

# 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

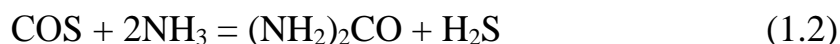
## 1.1 Аналітичний огляд і патентний пошук

У літературних джерелах [1] описано декілька способів синтезу карбаміду з використанням різної сировини:

- з фосгену та аміаку за реакцією:



- з сіркооксиду вуглецю та аміаку за реакцією:



- з оксиду вуглецю (II), сірки і аміаку в середовищі метанолу при температурі 60 °С і тиску 2-3 МПа:



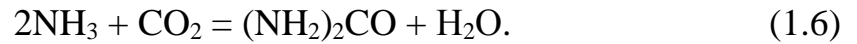
- з цианаміду кальцію при розкладанні його в кислому середовищі за реакцією:



Однак ці методи не знайшли промислового застосування через дефіцитність сировини, а також з економічних і екологічних показників.

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Кравчук М. С.</i>				<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</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>СНУ ім. В. Даля, ТНР – 19дм</i>		

Єдиним промисловим способом синтезу карбаміду є спосіб, розроблений російським хіміком А. І. Базаровим в 1868 р. Цей спосіб заснований на взаємодії діоксиду вуглецю з аміаком за реакцією:



З моменту відкриття цього способу до його промислового освоєння пройшло більше 50 років. Це пов'язано з тим, що в той період було відсутнє промислове виробництво аміаку і не були вивчені фізико-хімічні основи процесу. Перша промислова установка синтезу аміаку була побудована в Німеччині в 1912 р.

Починаючи з цього періоду німецькі вчені Фіхтер і Беккер провели детальні дослідження процесу синтезу карбаміду і встановили оптимальні технологічні параметри процесу синтезу. На підставі цих досліджень перша промислова установка синтезу карбаміду була побудована в Німеччині в 1922 р, після чого почався інтенсивний розвиток цього виробництва у багатьох країнах світу. В СРСР перша установка з синтезу карбаміду була побудована в 1935 р. Подальший розвиток цього виробництва здійснювалося шляхом укрупнення одиничної потужності агрегатів, оптимізації технологічних параметрів і вдосконалення конструкції обладнання. Одинична потужність сучасних агрегатів становить 1500-2000 т/добу і має тенденцію до подальшого збільшення.

Промислові методи отримання карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю відрізняються як за параметрами процесу: температурою, тиском, співвідношенням між  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , методами захисту апаратів від корозії, так і за схемами застосування не перетворених  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ .

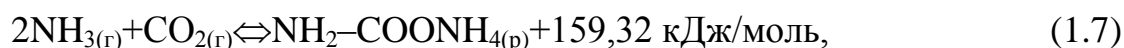
Технологія карбаміду з аміаку та діоксиду вуглецю за роки розвитку неодноразово якісно змінювалася. Технологічні схеми відкритого типу змінювалися напівзамкненими, які, у свою чергу, були витиснені повністю замкнутими. Розвиток замкнутих схем далі йшов у напрямі максимального

						ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

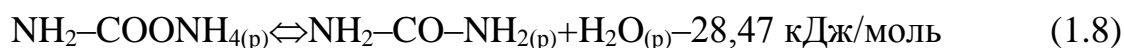
корисного використання внутрішнього енергетичного потенціалу процесу і збільшення одиничної потужності промислових агрегатів.

В даний час карбамід в промисловому масштабі виробляють лише з амоніаку і двоокису вуглецю. Виробництво карбаміду полягає: у взаємодії  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  (синтезі), дистиляції продуктів синтезу та переробки розчинів в готовий продукт. Існують різні схеми виробництва, що відрізняються апаратурою, способами переробки розчинів карбаміду, методами використання газів дистиляції та ін.

При взаємодії  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  відбуваються дві оборотні послідовні реакції: утворення карбамату амонію (амонійній солі карбамінової кислоти)



дегідратація карбамату амонію з утворенням карбаміду



Реакція (1.7) - ендотермічна (+ 159,32 кДж / моль), протікає швидко, реакція (1.8) - ендотермічна (-28,1 кДж / моль) йде відносно повільно [1].

Обидві реакції проводяться в одному реакторі при підвищеній температурі (160-200°C) і тиску (14,7-24,5 МПа). Карбонат амонію, що міститься в продуктах реакції, відокремлюють від розчину карбаміду. Основні відмінності існуючих процесів полягають саме в способі виділення продуктів, які не прореагували і їх подальшої обробки. Залежно від цього змінюються кількості витрачається сировини і енергії на 1 т отриманого продукту. Велика частина карбаміду, що виробляється в світі, проводиться з використанням технологічних процесів, розроблених провідними фірмами Стамікарбон (Нідерланди), Снампроджетті і Монтедісо (Італія), Тоєкоацу (Японія).

До середини 60-х років у виробництві карбаміду використовувалися процеси безрециклові (однопрохідні) або з частковим рециклом, в якому,

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ					

основна увага приділялася економії аміаку: аміак, що не прореагував, повертали в реактор, а діоксид вуглецю скидали в атмосферу. У 60-і роки в промислову практику стали впроваджуватися процеси з повним рециклом, де в реакційну систему повністю повертаються і аміак, і діоксид вуглецю (процеси Кеміко, Монтедісон, Тоскоацу, Стамікарбон і ін.). У процесах з повним рідинним рециклом аміак і  $CO_2$ , що не прорегували, повертають в реактор у вигляді розчину карбамату амонію. Характерна риса таких процесів - постадійне зниження реакційного потоку з конденсацією газів, що виділяються на кожній стадії. Такий спосіб їх виділення сприяє повноті розкладання проміжного карбамату і підвищенню виходу карбаміду (практично вся сировина перетворюється в карбамід). Однак з точки зору енергоспоживання ці процеси недостатньо ефективні, тому що для відділення аміаку і  $CO_2$  тиск реакційних потоків знижують до кількох атмосфер, а для їх повернення в реактор проводять повторне стиснення.

В кінці 60-х років розроблені процеси з віддувкою або так звані "стріппінг" - процеси, в яких здійснюють пережаття потоків. Фірмами Стамікарбон і Снампроджетті розроблені процеси, в яких реакцію розкладання карбамату проводили шляхом зниження не загальної, а парціального тиску в паровій фазі одного з компонентів ( $CO_2$  і  $NH_3$ ), при цьому зберігається загальний високий тиск в системі. На практиці, це здійснюється шляхом введення великих кількостей  $CO_2$  (процес Стамікарбон) або  $NH_3$  (процес Снам Проджетті). Остаточне очищення продуктів проводять в дві стадії, що дозволяє знизити споживання пари.

Основна перевага технології "стріппінг" - більш просте відділення продукту від реагентів, при цьому практично не потребує додаткового стиснення продукту, що рециркулює.

"Стріппінг" - процеси знайшли найбільшого поширення в промисловій практиці з початку 70-х років. До недоліків процесів отдувки відносяться нижчі конверсія  $CO_2$  в реакторі за один прохід і вихід карбаміду в порівнянні з процесами повного рідинного рециклу, обумовлені погіршенням

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

термодинамічних умов проведення процесу [4]. Нові розробки в області технології виробництва карбаміду спрямовані на підвищення ефективності роботи реактора за рахунок поєднання в одній технологічній схемі основних принципів процесу повного рецикла і "стріппінг" - процесів, тобто підвищеної конверсії CO<sub>2</sub> за один прохід і відгону реагентів без зниження тиску потоків.

У 80-і роки були запропоновані нові процеси синтезу карбаміду:- Ізобарний подвійний рецикл (Isobaric Double Recycle, IDR) фірми Монтедісон (Італія);- Вдосконалений енергозберігаючий процес фірми Міцуї тоацу і Тое Ендзініарінгу (ACES, Advanced Process for Cost and Energy Saving, Японія);- Процес з допоміжним рециклом (Splitreaction-recycle) фірми Ammonia Casale (Швейцарія) з додатковою стадією обробки частини реакційного розчину [5]. Суть цих процесів полягає в використанні високого мольного співвідношення NH<sub>3</sub>: CO<sub>2</sub> в реакторі, що дозволяє, незважаючи на більш низький тиск синтезу, збільшити конверсію CO<sub>2</sub> за один прохід до рівня, порівнянного з процесом повного рецикла. В процесі IDR синтез карбаміду ведуть при мольному співвідношенні NH<sub>3</sub>: CO<sub>2</sub> = (4,5-5,6) -1 для підвищення виходу карбаміду. Особливості процесу: - використання і аміаку, і діоксиду вуглецю для відгону реагентів, застосування високого тиску (такого ж, як в реакторі 17,7-19,6 МПа) в системі відгону і утилізації реакційного тепла для отримання пара низького тиску. На відміну від "стріппінг" - процесів, в процесі IDR працюють дві колони отдувки з падаючої плівкою.

У 80-і роки були запропоновані нові процеси синтезу карбаміду:

- ізобарний подвійний рецикл (Isobaric Double Recycle, IDR) фірми Монтедісон (Італія);

- вдосконалений енергозберігаючий процес фірми Міцуї тоацу і Тое Ендзініарінгу (ACES, Advanced Process for Cost and Energy Saving, Японія);

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- процес з допоміжним рециклом (Splitreaction-recycle) фірми Ammonia Casale (Швейцарія) з додатковою стадією обробки частини реакційного розчину [5].

Суть цих процесів полягає в використанні високого мольного співвідношення NH<sub>3</sub>: CO<sub>2</sub> в реакторі, що дозволяє, незважаючи на більш низький тиск синтезу, збільшити конверсію CO<sub>2</sub> за один прохід до рівня, порівнянного з процесами повного рідинного рециклу.

В процесі IDR синтез карбаміду ведуть при мольному співвідношенні NH<sub>3</sub>: CO<sub>2</sub> = (4,5-5,6) -1 для підвищення виходу карбаміду. Особливості процесу: - використання і аміаку, і діоксиду вуглецю для відгону реагентів, застосування високого тиску (такого ж, як в реакторі 17,7-19,6 МПа) в системі відгону і утилізації реакційного тепла для отримання пара низького тиску. На відміну від "стріппінг" - процесів, в процесі IDR працюють дві колони отдувки з падаючої плівкою.

В процесі IDR досягнуто зниження споживання пара тиском 2,94 МПа з 1,5 до 0,6 т / т карбаміду при тиску конденсації пари високого тиску (0,9 МПа) в кількості 0,1-0,2 т / т [6]. Японські фірми Міцуї тоацу кагаку і Тое Ендзініарінгу спільно розробили і застосовують в промисловості новий процес виробництва карбаміду з більш низькими питомими капітальними вкладеннями і енергоспоживанням - ACES [7]. У ньому поєднуються отдувка CO<sub>2</sub> з більш високим мольному співвідношенні аміаку і діоксиду вуглецю в порівнянні з процесом Стамікарбон (відповідно 4: 1 і 2,8: 1,0) і більш високим тиском синтезу (17,15 МПа), що дозволяє підвищити ступінь конверсії CO<sub>2</sub> за один прохід до рівня, порівнянного зі стандартними процесами повного рідинного рециклу. В процесі значно знижено споживання пари з боку за рахунок наступних чинників:

- підвищення ступеня конверсії CO<sub>2</sub> в реакторі за один прохід;
- застосування колони отдувки нової конструкції, яка ефективно працює при підвищеному вмісті аміаку в карбаматному розчині;
- максимальна утилізація тепла реакції.

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для модернізації існуючих установок карбаміду може бути використаний процес американської фірми "Urea Technologies Inc. (UTI) "теплового рециклу "(Heat Recycle), в якому тепло реакції, що виділяється при синтезі карбамату амонію, використовується безпосередньо для проведення реакції його розкладання на карбамід та воду . Досягається це роздільним проведенням зазначених реакцій (1.7 і 1.8) в одному апараті спеціальної конструкції [8].

Запропоновано спосіб отримання карбаміду [9] за допомогою синтезу з аміаку і  $\text{CO}_2$ , який є високоефективним з енергетичного ККД і витрачає дуже невелика кількість тепла. Суть винаходу: отримують карбамід з діоксиду вуглецю з надлишком аміаку при  $175-200^\circ\text{C}$  і 13-22 МПа з подальшою подачею продуктів реакції на кілька ступенів розкладання карбамату амонію при послідовному зниженні тиску на кожному із ступенів. На першому - підтримують тиск, що дорівнює тиску в зоні синтезу і розкладання ведуть при нагріванні з одночасною самодесорбцією надлишку аміаку, що міститься в продуктах реакції. Друга зона конденсації підтримують температуру  $175-190^\circ\text{C}$ , а в другій зоні конденсації -  $155-170^\circ\text{C}$ . На другого ступеня розкладання при середньому тиску в якості газового потоку використовують частину свіжого діоксиду вуглецю, що надходить потім в реактор синтезу. Розчин карбамату амонію, що утворюється при конденсації газів при високому тиску, повертають в реактор синтезу за допомогою ежектора. Часткову конденсацію газоподібних продуктів зі стадії розкладання при середньому тиску ведуть в трубчастих теплообмінниках з падаючої плівкою. При цьому теплоту конденсації використовують для нагрівання розчину карбаміду і для її попереднього концентрування. Теплота конденсації використовується для упарювання карбаміду в трубному просторі концентрацією 88-95%.

