

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

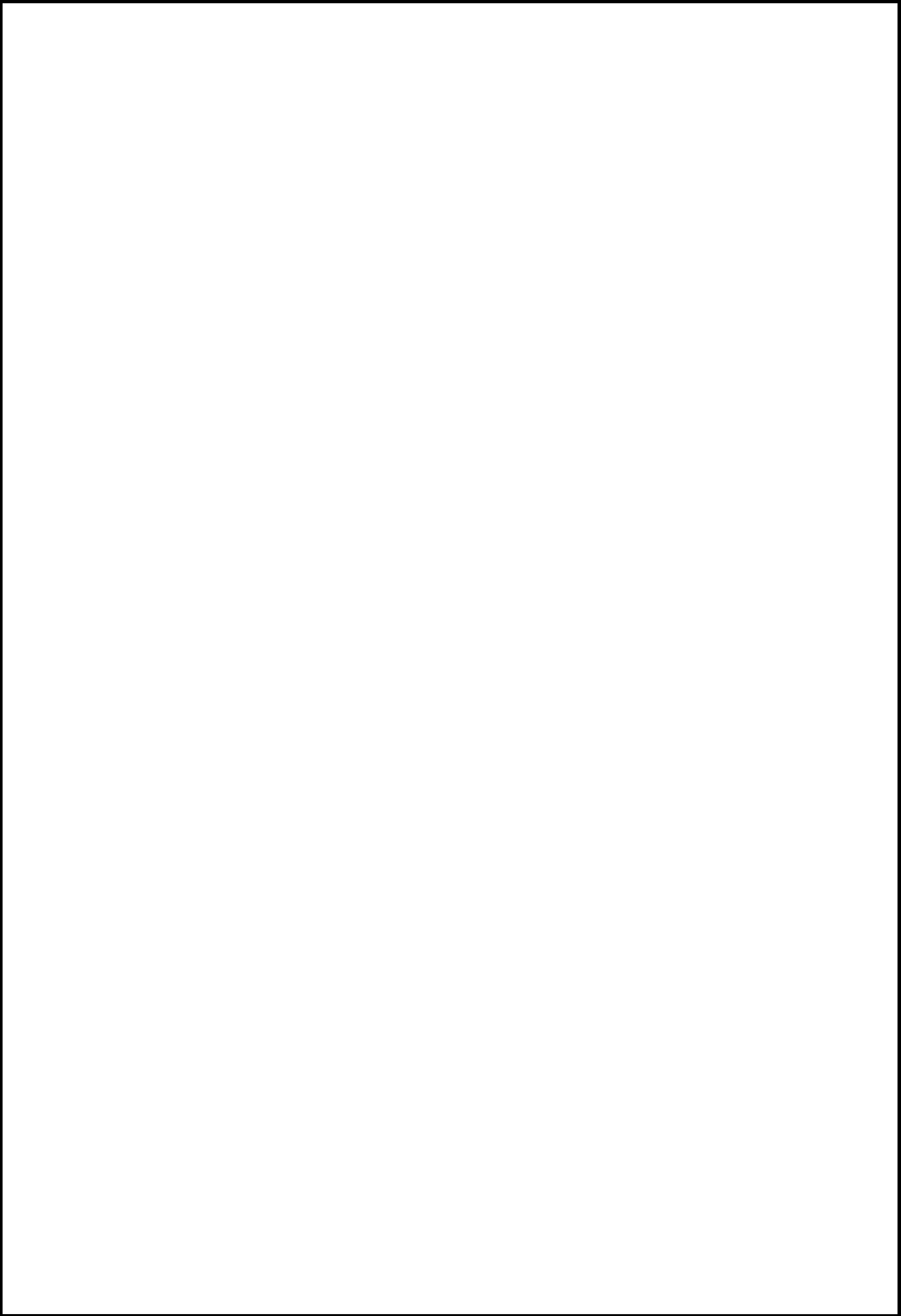
					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	11
1 Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва.....	13
2 Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв.....	16
3 Фізико – хімічні основи вибраного методу виробництва і обґрунтування норм технологічних режимів.....	21
4 Опис технологічної схеми виробництва.....	26
5 Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв. Розрахунок матеріального балансу виробництва.....	28
5.1 Матеріальні розрахунки.....	29
6 Тепловий баланс шахтного конвертора.....	34
7 Характеристика технологічного обладнання.....	42
7.1 Розрахунок шахтного конвертора.....	42
7.2 Розрахунок компресора.....	42
7.3 Розрахунок парової турбіни.....	44
8 Автоматичне регулювання та контроль виробництва.....	46
9 Економіко-організаційні розрахунки.....	50
10 Охорона праці.....	60

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 Екологічна безпека виробництва.....	70
Висновки.....	77
Перелік посилань.....	79
Додаток А.....	81
Додаток Б.....	84
Додаток В.....	85

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Конвертований газ є одним з основних напівпродуктів хімічної промисловості, виробництво якого складає мільйони тон на рік і відноситься до великотоннажних хімічних виробництв.

Технологія пароповітряної конверсії є сучасним методом підготування газової суміші для синтезу аміаку, що покликана забезпечити потреби людства у азотовмісних сполуках. Конвертований газ є основною проміжною сировиною для одержання аміаку.

У зв'язку з великим попитом людства в продуктах зв'язаного азоту (особливо азотних добрив) світове виробництво конвертованої суміші за об'ємами поступається тільки виробництву сірчаної кислоти і кисню.

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

За останні 20 років у Західній Європі кількість агрегатів аміаку скоротилася з 74 до 41, при цьому їх загальна потужність знизилася всього на 12 %. У США в 1975 році 61 самостійна компанія експлуатувала 93 установки по виробництву аміаку загальною потужністю 16,8 мільйонів тон на рік. До 1995 року збереглося тільки 26 компаній, що володіють 39 установками аміаку загальною потужністю 15,7 мільйонів тон на рік.

Таким чином, можна визначити світові напрями розвитку технології пароповітряної конверсії: зменшення загальної чисельності виробництв при мінімальній втраті загально річної продуктивності, підвищення потужності окремих шахтних реакторів за рахунок вдосконалення існуючого апаратурного оформлення та процесів технологічних ланок, зниження загальних енергосировинних витрат, утилізація та вторинне використання надлишкової енергії.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

Метою даної роботи є визначення оптимальної технології пароповітряної конверсії метану, проведення розрахунків матеріального та теплового балансу, розрахунок та вибір основного та допоміжних апаратів.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Обґрунтування та вибір способу виробництва

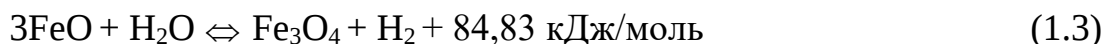
Основною сировиною для виготовлення аміаку є водень та азот.



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 K) 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 значними витратними коефіцієнтами, малою продуктивністю, низькою якістю отриманого водню і зараз не використовується.

1.1.2 Виробництво водню методом електролізу

Електролітичний метод виробництва водню і кисню заснований на реакції



Внаслідок малого ступіня дисоціації води її питома електропровідність невелика при 290 K, 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:

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

1.1.4 Конверсія природного газу

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

Саме такий метод займає першу позицію в світовій практиці аміачної промисловості завдяки, 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 потенціальна теплота технологічного газу, димових газів трубчастої печі застосовується для отримання пари

1.2 Порівняння методів отримання водню

Основні характеристики кожного з методів наступні:

Залізопаровий спосіб:

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

Електролітичний метод:

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конверсія природного газу:

- висока рекуперація тепла;
- можливість використання різних джерел сировини при одній 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. Дана технологія найуживаніша сьогодні для підприємств виробництва аміаку, дозволяє досягти заданої продуктивності, відповідної нормам різних промислових та енергетичних об'єктів.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

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

Застосування: конвертований газ застосовується для виробництва аміаку.

В склад конвертованого газу входить азот і водень, що у співвідношення 1/3 становлять азотоводневу суміш (АВС). У свою чергу азот добувають з повітря, а водень із природного газу, отже доцільно буде розглянути вимоги саме до цих компонентів сировини.

Вимоги до природного газу формуються на підставі ГОСТ 30319.0-96 та 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.

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

Компонент	Вміст об'ємних часток
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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, у окремих випадках (залежить від регламенту виробництва) до природного газу можуть застосовуватись вимоги по ГОСТ 30319.0-96, які регламентують значення основних технічних показників із посиланням на стандарти по методикам їх визначення (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Природний газ, показники по ГОСТ 30319.0-96

Найменування показника	Значення	Метод випробування
1 Об'ємна теплота згорання, кДж/м ³ , не менше	31800	За ГОСТ 22667
2 Відносна густина за повітрям	0,55÷0,70	За ГОСТ 22667
3 Розрахункове октанове число газу, не менше	105	За ГОСТ 22667
4 Концентрація сірководню, г/м ³	0,02	За ГОСТ 22387.2
5 Концентрація меркаптанової сірки, г/м ³ , не більш	0,036	За ГОСТ 22387.2
6 Маса механічних домішок в 1 м ³ , міліграм, не більш	1,0	За ГОСТ 22387.4
7 Сумарна об'ємна частка негорючих компонентів %, не більш	7,0	За ГОСТ 23781
8 Об'ємна частка кисню %, не більш	1,0	За ГОСТ 23781
9 Концентрація пари води, мг/м ³ , не більш	9,0	За ГОСТ 20060

До азоту як сировинного компоненту застосовуються вимоги відповідно до ГОСТ 9293-74. За цим стандартом газоподібний азот – це інертний газ без кольору і запаху густиною 1,25046 кг/м³ при 0 °С і тиску 101,3 кПа. Питомий об'єм газоподібного азоту дорівнює 860,4 дм³/кг при тиску близько 105 Па і температурі 290 °С.

