

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____
(повне найменування факультету)

Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітнього ступеня _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)

спеціальності _____ 161 Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Виробництво карбаміду потужністю 330 тис. т/рік з розробкою стадії синтезу

Виконав: здобувач вищої освіти групи ХТ-17д

_____ Редька О. С. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник _____ Ожередова М.А. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри _____ Суворін О.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Римар Т.Е. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Севєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
Освітній ступінь _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)
Спеціальність _____ 161 Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Редькі Олені Сергіївні

1. Тема роботи:

Виробництво карбаміду
потужністю 330 тис. т/рік з розробкою стадії синтезу

Керівник роботи _____ Ожередова Марина Анатоліївна, к. т. н., доц. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 18.03.2021 р. № 54/15.25

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи - 07 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір допоміжного обладнання. 6. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 7. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 8. Охорона праці. Висновки. Анотація. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Технологічна схема стадії синтезу у виробництві карбаміду (1 лист).
2. Креслення основного апарату (1 лист).
3. Таблиця матеріального балансу (1 лист).

6. Дата видачі завдання - 18 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	25.03.2021	
2	Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	30.03.2021	
3	Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	05.04.2021	
4	Опис технологічної схеми	20.04.2021	
5	Матеріальні і теплові баланси	25.04.2021	
6	Вибір допоміжного обладнання	05.05.2021	
7	Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату	11.05.2021	
8	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	21.05.2021	
9	Охорона праці	28.05.2021	
10	Висновки	07.06.2021	

Здобувач вищої освіти

_____ Редька О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Ожередова М.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка	
					<u>Текстові документи</u>			
	A4		1	ПД.19.01.ПЗ	Пояснювальна записка дипломного проєкту	90		
					<u>Графічні документи</u>			
Справ. №	A3		2	ПД.19.02.СХ	Технологічна схема стадії синтезу у виробництві карбаміду	1		
	A3		3	ПД.19.03.ВЗ	Реактор. Вид загальний	1		
Подп. и дата	A3		4	ПД.19.04.ТБ	Таблиця матеріального та теплового балансу	1		
Инв. № дубл.								
Взам. инв. №								
	<i>ПД.19.01.ПЗ</i>							
	<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>			
Инв. № подл.	<i>Розробив</i>	<i>Редька О.С</i>				<i>Літ</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
	<i>Перевірів</i>	<i>Ожередова М.А.</i>				.	.	.
	<i>Консультант</i>					.	.	.
	<i>Н. Контр.</i>					.	.	.
	<i>Затвердив</i>	<i>Суворін О.В.</i>				.	.	.
	<i>Відомість дипломного проєкту</i>					4	90	
						<i>СНУ ім. В. Даля, гр. ХТ-17д</i>		

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається із пояснювальної записки, яка містить 9 сторінок, 3 рисунки, 15 таблиць, 24 літературних джерела і 3 листи графічної частини.

ВИРОБНИЦТВО, КАРБАМІД, СИНТЕЗ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ДРОСЕЛЮВАННЯ

Метою даного дипломного проєкту є розробка стадії синтезу у виробництві карбаміду потужністю 330 тис. т/рік.

Розглянувши фізико-хімічну характеристику процесу виробництва карбаміду, був обраний найбільш ефективний метод отримання карбаміду.

У проєкті представлені фізико-хімічні характеристики основних і проміжних продуктів процесу, описана технологічна схема стадії синтезу, вказані норми технологічного режиму, кількість джерел забруднення, їх характеристики, норми утворення відходів.

Проведені розрахунки матеріального балансу процесу синтезу, теплоенергетичні і технологічні розрахунки основного і допоміжного технологічного устаткування з підбором на підставі цих розрахунків стандартного устаткування.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	10
2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції.....	25
3 Опис технологічної схеми.....	28
4 Матеріальні і теплові баланси.....	32
4.1 Матеріальні розрахунки.....	32
4.2 Теплові розрахунки.....	37
5 Вибір і розрахунок основного апарату.....	42
5.1 Визначення числа колон синтезу.....	42
5.2 Конструктивний розрахунок апарату.....	43
5.3 Механічний розрахунок на міцність основних елементів апарату	44
6 Вибір допоміжного обладнання.....	46
7 Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату.....	50
7.1 Контроль параметрів технологічного процесу.....	51
7.2 Регулювання параметрів технологічного процесу.....	54
7.3 Сигналізація і блокування процесу.....	53
8 Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища.....	59
8.1 Характеристика джерел утворення відходів	60
8.2 Вплив забруднювачів базового об'єкту на атмосферу, літосферу, гідросферу, рослинний і тваринний світ, людину	61
8.2.1 Вплив на людину.....	62
8.2.2 Вплив на тваринний на рослинний світ.....	62
8.3 Заходи щодо охорони навколишнього середовища.....	63

8.3.1 Контроль чистоти повітря.....	63
8.3.2 Захист водойм від стічних вод.....	64
8.3.3 Методи боротьби з пилом.....	64
8.4 Розрахунок ГДВ.....	65
9 Охорона праці.....	67
9.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожеже- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та добуто на виробництві, яке проектується	67
9.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві	70
9.3 Класифікація і категорійність проєктованого виробництва і його приміщень.....	71
9.4 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів.....	72
9.5 Заходи щодо боротьби з шумом і вібрацією.....	78
9.6 Заходи захисту від статичної електрики.....	80
9.7 Заходи електробезпеки.....	81
9.8 Заходи пожежної безпеки.....	83
Висновки.....	85
Анотація.....	86
Список літератури.....	88

ВСТУП

Мінеральні добрива – джерело різних поживних елементів для рослин і властивостей ґрунту, в першу чергу азоту, фосфору і калію, а потім кальцію, магнію, сірки, заліза [1].

Азот є складовою частиною не тільки рослинних білків, але і хлорофілу, за допомогою якої рослини під дією сонячної енергії засвоюють вуглець з двоокису вуглецю CO_2 , що знаходиться в атмосфері, у рослини азот поступає з ґрунту головним чином у вигляді солей амонію і азотної кислоти.

Для нормального розвитку рослин потрібно багато хімічних елементів. Основними з них є: вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, магній, сіра, кальцій, залізо і кальцій. Перші три елементи рослини отримують з повітря і води, інше – витягують з ґрунту.

Природні сполуки азоту утворюються в результаті хімічних процесів розкладання органічних залишків при грозових розрядах, а також біохімічним шляхом в результаті діяльності в ґрунті особливих бактерій – азотобактера, що безпосередньо засвоюють азот з повітря.

Значення азотних добрив різко зростає при сучасній інтенсивній системі землеробства, особливо при вирощуванні високоврожайних і найбільш вимогливих до умов живлення технічних культур. У асортименті азотних добрив значне місце займає карбамід.

Карбамід $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ містить 46% азоту. Інші тверді азотні добрива містять значно менше азоту [1]:

Добриво	N %
Натрієва селітра NaNO_3	16
Кальцієва селітра $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	14-15,5
Сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	близько 21
Калієва селітра KNO_3	13,8

Крім того, перераховані добрива містять азот тільки в одній формі: у вигляді аміаку (аміачна, або амонійна форма азоту – сульфат амонію), у вигляді групи NH_2 (амідна форма – карбамід) або у вигляді групи NO_3 (нітратна форма – селітри).

В даний час виробництво карбаміду стрімко розвивається, світовий випуск цього продукту збільшується з кожним роком. Основою для створення багатотоннажного виробництва карбаміду є спосіб синтезу цього продукту з аміаку і діоксиду вуглецю. Цей спосіб був здійснений російським хіміком О.І. Базаровим.

Він широко використовується для прямого внесення до ґрунту як компоненту комплексних добрив і азотовміщуючих розчинів. Його вводять в раціон кормів великої рогатої худоби для підвищення їх живильної цінності.

У текстильній промисловості карбамід застосовується для обробки тканин з метою додання їм еластичності і підвищення міцності; для збільшення механічної міцності паперу, додавання прозорості і водонепроникності; в шкіряній промисловості для дублення шкіри [2].

У нафтовій промисловості його використовують для депарафінізації олів та моторних палив з виділенням м'якого парафіну-сировини для отримання білково-вітамінних препаратів, жирних спиртів та кислот, миючих засобів тощо.

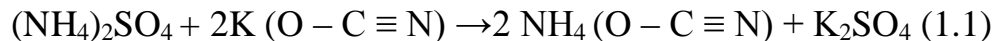
Карбамід також застосовується для очищення димових газів теплових електростанцій, котелень, сміттєспалювальних заводів, двигунів внутрішнього згоряння та від оксидів азоту [2].

У медицині чисту сечовину використовують, як дегідратаційний засіб (протипухлинні препарати) для попередження та зменшення набряку мозку, а також для виробництва снодійних засобів (веронал, люмінал, бромурал).

Метою даного дипломного проекту є розгляд виробництва карбаміду стадії синтезу, вибір найбільш раціональної технологічної схеми виробництва, що володіє самим повним використанням всіх сировинних й енергетичних компонентів процесу.

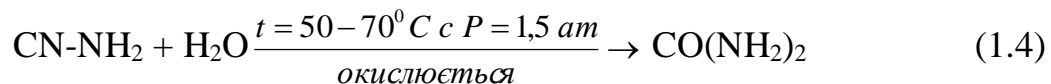
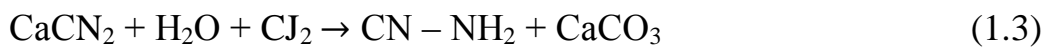
1 СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

В 1828 році німецький хімік Ф. Велер одержав карбамід із сульфату амонію й ціанату калію [1]:



Після історичного синтезу було відкрито понад п'ятдесят способів одержання цього продукту:

- з ціанаміду кальцію з водою в присутності CO_2 і H_2SO_4



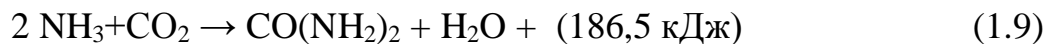
- з фосгену й аміаку



- аміаку і сірководню вуглецю (вихід до 94 %). Спочатку утворюється тіокарбонат амонію, який при нагріванні до 100°C розкладається:



Але безспірні переваги має єдиний спосіб, що застосовується у світовій промисловій практиці, який був відкритий видатним російським хіміком А. І. Базаровим в 1868 році з аміаку й двоокису вуглецю:



Перша у світі промислова установка з виробництва карбаміду з аміаку й двоокису вуглецю була пущена в 1922 році в Німеччині.

Існують різні способи одержання карбаміду.

Процес без рециркуляції [2]

Сутність полягає в тому, що аміак і двоокис вуглецю, які не перетворюються в карбамід, у цикл синтезу не вертаються, а використовуються у виробництві інших продуктів (аміачної води, аміачної селітри, і ін.).

Процес із частковим рециклом [3]

За схемою із частковим рециклом деяка частина NH_3 і двоокису вуглецю, що не прореагували вертається в цикл синтезу, а деяка передається в інші виробництва. При частковому рециклі повинна бути передбачена дистиляція плаву у дві щаблі. Частина газів, не прореагували може бути повернута в цикл у вигляді рідкого NH_3 ; рідкого NH_3 і розчина вуглеамонійних солей; розчину вуглеамонійних солей.

Схема із частковим рециклом рідкого аміаку [3]

Сутність полягає в тому, що частина NH_3 , не перетвореного в карбамід, відділяється від розчину карбаміду й у рідкому вигляді вертається в цикл синтезу. Процес синтезу проводиться при мольному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{CO}_2 = 4:1$, температурі 180- 200 °С и тиску 180- 200 ат. Дистиляція плаву відбувається у два ступеня. Тиск у системі дистиляції першого ступеня становить 15-18 ат. Він визначається необхідністю максимального відгону NH_3 і CO_2 і можливістю

наступної конденсації NH_3 при охолодженні його водою й оборотним циклом. На першому ступені дистиляції з розчину виділяється основна частина NH_3 і CO_2 , що не прореагували, на другому ступені – інша частина газу. Для збільшення ступеня розкладання карбамату амонію в шаблі розчин, що дроселюють, нагрівається до 125-140 °С.

Схеми рециркуляції розчинених NH_3 і CO_2 [3]

Сутність цього процесу полягає в тому, що не перетворені аміак і двоокис вуглецю вертаються в цикл синтезу у вигляді розчину вуглеамонійних солей і рідкого NH_3 або у вигляді тільки розчину вуглеамонійних солей.

Синтез карбаміду проводиться при 190-270 ат. і 180-200 °С; мольне співвідношення компонентів, що подаються у колону синтезу: $\text{NH}_3:\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O}=(3,5-4,5) : 1 : (0,5-1)$.

Дистиляція плаву проводиться при 190-270 ат. і 180-200 °С; у два ступені: перший під тиском 15-18 ат. і температурі 130-145 °С. Прикладом є схема фірми «Монтекатіні». Вона заснована на тім, що в процесі дистиляції плаву карбаміду, отриманого при значному надлишку аміаку, можуть бути створені умови відгону плаву аміаку, двоокису вуглецю й водяної пари, при якому утворюються концентровані водно – аміачні розчини карбамату амонію, але досить далекі від насичення. Таким чином, може бути здійснений замкнутий рідинний рецикл NH_3 і CO_2 у вигляді розчину вуглеамонійних солей.

Схеми з рециркуляцією суспензії карбамату амонію [4]

Сутність цього процесу полягає в тому, що NH_3 і CO_2 , які не прореагували вертаються в колону синтезу у вигляді тонкодисперсної суспензії карбамату амонію в маслі або в рідкому стані. Схему з рециклом карбонату амонію у вигляді масляної суспензії, розробленою фірмою «Пешине», реалізовано в напівпромисловому масштабі ще в 1939 р. Масляна суспензія, що містить 50 % карбамату амонію,

нагнітається одночасно свіжими порціями NH_3 і CO_2 у цикл синтезу. Застосування інертного мінерального масла дозволяє здійснювати повний рецикл непрореагувавших NH_3 і CO_2 .

Схеми з поділом NH_3 і CO_2 , що не прореагували і поверненням у цикл

Сутність процесу полягає в тім, що не перетворені в карбамід аміак і двоокис вуглецю (після виділення зі сплаву) піддається поділу з поверненням газів у цикл.

Схеми з рециркуляцією горючих газів [5]

Засновані на тому, що для дроселювання плаву, який одержують в колоні синтезу, можуть бути підібрані такі оптимальні умови, при яких у газову фазу переходить основна частина не перетворених у карбамід аміаку й двоокису вуглецю з мінімальним вмістом водяної пари. Гази, що виділилися, стискаються й вертаються в цикл синтезу.

Розглянемо схему фірми «Хеміко». Схемою передбачається адіабатичний стиск газів дистиляції відцентровим компресором і повернення їх у цикл синтезу. Адіабатичні умови компресування дозволяють створити таку схему теплових потоків, за якою використовується більша частина тепла, що виділяється на різних стадіях процесів синтезу й дистиляції, а також тепло стиску газів, що сприяє зменшенню витрати енергії на їхню компресію.

Стрипінг - процес синтезу й дистиляції [6]

Сутність цього технологічного процесу полягає в тому, що розкладання карбонату амонію й відгін NH_3 і CO_2 проводяться в струмі вуглекислого газу або аміаку. Застосування стрипінг - процесу дозволяє значно знизити енергетичні витрати.

В якості прикладу розглянемо такі схеми: схема «Монтекатіні», схема «Тоекоацу», схема «Стамікарбон».

В основу схеми «Монтекатіні» покладений процес повного рідинного рециркулу NH_3 та CO_2 у вигляді водних розчинів амонійних солей, розроблений італійською фірмою Монтекатіні. Як початкові компоненти для процесу синтезу карбаміду застосовуються рідкий аміак та газоподібний діоксид вуглецю, що містить не менше 97% CO_2 та не більше 1 частини на мільйон домішку сірки. Рідкий аміак перед надходженням в колону синтезу пропускається через паровий підігрівач. Стиснення двоокису вуглецю до тиску, при якому проводиться синтез, здійснюється в п'ятиступінчастому компресорі.

Молярне відношення NH_3 : CO_2 при подачі в колону складає 3 : 1. Тиск в колоні підтримується в межах 160 - 183 ат, температура регулюється в інтервалі 160 - 182 °С. Таким чином, процес синтезу за схемою «Монтекатіні» не проводиться автотермічно.

Для забезпечення можливості такого регулювання температури колони синтезу обладнана охолоджуючим кожухом, через який циркулює гаряча, вода (пара, що утворюється, відводиться споживачеві).

Обмеження робочої температури процесу обумовлені необхідністю зменшення інтенсивності корозії нержавіючої сталі, яка застосовується для футерівки внутрішніх поверхонь колони, а також для виготовлення арматури. Плав, що виходить з колони, дроселює у випарник першого ступеня, що працює під тиском приблизно 20 ат (у попередніх схемах тиск складав 28 ат), в якому карбамат амонію при нагріванні частково розкладається на NH_3 та CO_2 . Парорідинна суміш входить потім в сепаратор першого ступеня, де газу відділяються від рідини та поглинаються водним розчином амонійних солей, що подається з допомогою насоса з сепаратора другого ступеня.

