

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Виробництво 60 %-ої азотної кислоти.
Розробити та модернізувати кожухотрубний теплообмінник
для охолодження нітрозних газів

Виконав:
студент групи ХМ.мдн-01ш
Рудюк Олександр Васильович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

докт. техн. наук, зав. кафедри

Склабінський В.І.

підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 21 рис., 1 табл., 1 додаток, 25 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва 60 %-ої азотної кислоти, монтажне креслення ділянки, складальне креслення кожухотрубного теплообмінника, складальне креслення трубного пучка – усього 5 аркушів графічної частини (5,0×А1).

Тема кваліфікаційної роботи «Виробництво 60 %-ої азотної кислоти. Розробити та модернізувати кожухотрубний теплообмінник для охолодження нітрозних газів».

У роботі проведено літературний огляд за тематикою роботи, де проведено критичний аналіз технологічних схем виробництва неконцентрованої азотної кислоти контактним способом, розглянуто теоретичні основи виробництва неконцентрованої азотної кислоти та конструктивні особливості і методику теплового розрахунку кожухотрубних теплообмінників. Також виконані технологічні, конструктивні розрахунки проєктованого апарату, а також розрахунки апарату на міцність та герметичність, що підтверджують працездатність і надійність роботи холодильника. Розроблено схему автоматизації технологічного процесу. Проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації обладнання у виробництві неконцентрованої азотної кислоти, запропоновані заходи щодо їх усунення.

Ключові слова: АЗОТНА КИСЛОТА, НІТРОЗНІ ГАЗИ, КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, ВОДА ТЕХНІЧНА, КОМПОНУВАННЯ, МОНТАЖ, РЕМОНТ.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	5
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ	7
1.1 Критичний аналіз технологічних схем виробництва неконцентрованої азотної кислоти контактним способом	7
1.2 Теоретичні основи виробництва неконцентрованої азотної кислоти	14
1.3 Конструктивні особливості та методика теплового розрахунку кожухотрубних теплообмінників	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1 Опис технологічної схеми виробництва неконцентрованої азотної кислоти контактним способом	24
2.2 Опис кожухотрубного теплообмінника	26
2.3 Технологічні розрахунки	27
2.4 Конструктивні розрахунки	32
2.5 Гідравлічні розрахунки	34
2.6 Вибір допоміжного обладнання	36
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	41
3.1 Вибір основних конструкційних матеріалів	41
3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність	42
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	47
4.1 Обґрунтування компоновання обладнання установки	47
4.2 Монтаж та ремонт основного технологічного обладнання	49
5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	55
6 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК ПРИ ВИРОБНИЦТВІ НЕКОНЦЕНТРОВАНОЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТОК – Специфікації до графічної частини	

					XI.A.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Виробництво 60 %-ої азотної кислоти. Абсорбційна колона Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Рудюк</i>					4	69	
<i>Перевір.</i>	<i>Склабінський</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склабінський</i>					СумДУ, ХМ.мдн – 01ш		

ВСТУП

Азотна кислота є одним з початкових продуктів для отримання більшості азотовмісних речовин. Сфери застосування азотної кислоти дуже різноманітні. Велика її частина (до 75–80 %) витрачається на виробництво азотних і комплексних мінеральних добрив і різноманітних нітратів, 10–15 % йде на отримання вибухових речовин і ракетного палива, решта кількості споживається виробництвом барвників, органічним синтезом і в кольоровій металургії [1].

Промисловістю виробляється неконцентрована (до 60–62 % HNO_3) і концентрована (98–99 % HNO_3) кислота. У невеликих об'ємах випускається реактивна і азотна кислота особливої чистоти. У виробництві вибухових речовин нітрацією толуолу, уротропіну, ксилолу, нафталіну і інших органічних продуктів застосовують концентровану азотну кислоту. Для отримання добрив споживається, як правило, розбавлена азотна кислота [2].

Виробництво промислових хімікатів (головним чином, адипінової кислоти, толуїлендіізоціанатів і нітробензолу на базі азотної кислоти) сконцентроване, в основному, у Західній Європі і США, хоча останніми роками швидке розширення їх випуску відзначалося також в країнах Східної Азії. В Індії швидкими темпами (7 % на рік) приростає ринок концентрованої азотної кислоти. Окрім споживання концентрованої азотної кислоти підприємствами оборонного комплексу, продукт використовується у виробництві нітроароматичних з'єднань, акрилонітрільних волокон, пестицидів, ліків і барвників. Особливо відзначається зростання споживання азотної кислоти для лікарських засобів і пестицидів [2].

Таким чином, у зв'язку з неухильним зростанням виробництва азотної кислоти, питання вдосконалення технології та розвитку нових методів виробництва азотної кислоти набувають великого значення.

У даній кваліфікаційній роботі запроектовано кожухотрубний теплообмінник для охолодження нітрозних газів.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Загалом, магістерську кваліфікаційну роботу виконано у відповідності до методичних вказівок [3] із дотриманням нормативних вимог та наявністю усіх регламентованих розділів.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМАТИКОЮ РОБОТИ

1.1 Критичний аналіз технологічних схем виробництва неконцентрованої азотної кислоти контактним способом [1, 2]

На рис. 1.1 представлена технологічна схема агрегату АК-72. Принцип його роботи полягає у наступному. Атмосферне повітря після очищення від механічних домішок на фільтрах грубого і тонкого очищення в апараті 1 засмоктується осьовим повітряним компресором 2. Стисле повітря розділяється на два потоки, із яких основний потік прямує в апарати окислення аміаку 10, а другий потік – проходить послідовно підігрівач газоподібного аміаку 6, продувну колону 25 і змішується з нітрозними газами на лінії всмоктування нітрозного нагнітача 20.

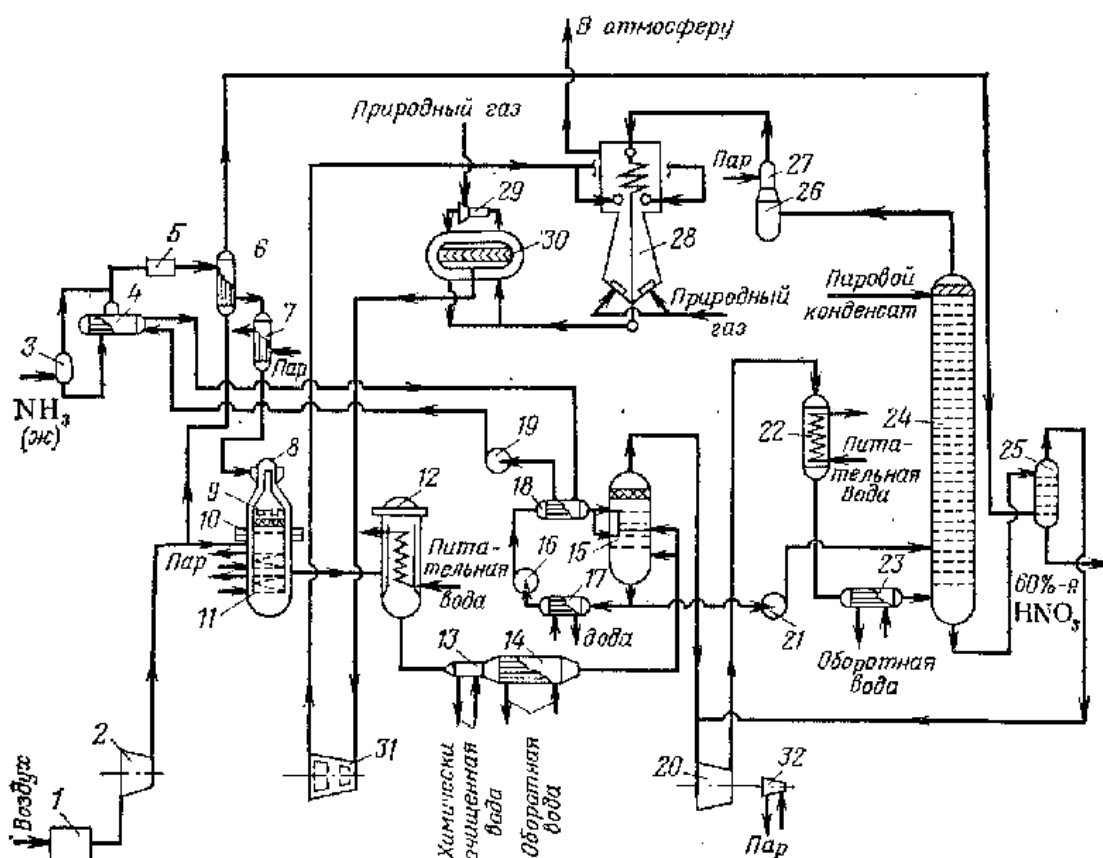


Рисунок 1.1 – Технологічна схема агрегату АК-72

Рідкий аміак надходить у ресивер 3, а потім у випарник 4, де випаровується за рахунок тепла циркулюючої води.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

Вологий газоподібний аміак очищається у фільтрі 5 від механічних домішок (каталізаторного пилу) і парів масла, нагрівається в підігрівачі 6 стисненим повітрям (а в холодну пору року – додатково в теплообміннику 7 парою). Гарячий газоподібний аміак змішується з повітрям у змішувачі 8, вбудованому у верхню частину контактного апарату 10. Аміачно-повітряна суміш піддається додатковій тонкій очистці у фільтрі 9, також вбудованому в контактний апарат.

Окислення (конверсія) аміаку здійснюється на каталізаторних сітках з платино-родієвим сплавом.

Гарячі нітрозні гази охолоджуються послідовно в котлі-утилізаторі 11, розташованим під каталізаторними сітками, в економайзері 12, підігрівачі хімічно очищеної води 13, холодильнику-конденсаторі 14 і промивачі 15 разом із процесами охолодження нітрозного газу і конденсації пари з утворенням азотної кислоти здійснюється промивка нітрозних газів від аміака, що не прореагував на каталізаторних сітках, і нітрит-нітратів амонію, що утворюються з аміаку і оксидів азоту в тракті до промивача.

Промивач 15 зрошується азотною кислотою, циркуляція якої здійснюється насосом 16 через холодильник 17, який охолоджується оборотною водою, і в холодильник 18, охолоджуваний циркулюючою через випарники рідкого аміаку 4 охолодженою водою. Із промивача 15 40–45 % кислота насосом 21 подається на зрошення в абсорбційну колону 24.

Охолоджений нітрозний газ надходить у нагнітач 20, стискається, далі послідовно охолоджується в підігрівачі живильної води 22 і в холодильнику-конденсаторі 23 та надходить в абсорбційну колону 24. Продукційна азотна кислота концентрацією 60 % надходить в продувну колону 25, де під тиском із неї повітрям віддувають розчинені оксиди азоту, а далі самопливом спрямовується у сховища.

Вихлопні гази з абсорбційної колони спрямовуються в пастку 26 із вбудованим теплообмінником 27, в якому вони підігріваються для випаровування дрібних бризок, а потім – у підігрівач 28. Протиточний

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

підігрів стислих вихлопних газів здійснюється послідовно розширеними вихлопними газами з газової турбіни і димовими газами, що утворюються при згорянні природного газу в пальниках радіаційної частини підігрівача 28. Нагріті вихлопні газы проходять сорочку реактора каталітичного очищення 30 і змішуються з природним газом у змішувачі 29.

Суміш надходить у реактор каталітичного очищення 30, де на двоступеневому каталізаторі при надлишку природного газу відбувається відновлення оксидів азоту до азоту з одночасним підігрівом вихлопних газів до 750–770° С. Гарячі вихлопні газы спрямовуються на рекупераційну газову турбіну 31. Енергія розширення гарячих вихлопних газів майже повністю відповідає витратам механічної енергії на стиснення повітря і нітрозних газів; деяка нестача механічної енергії заповнюється роботою парової турбіни 32. Розширені вихлопні газы з турбіни надходять у підігрівач 28, охолоджуються і викидаються через вихлопну трубу в атмосферу.

У процесі експлуатації АК-72 було виявлено деякі недоліки цієї схеми і конструкції газотурбінного турбокомпресорного агрегату ГТТ-12.

До недоліків схеми відноситься використання реактора каталітичного очищення в період пуску агрегату в якості камери згорання для підвищення температури від 480 до 650–750°С. Це призводить до швидкого «старіння» каталізатора, а це погано впливає на його активність в окислювальному середовищі (в повітрі), що ускладнює пуск агрегату.

Також недоліком є жорсткий взаємозв'язок між технологією і машиною. Вона проявляється в тому, що для підтримки стабільних оборотів машини необхідно стабілізувати температуру в реакторі, а це залежить від підтримки концентрації кисню у вузьких межах. А в процесі експлуатації можливі порушення, що призводять до зміни концентрації кисню. Внаслідок великої місткості система регулювання концентрації кисню має велику інерційність. А коливання числа обертів машини, у свою чергу, ускладнює стабілізацію технологічного режиму.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

Недоліком схеми є і той факт, що високотемпературна каталітична очистка вихлопних газів є джерелом викиду в атмосферу великої кількості оксиду вуглецю.

До основних же принципових недоліків машини ГТТ-12 (що складається з повітряного компресора, нагнітача нітрозного газу, газової та парової турбіни) можна віднести такі особливості:

- труднощі оперативного впливу на частоту обертання валу турбін низького тиску (ТНТ) при збуреннях в системі (коливаннях температур газу перед турбіною і т. д.);
- нестача потужності на валу нітрозного нагнітача, що викликаний зниженням ККД ТНТ, призводить до того, що для підтримки частоти обертання на рівні 5000 об/хв. необхідна постійна робота парової турбіни.