В результаті численних теоретичних та експлуатаційних досліджень, проведених у ряді країн були розроблені працездатні схеми виробництва

												Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								

ДП.14.01.ПЗ

карбаміду. У промисловому масштабі були освоєні наступні методи виробництва [2]:

- відкритий процес, в якому аміак та діоксид вуглецю не перетворені у карбамід не повертаються в цикл синтезу, а використовуються у виробництві інших продуктів (аміачної селітри, сульфату амонія, кальцинованої соди);

- процеси з частковим рециклом рідкого аміаку, в якому частина аміаку, не перетвореного на карбамід, відділяється від розчину карбаміду, конденсується і в рідкому вигляді повертається в цикл синтезу або з частковим рециклом рідкого аміаку і розчину вуглеамонійних солей, що повертаються в колону синтезу. У цьому процесі знижується кількість газів, що направляються на інші виробництва.

У світовій практиці в основному використовуються процеси з повною рециркуляцією аміаку, та діоксиду вуглецю, що не прореагували:

- з рециркуляцією розчиненого аміаку та діоксиду вуглецю, в якому  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  повертаються в цикл синтезу у вигляді розчину вуглеамонійних солей;

- з розділенням аміаку, і діоксиду вуглецю, що не прореагували, і поверненням їх в цикл;

- з рециркуляцією гарячих газів;

- стріпінг-процес синтезу і дистиляції, в якому розкладання карбамату амонію і аміаку проводяться в струмі  $\text{CO}_2$  та  $\text{NH}_3$ .

Схеми з рідинним рециклом мали наступні недоліки:

- необхідність відведення тепла конденсації газів дистиляції при низькій температурі у зв'язку з розділенням плаву синтезу при зниженому тиску. Тепловтрати (з охолоджуючою водою) були еквівалентні 0,9 тонн пари на 1 тонну карбаміду;

- громіздкість систем рециркуляції, що ускладнювало експлуатацію і збільшувало капіталовкладення;

- зниження ступеня конверсії із-за присутності води у рециркулюючому розчині вуглеамонійних солей (РВАС);

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ



- необхідність застосування карбаматних насосів високого тиску, що потребують ретельного технічного обслуговування;

- велика витрата охолоджуючої води.

Випарювання є першою стадією переробки розчинів карбонату амонію в готовий продукт. Залежно від виду одержуваної продукції (гранульований або кристалічний продукт) потрібно різні кінцева концентрація розчинів карбаміду. Існує кілька способів їхнього випарювання (концентрування):

- одноступінчасте випарювання в апаратах плівкового типу;

- двоступінчасте випарювання при розрідженні із застосуванням у другому щаблі апаратів роторного типу або із застосуванням трубчастих випарників;

- випарювання в струмі повітря або інертного газу.

У схемі з повним рідинним рециклом процес випарки проводиться в одну ступінь (рис. 1.1), якщо треба отримати кристалічний карбамід. Ступінь випарювання у даному випадку складає 95 – 96%. Процес випарювання ведеться у вакуум-періоді при абсолютному тиску  $0,4 \cdot 10^5$  Па, температура кипіння розчину складає  $125^\circ\text{C}$  [3].

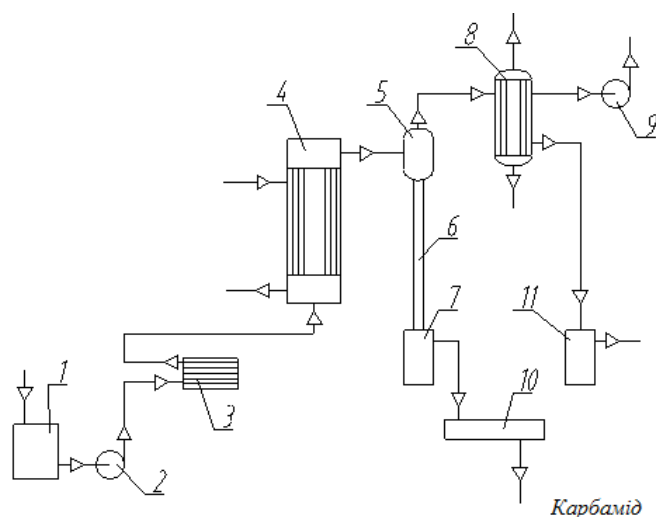


Рис. 1.1 - Схема переробки розчину карбаміду з одноступеневим випарюванням.

1 - збірник розчину, 2 - насос, 3 - фільтр-прес, 4 - випарний апарат, 5 - сепаратор, 6 - барометрична труба, 7 - гідрозатвор, 8 - конденсатор, 9 - вакуум-насос, 10 - шнековий кристалізатор, 11 - збірник.

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

Випарка за схемою з використанням трьохступеневої дистиляції здійснюється у два ступеня. На першому ступені тиск підтримується на рівні  $30 \cdot 10^5$  Па, а температура –  $122-130^0$  С. Ступінь упарювання після першого ступеню складає 96,5%. На другому ступені тиск складає  $(3 - 4) \cdot 10^5$  Па, температура підтримується на рівні  $136-140^0$  С. Процес випарювання ведуть у кожухотрубному випарнику. Ступінь упарювання після другого ступеня – 99,75% [3].

У схемі з використанням стріпінг – процесу випарювання проводять також у два ступеня, але тиск на першому ступені складає  $49 \cdot 10^5$  Па, який дає можливість зменшити час перебування плаву у випарному апараті. Ступінь упарювання складає 99,7% мас [3].

Найбільш поширені засоби зневоднення розчинів карбаміду засновані на їх випарюванні. Відомий цілий ряд способів випарювання в 2 ступені: спочатку до концентрації 87-98% при залишковому тиску 25-40 кПа, а потім до концентрації 99,5-99,7% при залишковому тиску 5-13 кПа. Випарювання проводять зазвичай в трубчастих випарниках з висхідною плівкою, для інтенсифікації процесу використовують і роторно-плівкові випарники [3].

Разом з описаними методами в технології процеси випарювання проводили в струмі різних газів, що дозволило знизити вплив місцевих перегрівів. Запропоновано, зокрема, продувати розчин карбаміду нагрітим повітрям у шарі насадки, здійснювати випарювання в низхідній плівці розчину, що контактує з висхідним потоком повітря [2].

Описаний також спосіб двуступеневого випарювання розчину карбаміду, в якому на першій стадії випарювання ведуть при 4-40 кПа (переважно 17-27 кПа) і при низькій температурі (наприклад 350-360 К), отримуючи суспензію карбаміду у його розчині (загальна концентрація карбаміду 85-90%), яку потім нагрівають до розчинення кристалів (370-380 К) і випарюють до стану розплаву в низхідній плівці і в струмі повітря [2].

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для випарювання розчину карбаміду використовують на різних виробництвах різні випарні апарати, а саме випарний апарат плівкового типу, тонкоплівковий роторний випарник і також звичайний кожухотрубний теплообмінник горизонтального або вертикального виконання.

Випарний апарат плівкового типу складається з підігрівача та сепаратора. Початковий розчин надходить у нижню частину трубчастого підігрівача (висота трубок 6-7 м, діаметр не більше 50 мм, у міжтрубний простір подається пара), де він закипає. Завдяки великій швидкості пари в трубках (до 20 м/сек) досягається необхідна концентрація розчину за один прохід при малому часі перебування його у випарнику і невеликих витратах карбаміду. У плівковому випарному апараті при випарюванні розчину з початкової концентрації 60% до кінцевої 92%  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  утворюється 0,1-0,2% біурету [2].

В тонкоплівковому роторному випарнику у центрі корпуса встановлено ротор, який складається з пластин, які радіально закріплені на центральному валу. Зі собою пластини мають теплообмін та доцільне розподілення рідини по поверхні забезпечується швидким обертанням ротора. Розчин карбаміду подається в апарат через штуцер і в результаті обертання лопаток ротора відкидається до внутрішньої стінки апарату, яка обігрівается насиченою парою. Стікаючи по цій стінці вниз у вигляді тонкого шару, розчин концентрується і відводиться з випарного апарату через штуцер. У сепараторі, встановленому на верхній частині випарника, відділяється вторинна пара від розчину карбаміду.

Слід також зазначити, що на другому ступені випарки можна використовувати звичайний випарний апарат у вигляді кожухотрубчастого теплообмінника з нерухомими ґратами. Випарник призначений для упарювання розчину карбаміду з 67,4% до концентрації 95%. Процес випаровування розчину відбувається при розрідженні (залишковий тиск 300 мм рт. ст.) та температурі 135-140 °С. Розчин карбаміду знизу поступає в теплообмінні труби і виходить через верхній бічний штуцер. У міжтрубний

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

простір подається гріюча пара. При цьому розчин з першого ступеня випарки прямує на другу ступінь самопливом. За такою схемою працює більша частина заводів, які виробляють гранульований карбамід [3].

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
США	C07C126/02	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	Патент США 3823256/23-04 від 06.12.1994. C07C126/02 Спосіб концентрування частково сконцентрованого розчину карбаміду. Винахід відноситься до способу одержання практично безводного розплаву. З метою зниження витрати пари низького тиску розчин карбаміду, отриманий шляхом випарювання розчину (що містить 4-11 мас % при тиску 0,07-0,113 атм.) або шляхом упарювання вологих кристалів карбаміду, який містить 98-99,2 мас. % карбаміду, піддають кип'ятінню при тиску при адіабатичних умовах до тиску 0,013-0,067 атм і водяну пару, яка виникла, видаляють, одержують розплав, що містить 0,15-0,8 мас. %, що дозволяє скоротити витрати пари.
Росія	C07C273/04, B01J23/76	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	Патент Росії 2078762 від 10.05.1997. C07C273/04, B01J23/76 Ю.А. Іванов, Ю.В. Семьонов, М.М. Каравасєв 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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> решта до 100; CoO 1 – 10, MoO <sub>3</sub> 12 – 20, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> решта до 100 і процес проводять при температурі 100- 400°C, тиску 1 - 70 кг/см <sup>2</sup> і тривалості контакту 0,005 - 1 с.

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Росія	С07С273/04	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	<p>Патент Росія 2050351 від 20.12.1995. С07С273/04 А.І. Гусев, В.І. Кучерявий та ін. Спосіб одержання карбаміду взаємодією аміаку і діоксиду вуглецю при молярному співвідношенні <math>\text{NH}_3 : \text{CO}_2</math> (2,8-4,2):1, температурі 183-190°C, тиску 138-190 кгс/см<sup>2</sup> в двох зонах синтезу шляхом подачі в першу зону суміші, що містить аміак, діоксид вуглецю, карбонат амонію, воду і домішки, і введення потоків свіжих <math>\text{NH}_3</math> і <math>\text{CO}_2</math> 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 аміаком 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 випарювання води в вакуумі з отриманням концентрованого карбаміду і водного розчину вуглеамонійних солей, використовуваного в якості абсорбенту на стадії абсорбції газової суміші, що відрізняється тим, що, з метою підвищення конверсії діоксиду вуглецю 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, а в отпарній зоні карбонат амонію розкладають під тиском, рівним тиску в першій зоні синтезу, в потоці свіжого діоксиду вуглецю.</p>

КРАВЧУК

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Росія	C07C 273/04	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	Патент Росія 2069657 від 27.11.1996. C07C273/04. Котляревський Д.В. та ін. Отримання карбаміду ведуть взаємодією CO <sub>2</sub> з надлишком NH <sub>3</sub> в двох роздільних зонах синтезу з подачею реагентів, що рециркулюють, тільки в першу зону синтезу, в якій підтримують більш низький тиск, ніж у другій зоні синтезу. При цьому з плаву другої зони відокремлюють гази при тиску, рівному тиску в першій зоні, і направляють їх на стадії абсорбції-конденсації реагенту. Переважно вести відділення газоподібних продуктів з плаву, що надходить з другої зони синтезу, в струмі газів з першої зони або в струмі газоподібних речовин з от парної зони. Розчин карбаміду послідовно обробляють на стадіях дистиляції при низькому тиску і випаровуванні води в вакуумі з отриманням концентрованого карбаміду і водного розчину вуглеамонійних солей, що знижує енергетичні витрати.
Росія	B01D3/00	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	Патент Росія 2002108792/12 від 07.03.2003 B01D3/00 Ю.А. Сергєєв та ін. Випарний апарат для містить у собі вертикальну циліндричну ємність, що складається з корпусу і окремої кришки, на якій є один патрубок для відводу пари з ємності, а на циліндричній поверхні верхньої частини корпусу ємності встановлено один патрубок для введення в ємність розчину на випарювання і у днищі корпусу ємності є один патрубок для зливу упареного розчину з посудини, а нагрівання розчину здійснюється трубчастим теплообмінником, убудованому усередині нижньої частини корпусу ємності, що відрізняється тим, що на кришці ємності є один патрубок для введення розчину в ємність на випарювання, а на циліндричній поверхні верхньої частини корпусу ємності є два патрубки для відводу пари з ємності, які трубопроводом з'єднані в замкнутий контур через трубчастий теплообмінник, а нагрівання розчину, що випарюється, здійснюють через стінки ємності електричним пристроєм, що нагріває і охоплює всю поверхню ємності зовні.

				ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Україна	B01J 10/00 C07C 273/04	uapatents.com	<p>Патент України 85467 від 26.01.2009. Сергєєв Ю.А., Андержанов Р.В., Гусєв І.В., Солдатов А.В, Прокопьев А.А., Кузнецов Н.М., Єсін І.В. Спосіб і установка для виробництва карбаміду. Спосіб виробництва карбаміду взаємодією аміаку і двооксиду вуглецю в зоні синтезу при підвищених температурах і тисках з утворенням потоку плаву карбаміду, який містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і двооксид вуглецю, дистиляцією потоку плаву карбаміду при підведенні тепла на двох ступенях тиску, переважно при 15-25 і 2-5 кгс/см<sup>2</sup>, з утворенням водного розчину карбаміду і газів дистиляції, конденсацією-абсорбцією при охолодженні газів дистиляції з використанням водних абсорбентів і утворенням водних розчинів карбамату амонію, рециркуляцією водного розчину карбамату амонію зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня і зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в зону синтезу, випарюванням водного розчину карбаміду в декілька ступенів при теплообміні між газами дистиляції першого ступеня і водним розчином карбаміду на стадії попереднього випарювання, який відрізняється тим, що дистиляцію плаву карбаміду на першому ступені тиску проводять послідовно в двох зонах, в першій із яких дистиляцію проводять адиабатично або при підведенні тепла, а в другій дистиляцію проводять при підведенні тепла в потоці двооксиду вуглецю.</p>

КРАВЧУК

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Україна	B01J 10/00 C07C 273/04	uapatents.com	<p>Патент України 86273 від 10.04.2009. Сергєєв Ю.А., Андержанов Р.В., Воробьєв А.А., Аксьонова Є.Ю., Солдатов А.В, Прокопьев А.А., Костін О.Н., Кузнецов Н.М., Єсін І.В. Спосіб виробництва карбаміду, що включає взаємодію аміаку і діоксиду вуглецю в реакторі синтезу при підвищених температурі і тиску з утворенням реакційної суміші, яка містить карбамід, карбамат амонію і вільний аміак у водному розчині, наступну подачу реакційної суміші в стрипер для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоці вихідного діоксиду вуглецю при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, з одержанням газового потоку, що включає аміак і діоксид вуглецю, і рідинного потоку, що включає карбамід і залишковий карбамат амонію у водному розчині, подачу рідинного потоку із стрипера на стадії наступного розкладу карбамату амонію, відокремлення аміаку і діоксиду вуглецю і виділення карбаміду, подачу газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора для його змішування з вихідним рідким аміаком і часткової абсорбції-конденсації при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, подачу рідинного потоку, що утворений в вертикальному конденсаторі в реактор синтезу, очистку від аміаку і діоксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, які містять, в основному, інертні гази, водяним абсорбентом при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, який відрізняється тим, що потік вихідного діоксиду вуглецю ділять на дві частині, одну із яких направляють в стрипер, а другу частину використовують як робочий потік для інжектування газового потоку із стрипера в вертикальний конденсатор</p>

КРАВЧУК



Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Росія	C05C1/02 C01C1/18	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	<p>Патент Росія 2143414 від 23.04.2012. WO2012161620 A1 Ю.А. Сергеев та ін. Спосіб отримання карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю при підвищених температурі і тиску, молярному співвідношенні <math>\text{NH}_3 : \text{CO}_2 = (3,4- 3,7)</math>: 1, в реакторі синтезу карбаміду з подальшим виділенням надлишкового аміаку з плаву синтезу карбаміду сепарацією при тиску 80-120 кгс/см<sup>2</sup>, двоступеневої дистиляцією плаву, конденсацією газів дистиляції з утворенням розчинів вуглеамонійних солей, що циркулюють, причому дистиляцію першого ступеня проводять при тиску 80-120 кгс/см<sup>2</sup> в струмі <math>\text{CO}_2</math>, 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 <math>\text{CO}_2</math> 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.</p>

КРАВЧУК

Лист

ДП.14.01.ПЗ

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Україна	C07C 273/04	uapatents.com	<p>Патент України 102666 від 27.07.2013. Установа і спосіб для виробництва карбаміду. Сергеев Ю.А., Андержанов Р.В., Воробьев А.А., Аксьонова Є.Ю., Головін Ю.А., Солдатов А.В, Шнепп Ю.Б., Ожегін А.В., Прокопьев А.А., Костін О.Н., Кузнецов Н.М., Єсін І.В. Установа для виробництва карбаміду має секцію високого тиску, яка включає реактор і стрипер, конденсатор і скруббер, які працюють практично при тому ж тиску, що і реактор. В секцію високого тиску подають потоки рідкого і газоподібного CO<sub>2</sub>. Потік рідкого CO<sub>2</sub> піддають контактуванню з частиною потоку газоподібного реагенту, в результаті чого відбувається повне випарювання рідкого CO<sub>2</sub>, а далі змішаний потік піддають контактуванню зі залишковою частиною газоподібного реагенту. Пристрій для контактування рідкого CO<sub>2</sub> з газоподібним реагентом має корпус зі штуцерами для вводу рідкого CO<sub>2</sub>, газоподібного реагенту і виводу кожного потоку. Усередині корпуса розташовані в корпусу послідовно розташовані сопло, що звужується і з'єднане зі штуцером вводу рідкого CO<sub>2</sub>, і вставка перемінного перерізу в вигляді труби. Вхідна ділянка вставки звужується, а вихідна - розширюється, причому вставка розташована таким чином, що між корпусом і вставкою утворена кільцева щілина. В секції високого тиску, яка складається із реактора, як потік газоподібного реагенту, який піддають контактуванню з потоком рідкого CO<sub>2</sub>, використовують потік газоподібного CO<sub>2</sub>. В секції високого тиску, яка має стрипер, конденсатор і скруббер, як потік газоподібного реагенту, який піддають контактуванню з потоком рідкого CO<sub>2</sub>, використовують чи потік газоподібного CO<sub>2</sub>, і при цьому змішаний потік направляють в стрипер, чи газоподібний потік, який виходить із стрипера або конденсатора, і при цьому змішаний потік направляють відповідно в конденсатор або реактор. Результат - підвищення надійності застосовуваного обладнання.</p>

КРАВЧУК

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Росія	С 07С273/04	Федеральний інститут промислової власності, <a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	<p>Патент Росія 2143414 від 20.02.2014. WO 2014/027929A1 Ю.А. Сергеев та ін. Винахід відноситься до способів і установок для отримання карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю і може бути використано в хімічній промисловості та у виробництві добрив. В процес отримання карбаміду шляхом синтезу з діоксиду вуглецю та аміаку при підвищених температурах і тисках з двоступеневої дистиляцією продуктів синтезу (при 1,5-2,5 і 0,2-0,5 МПа) і рециркуляцією аміаку і діоксиду вуглецю, що не прореагували, у вигляді водного розчину вуглеамонійних солей (ВАС) додатково вводять стадію адіабатичної сепарації продуктів синтезу при тиску 8-12 МПа з подальшою дистиляцією при цьому ж тиску в струмі діоксиду вуглецю, який використовується в кількості 40 - 60% від загальної його кількості, що вводиться в процес), а в відповідну установку вводять необхідне для здійснення цієї стадії обладнання. Гази, виділені на цій стадії дистиляції спільно з частиною газів діабатичної сепарації піддають при тому ж тиску 8-12 МПа абсорбції – конденсації і у вигляді розчину ВАС повертають на синтез. Технічний результат, який досягається при використанні запропонованих способу і установки, а також при модернізації установки для здійснення запропонованого способу, полягає в підвищенні ступеня перетворення вихідних реагентів в зоні синтезу</p>

КРАВЧУК

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Україна	C07C 273/04	uapatents.com	<p>Патент України 112397 від 25.08.2016. Сергєєв Ю.А., Андержанов Р.В., Воробьєв А.А., Солдатов А.В, Прокопьев А.А., Костін О.Н., Кузнецов Н.М., Єсін І.В, Лобанов Н.В. Спосіб одержання карбаміду з NH<sub>3</sub> і CO<sub>2</sub> при підвищених температурі і тиску, молярному співвідношенні NH<sub>3</sub>:CO<sub>2</sub> = (3,4-3,7):1, в реакторі синтезу карбаміду, з якого роздільно виводять газу і рідкий плав, з подальшим виділенням надлишкового NH<sub>3</sub> з плаву синтезу карбаміду сепарацією при тиску 9-12 МПа, двоступінчастою дистиляцією плаву, конденсацією газів дистиляції з утворюванням розчинів ВАС, що рециркулюють, причому дистиляцію першого ступеня проводять при тиску 9 - 12 МПа у струмі CO<sub>2</sub>, плав після дистиляції передають на другий ступінь дистиляції, який здійснюють при низькому тиску, газу дистиляції першого ступеня конденсують в двох послідовних зонах при тиску дистиляції першого ступеня, куди вводять також газу, який виходить з реактора синтезу, і надлишковий аміак, виділений на стадії сепарації, при цьому в першій зоні здійснюють конденсацію при введенні частини розчину ВАС, отриманого при конденсації газів дистиляції другого ступеня, пари, що конденсуються, охолоджують конденсатом, що кипить під надмірним тиском, з отриманням пари, у другій зоні конденсації газів дистиляції першого ступеня пари, що конденсуються, охолоджують оборотною водою, а несконденсовані газу при тому ж тиску промивають другою частиною розчину ВАС, одержаного при конденсації газів дистиляції другого ступеня, і розчин ВАС солей, що утворюється, вводять у другу зону конденсації, а розчин ВАС, що виходить з другої зони конденсації, направляють до реактора, який відрізняється тим, що дистиляцію першого ступеня проводять у струмі CO<sub>2</sub>, який використовується у кількості 35 - 40 % від його загальної кількості, що вводиться до процесу</p>

КРАВЧУК

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Україна	C07C 273/04	uapatents.com	<p>Патент України 112397 від 25.08.2016. Вороб'єв А.А., Лобанов Н.В., Сергєєв Ю.А., Солдатов А.В, Кузнецов Н.М., Прокоп'єв А.А., Андержанов Р.В., Костін О.Н., Єсін І.В. Спосіб виробництва карбаміду взаємодією CO<sub>2</sub> і NH<sub>3</sub>, що подають в надлишку, в зоні синтезу при підвищених температурах і тисках з утворенням розчину синтезу карбаміду, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і діоксид вуглецю, дистиляцією зазначеного розчину при підводі тепла на декількох ступенях тиску, у тому числі дистиляцію при 1,5-2,5 і 0,2-0,5 МПа, з утворенням водного розчину карбаміду і газів дистиляції, конденсацією-абсорбцією газів дистиляції при охолодженні з використанням водних абсорбентів і утворенням водних розчинів ВАС, рециркуляцією водного розчину ВАС зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції при більш низькому тиску на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції при більш високому тиску і далі в зону синтезу, випарюванням водного розчину карбаміду і його подальшою переробкою відомими способами, який відрізняється тим, що потік розчину із зони синтезу перед подачею на стадію дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа піддають адіабатичній сепарації при тиску 8-12 МПа з наступною дистиляцією при цьому ж тиску в струмі CO<sub>2</sub>, використовуюваного в кількості 40-60 % від загальної його кількості, що вводять в процес, конденсацією-абсорбцією виділених газів, а також частини газів адіабатичної сепарації, при тому ж тиску в контакті з водним розчином ВАС, одержаним при конденсації-абсорбції газів дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа, і при охолодженні конденсатом, киплячим під надмірним тиском з утворенням пари, конденсацією-абсорбцією при тиску 1,5-2,5 МПа решти газів адіабатичної сепарації при тиску 8-12 МПа разом з газами дистиляції при тиску 1,5-2,5 МПа, і розчин ВАС, одержаний при конденсації-абсорбції при тиску 8-12 МПа, рециркулюють в зону синтезу</p>

КРАВЧУК

Лист

ДП.14.01.ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## 1.2 Обґрунтування обраного способу

Виробництво міцних гранул, які не злежуються і гарно розсіюються, можливо лише при переробці плаву, що містить не менш 99,5 % карбаміду. Такий плав одержують випарюванням розчину у два ступеня під вакуумом. Система випарювання складається з випарників, сепараторів, конденсаторів і парових ежекторів. Одержуваний за таким способом карбамід містить не менш 0,8 % біурету.

Випарювання водяного розчину проводиться в умовах, які виключають, на скільки це можливо, шкідливий вплив температури, надмірне підвищення якої прискорює процес розкладання карбаміду і утворення біурету. Крім того до мінімуму скорочується час перебування розчину карбаміду при температурі вище 100 °C [10].

Щоб при випарюванні розчинів карбаміду ступінь розкладання його була мінімальною, потрібно строго дотримуватися технологічного режиму випарного пристрою. Основними показниками, що характеризують режим, є [2]:

- тиск і температура пари, що гріє;
- залишковий тиск (розрідження) у випарному апараті;
- концентрація і температура плаву, що виходить із випарного апарата;
- температура охолоджувальної води, що надходить у конденсатор вторинної пари;
- втрати карбаміду із вторинною парою.