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до газоподібного азоту наводяться у таблиці 2.4

Газоподібний і рідкий азот приймається партіями. Партією 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 справжнього стандарту;
- номер цистерни рідкого азоту.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Азот, вимоги по ГОСТ 9293-74

Найменування показника	Норма для марки газоподібного і рідкого азоту					
	особливої чистоти		підвищеної чистоти		технічного	
	1-й сорт	2-й сорт	1-й сорт	2-й сорт	1-й сорт	2-й сорт
1. Об'ємна частка азоту %, не менше	99,999	99,996	99,99	99,95	99,6	99,0
2. Об'ємна частка кисню %, не більше	0,0005	0,001	0,001	0,05	0,4	1,0
3. Об'ємна частка водяної пари в газоподібному азоті %, не більш	0,0007	0,0007	0,0015	0,004	0,009	Витримує випробування за п. 3.6 ГОСТ 9293-74
4. Вміст масла в газоподібному азоті	Не визначається		Витримує випробування за п. 3.7 ГОСТ 9293-74			
5. Вміст масла, механічних домішок і вологи в рідкому азоті	Витримує випробування за п. 3.8 ГОСТ 9293-74					
6. Об'ємна частка водню %, не більш	0,0002	0,001	Не нормується			

Таким чином, загальні вимоги до якості готової продукції, сировини та матеріалів наводяться у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – 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
Конвертований газ	Регламент цеху	Об'ємна частка метану %, не більш	0,3÷0,5
Газ природний	ГОСТ 27577-2000 ГОСТ 30319.0-96	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 газоподібний	ГОСТ 9293-74	Об'ємна частка азоту, %	99,0÷99,95
		Об'ємна частка водяної пари, %	0,004÷0,009
		Вміст масла	Не містить

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ХАРАКТЕРИСТИКА І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

3.1 Обґрунтування та вибір способу виробництва

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

- 1) очищення природного газу від сірчаних сполук;
- 2) парова каталітична конверсія природного газу (первинний риформінг);
- 3) пароповітряна каталітична конверсія метану (вторинний риформінг);
- 4) двоступенева конверсія окису вуглецю на середньо-температурному й низькотемпературному каталізаторах;
- 5) очищення конвертованого газу від оксиду вуглецю (IV);
- 6) каталітичне очищення азотоводневої суміші від оксиду й діоксиду вуглецю (метанування);
- 7) синтез аміаку.

Хімічна технологія володіє рядом методів одержання синтез-газу із твердого (кам'яновугільний кокс, буре вугілля, торф та інші), рідкого (легкі бензини, мазут, гудрон і інші) і газоподібного (природний, коксовий газ, гази нафтопереробки і інші) палива.

Пароповітряна каталітична конверсія метану – друга ступінь конверсії природного газу, що перебігає в шахтному реакторі на нікелевому каталізаторі згідно оборотних реакцій:



В умовах конверсії вплив екзотермічної реакції (3.2) є незначним і компенсацію ендоефекту парової конверсії метану (3.1) проводять за рахунок горіння частини водню (3.3):



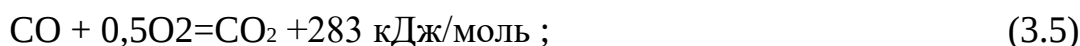
					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому з повітрям дозується необхідна кількість азоту для синтезу аміаку на відповідній наступній стадії процесу виробництва аміаку.

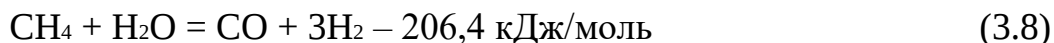
3.2 Фізико – хімічні основи пароповітряної конверсії метану

Пароповітряна конверсія метану здійснюється практично повним доокисненням метану, який залишився після першої ступені конверсії, сумішшю водяної пари та повітря.

В результаті змішування парогазової суміші та пароповітряної суміші протікають наступні екзотермічні реакції:



В результаті досягається висока температура (1473÷1573 К) в нижній частині змішувача. В розрахунках враховують тільки реакцію (3.4), тому що 95% всього O_2 зв'язується з H_2 , утворюючи водяні пари. В нижню частину реактора завантажують нікелевий каталізатор, де протікають ендотермічні реакції:



Показником роботи реактора є ступінь досягнення рівноважної концентрації CH_4 в газі. Чим краща рівномірність розподілення газового потоку по перетину апарату, вища якість футеровки і каталізатору, тим менше потрібно перегрівати газ на виході, щоб досягнути заданої концентрації залишкового CH_4 не більше 0,3% об. Неможна допускати перехід екзотермічних реакцій з вільного об'єму в зону каталізатора, що викликає його перегрів, руйнування і погіршення аеродинаміки всього зернистого шару.

Процес проходить в шахтному реакторі де знаходяться 2 види каталізатору: алюмохромовий ГИАП-14 (температура до 1400, Al_2O_3 (92÷95) %, Cr_2O_3 (5÷8) % мас.) і нікелевий ГИАП-3-6Н (температура до 1100, Al_2O_3

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(91÷92,5) %, NiO (7,5÷9) % мас.). Весь внесений з повітрям кисень реагує з воднем, метаном

та оксидом вуглецю (II) у вільному об'ємі апарату до надходження газу на каталізатор. На каталізаторі конвертує залишковий метан. За рахунок екзотермічних реакцій з киснем виділяється тепло, необхідне для ендотермічних реакцій залишкового метану з водяною парою на каталізаторі. Азот, який вноситься з повітрям входить в склад азото – повітряної суміші яка іде на синтез аміаку. Зміна температури процесу мало впливає на склад конвертованого газу. Важливим фактором є зміна мольного співвідношення $O_2:CH_4$. При значному надлишку кисню погіршується склад газу за рахунок збільшення вмісту CO_2 . Практично підтримується (10÷25)%-й надлишок кисню від стехіометричного.

Конверсія метану може бути здійснена сумішшю окиснювачів: кисню з водяною парою або кисню з водяною парою і оксидом вуглецю (IV). У тому випадку, коли очищений конвертований газ є сировиною синтезу аміаку, до цих сумішей окиснювачів додають повітря як джерело азоту для утворення азотоводневої суміші.

3.2 Рівновага процесу пароповітряної конверсії метану

Розрахунок рівноважного складу газу виконується як і у випадку конверсії метану водяною парою за реакціями (3.9), (3.6). Рівноважний склад конвертованого газу, за даними [12], який одержано при конверсії метану сумішшю окиснювачів різного складу при температурі 927K, наведено в таблиці 3.1.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Рівноважний склад газової суміші при парокиснево-повітряній конверсії метану при $T = 927 \text{ K}$

Тиск $P \cdot 10^{-4}$, Па	Ступінь перетворення, %		Об'ємний склад сухого конвертованого газу, %					Вологість газу, об'єм H_2O об'єм сухого газу
	CH_4	CO	CO_2	CO	H_2	CH_4	N_2	
Початкова суміш: $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} : \text{O}_2 : \text{N}_2 = 1 : 1 : 0,6 : 0,9$								
98,07	98,93	24,71	6,31	18,96	51,46	0,27	23,00	0,246
196,13	96,32	25,15	6,56	18,53	50,53	0,96	23,42	0,257
392,27	90,10	26,17	7,14	17,44	48,16	2,70	24,56	0,283
Початкова суміш: $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} : \text{O}_2 : \text{N}_2 = 1 : 2 : 0,6 : 0,9$								
98,07	99,60	37,04	9,13	15,42	58,17	0,10	22,18	0,452
196,13	98,50	37,10	9,22	15,25	52,80	0,37	22,37	0,458
392,27	95,08	37,29	9,50	14,75	51,60	1,25	22,93	0,478

3.3 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 проходить в шахтному реакторі де знаходяться 2 види каталізатору: алюмохромовий ГИАП-14 (температура до 1400, Al_2O_3 – 95%, Cr_2O_3 - 5% мас.) і нікелевий ГИАП-3 (температура до 1100, Al_2O_3 92– 93%, NiO 6 - 8% мас.). Процес конверсії метану на нікелевому каталізаторі перебігає в зовнішньодифузійній області.

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

$$-\frac{dp_{\text{CH}_4}}{d\tau} = k \cdot \frac{p_{\text{CH}_4} p_{\text{H}_2\text{O}}}{K_p p_{\text{CH}_4} p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{H}_2}} \quad (3.12)$$

Після деяких перетворень кінетичне рівняння набуває вигляду:

$$-\frac{dp_{CH_4}}{d\tau} = k \cdot \frac{p_{CH_4}}{p_{H_2}}. \quad (3.13)$$

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

$$-\frac{p_{CH_4}}{d\tau} = k \cdot \frac{p_{CH_4} \cdot p_{H_2O}}{10p_{H_2} + p_{H_2O}}, \quad (3.14)$$

де p_i – поточні парціальні тиски реагентів;

k – константа швидкості;

τ – час реакції,

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Пароповітряна конверсія є другою стадією двоступеневої конверсії метану.

Після трубчатої печі конвертована газова суміш по футерованому трубопроводі подається в шахтний реактор. Конверсія залишкового метану в ньому здійснюється парою і повітрям на нікелевому каталізаторі. У верхній частині шахтного реактора розташований змішувач, в який через центральну трубу надходить пароповітряна суміш з температурою 755 К, а по кільцевому просторі – парогазова суміш з температурою 1100 К. Повітря в реактор подається турбокомпресором з приводом від конденсаційної парової турбіни. Воно не повинно містити сполук сірки та хлору, тому повітря проходить через повітряний фільтр, сепаратори, відстійник, повітряні холодильники, де очищається від домішок і охолоджується щоб не перегріти турбокомпресор.

Кількість повітря для процесу підбирають таким чином, щоб перед відділенням синтезу забезпечити співвідношення $H_2 : N_2 = 3 : 1$. Перед подачею в шахтний реактор в повітря постійно дозується пара з тиском 4,1 МПа і температурою 640 К. Співвідношення пара : повітря становить 0,1 : 1.

Після змішувача парогазоповітряна суміш надходить на нікелевий каталізатор. Для запобігання перегріву і забезпечення нормальної роботи каталізатору над ним в реакторі є вільний об'єм, де відбувається горіння частини газу з киснем повітря. Потім парогазова суміш проходить послідовно через шестигранні вогнетривкі плити, слугуючи для рівномірного розподілення газового потоку по перетину конвертора, шар термостійкого алюмохромового каталізатору, а потім нікелевого каталізатору. Процес конверсії метану відбувається при температурі на виході 1270 К і об'ємної швидкості 3500 ч^{-1} .