В основу схеми «Тоекоацу» покладений процес повного рідинного рециркулу NH_3 та CO_2 у вигляді водних розчинів амонійних солей, розроблений японською фірмою «Тоекоацу».

Як початкові компоненти для процесу синтезу карбаміду застосовуються рідкий аміак (20 ат) і газоподібний діоксид вуглецю, що містить більше 99% CO_2 , менше $10 \text{ мг/м}^3 \text{ H}_2\text{S}$ і сліди сіркоорганічних сполук. Діоксид вуглецю перед використанням піддається очищенню від сірки за допомогою активованого вугілля, компримується до 160 ат, зріджується у конденсаторі і поршневим насосом нагнітається в колону під тиском 250 ат. Під таким же тиском подається в неї рідкий аміак (заздалегідь нагрітий) та повертається в цикл висококонцентрований розчин амонійних солей. Робоча температура в колоні синтезу $180 - 190 \text{ }^\circ\text{C}$, молярне відношення $\text{NH}_3 : \text{CO}_2 = 3,7 : 1$. Завдяки подачі надмірної кількості аміаку процес здійснюється аутотермічно. Ступінь конверсії діоксиду вуглецю в карбамід за один прохід складає близько 58% [7].

Плав, що виходить з колони синтезу, поступає спочатку в агрегат дистиляції першого ступеня, що працює під підвищеним тиском, достатнім для конденсації аміаку без додаткового компримування шляхом охолодження звичайною водою ($25 \text{ }^\circ\text{C}$). Після відгону деякої кількості надмірного аміаку і часткового розкладання карбамату амонію розчин направляють в агрегат дистиляції другого ступеня, що працює під низьким тиском. В процесі дистиляції в агрегаті першого ступеня аміак, що відгоняється, і двоокис вуглецю промиваються розчином амонійних солей, що поступає з агрегату дистиляції другого ступеня. Високо концентрований розчин цих солей, що утворюється в результаті, подають в колону синтезу карбаміду, а промитий від CO_2 чистий аміак прямує в конденсатор, зріджується і використовується в процесі разом з свіжим рідким аміаком.

Поглинання NH_3 та CO_2 , що відгоняється в агрегаті дистиляції другого ступеня, проводиться водою, що містить невелику кількість амонійних солей. Розбавлений розчин амонійних солей виходячи з газового сепаратора направляється після агрегату дистиляції другого ступеня на випаровування де віддувають та конденсують залишки аміаку і двоокису вуглецю. Концентрація водних розчинів карбаміду в сепараторі підвищується до 80%.

Після фільтрації (у тому ж сепараторі) розчин піддається кристалізації, центрифугуванню і сушці. Готовий продукт випускається у вигляді кристалічного карбаміду, призначеного для технічних цілей.

В основу схеми «Стамікарбон» покладено процес повного рідинного рециркулу NH_3 та CO_2 у вигляді водних розчинів амонійних солей, розроблений голландською фірмою «Стамікарбон».

Як початкові компоненти для процесу синтезу карбаміду застосовуються рідкий аміак і газоподібний двоокис вуглецю. Перед подачею у виробничий цикл рідкий аміак фільтрують від домішок масла і каталізаторного пилу на спеціальних фільтрах, а діоксид вуглецю піддають очищенню від H_2S .

Очищені NH_3 та CO_2 і висококонцентрований розчин амонійних солей, що повертається в цикл, компримують роздільно до 200 атм і направляють в колону отримання карбамату амонію. Надмірне тепло, що виділяється в результаті реакції, відводиться охолодженням водою та використовується для отримання невеликих кількостей пари. Карбамат амонію, що утворився, безперервно поступає в другу колону, в якій здійснюється реакція його дегідратації в карбамід.

Молярне співвідношення $\text{NH}_3 : \text{CO}_2$ складає 4 : 1-5 : 1, робоча температура в другій колоні 175 - 190 °С. Плав, що виходить з колони синтезу, дроселюють до тиску 15 - 25 ат і спрямовують в агрегат дистиляції першого ступеня, де здійснюється відгонка деякої кількості надмірного аміаку і часткове розкладання карбамату амонію. Гази, що відганяються, промиваються розчином амонійних солей, що подаються з агрегату дистиляції другого ступеня [8].

Після такої промивки вільний від CO_2 аміак конденсується і змішується зі свіжим рідким аміаком, що поступає у виробничий цикл; висококонцентрований розчин амонійних солей також прямує на використання в процесі синтезу.

Розчин карбаміду, що містить карбамат амонію, який не розклався, і не відігнаний аміак, після агрегату дистиляції першого ступеня, дроселюється до тиску 2 атм і спрямовується в агрегат дистиляції першого ступеня.

Отриманий в процесі дистиляції водний розчин карбаміду піддається двоступеневому упарюванню в спеціальних апаратах до стану 99,7% - го плаву. Час перебування плаву в зоні гарячих поверхонь випарних апаратів невеликий, що дозволяє запобігти утворенню значних кількостей біурету. Для отримання гранульованого карбаміду плав направляють в грануляційну башту, після якої продукт розсівають на вібраційному ситі. Крупну фракцію розчиняють у воді і подають назад у випарні апарати.

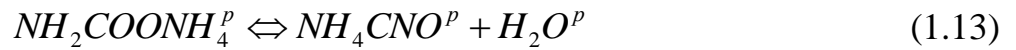
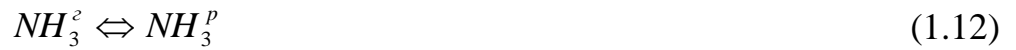
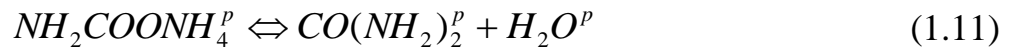
Основну масу продукту розділяють на дві фракції на іншому ситі; крупніші гранули транспортують після охолодження на склад як добриво, а дрібні гранули обробляють спеціальним складом для зберігання і направляють на склад продукції, призначеної як білкова підгодівля для рогатої худоби.

Синтез карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю можна розглядати як процес утворення і дегідратації карбамату амонію.

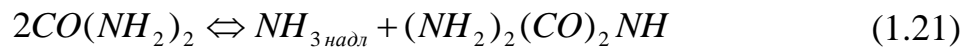
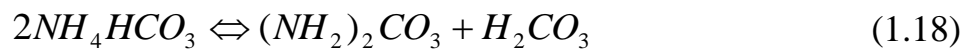
Взаємодія NH_3 , CO_2 та H_2O при 150-200 °С, 7 - 100 МПа, щільності $\rho_{см} = 0,3 \div 1$ г/см³ і молярних співвідношеннях $\text{NH}_3 : \text{CO}_2 = 2 : 6$, $\text{H}_2\text{O} : \text{CO}_2 = 0:2$ приводить до утворення двофазної системи (газ : рідина), що містить приблизно 23 моль/літр аміаку, 9 моль/літр води та 3 моль/л діоксиду вуглецю (у вільному і зв'язаному вигляді), 5 моль/л карбаміду. Якісно хімічний склад може бути представлений сімнадцятьма видами молекул і іонів, дійсні концентрації яких, як правило, не відомі.

Число і вид параметрів стану, що відповідальні за зміни властивостей системи однозначно визначаються з фундаментальних рівнянь і загальних умов стабільності рівноваги. Одиничні значення параметрів і залежні від них властивості системи визначаються безпосередньо з досвіду.

Хімічний склад рівноважної системи, що утворюється в процесі синтезу карбаміду, може бути представлено наступними основними реакціями і фазовими перетвореннями:



побічними реакціями в рідкій фазі:



Багато авторів при побудові кінетичного рівняння процесу синтезу карбаміду не враховували одну важливу обставину: об'єм рідкої фази - реакційної зони системи - у присутності надмірного аміаку може змінюватися в процесі реакції у декілька разів [8]. Надмірний аміак не розчиняється в рідкому карбаматі, але у міру дегідратації останнього аміак починає розчинятися в рідкому карбаміді і воді, що виділилися.

Розчинений аміак зрушує рівновагу реакції у бік утворення карбаміду, тобто зростає глибина дегідратації. Це, у свою чергу, сприяє збільшенню вмісту води в карбаміді, подальшому розчиненню аміаку, зрушенню рівноваги [9].

Огляд патентної літератури наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Огляд патентної літератури

Країни, за якими проведено пошук	Індекси патентної класифікації	Вид використаних джерел	Найменування і коротка характеристика винаходу
1	2	3	4
Росія	C07C273/04	Федеральний інститут промислової власності, http://www.fips.ru	Патент Росія 2050351 від 20.12.1995. C07C273/04 А.І. Гусєв, В.І. Кучерявий та ін. Спосіб одержання карбаміду взаємодією аміаку і діоксиду вуглецю при молярному співвідношенні $\text{NH}_3 : \text{CO}_2$ (2,8-4,2):1, температурі 183-190°C, тиску 138-190 кгс/см ² в двох зонах синтезу шляхом подачі в першу зону суміші, що містить NH_3 , CO_2 , карбонат амонію, воду і домішки, і введення потоків свіжих NH_3 і CO_2 в другу зону, виведення газової суміші речовин, що не вступили в реакцію і рідкого плаву з кожної зони синтезу, розкладання частини карбамату, що міститься в плаві в отпарній зоні при підводі тепла з відділенням газового потоку, що утворився, його змішанням з насиченим на стадії абсорбції розчином вуглеамонійних солей і свіжим NH_3 і подачею суміші в першу зону синтезу, виведенням з нижньої частини отпарної зони частково випареного розчину карбаміду і його послідовної обробка на стадії дистиляції низького тиску і стадіях випаровування води в вакуумі з отриманням концентрованого карбаміду і водного розчину вуглеамонійних солей, використовуюваного в якості абсорбенту на стадії абсорбції газової суміші, що відрізняється тим, що, з метою підвищення конверсії CO_2 і зменшення енергетичних витрат, газовий потік з першої зони синтезу вводять в другу зону або суміш газів з другої зони направляють в першу зону і потім отримані в процесі синтезу газоподібні продукти подають на абсорбцію.

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Росія	C07C273/04, B01J23/76	Федеральний інститут промислової власності, http://www.fips.ru	Патент Росії 2078762 від 10.05.1997. C07C273/04, B01J23/76 Ю.А. Іванов, Ю.В. Семьонов, М.М. Караваєв та ін. Спосіб отримання карбаміду з діоксиду вуглецю та аміаку в парогазовій фазі при необхідності з додаванням азоту, при підвищених температурі і тиску в присутності гетерогенного оксидного каталізатора, що відрізняється тим, що в якості каталізатора використовують високопористий металевий нікель, або стружку з хромонікелевої сталі марки 12X18H10T або 20X18H10T, або каталізатори на основі оксиду алюмінію складу, мас.: NiO 8 – 20, CaO 10 – 40, Al ₂ O ₃ решта до 100; CoO 1 – 10, MoO ₃ 12 – 20, Al ₂ O ₃ решта до 100 і процес проводять при температурі 100- 400°C, тиску 1 - 70 кг/см ² і тривалості контакту 0,005 1 с.
Росія	C07C273/04 B01J12/00 B01J8/00	Федеральний інститут промислової власності, http://www.fips.ru	Патент Росія 2429228 від 20.09.2011. C07C273/04, B01J12/00, B01J8/00 Ю.А. Сергєєв та ін. Спосіб отримання карбаміду з діоксиду вуглецю і рідкого аміаку в зоні синтезу при високому тиску і температурах, в якому діоксид вуглецю направляють в зону синтезу двома потоками, один з яких є газоподібним, а інший - рідким, причому рідкий діоксид вуглецю перед подачею в зону синтезу випаровують і змішують з газоподібним діоксидом вуглецю, що відрізняється тим, що рідкий діоксид вуглецю випаровують і змішують з газоподібним діоксидом вуглецю в пристрої для контактування потоків діоксиду вуглецю при подачі рідкого потоку у вставку змінного перерізу через звужується сопло, а газоподібного потоку - в циліндричний корпус, при цьому здійснюють випаровування рідкого діоксиду вуглецю шляхом його контактування у вставці з частиною потоку газоподібного діоксиду вуглецю при масовому співвідношенні між потоком рідкого діоксиду вуглецю і потоком

			газоподібного діоксиду вуглецю, що надходить у внутрішній простір вставки, в межах від 1: 1,5 до 1 : 2,5 з наступним контактуванням потоку.
Росія	C05C1/02 C01C1/18	Федеральний інститут промислової власності, http://www.fips.ru	Патент Росія 2143414 від 23.04.2012. WO2012161620 A1 Ю.А. Сергєєв та ін. Спосіб отримання карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю при підвищених температурі і тиску, молярному співвідношенні NH_3 : $\text{CO}_2 = (3,4- 3,7)$: 1, в реакторі синтезу карбаміду з подальшим виділенням надлишкового аміаку з плаву синтезу карбаміду сепарацією при тиску 80-120 кгс/см ² , двоступеневої дистиляцією плаву, конденсацією газів дистиляції з утворенням розчинів вуглеамонійних солей, що ре циркулюють, причому дистиляцію першого ступеня проводять при тиску 80-120 кгс/см ² в струмі CO_2 , плав після дистиляції передають на другу сходинку дистиляції, яку здійснюють при низькому тиску, гази дистиляції першого ступеня конденсують в двох послідовних зонах при тиску дистиляції першого ступеня, при цьому в першій зоні конденсацію здійснюють при введенні частини розчину вуглеамонійних солей, отриманого при конденсації газів дистиляції другого ступеня, а конденсуються пари охолоджують конденсатом, киплячим під надлишковим тиском, з отриманням пари, розчин вуглеамонійних солей, що виходить з другої зони конденсації, направляють в реактор, який відрізняється тим, що на першому місці дистиляції CO_2 використовують в кількості 30-35% від загального його кількості, що вводиться в процес, з реактора синтезу карбаміду окремо виводять гази і рідкий плав синтезу карбаміду, гази, виведені з реактора синтезу, разом з надлишковим аміаком, виділеним на стадії сепарації, вводять в першу зону конденсації газів дистиляції

			першого ступеня, у другій зоні конденсації газів дистиляції першого ступеня конденсуються пари охолоджують зворотному водою, а не сконденсовані гази при тому ж тиску промивають іншою частиною розчину вуглеамонійних солей, отриманого при конденсації газів дистиляції другого ступеня.
--	--	--	--

Порівнювальна характеристика технологічних схем виробництва карбаміду наведена у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Порівнювальна характеристика схем

Схеми	T, °C	P, ат	NH ₃ :CO ₂	Ступінь конверсії CO ₂ , %
Монтекатіні	160 – 182	160 – 190	3	68
Тоєкоацу	180 – 190	250	3,7	58
Стамікарбон	175 – 190	200	4 – 5	58

Рециркуляція аміаку пов'язана з ускладненням виробництва та зростанням капітальних витрат і експлуатаційних витрат які приведені в табл.1.3.

Таблиця 1.3 - Техніко – економічні показники

Схеми	Вартість установки у.о.	Витратні коефіцієнти на 1 т гранульованого карбаміду				
		Аміак, тони	CO ₂ , тони	Електроенергія, кВт · рік	H ₂ O, м ³	Пара, кг
Монтекатіні	1,11	0,6	0,77	160	113,7	2403
Стамікарбон	1,63	0,82	1,1	254	133,7	1952

Практика експлуатації таких процесів з газовим рециклом показала, що за своїми техніко-економічних показниках вони безумовно уступають процесам з рідинним рециклом. Це обумовлено наступними причинами. Селективний поділ газів виявляється можливим лише при відносно низькому тиску (< 2 МПа). При

роздільній рециркуляції цих газів витрачається велика кількість енергії на стискання, а теплота, що виділяється, знімається на низькому температурному рівні, що не дозволяє її використовувати. Збільшується кількість стадій нагрівання й охолодження й, відповідно, витрата енергетичних засобів. Неминучі втрати сорбентів, часто дорогих. Значно більше, ніж у схемах з рідинним рециклом, число апаратів і машин. Тому вибір схеми «Стамікарбон» обумовлений меншими витратними коефіцієнтами та більшою потужністю, а також більшим виходом готового продукту. Для зменшення корозії апаратів використовують співвідношення $\text{NH}_3 : \text{CO}_2 = 4 : 7$. В цій схемі застосовується процес стріпінгу, який полягає в тому, що розкладання карбамату амонію в плаві після колони синтезу ведуть при тиску, близькому до тиску на стадії синтезу, продуванням плаву діоксидом вуглецю або газоподібним аміаком. У цих умовах карбамат амонію дисоціює, оскільки при продуванні плаву діоксидом вуглецю різко знижується парціальний тиск аміаку і порушується рівновага процесу. Цей процес відрізняється використанням тепла утворення карбамату і нижчими витратами енергії. Враховуючи все та зростаючу вартість енергоносіїв при виборі схеми перевага віддана стріпінг-процесу як найбільш енергозберігаючому [10].

Принципово, що даний тип установки широко використовується у вітчизняній промисловості з великою ефективністю, принципова технологічна схема її у базовому виробництві наведена на рис. 1.1.