Тиск насиченої пари повинен бути постійним і становити 8 – 10 ат при температурі не більше 180 °C. Підвищення тиску пари, що гріє, дає можливість при невеликих поверхнях нагрівання і меншому часі перебування розчину при порівняно високій температурі досягти необхідної концентрації  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

Втрати карбаміду визначаються різницею температур між розчином і теплоносієм. При меншій різниці температур втрати більше, ніж при більшій

						ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

різниці. Справа в тому, що при меншій різниці температур вода випарюється повільніше, тобто час перебування карбаміду в киплячому розчині більше.

Втрати карбаміду не перевищують 1 %, якщо між концентрацією розчину і розрідженням у випарному апараті існує наступна залежність :

Концентрація розчину, %  $> 35 > 75 > 90$

Розрідження, мм рт. ст.  $< 560 < 360 < 160$

Концентрація плаву, що виходить із випарного апарату, повинна бути не нижче 92 % при виробництві кристалічного карбаміду, і не нижче 99,5 % при подачі плаву на гранулювання. Температуру плаву відповідно до його концентрації потрібно підтримувати в межах 110 - 140 °С, температура води залежно від пори року може коливатися, але не повинна перевищувати 28 °С.

### 1.3 Характеристика сировини і готової продукції

Сировиною [10] 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.

Аміак, охолоджений при атмосферному тиску до температури нижче мінус 33,4 °С або стиснений при 15 °С під тиском вище 7,5 атм, перетворюється в безбарвну рідину. При температурі мінус 77,7 °С рідкий аміак є твердою речовиною, яка кристалізується в безбарвну масу зі слабким запахом.

Якщо газоподібний аміак нагріти до температури вище 132 °С (критична температура), то ні при якому тиску його не можна перетворити в рідкий стан. За нормальних умов 1 кг рідкого амоніаку утворює більш 1300 л газу.

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 1.4.

					ДП.14.01.ПЗ					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 1.4 - 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°C і 760 мм рт. ст.), г/л	0,74 0,6814
3. Межі спалахування, об'ємні % 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°C при 25°C при 100°C	2,05 2,092 2,2
6. Середня теплоємність рідкого аміаку (при 15-30°C), Дж/(г·град)	4,66
7. Теплота випаровування (при -33,35°C), кДж/моль	23,27
8. Теплота плавлення (при -77,76°C), 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 атм і температурі 0°C конденсується в безбарвну рідину, не змішуючись з водою, але є розчинним 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 1.5.

											Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ						



Таблиця 1.5 - Основні фізико-хімічні властивості діоксиду вуглецю

Властивості	Значення
1. Критичні константи тиск, атм температура, °С	2,9 31
2. Густина газоподібного, г/л рідкого, кг/л	1,977 0,9248
3. Температура, °С кипіння плавлення	-78,48 (возг.) -56,2
4. Теплоємність газу молекулярна, Дж/(моль·град) питома (при 50°С 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°С, переганяється без розкладання, при більш високих температурах 160-190°С розкладається з утворенням ціанату амонію.

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

При температурі вище 200°С 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 1.6.

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 - Основні фізико-хімічні властивості карбаміду

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

Карбамід за фізико-хімічними показниками повинен відповідати вимогам і нормам до ДСТУ 7312:2013.

На ПрАТ «Севєролоньське об'єднання Азот» виробляється гранульований карбамід марки Б для сільськогосподарства.

Норми основних показників наведені в таблиці 1.7 [11].

Таблиця 1.7 – Характеристика готового продукту

Найменування показника	Норма для марки і сорту
1. Зовнішній вигляд	Білі або слабозафарбовані гранули
2. Масова частка азоту в перерахунку на суху речовину, % н/м	46
3. Масова частка біурету, % не більш	0,9
4. Масова частка вільного аміаку для гранульованого карбаміду, % не більш	Не нормується
5. Масова частка сульфатів в перерахунку на SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , % н/б	Не нормується
6. Масова частка нерозчинних у воді речовин, % не більш	Не нормується
7. Масова частка заліза в перерахунку на Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % не більш	Не нормується
8. Масова частка води, % не більш	0,25
9. Розсипчастість, %	100
10. Гранулометричний склад: масова частка гранул розміром від 1 до 4 мм, % не менше; масова частка гранул розміром від 2 до 3 мм, % не менше; масова частка гранул розміром 1 мм, % не більш; залишок на ситі 5 мм	9,4 50 5 Відсутність
11. Статична міцність гранул, г/гранулу не менше	500

#### 1.4 Фізико-хімічні основи виробництва

Випарювання - процес випаровування розчинника з розчину, процес цей може супроводжуватися кристалізацією. Випарювання використовують для поділу розчину на частини з більшою і меншою концентрацією. В ідеальному випадку при випаровуванні розчин розділяється на чистий розчинник і розчин підвищеної концентрації. При випаровуванні розчину карбаміду, в залежності від виду одержуваної продукції (гранульована або кристалічна) потрібна різна кінцева концентрація розчинів карбаміду. Існує кілька способів їх концентрування:

- одноступеневе випарювання в апараті плівкового типу;
- двоступенева випарювання. При розрідженні з застосуванням на другому ступені апаратів роторного типу або з застосуванням трубчастих випарників; випарювання в струмі повітря або інертного газу.

Як впливає з рівняння синтезу карбаміду (1.6) на кожен моль води одержуваного карбаміду втворюють я моль води. Це означає, що навіть при самій досконалій системі рециркуляції з виробничого циклу слід вивести 0,3 кг води на 1 кг карбаміду. Дану задачу і вирішують процеси обробки водного розчину карбаміду, вже звільненого в основному від  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ . Для отримання гранульованої сечовини розчин необхідно упарювати до консистенції плаву, концентрація якого близька до 100%. Тому випарювання водного розчину сечовини до концентрації 98-99% повинно проводитися в умовах, які виключають наскільки це можливо, шкідливий вплив температури, регулярне підвищення якої, прискорює процес розкладання сечовини і утворення біурету (( $\text{NH}$ )<sub>2</sub> $\text{NHCOO}$ ).

Необхідно мати на увазі, що час, протягом якого розчин сечовини буде перебувати при температурі вище 100°C, має бути скорочено до мінімуму. Це дозволить не тільки зменшити вміст біурету в плаві, що надходить після випарного апарату на грануляцію, але також знизити ступінь утворення біурету під час проходження плаву через грануляційну вежу. Після

											Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

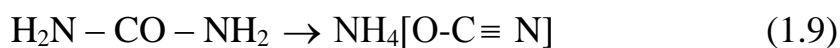
ДП.14.01.ПЗ

випарного апарату розплавлену сечовину не можна залишати в трубопроводі або будь-якої ємності при високій температурі протягом тривалого часу. Недотримання цієї умови може звести нанівець всі переваги, які досягаються за рахунок максимального скорочення часу перебування розчину в випарній апараті.

При випарюванні розчину карбаміду відбуваються суттєві його втрати. Вони визначаються гідролізом карбаміду і перетворенням його в біурет. Частина карбаміду потрапляє в сокову пару і не тільки за рахунок бризкоуносу, але і за рахунок наявності пари карбаміду над його водними розчинами. Втрати карбаміду зменшуються із збільшенням інтенсивності нагріву. При залишковому тиску < 500 мм рт. ст. втрати при випаровуванні у дві стадії нижче, ніж при випаровуванні в одну. На останньому ступені випарки розплав карбаміду майже повністю звільняється від води, підігрівається з метою запобігання кристалізації і подається на гранулювання.

При випарюванні розчину карбаміду великого значення набувають умови, у яких карбамід стійкий до гідролізу і розкладання. Основними факторами, що визначають швидкість, ступінь гідролізу і розкладання карбаміду, є температура і тривалість нагрівання [2].

Твердий карбамід, нагрітий під вакуумом до 120 – 130 °С, возгоняється без розкладання. При більш високих температурах (160 – 190 °С) карбамід розкладається з утворенням ціаніту амонію:



Нагрівання сухого карбаміду при атмосферному тиску вище температури плавлення (132,7 °С) призводить до утворення біурету, а при 150 - 190 °С – ціанурової кислоти, аміаку, діоксиду вуглецю і т.д.

Даний механізм розкладання досить складний. Спочатку відбувається ізомеризація карбаміду в ціанат амонію, який дисоціює на аміак і ціанову

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
<i>ДП.14.01.ПЗ</i>										

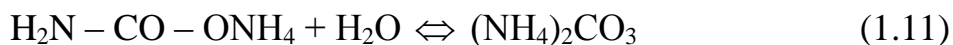
кислоту HOCN; остання при взаємодії із карбамідом утворює біурет. Реагуючи із карбамідом, біурет перетворюється в ціанурову кислоту (HOCN)<sub>3</sub>. Аміді цієї кислоти – амелін, амелід, меламін (H<sub>2</sub>NCN)<sub>3</sub> – утворюються дією на неї аміаку, що виділився. При наявності надлишку аміаку швидкість розкладання карбаміду зменшується.

Водяні розчини карбаміду менш стабільні, чим чистий карбамід, тому його гідроліз і розкладання починаються вже при 60 °С. Практично при температурі нижче 80 °С розчин карбаміду у воді можна вважати цілком стійким, але вже при 90 °С зазначені реакції протікають із помітною швидкістю. При кипінні розчинів карбаміду швидкість його гідролізу сильно зростає, тому що аміак і діоксид вуглецю, які виділилися, виводяться із системи і рівновага реакції зрушується убік утворення NH<sub>3</sub> і CO<sub>2</sub>. Це призводить до того, що при випарюванні розчинів карбаміду деяка кількість його, що практично не перевищує 2 - 3%, зазвичай губиться.

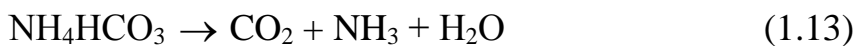
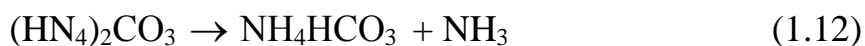
Якщо нагрівати розчини карбаміду при атмосферному тиску і температурі вищ 80 °С карбамід гідролізується в амонійну сіль карбамінової кислоти, або карбамат амонію.



Розчиняючись у воді, карбамат амонію частково утворює карбонат амонію



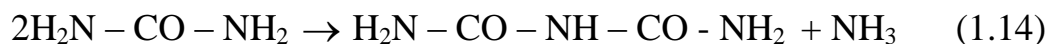
який дисоціює потім у бікарбонат амонію, який розпадається далі на CO<sub>2</sub> і NH<sub>3</sub>:



					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Повнота протікання реакцій гідролізу залежить від температури і тривалості процесу. Ступінь гідролізу карбамату амонію значно знижується в присутності аміаку.

При нагріванні водяних розчинів, карбамід, незалежно від гідролізу, з помітною швидкістю піддається термічному розкладанню. При цьому виділяється аміак і біурет:



Присутність біурету в карбаміді небажана, тому що він шкідливо діє на рослини.

Ступінь перетворення карбаміду в біурет за інших рівних умов залежить тільки від температури. Вплив її на швидкість утворення біурету для наочності може бути ілюстрована наступними даними.

Для чистого карбаміду маємо:

Температура, °С	50	80	100
Швидкість утворення біурету, % за годину	0,003	0,04	0,115

Для технічного карбаміду швидкість утворення біурету при 100 °С становить 0,1 % у годину. У цьому випадку зниження швидкості розкладання карбаміду є наслідком присутності в ньому забруднень.

Зберігання розчинів карбаміду при 120 - 130 °С призводить до збільшення вмісту біурету до 1 % за годину.

У виробництві карбаміду з аміаку і діоксиду вуглецю утворення біурету спостерігається в різному ступені на всіх стадіях процесу.

Однією з важливих умов, що забезпечує одержання високоякісного гранульованого карбаміду, є правильне сполучення температури і залишкового тиску в II-ому ступені випарювання. З однієї сторони для одержання мінімального вмісту біурету необхідне зниження температури в

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

II-ому ступені. З іншої, - зниження температури при підтримці постійного залишкового тиску повинно призвести до збільшення вмісту води і аміаку у плаві, що, у свою чергу, призводить до різкого зниження міцності гранул.

Вплив залишкового тиску на вологість готового продукту при 137 – 140 °С в II-ому ступені випарювання показано на рис. 1.2 [10].

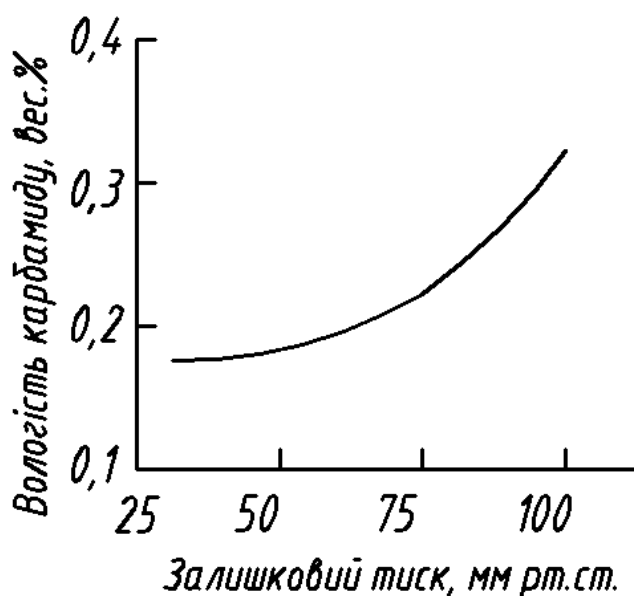


Рис.1.2. Вплив залишкового тиску II-го ступеня випарювання на вміст води в гранулах карбаміду

На рис. 1.3 показана залежність міцності гранул від вмісту води [10].