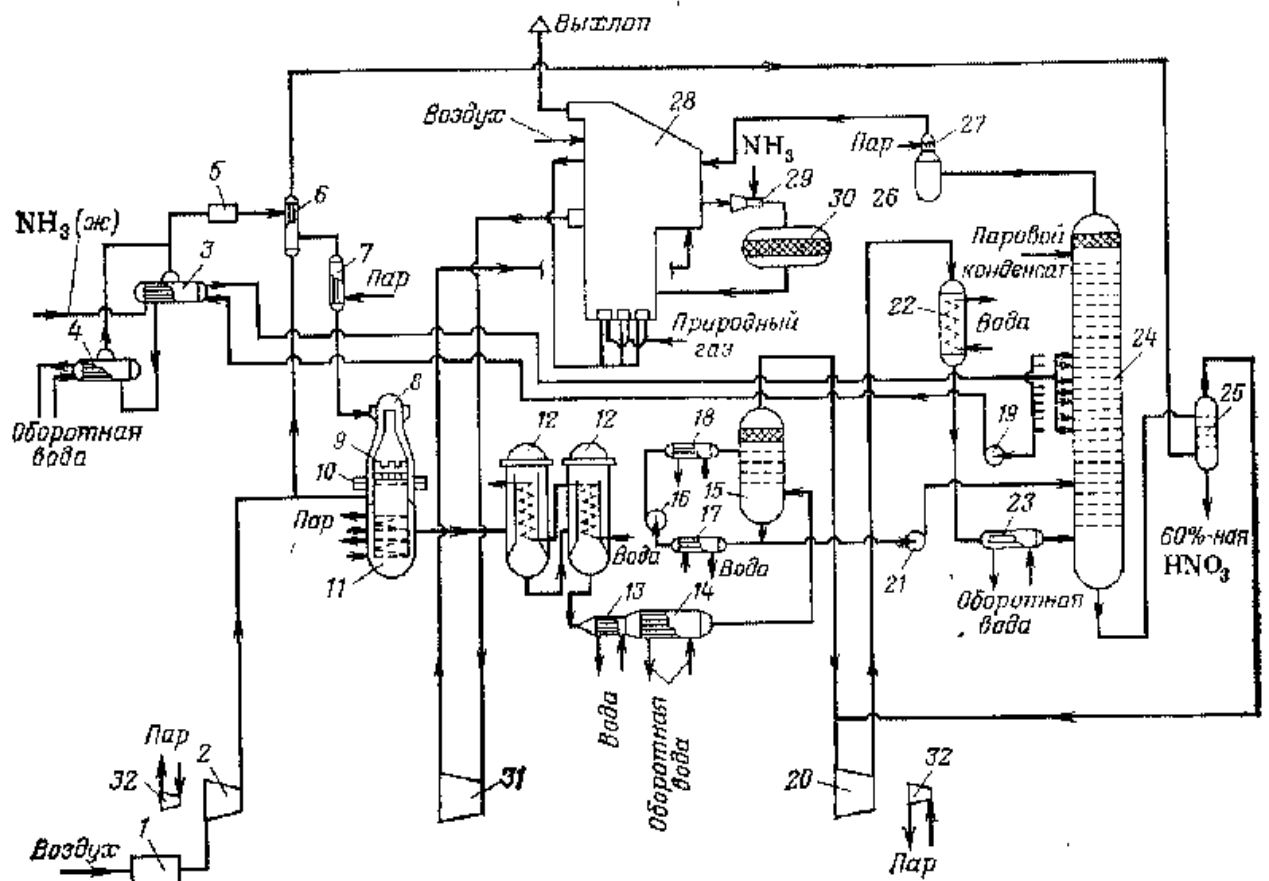


Рисунок 1.2 – Технологічна схема агрегату АК-72М

Із метою вирішення проблем АК-72 було впроваджено удосконалену схему цього агрегату під назвою АК-72М. На рис. 1.2 представлена технологічна схема агрегату АК-72М.

Оскільки цей агрегат має загальну основу із АК-72, то варто зупинитися лише на їх суттєвих відмінностях. Вихлопний газ надходить після підігрівача 27 у блок підігріву вихлопних газів 28. Після підігріву в регенеративній секції блоку до 300°C неочищений газ виводиться у змішувач 29. Сюди ж подається газоподібний аміак, отриманий випаровуванням рідкого аміаку.

Зі змішувача газу надходять у реактор каталітичної очитки 30. При каталітичному очищення підвищення температури газу не відбувається.

Очищений вихлопний газ із реактора повертається у блок підігріву 28, в якому нагрівається до 760°C і надходить в газову турбіну 31. Додатковий економайзер 12 котла-утилізатора встановлюється між першим економайзером 12 і підігрівачем хімічно очищеної води 13.

Вода після підігрівача 22 надходить при температурі 160°C у додатковий економайзер 12, нагрівається в ньому до 230°C і надходить в перший по ходу газу економайзер. Установка додаткового економайзера дозволяє не тільки збільшити корисне використання тепла, але і поліпшити умови експлуатації підігрівача 13.

Розрахункова температура нітрозного газу становить близько 110°C, внаслідок чого зменшується теплове навантаження холодильника 14 і відповідно витрата охолоджуючої води.

Шляхом збільшення поверхні теплообміну підігрівача 22 – знижена температура нітрозного газу на виході з нього.

У схему випаровування рідкого аміаку також внесені зміни. Випаровування проводиться у двох послідовно встановлених випарниках 3 і 4. У випарнику 3 випаровується приблизно 80 % усього аміаку.

Також встановлено другу парову турбіну на валу повітряного компресора ГТТ-12. Внесено відповідні зміни у схему використання пари, що

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

генерується в котлі-утилізаторі. Передбачена можливість подачі на парові турбіни ГТТ-12 усієї пари з видачею цієї пари в заводській мережі під тиском 1,67 МПа. При нормальній роботі машини, щоб не було витоків робочого тіла і т. ін., на парові турбіни досить подавати 30–40 т/год. пари, а решта пари (40–45 т/год.) може бути відведена з агрегату. За відсутності споживачів усю вироблену в агрегаті пару можна спрямовувати на парові турбіни ГТТ-12М, що дозволить знизити температуру вихлопного газу перед турбіною і забезпечити економію природного газу.

У модернізованій схемі виробництва модернізації також піддалися деякі окремі установки і апаратура.

Агрегат ГТТ-12М. Найбільшою мірою усунення конструктивних недоліків машини відповідає прийнята схема з установкою парових турбін із протитиском на обох валах машини. Установка додаткової парової турбіни на валу осьового компресора дозволяє:

- стабілізувати частоту обертання осьового компресора на заданому рівні при будь-яких відхиленнях у процесі (падіння температури на вході в турбіну, підвищення газодинамічного опору системи тощо), причому стабілізація протікає оперативно;
- компенсувати падіння ККД осьового компресора і ТНТ в процесі експлуатації через зношеність та забруднення шляхом відбору потужності від парової турбіни і тим самим підтримувати продуктивність машини незмінною у часі.

Для охолодження газової турбіни передбачено використання очищених вихлопних газів після реактора каталітичного очищення з температурою 300°C. Це дозволяє звільнити до 10 т/год. стиснутого повітря і направити його на технологічні потреби.

У ГТТ-12М забезпечується частота обертання осьового компресора 5200 об/хв., що зумовлює підвищення загальної продуктивності агрегату.

Блок підігріву вихлопних газів БПГ-172. Він призначений для нагріву вихлопних газів від 50°C до 760–780°C за рахунок тепла

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

охолодження розширених вихлопних газів і тепла спалювання природного газу в топці радіаційної частини підігрівача.

Блок складається з конвективного регенератора, радіаційного підігрівача і підігрівача повітря. За допомогою останнього глибше утилізується тепло димових газів і знижується витрата палива. Підігрівач повітря являє собою двосекційний теплообмінник. У трубах рухається димові гази, а у міжтрубному просторі – повітря. Температура вихлопних газів, що викидаються, знижується з 210°C (в АК-72) до 170°C (в АК-72М).

Також модернізації та доопрацюванню піддається реактор каталітичного очищення, котел-утилізатор КН-85/40, промивач нітрозного газу.

Із вище наведеної інформації про методи отримання азотної кислоти можна зробити певні висновки. Виробництво кислоти за дуговим методом має досить нескладне апаратурне оформлення. Однак цей процес вимагає значних витрат електроенергії, що досягають 70000 кВт/год. на 1 т N₂ (це відповідає 64 т умовного палива). А на тлі сучасних тенденцій енергозбереження цей метод є нерентабельним.

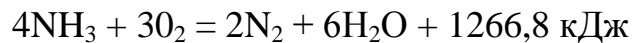
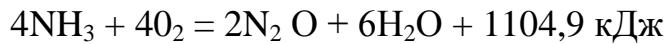
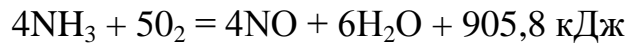
Останнім часом стало доступним відносно дешеве виробництво аміаку. Тому у нинішній час більш доцільно отримувати азотну кислоту контактним методом, вихідною сировиною для якого є рідкий аміак. Для виробництва слабкої 60 %-ої азотної кислоти вигідніше застосовувати модернізований агрегат АК-72М. Із застосуванням цього агрегату контактний метод не такий енерговитратний (у порівнянні з дуговим) за рахунок широкого застосування рекуперації тепла, що виділяється на певних стадіях процесу. Також в агрегаті встановлено парові турбіни для забезпечення роботи компресора та нагнітача. Турбіни частково використовують пару, яку згенеровано безпосередньо в агрегаті (40–45 т/год.).

Отже, враховуючи достатню дешевизну сировини та раціональне використання енергії для виробництва слабкої азотної кислоти вибираємо контактний спосіб в агрегаті АК-72М.

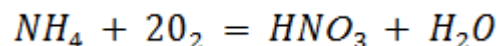
					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

1.2 Теоретичні основи виробництва неконцентрованої азотної кислоти

Окислення аміаку. Окислення аміаку киснем повітря до оксиду азоту є каталітичним процесом. Залежно від умов його проведення можливе протікання наступних реакцій:



Окрім цього, можливе утворення N_2 при розкладанні оксиду азоту NO , а також в результаті взаємодії його з NH_3 . Оскільки для окислення NH_3 використовують повітря, вміст аміаку в аміачно-повітряній суміші, що утворюється, обмежується вмістом кисню в повітрі. Оптимальний вміст аміаку в аміачно-повітряній суміші визначають на основі сумарної реакції:



Виходячи з цього рівняння вмісту NH_3 складає:

$$\frac{21}{2} : \left(100 + \frac{21}{2}\right) 100 = 9.5 \%$$

Практичний вміст аміаку в аміачно-повітряній суміші у виробничих умовах підтримують в межах 9,5–11,5 % об. при співвідношенні $[\text{O}_2] : [\text{NH}_3] = 1,7 : 2$. При збільшенні вмісту NH_3 більше 13 % суміш стає вибухонебезпечною. Так, при 380–400°C вибухає суміш, що містить 12,5–13 % NH_3 .

Каталізатори. Оскільки окислення аміаку може протікати в декількох напрямках, то для отримання необхідного продукту (NO) необхідно застосування каталізаторів, що мають селективну (виборчу) дію. Таким каталізатором є платиноїдний каталізатор, виготовлений зі сплаву платини з

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

паладієм і родієм. Платиноїдний каталізатор виконують у вигляді сіток з дроту (ниток) завтовшки 0,09 мм з числом осередків 1024 на 1 см². Найбільше поширення отримали наступні каталізатори окислення аміаку: платина + 4 мас. % Pd + 3,5 мас. % Rh – при атмосферному тиску і платина +7,5 мас. % Rh – для роботи при підвищеному тиску.

Нові сітки мають вигляд переплетення з гладких блискучих і еластичних ниток, в процесі експлуатації сітки стають матовими, губчастими з сильно розвиненою внутрішньою поверхнею, що веде до їх поступового руйнування. Сітки, що втратили більше 12 % первинної маси, передають на переплавку.

Швидкість окислення аміаку. Окислення аміаку до NO відноситься до гетерогенних процесів і складається з наступних стадій:

- 1) надходження реагуючих молекул з маси газу до зовнішньої поверхні каталізатора;
- 2) дифузії цих речовин до внутрішньої поверхні каталізатора;
- 3) взаємодії адсорбованих молекул із поверхнею каталізатора;
- 4) дифузії речовин, що прореагували, до зовнішньої поверхні каталізатора;
- 5) надходження продуктів реакцій із зовнішньої поверхні каталізатора в газовий потік.

Швидкість реакції окислення аміаку, у першу чергу, залежить від швидкості дифузії O₂ і NH₃ до поверхні каталізатора. Швидкість дифузії аміаку до поверхні платиноїдного каталізатора нижча, ніж швидкість дифузії кисню, при цьому вона і є визначальною швидкістю окислення аміаку до NO.

Відомо, що механізм окислення аміаку до NO на платиноїдних каталізаторах протікає через ряд проміжних реакцій.

При окисленні аміаку до оксиду азоту аміачно-повітряна суміш повинна пройти через шар каталізаторів. Час зіткнення газів із каталізатором

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

має бути абсолютно визначеним для досягнення заданої міри окислення аміаку. Для розрахунку часу контакту користуються рівнянням:

$$\tau = \frac{V_6}{V_2} \quad (1.1)$$

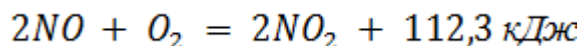
де τ – час перебування в зоні каталізу, °С ;

V_6 – вільний об'єм каталізатора, м³;

V_2 – об'ємна швидкість газу в умовах конверсії, м³/с.

Практикою показано, що оптимальний час перебування в зоні каталізу аміачно-повітряної суміші становить 10^{-4} – 10^{-5} с. Збільшення часу перебування в зоні каталізу, тобто зменшення швидкості газового потоку, веде до утворення елементарного азоту. Збільшення швидкості газу вище оптимальною зменшує час перебування газової суміші в зоні каталізу, що веде до проскакування аміаку в потік нітрозного газу. Аміак, що проскочив в потік нітрозного газу, реагує з оксидом азоту, утворюючи елементарний азот; взаємодіє із діоксидом азоту з утворенням нітриту і нітрату амонію; при високій температурі він може також розкладатися до елементарного азоту і N₂O. Усі вказані реакції ведуть до втрати аміаку.

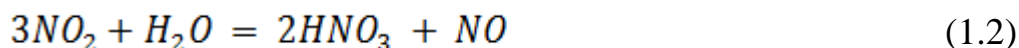
Окислення оксиду азоту. Реакція окислення NO в NO₂ є рівноважною, оборотною і йде з виділенням тепла:



За принципом Ле-Шательє, із підвищенням температури рівновага реакції зміщується вліво, що призводить до зниження виходу NO₂. Для прискорення цієї реакції доцільно застосовувати підвищені тиски, знижені температури, а також підвищені концентрації NO і O₂. Швидкість реакції пропорційна квадрату концентрації NO у газовій суміші і концентрації O₂. Окислення NO в NO₂ залежить від концентрації в NO і O₂, тиску і температури газу.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Абсорбція оксидів азоту. Нитрозні гази, що поступають на абсорбцію, містять NO_2 , N_2O_4 , N_2O_3 і NO . Усі ці оксиди, окрім NO , реагують із водою з утворенням азотної кислоти. Сумарно процес утворення HNO_3 описується у вигляді наступних рівнянь:



Із рівняння (1.2) виходить, що на отримання 2 моль HNO_3 витрачаються 3 моль NO_2 , причому $1/3$ азоту, що вводиться у процес, виділяється в газову фазу у вигляді NO . Оксид азоту знову окислюється киснем до NO_2 і при повторному поглинанні оксиду, що утворюється, знову виділяється із азоту у вигляді NO . Цей процес математично відповідає геометричній прогресії, сума членів якої дорівнює:

$$1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} + \dots = 1,5.$$

Звідси витікає, що повністю переробити оксиди азоту в азотну кислоту при водній абсорбції неможливо. У газах, що виходять із абсорбційної колони, завжди будуть присутні оксиди азоту, вміст яких залежить від умов їх поглинання.