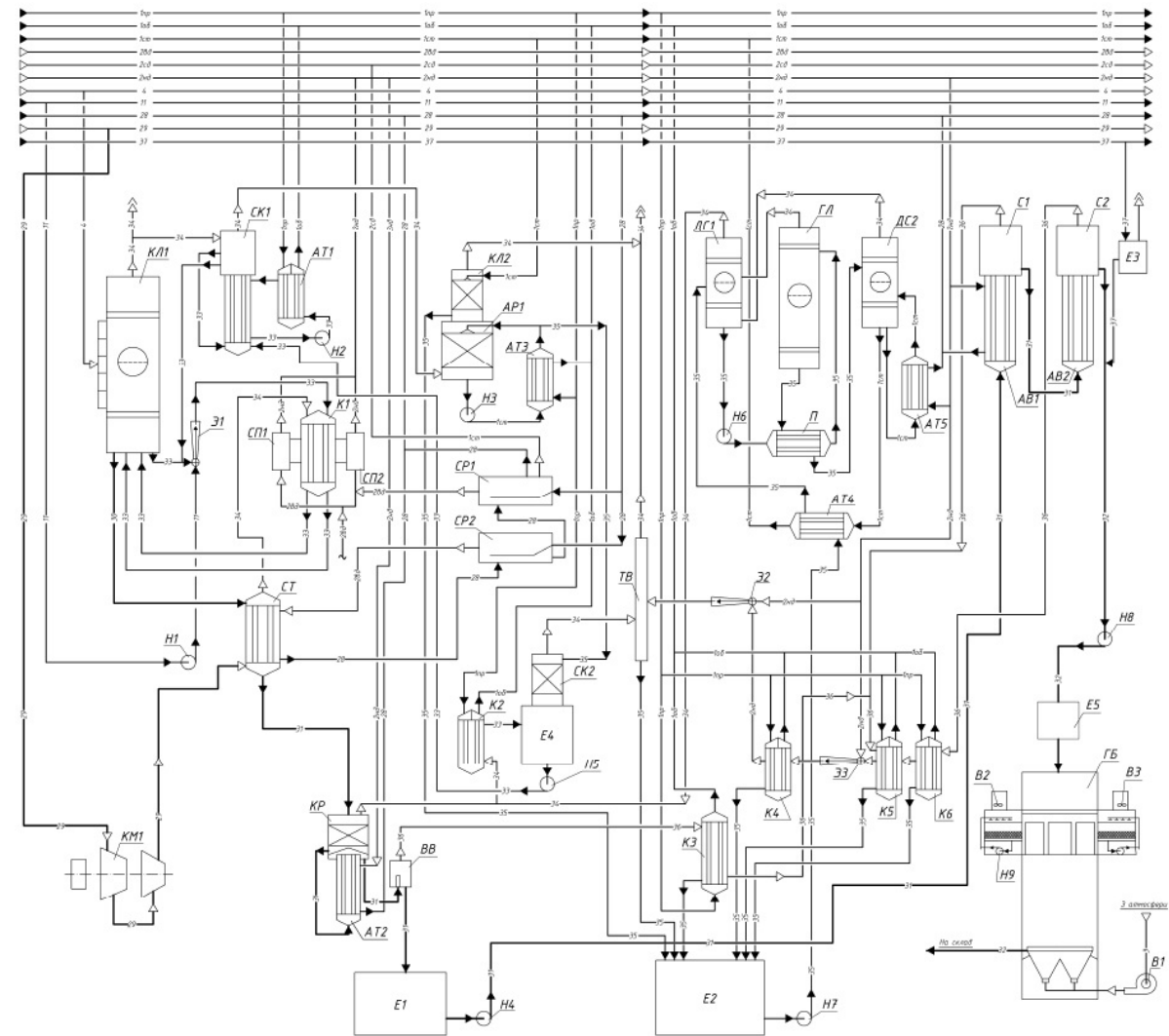


Рис 1.1. – Схема виробництва карбаміду з рідким рециклом та використанням стріпінгу

Порівняно з іншими схемами дана схема має наступні переваги:

- забезпечує більш глибоку ступінь переробки вихідної сировини;
- характеризується меншими питомими витратами енергоресурсів: електроенергія, пара, оборотна вода тощо;
- характеризується меншим екологічним навантаженням на довкілля завдяки меншому числу газоподібних та рідких відходів виробництва.

Тому для процесу синтезу карбаміду доцільно обрати саме схему його синтезу з використанням стріпінгу.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сировиною [11] для промислового виробництва карбаміду є рідкий аміак і діоксид вуглецю.

Аміак - у звичайних умовах є безбарвним газом з різким, задушливим запахом, рідкий аміак - безбарвна рідина.

Під тиском аміак порівняно легко зріджується. Він дуже добре розчиняється у воді, утворюючи аміачну воду різної концентрації.

Основні фізико-хімічні властивості аміаку наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні фізико-хімічні властивості аміаку

Властивості	Значення
1. Критичні константи тиск, атм температура, °С	111,5 132,4
2. Густина газоподібного (при 760 мм рт.ст.), г/л рідкого (при -33°С і 760 мм рт.ст.), г/л	0,74 0,6814
3. Межі спалахування, об'ємн. % в суміші з повітрям в суміші з киснем	15,5-27 13,5-82
4. Температура, °С замерзання кипіння самозапалення	-77,7 -33,35 650
5. Теплоємність газу (приведеного до ідеального стану), Дж/(г*град) при 0°С при 25°С при 100°С	2,05 2,092 2,2
6. Середня теплоємність рідкого аміаку (при 15-30°С), Дж/(г*град)	4,66
7. Теплота випаровування (при -33,35°С), кДж/моль	23,27
8. Теплота плавлення (при -77,76°С), кДж/моль	5,86
9. Теплота утворення з простих речовин, кДж/моль газоподібного рідкого	45,8 66,3

Діоксид вуглецю - за звичайних умов безбарвний газ з кислуватим смаком. Під тиском 35,5 ат і температурі 0°C конденсується в безбарвну рідину, не змішуючись з водою, але розчинну в спирті, маслах та ефірі.

Рідкий діоксид вуглецю при сильному охолодженні перетворюється на білу снігоподібну масу, яка при нагріванні випаровується, не плавлячись.

Газоподібний діоксид вуглецю в звичайних умовах порівняно мало розчиняється у воді: 1 об'єм води розчиняє близько 1 об'єму діоксиду вуглецю.

Володіє кислотними властивостями, які виявляються при взаємодії його з лугами.

Основні фізико-хімічні властивості діоксиду вуглецю наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні фізико-хімічні властивості діоксиду вуглецю

Властивості	Значення
1. Критичні константи тиск, атм температура, °C	2,9 31
2. Густина газоподібного, г/л рідкого, кг/л	1,977 0,9248
3. Температура, °C кипіння плавлення	-78,48 (возг.) -56,2
4. Теплоємність газу молекулярна, Дж/(моль*град) питома (при 50°C і 1 атм), Дж/(г*град)	37,12 0,83
5. Теплота випаровування, кДж/моль	25,23
6. Теплота утворення з простих речовин, кДж/моль	393,5

Карбамід є амідом карбамінової кислоти - безбарвна кристалічна речовина, що не має запаху, кристалізується з розчинів у вигляді тонких голок або ромбічних призм. Кристалічний або гранульований карбамід, одержуваний у виробничих умовах, звичайно забарвлений в білий, рожевий або жовтий колір.

Карбамід, нагрітий у вакуумі до 120-130°C, переганяється без розкладання, при більш високих температурах 160-190°C розкладається з утворенням цианату амонію.

При атмосферному тиску і температурі 180-190°C карбамід розпадається з утворенням біурета, ціанурової кислоти і амеліду.

При температурі вище 200°C він розкладається на аміак і ціанурову кислоту.

Карбамід добре розчиняється у воді, з підвищенням температури його розчинність збільшується. Він також розчиняється у спиртах, але мало розчиняється у ефірі, бензолі, не розчиняється у хлороформі і більшості органічних розчинників.

Основні фізико-хімічні властивості карбаміду наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Основні фізико-хімічні властивості карбаміду

Властивості	Значення
1	2
1. Відносна молекулярна маса, кг/кмоль	60,06
2. Густина, кг/м ³ кристалічного при 25°C розплаву при 132,7°C	1330 1227
3. Насипна густина, кг/м ³ кристалічного при вологості 0,5% гранульованого при вологості 0,5 – 1,7%	640 682-736
4. Тепло плавлення, кДж/моль	14,5
5. Температура плавлення, °C при 100 кПа при 30 МПа	132,7 150
6. Мольна теплоємність при 25°C, кДж/(кмоль*К)	93
7. Питома теплоємність при 20°C, кДж/(кг*К)	1,34
8. Теплопровідність розплаву при 140°C, Вт/(м*К)	0,413
9. Динамічна в'язкість розплаву при 132,7°C, МПа*с	2,58
10. Тепло випаровування з водних розчинів (при 3,33-60 кПа), кДж/моль	77,5
11. Тепло розчинення у воді, кДж/кг	242

Карбамід за фізико-хімічними показниками повинен відповідати вимогам і нормам ГОСТ 2081 – 75 Е.

На ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» виробляється гранульований карбамід марки Б для сільського господарства.

3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Синтез карбаміду із CO_2 і NH_3 здійснюється в контурі високого тиску 13,4-14,4 МПа. Технологічна схема стадії синтезу карбаміду представлена на листі 1 графічної частини дипломної роботи.

Апаратне оформлення процесу включає наступне основне технологічне встаткування: колону синтезу поз. КС1, стрипер поз. СТ2, конденсатор високого тиску поз. К4, скруббер поз. СК3 і ежектор поз. Е6. Допоміжним устаткуванням є: сепаратори пари С5/1,2, сатуратори пари СВ8, СС9 і насоси поз. Н1, Н2 [11].

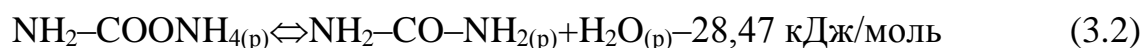
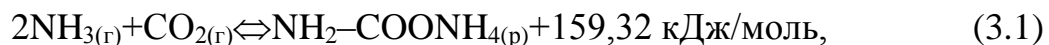
Внутрішня частина апаратів контуру високого тиску, що безпосередньо контактує з реакційною масою виготовлена з високовуглецевої сталі.

Двоокис вуглецю з тиском 20 МПа і температурою 125 °С подається в нижню частину змішувача.

Аміак, стиснений до тиску 20 МПа, проходить підігрівач рідкого аміаку типу "труба в трубі", де підігрівається паром до температури 90°С і подається в верхню частину змішувача.

Розчин вуглеамонійних солей з теплообмінника-барботера насосом стискається до 20 МПа і подається в нижню частину змішувача [11].

Змішувач встановлено перед колоною синтезу поз. КС1 і служить для змішування аміаку, діоксиду вуглецю і розчину вуглеамонійних солей. Одночасно зі змішанням в цьому апараті протікає реакція утворення карбамату амонію і карбаміду:



Змішувач має форму вертикального циліндру. Усередині змішувача встановлено стакан для захисту корпусу змішувача від корозії. Щоб уникнути зминання склянки по периметру є три отвори діаметром 5 мм.

Матеріальні потоки в контурі високого тиску організовані в такий спосіб: реакційна маса з колони синтезу поз. КС1, що містить 31-34% карбаміду, карбамату, вільний аміак і воду надходить у верхню частину стріперу поз. СТ2.

Стріпер поз. СТ2 являє собою кожухотрубчатий теплообмінник плівкового типу, що працює за принципом протитечії. Рідка фаза тонкою плівкою по трубах опускається вниз, а газова фаза протитечею знизу нагору. У верхній частині стріперу є спеціальні розподільні пристрої, що забезпечують плівковий режим рідини, що рухається по трубках. Теплообмінна частина стріперу - трубчатка обігривається паром 1,6-2,0 МПа.

Вуглекислий газ із температурою 90-100 °С, тиском 14-15 МПа в кількості 19500 нм³/годину подається в нижню частину стріперу поз. СТ2 і піднімається по трубках нагору назустріч тонкій плівці реакційної маси з колони синтезу поз. КС1.

З паром, що подається в міжтрубний простір стріперу поз. СТ2, із сатуратора поз. СВ8 підводиться необхідна кількість тепла для розкладання карбамату амонію на аміак і вуглекислий газ. Гази, що утворюються при розкладанні карбамату спільно зі свіжим СО₂ подаються з верхньої частини стріперу в конденсатор високого тиску поз. К4.

Розчин карбамату збирається в нижній частині апарату й через регулювальний клапан видається на стадію рециркуляції.

Стріпінг - процес ведуть таким чином, щоб розчин, що залишає стріпер містив 8% ваг. NH₃. Рідкий аміак з тиском до 16 МПа в кількості 29 нм³/година насосами високого тиску поз. Н1, Н2 подається в ежектор високого тиску поз. Еб. Ежектор високого тиску, установлений на аміачному трубопроводі, що веде в конденсатор високого тиску поз. К4 з'єднаний з вихідним трубопроводом карбамату зі скрубера поз. СК3 і з нижньої частини колони синтезу поз. КС1.

У конденсаторі поз. К4 аміак змішується з газовою фазою зі стріперу поз. СТ2, що містить свіжий CO_2 і утворюється газорідинна суміш карбамату амонію. Температура реакції, а отже й ступінь конденсації NH_3 і CO_2 у конденсаторі високого тиску, регулюється зміною тиску в колекторі пари 0,4 МПа із сатуратора поз. СВ8. Регулювання тиску пари відбувається в сепараторах пари поз. СВ8, СС9. Процес конденсації ведуть таким чином, щоб певна частина вихідних компонентів (NH_3 і CO_2) не сконденсувалася в конденсаторі. Ця частина вільного NH_3 і CO_2 буде перетворюватися в карбамат у колоні синтезу поз. КС1, компенсуючи тим самим ендотермічність реакції утворення карбаміду, тобто буде підтримуватися певний температурний режим у колоні синтезу (167-183 °С). Карбамат, що утворився, несконденсовані NH_3 і CO_2 з нижньої частини конденсатора виділяються в колону синтезу поз. КС1.

Колонна синтезу поз. КС1 являє собою вертикальний циліндричний апарат високого тиску, виготовленого з вуглецевої сталі, футерованого молібденістою сталлю і має реакційний обсяг 31 м³.

За висотою колони встановлені сітчасті тарілки, які забезпечують перемішування реакційної суміші по колоні синтезу знизу нагору. За час проходження реакційної суміші через колону синтезу (близько 1 години) при тиску 13,8-14,2 МПа, температурі 168-183°C і мольному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O} = 3,2:1:0,55$ відбувається перетворення карбамату амонію в карбамід, при цьому ступінь перетворення становить 59-61%.

Скрубер поз. СК3 складається з теплообмінної й частини, що сепарує. Для поліпшення процесу масообміну в теплообмінній частині скрубера є центральна переливна труба. У частині, що сепарує, скрубера встановлена вибухова запобіжна мембрана. У скрубери поз. СК3 гази з колони поз. КС1, змішуючись із розчином ВАС, частково конденсуються й поглинаються карбаматом. Тепло поглинання NH_3 і CO_2 ВАС виділяється охолодженим конденсатом з підігрівника, що подається у міжтрубний простір скрубера. Нормальну роботу скрубера забезпечує циркуляція

200 м³/годину конденсату з температурою на вході в скруббер 110 °С. Газова фаза із частини, що сепарує, скрубера через регулятор виділяється в абсорбер, а розчин ВАС із температурою 160-165 °С по переливі надходить в ежектор високого тиску поз. Еб і далі в конденсатор.

4 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

4.1 Матеріальні розрахунки

Початкові дані:

продуктивність установки, т/рік 330000

склад рідкого аміаку, %:

аміак 99,8

вода 0,2

Склад експанзерного газу, %:

діоксид вуглецю 98

інші гази 2

азото-воднева суміш 1,5

кисень 0,8

Вміст аміаку у водному розчині амонійних солей, що повертаються в цикл, %

44

Тиск в колоні синтезу, МПа 20

Температура, °С 195

Мольне співвідношення компонентів, що подаються в колону синтезу NH_3 :

CO_2 : H_2O 4,5: 1,0: 0,5.

Ступінь перетворення карбамату амонію в карбамід 62 % при часу перебування реакційної суміші в колоні синтезу 38 хвилин.

Втрати карбаміду, %

при дистиляції 3

при упарюванні 1

в тому числі безповоротні 0,5

при кристалізації 1

Фонд робочого часу складе згідно з графіком планово-попереджувального ремонту:

$$T_{\text{эф}} = 365 - 35 = 330 \text{ діб}$$

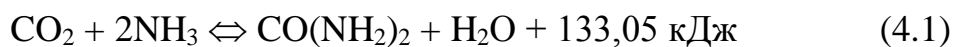
Тоді годинна продуктивність складе:

$$G = \frac{330000 \cdot 1000}{330 \cdot 24} = 416667 \text{ кг/год.}$$

З урахуванням 5% втрат для отримання готового продукту в колоні синтезу повинно утворитися карбаміду:

$$G = 41667 \cdot 1,05 = 43750 \text{ кг/год.}$$

Стехіометрична витрата аміаку і діоксиду вуглецю на 1000 кг карбаміду визначається за сумарною реакцією:



$$G_{\text{NH}_3} = \frac{2 \cdot 17 \cdot 1000}{60} = 566,7 \text{ кг}; \quad G_{\text{CO}_2} = \frac{44 \cdot 1000}{60} = 733,3 \text{ кг}$$

де 17, 60, 44 - молекулярна маса аміаку, карбаміду і діоксиду вуглецю.

