
	Сировина	5 545 677 868,60
	Енергія	2 657 346
	ЗП	3 525 600
	Нарахування	775 632
	Амортизація	2620892
	Разом	5 555257338,60

Бухгалтер _____ / _____ /

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						68

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Як видно з технологічного проекту відділення очищення води для ін'єкцій, на об'єкті знаходяться в обігу шкідливі речовини, використовується електрична, механічна, теплова енергія та енергія хімічної реакції. Внутрішньоцеховий транспорт представлений промисловими трубопроводами.

Проект виконаний з урахуванням вимог щодо охорони праці та пожежної безпеки.

У даному розділі на основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів передбачені заходи і засоби щодо забезпечення здорових, безпечних умов праці та пожежної безпеки.

9.1 ВИЯВЛЕННЯ І АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ І НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ НА ОБ'ЄКТІ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості IIa та IIb. Складено таблицю санітарних норм параметрів мікроклімату для названих приміщень (таблиця 9.1) [10].

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°C за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						69

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						70

Таблиця 9.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень згідно ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відноснавологічність повітря, %		Швидкість руху, м/с	
		Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	
		Нижня межа	Верхня межа					
Холодний	ІІа	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0.2	<0.3
	ІІб	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0.2	<0.4
	ІІа	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0.3	0.2-0.4
	ІІб	20-22	16-17	27-29	40-60	70	0.3	0.2-0.5

Температура зовнішньої поверхні обладнання, з яким працюють в цеху під час виконання роботи, становить:

$$t_n = t_{onm} + 2^{\circ}\text{C} = 18 + 2 = 20^{\circ}\text{C} \text{ -- в холодний період року,} \quad (9.1)$$

$$t_n = t_{onm} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C} \text{ -- в теплий період року,} \quad (9.2)$$

де t_{opt} – нормативне значення повітря робочої зони в теплий період року, $^{\circ}\text{C}$.

Фактичні значення параметрів мікроклімату підтримуються за рахунок використання системи центрального водяногого опалення.

Коротка санітарна характеристика проектованого цеху приведена в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху

Найменування цеху	Цех парової конверсії
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	NaCl, витік внаслідок пошкодження

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						71

Продовження таблиці 9.2

Група речовини, характеристика шкідливої дії	шкідливої	Подразнюючої дії. Викликає запалення органів дихання та слизової оболонки очей
ГДК шкідливих речовину повітря робочої зони, мг/м ³		1
Клас небезпечності шкідливої речовини		4
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ		Промислові протигази марок «К» і «М» ГОСТ 12.4.122-83 Спецодяг ІІ ГОСТ 27653-88
Засоби долікарняної допомоги		Винести потерпілого на свіже повітря, терміново викликати швидку
Методи контролю вмісту шкідливих речовину повітря робочої зони		Колориметричний

За способом організації повітрообміну передбачена комбінована припливно-витяжна система вентиляції.

9.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 розряд робіт у робочому приміщенні становить IV та V. У таблиці 9.3 наведено санітарні норми параметрів освітлення [12].

Таблиця 9.3 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення			Природне освітлення	Суміщене освітлення		
	Освітленість, лк		Сукупність нормованих величин показника освітленості і коефіцієнта пульсациї				
	При системі комбінованого освітлення	При системі загального освітлення					
			При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні		
					При боковому освітленні		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ		
					Арк. 72		

Продовження таблиці 9.3

всього о	у т. ч. загальног о		P	Kп, %				
400	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9
-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Проектом передбачається природне, робоче та аварійне освітлення. Природне освітлення представлене боковим світлом. У якості штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Згідно ДБН В.2.5-28-06, використовується напруга 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи.

Розрахунок потоку, необхідного для забезпечення заданої освітленості горизонтальної поверхні при загальному рівномірному освітленні з урахуванням світла, що відбувається стінами та стелею проводиться за формулою (для люмінесцентних ламп):

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m, \quad (9.3)$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм;

E – нормована освітлюваність, E = 500 лк;

S – площа приміщення, S = 500 м²;

z – поправочний коефіцієнт світильника, z = 1,25;

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації, k = 1,1;

n – кількість світильників, n = 80;

u – коефіцієнт використання, що залежить від типу світильника, показника (індексу) приміщення, відбиття і т.д., u = 0,6;

m – число люмінесцентних ламп у світильнику, m = 2.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						73

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m = 500 \cdot 500 \cdot 1,25 \cdot 1,1 / 80 \cdot 0,6 \cdot 2 = 3581 \text{ лм.}$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74.