Міра перетворення NO_2 в азотну кислоту збільшується при поглинанні оксидів азоту розбавленими водними розчинами азотної кислоти, при знижених температурах. Абсорбція практично повністю припиняється при утворенні 65 %-вої кислоти. Перешкодою для отримання кислоти концентрацією вище 65 % мас. HNO_3 є присутність у газовій фазі незначної кількості NO , швидкість окислення якого дуже мала.

1.3 Конструктивні особливості та методика теплового розрахунку кожухотрубних теплообмінників [4–7]

Теплопередачею називається складний процес перенесення тепла від гарячого теплоносія до холодного через стінку.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Апарати, в яких відбувається обмін теплом між теплоносіями, називаються теплообмінниками.

Першим основним завданням розрахунку теплообмінника є визначення теплового навантаження – кількості тепла, яким теплоносії обмінюються під час здійснення процесу. На основі рівняння теплового балансу визначають не лише теплове навантаження апарата, а й масову витрату іншого теплоносія.

Другим основним завданням розрахунку теплообмінника є визначення теплообмінної поверхні, через яку відбувається передавання необхідної кількості тепла. Поверхня теплообміну визначається за основним рівнянням теплопередачі.

Рушійною силою теплопередачі є різниця температур між гарячим і холодним теплоносіями.

Теплопередача охоплює окремі процеси перенесення тепла: теплопровідність, конвекцію та променистий теплообмін. Тепло від гарячого теплоносія до стінки або від стінки до холодного теплоносія передається конвективним теплообміном, швидкість перенесення тепла на окремих стадіях визначається коефіцієнтами тепловіддачі. На швидкість тепловіддачі впливають режим руху теплоносія, характер набігання потоку на поверхню теплообміну, фізико-хімічні властивості та агрегатний стан теплоносія.

Найбільшого поширення в хімічній технології для процесів передавання тепла набули кожухотрубчасті теплообмінники. Вони призначені для роботи з теплоносіями рідина – рідина, пара – рідина, газ – рідина, газ – газ і являють собою апарати, виконані з рядів труб, складених за допомогою решіток у пучок та розміщених у кожусі циліндричної форми.

У цьому розділі викладено розрахунок кожухотрубчастих теплообмінників із нерухомими трубними решітками (рис. 1.3), застосовуваними для нагрівання та охолодження газоподібних і рідких середовищ у технологічних процесах хімічної, газової, нафтохімічної та суміжних галузях промисловості.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

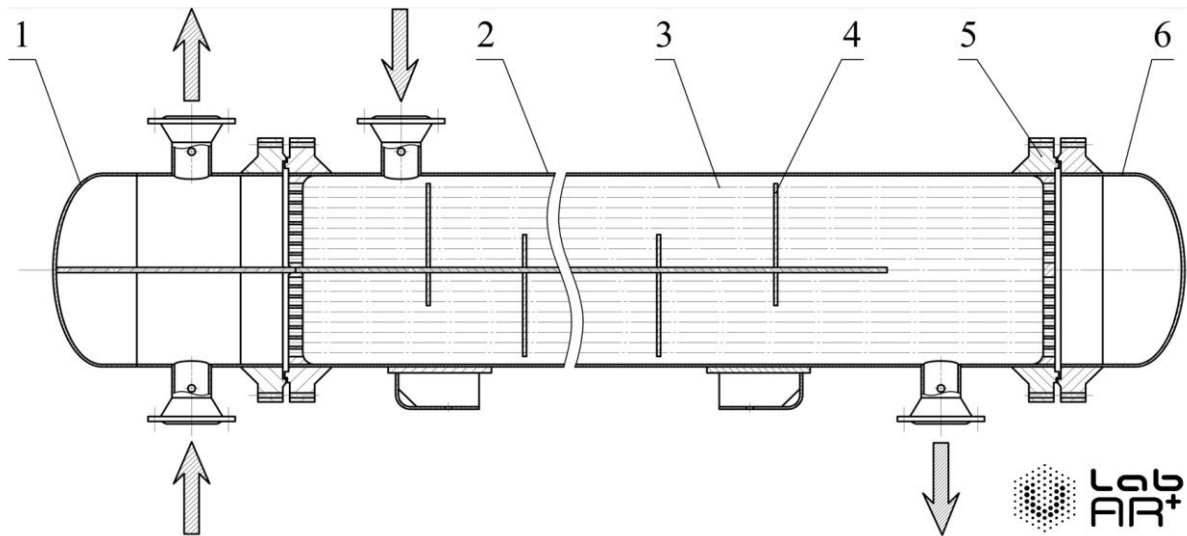


Рисунок 1.3 – Кожухотрубчастий теплообмінник із нерухомими трубними решітками: 1 – розподільна камера; 2 – кожух; 3 – теплообмінна труба; 4 – поперечна перегородка; 5 – трубна решітка; 6 – кришка кожуха; 7 – опора

Такі апарати складаються з пучка теплообмінних труб 3, кінці яких закріплені в спеціальних трубних решітках 5 шляхом розвальцювання, зварювання, паяння, а іноді на сальниках (рис. 1.4).

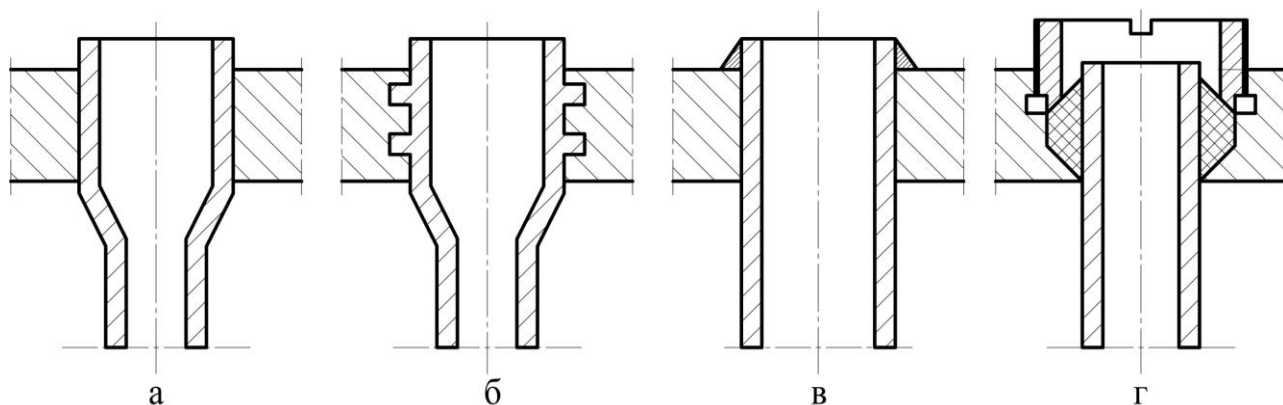


Рисунок 1.4 – Способи закріплення труб у трубних решітках:

- а – розвальцюванням; б – розвальцюванням з ущільнювальними канавками;
в – зварюванням; г – сальниковим ущільненням

Пучок труб розміщений усередині циліндричного кожуха 2, причому один із теплоносіїв рухається по трубах, а інший – у просторі між кожухом та трубами. Трубний та міжтрубний простори в апараті відокремлені, і кожний з

цих просторів розділений за допомогою перегородок 4 на декілька ходів. Така будова дозволяє збільшити швидкості теплоносіїв у трубах та міжтрубному просторі. З одного краю теплообмінний апарат закритий розподільною камерою 1, з іншого – кришкою 6. Апарат оснащений штуцерами для входу і виходу теплоносіїв та встановлений на опорах 7.

Рівняння теплового балансу для випадків, якщо теплообмін відбувається зі зміною агрегатного стану теплоносіїв, наведені в наступних розділах цього підручника.

Середня рушійна сила теплообміну залежить від початкових та кінцевих температур потоків, а також від схеми їх взаємного руху.

В апаратах із паралельним рухом теплоносіїв середню рушійну силу процесу визначають як середньологарифмічну між найбільшою та найменшою різницями температур потоків на кінцях апарата (рис. 1.5):

$$\Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{м})}. \quad (1.3)$$

Якщо ці різниці температур відрізняються не більше ніж удвічі, середню різницю температур можна розраховувати як середньоарифметичну між ними:

$$\Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{м}}{2} \quad (1.4)$$

Кількісний аналіз прямотечійної та протитечійної схем засвідчує, що за однакових початкових умов протитечійна схема дозволяє нагріти холодний теплоносій до більш високої температури, ніж прямотечійна (при прямотечійній, як бачимо з рис. 1.5, кінцева температура холодного теплоносія не може бути вищою від кінцевої температури гарячого теплоносія).

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

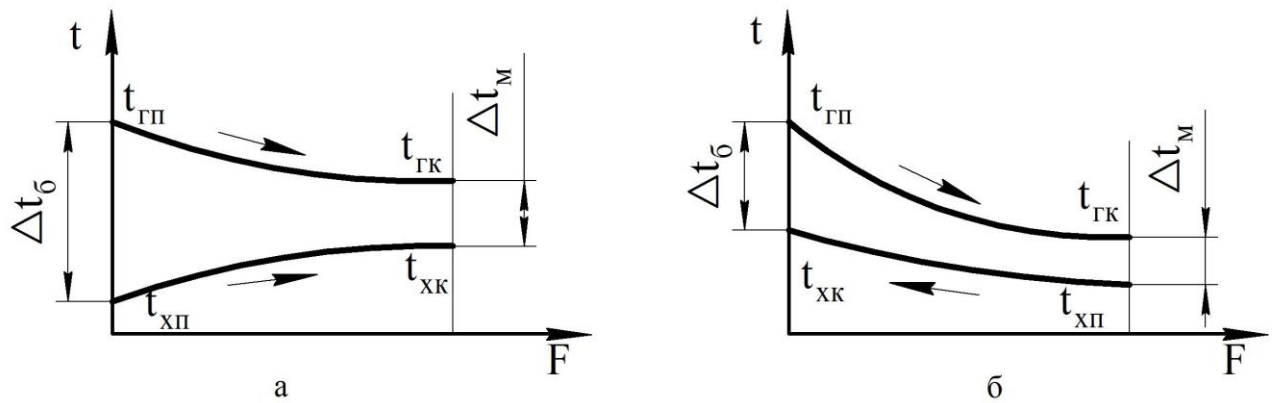


Рисунок 1.5 – Зміна температури теплоносіїв уздовж поверхні теплообміну:
а – під час прямотечії; б – під час протитечії

Крім того, середня різниця температур при протитечії вище, ніж при прямотечії, що обумовлює меншу необхідну поверхню теплообміну і, отже, компактність теплообмінника. Прямотечійна схема, однак, забезпечує більш м'який режим нагрівання, що істотно для термолабільних продуктів. На практиці частіше використовують протитечійну схему руху теплоносіїв.

Завданням конструктивного розрахунку теплообмінних апаратів є визначення їх основних розмірів. Конструктивний розрахунок виконують залежно від типу апарата. Детальний розрахунок проводять у тому разі, якщо немає можливості вибрати стандартний теплообмінник серійного виробництва.

Конструктивний розрахунок кожухотрубчастого теплообмінника передбачає розрахунок проточної частини трубного простору, вибір розміщення труб у трубних решітках, визначення діаметра корпусу апарата, розрахунок проточної частини міжтрубного простору, визначення діаметра штуцерів.

Для стандартного теплообмінника конструктивний розрахунок зводять до визначення діаметра та підбору штуцерів.

Діаметр штуцерів можна розрахувати за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{G}{0,785 \cdot w \cdot \rho}} \quad (1.5)$$

де G – масова витрата теплоносія, кг/с;

ρ – густина теплоносія, кг/м³;

w – швидкість руху теплоносія в штуцері, м/с.

Зазвичай швидкість рідин у трубах і каналах беруть у межах 0,5–3,0 м/с, швидкість парів та газів – 20–30 м/с.

Вибраний після теплового розрахунку теплообмінник має параметри: діаметр кожуха, кількість труб, ходів тощо. Ці характеристики теплообмінника використовують для подальших розрахунків.

Якщо стандартний теплообмінник підібрати неможливо, конструктивний розрахунок проводять у такому порядку.

1. Вибирають схему розміщення труб у трубних решітках, а також планують ділянки під перегородки в трубних решітках і кришках багатоходових апаратів.

Труби в трубних решітках розміщують на вершинах правильних шестикутників, квадратів і на концентричних колах (рис. 1.6). Використання того чи іншого способу розміщення залежить від конструкції теплообмінника та умов його роботи. Розміщення на вершинах правильного шестикутника (шаховий трубний пучок) є найбільш поширеним, тому що водночас забезпечуються компактність теплообмінника, а також простота і технологічність його виготовлення. Розміщення труб на вершинах квадратів полегшує очищення міжтрубного простору, але є менш компактним. Розміщення на концентричних колах є найбільш компактним, але в цьому разі підвищується трудомісткість виготовлення. Цей спосіб застосовують в основному в кисневій апаратурі.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

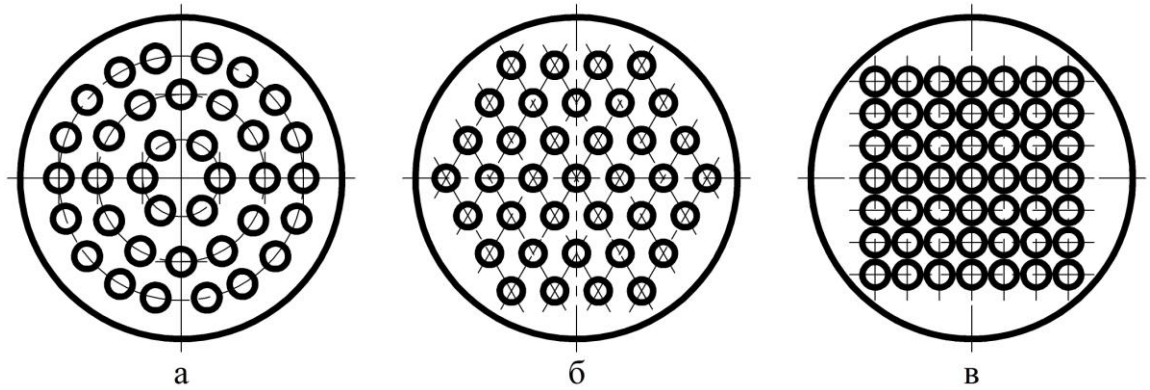


Рисунок 1.6 – Схеми розміщення труб у трубних решітках:

а – на концентричних колах; б – на вершинах правильних шестикутників;
в – на вершинах квадратів

У багатоходових апаратах передбачається розподіл труб за ходами і наявність відповідних перегородок у камерах. У цьому разі загальна кількість труб у межах даного діаметра трубної решітки зменшується, тому що на частині решітки розміщуються перегородки. Найчастіше використовують перегородки хордові, радіальні, дугові та комбіновані.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

неконцентрованої азотної кислоти контактним способом

На рис. 2.1 представлена технологічна схема роботи агрегату для отримання 60 %-ої азотної кислоти.