Кількість реагентів, які необхідно ввести в цикл для вироблення 43750 кг/год. карбаміду, складе:

$$G_{\text{NH}_3} = 43750 \cdot 0,5667 = 24793 \text{ кг/год.}$$

$$G_{\text{CO}_2} = 43750 \cdot 0,7333 = 32082 \text{ кг/год.}$$

Практичний витрата складе:

$$m_{\text{NH}_3} = 43750 \cdot \frac{17 \cdot 4,5 \cdot 100}{60 \cdot 62} = 89970 \text{ кг/год.}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 43750 \cdot \frac{44 \cdot 1 \cdot 100}{60 \cdot 62} = 51747 \text{ кг/год.}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 43750 \cdot \frac{18 \cdot 0,5 \cdot 100}{60 \cdot 62} = 10585 \text{ кг/год.}$$

де 18 - молекулярна маса води;

62 - ступінь перетворення карбамату амонію в карбамід, %.

Згідно з вихідними даними $\alpha = 44\%$, тоді склад розчину амонійних солей визначається так:

$$m'_{CO_2} = 43750 \cdot \frac{44 \cdot (1-n)}{60 \cdot n} + 41667 \cdot \frac{44 \cdot B}{60} \quad (4.2)$$

де n - ступінь перетворення карбамату амонію в карбамід;

B - втрати карбаміду.

$$B = 0,03 + 0,01 + 0,005 = 0,035$$

де 0,03 - втрати при дистиляції;

0,01 - втрати при упарюванні;

0,005 - безповоротні втрати.

$$m'_{NH_3} = m_{CO_2} \cdot \frac{\alpha}{\beta}; \quad (4.3)$$

$$m'_{H_2O} = m_{CO_2} \cdot \frac{\gamma}{\beta} \quad (4.4)$$

Підставляємо числові значення маємо:

$$m'_{CO_2} = 43750 \cdot \frac{44 \cdot (1-0,62)}{60 \cdot 0,62} + 41667 \cdot \frac{44 \cdot 0,035}{60} = 20734 \text{ кг/год.}$$

Визначення процентного вмісту діоксиду вуглецю і води в розчині амонійних солей проводиться за рівнянням:

$$\beta + \gamma = 1 - \alpha = 1 - 0,44 = 0,56$$

$$\gamma = 0,56 - \beta \quad (4.5)$$

Кількість води, що вводиться зі свіжим і зворотним аміаком визначається з рівняння:

$$B_1 = (m_{NH_3} - m'_{NH_3}) \cdot \frac{0,002}{1-0,002} = \left(m_{NH_3} - m_{CO_2} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \right) \cdot \frac{0,002}{1-0,002}$$
$$B_1 = \left(89970 - 20734 \cdot \frac{0,44}{\beta} \right) \cdot \frac{0,002}{1-0,002} = 180,3 - 18,3 \cdot \frac{1}{\beta} \quad (4.6)$$

де 0,002 – вміст води в аміаку.

Кількість свіжого і зворотного аміаку:

$$A_1 = m_{NH_3} - m'_{NH_3} \quad (4.7)$$

Крім того, кількість води, що вводиться зі свіжим і зворотним аміаком, можна визначити з рівняння:

$$B_1 = m_{H_2O} - m'_{H_2O} \quad (4.8)$$

На підставі рівності обох рівнянь щодо B_1 (4.6) і (4.8) Випливає, що:

$$m_{H_2O} - m'_{CO_2} \cdot \frac{\gamma}{\beta} = 180,3 - 18,3 \cdot \frac{1}{\beta} \quad (4.9)$$

Вирішуючи це рівняння щодо β , знаходимо:

$$10585 - 20734 \cdot \frac{0,56 - \beta}{\beta} = 180,3 - 18,3 \cdot \frac{1}{\beta}$$

$$\beta = 0,3730$$

Отже, підставляючи значення β в рівняння (4.5) знаходимо:

$$\gamma = 0,56 - 0,373 = 0,187$$

Підставляючи значення в рівняння (4.3) і (4.4) знаходимо:

$$m'_{NH_3} = 20734 \cdot \frac{0,44}{0,373} = 24458 \text{ кг/год.}$$

$$m'_{H_2O} = 20734 \cdot \frac{0,187}{0,373} = 10395 \text{ кг/год.}$$

Всього надходить розчину амонійних солей:

$$20734 + 24458 + 10395 = 55587 \text{ кг/год.}$$

Кількість свіжого і зворотного аміаку без урахування NH_3 , що повертається з розчином амонійних солей знаходимо за формулою (4.7)

$$A_1 = 89970 - 24458 = 65512 \text{ кг/год.}$$

Кількість води, що вводиться зі свіжим і зворотним аміаком, знаходимо за формулою (4.6)

$$B_1 = 180,3 - 18,3 \cdot \frac{1}{0,373} = 131,2.$$

Колона синтезу

$$m_{NH_3} = 89970 \text{ кг/год.}; \quad m_{CO_2} = 51737 \text{ кг/год.}; \quad m_{H_2O} = 10585 \text{ кг/год.}$$

Кількість свіжого діоксиду вуглецю:

$$51737 - 20734 = 31003 \text{ кг/год.}$$

де 51737 - практичний витрата CO_2 , кг/год;

20734 - кількість CO_2 , що повертається з розчином амонійних солей, кг/год.

Кількість інших газів, що вводяться з діоксидом вуглецю:

$$v_{,p} = 31003 \cdot \frac{22,4}{44} \cdot \frac{2}{100-2} = 3221 \text{ нм}^3/\text{год.}$$

$$m_{,p} = 322,1 \cdot 0,73 = 235,12 \text{ кг/год.}$$

де 0,73 - щільність інших газів, $кг/м^3$.

Утворюється карбонату амонію за реакцією (1.1):

$$m_{NH_2COONH_4} = m_{CO_2} \cdot \frac{78}{44} = 51737 \cdot \frac{78}{44} = 91716$$

де 78, 44 - молекулярні маси карбамату амонію і оксиду вуглецю.

На утворення карбамату амонію витрачається аміаку:

$$m''_{NH_3} = \frac{91716 \cdot 2 \cdot 17}{78} = 39979 \text{ кг/год.}$$

Залишається аміаку, що не прореагував:

$$m'''_{NH_3} = 89970 - 39979 = 49991 \text{ кг/год.}$$

Утворюється карбаміду з карбамату амонію:

$$m_{CO(NH_2)_2} = 91716 \cdot \frac{60}{78} \cdot \frac{62}{100} = 43742 \text{ кг/год.}$$

Кількість карбамату амонію, що не прореагував:

$$m_{NH_2COONH_4} = 91716 \cdot \frac{100-62}{100} = 34852 \text{ кг/год.}$$

При перетворенні карбамату амонію в карбамід за реакцією (1.2) виділяється води:

$$m'''_{H_2O} = 91716 \cdot \frac{18}{78} \cdot \frac{62}{100} = 13122 \text{ кг/год.}$$

Разом виходить води в колоні синтезу:

$$13122+10585 = 23707 \text{ кг/год.}$$

Вода взаємодіє з надлишковим аміаком, утворюючи NH_4OH , кількість якого складає:

$$m_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{23707 \cdot 35}{18} = 46097 \text{ кг/год.}$$

На утворення 46097 кг/ год. NH_4OH витрачається аміаку:

$$46097-23707 = 22390 \text{ кг/год.}$$

Залишається вільного аміаку в газовій фазі:

$$49991-22390=27601 \text{ кг/год.}$$

Таблиця 4.1 - Зведений матеріальний баланс синтезу карбаміду на продуктивність 330000 т/рік

Прихід	кг/год.	%	Витрата	кг/год.	%
1. Свіжий аміак, в т. ч.	65643,2		Карбамід	43742	28,68
аміак	65512	42,95	Карбамат амонію	34852	22,85
вода	131,2	0,09	Аміак	27601	18,09
2. Двоокис вуглецю, в т.ч.	31238,1		NH_4OH	46097	30,22
CO_2	31003	20,33	інші гази	235,1	0,16
інші гази	235,1	0,15			
3. Розчин VAC , в т. ч.	55587				
аміак	24458	16,03			
CO_2	20734	13,59			
вода	10395	6,81			
Разом	152527,3	100	Разом	152527,1	100

4.2 Теплові розрахунки

Вихідні дані:

Температура реагентів, що надходять в колону, °C

рідкого аміаку	90
діоксиду вуглецю	125
розчину амонійних солей	95-100

Температура в колоні, °С	195
Критична температура, ° С	132,4
Тепло реакції утворення карбаміду з карбамату при 195 °С і надлишку NH ₃ , кДж	19030

Прихід тепла

1. З газоподібним діоксидом вуглецю:

$$Q_1 = 31003 \cdot 284,2 = 8811053 \text{ кДж/год.}$$

де 31003 - кількість свіжого діоксиду вуглецю, кг/год.;

284,2 - ентальпія CO₂ при 125 °С і 20 МПа, кДж/кг.

2. З іншими газами, які надходять з діоксидом вуглецю

$$Q_2 = 235,1 \cdot 1,043 \cdot 125 = 30651 \text{ кДж/год.}$$

де 235,1 - кількість інших газів, кг/год.;

1,043 - питома теплоємність інших газів при 125 °С, кДж/(кг·град.);

125 - температура, °С.

3. З рідким аміаком:

$$Q_3 = 65512 \cdot 390,7 = 25595538 \text{ кДж/год.}$$

де 65512 - кількість аміаку, кг/год.;

390,7 - ентальпія аміаку при 90 °С, кДж/кг.

Теплота реакції утворення карбамату амонію:

$$Q_4 = \frac{91716 \cdot (159320 - 25140)}{78} = 1,578 \cdot 10^8 \text{ кДж/год.}$$

де 91716 - кількість карбамату амонію, що утворюється за реакцією (1.1.), кг/год.;

159320 - теплота утворення твердого карбамату амонію, кДж/кмоль;

25140 - теплота плавлення карбамату амонію, кДж/кмоль;

78 - молекулярна маса карбамату амонію.

Теплота реакції утворення NH₄ОН:

$$Q_5 = \frac{(24458 - 22390) \cdot (29540 - 23680)}{17} = 712852 \text{ кДж/год.}$$

де 24458 - кількість аміаку, що надходить в колону у вигляді розчину солей, кг/год.;
 22390 - кількість аміаку, що виводиться з колони у вигляді гідроксиду, кг/год.;
 29450 - інтегральне тепло розчинення 1 кмоль газоподібного аміаку в 1 кмоль води, кДж/кмоль;
 23680 - різниця стандартних ентальпій рідкого і газоподібного аміаку, кДж/кмоль;
 17 - молекулярна маса аміаку.

Фізичне тепло розчину амонійних солей при 100 °С і 20 МПа

з аміаком $24458 \cdot 485 = 11862130$ кДж/год.

з діоксидом вуглецю $20734 \cdot 232,2 = 4814435$ кДж/год.

з водою $10395 \cdot 434,2 = 4513509$ кДж/год.

де 485 - ентальпія аміаку, кДж/кг;

232,2 - ентальпія діоксиду вуглецю, кДж/кг;

434,2 - ентальпія води, кДж/кг.

$$Q_6 = 11862130 + 4814435 + 4513509 = 21190074 \text{ кДж/год.}$$

Сумарний прихід тепла:

$$Q_p = 8811053 + 30651 + 25595538 + 1,578 \cdot 10^8 + 712852 + 21190074 = 2,14 \cdot 10^8 \text{ кДж/год.}$$

Витрата тепла

На утворення карбаміду:

$$Q_1 = \frac{43742 \cdot 19030}{60} = 13873504 \text{ кДж/год.}$$

На підігрів реакційної частини рідкого аміаку від 90 °С до критичної температури 132,4 °С при 20 МПа з одночасним переходом аміаку в газоподібний стан:

$$Q_2 = 39979 \cdot (674 - 390,78) = 11322852 \text{ кДж/год.}$$

де 674 - ентальпія аміаку при 132,4 °С і 20 МПа, кДж/кг.

На підігрів газоподібного CO₂ від 125 °С до 132,4 °С:

$$Q_3 = 31003 \cdot (301,1 - 284,2) = 523951 \text{ кДж/год.}$$

де 301,1 - ентальпія діоксиду вуглецю при 132,4 ° і 20 МПа, кДж/кг.

На виділення діоксиду вуглецю з розчину амонійних солей

$$Q_4 = \frac{20734 \cdot 24700}{44} = 11639314 \text{ кДж/год.}$$

де 24700 - теплота розчинення діоксиду вуглецю, кДж/кмоль.

На підігрів діоксиду вуглецю з розчину амонійних солей від 100 до 132,4 °С:

$$Q_5 = 20734 \cdot (307,4 - 232,2) = 1559197 \text{ кДж/год.}$$

На підігрів частини карбамат амонію, що перетворюється в карбамід від 132 °С до 200 °С:

$$Q_6 = 56854 \cdot 1,954 \cdot (195 - 132,4) = 6954404 \text{ кДж/год.}$$

де 1,954 - теплоємність карбамату амонію, кДж/кг·град.

Тепло, що уноситься плавом карбаміду:

$$Q_7 = 43742 \cdot 2,243 \cdot 195 + 34852 \cdot 1,954 \cdot 195 + 49991 \cdot 1292 + 23707 \cdot 860,7 + \\ + 235,1 \cdot 1,047 \cdot 195 = 11745274 \text{ кДж/год.}$$

де 43742 - маса карбаміду, кг/год.; 34852- маса карбанату амонію, кг/год.;

49991- маса аміаку, кг/год.; 23707 - маса води, кг/год.; 235,1 - маса азоту, кг/год.;

2,243 - теплоємність карбаміду, кДж/(кг·град); 1,954- теплоємність карбамату,

кДж/(кг·град); 1,047 - теплоємність азоту, кДж/(кг·град); 1292 - ентальпія аміаку,

кДж/кг; 860,7 - ентальпія води, кДж/кг; 195 - температура в колоні, °С.

Втрати тепла колоною синтезу в навколишнє середовище приймаємо 3% від загального приходу тепла:

$$Q_{\text{вт.}} = 2,14 \cdot 10^8 \cdot 0,03 = 6420000 \text{ кДж/год.}$$

$$Q_{\text{ввит}} = 13873504 + 11322852 + 523951 + 11639314 + 1559197 + 6954404 + 11745274 + \\ + 6420000 = 1,7 \cdot 10^8 \text{ кДж / год.}$$

Результаті теплових розрахунків зведено в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Зведений тепловий баланс синтезу карбаміду на продуктивність 330000 т/рік

Прихід	кДж/год.	Витрата	кДж/год.
З діоксином вуглецю	8811053	На утворення карбаміду	13873504
З іншими газами	30651	На підігрів реакційної частини рідкого аміаку	11322852
З рідким аміаком	25595538	На підігрів газоподібного CO ₂	523951
Теплота утворення карбамату амонію	$1,578 \cdot 10^8$	На виділення діоксиду вуглецю з розчину амонійних солей	11639314
Теплота утворення NH ₄ OH	712852	На підігрів діоксиду вуглецю з розчину амонійних солей	1559197
З розчином ВАС	2119074	На підігрів частини карбамат амонію	6954404
	$2,14 \cdot 10^8$	Тепло, що уноситься плавом карбаміду	117452740
		Втрати тепла	6420000
		Тепло, що відводиться	$0,44 \cdot 10^8$
Разом	$2,14 \cdot 10^8$	Разом	$2,14 \cdot 10^8$

5 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Колона синтезу карбаміду являє собою порожнистий циліндричний апарат зі сферичним днищем, виготовлений з вуглецевої низьколегованої сталі; внутрішня частина приладу, що стикається з плавом, захищена листовою хромнікельмолібденовою сталлю Х17Н16М3Т. Для контролю за станом футеровки в корпусі колони є отвори, з'єднані із загальним колектором. Реакційна маса надходить в колону через нижній штуцер і поступово рухається до вихідного штуцера в плоскій кришці; для кращого перемішування плаву в нижній частині колони є ґратчасті перегородки [17].

Для підвищення ступеня конверсії на 2% в нижній частині колони знаходиться розподільний пристрій.

Габарити колони [15]:

діаметр - 2,5 м;

висота - 24 м;

колона працює під тиском - 20 МПа;

температура реакційної суміші - 185 °С.

5.1 Визначення числа колон синтезу

Згідно матеріального балансу в колону надходить 152527,1 кг/год. речовин. Об'єм плаву карбаміду, що утворюється:

$$\frac{152527,1}{900} = 169,47 \text{ кг/год.}$$

де 900 - густина плаву, кг/м³.

Для забезпечення заданого виходу з карбаміду час перебування плаву в колоні має бути близько 45 хвилин. Тоді необхідний реакційний об'єм колони складе:

$$V_p = 169,47 \cdot 0,75 = 127,1 \text{ м}^3$$

де 0,75 - час перебування плову в колоні, год.