Відповідно до розрахованого світлового потоку ($F = 3581$ лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛД потужністю 65 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m, \quad (9.4)$$

де W – потужність освітлювальної системи, Вт;

P – потужність однієї лампи, $P = 65$ Вт;

$$W = 65 \cdot 80 \cdot 2 = 10400 \text{ Вт.}$$

Освітленість контролюється за допомогою люксметру Ю-116 1 раз на рік після ремонту освітлювальної установки.

При відключені робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

Контроль освітленості здійснюється люксметром Ю-116 не менше 1 разу в рік, а також після ремонту приміщень.

9.1.3 Виробничий шум та вібрація

Джерелами шуму та вібрації на виробництві є насоси, фільтри.

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА [10].

Фактичний рівень шуму складає 76 дБА., що задовольняє вимогам.

Для контролю шуму використовують шумоміри, для контролю вібрації – пристрій ВШВ-003. Зниження цих показників здійснюється за рахунок:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						74

- жорсткого кріплення вібруючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів в супряженнях машин і механізмів;
- балансування (вріноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;
- збільшення загальної маси фундаменту і використання металевих масивних плит в фундаментних опорах;
- зміни числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
- застосування динамічних віброгасників.

У якості засобів індивідуального захисту використовують протишумні шоломи, навушники, вкладки.

9.1.4 Електробезпека

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.

Електроустаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Електричне устаткування має ізоляючі кожухи. Основним захистом від ураження струмом є ізоляція проводів, співність ізоляції безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						75

При однофазному дотику людини до неізольованих струмопровідних частин електрообладнання через людину протікає:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}; \quad (9.5)$$

$$U_{\text{л}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \quad (9.6)$$

де $R_{\text{л}} = (2 \div 4)$ – опір тіла людини, кОм;

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

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

U_{ϕ} – фазна напруга, 220 В.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять:

$I_{\text{л}} = 6$ мА і $U_{\text{д}} = 36$ В – змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1$ с;

$I_{\text{л}} = 0,3$ мА і $U_{\text{д}} = 2$ В – при нормальному режимі при $\tau \leq 10$ хв/добу.

$$R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом.}$$

Тоді згідно з рівняннями (9.5) – (9.6):

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,79 \text{ mA};$$

$$U_{\text{д}} = 109,79 \cdot 2 = 219,58 \text{ В.}$$

Порівнюючи розрахункове значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{дот}}$ з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Для захисту працюючих на проектованому підприємстві передбачаються наступні заходи:

- використання занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						76

- проектом передбачені огорожувальні пристрой, суцільні огорожі для електроустановок;
- допуск до роботи по видаленню несправностей лише людей, які пройшли спеціальну підготовку;
- проектом передбачена попереджувальна сигналізація та попереджувальні знаки встановлені в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо чи у поєднанні такі способи та засоби: електроізоляція струмоведучих частин; електрозахисті засоби: діелектричні коври, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки; захисне відключення електроустановок при виникненні в них небезпеки ураження струмом. Вимірювання опору заземлюючих пристрой проводиться щорічно. Опір ізоляції перевіряється один раз в 3 роки [11].

9.1.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

В проектованому виробництві використовується різноманітне обладнання: транспортні засоби (електрокари), шахтні конвертори, трубчаті печі, трубопроводи та компресори, яке з точки зору техніки безпеки створює небезпеку.

Для уникнення травм робітників транспортні шляхи, призначені для цехового транспорту і проходи на території підприємства проектуються таким чином, щоб транспорт було видно здалегідь; або ж використовують звукові сигнали.

Конструкцією шахтного конвертора передбачено зручність і безпеку її обслуговування і ремонту, монтажу та демонтажу механізмі, вузлів і оснащення.