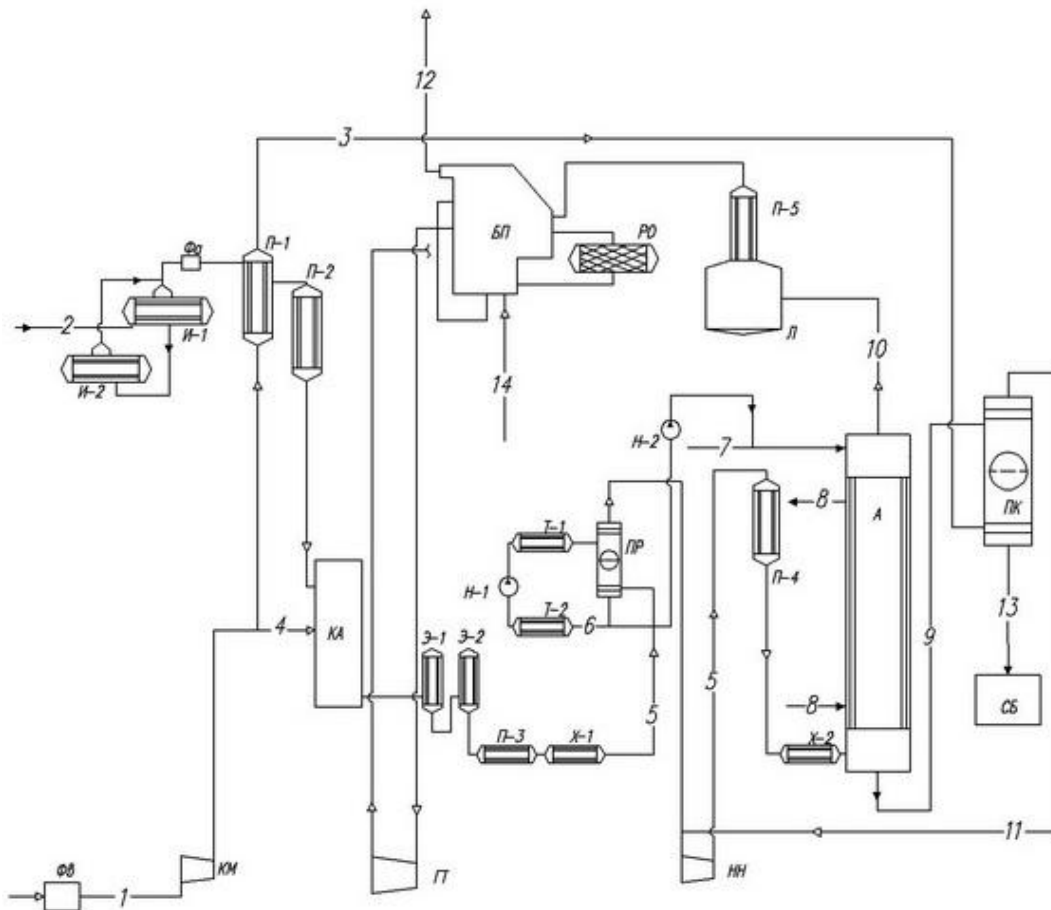


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва неконцентрованої азотної кислоти контактним способом

Працює установка наступним чином. Атмосферне повітря після очищення від механічних домішок на фільтрах грубого і тонкого очищення в апараті Фв засмоктується осьовим повітряним компресором КМ. Стиснене повітря розділяється на два потоки, із яких основний потік прямує в контактний апарат окислення аміаку КА, а другий потік проходить послідовно підігрівач газоподібного аміаку П-1, продувну колону ПК і

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

змішується з нітрозними газами на лінії всмоктування нітрозного нагнітача НН.

Рідкий аміак надходить у випарник И-1, де випаровується за рахунок тепла циркулюючої води. Вологий газоподібний аміак очищається у фільтрі Фа від механічних домішок (каталізаторного пилу) і парів масла, нагрівається в підігрівачі П-1 стисненим повітрям (а в холодну пору року – додатково в підігрівачі П-2 паром). Гарячий газоподібний аміак змішується із повітрям в змішувачі, який вбудовано у верхню частину контактного апарату КА. Аміачно-повітряна суміш піддається додатковій тонкій очистці в фільтрі, який також вбудовано в контактний апарат.

Окислення (конверсія) аміаку здійснюється на каталізаторних сітках з платино-родієво-паладієвого сплаву.

Гарячі нітрозні гази охолоджуються послідовно в котлі-утилізаторі, розташованим під каталізаторною сіткою, в економайзерах Е-1, Е-2, підігрівачі хімічно очищеної води П-3, холодильнику-конденсаторі Х-1 і промивачі ПР поряд із процесами охолодження нітрозного газу і конденсації парів з утворенням азотної кислоти здійснюється промивка нітрозних газів від аміаку, який не прореагував на каталізаторних сітках, і нітрит-нітратів амонію, що утворюються з аміаку і оксидів азоту в тракці до промивача.

Промивач зрошується азотною кислотою, циркуляція якої здійснюється насосом Н-1 через теплообмінники Т-1 і Т-2. Із промивача кислота насосом Н-2 подається на зрошення в абсорбційну колону А.

Охолоджений нітрозний газ надходить в нагнітач НН, де стискається. Далі послідовно охолоджується у підігрівачі живильної води П-4 і в холодильнику-конденсаторі Х-2 і надходить в абсорбційну колону А. Продукційна азотна кислота концентрацією 60 % надходить в продувну колону ПК, де під тиском повітрям із неї віддувають розчинені оксиди азоту, а далі самопливом спрямовується у збірник продукційної кислоти СБ.

Вихлопні гази з абсорбційної колони спрямовуються в пастку Л з вбудованим підігрівачем П-5, в якому вони підігріваються для випаровування

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

захоплених дрібних бризок, а потім – у блок підігріву вихлопних газів БП. Вихлопний газ після підігрівача надходить у блок підігріву вихлопних газів. Після підігріву в регенеративній секції блоку до 300°C неочищений газ виводиться в змішувач. Сюди ж подається і газоподібний аміак, отриманий випаровуванням рідкого аміаку.

Зі змішувача газу надходять в реактор каталітичного очищення РВ. При каталітичному очищенні підвищення температури газу не відбувається. Очищений вихлопний газ із реактора повертається в блок підігріву, в якому нагрівається до 760°C і надходить в газову турбіну.

Енергія розширення гарячих вихлопних газів майже повністю відповідає витратам механічної енергії на стиснення повітря і нітрозних газів. Розширені вихлопні газу з турбіни надходять в підігрівач, охолоджуються і викидаються через вихлопну трубу в атмосферу.

2.2 Опис кожухотрубного теплообмінника

У проектуваному апараті тепло від гарячого теплоносія до холодного передається через стінку (у нашому випадку через тонку металеву стінку трубки). Даний охолоджувач нітрозних газів являє собою кожухотрубний теплообмінник (рис. 2.2).

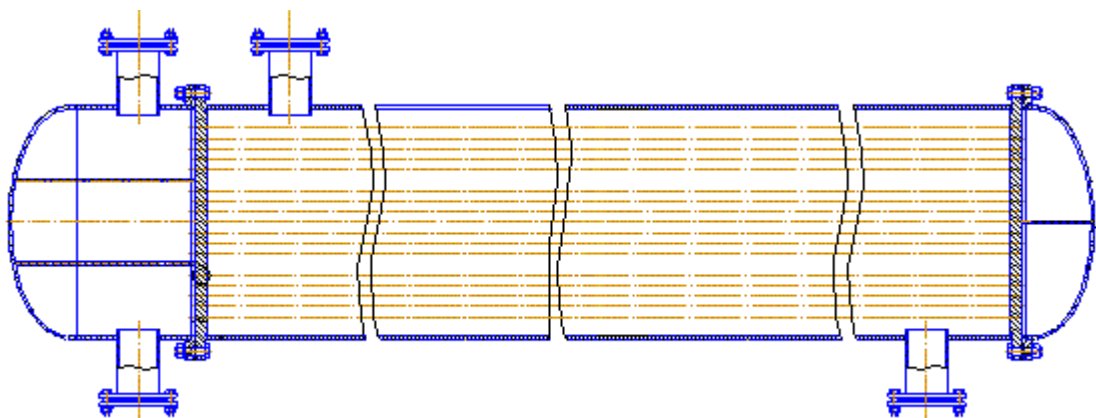


Рисунок 2.2 – Схема чотирьохходового кожухотрубного теплообмінника

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

Конструктивно теплообмінний апарат складається з:

- трубочатки – пучка труб закріпленого у двох трубних решітках, який і складає основну поверхню теплообміну;
- кришки;
- розподільної камери – для підведення і відведення нітрозних газів; розподільна камера має роздільні перегородки, які запобігають змішуванню охолодженого і підігрітого продуктів.

Принцип роботи апарату. У даному апараті нітрозні газу під атмосферним тиском надходять у трубний простір апарату, де і відбувається їх охолодження від початкової температури 95°C до 85°C. Охолоджені газу виводяться з апарату через нижній штуцер розподільної камери, і спрямовується в нижню частину абсорбційної колони. Паралельно із цим, через нижній штуцер у міжтрубний простір теплообмінника (за протитечійною схемою руху) безперервно подається вода технічна – відбувається її нагрів, тим самим відбирається тепло у нітрозних газів. За необхідності відведену воду можна використовувати для технічних потреб.

2.3 Технологічні розрахунки

Використовувана методика для виконання технологічного розрахунку теплообмінного апарату наведена у [4, 5]. Результатом завершення технологічного розрахунку є визначення коефіцієнту теплопередачі з подальшим визначенням необхідної поверхні теплопередачі.

Кількість тепла, що сприймається нітрозними газами:

$$Q = \frac{G}{3600} \cdot (q_{T_{1к}}^p - q_{T_{1п}}^p), \quad (2.1)$$

де $q_{T_{1п}}^p$; $q_{T_{1к}}^p$ – ентальпії нітрозних газів при їх початковій і кінцевій температурах відповідно, кДж/кг.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$Q = \frac{5000}{3600} \cdot (285 - 255) = 41,7 \text{ кВт.}$$

Кінцева температура гарячого теплоносія (вода технічна) за рекомендаціями [4] приймається вище кінцевої температури холодного теплоносія на 5–10°C. Приймаємо кінцеву температуру води 80°C.

У такому разі, середню різницю температур теплоносіїв визначаємо за рівнянням:

$$\Delta t_{\text{СЕР}} = \frac{\Delta t_{\text{Б}} - \Delta t_{\text{М}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{Б}}}{\Delta t_{\text{М}}}}, \quad (2.2)$$

де $\Delta t_{\text{Б}} = 85 - 50 = 35^\circ\text{C}$ – більша різниця температур (див. рис. 2.1);

$\Delta t_{\text{М}} = 95 - 80 = 15^\circ\text{C}$ – менша різниця температур (див. рис. 2.1).

$$\Delta t_{\text{СЕР}} = \frac{35 - 15}{\ln \frac{35}{15}} = 23,6^\circ\text{C}.$$

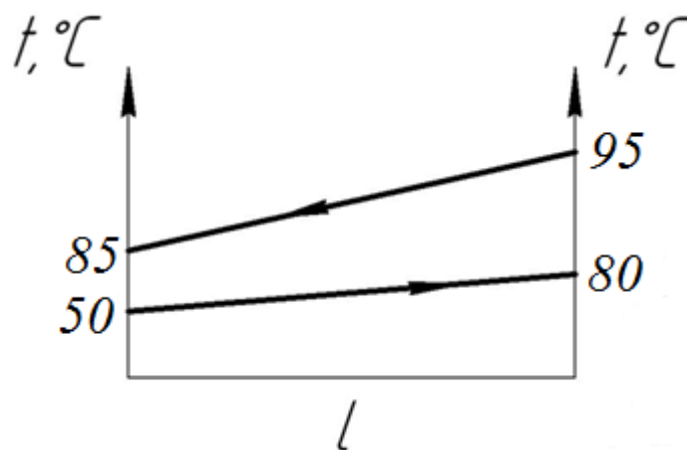


Рисунок 2.1 – Температурна схема процесу охолодження нітрозних газів

Із рівняння теплового балансу, нехтуючи втратами тепла в навколишнє середовище, визначаємо витрату регенованого ДЕГ:

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$G_T = \frac{Q}{c_T \cdot (t_{2X} - t_{1X})}, \quad (2.3)$$

де c_T – теплоємність гарячого теплоносія (вода технічна) при його усередненій температурі, кДж/(кг·К).

$$G_T = \frac{41,7}{4,2 \cdot (80 - 50)} = 0,33 \text{ кг/с.}$$

Розраховуємо орієнтовне значення поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{CEP} \cdot K}, \quad (2.4)$$

де K – орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі, Вт/(м²·К).

Для рідинних теплообмінників трубчастої конструкції значення K приймається у діапазоні 25–250 Вт/(м²·К) [4].

$$F = \frac{41,7 \cdot 10^3}{23,6 \cdot 25} = 70,7 \text{ м}^2.$$

Попередньо вибираємо із запасом за поверхнею стандартизований кожухотрубний теплообмінник із такими характеристиками:

- діаметр кожуха $D = 800$ мм;
- теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5$ мм, довжиною $l = 3,0$ м;
- число ходів по трубах $z = 4$;
- загальна кількість труб 404 шт.;
- поверхня теплообміну $F = 74$ м²;
- площа перерізу одного ходу по трубах $s_{тр} = 0,011$ м².

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від води технічної до зовнішньої поверхні трубного пучка необхідно попередньо визначити режим руху теплоносія.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

Визначаємо числове значення критерію Рейнольдса:

$$\text{Re}_x = \frac{w_x \cdot d_3}{\nu_x}, \quad (2.5)$$

де w_x – швидкість теплоносія у міжтрубному просторі, м/с;

d_3 – зовнішній діаметр труби, м;

ν_x – кінематична в'язкість теплоносія при усередненій температурі, м²/с.

Фактична швидкість руху води у міжтрубному просторі складе:

$$w_\Gamma = \frac{G_\Gamma}{\rho_\Gamma \cdot S_{\text{мтр}}}, \quad (2.6)$$

де $\rho_x = 980 \text{ кг/м}^3$ – густина води при усередненій температурі.

$$w_x = \frac{0,33}{980 \cdot 5,2 \cdot 10^{-4}} = 0,65 \text{ м/с};$$

$$\text{Re}_x = \frac{0,65 \cdot 0,025}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 32500.$$

За розрахованим значенням критерію Рейнольдса бачимо, що режим руху теплоносія у міжтрубному просторі турбулентний.