Колони для синтезу карбаміду, що виготовляються серійно промисловістю мають діаметр 1,31 м, висоту 24 м, об'єм реакційної склянки 31,5 м³. Отже, для забезпечення заданої потужності необхідно встановити наступне число колон:

$$\frac{127,1}{31,5} = 3,98 \approx 4$$

До встановлення приймаємо чотири колони.

5.2 Конструктивний розрахунок апарату

Початкові дані:

Масова витрата плаву карбаміду, кг/год.	152527,1
Щільність плаву карбаміду, кг/м ³	900
Час перебування плаву в колоні, хв..	30-40

В одній колоні з матеріального балансу виходить плав:

$$m_{\cdot} = \frac{152527,1}{4} = 38132 \text{ кг/год.}$$

Об'ємна швидкість цього сплаву дорівнює:

$$v_{\cdot} = \frac{38132}{900} = 42,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Якщо плав знаходиться в колоні 30-40 хвилин, то його об'єм в колоні складе

$$V_{\cdot} = 42,4 \cdot \frac{38,5}{60} = 27,2 \text{ м}^3$$

де 38,5 - час знаходження плову в колоні, хв.

Приймаємо висоту колони 24 м, тоді:

$$d = \sqrt{\frac{31,5}{0,785 \cdot 24}} = 1,31 \text{ м}$$

Колона синтезу відноситься до нестандартного обладнання. Тому до установки приймаємо апарат діаметром 1,31 м, висотою 24 м і реакційним об'ємом 31,5 м³.

5.3 Механічний розрахунок на міцність основних елементів апарату

Початкові дані:

Діаметр, мм	1310
Висота, мм	2400
Щільність карбаміду, кг/м ³	1,2·10 ³
Межа плинності, Па	240·10 ⁶
Межа міцності, Па	380·10 ⁶
Коефіцієнт міцності	0,95

Гідродинамічний тиск в нижній частині обичайки визначаємо за формулою:

$$p_p = 9,8 \cdot \rho_c \cdot H \quad (5.1)$$

$$p_p = 9,8 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 24 = 0,282 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Розрахунковий внутрішній тиск:

$$p = p_c + p_p \quad (5.2)$$

$$p = 1,14 \cdot 10^6 + 0,282 \cdot 10^6 = 1,422 \cdot 10^6$$

де p - тиск середовища, Па.

Напруга, що допускається за межі міцності визначаємо за формулою:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_s}{n_s} \cdot \eta \quad (5.3)$$

де σ_s - межа міцності, МПа;

n_s - запас міцності;

η - поправочний коефіцієнт, 1,0.

$$\sigma_{\delta} = \frac{380 \cdot 10^6}{1,5} \cdot 1,0 = 253,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напругу, що допускається за межею текучості розраховуємо за формулою:

$$\sigma_{\delta} = \frac{\sigma_{m\Box} \cdot \eta}{n_{m\Box}} \quad (5.4)$$

де σ_m - межа плинності, Па;

n_m - запас міцності.

$$\sigma_{\delta} = \frac{240 \cdot 10^6}{1,5} \cdot 1,0 = 160 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напругу, що допускається приймаємо $253,3 \cdot 10^6$ Па

$$z = \frac{\sigma_{\delta}}{p} \cdot \varphi \geq 50 \quad (5.5)$$

$$z = \frac{253,3 \cdot 10^6}{1,422 \cdot 10^6} \cdot 0,95 = 169,22 > 50$$

Так як $z > 50$, то величиною в знаменнику формули 2.16 нехтуємо

$$S = \frac{D_s \cdot p}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - p} + C_{..} \quad (5.6)$$

Розрахункову товщину стінки визначаємо за формулою:

$$S = \frac{D_s \cdot p}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi} + C_{..} \quad (5.7)$$

де D_s - діаметр колони, см;

p - тиск, Па;

σ - допустиме напруження, Па;

φ - коефіцієнт міцності;

C - надбавка, що враховує корозію матеріалу, ерозію, якщо така є в мінусовому допуск на товщині листа [18].

$$C = (1+0+0,8) \cdot 10^{-2} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$S = \frac{1,31 \cdot 1,422 \cdot 10^6}{2 \cdot 253,3 \cdot 10^6 \cdot 0,95} + 1,8 \cdot 10^{-2} = 0,0218 \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки обичайки 22 мм.

Перевіримо напругу в стінці обичайки при гідравлічному випробуванні апарату водою.

Розрахунковий випробувальний тиск визначаємо за формулою:

$$P_g = P_z + P_p \quad (5.8)$$

де p_r – пробний гідравлічний тиск, Па.

$$p_g = (1 + 0,3 + 0,282) \cdot 10^6 = 1,582 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напруга в стінці обичайки при гідравлічному випробуванні апарату визначаємо за формулою:

$$\sigma = \frac{[D_g + (S - C_{..})] \cdot P_g}{2 \cdot (S - C_{..}) \cdot \varphi} \quad (5.9)$$

де D_b - діаметр апарату, м; S - товщина стінки обичайки, см; φ - коефіцієнт міцності; C - надбавка, м.

$$\sigma = \frac{[1,31 + (2,2 - 1,8) \cdot 10^{-2}] \cdot 1,588 \cdot 10^6}{2 \cdot (2,2 - 1,8) \cdot 10^{-2} \cdot 0,95} = 274,6 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\text{если } \sigma < \frac{\sigma_b}{1,2} = \frac{380 \cdot 10^6}{1,2} = 316,7 \cdot 10^6 \text{ н/м.}$$

Розрахунок днища колони синтезу карбаміду

Розрахункова товщина стінки днища визначається за формулою

$$S = \frac{D_g \cdot p}{3,8 \cdot \sigma_d \cdot k \cdot \varphi - p} \cdot \frac{D_g}{2 \cdot h_g} + C \quad (5.10)$$

де k - безрозмірний коефіцієнт;

φ - коефіцієнт міцності;

C - надбавка на корозію, ерозію, мінусовий допуск по товщині листа і технологічна, м.

Величини розрахункового тиску і допустимої напруги приймаються, виходячи з тих же даних, що використовуються при оцінці відповідних обичайок.

Коефіцієнт k визначається за формулою:

$$k = 1 - \frac{d}{D_e} \quad (5.11)$$

де d - найбільший діаметр отвору в днищі, м.

$$k = 1 - \frac{0,29}{1,31} = 0,779$$

$$\text{Оскільки } \frac{\sigma_d}{p} \cdot k \cdot \varphi = \frac{253,3 \cdot 10^6}{1,422 \cdot 10^6} \cdot 0,779 \cdot 0,95 = 131,8 > 30$$

Величиною p в знаменнику формули (2.21) нехтуємо.

Розрахункову товщину стінки днища визначаємо:

$$S = \frac{1,31 \cdot 1,422 \cdot 10^6}{3,8 \cdot 253,3 \cdot 10^6 \cdot 0,779 \cdot 0,95} \cdot \frac{1,31}{2 \cdot 0,3} + C$$

Надбавку C при $S - C = 5,7 < 100$ мм приймаємо зі збільшенням на 2 мм з розрахунку циліндричної обичайки

$$C = (1,8 + 2) \cdot 10^{-2} = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ мм}$$

$$S = (5,7 + 3,8) \cdot 10^{-2} = 5,738 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки днища 6 мм.

Напруга в стінці днища при гідравлічному випробуванні апарату визначаємо за формулою

$$\sigma = \frac{[D_e^2 + 2h_e \cdot (S - C)] \cdot p_e}{7,6 \cdot k \cdot \varphi \cdot h_e \cdot (S - C)} \quad (5.12)$$

де p_i - розрахунковий випробувальний тиск, Па.

$$\sigma = \frac{[1,31^2 + 2 \cdot 0,3 \cdot (6 - 3,8) \cdot 10^{-2}] \cdot 1,588 \cdot 10^6}{7,6 \cdot 0,779 \cdot 0,95 \cdot 0,3 \cdot (6 - 3,8) \cdot 10^{-2}} = 73,98 \cdot 10^6$$

$$\text{если } \sigma < \frac{\sigma_{\square}}{1,2} = \frac{240 \cdot 10^6}{1,2} = 200 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

6 ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Перелік допоміжного обладнання, що використовується в процесі виробництва карбаміду стадії синтезу наведений у таблиці 6.1 [11].

Таблиця 6.1 - Перелік допоміжного обладнання технологічної схеми

Позначення апарату	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Матеріал	К-ть
1	2	3	4	5
СТ2	Стрипер	Вертикальний кожухотрубний теплообмінник. Призначений для розкладання карбам ату, що не прореагував до карбаміду на NH_3 і CO_2 і повернення їх в синтез з потоком вуглекислого газу. Внутрішня частина і футерування виготовлена з молібденової сталі, термоізольована. $H = 12170$ мм; $D = 2052$ мм. Площа поверхні теплообміну: 982 м^2 . Міжтрубний простір: тиск: $2,85$ МПа, температура: 225 °С, середовище: пара. Трубне простір: тиск: $15,9$ МПа, температура: 225 °С, середовище: розчин карбаміду, CO_2 , NH_3 .	Вуглецева сталь	1
СК3	Скрубер високого тиску	Вертикальний кожухотрубний теплообмінник з внутрішньою вибуховою мембраною. Призначено для конденсації аміаку і CO_2 , які не прореагували в колоні синтезу. $D = 825$ мм; $H = 8332$ мм. Внутрішня частина і футерування виготовлена з молібденістий стали, термоізольований. Площа поверхні теплообміну: $56,24 \text{ м}^2$. Міжтрубний простір: тиск: $12,5$ МПа, температура: 200 °С, середовище: конденсат. Трубний простір: тиск: $15,9$ МПа, температура: 200 °С.	Вуглецева сталь	1

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
К4	Конденсатор високого тиску	Вертикальний кожухотрубний теплообмінник. Призначено для конденсації NH ₃ і CO ₂ з використанням тепла реакції для пароутворення. Внутрішня частина і футерування виготовлена з молібденістої сталі, термоізольованої. D = 1908 мм; F= 141 м ² ; H = 16894 мм. Площа поверхні теплообміну: 1379 м ² . Міжтрубний простір: тиск: 0,8 МПа, температура: 200 °С, середовище: паровий конденсат. Трубний простір: тиск 15,9 МПа, температура: 200 °С.	Вуглецева сталь	
Е6	Ежектор	Призначено для для подачі розчину вуглеамонійних солей з скрубера в конденсатор. Тиск: 18 МПа. Температура: 26 °С. Середарушійна: рідкий NH ₃ . Витрата мах: 26100 кг/год. Напір: 300 кПа. Перекачується: Розчин карбамату. Тиск: 16 МПа. Температура: 185 °С.	Молібденіста сталь	1

7 КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ І ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

За робочий режим обрано режим безпосереднього цифрового керування. Працюючи в даному режимі, УОК виконує наступні функції: збір й обробка вимірювальної інформації, видача технологічної інформації на устрої контролю, формування керуючих впливів відповідно до заздалегідь заданих критеріїв оптимальності й видача їх на виконавчі механізми.

У стандартній конфігурації МСКУ-М задіяні наступні блоки:

РГ1 і РГ2 - блоки вхідних і вихідних гальванічних розв'язок. Основне призначення цих блоків укладається в захисті мікропроцесорного контролера від коротких замикань у схемах живлення датчиків й виконавчих механізмів.

АЦП і ЦАП - блоки аналого-цифрового й цифро-аналогового перетворення сигналів.

ЦПП - блок цифро-імпульсного перетворення сигналів.

ЦДП і ДЦП- блоки цифро-дискретного й дискретно-цифрового перетворення сигналів.

АЛГО- блок алгоритмічного перетворення сигналів.

МСКУ-М працює з уніфікованими струмовими сигналами.

Робоче місце оператора технолога (РМОТ) обладнано пристроями контролю (ПК) (дисплеї, монітори екрани, принтери й т.д.), панелями ручного керування (РУ) (в оперативного персоналу завжди повинна бути можливість перевести технологічний процес із автоматичного режиму в ручний і назад) і схемою сигналізації (С), що, як правило, виконується на мнемосхемі виробництва. Через те, що виробництво карбаміду є пожеже – та вибухонебезпечним, для регулювання використовуються пневматичні регулювальні клапани МІМ. Тому що вихідний сигнал МСКУ-М електричний, то на виході УОК необхідно використати електропневматичний перетворювач ЕПП-63.

При впровадженні АСУТП для керування виробництвом карбаміду скорочується собівартість продукції за рахунок зниження видаткових норм сировини, матеріалів, енергоресурсів на випуск одиниці продукції, збільшується продуктивність апаратів, підвищується якість продукції, що випускається, полегшується робота оперативного персоналу по веденню технологічного процесу (скорочується кількість зайнятих у виробництві людей) [20].

7.1 Контроль параметрів технологічного процесу

Для керування технологічним процесом синтезу карбаміду у виробництві карбаміду оператор-технолог повинен мати можливість у будь-який момент часу одержати повну інформацію про хід процесу. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано безупинно вимірювати й виводити в ЦПК й на УОК значення наступних технологічних параметрів:

- **температури:**

- вуглекислого газу на вході у стриппер, реєструється на мнемосхемі УОК;
- у колоні синтезу, реєструється на мнемосхемі УОК;
- охолоджуючого конденсату на виході з холодильника конденсату, реєструється на мнемосхемі УОК;
- карбамату на вході в ежектор, реєструється на мнемосхемі УОК;
- реакційної маси на вході у стриппер, реєструється на мнемосхемі УОК;
- карбамату на виході з ежектора, реєструється на мнемосхемі УОК;
- реакційних газів на виході зі стриппера, реєструється на мнемосхемі УОК;
- карбамату на виході з конденсатора високого тиску, реєструється на мнемосхемі УОК;
- реакційних газів на виході з колони синтезу, реєструється на мнемосхемі УОК;

• **рівня:**

- реакційної маси у стріпері, реєструється на мнемосхемі УОК;
- у колоні синтезу, реєструється на мнемосхемі УОК;

• **витрати**

- вуглекислого газу на вході у стріпер, реєструється на мнемосхемі УОК;
- конденсату охолоджуючого у скруббер високого тиску, реєструється на мнемосхемі УОК;
- рідкого аміаку у ежектор, реєструється на мнемосхемі УОК;
- реакційної маси на виході з колони синтезу, реєструється на мнемосхемі УОК;

• **тиску:**

- водяної пари на вході у стріпер, реєструється на мнемосхемі УОК;
- у сатураторі пари високого тиску, реєструється на мнемосхемі УОК;
- у колоні синтезу, реєструється на мнемосхемі УОК;
- у скруббері високого тиску, реєструється на мнемосхемі УОК;
- рідкого аміаку на вході у ежектор, реєструється на мнемосхемі УОК;
- вуглекислого газу на вході у стріпер, реєструється на мнемосхемі УОК;

• **концентрації:**

- N_2 у реакційній масі на виході з колони синтезу, реєструється на мнемосхемі УОК;
- NH_3 у плаві карбамату, реєструється на мнемосхемі УОК;
- CO_2 у плаві карбамату, реєструється на мнемосхемі УОК.

Мнемосхема технологічного процесу наведена на рисунку 7.1.

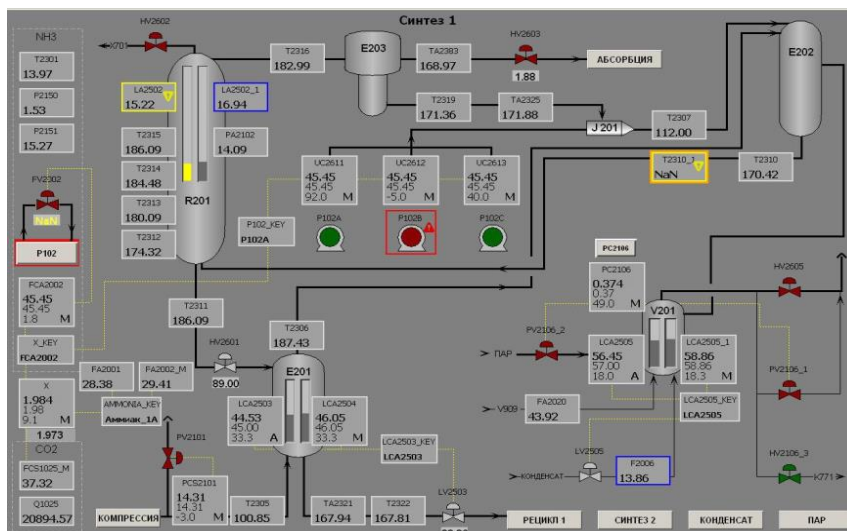


Рис. 7.1. - Мнемосхема технологічного процесу

Для виміру витрати у всіх випадках використовується метод змінного перепаду тиску. У трубопроводі, по якому транспортується потік, витрату якого необхідно виміряти, встановлено звужуючий пристрій (діафрагма тип ДКП), на ньому при протіканні потоку створюється перепад тиску ΔP , що вимірюється дифманометром «Сапфір 22 ДІ». Вихідний сигнал даного приладу є струмовим уніфікованим. За величиною ΔP визначають значення витрати.