Частини компресорів, що нагріваються до температури понад 25 ° С,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					XH 3213 1440 000 ПЗ 77

теплоізольовані або закриті кожухом.

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

Певну небезпеку складає протікання конвертованої суміші з трубопроводів, при цьому виникає ризик удушенню, втрати свідомості, смерті.

Трубопроводи, які використовуються для подачі конвертованого газу на різні стадії риформінгу, регулярно перевіряють на зношування та герметичність.

9.2 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

В проектованому цеху знаходяться горючі матеріали: меблі, вікна, двері, електрообладнання.

Електрообладнання може спалахнути в результаті наступних причин: перевантаження та нагрів електрообладнання, іскра від пошкодження електропроводки, електrozамикання.

Для гасіння пожежі передбачена стаціонарна система пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, водогінна мережа, змонтована у вигляді стояків. Будівля захищена від прямого удару блискавки блискавковідводом стрижньового типу. Безпечність експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних та технічних заходів і засобів. До них відносяться: електрична ізоляція, недоступність струмоведучих частин, занулення. Для гасіння пожежі, на робочих місцях прийняті протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, пінні вогнегасники, ящики з піском [10]

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автоматичного типу ПТІМ на висоті 6-10 метрів від рівня підлоги.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						78

У коридорах на шляхах евакуації персоналу передбачені протидимові та протипожежні перегородки.

Існуюча довжина евакуаційних шляхів та ширина дверей відповідає ДБН-В 2.5.28 2006 “Протипожежні норми”.

В таблиці 9.4 наведено показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів[11].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					79

ХН 3213 1440 000 ПЗ

Таблиця 9.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Приміщення цеху	Приміщення цеху	Назва ділянки, установки	
Гетинакс	Дерево	Машинне масло	Речовини, що обертаються у виробництві
T	T	рідина	Агрег. стан реч. при нормальних умовах
Вважають.	Легкогор.	горючий	Горючість, займистість, вибухонебезпечність
120	-	200	Показники пожежо- і вибухонебезпечності
285	190-230	160	Температура спалаху, °C
480	270-280	380	Температура займання, °C
IIa	IIa	IIб	Температура самозаймання °C
T1	T3	-	Категорія
Вода, піна	Вода, піна	Води, вогнегасники вуглекислотні BB-5, пінні	Вибухонебезпечні суміші з повітрям
В	Б	Г	Засоби пожежогасіння
II-II	II-II	-	Категорія приміщення по ОНТП 24-86
			Клас приміщення /зона/ і зонніх установок згідно з ПБЕ
		IIIa	Категорія об'єкту і тип зони захисту від блискавки згідно з СН 305-77

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

В даному розділі проведено аналіз джерел можливого забруднення, розглянуті можливі варіанти екологізації виробництва, розраховано очисне обладнання, представлено вимоги до екологічного моніторингу, розраховано екологічні платежі у випадку непередбачуваних газових викидів.

10.1 АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ВІДХОДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ

Після трубчатої печі конвертована газова суміш по футерованому трубопроводі подається в шахтний реактор. Цей газ є дуже шкідливим, тому що в його склад входить водень, метан, оксид вуглецю.

Після змішувача паро газоповітряна суміш надходить на нікелевий каталізатор. Відпрацьований нікелевий каталізатор відправляється на регенерацію, для запобігання забруднення навколишнього середовища, а також економії коштів. Після шахтного конвертора газ охолоджується в котлах утилізаторах. Пара утворена в котлах відправляється в заводську мережу. Вода яка використовується на продувку котлів утилізаторів відправляється на очисні споруди, для запобігання потрапляння у водойми шкідливих речовин. Конденсат, який утворився в паровій турбіні надходить в заводську мережу, де повторно використовується, як живляча вода для котлів утилізаторів [1].