Залишковий вміст метану в сухому конвертованому газі становить 0,35-0,55 % (об.).

Конвертована парогазова суміш після шахтного реактору охолоджується в котлах-утилізаторах I ступені і II ступені. Утворена пара в

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

котлах утилізаторах направляється в парозбірник. Після парозбірника деяка частина пари конденсується а насичена пара, проходячи через пароперегрівач, надходить в цех синтезу аміаку. Конденсат з парозбірника надходить як живильна вода в котли утилізатори, або в заводську мережу.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ. РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ВИРОБНИЦТВА

5.1 Матеріальний баланс

Продуктивність цеха за аміаком, т/добу $Q = 1360$.

Витрата природного газу на технологічні потреби, $\text{м}^3/\text{т NH}_3$

$RS1 = 632,28$.

Витрата сухого газу, м^3 , після трубчастої печі на 1 т аміаку

$R_0 = 2301,9$.

Співвідношення пара/газ після трубчастої печі $N_1 = 0,7179$.

Температура на виході з конвертора, К $T_{\text{вих}} = 1273$.

Співвідношення $(\text{CO} + \text{H}_2)/\text{N}_2$ на виході з конвертора $W = 3,14$.

Концентрації компонентів у газі на виході трубчастої печі (вхід в шахтний реактор), частки; C_i

Вміст CH_4 в сухому конвертованому газі, частки, $C^{\text{к}}_{\text{CH}_4} = 0,003$.

Склад повітря, що подається в реактор, частки:

$\text{O}_2 - C^{\text{п}}_{\text{O}_2} = 0,21$; $\text{N}_2 - C^{\text{п}}_{\text{N}_2} = 0,78$; $\text{Ar} - C^{\text{п}}_{\text{Ar}} = 0,01$.

Позначимо витрати газів і пари, $\text{м}^3/\text{год.}$:

V_1 – сухого газу на вході в шахтний конвертор (виході з трубчастої печі);

V – сухого конвертованого газу на виході шахтного конвертора;

u – повітря в шахтний конвертор; z – водяної пари, що реагує з метаном і CO , мінус витрата водяної пари, що утворилась за реакцією горіння водню.

Витрати газів на виході, $\text{м}^3/\text{год.}$: $a - \text{CO}_2$; $b - \text{CO}$; $v - \text{H}_2$;

N - співвідношення пара/газ на вході в шахтний конвертор (враховує додавання водяної пари до вологого газу з трубчастої печі).

Складаємо балансові рівняння за елементами для парогазової суміші на вході і виході з конвертора, враховуючи склад сухого газу (частки) після трубчастої печі і після шахтного реактора та склад повітря.

Баланс по С:

~~Складові рівняння:~~

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо величину b з рівняння (5.6):

$$b = \frac{L_1 - L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \quad (5.10)$$

Підставимо у рівняння (5.1) значення b і V із рівнянь (5.8) і (5.7):

$$L_1 = \frac{M_4}{M_3} \cdot \left(\frac{2 \cdot C_{CH_4}}{M_B} \cdot \left(\frac{L_1 - L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \right) + \frac{L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \right) \quad (5.11)$$

Підставимо у рівняння (5.2) значення V з рівняння (5.7) і отримаємо:

$$L_2 = \frac{L_1 \cdot M_3}{M_2 + e} \quad (5.12)$$

Від'ємне значення величини g вказує на те, що кількість водяної пари, що утворилась при згоранні водню з киснем повітря, перевищує витрати пари на реакцію з метаном і CO.

Після підстановки знайдених значень a , b , g у рівняння (5.3) одержимо:

$$y = L_1 - L_2 \cdot (M_2 + e), \quad (5.13)$$

$$\text{де } L_1 = \frac{M_4}{M_3}, \quad (5.14)$$

$$L_2 = \frac{2 \cdot C_{CH_4}}{M_B}, \quad (5.15)$$

$$L_3 = \frac{L_1 \cdot M_3}{M_2 + e} \quad (5.16)$$

$$L_4 = \frac{L_1 \cdot M_3}{M_2 + e} \cdot \left(\frac{2 \cdot C_{CH_4}}{M_B} \cdot \left(\frac{L_1 - L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \right) + \frac{L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \right) \quad (5.17)$$

Константа рівноваги реакції $CO + H_2O = CO_2 + H_2$, що визначає практичну концентрацію учасників цієї реакції, при температурі $T = T_{\text{вих}}$:

$$K_p = 10^{(2217,5/T + 0,297 \cdot \log_{10}(T) + 0,0003525 \cdot T - 5,08 \cdot 10^{(-8)} \cdot T^{2-3,26})} \quad (5.18)$$

$$K_p = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}} \quad (5.19)$$

Після підстановки значень a , b , g і y в рівняння (3.50) одержимо:

$$L_1 = \frac{M_4}{M_3} \cdot \left(\frac{2 \cdot C_{CH_4}}{M_B} \cdot \left(\frac{L_1 - L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \right) + \frac{L_2 \cdot (M_2 + e)}{M_3} \right) \quad (5.20)$$

$$\text{де } L_2 = \frac{2 \cdot C_{CH_4}}{M_B} \quad (5.21)$$

$$L_3 = \frac{L_1 \cdot M_3}{M_2 + e} \quad (5.22)$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5.23)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5.24)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5.25)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5.26)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5.27)$$

Дійсний корінь рівняння (3.51):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5.28)$$

1) Витрата сухого газу на задану продуктивність, м³/год:

$$V_1 = R_0 \cdot Q / 24 = 600 \cdot 2301,9 / 24 = 130441$$

2) Продуктивність відділення конверсії за ПГ, м³/год

$$R_S = R_{S1} \cdot Q / 24 = 35829,2.$$

3) Витрата водяної пари, що подається з метою безпеки в трубопровід подачі повітря - 15% від витрати природного газу на конверсію, м³/год;

$$R_V = R_S \cdot 15 / 100 = 15807 \cdot 15 / 100 = 5374,38$$

4) Витрата водяної пари на виході з трубчатої печі, м³/год:

$$R_{V1} = N_1 \cdot V_1 = 0,7179 \cdot 57547,5 = 93643,5939.$$

5) Відношення пара/газ перед конвертором метану другої ступені складе:

$$N = (R_{V1} + R_V) / V_1 = 0,7591.$$

6) Константа рівноваги реакції $CO + H_2O = CO_2 + H_2$, що визначає практичну концентрацію учасників цієї реакції, при температурі $T = T_{вих}$:

$$K_p = 10^{(2217,5/T + 0,297 \cdot \log_{10}(T) + 0,0003525 \cdot T - 5,08 \cdot 10^{(-8)} \cdot T^2 - 3,26)} = 0,58951087$$

Сума концентрацій, частки об'ємні, азоту і аргону в повітрі

$$M_1 = (C_{N_2}^n + C_{Ar}^n) = 0,79$$

7) Розрахунок допоміжних коефіцієнтів:

Розрахунок величини M2 (рівняння 5.8), M3 (рівняння 5.16), M4 (рівняння 5.17), L1 (рівняння 5.14), L2 (рівняння 5.15), L3 (рівняння 5.21), L4

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(рівняння 5.22), M_5 (рівняння 5.26), M_6 (рівняння 5.27), L_5 (рівняння 5.23), L_6 (рівняння 5.24), L_7 (вирази до рівняння 5.25).

Розрахунок величини v з рівняння (5.9), потім знаходять величини u з рівняння (5.13), γ з рівняння (5.12) Наступний крок - розрахунок a з рівняння (5.11), b з рівняння (5.10).

$$M_2=39432,3143$$

$$M_3=1,43934$$

$$M_4=74521,0737$$

$$L_1=51774,4756$$

$$L_2=0,00416858$$

$$L_3=93169,4595$$

$$L_4=1,00721956$$

$$M_5=94765,4261$$

$$M_6=1,00721956$$

$$L_5=28179525959$$

$$L_6=348967,8301$$

$$L_7=1,01625098$$

$$v=106481,8176$$

$$u=51166,22129$$

$$\gamma = -8192,6454$$

$$a=14247,49684$$

$$b=23217,04832$$

8) Витрата сухого газу на виході

$$V=M_2+v+u*M_1=186335,4467$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Склад газу після трубчатої печі (вхід в 2 ступінь)

Компонент	Вологий газ		Сухий газ	
	м ³ /год.	%	м ³ /год.	%
CH ₄	12391,9	5,53	12391,9	9,5
CO	12848,44	5,73	12848,44	9,85
CO ₂	12783,22	5,70	12783,22	9,8
H ₂	91008,69	40,61	91008,69	69,77
N ₂	1395,719	0,62	1395,719	1,07
Ar	5,75	0,005	5,75	0,01
H ₂ O	93643,59	41,78	—	—
Всього:	224084,2	100	130441	100

Таблиця 5.2 - Склад газу після шахтного конвертора метану

Компонент	Вологий газ		Сухий газ	
	м ³ /год	%	м ³ /год	%
CH ₄	559,0063	0,19	559,0063	0,3
CO	23217,05	7,9	23217,05	12,45
CO ₂	14247,5	4,85	14247,5	7,64
H ₂	106481,8	36,27	106481,8	57,14
N ₂	41305,37	14,07	41305,37	22,16
Ar	524,7063	0,17	524,7063	0,28
H ₂ O	107210,6	36,52	—	—
Всього:	293546,1	100	186335,4	100

Матеріальний баланс зони змішування

Таблиця 5.3 - Склад газу на виході з зони змішування

Компонент	Вологий газ		Сухий газ	
	м ³ /год.	%	м ³ /год.	%
CH ₄	12391,895	4,41	12391,895	6,8
CO	12848,4385	4,57	12848,4385	7,07
CO ₂	12783,218	4,5	12783,218	7,03
H ₂	91008,6857	32,43	91008,6857	50,11
N ₂	41305,37131	14,71	41305,37131	22,74
O ₂	10744,90647	3,82	10744,90647	5,91
Ar	524,706	0,18	524,706	0,28
H ₂ O	99017,97	35,28	—	—
Всього:	280625,1952	100	181607,2	100

Матеріальний баланс зони горіння

Приймаємо, що кисень повітря повністю реагує з воднем. З врахуванням цих зауважень заповнимо наступну таблицю(5.4).