Для виміру температури використовується термоелектричний перетворювач ТХК-0515. В основу роботи даного приладу покладено термоелектричний ефект. Якщо крапку холодного спаю двох різнорідних провідників помістити в апарат, у якому необхідно виміряти температуру, то на вільних кінцях термопари з'явиться термо-едс, що буде прямопропорційна вимірюваній температурі. За величиною термо-едс і визначають температуру. Вихідний сигнал термопари не уніфікований (в мВ), тому дані прилади використовують у комплекті з нормуючими перетворювачами Ш-78.

Для виміру рівня використовується буйковий рівнемір «Сапфір 22 ДУ». Чутливим елементом приладу є буй, що виготовляється з нержавіючої сталі, і міститься безпосередньо в апарат. В основу роботи приладу покладено закон

Архімеда. При зміні рівня в апараті, змінюється висота занурення бую в робочу рідину. При цьому змінюється сила, що виштовхує буй, а отже, змінюється вага бую. Вимірвальна схема приладу перетворить зміну ваги бую в уніфікований струмовий сигнал $4\div 20$ мА, що подається на вторинні прилади й на УОК.

Для виміру тиску використовують вимірвальний перетворювач тиску «Сапфір 22 ДІ». В основу роботи даного приладу покладено тензо-метричний ефект. Прилад має уніфікований струмовий вихідний сигнал $4\div 20$ мА.

Проходження уніфікованого струмового сигналу від датчика або перетворювача по блоках УОК має наступну послідовність. Вихідний сигнал датчика через перетворювач (якщо це необхідно) через вхідну гальванічну розв'язку РГ1 і далі через аналого-цифровий перетворювач подається в блок АЛГО. У блоці АЛГО проходить обробка технологічної інформації й вироблення керуючих впливів на процес. Керуючі впливи й вимірвальна інформація із блоку АЛГО через блок ЦАП і вихідну гальванічну розв'язку РГ2 виводяться на пристрої контролю (ПК), розташовані на робочому місці оператора-технолога (РМОТ).

Якщо необхідно сигналізувати відхилення параметра від норми, то сигнал із блоку АЛГО, через ЦДП виводиться в схему сигналізації [11, 20].

7.2 Регулювання параметрів технологічного процесу

Для того, щоб вести процес синтезу карбаміду у виробництві карбаміду в умовах, близьких до оптимальних, у даному дипломному проекті запропоновані наступні системи автоматичного регулювання.

Рівень реакційної маси у стріпері стабілізується на заданому рівні автоматично за допомогою одноконтурної АСР рівня. Регулювальний клапан поз. LY/5-4 розташований на лінії видачі реакційної маси зі стріпера.

Рівень у колоні синтезу стабілізується на заданому рівні автоматично за допомогою одноконтурної АСР рівня. Регулювальний клапан поз. LY/8-4 розташований на лінії видачі реакційної маси з колони синтезу.

Тиск у сатураторі пари високого тиску стабілізується на заданому рівні автоматично за допомогою одноконтурної АСР тиску. Регулювальний клапан поз. PY/4-4 розташований на лінії подачі водяної пари на вході у сатуратор пари високого тиску.

Тиск у скрубєрі високого тиску стабілізується на заданому рівні автоматично за допомогою одноконтурної АСР тиску. Регулювальний клапан поз. PY/12-4 розташований на лінії подачі охолоджуючого конденсату на вході у скрубєр високого тиску.

7.3 Сигналізація й блокування процесу

Для оповіщення оперативного персоналу про відхилення параметрів технологічного процесу синтезу у виробництві карбаміду від норми в даному проекті запропоновано схему автоматичної сигналізації, що спрацьовує в наступних випадках:

- Мін тиск у сатураторі пари високого тиску;
- Мах тиск у сатураторі пари високого тиску;
- Мін рівень реакційної маси у стріпері;
- Мах рівень реакційної маси у стріпері;
- Мін тиск у колоні синтезу;
- Мах тиск у колоні синтезу;
- Мін рівень реакційної маси у колоні синтезу;
- Мах рівень реакційної маси у колоні синтезу;
- Мін тиск у скрубєрі високого тиску;
- Мах тиск у скрубєрі високого тиску;

Прилади автоматизації, що використані в даному проекті наведено в табл. 7.1 «Відомість приладів» [11, 20].

Таблиця 7.1 - Відомість приладів

№ позиції	Технологічний параметр	Найменування й тип приладу	Технічна характеристика
1	2	3	4
	Витрата:		
3-1	вуглекислого газу на вході у стриппер	Діафрагма камерна тип ДКН	Клас точності 0,1
10-1	конденсату охолоджуючого у скруббер високого тиску	-//-	-//-
16-1	рідкого аміаку у ежектор	-//-	-//-
23-1	реакційної маси на виході з колони синтезу	-//-	-//-
3-2, 10-2, 16-2, 23-2		Дифманометр «Сапфір 22 ДД»	Клас точності 0,5; $\Delta P=100\text{кПа}$, $P=25\text{атм}$
3-3, 10-3, 16-3, 23-3		Універсальний обчислювальний комплекс	
	Концентрація:		
9-1	N ₂ у реакційній масі на виході з колони синтезу	Газоаналізатор ГІАМ-14М	Клас точності 3 діапазон виміру 0-20% N ₂
9-2		Перетворювач нормуючий Ш-78	Клас точності 0,5; вихідний сигнал 4-20 мА
9-3		Універсальний обчислювальний комплекс	
14-1	NH ₃ у плаві карбамату	Газоаналізатор ГІАМ-14М	Клас точності 3,0; діапазон виміру 0-50% NH ₃
14-2		Перетворювач нормуючий Ш-78	Клас точності 0,5; вихідний сигнал 4-20 мА
14-3		Універсальний обчислювальний комплекс	
15-1	CO ₂ у плаві карбамату	Газоаналізатор ОА-982	Клас точності 3 Діапазон виміру 0-20% CO ₂
15-2		Перетворювач нормуючий Ш-78	Клас точності 0,5; вихідний сигнал 4-20 мА
15-3		Універсальний обчислювальний комплекс	

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4
	Рівень:		
5-1	реакційної маси у стриппері	Рівнемір буйк. «Сапфір 22ДУ»	Клас точності 0,5; діап. виміру 0 - 1500 мм
8-1	у колоні синтезу	Рівнемір буйк. «Сапфір 22ДУ»	Клас точності 0,5; діап. виміру 0 - 1500 мм
5-2, 8-2		Універсальний обчислювальний комплекс	
5-3, 8-3		Електропневма- тичний перетво-рювач ЕПП-63	Клас точн. 1,0, вихідний сигнал 0,2 - 1кгс/см ²
5-4, 8-4		Виконавчий меха-нізм тип МІМ	Тип НО
		Температура:	
2-1, 7-1, 11-1, 13-1, 18-1, 19-1, 21-1, 22-1, 24-1	на стадії синтезу карбаміду	Термоелектричний перетворювач ТХК-0515	Клас точності 1,5; Діапазон виміру 0-1300 °С, інерцій- ність не більше 45 сек
2-2, 7-2, 11-2, 13-2, 18-2, 19-2, 21-2, 22-2, 24-2		Перетворювач нормуючий Ш-78	Клас точності 0,5 Вихідний сигнал 4-20 мА
2-3, 7-3, 11-3, 13-3, 18-3, 19-3, 21-3, 22-3, 24-3		Універсальний обчислювальний комплекс	
	Тиск:		
1-1	водяної пари на вході у стрипер	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДІ»	Клас точності 0,5; Діапазон виміру 0 - 4 МПа
4-1	у сатураторі пари високого тиску	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДІ»	Клас точності 0,5; Діапазон виміру 0 - 4 МПа
6-1	у колоні синтезу	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДІ»	Клас точності 0,5; Діапазон виміру 0 - 16 МПа
12-1	у скрубєрі високого тиску	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДІ»	Клас точності 0,5; Діапазон виміру 0–1,6 МПа
17-1	рідкого аміаку на вході у ежектор	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДІ»	Клас точності 0,5; Діапазон виміру 0 - 25 МПа

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4
20-1	вуглекислого газу на вході у стрипер	Вимірювальний перетворювач тиску «Сапфір 22ДІ»	Клас точності 0,5; Діапазон виміру 0 - 16 МПа
1-2, 4-2, 6-2, 12-2, 17-2, 20-2		Універсальний обчислювальний комплекс	Клас точності 0,5; шкала 0 - 100 %
4-3, 12-3		Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точн. 1,0, вихідний сигнал 0,2 - 1кгс/см ²
4-4, 12-4		Виконавчий механізм тип МІМ	Тип НО

8 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Однією з найбільш актуальних проблем, що хвилюють сьогодні людство, стала проблема охорони природи, раціональне використання природних багатств. Неухильний зріст надходження токсичних речовин у навколишнє середовище насамперед відбивається на здоров'я населення, погіршує флору та фауну, тому завдання сучасної інженерії полягає в розв'язанні цих проблем.

В Україні охорона навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів завжди належала до найважливіших політичних, економічних і соціальних завдань. Особлива відповідальність у справі охорони навколишнього середовища покладена на сучасні інженерно-технічні кадри. Вони повинні використовувати сучасну техніку і нову технологію виробництва з урахуванням збереження навколишнього середовища, повного комплексного використання неживої природи та забезпечення розширення відтворення ресурсів живої природи.

Екологія - наука про умови існування живих організмів і взаємозв'язки між організмами та навколишнім середовищем.

Завдання екології як науки [24]:

- дослідження закономірності організації життя;
- створення наукової основи раціональної експлуатації біологічних ресурсів, прогнозування змін природи під впливом життєдіяльності людини;
- регуляція чисельності популяції;
- розробка систем заходів щодо мінімального застосування хімічних засобів боротьби зі шкідливими видами;
- відновлення порушених природних систем.

Екологія підрозділяється на:

- біоекологію;
- геоекологію;
- екологію людини;
- соціальну екологію;

- прикладну екологію.

Інженерна екологія - теоретична база, що встановлює обмеження на параметри виробництва; наука, що вивчає вплив технологічних процесів конкретного виробництва на природне середовище і базується на повному і глибокому знанні технології виробництва .

Завдання інженерної екології [25]:

- оптимізація технологічних, інженерних, проектно-конструкторських рішень, виходячи з мінімального збитку навколишньому середовищу та здоров'ю людини;
- прогнозування і оцінка можливих негативних наслідків підприємств, що проектуються, реконструюються і діють, для навколишнього середовища і людини;
- своєчасне виявлення і коректування конкретного технологічного процесу, що наносить збиток навколишньому середовищу, що загрожує здоров'ю людини та негативно впливає на екологічну систему.

8.1 Відходи виробництва карбаміду

Викиди в атмосферу - постійні. Води, що скидаються відводяться в цех НОВС разом зі стічною водою десорбції. Тверді відходи відвантажуються споживачеві.

У табл.8.1 наведені дані по викидах в атмосферу в проектованому виробництві [7].

Таблиця 8.1 - Викиди в атмосферу у виробництві карбаміду

Найменування апарату, викиду	Характеристика викиду		Допустима кількість шкідливої речовини
	Температура	Склад	
Атмосферний викид від збірника карбаміду	85 – 98 °С	NH ₃ - 9 %, H ₂ O - 3,5 %, інерти - 69,3 %, O ₂ - 18,2%	Аміак - 2,6 кг/год
Атмосферний викид від збірника аміачної води	Не більше 50°С	NH ₃ - 4 %, H ₂ O - 1 %, інерти - 75,5 %, O ₂ - 19,45 6%	Аміак - 1 кг/год

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4
Вентиляційні викиди і викиди від устаткування, розташованого на відкритих майданчиках відділення випаровування	Відсутність		
Конденсат (скидні води) від змиву аварійних проток		Нітроген амонійний - не більше 65 мг/дм, Карбамід - не більше 300 мг/дм ³ ,	Не більше 37 м ³ /год
Тверді відходи карбаміду		ТУ 6-03 – 477 – 82	5010 кг/добу

8.2 Вплив забруднювачів базового об'єкту на атмосферу, літосферу, гідросферу, рослинний і тваринний мир, людину

8.2.1 Вплив на шкіру

При концентрації аміаку 1% (об.) спостерігається легке подразнення вологої шкіри, при концентрації 2% - помітне подразнення, а при 3% - через кілька хвилин може бути викликаний опік з утворенням міхурів. При влученні в струмінь газу поряд із проявами загального отруєння спостерігається почервоніння шкіри, набряк, окремі фіолетово-червоні плями, порушення цілісності поверхневих шарів шкіри.

Нашатирний спирт (10%-ний розчин аміаку) діє на шкіру слабкіше інших лугів і викликає сильний біль, почервоніння, а при тривалому впливі - утворення на шкірі міхурів.

Карбамід викликає подразнення шкіри, а також може викликати термічні опіки.

У людей, що перебувають у засобах захисту, в атмосфері з високим змістом двоокису вуглецю, спостерігається почервоніння шкіри, почуття поколювання, пощипування та виділення поту. При роботі з рідким і твердим двоокисом вуглецю можливі обмороження.

8.2.2 Вплив на тваринний світ

На організм тварин шкідливі викиди впливають подразнюючи, навіть смертельно.

Тваринний світ не менше страждає від шкідливих концентрацій аміаку. Коли тварини попадають під вплив аміаку, то одержують сильне подразнення верхніх дихальних шляхів, кон'юнктивіти, з рота та носа у них виділяється піниста рідина, іноді з домішкою крові. Може бути крововилив у всіх органах, неврози, клітинна інфільтрація. При більших концентраціях виявляється припікальна дія на слизових оболонках дихальних шляхів і рота, можливий набряк легенів. Гранична концентрація 0,01 мг/л.

8.2.3 Вплив на ґрунт і на рослинний світ

Забруднення, що надходять в атмосферу, з опадами повертаються на землю, попадають у водойми і ґрунт. Стічними водами підприємства та агропромисловий комплекс забруднюють ріки, озера, моря. Величезна кількість відходів попадає в ґрунт, самоочищення якого практично не відбувається або відбувається дуже повільно. Токсичні речовини накопичуються, що приводить до постійної зміни хімічного складу ґрунтів, порушенню єдності геохімічного середовища та живих організмів.

Відбувається закислення ґрунтів, спустошення та загибель лісів, змінюється видовий склад флори і фауни в багатьох водоймах, забруднюються не тільки малі ріки, але і великі водойми; відчувається недостача прісної води; атмосфера багатьох міст насичена органічними та неорганічними речовинами, концентрація яких вище ГДК; зникають багато видів тварин і рослин, виникають нові хвороби, з відходами губиться величезне число цінних речовин.

Таким чином, викиди в біосферу приводять до погіршення екологічного стану в нашому регіоні [25].

8.3 Заходи щодо охорони навколишнього середовища

Основним напрямком, що забезпечує чистоту навколишнього середовища, є організація технологічних процесів, які виключають викиди в атмосферу відпрацьованих газів, пари, пилу. Для цього в цеху карбаміду передбачають [6]:

- герметизацію обладнання;
- очисний пристрій на грануляційній вежі для зменшення викидів аміаку та пилу карбаміду;
- установку газоаналізаторів;
- установку контрольних клапанів, які скидають гази або пару в закриту систему через сепаратор з наступною утилізацією.

8.3.1 Контроль чистоти повітря

Хімічне виробництво має спеціальну лабораторію, де контролюють чистоту повітряного середовища. Такий контроль дозволяє вчасно виявляти та попереджати забруднення повітря шкідливими речовинами.

У цеху виробництва карбаміду існують наступні види контролю чистоти повітря [7]:

- контроль вмісту водню в приміщенні хроматографа АН2620 здійснюється газоаналізатором АНСАН2622. При підвищенні концентрації водню до 0,8% закривається клапан на лінії H_2 від балонів у приміщенні, відключається хроматограф АП2620, одночасно включається сигналізація на ЦПУ, у приміщенні хроматографа та на вході в приміщення хроматографа.

- контроль вмісту водню в акумуляторній здійснюється аналізатором АНАН2623. При підвищенні концентрації H_2 до 0,8 % включається сигналізація на ЦПУ і на вході в приміщення акумуляторної.

- контроль вмісту NH_3 у приміщенні насосної високого тиску здійснюється газоаналізатором АНСа2624. При підвищенні вмісту NH_3 до 20 мг/м^3 включається

аварійна вентиляція. Одночасно включається світлова сигналізація на ЦПУ і в операторній насосної, звукова сигналізація в приміщенні насосної.

- контроль вмісту NH_3 у приміщенні насосної низького тиску здійснюється газоаналізатором AnSa2625. При підвищенні вмісту NH_3 до 20 мг/м^3 включається аварійна вентиляція. Одночасно включається світлова сигналізація на ЦПУ і в операторній насосної, звукова сигналізація в приміщенні насосної.

8.3.2 Очищення водоймів від стічних вод

Для переробки та очищення аміачної води, що утворилася на різних стадіях і вузлах одержання карбаміду, передбачаються вузли десорбції та гідролізу [6]. У цих вузлах у результаті гідролізу карбаміду, що міститься в аміачній воді, і десорбції NH_3 і O_2 з водного розчину, відбувається очищення стічної води перед відкачкою її в цех НОПС і повернення непрореагувавших NH_3 і CO_2 у вигляді розчину вуглеамонійних солей у процес. Масова концентрація в стічній воді карбаміду – не більше 300 мг/дм^3 , азоту амонійного – не більше 65 мг/дм^3 .