Таким чином, коефіцієнт тепловіддачі α_x можна розрахувати за формулою М.А. Міхеєва [5]:

$$\alpha_x = 0,037 \cdot \frac{\lambda_x}{d_3} \cdot \text{Re}_x^{0,8} \cdot \text{Pr}_x^{0,43} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_x}{\text{Pr}_{x,CT}} \right)^{0,25}, \quad (2.7)$$

де Pr_x – критерій Прандтля.

$$\text{Pr}_x = \frac{\nu_x \cdot c_x \cdot \rho_x}{\lambda_x}, \quad (2.8)$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\lambda_x = 0,6 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності води при усередненій температурі.

$$\text{Pr}_r = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 980}{0,6} = 3,43.$$

Приймаємо, що значення $\left(\frac{\text{Pr}_x}{\text{Pr}_{x,ст}} \right)^{0,25} = 0,1$.

Тоді:

$$\alpha_x = 0,037 \cdot \frac{0,6}{0,025} \cdot 32500^{0,8} \cdot 3,43^{0,43} \cdot 0,2 = 614 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від внутрішньої поверхні трубного пучка до нітрозних газів визначаємо критерій Рейнольдса за рівнянням (2.5). Тільки в цьому разі визначальним лінійним розміром буде внутрішній діаметр труби $d_B = 0,02 \text{ м}$.

Фактична швидкість руху нітрозних газів у трубах складе:

$$w_r = \frac{G}{\rho_r \cdot s_{mp}}, \quad (2.9)$$

де $\rho_r = 2,3 \text{ кг/м}^3$ – густина нітрозних газів при усередненій температурі.

$$w_r = \frac{5000}{3600 \cdot 2,3 \cdot 0,011} = 55 \text{ м/с}.$$

$$\text{Re}_r = \frac{55 \cdot 0,02}{20 \cdot 10^{-6}} = 55000.$$

За розрахованим значенням критерію Рейнольдса бачимо, що режим руху теплоносія у трубах також турбулентний. Отже, для визначення

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

середнього по довжині коефіцієнта тепловіддачі α_r також використовуємо залежність (2.7).

Критерій Прандтля для нітрозних газів становить $Pr_r = 0,7$.

Знову прийнявши значення $\left(\frac{Pr_r}{Pr_{r,ст}}\right)^{0,25} = 0,1$, отримаємо:

$$\alpha_r = 0,037 \cdot \frac{0,03}{0,02} \cdot 55000^{0,8} \cdot 0,7^{0,43} \cdot 0,1 = 29,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо реальний коефіцієнт теплопередачі (із урахуванням, що коефіцієнт теплопровідності сталеві трубки дорівнює $17,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{614} + \frac{0,0025}{17,5} + \frac{1}{29,5}} = 28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

2.4 Конструктивні розрахунки

Необхідна (фактична) поверхня теплообміну становить:

$$F_\phi = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{сеп}}; \quad (2.10)$$

$$F_\phi = \frac{41,7 \cdot 10^3}{29,5 \cdot 23,6} = 60 \text{ м}^2.$$

Остаточно приймаємо кожухотрубний теплообмінник із такими характеристиками:

- діаметр кожуха $D = 800 \text{ мм}$;
- теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5 \text{ мм}$, довжиною $l = 3,0 \text{ м}$;
- число ходів по трубах $z = 4$;
- загальна кількість труб 404 шт. ;

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

– поверхня теплообміну $F = 74 \text{ м}^2$;

– площа перерізу одного ходу по трубах $s_{\text{тр}}=0,011 \text{ м}^2$.

У такому разі коефіцієнт запасу поверхні теплообміну буде становити:

$$\chi = \left(1 - \frac{F_{\phi}}{F}\right) \cdot 100\% ; \quad (2.11)$$

$$\chi = \left(1 - \frac{60}{74}\right) \cdot 100\% = 19\%$$

Отриманий запас поверхні знаходиться в межах допустимих значень, а саме 10–20 %.

Діаметр штуцерів d , м, теплообмінного апарату для підведення-відведення теплоносіїв:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho w}} , \quad (2.12)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати рідини (пари) відповідно, $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;

ρ – густина потоку середовища, $\text{кг}/\text{м}^3$;

w – швидкість витікання середовища, $\text{м}/\text{с}$.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв [4]:

– для рідин 0,1–0,5 м/с при самопливі та 0,5–2,5 м/с в напірних трубопроводах;

– для пари і газів 5–15 м/с.

Діаметр штуцерів для входу і виходу нітрозних газів:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 5000 / 3600}{3,14 \cdot 2,3 \cdot 10}} = 0,077 \text{ м.}$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Діаметр штуцерів для входу і виходу води технічної:

$$d_{ex} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,1}{3,14 \cdot 980 \cdot 2}} = 0,072 \text{ м.}$$

Діаметр штуцера для виходу води технічної:

$$d_{ex} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,33}{3,14 \cdot 980 \cdot 0,2}} = 0,046 \text{ м.}$$

Приймаємо в проектуваному апараті наступні штуцера:

- для входу нітрозних газів $D_y=80$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для виходу нітрозних газів $D_y=80$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для входу води технічної $D_y=50$ мм ($p_y=0,2$ МПа);
- для виходу води технічної $D_y=50$ мм ($p_y=0,2$ МПа).

2.5 Гідравлічні розрахунки

Розрахунок гідравлічного опору теплообмінника виконуємо за методикою [6].

Повний напір ΔP , необхідний для руху потоків через теплообмінник, визначаємо за формулою:

$$\Delta P = \Sigma \Delta P_{\text{ТР}} + \Sigma \Delta P_{\text{М}} + \Sigma \Delta P_{\text{П}} + \Sigma \Delta P_{\text{Г}}, \quad (2.13)$$

де $\Sigma \Delta P_{\text{ТР}}$ – сума гідравлічних втрат на тертя, Па;

$\Sigma \Delta P_{\text{М}}$ – сума втрат напору в місцевих опорах, Па;

$\Sigma \Delta P_{\text{П}}$ – сума втрат напору, обумовлених прискоренням потоку, Па;

$\Sigma \Delta P_{\text{Г}}$ – перепад тиску для подолання стовпа рідини, Па.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

Гідравлічні втрати на тертя в трубах:

$$\Delta P_{TP} = \lambda_{TP} \cdot \frac{L}{d_E} \cdot \frac{w_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma}}{2}, \quad (2.14)$$

де λ_{TP} – коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_E} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (2.15)$$

де Δ – абсолютна шорсткість поверхні труб (для сталевих нових труб $\Delta=0,06-0,1$ мм; для сталевих труб, що були в експлуатації, з незначною корозією $\Delta=0,1-0,2$ мм).

$$\lambda_{TP} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,1}{0,020} + \frac{68}{55000} \right)^{0,25} = 0,164;$$

$$\Delta P_{TP} = 0,164 \cdot \frac{3}{0,020} \cdot \frac{55^2 \cdot 2,3}{2} = 85,6 \text{ кПа}.$$

Гідравлічні втрати тиску в місцевих опорах:

$$\Delta P_M = \xi \cdot \frac{w_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma}}{2}, \quad (2.16)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору, його знаходять як суму опорів кожного елемента теплообмінника:

$$\xi = 2 \cdot \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4, \quad (2.17)$$

де $\xi_1 = 1,5$ – вхідна і вихідна камери;

$\xi_2 = 0,5$ – вхід у труби;

$\xi_3 = 1$ – вихід із труб;

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$\xi_4 = 1,4$ – поворот на 180° між ходами.

$$\xi = 2 \cdot 1,5 + 0,5 + 1 + 1,4 = 5,9;$$

$$\Delta P_M = 5,9 \cdot \frac{55^2 \cdot 2,3}{2} = 20,5 \text{ кПа.}$$

Оскільки для крапельних рідин втрати тиску ΔP_y мізерно малі, то вони в розрахунок не приймаються ($\Delta P_y = 0$).

Перепад тиску для подолання гідростатичного стовпа рідини дорівнює нулю ($\Delta P_r = 0$), оскільки теплообмінник не сполучається із навколишнім середовищем.

Повний напір, необхідний для руху насиченого ДЕГ через апарат складе:

$$\Delta P = 85,6 + 20,5 = 106,1 \text{ кПа.}$$

2.6 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір збірника продукційної кислоти (поз. СБ на рис. 2.1). Ємність для зберігання продукційної кислоти розраховуємо, виходячи з 3–5 годинного резерву робочого часу і з урахуванням коефіцієнта заповнення $\psi = 0,8 \dots 0,85$. Приймаємо $\psi = 0,82$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}, \quad (2.18)$$

де G – загальна витрата суміші, кг/год.;

τ – резерв робочого часу, $\tau = 3$ год.;

ρ – густина вихідної суміші, $\rho = 1200$ кг/м³.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{EP} = \frac{60000 \cdot 3}{0,82 \cdot 1200} = 183 \text{ м}^3.$$

Для збергання продукційної кислоти вибираємо 2 ємності. Задаємося стандартизованим діаметром ємності $D = 4,0 \text{ м}$, тоді її висота складе:

$$H = \frac{V_{EP}}{0,785 \cdot D^2}; \quad (2.19)$$

$$H = \frac{183}{2 \cdot 0,785 \cdot 4,0^2} = 7,3 \text{ м}.$$

Розрахунок і вибір насоса для подачі абсорбента в колону (поз. Н-2 на рис. 2.1). Для всмоктуючого і нагнітального трубопроводів приймемо однакову швидкість плинину рідини, що дорівнює $w = 2 \text{ м/с}$.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.20)$$

де V – об’ємна витрата вихідної суміші, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$d = \sqrt{\frac{0,013}{0,785 \cdot 2}} = 0,090 \text{ м}.$$

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини в трубопроводі:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho_p}{\mu}; \quad (2.21)$$

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0,090 \cdot 1200}{0,95 \cdot 10^{-3}} = 227368,$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо $\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. Тоді

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,090} = 0,0022 .$$

Далі отримаємо:

$$\frac{1}{e} = 455 ; 560 \cdot \frac{1}{e} = 254800 ; 10 \cdot \frac{1}{e} = 4550 ;$$

Для зони, що є автотодельною по відношенню до Re :

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25} ; \quad (2.22)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot 0,0022^{0,25} = 0,024 .$$

Далі визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої і нагнітальної ліній.

Для всмоктуючої лінії:

- 1) вхід у трубу (приймаємо з гострими кроями) $\xi_1 = 0,5$;
- 2) 2 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 2 \cdot 1,1 = 2,2$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 ;$$

$$\Sigma \xi = 0,5 + 2,2 = 2,7 .$$

Для нагнітальної лінії:

- 1) вентиля прямиоточні, 2 шт. $\xi_1 = 2 \cdot 0,65 = 1,3$;
- 2) 3 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;
- 3) вихід із труби $\xi_3 = 1$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 ;$$

$$\Sigma \xi = 1,3 + 3,3 + 1 = 5,6 .$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Втрачений напір у всмоктуючій лінії знаходимо за формулою:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.23)$$

де l, d_E – відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{П.ВС.} = \left(0,024 \cdot \frac{8}{0,090} + 2,7 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,99 \text{ м.}$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії знаходимо за формулою (2.76):

$$h_{П.НАГ.} = \left(0,024 \cdot \frac{12}{0,090} + 5,6 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 1,79 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{П} = h_{П.ВС.} + h_{П.НАГ.}; \quad (2.24)$$

$$h_{П} = 0,99 + 1,79 = 2,78 \text{ м.}$$

Знаходимо напір насоса за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_p \cdot g} + H_G + h_{П}, \quad (2.25)$$

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків в апараті і в ємності, із якої подається рідина;

H_G – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,3 \cdot 10^6}{1200 \cdot 9,81} + 12,3 + 2,78 = 40 \text{ м.}$$

Корисну потужність насоса визначаємо за рівнянням:

$$N_{П} = \rho_p \cdot g \cdot Q \cdot H, \quad (2.26)$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

де Q – подача (витрата), $Q = 0,013 \text{ м}^3/\text{с}$;

H – напір насоса.

$$N_{\Pi} = 1200 \cdot 9,81 \cdot 0,013 \cdot 40 = 6121 \text{ Вт.}$$

Потужність, яку повинен розвивати електродвигун насоса на вихідному валу при сталому режимі роботи:

$$N = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_n}, \quad (2.27)$$

де $\eta_n, \eta_{\text{пер}}$ – коефіцієнти корисної дії відповідно насоса і передачі від електродвигуна до насоса. Приймаємо $\eta_n = 0,6$ і $\eta_{\text{пер}} = 1$.

Отримуємо:

$$N = \frac{6121}{1 \cdot 0,6} = 10202 \text{ Вт.}$$

Вибираємо відцентровий насос марки ЦНС 65-80 з такими параметрами:

- об'ємна подача насоса $65 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- напір насоса 80 м ;
- потужність, споживана насосом $17,5 \text{ кВт}$;
- частота обертання 3000 об/хв.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір основних конструкційних матеріалів

Вибір матеріалу необхідно починати з уточнення робочих умов: температури, тиску, концентрації оброблюваного середовища, щоб при низькій вартості і недефіцитних матеріалів забезпечити ефективну технологію виготовлення елемента. Головною ж вимогою для матеріалів хімічних апаратів в більшості випадків є їх корозійна стійкість, оскільки вона визначає довговічність хімічного обладнання [11, 12].

У хімічній промисловості марку сталі 12Х18Н10Т використовують для виготовлення ємностей, призначених для роботи під високим тиском, а також в пристроях для вироблення рідкого кисню. Корозійностійка сталь застосовується для виробництва зварної апаратури і конструкцій, експлуатація яких передбачає контакт із окисними середовищами, органічними розчинниками, неорганічними кислотами помірної концентрації. З цього матеріалу виготовляють труби, по яким транспортують розчини агресивних рідин, таких як фосфорна, азотна, оцтова кислота, а також їх солі [13].

Устаткування азотнокислотного виробництва піддається майже усім відомим видам і типам корозійного впливу, тому до вибору матеріалів, використовуваних для виготовлення апарату, потрібно підходити особливо ретельно.

У азотнокислотному виробництві досить широко і успішно застосовуються нержавіючі сталі, оскільки вони мають досить високу корозійну стійкість. Тому для частин апарату, безпосередньо, які мають контакт з нітрозними газами (теплообмінні труби, розподільна камера, кришка, відповідні штуцери) вибираємо сталь 12Х18Н10Т – завдяки універсальності її властивостей, що поєднують жаростійкість і корозійну стійкість.

Для частин теплообмінника, які не мають контакту з кислотою, приймаємо сталь 35 та сталь Ст. 3сп. Для обтюраторів використовуємо пароніт.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

3.2 Розрахунки апарата на міцність, стійкість та герметичність [16]

Розрахунок товщини стінки апарату.