Таблиця 5.4 - Склад газу після зони горіння (вхід в зону конверсії)

Компонент	Вологий газ		Сухий газ	
	м ³ /год.	частки	м ³ /год.	частки
CH ₄	12391,895	0,045	12391,895	8,29
CO	12848,4385	0,047	12848,4385	8,60
CO ₂	12783,218	0,047	12783,218	8,55
H ₂	69518,87276	0,25	69518,87276	46,54
N ₂	41305,37131	0,15	41305,37131	27,65
Ar	524,70	0,0019	524,70	0,35
H ₂ O	120507,78	0,44	—	—
Всього:	269880,2887	1	149372,5	100

6 Кінетичний розрахунок зони конверсії

Позначимо ступінь перетворення метану через X , а ступінь перетворення CO через Y .

Вихідні дані (додаткові)

Тиск процесу, атм $P = 32$.

Температура суміші на вході в зону конверсії, К $T_{вх} = 1611$.

Ступінь використання поверхні каталізатора, частка $C = 0,35$.

Порозність насадки $AN = 0,5$. Коефіцієнт запасу $K_{зап} = 4$.

Кількість кроків інтегрування $n = 50$.

Алгоритм розрахунку

1. Ступінь перетворення CH_4 і CO за даними таблиць (5.1) і (5.2):

$$X = (C_{CH_4} \cdot V_1 - C_{CH_4}^K \cdot V) / (C_{CH_4} \cdot V_1) = 0,955,$$

$$Y = (X \cdot C_{CH_4} \cdot V_1 + C_{CO} \cdot V_1 - 6) / (X \cdot C_{CH_4} \cdot V_1 + C_{CO} \cdot V_1) = 0,059$$

(в подальших розрахунках Y залишається постійною величиною при інтегруванні, враховуючи миттєве досягнення рівноваги реакції парової конверсії CO за умовами конверсії).

2. Середня температура

$$T_{сер} = (T_{вх} + T_{вих}) / 2 = 1442 \text{ К}.$$

3. Коефіцієнт a , що враховує зміну температури

$$a = \frac{T_{вх} - T_{вих}}{X} = 353,97.$$

4. Крок інтегрування $H = dX = X/n = 0,01909787$

5. Ступінь перетворення CH_4 на кожному кроці $X_i = X_{i-1} + H$.

6. Температура (адіабатичний режим) $T_i = T_{вх} - a X_i$.

7. Константа швидкості

$$K_i = 10^{63 - \frac{472}{T_i}}$$

8. Константа рівноваги конверсії метану:

$$K_{CO} = 10^{10,5 - \frac{1000}{T_i}}$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В наступних рівняннях використані концентрації компонентів n°_i , об'ємні (молярні) частки, на вході в зону конверсії (вихід із зони горіння) за даними таблиці 6.1 (вологий газ).

$$9. X_{2i} = n^{\circ}_{H_2} + n^{\circ}_{CH_4} \cdot X_i \cdot (3+Y).$$

$$10. X_{3i} = (n^{\circ}_{CO} + n^{\circ}_{CH_4} \cdot X_i) \cdot (1 - Y) \cdot (n^{\circ}_{H_2} + n^{\circ}_{CH_4} \cdot X_i \cdot (3+Y))^3 \cdot P^2.$$

$$11. X_{4i} = K_{1i} \cdot n^{\circ}_{CH_4} \cdot (1 - X_i) \cdot (n^{\circ}_{H_2O} - n^{\circ}_{CH_4} \cdot X_i \cdot (1+Y)).$$

$$12. X_{5i} = X_{2i} / (1 - X_i) / (1 - X_{3i} / X_{4i}).$$

$$13. \tau_i = H \cdot P \cdot X_{5i} / K_{2i}.$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Таблиця рішень кінетичних рівнянь

	X_i	T_i	K_{2i}	K_{1i}	X_{2i}	X_{3i}	X_{4i}	X_{5i}	t_i
1	0	1611	2345	681886,3	0,257592	0,783813	13980,49	0,257606	6,71346E-05
2	0,019098	1604,24	2279,276	635020,7	0,260274	0,823451	12744,41	0,265359	7,11492E-05
3	0,038196	1597,48	2214,861	591014,2	0,262957	0,864535	11606,05	0,27342	7,54426E-05
4	0,057293	1590,72	2151,742	549716,4	0,26564	0,9071	10558,61	0,281808	8,00381E-05
5	0,076391	1583,96	2089,906	510983,4	0,268322	0,951178	9595,693	0,290544	8,49607E-05
6	0,095489	1577,2	2029,34	474677,9	0,271005	0,996807	8711,286	0,299649	9,02384E-05
7	0,114587	1570,44	1970,03	440668,1	0,273688	1,04402	7899,746	0,309148	9,59019E-05
8	0,133685	1563,68	1911,963	408828,5	0,276371	1,092853	7155,778	0,319067	0,000101985
9	0,152782	1556,92	1855,126	379039,1	0,279053	1,143342	6474,42	0,329434	0,000108525
10	0,17188	1550,16	1799,505	351185,5	0,281736	1,195525	5851,024	0,340281	0,000115563
11	0,190978	1543,4	1745,086	325158,4	0,284419	1,249437	5281,239	0,351642	0,000123145
12	0,210076	1536,64	1691,855	300853,9	0,287101	1,305116	4760,996	0,363554	0,000131322
13	0,229173	1529,88	1639,799	278172,7	0,289784	1,362599	4286,494	0,376059	0,000140152
14	0,248271	1523,12	1588,904	257020,5	0,292467	1,421925	3854,184	0,389203	0,000149696
15	0,267369	1516,36	1539,156	237307,5	0,29515	1,483131	3460,753	0,403035	0,000160027
16	0,286467	1509,6	1490,541	218948,2	0,297832	1,546257	3103,114	0,417613	0,000171223
17	0,305565	1502,84	1443,045	201861,5	0,300515	1,611342	2778,395	0,432998	0,000183375
18	0,324662	1496,08	1396,653	185970,3	0,303198	1,678426	2483,92	0,449261	0,000196582
19	0,34376	1489,32	1351,352	171201,4	0,305881	1,747547	2217,203	0,466479	0,000210958
20	0,362858	1482,56	1307,127	157485,5	0,308563	1,818748	1975,935	0,484739	0,000226633
21	0,381956	1475,8	1263,964	144756,7	0,311246	1,892068	1757,974	0,504141	0,000243753
22	0,401054	1469,04	1221,849	132952,8	0,313929	1,967548	1561,334	0,524796	0,000262486
23	0,420151	1462,28	1180,766	122014,6	0,316611	2,04523	1384,175	0,546832	0,000283024
24	0,439249	1455,52	1140,703	111886,5	0,319294	2,125156	1224,797	0,570394	0,000305587
25	0,458347	1448,76	1101,644	102515,5	0,321977	2,207369	1081,628	0,595649	0,000330432
26	0,477445	1442	1063,576	93851,96	0,32466	2,291911	953,2142	0,62279	0,000357854
27	0,496542	1435,24	1026,482	85848,72	0,327342	2,378824	838,2188	0,652039	0,0003882
28	0,51564	1428,48	990,3496	78461,38	0,330025	2,468154	735,4083	0,683658	0,000421875
29	0,534738	1421,72	955,1634	71648,1	0,332708	2,559942	643,6481	0,717953	0,000459358
30	0,553836	1414,96	920,9089	65369,44	0,33539	2,654234	561,8952	0,755288	0,00050122
31	0,572934	1408,2	887,5716	59588,3	0,338073	2,751075	489,1923	0,796094	0,000548143
32	0,592031	1401,44	855,1368	54269,76	0,340756	2,850509	424,6618	0,840895	0,000600951
33	0,611129	1394,68	823,5901	49381,02	0,343439	2,952582	367,4998	0,890322	0,000660646
34	0,630227	1387,92	792,9168	44891,26	0,346121	3,057339	316,9712	0,945154	0,000728464
35	0,649325	1381,16	763,1023	40771,58	0,348804	3,164828	272,4045	1,006356	0,000805939
36	0,668423	1374,4	734,132	36994,86	0,351487	3,275094	233,1871	1,075145	0,000895006
37	0,68752	1367,64	705,9914	33535,7	0,354169	3,388184	198,7613	1,153072	0,000998137
38	0,706618	1360,88	678,6658	30370,34	0,356852	3,504146	168,6195	1,242154	0,001118542
39	0,725716	1354,12	652,1409	27476,53	0,359535	3,623028	142,3008	1,345058	0,00126047
40	0,744814	1347,36	626,402	24833,49	0,362218	3,744878	119,3873	1,46539	0,001429661
41	0,763911	1340,6	601,4346	22421,83	0,3649	3,869744	99,50033	1,608152	0,001634074
42	0,783009	1333,84	577,2244	20223,46	0,367583	3,997675	82,29784	1,780492	0,001885074
43	0,802107	1327,08	553,7569	18221,49	0,370266	4,128721	67,471	1,992998	0,002199483
44	0,821205	1320,32	531,0178	16400,22	0,372949	4,262932	54,74159	2,262053	0,002603315
45	0,840303	1313,56	508,9927	14745,05	0,375631	4,400357	43,85937	2,614449	0,003139075
46	0,8594	1306,8	487,6673	13242,38	0,378314	4,541048	34,59975	3,097213	0,003881329
47	0,878498	1300,04	467,0275	11879,61	0,380997	4,685054	26,76147	3,801193	0,004974054
48	0,897596	1293,28	447,0591	10645,04	0,383679	4,832428	20,16458	4,927625	0,006736056
49	0,916694	1286,52	427,748	9527,834	0,386362	4,98322	14,64852	7,029033	0,010042471
50	0,935792	1279,76	409,0802	8517,944	0,389045	5,137484	10,07034	12,36953	0,018478977