Рис. 1.3. Залежність міцності гранул від вмісту води

Зіставляючи ці рисунки легко підібрати величину залишкового тиску, що гарантує отримання гранул заданої міцності.

Щоб при випарюванні розчинів карбаміду ступінь його розкладання був мінімальним, потрібно дотримувати технологічного режиму випарної установки.

До недавно при виробництві дрібно кристалічного карбаміду на установках невеликої потужності випарювання розчинів здійснювалося в періодично діючих вакуум-випарних апаратах з виносними або убудованими гріючими камерами. У таких апаратах при випарюванні під розрядженням (100 - 110 мм рт. ст.) і температурі не більше 80 °С кінцева концентрація розчину досягала 80 %. Це дозволяло при наступному охолодженні в кристалізаторі до 35 – 40 °С виділяти з розчину частину продукту у вигляді кристалів, а матковий розчин після центрифуги повертати на випарку.

Недосконалість організації таких процесів - періодичність, тривале зіткнення розчину з гріючими поверхнями, що сприяє утворенню біурету, необхідність рециркуляції маткового розчину з великими втратами тепла й т.д. - є очевидними, особливо у світлі вимог, які пред'являються до сучасних установок великої потужності.

У промислових умовах випробування й широко використовуються безперевні вертикальні випарні апарати із падаючою плівкою киплячого розчину. Процес випарювання здійснюється при розрядженні (250 мм рт. ст.), температурі 115 – 118 °С і надлишковому тиску гріючої пари 3,5 атм. Внаслідок нетривалого перебування розчину в зоні гарячих поверхонь ступінь перетворення карбаміду в біурет відносно невеликий. При початковій концентрації розчину 54 – 58 % і кінцевій концентрації 90 – 93 % продуктивність апарата становить близько 120 кг/м<sup>2</sup>·год.

Для одержання гранульованого карбаміду розчин необхідно випарювати до консистенції плаву, концентрація якого близька до 100 %. Тому випарювання водного розчину карбаміду повинно проводитися в умовах, що виключають, наскільки це можливо, шкідливий вплив

					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ



температури, надмірне підвищення якої прискорює процес розкладання карбаміду й утворення біурету. При температурі, близькій до температури плавлення карбаміду (132,3 - 132,65 °С), однією з вирішальних умов, що сприяють його розкладанню й утворенню біурету, є фактор часу. Тому при здійсненні процесу випарювання розчину до стану плаву необхідно мати на увазі, що час, протягом якого розчин карбаміду буде перебувати при температурі вище 110 °С, повинен бути скорочений до мінімуму. Це дозволить не тільки зменшити вміст біурету в плаві, що надходить після випарного апарата на грануляцію, але також знизити ступінь утворення біурету під час проходження плаву через грануляційну вежу. Після випарного апарату розплавлений карбамід не можна довго залишати в трубопроводі або в якій-небудь ємності при високій температурі протягом тривалого часу. Недотримання цієї умови може звести нанівець всі переваги, які досягаються за рахунок максимального скорочення часу перебування розчину у випарному апараті.

У сучасних випарних апаратах час перебування розчину становить кілька секунд, коефіцієнт теплопередачі дорівнює 700 – 1000 ккал/м<sup>2</sup>·год·град, тому при достатньо високому перепаді температур між теплоносієм і розчином, потужність таких апаратів дорівнює більше 200 кг/м<sup>2</sup>·год. [8].

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Нові технічні рішення, прийняті в проекті

З метою зниження витрати пари у випарнику випарного апарату II-го ступеня випарювання пропонується підігрівач з'єднати з випарником випарного апарату I-го ступеня випарювання, що дозволить включити апарат у роботу в режимі випару, тому що в сепараторі випарного апарату I-го ступеня випарювання тиск нижче атмосферного. Попередній підігрів розчину карбаміду перед вузлом випарювання до 140°C проводився в підігрівнику гарячим циркуляційним конденсатом після скрубера.

Впровадження такої схеми підключення підігрівника дозволяє поліпшити режим випарювання на I-ому ступені випарювання, підвищити концентрацію розчину після сепаратора I-го ступеня випарювання й тим самим знизити витрати пари у випарнику випарного апарату II-го ступеня випарювання.

КРАВЧУК

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розраб.</i>		<i>Кравчук М.С.</i>			<i>Технологічна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. пр.</i>		<i>Ожередова М.А.</i>						
<i>Перівр.</i>						<i>СНУ ім. В. Даля, ТНР-19дм</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

## 2.2 Опис технологічної схеми

Виробництво карбаміду складається з наступних вузлів:

1. Компресія CO<sub>2</sub>.
2. Компресія NH<sub>3</sub>.
3. Компресія повітря КВП і А.
4. Маслопункт.
5. Синтез карбаміду.
6. Рециркуляція (перегонка).
7. Виробництво пари і система конденсату.
8. Випарювання розчину.
9. Вузол зберігання КФС і станція зливу.
10. Вузол введення КФС.
11. Гранулювання карбаміду.
12. Абсорбція.
13. Десорбція і гідроліз.
14. Склад готового продукту і класифікацією і станцією відвантаження.
15. Система пиловловлення.
16. Спеціальний водооборотний цикл.
17. Система стічних вод.
18. Ємність конденсату без хлоридів.
19. Газгольдери азоту і повітря КВП.

Вузол випарювання призначений для отримання плаву карбаміду з водного розчину. Реакція протікає при температурі 160-185 °С та тиску 13,3 - 14,2 МПа (133-142 кгс/см<sup>2</sup>).

Апаратне оформлення процесу включає наступне основне технологічне устаткування: випарник 1-го ступеня поз. 1ВП, сепаратор випарювання 1-го ступеня поз. 2С, випарник випарювання II-го ступеня поз. 3ВП, сепаратор

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випаровування II-го ступеня поз. 4С, конденсатор випаровування I-го ступеня поз. 15КД.

Допоміжним устаткуванням є: насос плаву карбаміду поз. 8Н, ежектор випаровування I-го та II-го ступеня поз. 11ЕЖ, 12ЕЖ, 13ЕЖ, насос аміачної води поз. 9Н, насос карбаміду поз. 10Н.

Розчин з масовою часткою карбаміду не менш 60 % з температурою 85 - 98 °С подається насосом поз. 10Н через підігрівник поз. 5П у випарник поз.1ВП першого ступеня випарювання. Випарники першого і другого ступенів випарювання представляють собою кожухотрубчасті теплообмінники, які у верхній частині сполучені із сепараторами.

На першому ступені розчин карбаміду випарюється при температурі 130 - 140 °С і абсолютному тиску 25-45 кПа. Пара з тиском не більше 0,5 МПа подається в міжтрубний простір випарника.

Суміш пари і рідини із випарника надходить у сепаратор поз. 2С першого ступеня випарювання, де сокові пари відділяються від розчину карбаміду. Розчин карбаміду із сепаратора поз. 2С надходить у випарник поз. 3ВП другого ступеня випарювання.

На другому ступені розчин випарюється при температурі 140-145 °С і абсолютному тиску 2-6 кПа. Пара з тиском не більше 1 МПа подається в міжтрубний простір випарника.

Парорідинна суміш із випарника поз. 3ВП надходить у сепаратор поз. 4С другого ступеня випарювання. У сепараторі сокові пари відокремлюються від плаву. Плав карбаміду із сепаратора надходить на всас насоса поз. 8Н і подається на грануляцію.

Під час пуску вузла випарювання, до виходу на нормальний режим, плав карбаміду циркулює від насоса поз. 8Н у збірник карбаміду поз. 7ЗБ.

Сокова пара із сепаратора поз. 2С першого ступеня випарювання надходить у конденсатор поз. 15КД першого ступеня випарювання. Пара і інерти, що не сконденсувалися з конденсатора ежектором поз. 11ЕЖ подаються в кінцевий конденсатор поз. 18КД. Для кращого вловлювання

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аміаку з інертів у кінцевий конденсатор поз. 18КД насосом поз. 9Н подається аміачна вода.

Сокова пара із сепаратора поз. 4С другого ступеня випарювання ежектором поз. 12ЕЖ подається в перший конденсатор поз. 16КД другого ступеня випарювання. Пара і інерти, що не сконденсувалися з конденсатора поз. 16КД другим ежектором поз. 13 ЕЖ подаються в другий конденсатор поз. 17КД другого ступеня випарювання. Після цього конденсатора пара, що не сконденсувалась третім ежектором поз. 14ЕЖ подається в кінцевий конденсатор поз. 18КД.

Після кінцевого конденсатора поз. 18КД пара і інерти відводяться для остаточного вловлювання аміаку в колону абгазів конденсації, що зрошується охолодженою стічною або аміачною водою.

Конденсат сокової пари з конденсаторів поз. 15КД, 16КД, 17КД, 18КД самопливом виводяться в збірник аміачної води поз. 63Б. Як холодоагент в конденсаторах використовується оборотна вода.

Для запобігання паростанні карбамідом на відбірній тарілці сепаратора поз. 2С першого ступеня випарювання, у газоході із сепаратора поз. 4С другого ступеня випарювання до ежектора поз. 12ЕЖ передбачені промивання аміачною водою від насоса поз. 9Н через форсунки. Щоб уникнути забивання газоходу після ежектора поз. 12ЕЖ до конденсатора поз. 16КД передбачені промивання аміачною водою від насоса поз. 9Н.

Пара для ежекторів поз. 11ЕЖ, 12ЕЖ, 13ЕЖ, 14ЕЖ подається із цехового колектору пари низького тиску. При зупинках, ремонтах, оглядах збірника поз.73Б розчин карбаміду насосом поз.10Н відкачується в цех М-2. У випадку виробничої необхідності можливий прийом розчину карбаміду із цеху М-2 у збірник поз. 73Б.

							ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

## 2.3 Матеріальні розрахунки

Продуктивність по карбаміду складе:

$$П = \frac{330000}{330 \cdot 24} = 41,67 \text{ т/год}$$

Розрахунок ведемо на 1000 кг початкового розчину карбаміду [10].

Результатний 45% розчин карбаміду, що поступає на 1 ступінь випаровування містить:

Карбамід $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ .....	45%
Біурет.....	1,4%
Вільний $\text{NH}_3$ .....	0,3%
Вода.....	53,5%

Кількість карбаміду складе:

$$m(\text{NH}_2)_2\text{CO} = 1000 \cdot 0,45 = 450 \text{ кг}$$

Кількість біурету та вільного  $\text{NH}_3$

$$m_{\text{біурету}} = 1000 \cdot 0,014 = 14 \text{ кг}$$

$$m_{\text{NH}_3 \text{ в}} = 1000 \cdot 0,003 = 3 \text{ кг}$$

Кількість води складе:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \cdot 0,533 = 533 \text{ кг}$$

70% - ний розчин карбаміду, що виходить з випарника I-го ступеня міститиме:

карбамід в кількості:

$$m(\text{NH}_2)_2\text{CO} = 450 \text{ кг це складе } 70\%$$

Тоді маса розчину карбаміду буде:

$$m(\text{NH}_2)_2\text{CO}_{\text{р-ну}} = \frac{450 \cdot 100}{70} = 642,857 \text{ кг}$$

Маса біурету та  $\text{NH}_3$  залишається незмінною:

$$m_{\text{біурету}} = 14 \text{ кг}$$

$$m_{\text{NH}_3 \text{ вільн}} = 3 \text{ кг}$$

Тоді маса води у розчині складе:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 642,857 - (450 + 14 + 3) = 175,857 \text{ кг}$$

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса сокової пари складе:

$$m_{c.п.} = m \text{H}_2\text{O}_{p-ра} - m \text{H}_2\text{O} = 533 - 175,857 = 357,143 \text{ кг}$$

Таблиця 2.1 - Таблиця матеріального балансу I - го ступеня випаровування

Прихід			Витрати		
	кг	%		кг	%
45% розчин карбаміду	1000		70% розчин карбаміду	642,857	64,286
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	450	45	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	450	
біурет	14	1,4	біурет	14	
Вільний NH <sub>3</sub>	3	0,3	Вільний NH <sub>3</sub>	3	
H <sub>2</sub> O	533	53,3	H <sub>2</sub> O	175,857	
			Сокова пара	357,143	35,714
разом	1000	100	разом	1000	100

На II-й ступінь випаровування подається 70% - ний розчин карбаміду, що містить:

карбамід.....70%.....450 кг

біурет.....2,17%.....14 кг

вільний NH<sub>3</sub>.....0,47%.....3 кг

вода.....27,36%.....175,857 кг

Після II-го ступеня випаровування з апарату виходить 94% - ний розчин карбаміду, який містить:

Карбамід в кількості:

$$m_{\text{карб.}} = 450 \text{ кг та це складе } 94\%$$

Тоді кількість 94% - го розчину карбаміду складе:

$$m_{\text{карб. р-ну}} = \frac{450 \cdot 100}{94} = 478,723 \text{ кг}$$

Маса води у розчині складе:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 478,723 - (450+14+3) = 11,723 \text{ кг}$$