Характеристика сировини і продуктів наведені у таблиці 10.1.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						81

Таблиця 10.1 – Характеристика сировини і продуктів [19]

№	Найменування стадії виробництва; перелік сировини, напівпродуктів, продукції.	Властивості	Проблеми	Кількість сировини, напівпродуктів, кг (m^3)	
				На 1 т готової продукції	За рік
1	Парова конверсія метану				
	Природний газ	Суміш газів, отруйний, вибухонебезпечний	Викиди під час аварійних ситуацій та при проведенні пуско-наладочних робіт	99	49500000
	Водяна пара	Газ		76	27817
	Конверто-ваний газ	Газова суміш, вибухонебезпечна, містить отруйні речовини в своєму складі	викиди під час аварійних ситуацій та при проведенні пуско-наладочних робіт	1162	424130

Характеристика твердих відходів, газових викидів наведена у таблиці 10.2.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						82

Таблиця 10.2 – Характеристика твердих відходів, газових викидів та рідких стоків виробництва

№	Найменування стадії виробництва; склад відходів, викидів, стоків	Кількість відходів, викидів та стоків, кг (м^3)		Метод очищення	Ступінь очищення, %	Примітки
		На 1т готової продукції	За рік			
1	Знешкодження конвертованого газу в періоди пуску-зупинки агрегатів підготовки синтез-газу. Оксид вуглецю	792	70,4	Спалювання на факельній установці	98,8	
2	Димові гази після спалювання природного газу. Оксид вуглецю	7,33	299090	Викид через трубу в атмосферу	98	
3	Відпрацьований каталізатор конверсії метану	0,031	18600	Відправляється на вантажний склад	100	
4	Вода після продування сепараторів газо-вих компресорів. Олива до 20 мг/дм ³	0,0099	2168,1	Скид у промислову каналізацію	99,9	
5	Котлова вода після продування котлів-utilізаторів. м^3	185	67525	В гарячу камеру ВОЦ-2	99	
6	Відпрацьовані оливи	0,332	114547	Передається в дільницю регенерації масел	100	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	XH 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						83

Характеристика екологічного стану виробництва наведена у таблиці 10.3.

Таблиця 10.3 – Екологічний стан виробництва

№	Найменування стадії виробництва; склад відходів, викидів, стоків	Кількість відходів, викидів та стоків, кг (м^3)		Концентрація забруднювача, мг/м ³	$\Gamma\Delta K, \text{мг}/\text{м}^3, \text{мг}/\text{дм}^3$	Відповідність нормі
		На 1т готової продукції	За рік			
1	Знешкодження конверторованого газу в періоди пуску-зупинки агрегатів підготовки синтез-газу. Оксид вуглецю	792 м^3	70,4	0,75	20	так
2	Димові гази після спалювання природного газу. Оксид вуглецю	7,33	299090	220	20	Hi
3	Вода після продування сепараторів газових компресорів. Олива	0,0099 м^3	2168,1 м^3	До 20	Не нормується	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					84

Основним викидом є димові гази після спалювання природного газу в конверсії метану. А також конвертований газ містить велику кількість водню, який є вибухонебезпечним. Межі вибуховості суміші з повітрям: 4% нижня, 75% верхня. Також в процесі пароповітряної конверсії в газ підмішується повітря, яке вносить з собою кисень та азот. Азот є інертним газом тому він безпечний, але кисень дуже добре реагує з воднем і починає горіти всередині шахтного конвертора утворюючи воду. Також додатково утворюються окиси вуглецю. І після вторинного риформінгу в конвертованому газі все одно залишається невелика кількість природного газу.

Отже, виробництво відноситься до шкідливих.

10.2 МОЖЛИВІ ВАРИАНТИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

За загальними показниками викидів, виробництво не є забруднюючим, проте з точки зору техніко-економічних показників, деякі методи знешкодження викидів є нераціональними. Тому для більш оптимального екологічного стану навколошнього середовища є бажаним пошук нових методів екологізації виробництва, що потребуватимуть додаткових наукових досліджень, розробок і впроваджень.

Для вдосконалення екологічної ситуації на виробництві, можливо:

- переробка (регенерація) відпрацьованого нікелевого катализатору;
- воду для охолодження запустити по закритому циклу із застосуванням мембран для вилучення і подальшої регенерації мастила;
- встановити установку очистки газів від оксидів вуглецю.