14. Час контакту, с

$$\tau = \sum \tau_i = 0,070758 \text{ с.}$$

15. Об'єм каталізатора, м³:

$$V_{\text{kat}} = \frac{\tau \cdot V_{\text{га}} \cdot K_{\text{га}} \cdot T_{\text{га}}}{3600 \cdot P_{\text{га}} \cdot A} = 20,01322 \text{ м}^3.$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Тепловий баланс шахтного конвертора

Рівняння теплового балансу конвертора CH_4 другого ступеня:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5, \quad (6.1)$$

де Q_1 – фізичне тепло парогазової суміші на вході, кДж;

Q_2 – тепловий ефект реакій при 0°C , кДж;

Q_3 – фізичне тепло повітря на вході, кДж;

Q_4 – фізичне тепло парогазової суміші на виході, кДж;

Q_5 – втрати тепла в навколишнє середовище, кДж;

Прихід тепла:

В трубопровід подачі повітря в конвертор другого ступеня з метою безпеки безперервно додають водяну пару в кількості 15 м^3 пари на 100 м^3 реакційного природного газу, Тоді на 130441 м^3 сухого газу після трубчастої печі треба додати водяної пари:

$$V_{\text{дод.парі}} = \frac{13667,5313 \cdot 15}{100} = 2050,13 \text{ м}^3. \quad (6.2)$$

Знаходимо Q_1 :

$$\begin{aligned} Q_1 &= V_{\text{сух. г.}} \cdot C V_{\text{сух.г.}} \cdot T_{\text{вх}} + V_{\text{парі}} \cdot C V_{\text{парі}} \cdot T_{\text{вх}} + V_{\text{дод.парі}} \cdot C V_{\text{парі}} \\ &\cdot T_{\text{пов}} = \\ &= 143868,7 \cdot 1,5135 \cdot \\ &815 + 103283,376 \cdot 1,6467 \cdot 815 + 2050,13 \cdot 1,5847 \cdot \\ &\cdot 480 = 317634445 \text{ кДж}, \end{aligned} \quad (6.3)$$

де $143868,75$ – об'єм сухого газу, який поступає в конвертор після трубчастої печі, м^3 ;

$1,5135$ – середня в інтервалі температур $(0 \div 815)^\circ\text{C}$ об'ємна теплоємність сухого газу, $\text{кДж}/(\text{м}^3/\text{K})$;

$103283,376$ – кількість водяної пари в парогазовій суміші, яка подається із трубчастої печі м^3 ;

$1,6467$ та $1,5847$ – середні об'ємні теплоємності водяної пари в інтервалах температур $(0 \div 815)^\circ\text{C}$ та $(0 \div 480)^\circ\text{C}$ відповідно, $\text{кДж}/(\text{м}^3/\text{K})$;

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2050,13 – кількість водяної пари, яка додатково надходить у конвертор, м³;

Тепловий ефект реакцій визначимо згідно з законом Гесса:

$$Q_2 = \sum Q_k - \sum Q_{\pi} = 15714,15 \cdot 17547 + 25607,04 \cdot 4932 + 616,55 \cdot 3295 + 118347 \cdot 10789 - 14099,14 \cdot 17547 - 14171,07 \cdot 4932 - 13667,53 \cdot 3295 - 109211 \cdot 10789 = 139227317,6, \quad (6.4)$$

де 15714,15 – об'єм CO₂ після шахтного конвертора м³;

25607,04 – об'єм CO після шахтного конвертора м³;

616,55 - об'єм CH₄ після шахтного конвертора м³;

118347 - об'єм H₂O після шахтного конвертора м³;

14099,14 - об'єм CO₂ після трубчатої печі м³;

14171,07 - об'єм CO після трубчатої печі м³;

13667,53 - об'єм CH₄ після трубчатої печі м³;

109211 - об'єм H₂O після зони змішування м³;

Q₃ знайдемо після обчислення витрат теплоти, тому що нам невідома температура повітря на вході в конвертор.

Витрати тепла:

$$Q_4 = V_{\text{ПГС вих.}} \cdot CV_{\text{ПГС}} \cdot T_{\text{вих}} = 323764,043 \cdot 1,5135 \cdot 1000 = 490016879,7 \text{ кДж}, \quad (6.5)$$

де 323764,043 – об'єм парогазової суміші на виході м³;

1,5135 – середня в інтервалі температур (0÷1000) °C об'ємна теплоємність парогазової суміші, кДж/(м³/K);

1000 – температура парогазової суміші на виході із конвертора, °C.

Втрати тепла в навколишнє середовище Q₅ приймаємо 2638 кДж на 100 м³ сухого газу, який поступає в конвертор метану другого ступеня.

Перераховуємо теплоту на витрату сухого газу на виході з зони змішування:

$$Q_5 = \frac{212933,759}{100} \cdot 2638 = 5617192,55 \text{ кДж}, \quad (6.6)$$

де 212933,759 – об'єм сухого газу який поступає в конвертор метану.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні витрати тепла складають:

$$490016879,7 + 561792,55 = 495634072,3 \text{ кДж.}$$

Тепер знайдемо Q_3 з рівняння 5.26:

$$Q_3 = (Q_4 + Q_5) - (Q_1 + Q_2) = 495634072,3 - 456861762,6 = 38772309,69$$

кДж,

Звідки знаходимо температуру повітря, яке надходить в конвертор:

$$T_{\text{пов}} = \frac{Q_3}{C_{\text{в пов}} \cdot V_{\text{пов}}}, \quad (6.7)$$

$$T_{\text{пов}} = \frac{38772309,69}{1,3398 \cdot 74992,63} = 386 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad (6.8)$$

де 1,3398 – середня в інтервалі температур (0÷480) °С об'ємна теплоємність повітря, кДж/(м³/К);

74992,63 – об'єм повітря, яке надходить в конвертор м³.

Зводимо теплоти в таблицю (8.1):

Таблиця 6.1 – Тепловий баланс конвертора метану другого ступеня

Прихід тепла	Кількість		Витрати тепла	Кількість	
	кДж	%		кДж	%
З парогазовою сумішшю після трубчатої печі при 815 °С	31763445	64,086	З парогазовою сумішшю на виході при 1000 °С	490016879,7	98,86
З повітрям при 480 °С	38772309,7	7,822	Витрати у навколишнє середовище	5617192,551	1,14
Теплота реакцій при 0 °С	139227318	28,092	-	-	-
Усього	495634072	100		495634072,3	100

7 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

7.1 Розрахунок шахтного конвертора

За отриманим об'ємом каталізатора приймаємо діаметр каталізаторного пакету 3,73 та площу поперечного перерізу реактора:

$$S = \frac{\Pi d^2}{4} = \frac{3,73^2 \cdot 3,14}{4} = 10,92 \text{ м}^2. \quad (7.1)$$

Після чого ми можемо обчислити висоту шару основного каталізатору (нікелевого):

$$h = \frac{S}{d} = \frac{10,92}{3,73} = 2,92 \text{ м}. \quad (7.2)$$

На шар нікелевого каталізатора ще додатково досипається 1 м жаростійкого (хромового) каталізатору, також враховується висота розподільчих плиток і таврових балок які підтримують каталізатор, це ще додаткових 31,5 см. Тобто загальна висота складе 4,235 м. Орієнтуючись по цим даним обираємо стандартний шахтний конвертор з потужністю 1360 тон аміаку на добу.

7.2 Розрахунок компресора

Компресор повинен подавати $V=70684,3 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря, стислого до тиску $p_{абс} = 38 \text{ кгс/см}^2$. 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:

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

$$n = \frac{\lg p_{\text{кон}} - \lg p_1}{\lg x}, \text{ в даному випадку } n = \frac{\lg p_{\text{абс}}}{\lg x},$$
$$n = \frac{\lg 38}{\lg 4} = 2,62 \approx 3. \quad (7.3)$$

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x = \sqrt[3]{p_{\text{абс}}} = \sqrt[3]{38} \approx 3,36. \quad (7.4)$$

Таким чином, 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:

$$L_{\text{ад}} = nRT_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{\text{кон}}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]. \quad (7.5)$$

Для повітря знаходимо:

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

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

$$L_{\text{ад}} = 3 \cdot 286,55 \cdot 303 \cdot \frac{1,31}{1,31-1} \left[\left(\frac{38}{1} \right)^{\frac{1,31-1}{1,31}} - 1 \right] = 663061,3 \text{ Дж} / \text{кг}. \quad (7.6)$$

Потужність, що витрачається, обчислюємо за формулою:

$$N = \frac{V \cdot \rho_0 \cdot L_{\text{ад}}}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{70684,3 \cdot 1,22 \cdot 663061,3}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,7} = 13390,86 \text{ кВт}. \quad (7.7)$$

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:

$$T_2 / T_1 = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 303 \cdot 3,36^{\frac{0,31}{1,31}} = 403,64 \text{ К} = 130,64^\circ\text{C}. \quad (7.8)$$

Приймаючи приблизно питому теплоємність повітря при значеннях тиску 3,36; 11,3 і 38 кгс/см² однаковою і рівною $C_p = 1,006 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, знаходимо, що в трьох холодильниках компресора (після I, II і III ступені) охолоджуюча вода повинна відводити теплоти:

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = n \cdot V \cdot \rho_0 \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) / 3600 = 3 \cdot 70684,3 \cdot 1,22 \cdot 1,006 \cdot (130,64 - 30) / 3600 = 7275757 \text{ Вт.} \quad (7.9)$$

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

$$Q = L_{\text{ад}} V_0 \rho_0 = \frac{663061,3 \cdot 70684,3 \cdot 1,22}{3600} = 15883051 \text{ Вт.} \quad (7.10)$$

При нагріванні води на 10 °С витрата її складе:

$$G_B = \frac{Q}{C(t_2 - t_1)} = \frac{15883051}{4,19 \cdot 10^3 \cdot 10} = 173,64 \text{ кг/с, або} \quad (7.11)$$

$$V = \frac{173,64 \cdot 3600}{1000} = 625,12 \text{ м}^3 / \text{год,} \quad (7.12)$$

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

7.3 Розрахунок парової турбіни

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÷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:

Температура пари після розширення у турбіні, °С:

$$t_{kxg} = (t_{0xg} + 273,2) \cdot \left(\frac{p_{kxg}}{p_{xg}} \right)^{\frac{K-1}{K} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ад}}}} = (310 + 273,2) \cdot \left(\frac{40}{160} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4} \cdot \frac{1}{0,8}} = 411,77, \quad (7.13)$$

де, t_{0xg} – температура пари на вході до турбіни, °С, p_{xg} – тиск пари на вході до турбіни, атм, p_{kxg} – тиск пари на виході із турбіни, атм, K – показник адіабати, $\eta_{\text{ад}}$ – адіабатичний ККД, частка.