Маса сокової пари складе:

$$m_{c.п.} = m \text{H}_2\text{O}_{p-ра} - m \text{H}_2\text{O} = 175,857 - 11,723 = 164,134 \text{ кг}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ				

Таблиця 2.2 - Таблиця матеріального балансу II - го ступеня випаровування

	Прихід		Витрати		
	кг	%		кг	%
70% розчин карбаміду	642,857		94% розчин карбаміду	478,723	94
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	450	70	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	450	
біурет	14	2,17	биурет	14	
Вільний NH <sub>3</sub>	3	0,47	Вільний NH <sub>3</sub>	3	
H <sub>2</sub> O	175,857	27,36	H <sub>2</sub> O	11,723	
			Соковий пар	164,134	6
разом	642,857	100	разом	642,857	100

Втрати карбаміду складають 5%, тоді  $m_{\text{карб.}} = 41667 \cdot 1,05 = 43750,35$  кг

Коефіцієнт перерахунку складе [11]:

$$K = \frac{43750,35}{478,723} = 91,38969717$$

Таблиця 2.3 - Таблиця матеріального балансу випаровування I ступеня в перерахунку на потужність

	Прихід		Витрати		
	кг	%		кг	%
45% розчин карбаміду	91389,697		94% розчин карбаміду	58750,507	64,286
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	41125,364	45	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	41125,364	
біурет	1279,456	1,4	биурет	1279,456	
Вільний NH <sub>3</sub>	274,169	0,3	Вільний NH <sub>3</sub>	274,169	
H <sub>2</sub> O	48710,709	53,3	H <sub>2</sub> O	16071,518	
			Сокова пара	32639,191	35,714
разом	91389,697	100	разом	91389,697	100

Таблиця 2.4 - Таблиця матеріального балансу випаровування II ступеня в перерахунку на потужність

	Прихід		Витрати		
	кг	%		кг	%
70% розчин карбаміду	58750,507		94% розчин карбаміду	430750,35	
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	41125,364		(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	41125,364	
біурет	1279,456		биурет	1279,456	
Вільний NH <sub>3</sub>	274,169		Вільний NH <sub>3</sub>	274,169	
H <sub>2</sub> O	16071,518		H <sub>2</sub> O	1071,361	
			Соковий пар	15000,157	
разом	58750,507	100	разом	58750,507	100

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ				



## 2.4 Теплові розрахунки

Початкові дані:

Температура на вході на I ступені.....125 °С  
 Температура на виході на I ступені .....140 °С  
 Тиск на I ступені .....0,5 МПа  
 Тиск на II ступені .....1 МПа  
 Температура на вході в II ступінь.....135 °С  
 Температура на виході з II ступеня.....145 °С

Молярні маси[12]:

Карбаміду.....60 кг/моль  
 Вільного аміаку .....17 кг/моль  
 Біурету.....143 кг/моль  
 Води.....18 кг/моль

Питома теплота пароутворення[13]:

$R = 4 \text{ кг/см}^2$  дорівнює  $214 \text{ кДж/кг}$   
 $R = 5 \text{ кг/см}^2$  дорівнює  $217 \text{ кДж/кг}$   
 $R = 9 \text{ кг/см}^2$  дорівнює  $2040 \text{ кДж/кг}$   
 $R = 10 \text{ кг/см}^2$  дорівнює  $2024 \text{ кДж/кг}$

Тепловий баланс I-го ступеня випаровування[14]

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{витр.}}$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{45\% \text{ р-ну карб.}}$$

$$Q_{\text{витр.}} = Q_{70\% \text{ р-ну карб.}} - Q_{\text{с.п.}}$$

З 45% - ним розчином карбаміду вноситься тепло:

$$Q_{70\% \text{ р-ну карб.}} = G_{\text{р-ну карб.}} \cdot C_{\text{р-ну карб.}} \cdot T_{\text{ВХ}}$$

Розрахуємо теплоємність 45% - го розчину карбаміду[15]:

$$C_{\text{р(NH}_2)_2\text{CO}} = 26,8 \cdot n$$

де  $n$  – число атомів у сполуці

$$C_{\text{р(NH}_2)_2\text{CO}} = 26,8 \cdot 8 = 214,4 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}$$

$$C_{\text{рH}_2\text{NCONHCONH}_2} = 26,8 \cdot 12 = 321,6 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}$$

										ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$C_{pNH_3} = 26,8 \cdot 4 = 107,2 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}$$

$$C_{pH_2O} = 18 \cdot 4,19 = 75,42 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{град)}$$

Припустимо, що 100г розчину має:

$$45 \text{ г} - (\text{NH}_2)_2\text{CO}$$

$$1,4 \text{ г} - \text{H}_2\text{NCONHCONH}_2$$

$$0,3 \text{ г} - \text{NH}_3$$

$$53,3 \text{ г} - \text{H}_2\text{O}$$

Розрахуємо кількість молей усіх компонентів:

$$n_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = \frac{45}{60} = 0,75 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2} = \frac{1,4}{143} = 0,009 \text{ моль}$$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{0,3}{17} = 0,018 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{53,3}{18} = 2,961 \text{ моль}$$

$$n_{p\text{-ну карб.}} = 0,75 + 0,009 + 0,018 + 2,961 = 3,738 \text{ моль}$$

Розрахуємо масові часті компонентів

$$W_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = \frac{0,75}{3,738} = 0,201 \text{ або } 20,1\%$$

$$W_{\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2} = \frac{0,009}{3,738} = 0,002 \text{ або } 0,2\%$$

$$W_{\text{NH}_3} = \frac{0,018}{3,738} = 0,005 \text{ або } 0,5\%$$

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2,961}{3,738} = 0,792 \text{ або } 79,2\%$$

Тоді теплоємність 45% - го розчину карбаміду складе:

$$C_{p\text{-ну}} = 214,4 \cdot 0,201 + 321,6 \cdot 0,002 + 107,2 \cdot 0,005 + 75,42 \cdot 0,792 = 104,006$$

Дж/(моль · град)

$$Q_{45\% \text{ p-ну}} = \frac{91389,697}{60} \cdot 104,006 \cdot 125 = 1980224 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{45\% \text{ p-ну карб.}} = 19802,243 \text{ кДж}$$

З 70% - ним розчином карбаміду виноситься тепло:

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{70\% \text{ р-ну карб.}} = G_{\text{розч. карб.}} \cdot C_{\text{р-ну карб.}} \cdot T_{\text{ВИХ}}$$

Розрахуємо теплоємність 70% - го розчину карбаміду. Припустимо, що 100г розчину містить 70 г (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO

$$1,4 \text{ Г} - \text{H}_2\text{NCONHCONH}_2$$

$$0,3 \text{ Г} - \text{NH}_3$$

$$28,3 \text{ Г} - \text{H}_2\text{O}$$

Розрахуємо кількість молей усіх компонентів:

$$n_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = \frac{70}{60} = 1,167 \text{ МОЛЬ}$$

$$n_{\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2} = \frac{1,4}{143} = 0,009 \text{ МОЛЬ}$$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{0,3}{17} = 0,018 \text{ МОЛЬ}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{28,3}{18} = 1,572 \text{ МОЛЬ}$$

$$n_{\text{р-ну карб.}} = 1,167 + 0,009 + 0,018 + 1,572 = 2,766 \text{ МОЛЬ}$$

Розрахуємо масові долі компонентів:

$$W_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = \frac{1,167}{2,766} = 0,422 \text{ або } 42,2\%$$

$$W_{\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2} = \frac{0,009}{2,766} = 0,003 \text{ або } 0,3\%$$

$$W_{\text{NH}_3} = \frac{0,018}{2,766} = 0,007 \text{ або } 0,7\%$$

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1,572}{2,766} = 0,568 \text{ або } 56,8\%$$

Тоді теплоємність 70% - го розчину карбаміду складе:

$$C_{\text{р-ну}} = 214,4 \cdot 0,422 + 321,6 \cdot 0,003 + 107,2 \cdot 0,007 + 75,42 \cdot 0,568 = 135,031$$

Дж/(моль · град)

$$Q_{70\% \text{ р-ну}} = \frac{58750507}{60} \cdot 135,031 \cdot 140 = 18510659 \text{ кДж}$$

Кількість тепла, яке виноситься соковою парою:

$$Q_{\text{с.п.}} = G_{\text{с.п.}} \cdot r$$

де r – питома теплота пароутворення.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.14.01.ПЗ

Розрахуємо її для сокової пари при  $P = 0,5$  МПа

$$P = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{1000 \cdot 101,3} = 4,936 \text{ кг/см}^2$$

$$r_{4,936} = r_4 + \frac{r_5 - r_4}{P_2 - P_1} (P_2 - P)$$

де  $r_4$  – питома теплота пароутворення при  $P = 4$  МПа

$r_5$  – питома теплота пароутворення при  $P = 5$  МПа

$P_2$  – тиск при 5 МПа

$P_1$  – тиск при 4 МПа

$P$  – тиск при 4,936 МПа

$$r_{4,936} = 2141 + \frac{2117 - 2141}{5 - 4} (5 - 4,936) = 2139,464 \text{ Дж/кг}$$

$$Q_{\text{с.п.}} = 32639,191 \cdot 2139,464 = 69830374,13 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{витр.}} = 18510,659 + 69830374,13 = 69848884,79 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{витр.}} > Q_{\text{прих}}$$

$$Q_{\text{підв.}} = 69848884,79 - 19802,243 = 69829082,55 \text{ кДж}$$

**КРАВЧУК**

Таблиця 2.5 - Таблиця теплового балансу I - го ступеня випаровування

Прихід		Витрати	
	кДж		кДж
Q <sub>45% р-ну карб.</sub>	19802,243	Q <sub>70% р-ну</sub>	18510,659
Q <sub>підв.</sub>	69829082,55	Q <sub>с.п.</sub>	69830374,13
разом	69848884,79	разом	69848884,79

Тепловий баланс II-го ступеня випаровування

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{витр.}}$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{70\% \text{ р-ну карб.}}$$

З 70% - ним розчином карбаміду виноситься тепло:

$$Q_{70\% \text{ р-ну}} = \frac{58750,507}{60} \cdot 135,031 \cdot 135 = 17849,564 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{70\% \text{ р-ну карб.}} = 17849,564 \text{ кДж}$$

З 94% - ним розчином карбаміду виноситься тепло:

$$Q_{94\% \text{ р-ну карб.}} = G_{\text{розч. карб.}} \cdot C_{\text{р-ну карб.}} \cdot T_{\text{ВИХ}}$$

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо теплоємність 94% - го розчину карбаміду:

Припустимо, що 100г розчину містить:

$$94 \text{ г} - (\text{NH}_2)_2\text{CO}$$

$$1,4 \text{ г} - \text{H}_2\text{NCONHCONH}_2$$

$$0,3 \text{ г} - \text{NH}_3$$

$$4,3 \text{ г} - \text{H}_2\text{O}$$

Розрахуємо кількість молей усіх компонентів:

$$n_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = \frac{94}{60} = 1,567 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2} = \frac{1,4}{143} = 0,009 \text{ моль}$$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{0,3}{17} = 0,018 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{4,3}{18} = 0,239 \text{ моль}$$

$$n_{\text{р-ну карб.}} = 1,567 + 0,009 + 0,018 + 0,239 = 1,833 \text{ моль}$$

Розрахуємо молярні долі компонентів:

$$W_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = \frac{1,567}{1,833} = 0,855 \text{ або } 85,5\%$$

$$W_{\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2} = \frac{0,009}{1,833} = 0,005 \text{ або } 0,5\%$$

$$W_{\text{NH}_3} = \frac{0,018}{1,833} = 0,009 \text{ або } 0,9\%$$

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,239}{1,833} = 0,130 \text{ або } 13\%$$

Тоді теплоємність 94% - го розчину карбаміду складе:

$$C_{\text{р-ну}} = 214,4 \cdot 0,855 + 321,6 \cdot 0,005 + 107,2 \cdot 0,009 + 75,42 \cdot 0,13 = 195,69$$

Дж/(моль · град)

$$Q_{94\% \text{ р-ну}} = \frac{43075035}{60} \cdot 195,69 \cdot 145 = 203709379 \text{ кДж}$$

Кількість тепла, яке виноситься соковою парою:

$$Q_{\text{с.п.}} = G_{\text{с.п.}} \cdot r$$

де  $r$  – питома теплота пароутворення.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо її для сокової пари при  $P = 0,5 \text{ МПа}$

$$P = 1 \cdot 10^6 \text{ Па} = \frac{1 \cdot 10^6}{1000 \cdot 101,3} = 9,872 \text{ кг/см}^2$$

$$r_{4,936} = 2040 + \frac{2024 - 2040}{10 - 9} (10 - 9,872) = 2037,952 \text{ Дж/кг}$$

$$Q_{\text{с.п.}} = 15000,157 \cdot 2037,952 = 30569599,96 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{випр.}} = 203709,379 + 30569599,96 = 30773309,34 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{випр.}} > Q_{\text{прих}}$$

$$Q_{\text{підв.}} = 30773309,34 - 17849,564 = 30755459,77 \text{ кДж}$$

Таблиця 2.6 - Таблиця теплового балансу II-го ступеня випаровування

Прихід		Витрати	
	кДж		кДж
$Q_{70\% \text{ р-ну карб.}}$	17849,564	$Q_{94\% \text{ р-ну}}$	203709,379
$Q_{\text{підв.}}$	30755459,77	$Q_{\text{с.п.}}$	30569599,96
разом	30773309,34	разом	30773309,34

## 2.5 Розрахунки основного апарату

Витрата гріючої пари у випарному апараті I-го ступеня складе[6]:

$$D = \frac{Q}{r_{\bar{a}i}} = \frac{69290825,1}{2139,464} = 32385,87 \text{ кг/год}$$

Поверхня нагріву випарювального апарату I-го ступеня:

$$F = \frac{D \cdot r_{\bar{a}i}}{K \cdot \Delta t_{\bar{m}e}}$$

Так як ми комбінуємо два апарати разом, то температурними витратами можна знехтувати. Тоді:

$$F = \frac{698290825,0}{2500 \cdot 15 \cdot 3600} = 517,252 \text{ м}^2$$

Характеристика теплообмінника[13]:

Число труб .....747 шт

Ходів.....1

Діаметр кожуха.....1000 мм

Довжина труб.....9 м

Поверхня нагріву.....528 м<sup>2</sup>

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ				

Умовний діаметр штуцера.....300 мм

Для міжтрубного простору.....300 мм

Розрахуємо напругу парового простору:

$$W' = W_{\text{атм}} \cdot f_1 \cdot f_2 = 2600 \cdot 3,1 \cdot 0,1 = 806 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$$

де  $W_{\text{атм}} = 2600 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  – допустима напруга парового простору при тиску 0,45 МПа;  $f_1 = 3,1$  при тиску 0,45 МПа;  $f_2 = 0,1$  при тиску 0,45 МПа[15].