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруження для сталі 12X18H10T при робочій температурі:

$$\sigma^* = 172,5 \text{ МПа}$$

Тиск, який створює вода технічна у міжтрубному просторі:

$$p_p = 0,2 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустиме напруження:

– на краю сполучених елементів

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* = 1,0 \cdot 172,5 = 172,5 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

– при гідравлічних випробуваннях

$$[\sigma]_{\varepsilon} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа} \quad (3.2)$$

Допустиме напруження для сталі 12X18H10T при температурі $t = 20^\circ\text{C}$:

$$[\sigma]_{20} = 170 \text{ МПа}$$

Пробний тиск при випробуваннях і при допустимому напруженні:

$$p_{\varepsilon} = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot p_p \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}}{p_p + 0,3} \right\}, \text{ МПа} \quad (3.3)$$

$$P_B = \max \left\{ \frac{1,25 \cdot 0,2 \cdot 170}{172,5} = 0,25 \right. \\ \left. 0,2 + 0,3 = 0,5 \right\} = 0,5 \text{ МПа.}$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Приймаємо прибавку до розрахункових товщин за весь термін служби апарату (10 років) $c = 2,0$ мм.

Розрахункова товщина стінки кожуха (рис. 3.1) при гідравлічних випробуваннях і при допустимому напруженні:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi[\sigma] - p_p) \\ p_u \cdot D / (2 \cdot \varphi[\sigma]_e - p_e) \end{array} \right\} \quad (3.4)$$

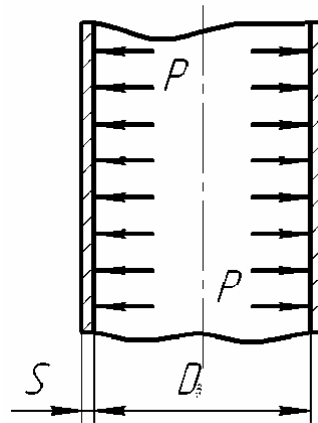


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки (кожуха)

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,2 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,2} = 0,52 \\ \frac{0,5 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,5} = 0,87 \end{array} \right\} = 0,87 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки кожуха:

$$s \geq s_p + c \quad (3.5)$$

$$s = 0,87 + 2 = 2,87 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартизоване значення товщини стінки кожуха $S = 4,0$ мм.

Розрахункова товщина еліптичного днища (рис. 3.2):

$$S_P^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_P \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_P} \\ \frac{P_B \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma]_B - 0,5 \cdot P_B} \end{array} \right\}; \quad (3.6)$$

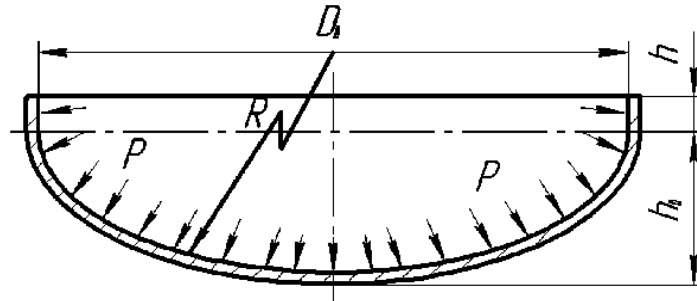


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема еліптичного днища

$$S_P^E = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,2 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,5 \cdot 0,2} = 0,52 \\ \frac{0,5 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,5 \cdot 0,5} = 0,87 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,87 \text{ мм.}$$

Приймаємо також $S_E = 4,0$ мм.

Розрахунок опори апарата.

Знаходимо масу обичайки кожуха:

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S_{II})^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho, \quad (3.7)$$

де ρ – щільність сталі; $\rho = 7890$ кг/м³.

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,004)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 3 \cdot 7890 = 239 \text{ кг.}$$

Маса еліптичного днища і кришки відповідно:

$$m_E = 1,24 \cdot D^2 \cdot S_E \cdot \rho; \quad (3.8)$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{\text{Едн}} = m_{\text{Екр}} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,004 \cdot 7890 = 25 \text{ кг.}$$

Маса труб:

$$m_{\text{мп}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{н}}^2 - d_{\text{вн}}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho; \quad (3.9)$$

$$m_{\text{мп}} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,02^2) \cdot 3 \cdot 404 \cdot 7890 = 1689 \text{ кг.}$$

Маса фланця з решіткою:

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho, \quad (3.10)$$

де D_{ϕ} – зовнішній діаметр фланця, м;

h_{ϕ} – висота фланця, м.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,945^2}{4} \cdot 0,09 \cdot 7890 = 498 \text{ кг.}$$

Об'єм міжтрубного простору:

$$V_{\text{мпр}} = f_{\text{мпр}} \cdot H; \quad (3.11)$$

$$V_{\text{мпр}} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi = 0,8$ маса води в апараті складе:

$$m_{\text{Г}} = V_{\text{мпр}} \cdot \rho_{\text{Г}} \cdot \varphi; \quad (3.12)$$

$$m_{\text{Г}} = 0,9 \cdot 980 \cdot 0,8 = 706 \text{ кг.}$$

Вага апарата у робочому стані:

$$G = g \cdot (m_{\text{к}} + m_{\text{Едн}} + m_{\text{Екр}} + m_{\text{мп}} + m_{\phi} + m_{\text{х}}), \quad (3.13)$$

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G = 9,81 \cdot (239 + 25 + 25 + 1689 + 498 + 706) = 31215 \text{ Н.}$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору буде становити:

$$Q = \frac{G}{n}; \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{31215}{2} = 15607,5 \text{ Н.}$$

Остаточно приймаємо стандартизовану сідлову опору 160-432-2, яка має допустиме навантаження 160 кН і радіус $R=432$ мм (схему сідлової опори див. рис. 3.3).

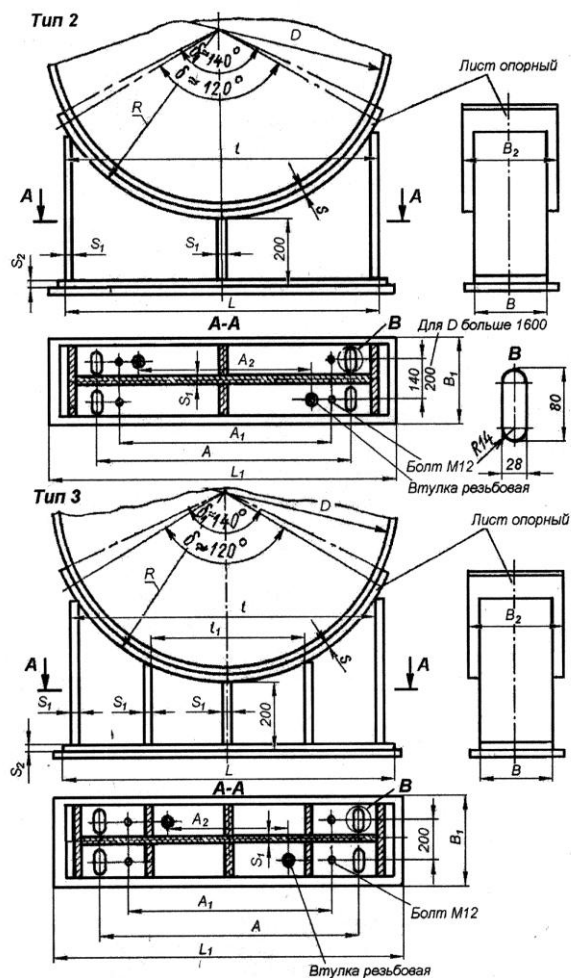


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема сідлової опори

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
					46	

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компоновання обладнання установки [17]

Проектування хімічних виробництв – це творчий, складний, багатогранний і трудомісткий процес пошуку оптимальних інженерно-технічних рішень в умовах неповної інформації, що представляє собою взаємопов'язану сукупність кількох організаційних та інженерно-технічних стадій.

Компоновання обладнання в проектуванні підприємств є однією з найбільш відповідальних і важких статей (див. рис. 4.1).

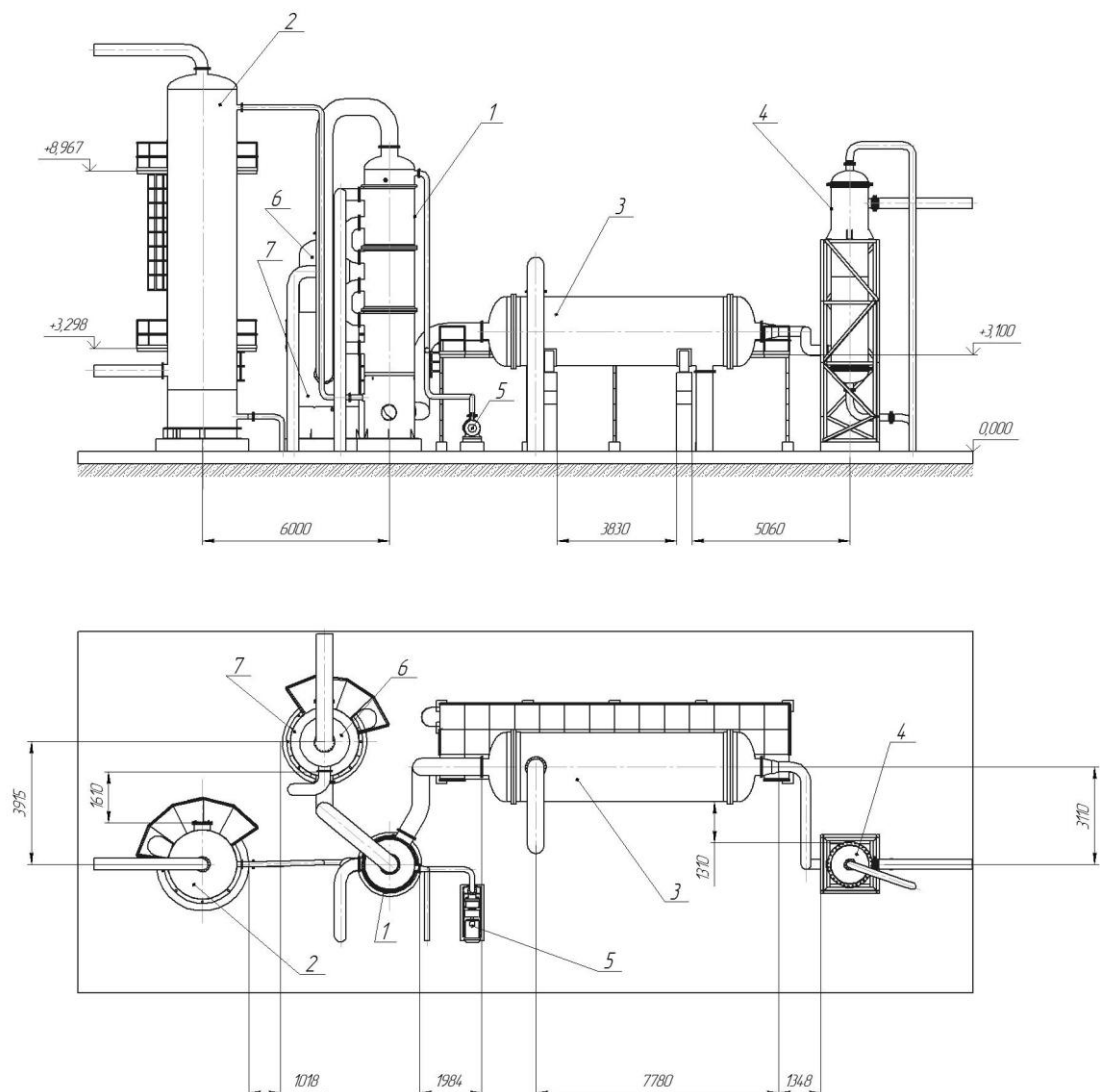


Рисунок 4.1 – Схема взаємного розміщення апаратів установки виробництва

60 %-вої азотної кислоти: 1 – абсорбер; 2 – продувна колона;

3 – кожухотрубний холодильник; 4, 6 – підігрівач; 5 – насос; 7 – ловушка

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.A.00.00.00 ПЗ

Лист

47

Підвищення якості проектних робіт з одночасним скороченням термінів проектування можливо тільки на підставі широкого використання сучасної обчислювальної техніки в процесі пошуку оптимальних проектних рішень, що, у свою чергу, неможливо без розробки моделей.

При розміщенні обладнання необхідно враховувати певні технологічні вимоги:

- зручність обслуговування обладнання;
- можливість демонтажу обладнання або частин при ремонті;
- забезпечення максимально коротких трубопроводів між апаратами.

При виконанні вищезазначених вимог необхідно дотримуватися будівельних норм, вимог природного освітлення, правил і норм з техніки безпеки і охорони праці, санітарних та протипожежних норм.

Так, обладнання може розташовуватися в трьох основних варіантах:

- закритий варіант (у приміщенні);
- відкритий варіант;
- змішаний варіант (одна частина устаткування розташована в приміщенні, друга частина обладнання – розташована на відкритому майданчику).

Деякими основними завданнями технологічного або функціонального проектування хімічних виробництв є:

- розробка оптимальної технологічної схеми;
- визначення оптимальних технологічних і конструктивних параметрів апаратів;
- вибір оптимальних технологічних режимів, які забезпечують на спроектованому об'єкті випуск заданої кількості хімічних продуктів відповідно до стандартів і технологічних умов.

Існують певні прийоми і фактори, які необхідно враховувати при компонуванні обладнання. До таких факторів, у першу чергу, відносяться умови працездатності схеми. Такими умовами можуть бути:

- вимоги перепаду висот між окремими одиницями обладнання, необхідність транспортування матеріальних потоків;

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

– необхідні ухили трубопроводів та самопливів для транспортування рідких і сипучих матеріалів.

Умови працездатності технологічної схеми формуються, перш за все, на підставі технологічного регламенту даного виробництва і норм технологічного проектування для даного виробництва, а також на підставі експертних даних інститутів і підприємств, що займаються розробкою технологій цих виробництв.

4.2 Монтаж та ремонт основного технологічного обладнання [18, 19]

Технологія монтажу кожухотрубчастих теплообмінників залежить від їх місця і способу установки: вони можуть встановлюватися на відкритому майданчику (на нульовій позначці); на постаменті (висотній металокопструкції) або в будівлі; горизонтально або вертикально.

Для горизонтальних теплообмінників, як у нашому випадку, розміщених на відкритому майданчику на нульовій позначці фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Під теплообмінники, монтовані на висотних металокопструкціях і в будівлях, спеціальні фундаменти не влаштовують, а кріплять їх до металокопструкцій або балок перекриття будівель.