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

$$Q_{01} = V_{xg} \cdot C_{p0} \cdot t_{0xg} / 22,4 = 51657,07 \cdot 121,293 \cdot \frac{320}{22,4} = 89509151,61, \quad (7.14)$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Теплота, що відходить з парою, $\text{кДж}/\text{год}$..

$$Q_{02} = V_{xg} \cdot C_p \cdot t_{kxg} / 22,4 = 51657,07 \cdot 37,278 \cdot 411,77 / 22,4 = 35399131,2, \quad (7.15)$$

де, C_p – теплоємність пари при температурі t_{kxg} , $\text{кДж}/(\text{кмоль}\cdot\text{гр})$.

Потужність парової турбіни, кВт :

$$NT = (Q_{01} - Q_{02}) \cdot N_{vt} / 3600 = (89509151,61 - 35399131,2) \cdot 0,98 / 3600 = 14729,95, \quad (7.16)$$

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

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості та їх чутливість до порушень режиму спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

8.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

На підставі аналізу технологічного процесу (опис технологічної схеми наведено в розділі 4), а саме виробництва конвертованого газу для синтезу аміаку постають наступні задачі автоматизації:

- 1) контроль витрат повітря та газової суміші після трубчатої печі у трубопроводах;
- 2) контроль надлишкового тиску повітря після компресора;
- 3) контроль, сигналізація та реєстрація температури парогазової суміші після трубчатої печі у трубопроводі;
- 4) контроль, сигналізація та реєстрація температури парогазової суміші після зони горіння;
- 5) контроль, сигналізація та реєстрація температури парогазової суміші II ступіні конверсії;
- 6) контроль, сигналізація та реєстрація температури парогазової суміші після котлів-утилізаторів у трубопроводі;
- 7) контроль рівня води у паросбірнику

Параметри регулювання та контролю виробництва води для лікарських форм наведено у таблиці 8.1.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 - Параметри контролю та керування виробництвом

№ п/п	Найменування стадії процесу, місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норма технологічного режиму та допустимих відхилень	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід	Витрата	28125 м ³ /год	Регулювання
2	Трубопровід	Тиск	30МПа	Контроль
3	Трубопровід	Температура	1000К	Контроль
4	Зона горіння шахтного реактора	Температура	1300К	Контроль
5	Нижня частина шахтного реактора	Температура	1100К	Контроль
6	Трубопровід	Температура	550К	Контроль
7	Паросбірник	Рівень	0,6...1м	Контроль

8.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення пароповітряної конверсії природного газу

Автоматизація виробництва – один із найважливіших напрямків науково-технічного прогресу, розвиток якого має об'єктивний характер. Це пов'язано насамперед з тим, що завдяки автоматизації вирішуються задачі стабільності продуктивності виробництва і покращення умов праці.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травмування, попереджає забруднення атмосферного повітря та водойм промисловими відходами.

Робота сучасного відділу пароповітряної конверсії метану можлива лише за умови його повної автоматизації. При ручному керуванні таким процесом найменша затримка реакції людини і як наслідок несвоєчасний вплив на процес можуть призвести до серйозних наслідків.

Для контролю витрати газу з трубчатої печі розроблено контур 1, що складається з діафрагми (1-1), динамометра (1-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (1-3).

Для контролю та регулювання витрати повітря розроблено контури 2, 3, що включає діафрагми (2-1), динамометр-витратомір (2-2), вторинний показувальний реєструвального та регулювальний прилад (2-3), пневматичного регулятора співвідношення двох параметрів з корекцією за третім (2-3), механізму виконавчого пневматичного (2-4).

Для контролю температури в зоні горіння розроблено контур 6, що складається з що складаються з платинового термоперетворювача (5-1) з вторинного показувального та реєструвального приладу (6-2)

Для контролю температури в нижній частині реактора розроблено контур 7, що складається з що складаються з платинового термоперетворювача (6-1) з вторинного показувального та реєструвального приладу (6-2)

Для контролю температури після котлів-утилізаторів розроблено контур 8, що складається з що складаються з платинового термоперетворювача (7-1) з вторинного показувального та реєструвального приладу (7-2)

Для регулювання рівня води в парозбірнику розроблений контур 9, що складаються з рівнеміру буйкового (8-1), приладу вторинного пневматичного показу вального реєстру вального зі станцією керування (8-2).

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У цьому розділі пояснювальної записки на підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратурного оформлення технологічного процесу визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, а також розроблена спрямована на його реалізацію схема автоматизації.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

9.1 Схеми організації відділення пароповітряної конверсії

На підприємстві працює 67 людей, з них:

1. Головний інженер (1 особа);
2. Замісник головного інженера (1 особа);
3. Головний технолог (1 особа);
4. Головний енергетик (1 особа);
5. Головний механік (1 особа);
6. Головний будівельник (1 особа);
7. Начальник зміни (4 осіб);
8. Помічник начальника зміни (4 осіб);
9. Апаратники (16 осіб);
10. Менеджер з постачання (1 особа);
11. Завідуючий складом (1 особа);
12. Начальник лабораторії (1 осіб);
13. Лаборант (8 осіб);
14. Головний бухгалтер (1 особа);
15. Економіст (1 особа);
16. Секретар (1 особа);
17. Охоронець (12 осіб);
18. Прибиральник (4 осіб);
19. Водій вантажника (4 осіб).

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.2 Кількість працюючих і обладнання

Кількість залученого у виробництві обладнання у відділенні конверсії природного газу 2 ступінь (табл. 9.1):

№	Назва апарату	Кількість одиниць
Перший етап		
1	Компресор	1
2	Змішувач	1
3	Шахтний реактор	1
4	Паросбірник	1
5	Котел-утилізатор 1 ступінь	2
6	Котел утилізатор 2 ступінь	1

Для першої зміни:
$$C_{cn} = 28 \cdot \frac{365}{(365 - 35 - 10)} = 32(\text{особи})$$

Для другої і третьої змін:
$$C_{cn} = 20 \cdot \frac{365}{(365 - 35 - 10)} = 23(\text{особи}).$$

Тривалість роботи підприємства:

$$T_{в.ц} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год / рік.}$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{в.ц}^{н.у} = \frac{365 - 10}{7} \cdot 40 \cdot (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год / рік.}$$

Кількість бригад:

$$N = \frac{8760}{2016} = 4 \text{ бригад.}$$

Тривалість роботи підприємства:

$$T_{в.ц} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год / рік.}$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{в.ц}^{н.у} = \frac{365 - 10}{7} \cdot 40 \cdot (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год / рік.}$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість бригад:

$$N = \frac{8760}{2016} = 4 \text{ бригад.}$$

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

Технічний контроль на виробництві

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції, що випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес.

На виробництві виконуються вхідний та вихідний контролю. Всі види контролю якості проводить головний технолог.

Вхідний контроль

Вхідний контроль виконує головний технолог, аналізуючи проби сировини, які надходять на виробництво. Аналізує наявність домішок пісок та вапняк.

Вихідний контроль

Вихідний: проводиться при отриманні кожної нової партії продукту головним технологом. Контроль спочатку проводиться візуально. Потім заміряються габаритні розміри, густина, механічна міцність.

Об'єктами технічного контролю є сировина і матеріали. Усі стадії контролю проводяться вручну головним технологом.

Суб'єкти контролю: головний технолог..

Технологічне обладнання перевіряється на стадії його закупки, та кожної робочої зміни перед запуском технологічної лінії головним інженером.

Тара та пакування проходять перевірку на відповідність паспортним даним на стадії вхідного контролю.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2-а зміна: 08.00 – 16.00 год; 3-я зміна: 16.00 – 00.00 год.

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

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 лабораторій мізерні в порівнянні з щорічним випуском продукції, тому ми ними нехтуємо.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паспорт якості

Враховуючи вимоги щодо якості продукту, паспорт матиме вигляд:

ТОВ «Відділення пароповітряної конверсії природного газу»,
м. Кіровоград

Паспорт якості № XX.XXX

Партія № 345-06-2015

Найменування продукту: Конвертований газ

Якість відповідає: ГОСТ 6221-90

Маса партії: 120т

Форма транспортування: 3 цистерни по 40т кожна

Показники якості

№	Назва показника	Значення	Норма
1	Вміст метану		0,35-0,55(об.)
2	Температура		650К

Дата виготовлення

Термін зберігання необмежений.

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

Лаборант _____.
(підпис)

Головний технолог _____.
(підпис)

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк. 55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.5 Калькуляція собівартості

1. Вартість основних фондів:

- Вартість будівель та споруд 1 400 000 грн;
- Вартість обладнання 4 000 000 грн;
- Ліцензія 6 000 000 грн;

Всього: 11400000 грн.

Амортизація:

ОФ = 11400000 грн. Час експлуатації ОФ – 10 років

$A = \text{ОФ} / T_{\text{експ}} = 11400000 / 10 = 1140000 \text{ грн/рік}$

Норма амортизації: $H_a = 1 / T_{\text{експ}} = (1/10) \cdot 100 \% = 10 \%$

2. Розрахунок витрати електроенергії:

Потужність обладнання $N = 210 \text{ кВт/год.}$

Оскільки потужність більше 35 кВт маємо перший клас напруги.

Ціна 1кВт = 38,76 копійок – нічний час та в денний час - 1кВт = 145,37 копійки.

Підприємство працює 24 години на добу 365 днів на рік

Нічний час: $B_{20.00-8.00} = 12 \cdot 365 \cdot 210 \cdot 1,4537 = 1337113,26 \text{ грн / рік,}$

Денний час: $B_{8.00-20.00} = 12 \cdot 365 \cdot 210 \cdot 0,3876 = 356514,48 \text{ грн / рік,}$

Сумарні витрати на електроенергію:.