8.3.3 Методи боротьби з пилом

Для боротьби з пилом на виробництві виконується [7]:

- герметизація устаткування;
- водяне зрошення;
- вологе прибирання;
- витяжна вентиляція;
- використання мокрих пиловловлювачів.

Для захисту органів подиху від NH_3 на запиленому робочому місці, при відборі аналізу плаву карбаміду обслуговуючий персонал застосовує:

- фільтруючий протигаз із коробкою марки «КД»;
- респіратор типу «Пелюсток».

Для захисту очей використовують окуляри типу ЗНД.

8.4 Розрахунок ГДВ

Максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини розраховують по формулі [26]:

$$C_M = \frac{A \cdot \text{ГДВ} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (8.1)$$

де $A=160$ - коефіцієнт, що залежить від температури стратифікації атмосфери на території України;

$F=1$ - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; для газоподібних шкідливих речовин і дрібнозернистих аерозолів (пилу та золи, швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю);

m і n - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з устя джерела викиду;

$\eta=1$ - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, у випадку рівної та слабонересіченої місцевості з перепадом висот, які не перевищують 50 м на 1 км;

$H=100$ м - висота джерела викиду над рівнем землі ;

$\Delta T=50-20=30^\circ\text{C}$ - різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається та температурою навколишнього атмосферного повітря;

V_1 - об'єм аміаку, визначається по формулі:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 1 = 0,196\text{м}^3$$

де D – діаметр джерела викиду, $D = 0,5\text{м}$;

ω_0 – середня швидкість виходу аміаку з джерела, $\omega_0 = 1$ м/с

Для розрахунку коефіцієнтів m і n попередньо розрахуємо допоміжні параметри:

$$f = \frac{w^2_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \cdot 1000 = \frac{1^2 \cdot 0,5}{100^2 \cdot 30} \cdot 1000 = 0,002 \quad (8.2)$$

$$m = \frac{1}{0,65 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (8.3)$$

$$m = \frac{1}{0,65 + 0,1 \cdot \sqrt{0,002} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,002}} = 1,395$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (8.4)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,196 \cdot 30}{100}} = 0,253$$

Так як $V_m < 0,3$, тоді $n = 3$

Маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу:

$$ГДВ = \frac{ГДК \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} \quad (8.5)$$

де $ГДК = 3 \text{ мг/м}^3$ (для аміаку) [6] – середньодобова гранично припустима концентрація NH_3 у повітрі населених місць, мг/м^3 .

$$ГДВ = \frac{3 \cdot 100^2 \cdot \sqrt[3]{0,196 \cdot 30}}{160 \cdot 1 \cdot 1,395 \cdot 3 \cdot 1} = 80,865 \text{ мг/с} = 0,081 \text{ кг/с}$$

$$C_M = \frac{160 \cdot 0,081 \cdot 1000 \cdot 1,395 \cdot 1 \cdot 3}{100^2 \cdot \sqrt[3]{0,196 \cdot 30}} = 0,300 \text{ мг/м}^3$$

Отже, дана максимальна приземна концентрація забруднюючої речовини менше $ГДК$ аміаку в повітрі населених місць і при щоденному впливі на людину протягом тривалого часу не викличе в його організмі будь-яких патологічних змін і захворювань.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Основні положення з охорони праці і здоров'я працівників викладені в трудовому законодавстві. Крім цього розроблені та введені в дію численні правила техніки безпеки, промислової санітарії, норми й правила, дотримання яких забезпечує безпеку праці.

Турбота про створення безпечних і здорових умов праці завжди в центрі уваги. Охорона праці в Україні розглядається як один з найважливіших соціально-економічних і соціально-гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних і здорових умов праці.

Відповідальність за стан охорони праці несе адміністрація підприємств, організацій й установ.

9.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожеже- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та добуто на виробництві, яке проектується

У виробництві карбаміду застосовують і добувають речовини, що мають токсичні властивості, основні фізико-хімічні властивості яких представлені в табл. 9.1., показники вибухо- і пожеженебезпеки в табл. 9.2, характеристика токсичності в табл. 9.3 [23, 24].

Таблиця 9.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва сполуки		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан за н.у.	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
	Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	Аміак	Аміак	NH ₃	$\begin{array}{c} \text{H-N-H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	газ	- 78	- 36
2	Вуглекислий газ	Оксид вуглецю (IV)	CO ₂	O=C=O	газ	-	-
3	Карбамід	Діамід вугільної кислоти	CO(NH ₂) ₂	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{O}=\text{C} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	тверде	133	-

Таблиця 9.2 - Показники вибухо- і пожежебезпеки

№ п/п	Сполука	Температура спалаху, °С	Температура самозапалення, °С	Межі розповсюдження полум'я концентраційні,				Межі спалахування температурні, °С	
				г/м ³		% об.		нижній	верхній
				нижній	верхній	нижній	верхній		
1	Аміак	-	650	112	189	15	28	-	-
2	Карбамід	182	715	-	-	-	-	182	220

Таблиця 9.3 – Характеристика токсичності

№ п/п	Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично допустима концентрація				Засоби індивідуального захисту	
				в повітрі, мг/м ³			в воді, мг/л		
				робочої зони	Населеного пункту		ГДК		ГПК
максимально разова	середньодобова								
1	Аміак	4	Викликає гостре подразнення слизових оболонок, слезотечу, має задушливий вплив на органи дихання	20	0,2	0,04	0,5	2,0	Протигаз марки "КД", або «М», ізолюючі "ПШ-1", "ПШ-2"
2	Діоксид вуглецю	3	Володіє наркотичною й задушливою дією. У малих концентраціях збуджує, у більших - гнітить дихальний центр	3000	-	-	-	-	Протигаз марки «М», ізолюючі "ПШ-1", "ПШ-2"
3	Карбамід	4	Викликає подразнення шкіри	10	0,5	-	-	-	Протигази марки "М" або "КД"
4	Плава карбаміду	4	Служить джерелом отруєння внаслідок виділення NH ₃ й CO ₂ . Викликає термічні опіки й роздратування шкіри	20 (за NH ₃)	0,2	-	-	-	Протигази марки "М" або "КД"

9.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

Виробничий процес виготовлення карбаміду характеризується наступними небезпечними факторами [11]:

- 1) наявністю шкідливих речовин (амоніак, діоксид вуглецю, карбамідоформальдегідна смола, нітроген, карбамід);
- 2) високою температурою — до 440°C й імовірністю одержання термічних опіків, парю, конденсатом, розчинами і гарячими поверхнями устаткування і комунікацій;
- 3) високим тиском до 14,2 МПа, що може призвести до розриву комунікацій, устаткування з викидом в атмосферу амоніаку, розчинів вуглеамонійних солей, розчину карбаміду, діоксиду вуглецю;
- 4) електричною енергією високої напруги — до 6000 В, насиченістю корпусів цеху електроустаткуванням, що створює небезпеку поразки електричним струмом;
- 5) великою кількістю рухомих і особливо обертових частин механізмів (насосів, вентиляторів, вібродинамічного гранулятора), що створює небезпеку одержання механічної травми;
- 6) розміщенням устаткування і комунікацій по висоті будівель і споруджень — до 100 м, що ускладнює проведення ремонтних робіт;
- 7) утворенням вибухонебезпечних сумішей при порушенні норм технологічного режиму;
- 8) підвищеним рівнем шуму; джерелом шуму є вентиляційна система і вентилятори для охолодження гранул карбаміду;
- 9) наявністю пилу карбаміду при транспортуванні.

9.3 Класифікація і категорійність проєктованого виробництва і його приміщень

Виробництво карбаміду за категорією вибухо- і пожежебезпеки відноситься до приміщень із категорією Б и В, тобто до даного виробництва пред'являються підвищені вимоги: вогнестійкість будівельних конструкцій повинна бути не нижче II ступеня.

Клас за санітарною характеристикою – II (згідно ДСП 173-96).

Ширина санітарно-захисної зони - 500 м.

Класифікація й категорія проєктованого виробництва карбаміду відповідно до встановлених норм і правил представлені в табл. 9.4.

Таблиця 9.4 - Класифікація й категорія вибухо- і пожежебезпеки відділень виробництва карбаміду

Найменування відділення	Категорія вибухонебезпечності згідно з НАПБ Б.03.002-2007	Класифікація за правилами пристрою електроустановлення (ПУЕ – 2009)		Група виробничих процесів за санітарною характеристикою ДСП 173-96	За ступенем поразки електричним струмом ПУЕ-85
		клас приміщення	категорія й група		
Відділення аміачних насосів	Б	В-Іг	ІА-ТІ	ІІб	з підвищеною небезпекою
Відділення синтезу	Б	В-Іг	ІА-ТІ	ІІб	з підвищеною небезпекою
Відділення дистиляції	Б	В-Іг	ІА-ТІ	ІІб	з підвищеною небезпекою
Відділення компресії вуглекислоти	Д	В-Іб	не катег.	Іа	з підвищеною небезпекою
Відділення грануляції	В	Г-Іа	не катег.	ІІг	з підвищеною небезпекою

Метеорологічні умови виробничого приміщення - температура, вологість повітря й швидкість руху повітря, визначають теплообмін організму людини й впливають на самопочуття, працездатність і здоров'я обслуговуючого персоналу і встановлюються на підставі категорії робіт.

Метеорологічні умови виробничого середовища залежить від фізичного стану повітряного середовища й характеризуються наступними основними метеорологічними елементами: температурою, вологістю й швидкістю руху повітря, а так само тепловим випромінюванням від нагрівальних поверхонь устаткування.

Роботи, які виконуються на ділянці за енерговитратами організму відносяться до категорії середньої важкості. Відповідно з ГОСТ 12.1.005-88 вибираємо оптимальні параметри мікроклімату й зводимо їх в таблицю 9.5.

Таблиця 9.5 – Припустимі й оптимальні значення параметрів метеорологічних умов

Категорія робіт за важкістю	Період року	Температура		Відносна вологість		Швидкість руху повітря в приміщенні	
		Оптимальна	Припустима	Оптимальна	Припустима	Оптимальна	Припустима
Середньої важкості	Холодний	18-20	17-23	40-60	75 при 26 ⁰ С	0,2	0,3
Середньої важкості	Теплий	20-23	19-25	40-60	75 при 26 ⁰ С	0,2	0,2

9.4 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Вентиляція і опалювання

Вентиляція. Для запобігання накопиченню в приміщеннях газів у вибухонебезпечних концентраціях або в концентраціях, що перевищують санітарні норми, в нормальних умовах експлуатації передбачена безперервнодіюча примусова проточна і природна витяжна вентиляція.

Для сповіщення про порушення в роботі приточуваннях вентиляційних агрегатів передбачена світлова і звукова сигналізація з винесенням на щит в ЦПУ.

У приміщеннях з виробництвами категорій А, Б, В, Д всі металеві воздуховоди і устаткування приточуваних і витяжних вентиляційних систем повинні бути заземлені.

Вентиляційні камери, майданчики і інші місця і установки вентиляційне обладнання повинні бути забезпечені електричним освітленням. Майданчики для обслуговування вентиляційних систем, стаціонарні сходи і отвори в перекриттях повинні бути обмежені поручнями заввишки не меншого 1 метра. Вентиляційні камери повинні бути обладнані засобами пожежогасіння.

Оскільки основне технологічне устаткування знаходиться поза приміщенням, то розрахунок ведеться для ЦПУ, габаритні розміри якого складають: довжина – 15 м, ширина – 10 м, висота – 3,5 м.

Кратність повітрообміну в ЦПУ повинна бути не меншого 5.

Кількість повітря (m^3), яку необхідно подати в приміщення визначається за формулою :

$$W = K \cdot V, m^3/год, \quad (9.1)$$

де K - кратність повітрообміну, $год^{-1}$;

V - об'єм приміщення, m^3 .

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (9.2)$$

де a, b, h - відповідно довжина, ширина, висота ЦПУ;

$$V = 15 \cdot 10 \cdot 3,5 = 525 m^3,$$

$$W = 5 \cdot 525 = 2625 m^3/год.$$

Вибираємо вентилятор відцентровий типу В-Ц4-70 (1-го виконання) для продуктивності $2800 m^3/год$. [24]:

Номер вентилятора – 4;

Тиск, мм. вод. ст. – 45;

Частота обертання, об/хв. – 1500;

Електродвигун ТИП – 4А71В4;

Потужність, кВт – 0,75.

Як опалювальний прилад приймаємо калорифер. Орієнтовний розрахунок витрати тепла в зимовий час на вентиляцію (кДж/год.), можна виконати за формулою:

$$Q_B = W \cdot C_B (t_{B.п.} - t_H) \cdot 1000/3600, \quad (9.3)$$

де W - об'єм повітря, м³/год.;

C_B - об'ємна теплоємність повітря, 1,257 кДж/ м³·°С;

$t_{B.п.}$ - температура нагрітого повітря, що подається в приміщення (+22°С);

t_H - температура зовнішнього повітря, середня температура зовнішнього повітря в осінньо – зимовий період приймається (-7 °С).

$$Q_B = 2800 \cdot 1,257 \cdot (22 + 7) \cdot 1000/3600 = 28352,333 \text{ кДж/год.}$$

Площа поверхні нагріву опалювальних приладів:

$$H = \frac{Q_B}{506} = \frac{28352,333}{506} \approx 56,032 \text{ екм} = 45,95 \text{ м}^2.$$

На підставі отриманої площі підбираємо калорифер типу КВБ10Б–ПУЗ, площа поверхні дорівнює 37,48 м².

Аварійна вентиляція

У цеху передбачена витяжна аварійна вентиляція, що вмикається у виробничому приміщенні у випадку перевищення ГДК пилу карбаміду в повітрі робочої зони. Кратність повітряобміну не менш 8 - 10 год⁻¹.

Тип відцентрового вентилятора В-ЦП 7-40, №8 (6-го виконання): продуктивність 5 тис. м³/год.; № 5; тиск 300 мм вод. ст; частота обертання 1755 об/хв. Електродвигун типу 4А132S6: потужність 7,5 кВт, частота обертання 1455 об/хв.

Освітлення приміщень

У цеху передбачається штучне й природне освітлення. Виробничі будинки в денний час освітлюються природним світлом. Природне сонячне світло характеризується великою інтенсивністю й рівномірністю освітлення, невисокою середньою яскравістю на одиницю площі, зміною освітленості протягом доби. Природне освітлення може бути бічним, верхнім і комбінованим. Для будівель хімічних виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1:6 – 1:5.

Площа віконних отворів:

$$S_{\text{вік}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_n \quad (9.4)$$

де S_n - площа виробничого приміщення, м²;

$$S_n = a \cdot y = 15 \cdot 10 = 150 \text{ м}^2,$$

$$S_{\text{вік}} = 1/5 \cdot 150 = 30 \text{ м}^2.$$

Проектом передбачено 4 світлових прорізу розмірами 2,5 x 3,5 м, загальною площею 35 м².

Загальне штучне освітлення

Розмір одного вікна: висота - 2 м, ширина - 3 м.

Кількість вікон - 5 штук.

Кількість світильників, потрібне для освітлення приміщення визначається за формулою:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot k}{F \cdot u \cdot z}, \quad (9.5)$$

де E - мінімальна допустима освітленість робочих поверхонь, визначається нормами. Для розряду роботи III, при використанні ламп розжарювання $E=100$ лк;

S - освітлювана площа, m^2 ;

$$S = a \cdot y = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2,$$

F - світловий потік однієї лампи, для ламп потужністю 200 Вт, і напрузі в мережі 220В $F=2510$ лм;

K - коефіцієнт запасу, що приймається по нормах, $K=1,3$;

Z - поправочний коефіцієнт, залежний від конструкції світильника, для світильників типа Люцетта, $Z=0,85$;

u - коефіцієнт використання освітлювальної установки, залежний від конструкції (типу) світильника, коефіцієнта віддзеркалення стель і стін.

Показник i визначається за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (9.6)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м;

h – висота підвіски світильника від рівня робочого місця (0,8 м від підлоги), м:

$$h = H - 1 - 0,8 = 4 - 1 - 0,8 = 2,2 \text{ м},$$

$$i = \frac{12 \cdot 18}{2,2(12+18)} = 3,27.$$

$U = 0,55$ (для світильників типа Люцетта).

$$n = \frac{100 \cdot 216 \cdot 1,3}{2510 \cdot 0,55 \cdot 0,85} = 24 \text{ шт.}$$

Світильники розташовуються в два ряди по сім світильників в кожному ряду. Відстань від стіни складає - 3 м, між рядами світильників - 4 м, між світильниками в ряду - 2 м.

Схема розміщення розрахункової кількості ламп показана на рисунку 9.1.

Для освітлення виробничих приміщень відповідно до СН 245–71 проектом передбачено природне освітлення бічним освітленням у вікна в зовнішніх стінах. Штучне освітлення створюється світильником типу Люцетта.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою (кВт):

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (9.7)$$

де n - розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення;

W - потужність однієї лампи, Вт;

$(0,1 \div 0,2) \cdot W$ - додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт.

$$N = \frac{24 \cdot 200 + 0,15 \cdot 24 \cdot 200}{1000} = 5,52 \text{ кВт.}$$

На рис. 9.1 показана схема розташування розрахункової кількості ламп. Приймаємо розміщення ламп у чотири рядка по шість ламп з відстанню між лампами в ряду 3м.