Горизонтальні теплообмінники при монтажі встановлюють на нерухому і рухому опори. Гайки на болтах не закручують повністю (залишають зазор 1–2 мм), щоб апарат міг вільно переміщуватись в горизонтальній площині. При установці коткових опор перевіряють рівномірність прилягання ковзанок до опорних поверхонь і їх перпендикулярність осі апарату. Горизонтальність апарату перевіряють за рівнем.

У деяких випадках при монтажі проводять контрольне розбирання (ревізію) кожухотрубчастих теплообмінників. При цьому перевіряють наявність прокладок, комплектність знімних деталей, правильність їх взаємного розташування.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

Для виявлення дефектів в розвальцьовуванні і обварці трубок трубний пучок спресовують (при знятій розподільній камері і кришці) шляхом подачі води в міжтрубний простір. При цьому також оглядають корпус теплообмінника. Дефекти розвальцьовування або обварки усувають.

Горизонтальне обладнання монтують за допомогою одного або двох (спарених) кранів. Спосіб підйому і вантажопідйомність кранів вибирають в залежності від розміру і маси обладнання, висоти і конфігурації фундаменту або постаменту під обладнання, наявності розташованих поруч будівельних конструкцій та ін.

Горизонтальні апарати особливо великої маси і при підйомі на значну висоту часто монтують за допомогою двох кранів (рис. 4.2).

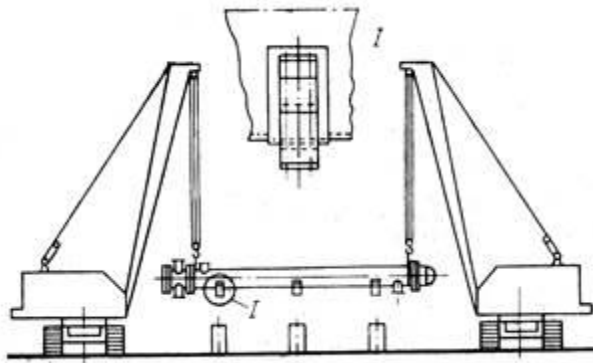


Рисунок 4.2 – Схема монтажу горизонтального теплообмінника за допомогою двох кранів

Монтаж починають з підйому апарату з вихідного горизонтального положення без відриву апарату від землі. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апаратів виробляють тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

Теплообмінники з трубною системою мають підвищену надійність, що дозволяє їм функціонувати без збоїв протягом довгих років. Але не варто забувати, що планове технічне обслуговування просто необхідне для профілактики поломок. Циркулюючий теплоносій з часом засмічує тонкі стінки трубок, осідаючи на них і перешкоджаючи вільному потоку. Уникнути передчасного виходу обладнання із ладу і зберегти енергоефективність дозволить регулярне чищення трубок. Завдяки систематичному промиванню можливо довгострокове підтримання робочих параметрів у нормі. Безпосередньо ж ремонт кожухотрубних теплообмінників, у більшості випадків, необхідний лише у разі надмірного зносу обладнання.

Найбільш поширеними дефектами поламаних теплообмінників є:

1) Виривання трубок з трубних дощок. Дана проблема зазвичай виникає через нерівномірне розширення трубок та корпусу. Варіанти вирішення:

- зачистка місця розриву і обварки трубки заново;
- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заварювання (заглушка) трубки.

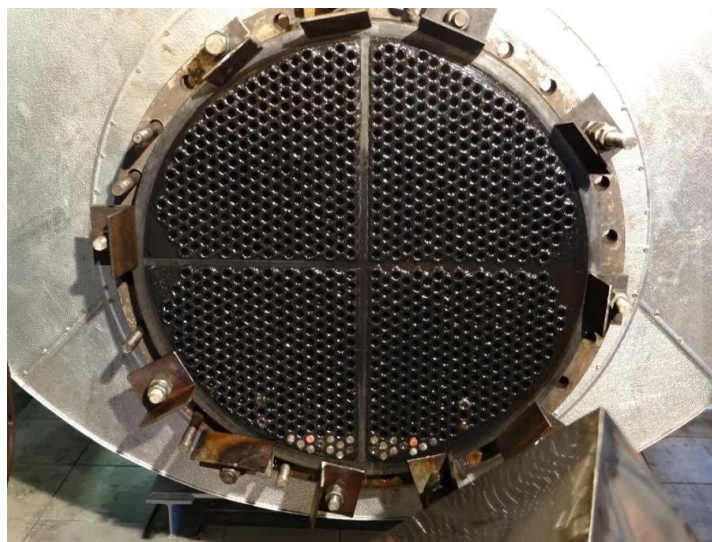


Рисунок 4.3 – Кожухотрубний теплообмінник з вирваними трубками

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

Якщо встановлюються заглушки на дефектні трубки, необхідно враховувати, що опір даної траси зростає, а також трохи погіршується теплообмін. Зазвичай теплообмінники розраховують таким чином, щоб без сильного впливу на технологічний процес можна було загнушити до 10 % трубок. У кожному разі це питання треба вивчати окремо.

2) Наскрізна корозія трубок. Дана проблема зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при невірно підбраному матеріалі трубчатки. Варіанти вирішення:

- висвердлювання трубки і установка нової трубки;
- зачистка і заварювання (заклушка) трубки.



Рисунок 4.4 – Кожухотрубний теплообмінник з корозією трубок

Також, як і в описаному вище випадку, при встановленні заглушок необхідно дотримати вимоги з урахуванням збільшеного опору. Із огляду на причини виникнення наскрізної корозії, можна припустити, що з великою ймовірністю, найближчим часом можуть почати виходити з ладу такі трубки.

Нерідко при виникненні наскрізної корозії найбільш ефективним шляхом є просто заміна трубного пучка (виготовлення нового трубного

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

пучка). Це особливо актуально, якщо повторний дефект виник швидко після першої поломки.

3) Наскрізна корозія корпусу або камер. Дана проблема, також як і наскрізна корозія трубок, зазвичай виникає або через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при невірно підбраному матеріалі трубок. Варіанти вирішення:

- підварювання або установка заплатки;
- виготовлення нової камери (корпусу).

4) Засмічення по трубках або по міжтрубному просторі. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв НЕ фільтрується належним чином, або якщо відбувається поява природного нагару (при роботі з вихлопними газами).

Варіанти вирішення:

- механічне очищення;
- хімічне очищення.

У тому випадку, якщо засмічення відбувається через відсутність належної фільтрації середовищ, рекомендується установка необхідних фільтрів. У тому випадку, якщо відбувається поява нагару, швидше за все, це обумовлено технологічними моментами. У такому випадку треба визначати, коли відбувається чергове засмічення теплообмінника (вимірювання температури або протитиску) і чистити його.

Подібні роботи слід проводити на місці експлуатації. У разі необхідності фахівці повинні виїхати на місце і провести цю роботу, але в більшості випадків ці операції виробляє експлуатаційний персонал.

5) Покриття вапном (накипом) або іншими відкладеннями міжтрубного простору або самих трубок. Ця проблема може виникнути в тому випадку, якщо один з теплоносіїв є рідина (вода) з невідповідним для даного процесу хімічним складом (наприклад, надмірно мінералізована). Варіанти вирішення: очистка за допомогою спеціальних хімічних засобів.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

У разі появи великого шару мінеральних відкладень (накипу) хімічне очищення може бути неефективним. У такому випадку трубний пучок не підлягатиме ремонту і буде необхідно виготовити новий трубний пучок.

Дефектні штуцера і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину замінюються.

Свищі і тріщини усуваються шляхом заварки або постановкою накладок з попереднім видаленням дефектної ділянки.

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3–4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки розправляються під заварку односторонньою вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50–60°. При тріщині понад 100 мм зварювання проводять оберненоступеневим методом. Наскрізні і некрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізкою. При появі гніздових тріщин пошкоджені місця вирізають і закривають латками без гострих кутів. Латки вваривать в рівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати площі листа апарату.

Надійність ліквідації поверхневих дефектів контролюють магнітною або ультразвуковою дефектоскопією. Допускається глибина пошкодження в межах 10–20 % товщини стінки в залежності від розмірів ушкодження.

Усі поверхні ущільнювачів слід контролювати магнітною або ультразвуковою дефектоскопією на відсутність тріщин. Після ремонту конденсатора його піддають гідравлічним або пневматичним випробуванням.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ [20, 21]

Автоматизація технологічних процесів є одним із вирішальних факторів підвищення продуктивності і поліпшення умов праці. Усі існуючі і споруджувані промислові об'єкти у тій чи іншій мірі оснащуються засобами автоматизації.

У промислових умовах процеси абсорбції газу схильні до різних зовнішніх впливів, що і викликає необхідність керування ними через автоматизацію. Основне завдання автоматизації полягає в отриманні продуктів заданої концентрації (якості) при мінімальних енергетичних і матеріальних витратах і дотриманні обмежень на технологічні параметри процесу.

Завдання автоматичному управлінню полягає не тільки в підтримці необхідних температури і тиску в апараті, але і в забезпеченні рівномірного розподілу газорідного потоку. Це завдання вирішується за рахунок каскадної автоматичної системою (рис. 5.1).

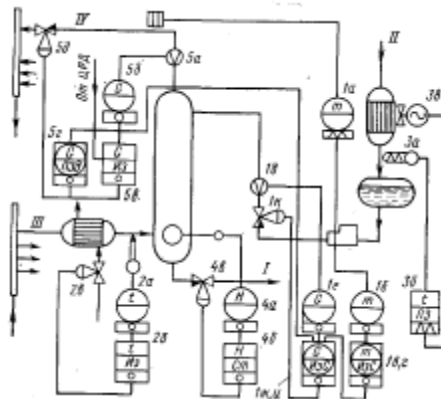


Рисунок 5.1 – Схема каскадного автоматичного управління процесом абсорбції

Зміна витрати і концентрації газової суміші, а також умов масообміну (температури контакту фаз, тиску і т. ін.) призводить до зміни вмісту компонентів у газі. Для підтримки постійного значення концентрації газу змінюють або витрату абсорбенту, або його концентрацію, або і те і інше одночасно.

Якщо абсорбер працює у змінному (по витраті газу) режимі, то система автоматичного управління будується за принципом регулювання співвідношення витрата газу – витрата абсорбенту із корекцією співвідношення по відхиленню від заданого значення.

Система функціонує в такий спосіб (див. рис. 5.1). Поточне значення концентрації рідини сприймається датчиком *Ia*, а за допомогою електропневматичного перетворювача *Iб* перетворюється в пневматичний уніфікований сигнал, який подається на вхід ПІ-регулятора. Від ручного задатчика вторинного приладу *Iг* на вхід цього регулятора подається пневматичний сигнал, пропорційний заданому значенню концентрації. При відхиленні поточного значення концентрації від заданого значення регулятор по пропорційно-інтегральному закону видає коригувальний пневматичний сигнал, який подається на вхід регулятора *Iж*. Останній, діючи на виконавчий механізм *Iк*, змінює витрату абсорбенту до тих пір, поки поточне значення концентрації не стане рівним заданому.

При зміні витрати газу порушується співвідношення витрата газу – витрата абсорбенту та регулятор *Iж* по сигналу від датчиків витрати газу *5a* і *5б* змінює витрату абсорбенту. Введення в контур регулювання сигналу від датчика витрати газу забезпечує підвищення динамічної точності регулювання.

У системі управління використовуються в основному пневматичні прилади ГСП. Вторинний прилад типу ПВ10.1Е призначений для реєстрації витрати абсорбенту та дистанційного керування виконавчим механізмом *Id* при переході на ручне дистанційне керування. У якості виконавчого механізму використовується регулятор витрати рідини типу РВР (рис. 5.2).

Як було зазначено вище, основною регулюючою величиною в процесі абсорбції є концентрація певного компонента в отриманому продукті або утримання в ньому домішок, які будуть визначатися за допомогою оптико-акустичного газоаналізатора.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

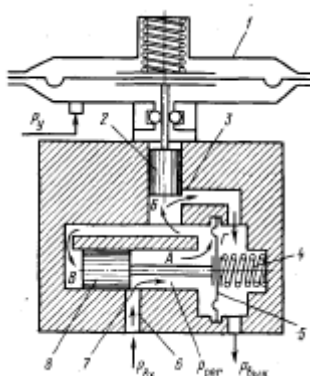


Рисунок 5.2 – Регулятор витрати рідини РВР-1

Положення робочої лінії залежить від початкової і кінцевої концентрації компонента в обох фазах, а положення рівноважної лінії – від температури і тиску в апараті. Із цього випливає, що концентрація цільового компонента в суміші залежить від його початкових концентрацій в газовій і рідкій фазах, від витрати надходжуваної газової суміші, від відносної витрати абсорбенту, а також від температури і тиску в абсорбері. Регулювати в процесі абсорбції будемо рівень, тиск, температуру і витрату абсорбента.

Для регулювання використовуємо електричний привід прямоходовий. Даний привід включає в себе перетворювач і регулюючий орган. У якості головного контуру візьмемо контур регулювання тиску в абсорбері за допомогою витрати.

Температура в апараті вимірюється за допомогою термоперетворювача з уніфікованим вихідним сигналом 4–20 мА (наприклад, Метран – 276 (рис. 5.3).

Витратні показники будемо вимірювати за допомогою витратоміра Метран – 360 – R100F (рис. 5.4). Параметри вимірюваного середовища: температура –40–125°C; робочий надлишковий тиск в трубопроводі до 30 МПа; межі основної відносної похибки вимірювань масової і об’ємної витрат рідин $\pm 0,5\%$.

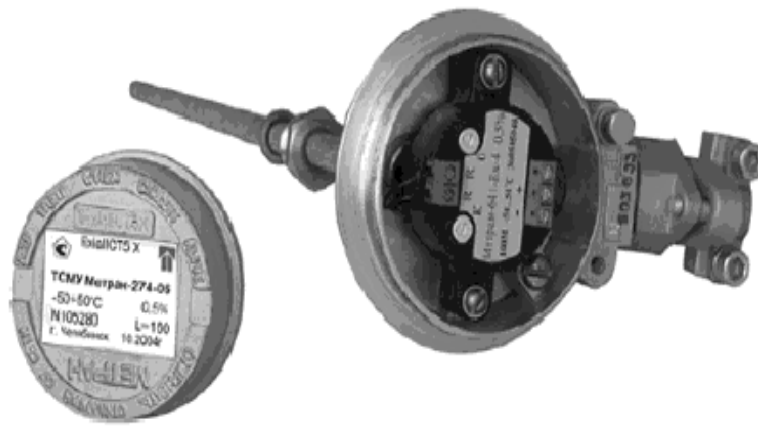


Рисунок 5.3 – Термоперетворювач Метран – 276



Рисунок 5.4 – Регулятор потоку Метран – 360 – R100F

Основні переваги приладу [22]:

- висока точність вимірювання параметрів протягом тривалого часу;
- можливість роботи незалежно від напрямку потоку;
- відсутність прямолінійних ділянок трубопроводу до і після витратоміра;
- надійність роботи при наявності вібрації трубопроводу, при зміні температури і тиску робочого середовища;
- тривалий термін служби і простота обслуговування завдяки відсутності рухомих і зношувачих частин.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

Також потрібно вимірювати і регулювати рівень рідини в абсорбері. Вимірювати його будемо за допомогою дифмометра ВМ100.