Основним технологічним обладнанням для знешкодження газових викидів є факельна установка, за допомогою якої контролюється значення граничних викидів в атмосферу. Встановленнягранично допустимого викиду

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						85

дозволяє захистити навколошнє середовище, населення від шкідливої дії атмосферних забруднень, які потрапляють в нижні шари атмосфери від даного виробництва. Границно допустима концентрація залишається основним нормативом для певної шкідливої речовини, проте границно допустимі викиди простіше контролювати за допомогою засобів моніторингу викидів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					ХН 3213 1440 000 ПЗ 86

ВИСНОВКИ

Проектом була обрана технологічна схема парової конверсії природного газу 1360 тонн на добу, під тиском 36 атм., з ступенем перетворенням метану 65, 57%.

Продукція підпорядковується найвищій категорії діючих стандартів, що має забезпечити конкурентоздатність виробника як на вітчизняному, так і світовому ринках збути. Розглянуті фізико-хімічні основи парової конверсії метану, а також використано їх у розрахунках матеріального, теплового розрахунках.

Розроблено у середовищі MathCadta MS Excel програму розрахунку матеріального балансу, розраховано склад газу після трубчатої печі, склад димових газів, енергетичний баланс трубчатої печі

Виконано багатоваріантні розрахунки, які присвячуються впливу вмісту метану в конвертованому газу після трубчатої печі.

Розроблена схема автоматизації задовольняє визначені проектом цілі та задачі автоматизації, враховує особливості конкретного технологічного процесу. А саме встановлено контроль та регулювання витрати пари, опалювального та технологічного газу, температуру газу після трубчатої пічі, співвідношення пари-газ.

Економіко-організаційною частиною проекту забезпеченено аналіз та оцінку економічної ефективності. Розраховано собівартість продукту при двох режимах роботи пара-газ 4:1 та 3,7:1, розрахована різниця внеску у собівартість аміаку.

Особливу увагу у проекті приділено екологічній безпеці, наведено екологічні показники виробництва. Це дасть змогу отримати відповідні міжнародні сертифікати, а від так залучити додаткові кошти на розвиток технології.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ХН 3213 1440 000 ПЗ	Арк.
						87

При дотриманні вимог безпеки праці, що встановлюються в проекті, безпека праці на підприємстві гарантується.

Таким чином, проектом досягнуто поставленої мети, виконано обов'язкові задачі та розширене коло питань, що потребували дослідження.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					ХН 3213 1440 000 ПЗ 88

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Яновський, М. А. Технологія аміаку: навчальний посібник / М. А. Яновський, І. М. Демиденко Б. І. Мельников, О. Я. Лобойко, Г. М. Корона. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2004.–300с. - ISBN 966-8018-03-6.
2. Кожухар, В. Я. Технологія зв'язаного азоту/ В.Я. Кожухар, Л.М. Ерайзер, В.В Брем - ОНПУ, 2012. – 279 с.
3. Атрощенко, В. И. Технология связанного азота / В. И. Атрощенко, А. Н. Алексеев, А. П. Засорин и др. – М.: Химия, 1985. – 326 с.
4. Концевой, А. Л. Алгоритмізація і програмування науково-технічних та технологічних розрахунків / А. Л. Концевой, С. А. Концевой –, 2013. – 284 с.
5. Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп’ют.-інтегр. технологій» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.
6. Лукінюк, М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427-428. – 200 пр. –ISBN 978-966-622-247-6.
7. Бабіченко, А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін.; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с.: іл. – Бібліогр.: с. 467. – 500 пр. – ISBN 966-593-232-2.
8. Бабіченко, А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін.; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. – 658 с.: іл.– Бібліогр.: с. 644–645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					89

ХН 3213 1440 000 ПЗ

9. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. - 300 пр.
10. Ткачук, К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов; за ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа. 2006 – 448 с.
11. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности. / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина и др. – М.: Химия, 1989. – 496 с.: ил. – ISBN 5-7245-0246-1.
12. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
13. Астрелін, І.М. Теорія процесів виробництва органічних речовин/ І.М. Астрелін, А.К. Запольский, В.І. Супрунчук, Г.МПрокоф'єва– К.: Вища школа., 1992 – 339 с.
14. Каталог каталізаторів фірми «Alvigo» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.alvigo-group.com> вільний.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Арк.
					90

ХН 3213 1440 000 ПЗ