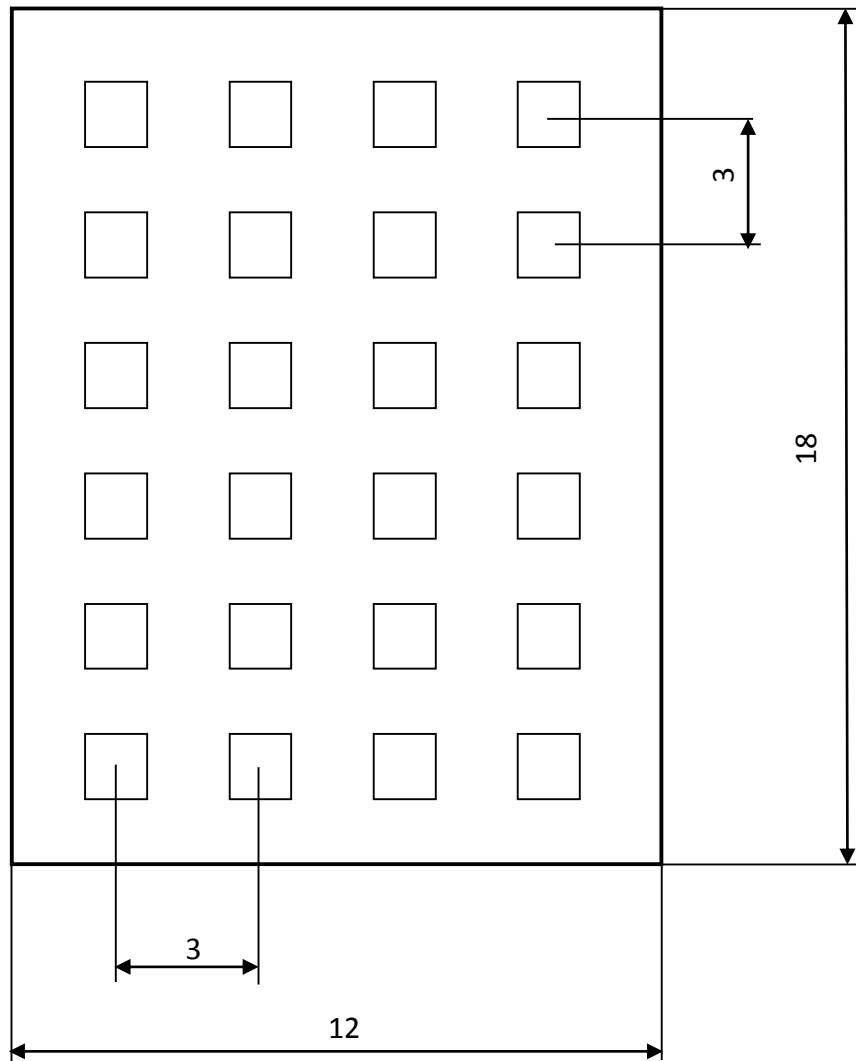


Рис. 9.1 - Схема розташування розрахункової кількості ламп

9.5 Заходи щодо боротьби з шумом і вібрацією

Джерелом шуму й вібрації у виробництві карбаміду є: вентилятори, компресори і насоси; також джерелом шуму є: ручний ударний інструмент, системи, що транспортують, течія газу або рідини по трубопроводах.

Шум впливає на весь організм, викликає швидку стомлюваність, зниження працездатності, слабкість, дратівливість.

Згідно ГОСТ 12.1.003-76 основні заходи зі зниження шуму можуть бути класифіковані таким чином; технічні засоби боротьби з шумом, будівельно-акустичні заходи, застосування засобів індивідуального захисту, організаційні заходи.

Для захисту від шуму і вібрації застосовують технічні заходи, що дозволяють усунути або понизити шум і вібрацію в джерелі їх виникнення: заміна поворотно-поступальної ходи частин механізму обертальною, застосуванням клиноремінних передач, ретельним статичним і динамічним балансуванням і центральною частин машин, що обертаються і рухаються.

Як міру захисту застосовують звукопоглинання і звукоізоляцію. При падінні звукової хвилі на звукопоглинальну поверхню значна частина звукової енергії поглинається в порах матеріалу. Для звукоізоляції (відображення) слід застосовувати гладкі і непористі матеріали, що добре відображають звукові коливання.

Тому для зниження шуму захищають шумні механізми звукоізолюючими кожухами, екранами і перегородками з гладкого звуковідбивного матеріалу, облицьовують стелю і стіни приміщень звукопоглинальними матеріалами.

Для зменшення вібрації машин і устаткування рекомендується:

- встановити буферні і акустичні місткості (ресивери) на трубопроводах синтез – газу з метою зниження шуму, потоку, що викликається пульсацією;
- зменшити число комунікаційних поворотів на газоходах, самі повороти виконуються з максимально можливими радіусами;
- використовувати як фундаментні опори масивні металеві плити з метою збільшення загальної маси фундаменту;
- ізоляція фундаменту устаткування від ґрунту за допомогою повітряних розривів (акустичних швів);

- жорстке кріплення вібруючих деталей і вузлів, усунення зайвих зазорів машин і механізмів;
- застосування звукоізоляційних кожухів на насосах;
- використання індивідуальних засобів захисту від шуму – протишумних навушників;
- для захисту від вібрації передбачається віброізолююче взуття.

9.6 Заходи захисту від статичної електрики

Захист від статичної електрики здійснюють шляхом відведення в землю зарядів і вирівнювання потенціалів, що створилися на апаратах, трубопроводах і металевих конструкціях.

Для цього кожна система апаратів, трубопроводів і воздуховодов і в межах цеху заземлена не менше, чим в двох місцях, приєднанням до магістралей захисного заземлення або до вогнищ заземлення. Всі трубопроводи, що паралельно йдуть або пересічні, і повітропроводи, розташовані між собою на відстані до 0,1 м, сполучені перемичками через кожні 20 м. Трубопроводи і повітропроводи, що проходять на такій же відстані від металевих сходів і конструкцій будівель, сполучені з ними перемичками.

Поява статичної електрики при виробництві карбаміду може бути на: вентиляторах, насосах, газодувках.

Для попередження накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних місцях необхідно [11, 24]:

- не допускати переміщення по трубах легкозаймистих рідин з великою швидкістю;
- подавати легкозаймисті рідини тільки через трубопровід, занурений до дна ємності, не допускаючи розриву струменя рідини;
- стежити за справним станом заземлення.

9.7 Заходи електробезпеки

Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або в сполученні один з іншим наступні технічні способи і засоби [11, 24]:

- захисне заземлення;
- занулення;
- захисне відхилення;
- вирівнювання потенціалів;
- малу напругу;
- ізоляція струмоведучих частин;
- електричний поділ мереж;
- огорожувальні устрої;
- блокування;
- попереджувальну сигналізацію;
- знаки безпеки;
- попереджувальні плакати;
- електрозахисні засоби.

Визначаємо опір захисного заземлення [24]:

$$R_{ззн} = \frac{R_з \cdot R_c}{R_n \cdot n \cdot \eta_з + R_з \cdot \eta_c}, \quad (9.8)$$

де $R_з$ – опір заземлюючого пристрою, Ом

R_c – опір смуг заземлення, Ом

$\eta_з = 0,5$ – коефіцієнт екранування заземлення,

$\eta_c = 0,6$ – коефіцієнт екранування смуги,

n - кількість заземлень.

Опір заземлюючого пристрою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (9.9)$$

де $\rho = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – питома щільність ґрунту,

$l = 6 \text{ м}$ - довжина заземлюючого пристрою,

$\eta_c = 0,6$ – коефіцієнт екранування смуги,

n - кількість заземлень,

$d = 0,01 \text{ м}$ - діаметр пристрою, що заземляє,

$t = 6/2 + 0,5 = 3,5 \text{ м}$ - відстань від середини забитого пристрою в ґрунт до рівня землі

$$R_3 = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 6}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,5 + 6}{4 \cdot 3,5 - 6} \right) = 40,5 \text{ Ом}$$

Опір смуги, що з'єднує заземлюючі пристрої:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'} \quad (9.10)$$

де $L = 100 \text{ м}$ – довжина смуги,

$b = 0,03 \text{ м}$ - ширина смуги,

$t' = 0,5 \text{ м}$ – глибина заземлення,

$$R_n = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 100^2}{0,03 \cdot 0,5} = 4,49 \text{ Ом}$$

Кількість пристроїв, що заземляють:

$$n = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3} \quad (9.11)$$

$$n = \frac{2 \cdot 40,5}{4 \cdot 0,5} = 40,5 \text{ шт}$$

Приймаємо 41 пристрій.

Опір захисного заземлення:

$$R_{зп} = \frac{40,5 \cdot 4,49}{4,49 \cdot 40,5 \cdot 0,5 + 40,5 \cdot 0,6} = 1,55 \text{ Ом}$$

В зв'язку з тим, що загальний опір пристрою, що заземляє, менше 4 Ом, розраховане заземлення придатне до експлуатації для захисту виробничої будівлі від поразки електричним струмом.

9.8 Заходи пожежної безпеки

Для запобігання можливого виникнення вибухів, пожеж необхідно дотримувати наступні умови [11]:

- не порушувати технологічний режим;
- забезпечити справний стан і безперебійну роботу контрольно-вимірювальних приладів, систем автоматичного регулювання, сигналізації і блокувань;
- забезпечити справний стан обладнання, трубопроводів, запобіжних пристроїв і систем протипожежного захисту;
- забезпечити безперебійну роботу сигналізації контролю вибухобезпечних речовин;
- герметичність обладнання та комунікацій;
- не допускати припинення потоку концентрованого розчину карбаміду в апаратах і комунікаціях для запобігання кристалізації;
- не допускати обстукування трубопроводів, що перебувають під тиском;
- вимагати припинення робіт із застосуванням відкритого вогню з появою загазованості;
- пально-мастильні матеріали зберігати в спеціально відведених місцях;
- не зберігати балони зі стиснутими газами на робочому місці;
- не допускати застосування відкритого вогню при проведенні електрозварювальних робіт;
- курити у відведених місцях.

При виникненні пожежі на робочому місці негайно повідомити майстрові зміни та у пожежну частину. До прибуття пожежної служби приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежегасіння.

Для забезпечення швидкого припинення пожежі приймаються наступні міри [11]:

- централізоване розгалуження господарсько-протипожежного водопроводу;
- вогнегасники вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5, ОУ-25;
- вогнегасники порошкові ОП-10, ОП-10Ф.

При виникненні пожежі необхідно відключити подачу сировини у місце пожежі. На кожному робочому місці знаходиться ящик з піском, совком та азбестовим полотном.

Для запобігання можливості виникнення вибухів, пожеж, проектом передбачені системи сигналізації про відхилення параметрів процесу від встановлених норм, а також системи блокувань, що переводять системи в безпечне положення в аварійних ситуаціях.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний вести процес в повному відповідності з технологічним регламентом і інструкціями по робочих місцях.

ВИСНОВКИ

Метою даного дипломного проєкту є розробка стадії синтезу у виробництві карбаміду потужністю 330 тис. т/рік.

У аналітичному огляді розглянуті існуючі методи виробництва карбаміду з порівнянням техніко-економічних показників, з яких найбільш перспективним є отримання карбаміду шляхом стріпінг-процесу, розроблена технологічна схема. У даному дипломному проєкті детально розглянута стадія синтезу.

Були проведені розрахунки матеріального балансу процесу синтезу, теплоенергетичні і технологічні розрахунки основного і допоміжного технологічного устаткування з підбором на підставі цих розрахунків стандартного устаткування.

Приділено увагу питанням екології та охорони навколишнього середовища: розглянуто заходи попередження забруднення атмосфери, методи захисту водойм від промислових стоків, розраховано граничнодопустимий викид забруднюючих речовин в атмосферу.

Розглянуто заходи з охорони праці на виробництві, що проєктується.

АНОТАЦІЯ

В даному проєкті розглянуто виробництво карбаміду з розробкою стадії синтезу карбаміду, наведені основні проєктні розрахунки (матеріальні, енергетичні і технологічні розрахунки основного і допоміжного обладнання).

В роботі представлені фізико-хімічні характеристики сировини, основних і проміжних продуктів процесу, технологічна схема стадії синтезу карбаміду, вказані норми технологічного режиму, кількість джерел забруднення, їх опис, норми утворення відходів, характеристика виробничих небезпек, методів і засобів їх запобігання, а також спеціальних вимог безпеки.

АННОТАЦИЯ

В данном проекте рассмотрено производство карбамида с разработкой стадии синтеза карбамида, приведены основные проектные расчеты (материальные, энергетические и технологические расчеты основного и вспомогательного оборудования).

В работе представлены физико-химические характеристики сырья, основных и промежуточных продуктов процесса, технологическая схема стадии синтеза карбамида, указаны нормы технологического режима, количество источников загрязнения, их описание, нормы образования отходов, характеристика производственных опасностей, методов и средств их предотвращения, а также специальных требований безопасности.

ABSTRACT

In this project the production of carbamide is examined with development of the stage of carbamide synthesis, basic design calculations are resulted (material, power and technological calculations of basic and auxiliary equipment).

Chemic-physic descriptions of basic and intermediate products of process are presented in a project, the flowsheet of the stage of carbamide synthesis - raw, indicated norms of the technological mode, amount of sources of contamination, their description, norm of formation of wastes, is described; given description of production dangers, methods and facilities of their prevention, and also the special requirements of safety.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. Мінеральні добрива : навчальний посібник / М. Д. Волошин, Я. М. Черненко, А. В. Іванченко, М. А. Олійник. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. — 354 с.
2. Горловский Д.М. Технология карбамида / Д.М. Горловский, Л.Н. Альтшулер, В.И. Кучерявый. — Л.: Химия, 1981. — 320 с.
3. Атрощенко В.И. Технология связанного азота / В.И. Атрощенко. — Киев: Вища шк., 1985. — 328с.
4. Мельников Е. Я. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений: Учебник для техникумов / Е.Я. Мельников, В.П. Салтанова, А.Н. Наумова, Ж.С. Блинова, — М.: Химия, 1983. — 432с.
5. Мельников Б.П. Производство мочевины / Б.П. Мельников, — М.: Химия, 1965. — 165 с.
6. Синева К.Н. Производство карбамида / К.Н. Синева, В.Ф. Рябов, В.Н. Аникин, — М.: Химия, 1970. — 232 с.
7. Кучерявый В.И., Лебедев В.В. Синтез и применение карбамида / В.И. Кучерявый, В.В. Лебедев. - Л.: Химия, 1970. — 447 с.
8. Деева О.А. Карбамид: Современные технологические аспекты производства, конъюнктура рынка / сост. О.А. Деева.- Черкассы, НИИТЭХИМ. — 1996. — 29 с.
9. Справочник азотчика. 2-ое издание — М.: Химия, 1987. — 510 с.
10. Постоянный технологический регламент цеха по производству гранулированного карбамида мощностью 330 тыс. т/год. М-3. — [Дата введения 2005-03-07. Срок пересмотра — 5 лет]. - ЗАО "Объединение Азот". - Северодонецк. 2005. — 640 с.
12. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений./ 5-е изд. Перераб. — Л.: Химия, 1983. — 335с.

13. Краткий справочник физико-химических величин/ Под ред. Равделя А.А. 8-е изд.-Л.: Химия, 1983. – 232 с.
14. Позин М.Е. Расчеты по технологии неорганических веществ / М.Е. Позин. – Л.: Химия, 1977. – 640 с.
15. Атрощенко В.И. Методы расчетов по технологии связанного азота / В.И. Атрощенко. – Киев: Вища шк., 1978. – 312 с.
16. Мухленова И.П. Расчеты химико-технологических процессов / И.П. Мухленова – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
17. Тетеревков А.И. Оборудование заводов неорганических веществ. / Тетеревков А.И., Печковский В.В – Минск: Высш. шк., 1981. – 335 с.
18. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. — Л.: Машиностроение, 1970. — 752 с.
19. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии/ Ю.И. Дытнерский. Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1991. — 496 с.
20. Целіщев О.Б., Лорія М.Г. Методичні вказівки до виконання розділу «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами» для студентів-дипломників денної та заочної форм навчання хімічного факультету. – Сєверодонецьк.: СТІ, 2004. – 22 с.
21. Джигирей В.С. Основы екології та охорона навколишнього природного середовища / В.С. Джигирей, В.М. Сторожук, Р.А. Яцюк. - Львів, Афіша, 2001. - 272с.
22. Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды / Н.С. Торочешников, А.И. Родионов. — М.: Химия, 1981. – 368 с.
23. Вредные вещества. Справочник / Под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1989 –392 с.
24. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломного проекту (роботи) бакалавра для студентів спеціальності 161 "Хімічні технології та

інженерія" денної та заочної форм навчання / Укладачі: І. В. Кравченко, Т. Е. Римар,
- Сєвєродонецьк: СНУ ім. Володимира Даля, 2017 –57 с.