Розрахуємо об'єм парового простору сепаратора[15 ]:

$$V_c = \frac{W}{W'} = \frac{32639,191}{806} = 40,5 \text{ м}^3$$

Розрахунковий тиск приймаємо рівному робочому:

$$P_{\text{розн.}} = P_{\text{робоч.}} = 0,45 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

При позитивних температурах за розрахункову температуру стінки елемента судини чи апарату належить приймати найбільше значення температури стінки. Звичайно розрахункова температура стінки приймається рівною робочій температурі:

$$T_{\text{розн.}} = T_{\text{робоч.}} = 140 \text{ }^\circ\text{C}$$

Для визначення дозволеного напруження матеріалу елемента, що розраховується, при розрахунковій температурі необхідно знати матеріал елемента і його розрахункову температуру, та користуючись довідниками чи ДОСТ 14249 - 89, визначаємо дозволене напруження  $\sigma_d = 135 \text{ МПа}$ .

Числові значення коефіцієнта міцності зварного шову повинні відповідати наведеним в обов'язковому додатку 5 ДОСТу 14249 - 89. Для безшовних елементів судин і апаратів  $\phi = 1$ .

У розрахунку судин і апаратів необхідно враховувати збільшення "С" до розрахункової товщини елементів судин і апаратів. Збільшення на

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

*ДП.14.01.ПЗ*

корозію звичайно приймаємо 1 – 1,5 мм, що відповідає швидкості корозії 0,1 мм/рік.

Розрахунок обичайки, навантаженої внутрішнім тиском проводять за ДОСТ 14249 - 89.

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_{\text{дiсд}} = \frac{D \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} = \frac{0,45 \cdot 10^6}{2 \cdot 135 \cdot 10^6 \cdot 1 - 0,45 \cdot 10^6} = 1,669 \text{ и}$$

де P – розрахунковий внутрішній тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм;

[σ] – дозволене напруження матеріалу обичайки при розрахунковій температурі, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шву.

Вимоглива товщина стінки обичайки:

$$S_{\text{вимогл.}} = S_{\text{розр. х.}} + (C - 1) \cdot S_{\text{дiсд}} = 1 + 1,5 \cdot 1 = 4 \text{ мм}$$

де C – збільшення на компенсацію корозії.

Перевіримо умову:

$$\frac{S - C}{A} < 0,1$$

$$\frac{0,004 - 0,001}{1} = 0,003 < 0,1 - \text{умова виконується.}$$

Дозволений внутрішній надлишковий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 135 \cdot 10^6 \cdot (0,004 - 0,001)}{1 + (0,004 - 0,001)} = 0,806 \cdot 10^6$$

Еліптичні днища навантажені внутрішнім тиском розраховують за ДОСТ 14249 – 89.

Розрахункова товщина стінки днищ:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.14.01.ПЗ



$$S_{\text{дiсд}} = \frac{D \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P} = \frac{0,45 \cdot 10^6 \cdot 1}{2 \cdot 135 \cdot 10^6 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,45 \cdot 10^6} = 1,668 \text{ мм}$$

де P – розрахунковий внутрішній тиск, МПа;

R – радіус кривизни у вершині днища, мм;

R = D – для еліптичних стандартних днищ;

[σ] – дозволене напруження матеріалу днища при розрахунковій температурі, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шву.

Вимоглива товщина стінки днищ:

$$S_{\text{вимогл.}} = S_{\text{розрах.}} + C = 1,668 + 1 + 1,332 = 4 \text{ мм}$$

де C – збільшення на компенсацію корозії.

Дозволений внутрішній надлишковий тиск [16]:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot R \cdot (S - C)}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 135 \cdot 10^6 \cdot (0,004 - 0,001)}{1 + 0,5 \cdot (0,004 - 0,001)} = 0,808 \text{ МПа}$$

## 2.6 Вибір технологічного обладнання

Перелік допоміжного обладнання, що використовується в процесі виробництва карбаміду стадії випарювання наведено у таблиці 2.5 [11].

Таблиця 2.5 - Перелік допоміжного обладнання технологічної схеми

Позначення апарату	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Матеріал	К-ть
1	2	3	4	5
4С	Сепаратор II-ого ступеня випарювання	Вертикальний циліндричний апарат. Призначено для поділу парогазової і рідкої фаз плаву карбаміду. Тиск: 0,005 кгс/см <sup>2</sup> - 2кгс/см <sup>2</sup> . Температура 150 <sup>0</sup> С. D = 3200 мм; H = 6920 мм; V = 42 м <sup>3</sup> .	Нержавіюча сталь	1

Арк.

ДП.14.01.ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
ЗВП	Випарник II-го ступеня випарювання	Вертикальний кожухотрубчастий теплообмінник, призначено для підігріву розчину карбаміду перед сепаратором II-ого ступеня випарювання. H = 3055 мм; D = 650мм. Площа поверхні теплообміну 175 м <sup>2</sup> . Міжтрубний простір: тиск - 1,1 МПа, температура 200 °С, середовище – пара. Трубний простір: тиск - 0,1 МПа, температура 150 °С, середовище – розчин карбаміду.	Вуглецева сталь	1
15КД	Конденсатор I-го ступеня випарювання	Вертикальний кожухотрубчастий теплообмінник, призначено для конденсації парогазової суміші, що надходить із сепаратора I-го ступеня випарювання. D = 1300мм; F= 359м <sup>2</sup> ; H = 7563мм. Міжтрубний простір: тиск - 0,1 МПа, температура 100 °С, середовище – оборотна вода. Трубний простір: тиск - (0 – 0,2) МПа, температура 150 °С, середовище – пара, інерти, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> .	Нержавіюча та вуглецева сталь	1
16КД	Перший конденсатор II-го ступеня випарювання	Вертикальний кожухотрубчастий теплообмінник, призначений для конденсації парогазової суміші після першого ежектора.. D = 1600 мм; H = 7548 мм. Міжтрубний простір: тиск - 0,6 МПа, температура 100 °С, середовище – оборотна вода. Трубний простір: тиск - (0 – 0,2) МПа, температура 150 °С, середовище – пара, інерти, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> .	Нержавіюча та вуглецева сталь	1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ	Арк.
-----	------	----------	--------	------	-------------	------

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
17КД	Другий конденсатор II-го ступеня випарювання	Вертикальний кожухотрубчастий теплообмінник, призначений для конденсації парогазової суміші після другого ежектора.. D = 920 мм. H = 7053 мм. Площа поверхні теплообміну: 132 м <sup>2</sup> . Міжтрубний простір: тиск - 0,6 МПа, температура 100 °С, середовище – оборотна вода. Трубний простір: тиск - (0 – 0,2) МПа, температура 150 °С, середовище – пара, інерти, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> .	Нержавіюча та вуглецева сталь	1
12ЕЖ	Перший ежектор II-го ступеня випарювання	Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник, ізольований. Призначено для відсосу парогазової суміші із сепаратора II-го ступеня випарювання. Тиск: 0,4 МПа. Температура 160°С. Середовище рушійне: пара насичена. Витрата: max: 26100 кг/год. Витрата: 6500 кг/год. Середовище, що перекачується: суміш газів: NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , інерти. Тиск: 2 кПа. Температура: 150 °С. Витрата: 33100 кг/год.	Вуглецева сталь	1
13ЕЖ	Другий ежектор II-го ступеня випарювання тип П.06	Призначено для відсосу парогазової суміші з першого конденсатора II-го ступеня випарювання. Тиск: 0,4 МПа. Температура 160°С. Середовище рушійне: пара насичена. Витрата: 3125 кг/год. Середовище, що перекачується: суміш газів: NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , інерти. Тиск: 2 кПа. Температура: 60 °С. Витрата: 1250 кг/год.	Нержавіюча та вуглецева сталь	1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ДП.14.01.ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
11ЕЖ	Ежектор I-го ступеня випарювання	Призначено для відсосу парогазової суміші з конденсатора I-го ступеня випарювання. Тиск: 0,4 МПа. Температура 160°C. Середовище рушійне: пара насичена. Витрата: 245 кг/год. Середовище, що перекачується: суміш газів: NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , інерти. Тиск: 2 кПа. Температура: 60 °C. Витрата: 49,5 кг/год.	Нержавіюча та вуглецева сталь	1
18КД	Кінцевий конденсатор	Вертикальний кожухотрубчастий теплообмінник, призначено для конденсації парогазової суміші після ежекторів. D = 574 мм. Н = 6016 мм. Площа поверхні теплообміну: 50 м <sup>2</sup> . Міжтрубний простір: тиск - 0,6 МПа, температура 100 °C, середовище – оборотна вода. Трубний простір: тиск - (0 – 0,3) МПа, температура 150 °C. Середовище – пара, інерти, NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> .	Вуглецева та молибденіста сталь	1

### 3 КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Сучасні великотоннажні агрегати хімічних виробництв, зокрема агрегати з виробництва карбаміду, мають ряд специфічних особливостей, які варто враховувати при розробці систем автоматизації таких об'єктів:

- послідовна технологічна структура із твердими зв'язками між окремими стадіями процесу при відсутності проміжних ємностей;
- велика продуктивність окремих апаратів, розрахована на повну потужність агрегату;
- територіальна розосередженість робітників.

Велика потужність і послідовна структура агрегату задають підвищені вимоги до надійності контролю, регулювання й захисти, тому що вихід з ладу окремого елемента найчастіше призводить до повної зупинки агрегату й, як наслідок, до більших економічних втрат. Територіальна роз'єднаність робочих місць при великій кількості взаємозалежних вузлів регулювання ускладнює координацію дій апаратури.

Управляти такими процесами, використовуючи застарілі засоби контролю і системи ручного регулювання забезпечуючи при цьому високі техніко-економічні показники (мінімальні витрати сировини, матеріалів та енергоресурсів, максимальний обсяг випуску продукції) і якість продукції, неможливо. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано використати АСКТП на базі мікропроцесорного керуючого комплексу (далі КВК) «Уніконт» [22].

«Уніконт» дозволяє вирішувати алгоритмічні завдання, може формувати будь-який закон регулювання, здійснювати оптимальне керування процесом; використовуватися в режимі безпосереднього цифрового керування або в режимі порадики; дозволяє приймати і перетворювати контрольну інформацію,

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Кравчук М.С.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Ожередова М.А.</i>						
<i>Консультант</i>					<i>Контроль та автоматизація виробництва</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затвердив</i>	<i>Суворин О.В.</i>						
					<i>СНУ ім. В. Даля, ТНР – 19дм</i>		

що надходить від датчиків, робити керуючі впливи і здійснювати взаємозв'язок та обмін інформацією з оператором ТОК.

Проектно-компонувальний комплект містить у собі аналого-цифровий перетворювач АЦП, гальванічну розв'язку РГ1, цифро-аналоговий перетворювач ЦАП, блок гальванічної розв'язки РГ2, дискретно-цифровий перетворювач ДЦП і цифро-імпульсний перетворювач ЦІП.

Області введення і виведення інформації призначені для підключення відповідно датчиків і виконавчих механізмів. Входи розраховані на роботу із сигналами: уніфікований аналоговий 0–10 В, 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА; і дискретними 0 або 24 В постійного струму.

КВК «Уніконт» дає можливість реалізувати в одному комплекті до 64 аналогових входів, що повною мірою дозволяє здійснювати в даному проекті контроль над всіма 34 входами; до 126 дискретних входів і до 64 імпульсних входів. З КВК передбачена робота датчиків типу Метран-100, а датчики із природним сигналом (термопари), підключаються до КВК через перетворювачі, що нормують.