$Z_{\text{ел.енергія}} = 1337113,26 + 356514,48 = 1693627,74 \text{ грн / рік.}$

Витрати на теплову енергію:

На обігрів приміщення споживається тепла – 2000 Гкал/рік;

Тарифна ставка на теплову енергію – 1121,33 грн/Гкал;

$V_{\text{теп}} = 2000 \cdot 1121,33 = 2242660 \text{ грн/рік.}$

4. Сумарні затрати на енергію:

$2242660 + 1693627,74 = 3936287,74 \text{ грн/рік.}$

5. Витрати сировини на виготовлення конвертованого газу:

Вартість сировини:

- Природний газ – 3 120 000 000 грн/рік ;

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Повітря – 0грн/рік;
- Водяна пара – 200 000 грн/рік;
- Каталізатор – 3 800 000 грн/рік

Всього на річний випуск продукції затрачається сировини вартістю
 $3\,120\,000\,000 + 200\,000 + 3\,800\,000 = 4\,124\,000\,000$ грн/рік.

Таблиця 9.3 – 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
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	$3\,000 \cdot 8 = 24\,000$
Апаратник	16	$3\,000 \cdot 16 = 48\,000$
Менеджер з постачання	1	5 000
Завідуючий складом	1	6 000
Головний бухгалтер	1	8 000
Економіст	1	4 500
Секретар	1	4 000
Водій - вантажник	4	$3000 \cdot 4 = 12\,000$
Прибиральниця	4	$3200 \cdot 4 = 12\,800$
Охоронець	12	$3000 \cdot 12 = 36\,000$
Всього	67	211 300

ЗП за рік: $211\,300 \cdot 12 = 2\,535\,600$ грн/рік

ЗП за рік для працівників з 13 зарплатою:

$164\,800 \cdot 13 = 2\,142\,400$ грн/рік

ЗП загальна: $2\,535\,600 + 2\,142\,400 = 4\,678\,000$ грн/рік

ФОП = ЗПрік + нарахування = $4\,678\,000 \cdot 1,22 = 5\,707\,160$ грн/рік

Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень

Випуск продукції заданий обладнанням: $V(\text{NH}_3) = 1360$ т/год аміаку.

Випуск конвертованого газу: $V = 1500$ т/год = $13\,140\,000$ т/рік

1. Собівартість одиниці продукції:

$C = 3\,132\,169\,720 / 13\,140\,000 = 238$ грн/т

2. Прибуток

Ринкова ціна 1 т конвертованого газу складає 274 грн/т

Прибуток на тону продукції:

$\Pi_{од} = 274 - 238 = 36$ грн/т

Річний прибуток підприємства:

$\Pi = 274 \cdot 13\,140\,000 - 3\,132\,169\,720 = 473\,266\,568$ грн/рік

3. Рентабельність:

$P = \Pi / C = 473\,266\,568 / 3\,132\,169\,720 = 0,15$ або 15%

4. Термін повернення капіталовкладень:

$T_{пов.к} = 3\,170\,000\,000 / 473\,266\,568 = 6,7$ років

5. Ефективність підприємства:

$E = \Pi / K = 473\,266\,568 / 3\,170\,000\,000 = 0,149$ або 14,9%

В роботі було розглянуто технологічну схему з використанням нового каталізатора Алвіго, який більш стійкий. І працює 6 років.

Вартість нового каталізатора – 3 166 000 грн/рік

1. Собівартість одиниці продукції:

$C = 3\,131\,535\,720 / 13\,140\,000 = 236,32$ грн/т

2. Прибуток

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ринкова ціна 1 т конвертованого газу складає 274 грн/т

Прибуток на тону продукції:

$$P_{od} = 274 - 236,32 = 37,68 \text{ грн/т}$$

Річний прибуток підприємства:

$$\Pi = 274 \cdot 13\,140\,000 - 3\,131\,535\,720 = 468\,824\,280 \text{ грн/рік}$$

3. Рентабельність:

$$P = \Pi / C = 468\,824\,280 / 3\,131\,535\,720 = 0,15 \text{ або } 15\%$$

4. Термін повернення капіталовкладень:

$$T_{пов.к} = 3\,170\,000\,000 / 468\,824\,280 = 6,7 \text{ років}$$

5. Ефективність підприємства:

$$E = \Pi / K = 468\,824\,280 / 3\,170\,000\,000 = 0,148 \text{ або } 14,8\%$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

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

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

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

10.1.1 Повітря робочої зони

Роботи, що виконуються в цеху, що проектується за затратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості (згідно ДСН 3.3.6.042-99).

У таблиці 10.1 наведені прийняті проектом гігієнічні норми метеорологічних умов у приміщенні цеху, що проектується.

Таблиця 10.1 - Санітарні оптимальні норми параметрів мікроклімату.

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Фактичне значення температури повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Фактичне значення відносної вологості повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	Фактичне значення швидкості руху
Холодний	II б	17 - 19	18	60 - 40	50	0,2	0,2
Теплий		20 - 22	21	60 - 40	50	0,3	0,3

					ХН 3216 1440 000 ПЗ		Арк.
							60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

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

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

$$t_{\text{поверх}} = 23 + 2 = 25^{\circ} \text{C}$$

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

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

Тепловиділення у виробничих приміщеннях нейтралізують шляхом теплової ізоляції частин чотирьох ступінчатого компресора, та центрального циркуляційного компресора. Для захисту рук від опіків при ремонтах, а також при огляді обладнання робітники користуються спеціальними рукавицями або надолонниками.

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

Проектом передбачено проводити наступні заходи. Проведення два рази на місяць контролю вмісту у повітрі робочої зони шкідливих речовин і параметрів. Використання термографів для безперервного контролю температури. Визначення відносної вологості повітря за допомогою стаціонарного (психрометр Августа), а також аспіраційного психрометра М-34. Встановлення чашечних анемометрів для спостереження за швидкістю руху повітря у приміщенні цеху. У таблиці 10.2 наведена санітарна характеристика цеху.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 роботи в цеху за зоровими умовами відно-сяться до розряду Vг.

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

Система природного освітлення – комбіноване освітлення.

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

Проектом передбачена робота аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення, яке представлене люмінесцентними лампами. Для оцінки освітленості у виробничих приміщеннях передбачено фотоелектричний люксметр Ю-116. Норми параметрів освітлення, згідно ДБН В.2.5-28-06 приведені у таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 - Норми виробничого освітлення

Робоче місце	Характеристика зорової роботи	Розряд та підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, ϵ_n , %		
			Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення
			Комбіноване	Загальне	Верхнє	Бокове	

Литвева машина	Малої точності	V _Г	-	100	3	1	1,8
-------------------	-------------------	----------------	---	-----	---	---	-----

10.1.3 Виробничий шум і вібрація

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

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

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

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

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

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

Віброізоляція здійснюється шляхом установки джерел вібрації на

					ХН 3216 1440 000 ПЗ		Арк.
							63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

віброізолятори, а також гнучких вставок у комунікаціях повітроводів.

Застосовують гумові, пружинні, комбіновані віброізолятори. Для зменшення вібрації кожухів, огорож та інших деталей, вироблених із сталевих листів, коливання яких часто відбуваються у резонансному режимі, застосовують вібропоглинання. Воно досягається нанесенням на вібруючу поверхню матеріалів, що володіють великим внутрішнім тертям (гуми, пластиків, вібропоглинаючих мастик) і розсіюючих енергію коливань. В будівлі передбачені будівлі для насосного обладнання для зниження рівня шуму та вібрації.

10.1.4 Електробезпека

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

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

Ураження електричним струмом можливе у результаті впливу дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під

напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

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

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{mA},$$

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \text{В};$$

де $R_{\text{л}}$ – опір тіла людини,

$R_{\text{л}} = 2 \div 4$ кОм; $R_0 = 4$ – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

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

$U_{\phi} = 220$ В – фазна напруга.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять: $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 36 \text{ В}$ змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1 \text{ с}$ та $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 2 \text{ В}$ при нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$. $R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом}$, $R_0 = 4 \text{ Ом}$. Тоді згідно з рівняннями:

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,23 \text{ мА},$$

$$U_{\text{д}} = 73,23 \cdot 3 = 219,72 \text{ В}.$$

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

На проектуваному підприємстві з метою збереження здоров'я персоналу всі струмоведучі частини обладнання, до яких можливий дотик персоналу, ізолювані (опір ізоляції електропроводів вище $0,5 \text{ М (Ом)}$).

Як захист від ураження електрикою розраховано занулення.

Перевіряємо умови забезпечення вимикальної здатності занулення:

$$I_{\text{к.з}} \geq 3 \cdot I_{\text{пн.вст}}^{\text{н}}$$

Визначаємо номінальний струм електродвигуна

$$I_{\text{ел.дв}}^{\text{н}} = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \alpha} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 17,1 \text{ А}$$

де P - номінальна потужність двигуна, кВт; $U_{\text{н}}$ - номінальна напруга, В;

$\cos \alpha$ - коефіцієнт потужності.

Значення зовнішнього індуктивного опору петлі фаза-нуль для розрахунку береться $0,6 \text{ Ом/км}$.

Визначаємо пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{ел.дв}}^{\text{пус}} = 7,5 \cdot I_{\text{н}} = 7,5 \cdot 17,1 = 128,2 \text{ А}$$

Розраховуємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{\text{пл.вс}}^{\text{н}} = \frac{I_{\text{ел}}^{\text{пус}}}{\alpha} = \frac{128,2}{2} = 64,1 \text{ А}$$

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{пл.вс}^H = 3 \cdot 64.1 = 192.3 \text{ А}$$

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

$$\delta = \frac{I_{к.з.}}{\alpha} = \frac{192.3}{4 \cdot 40} = 1.6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

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

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

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

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

$$\frac{1}{R_n + X_n} \geq \frac{R_\phi + X_\phi}{2}$$

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

$$R_\phi = r \cdot l_\phi = 6.4 \cdot 0.1 = 0.64 \text{ Ом}$$

$$R_n = r \cdot l_n = 1.81 \cdot 0.05 = 0.09 \text{ Ом}$$

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

$$X_\phi = X_w \cdot l_\phi = 3.84 \cdot 0.1 = 0.38 \text{ Ом}$$

$$X_n = X_w \cdot l_n = 1.08 \cdot 0.05 = 0.054 \text{ Ом}$$

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль $X_1 = 0.6 \text{ Ом/км}$.