Тиск будемо вимірювати за допомогою датчика Корунд – ДД – 105, який живиться від 24В постійної напруги. На виході з датчика отримуємо уніфікований струмовий сигнал 4–20 мА, який надходить на наш регулятор, де сигнал перетвориться за допомогою ПІД закону.

Наступним вимірювальним приладом буде датчик різниці тиску Метран – 100 – ДД (рис. 5.5) [22]:

- вимірюване середовище – рідина;
- діапазон вимірювання тиску – від 4 до 250 кПа;
- основна приведена похибка вимірювання – до $\pm 0,1$ %;
- діапазон переналаштувань границь вимірювань – до 25:1;
- виконання – звичайне і вибухозахищене;
- міжповірочний інтервал – 3 роки;
- гарантований термін експлуатації – 3 роки.



Рисунок 5.5 – Датчик різниці тиску Метран – 100 – ДД

Оптико-акустичний газоаналізатор КЕДР-М є автоматичним і безперервно діючим приладом, призначеним для визначення концентрації одного з компонентів у складній газовій суміші. Принцип дії – вибіркоче поглинання інфрачервоного випромінювання визначальним компонентом аналізованої газової суміші.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

6 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК ПРИ ВИРОБНИЦТВІ НЕКОНЦЕНТРОВАНОЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ [2, 22]

При виробництві азотної кислоти вживаються аміак, оксиди азоту, кисень та інші речовини як у чистому вигляді, так і у вигляді різних сумішей. Багато із цих речовин володіють токсичними властивостями, або є вогнебезпечними, або утворюють вибухові суміші.

В атмосфері чистого газоподібного кисню можливо самозаймання органічних матеріалів. Рідкий аміак, азотна кислоти характеризуються палючою дією. При потраплянні цих речовин на людину – на найбільшу небезпеку наражаються очі.

Вибухонебезпечними ділянками у виробництві азотної кислоти є [2]:

Відділення конверсії аміаку. При збільшенні концентрації аміаку в суміші з повітрям в зоні каталізатора можуть відбуватися вибухи, руйнівна дія яких поширюється на суміжну апаратуру.

Котел-утилізатор, який при перегріванні, нестачі води або з інших причин може вибухнути.

Нітрозні вентилятори. На лопатках нітрозних вентиляторів іноді спостерігається відкладення амонійних солей азотної кислоти. Зіткнення обертових частин ротора з такими відкладеннями на статорі може призвести до вибуху і руйнування агрегату. Утворення і накопичення цих солей можуть відбуватися в період зтяжного пуску контактного апарату, коли можливі проскоки аміаку через каталізатор і подальше утворення солей азотної кислоти при знижених температурах.

Контактне відділення представляє певну небезпеку вибуху, оскільки при утриманні аміаку в повітрі понад 15 % об. суміш стає вибухонебезпечною. Для попередження небезпеки вибуху служить, встановлений на лінії подачі аміаку від газгольдера до вентилятора, автоматичний вентилятор, який припиняє подачу аміаку при відключенні електричного струму. Також для зменшення небезпеки витоків аміаку служать автоматичні газоаналізатори. Приміщення, в якому розміщують

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

контактний апарат відноситься до категорії Д, а зона в радіусі 5 м від контактного апарату відноситься до категорії Б.

У **абсорбційних відділеннях** відбувається постійне забруднення повітря оксидами азоту, які постійно проникають у приміщення із сусідніх газоходів і кислотопроводів, від насосів, місць взяття проб тощо. В абсорбційному відділенні також можливі аварії, що пов'язані з викидом газів. Найбільш небезпечними місцями по аваріях є скляні з'єднання кислотопроводів від веж до буферних баків, а також кислотопроводи, які знаходяться під високим тиском, де при несправності або пошкодженні системи також можуть бути прориви великих об'ємів кислоти.

Виробництво азотної кислоти пов'язано з такими шкідливими речовинами як аміак і нітрозні гази. Одним із найбільш несприятливих факторів виробництва азотної кислоти є забруднення зовнішнього повітря на території підприємства, а також внутрішніх приміщень оксидами азоту і різними отруйними парами, а також викиди кислоти.

Азотна кислота є дуже небезпечною корозійно-активною речовиною. Азотна кислота «димить», тобто випускає токсичні пари. Найбільш небезпечними сполуками є двоокис азоту, оскільки він, внаслідок своєї повільної розчинності у волозі, що покриває слизові оболонки дихальних шляхів, має значний прихований період між моментом надходження отруйних газів в організм і початком розвитку хворобливих явищ, переважно в органах дихання.

Після вдихання оксидів азоту постраждалий не відчуває ніякого роздратування дихальних шляхів і тільки через 20–30 хвилин у нього виникає кашель, задишка, біль у грудях. Ці первинні явища часто проходять при виході потерпілого із загазованого приміщення на свіже повітря, а потім через годину або кілька годин знову наростає задишка, з'являються кашель, біль у грудях, все більше посилюється утруднення дихання, розвиваються синюшність і важкі, небезпечні для життя явища набряку легенів.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

Тетраоксид азоту, ангідрид азотної кислоти, пари та аерозоль азотної кислоти діють також задушливим чином на органи дихання людини. Нижчі оксиди азоту: закис азоту і ангідрид азотної кислоти мають переважно судинорозширювальні властивості, а інколи характеризуються наркотичною дією.

Систематичний вплив перевищених гранично допустимих концентрацій, але ще не здатних на гостре отруєння концентрацій двоокису азоту та інших вищих оксидів азоту веде до розвитку важких хронічних захворювань дихальних шляхів – хронічних бронхітів, токсичного пневмосклерозу, часто ускладнених астмою.

Густина аміаку менша густини повітря при однаковій температурі. За певних умов у деяких випадках відзначалося утворення хмар повітряно-аммічної суміші, яка важче навколишнього повітря. Утворені хмари мов би «стелилися» по землі [24].

Межі вибуховості для газоподібного аміаку [23]: у повітрі: НМВ = 15,5 % об.; ВМВ = 27 % об.; у кисні: НМВ = 15 % об.; ВМВ = 79 % об.

Таблиця 5.1 – Гранично допустимі концентрації токсичних газів і парів в повітрі робочих приміщень [25]

Речовина	Концентрація, мг/м ³
Аміак	20
Гас	300
Оксиди азоту	5
Оксид вуглецю	20
Ртуть металева	0,01

Для забезпечення безпечного режиму роботи у виробництві неконцентрованої азотної кислоти необхідно суворе виконання технологічного регламенту, інструкцій з охорони праці по робочих місцях,

інструкції з охорони праці та промислової безпеки відділення, інструкцій по окремим видам робіт.

Обслуговуючий персонал допускається до роботи лише у спецодязі та спецвзутті, зобов'язаний мати при собі справні засоби індивідуального захисту. Засоби захисту (індивідуальний протигаз) обов'язково перевіряється щозміни перед початком роботи.

Особи, які обслуговують механізми, повинні знати правила Держміськтехнагляду, що відносяться до обслуговуваного обладнання; особи, які обслуговують котлонадзорне обладнання – правила котлонагляду.

Не допускати порушення нормального технологічного режиму на всіх стадіях процесу.

Роботи вести тільки на справному обладнанні, оснащеному всіма необхідними і справно діючими запобіжними пристроями, контрольно-вимірювальними і регулювальними приладами, сигналізаціями і блокуваннями.

При здачі в ремонт обладнання та комунікацій, в яких можливе скупчення аміаку, проводити продування обладнання і комунікацій азотом до відсутності в продувному азоті горючих з'єднань.

Перед заповненням апаратів і комунікацій аміаком після їх ремонту проводити продування азотом до вмісту кисню в продувному азоті не більше 3,0 % об.

Не допускати ремонт комунікацій, арматури, обладнання, що знаходяться під тиском. Ремонт повинен проводитися після скидання тиску і відключення ремонтованої ділянки заглушками. Устаткування, комунікації, які підлягають ремонту, повинні бути продуті або промиті.

Щоб уникнути гідравлічних ударів подачу пари в холодні паропроводи виконувати повільно, забезпечивши достатній їх підігрів зі скиданням конденсату по всій довжині трубопроводу. Вихід сухої пари з дренажу свідчить про достатній прогрів трубопроводу.

Не допускати включення ел.оборудованія при несправному заземленні.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

Не допускати ремонт обладнання з електроприводом без зняття напруги з електродвигунів.

Ремонт і налагодження КВП та електрообладнання дозволяється здійснювати лише силами служб КВП і електриків.

Користуватися відкритим вогнем у виробничих і складських приміщеннях забороняється:

- вогневі роботи проводяться тільки при наявності наряду-допуску, підписаного начальником цеху і затвердженого начальником управління, групою цехів по ПМУ після узгодження з інженером з охорони праці;

- куріння дозволяється лише у спеціально відведених для цих цілей місцях.

Усі обертові частини устаткування (напівмуфти), крильчатки обертових вентиляторів, на валах електродвигунів повинні мати надійне кріплення і огорожені, і пофарбовані в червоний колір.

Фланцеві з'єднання кислотних ліній повинні бути захищені захисними кожухами.

Підтягування болтів фланцевих з'єднань трубопроводів, а також проведення робіт на обладнанні, що знаходиться під тиском, не допускається.

Апарати, що працюють під тиском, повинні задовольняти вимогам, викладеним в технічних умовах і правилах будови і безпечної експлуатації посудин і комунікацій, що працюють під тиском.

Вентиляція повинна бути у справному стані і перебувати постійно в роботі.

Обслуговування вантажопідйомних механізмів, посудин, що працюють під тиском, проводиться тільки особами, спеціально навченими і що мають спеціальне посвідчення.

Підходи до аварійних шаф, пожежних сповіщувачів, пожежного інвентарю не допускається захаращувати сторонніми предметами, утримувати їх необхідно в чистоті і у справному стані.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

Відкриті прорізи в перекриттях, майданчиках, перехідні містки повинні мати огорожі висотою 1 м. У нижній частині огорожі повинен розташовуватися бортик або захисна смуга висотою 15 см.

Усі контрольно-вимірювальні прилади і системи автоматики і блокування повинні знаходитися у справному стані.

Для запобігання відкладення нітрит-нітратних солей на внутрішніх поверхнях апаратів і трубопроводів, лопатях роторів, стінках компресорів та інших деталях і апаратах не допускати тривалого розпалювання контактних апаратів (більше 20 хвилин).

Робочі місця для проведення ремонтних та інших робіт і проходи до них на висоті 1,3 м і більше повинні бути огорожені. При неможливості або недоцільності влаштування огорожень роботи на висоті 1,3 м і вище, а також при роботі з приставних сходів на висоті більше 1,3 м, необхідно застосовувати запобіжні пояси. При цьому у місцях проведення робіт мають перебувати допоміжні робочі, готові надати допомогу працюючому на висоті. Місце закріплення карабіна визначає керівник робіт.

Запобіжні пояси проходять випробування перед введенням в експлуатацію, а також в процесі експлуатації через кожні 6 місяців. На запобіжному поясі повинна бути бирка із зазначенням реєстраційного номера та дати наступного випробування.

При роботі з азотною кислотою (відбір проб, огляд комунікацій, пуск насосів продукційної кислоти і т. п.) необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та зору (фільтруючий протигаз з коробкою марки «М», захисні окуляри з гумовою напівмаскою або захисний щиток з оргскла), гумові кислотозахисні рукавички, спеціальний кислотозахисний одяг.

При виявленні будь-яких несправностей у роботі устаткування, дефектів опор, стін і т. п. своєчасно інформувати начальника відділення чи механіка цеху. При необхідності зупинити обладнання і підготувати його до здачі в ремонт.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		65

При кожній зупинці агрегату в ремонт робити розтин нижнього люка окислювача і при наявності солей амонію на розподільній решітці та на стінках – виконувати пропарювання його гострою парою. Роботи з парою, паровим конденсатом виконувати у спецодязі, спецвзутті, рукавицях.

Таким чином, при суворому дотриманні технологічного режиму, інструкцій з техніки безпеки при виробництві азотної кислоти створюються цілком безпечні умови праці.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / Под ред. В. М. Олевского. – М. : Химия, 1985. – 400 с.
2. Атрощенко В. И. Технология азотной кислоты / В. И. Атрощенко, С. И. Каргин. – М. : Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1962. – 523 с.
3. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» : для студентів денної, заочної та дистанційної форм навчання / В. І. Склабінський, Я. Е. Михайловський, Р. О. Острога, М. С. Скиданенко. – Суми : СумДУ, 2019. – 53 с.
4. Маньковский О. Н. Теплообменная аппаратура химических производств: Инженерные методы расчета / О. Н. Маньковский, А. Р. Толчинский, М. В. Александров. – Ленинград : Химия, 1976. – 368 с.
5. Врагов А. П. Теплообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : навчальний посібник / А. П. Врагов. – Суми : Вид-во СумДУ, 2006. – 262 с.
6. Іванченко В. В. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів / В. В. Іванченко, О. І. Барвін, Ю. М. Штонда. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. – 208 с.
7. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва : Химия, 1973. – 754 с.
8. Справочник азотчика. 2-е изд. перераб. – М. : Химия, 1987. – 464 с.
9. Рамм В. М. Абсорбция газов. Изд 2-е, переработ. и доп. / В. М. Рамм. – М. : Химия, 1976. – 656 с.
10. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв : Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

- 11.Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
- 12.Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
- 13.Сталь 12Х18Н10Т: характеристики, применение и цены на металлопрокат [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kp.ru/guide/stal-12kh18n10t.html>
- 14.Кинетика абсорбционных процессов / Под ред. В. И. Атрощенко. – Харьков : Вища школа, 1976. – 164 с.
- 15.Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
- 16.Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов втузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.
- 17.Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Проектування хімічних підприємств та основи САПР» / Укладачі: О. О. Ляпощенко, В. М. Маренок. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 81 с.
- 18.Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
- 19.Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
- 20.КСК автоматизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kck.ua/dir.html>

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

21. Голубятников В. А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В. А. Голубятников, В. В. Шувалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1985. – 352 с.
22. Пряников В. И. Техника безопасности в химической промышленности В. И. Пряников. – М. : Химия, 1990. – 346 с.
23. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.
24. Фокин Л. М. Синтез аммиака / Л. М. Фокин. – М. : Гостехиздат, 1963. – 312 с.
25. ГОСТ 12.1.005-88 «ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

					XI.A.00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69