Загальна довжина петлі фаза-нуль $1.5 \cdot 100 = 150 \text{ м} = 0.15 \text{ км}$

тоді $X_1 = 0.6 \cdot 0.15 = 0.09 \text{ Ом}$

Розраховуємо опір петлі фаза-нуль по залежності:

$$Z_T = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_1)^2} = \\ = \sqrt{(0.064 + 0.009)^2 + (0.38 + 0.054 + 0.09)^2} = 0.778 \text{ Ом}$$

де Z_T - опір трансформатора, Ом

Виконуємо перевірку умови надійного спрацьовування захисту:

$$I_{к.з} \geq 3 \cdot I_{пл.вс}^H \geq 462 \geq 3 \cdot 64.1 \text{ А}$$

$$462 \geq 192.3$$

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

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

10.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

В проектуваному 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 заздалегідь; або ж використовують звукові сигнали.

Конструкцією шахтного конвертора передбачено зручність і безпеку її обслуговування і ремонту, монтажу та демонтажу механізмів, вузлів і

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оснащення.

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

10.2 Пожежна безпека

Джерелами займання в цеху можуть бути відкритий вогонь, розпечені або нагріті стінки апаратів та обладнання, іскри електрообладнання, що можуть виникнути в результаті теплового або механічного пошкодження цілісності ізоляції; іс

кри удару і тертя деталей машин і обладнання, а також прямий удар блискавки в будівлю. За захистом від блискавки виробнича будівля відноситься до III категорії. Будівлі захищаються від прямих ударів блискавки блискавковідводами (стержньові, вкриті ізоляцією). Для захисту від занесення високих потенціалів блискавки по трубопроводам передбачено їх заземлення, перед входом до будівлі.

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

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

- у виробничому корпусі передбачено 6 виходів, що забезпечують

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

евакуацію людей при пожежах;

- через кожні 5,0-7,5 м по ланцюгу зовнішнього водопроводу встановлені гідранти;
- передбачені внутрішній протипожежний трубопровід;
- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- вода береться з водопровідної мережі даного підприємства;
- із зовнішньої сторони будівлі встановлено два пожежні сходи.

На проектуваному підприємстві передбачається пожежна сигналізація і зв'язок.

Протипожежні розриви між будівлями складають 10м.

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

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

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 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.

11.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості 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. У верхній частині шахтного реактора розташований змішувач, в який через центральну трубу надходить пароповітряна суміш з температурою 755 К, а по кільцевому просторі – парогазова суміш з температурою 1100 К. Повітря подається за допомогою турбокомпресора, який обертає парова турбіна. Тому потрібно утилізувати відпрацьоване мастило після цих машин. Після змішувача парогазоповітряна 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.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика сировини і продуктів наведені у таблиці 11.1.

Таблиця 12.1 – Характеристика сировини і продуктів [19]

№	Найменування стадії виробництва; перелік сировини, напівпродуктів, продукції.	Властивості	Проблеми	Кількість сировини, напівпродуктів, кг (м ³)	
				На 1 т готової продукції	За рік
1	Пароповітряна 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
	Конвертований 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 11.2.

Таблиця 11.2 – 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 1 т 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 про- дування 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-утилізаторів. м ³	185	67525	В гарячу камеру ВОЦ-2	99	
6	Відпрацьовані оливи	0,332	114547	Передається в дільницю регенерації масел	100	

Характеристика екологічного стану виробництва наведена у таблиці 11.3.

Таблиця 11.3 – Екологічний стан виробництва

№	Найменування стадії виробництва; склад відходів, викидів, стоків	Кількість відходів, викидів та стоків, кг (м ³)		Концентрація забруднювача, мг/м ³	ГДК, мг/м ³ , мг/дм ³	Відповідність нормі
		На 1 т готової продукції	За рік			
1	Знешкодження конвертованого 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	Ні
3	Вода після продування сепараторів газових компресорів. Олива	0,0099 м ³	2168,1 м ³	До 20	Не нормується	

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.

11.2 Можливі варіанти екологізації виробництва, розрахунки та підбір обладнання за обраним рішенням

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 навколишнього 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 каталізатору;
- 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. Встановлення гранично допустимого викиду дозволяє захистити навколишнє середовище, населення від шкідливої дії атмосферних забруднень, які потрапляють в нижні шари атмосфери від даного виробництва. Гранично допустима концентрація залишається основним

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормативом для певної шкідливої речовини, проте гранично допустимі викиди простіше контролювати за допомогою засобів моніторингу викидів.

Гранично допустимі викиди для труб факельних установок розраховують за формулою:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^2}{r \cdot F} \cdot \sqrt{\frac{V \Delta T}{N}},$$

де ГДК – гранично допустима концентрація шкідливої речовини;

C_{ϕ} – фонові концентрації даної речовини в атмосфері;

H – висота труби;

r – фактор рельєфу;

F – коефіцієнт впливу осадження домішки;

V – об'єм викидів;

ΔT – перегрів газів відносно атмосферного повітря;

N – кількість труб.

Метою даного розрахунку є визначення гранично допустимих викидів, які забезпечать достатній рівень екологічної безпеки для навколишнього середовища і населення, а також відповідність нормам по ГДК.

Для розрахунку приймемо такі вихідні дані: об'єм викидів складає 7,33 м³ на тонну продукції або 10995 м³/добу, перегрів складає 980 °С, оскільки температура газів складає 1000 °С, r дорівнює 1, оскільки рельєф рівнинний, F дорівнює 1 для газів, C_{ϕ} для граничних умов приймемо рівним 0,01 мг/м³, ГДК для оксиду вуглецю складає 20 мг/м³, висота труби складає 60 м, кількість труб дорівнює 1. Отже, величина ГДВ складає 247873195 м³/добу.

Отже, факельна установка Кл-68-926 дозволяє проводити знешкодження викидів, оскільки значення реальних викидів набагато менше.

11.3 Екологічний моніторинг та розрахунок екологічних платежів

Параметри, що передбачається контролювати в рамках екологічного моніторингу: допустиме значення вмісту оксиду вуглецю в атмосфері менше 20 мг/м³, параметр повинен постійно контролюватися.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відбір проб відбувається на постах моніторингу забрудненості повітря за допомогою газоаналізатора ГТМК-18, який виробляють на заводі АТ «Львівприлад», м. Львів. Допустима похибка вимірювання 0,25 %. Перший пост знаходиться на відстані 1 км від точки викидів (факельної установки).

Податковий кодекс України встановлює, що суб'єкти господарювання, які в процесі діяльності здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферу стаціонарними джерелами забруднення є платниками екологічного податку (ст. 210.1).

Об'єктом оподаткування є обсяги та види забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами (ст. 242.1.1).

Згідно статті 243.1 Податкового кодексу України, ставка податку за викид оксиду вуглецю складає 46 грн/т, згідно статті 243.4 ставка за викиди двооксиду вуглецю складає 0,2 грн/т.

За нормальних умов експлуатації агрегату, викид в атмосферу забруднюючих речовин відбувається в період пуску-зупинки і на протязі всього року з димовими газами. Для такого режиму роботи величина екологічного податку складає:

$$\text{Прв} = 46 \cdot (64 + 299090) / 1000 = 13761 \text{ грн/рік.}$$

В даному розділі проведено аналіз джерел можливого забруднення, розглянуті можливі варіанти екологізації виробництва, обрано очисне обладнання (факельна установка для очистки викидних газів), представлено вимоги до екологічного моніторингу, розраховано екологічні платежі за викид забруднюючих речовин в атмосферу. Величина екологічного податку, згідно чинного законодавства України, складає 13761 грн/рік.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Проектом була обрана класична технологічна схема пароповітряної конверсії природного газу 1360 тонн на добу, під тиском 36 атм., з концентрацією метану на виході з шахтного конвертора 0,3 %, реальні перспективи подальшого розвитку і модернізації технології до 0,1 % на виході з конвертору і менше.

Продукція підпорядковується найвищій категорії діючих стандартів ГОСТ та ISO, що має забезпечити конкурентоздатність виробника як на вітчизняному, так і світовому ринках збуту. Розглянуті фізико-хімічні основи пароповітряної конверсії метану, а також використано їх у розрахунках матеріального, теплового та розрахунку шахтного конвертора.

Розроблено у середовищі MS Excel програму розрахунку матеріального балансу, розраховано склад газу після трубчатої печі, склад газу на виході з зони змішування, склад газу після зони горіння, склад газу після шахтного конвертора, що дали змогу для подальшого розрахунку теплового балансу конвертора.

Розроблена схема автоматизації цілком задовольняє визначені проектом цілі та задачі автоматизації, враховує особливості конкретного технологічного процесу. А саме встановлено контроль та регулювання витрати пари, повітря, температуру газу після котлів утилізаторів, рівень живильний води в парозбірнику, та витрату пари з парозбірника, та контроль вмісту метану після пароповітряної конверсії.

Економіко-організаційною частиною проекту забезпечено аналіз та оцінку економічної ефективності. Розрахована собівартість продукту, а також рентабельність та термін повернення коштів. Рентабельність складає 15 %, термін повернення коштів 6,7 років.

У проекті приділено екологічній безпеці, що обумовлює найвищій рівень екологічності виробництва в цілому. Це дасть змогу отримати відповідні міжнародні сертифікати, а від так залучити додаткові кошти на розвиток технології. У проекті прораховано та запропоновано заходи по

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшенню шкідливих впливів на оточуюче середовище, що мають надійно усунути відхилення від норм ГДК.

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 розширено коло питань, що потребували дослідження.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Жаворонков, Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1986. – Ч. 1. - 512 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. технології» / 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.
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,

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк. 79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

					ХН 3216 1440 000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		