Аналогові входи КВК «Уніконт» мають гальванічну розв'язку.

Сигнали, які надходять на вхід, за допомогою АЦП перетворюються в цифровий код, а потім обробляються програмно в алгоблоках. Вихідні сигнали алгоблоків за допомогою ДЦП перетворюються на аналогову, імпульсну або дискретну форму і надходять на вихід КВК через гальванічну розв'язку.

«Уніконт» є гарним засобом керування процесом, оскільки він дозволяє переглядати, змінювати і конфігурувати процес у ході роботи. Так само сприяє скороченню строків випуску продукції, відточити технологічний процес для зниження відходів.

### **3.1 Контроль параметрів технологічного процесу**

Для керування технологічним процесом випарювання карбаміду оператор технолог повинен мати можливість у будь-який момент часу одержати повну

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

інформацію про хід процесу. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано безупинно вимірювати і виводити в ЦПК та на КВК значення наступних технологічних параметрів:

Температура:

- Плав карбаміду у випарник I-го ступеня випарювання поз.1 TIR 1-1,
- Плав карбаміду після сепаратору I-го ступеня поз.2 TIR 14-1,
- Плав карбаміду після сепаратору II-го ступеня поз. 4 TIR 15-1,

Рівень:

- У збірнику амвони поз.6 LIR 11-1,
- У збірнику плаву карбаміду поз.7 LIR13-1,

Тиск:

- У сепараторі I-го ступеня випарювання поз.2 PIR 4-1,
- Пара у випарник I-го ступеня випарювання поз.1 PIR 5-1,
- У сепараторі II-го ступеня випарювання поз.4 PIR 7-1,
- Пара у випарник II-го ступеня випарювання поз.3 PIR 8-1,

Витрата:

- Аміачна вода на зрошення конденсатора поз.18 FIR 10-1,
- Плав карбаміду на грануляцію FIR 12-1,
- Аміачна вода FIR 16-1,

Концентрація:

- Аміаку в плаву карбаміду на грануляцію QIR 17-1,

Для виміру витрати у всіх випадках використовується метод змінного перепаду тиску. У трубопроводі, по якому транспортується потік, витрату якого необхідно виміряти, установлюється звужуючий пристрій (діафрагма типу ДКЗ) на ньому при протіканні потоку створюється перепад тиску, що вимірюється датчиком різниці тиску «Метран-100 ДД». Вихідним сигналам даного датчика є уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

Для виміру температури використовується термоелектричний перетворювач ТХК-2088. В основі роботи даного приладу покладений термоелектричний ефект. Якщо крапку спаю двох різнорідних провідників помістити в апарат, у якому необхідно виміряти температуру, то на вільних кінцях термопари з'явиться термо-ЕРС, що буде прямо пропорційна вимірювальній температурі. По величині термо-ЕРС і визначають температуру.

Для виміру рівня використаємо буйковий перетворювач «Сапфір-22ДУ». Чутливим елементом є буй, що виготовляється з нержавіючої сталі, і міститься безпосередньо в апараті. В основу роботи приладу закладений закон Архимеду. При вимірі рівня в апараті, змінюється висота занурення буйка в робочу рідину. При цьому змінюється сила, що виштовхує буй, а в наслідок змінюється вага буя. Вимірювальна схема приладу перетворить зміну ваги буя в уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

Для виміру тиску використовують датчик надлишкового тиску «Метран-100ДІ». В основу роботи даного приладу покладений тензометричний ефект.

Для живлення датчиків в забезпечення їх іскробезпеки, використовують бар'єр іскробезпеки МТМ-501-03, який сигнал 4-20 мА передає на контролер.

Для температури використовуємо перетворювач МТМ-402, який перетворює сигнал у вольтах в 4-20 мА.

### **3.2 Регулювання параметрів технологічного процесу**

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

Витрата плаву карбаміду на випарювання стабілізується автоматично за допомогою обноконтурної АСР витрати. Регулювальний клапан поз. FCV 2-5 розташовані на лінії подачі плаву карбаміду.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ



Температура в сепараторі I-го ступеня регулюється за допомогою одноконтурної АСР. Регулювальний клапан поз. ТС 3-4 розташований на лінії подачі пари у випарник I-го ступеня.

Температура в сепараторі II-го ступеня регулюється за допомогою одноконтурної АСР. Регулювальний клапан поз. ТС 6-4 розташований на лінії подачі пари у випарник II-го ступеня.

Рівень у сепараторі II-го ступеня регулюється за допомогою одноконтурної АСР. Регулювальний клапан поз. LCV 9-4 розташований на лінії виходу плаву карбаміду із сепаратора II-го ступеня.

У даному дипломному проекті обрані регулювальні клапани укомплектовані електропневмопозиціонером (ЕПП). Вхідний сигнал ЕПП 4-20 мА, що дозволяє зі схеми регулювання виключити пневмоперетворювач. Для забезпечення вибухозахисту після контролера в схему регулювання ставимо бар'єр МТМ 501-04.

### 3.3 Сигналізація й оповіщення про аварії

Для оповіщення оперативного персоналу про відхилення технологічного процесу від норми в даному проекті запропонована схема автоматичної сигналізації, що спрацьовує в наступних випадках:

- Мах і min температура в сепараторі першого ступеня випарювання;
- Мах і min температура в сепараторі другого ступеня випарювання;
- Мах і min тиск у сепараторі першого ступеня випарювання;
- Мах і min тиск пари у випарник першого ступеня випарювання;
- Мах і min тиск у сепараторі другого ступеня випарювання;
- Мах і min пари у випарник другого ступеня випарювання;
- Мах і min рівень у сепараторі другого ступеня випарювання;
- Мах і min рівень у збірнику аміачної води;
- Мах і min рівень у збірнику карбаміду;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.14.01.ПЗ

Прилади й засоби автоматизації наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Відомість приладів

№ поз. за схемою	Вимірюваний параметр	Назва і тип приладу	Технічні характеристики
1	2	3	4
1-1	Температура плаву карбаміду у випарнику першого ступеня випарювання поз.1	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 - +600 °С
1-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20	Шкала 0 - 200 °С Клас точності 0,25
2-1	Витрата плаву карбаміду на випарювання	Діафрагма камерна ДКЗ – 0,5	КТ 1,0
2-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 4 мПа КТ 0,25
2-3		Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
2-4		Бар'єр іскробезпеки МТМ501-04, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
2-5		Виконавчий механізм. «Русг» тип РК-210	Тип НЗ
3-1	Температура в сепараторі першого ступеня випарювання поз.2	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 - +600 °С
3-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20 мА	Шкала 0 - 200 °С Клас точності 0,25
3-3		Бар'єр іскробезпеки МТМ501-04, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
3-4		Виконавчий механізм «Русг» тип РК-210	Тип 113
4-1	Тиск у сепараторі першого ступеня випарювання поз.2	Датчик надлишкового тиску Метран-100ДІ-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 1 мПа КТ 0,25

											Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ						

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
4-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
5-1	Тиск пари у випарнику першого ступеня поз. 1	Датчик надвишкового тиску Метран-100Ди-ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 1 мПа КТ 0,25
5-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
6-1	Температура в сепараторі другого ступеня поз.4	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 + 600 °С
6-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20	Шкала 0 - 200 °С Клас точності 0,25
7-1	Тиск у сепараторі другого ступеня випарювання поз.4	Датчик надлишкового тиску Метран-ІООДІ-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 0,5 мПа КТ 0,25
7-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
8-1	Тиск пари у випарнику другого ступеня поз.3	Датчик надлишкового тиску Метран-ІООДІ-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 2 мПа КТ 0,25
8-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 ма, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
9-1	Рівень у сепараторі другого ступеня випарювання поз.4	Перетворювач вимірювальний буйковий Сапфір 22-ДУ-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Довжина буя 600мм КТ 0,25
9-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
9-3		Бар'єр іскробезпеки МТМ501-04, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.14.01. ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
9-4	Рівень у сепараторі другого ступеня випарювання поз.4	Виконавчий механізм «Руст» тип РК-210	Тип НЗ
10-1	Витрата амводи на зрошення конденсатора поз. 18	Діафрагма камерна ДКС-0,5	КТ 1,0
10-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 4 мПа КТ 0,25
10-3		Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
11-1	Рівень у збірнику амводи поз.6	Перетворювач вимірювальний буйковий Сапфір 22-ДУ-Єх, вихідний	Довжина буя 200мм КТ 0,25
11-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
12-1	Витрата плаву карбаміду на	Діафрагма камерна ДКЗ-0,5	КТ 1,0
12-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 4 мПа КТ 0,25
12-3		Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
13-1	Рівень у збірнику карбаміду поз.7	Перетворювач вимірювальний буйковий - Сапфір 22-ДУ-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Довжина буя 200мм КТ 0,25
13-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4- 20 мА	Клас точності 0,2
14-1	Температура плаву карбаміду після сепаратора першого ступеня поз.2	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 + +600 °С
14-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20	Шкала 0 - 200 °С Клас точності 0,25
15-1	Температура плаву карбаміду після сепаратора другого ступеня поз.4	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 - +600 °С

Арк.

ДП.14.01. ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
15-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багато граничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20 мА	Шкала 0-200 °С Клас точності 0,25
16-1	Витрата аміачної води	Діафрагма камерна ДКЗ-0,5	КТ 1,0
16-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Єх, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 2 мПа КТ 0,25
16-3		Бар`єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
17-1	Концентрація аміаку в плаві карбаміду на грануляцію	Uras 14. «ABB»	Діапазон 0-100 %

КРАВЧУК

					<i>ДП.14.01. ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпечна організація виробничих процесів і праці має особливо велике значення на підприємствах хімічної промисловості, де застосовують або отримують їдкі, отруйні, вогне- і вибухонебезпечні речовини та чимало технологічних процесів, які протікають в умовах високих температур і тисків.

Деякі хімічні реакції при відхиленнях від технологічного режиму або технічних умов на вихідні продукти супроводжуються мимовільним підвищенням температури і тиску. Таким чином, на багатьох хімічних виробництвах існує потенційна небезпека аварій, отруєнь, пожеж і вибухів, запобігання яких у великій мірі залежить від суворого дотримання виробничої дисципліни.

Основними складовими частинами охорони праці є трудове законодавство, техніка безпеки, виробнича санітарія і протипожежна техніка. Трудове законодавство регламентує питання трудового права; техніки безпеки і виробничої санітарії, які направлені на забезпечення здорових і безпечних умов праці; протипожежної техніки.

Дотримання правил техніки безпеки у виробництві карбаміду, що є вибухо- і пожежебезпечним - неодмінна умова безпечної роботи і безаварійного протікання всіх технологічних процесів.

### 4.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожеже- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та добуто у виробництві, яке проектується

Основні фізико-хімічні властивості речовин вживаних і таких, що утворюються у виробництві карбаміду представлені в табл. 4.1, показники

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кравчук М.С.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Ожередова М.А.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В. Даля, гр. ТНР-19дм</i>		

вибухо- і пожеженобезпеки в табл. 4.2 [24], характеристика токсичності в табл. 4.3. [11, 25].

Таблиця 4.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва речовини	Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
1	2	3	4	5	6	7
1	Аміак	NH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{H-N-H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	газ	- 77,7	- 33,4
2	Діоксид вуглецю	CO <sub>2</sub>	O=C=O	газ	- 56,6	-78,6
3	Нітроген	N <sub>2</sub>	N≡N	газ	-210	-195,8
4	Карбамід	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{O}=\text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	твердий	132,7	--
5	Оксиген	O <sub>2</sub>	O=O	газ	-218,4	-182,9

Таблиця 4.2 – Показники вибухо- і пожеженобезпеки

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

Таблиця 4.3 – Характеристика токсичності

№ п/п	Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично допустима концентрація				Засоби індивідуального захисту	
				в повітрі, мг/м <sup>3</sup>			в воді, мг/л		
				робочої зони	Населеного пункту		ГДК		ГПК
максимально разова	середньодобова								
1	Аміак	4	При невеликих концентраціях дратує верхні дихальні шляхи і очі, викликає задуху і сльозотечу. У високих концентраціях порушує центральну нервову систему, викликає судоми	20	0,2	0,04	0,5	2,0	Фільтруючий промисловий протигаз марки «КД» (сіра коробка) або марки «М» (червона коробка), ізолюючі "ПШ-1", "ПШ-2"
2	Діоксид вуглецю	3	Володіє наркотичною і задушливою дією. При великих концентраціях спостерігається головний біль, шум у вухах, прискорене серцебиття, збільшення кров'яного тиску, запаморочення, непритомність	3000	5	3			Протигаз марки «М», ізолюючі "ПШ-1", "ПШ-2"
3	Карбамід	4	Викликає подразнення шкіри	10	0,5				Протигаз марки "М" або "КД"
4	Плав карбаміду	4	Викликає термічні опіки й роздратування шкіри. Служить джерелом отруєння внаслідок виділення NH <sub>3</sub> й CO <sub>2</sub> .	20 (за NH <sub>3</sub> )	0,2				Протигаз марки "М" або "КД"

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.14.01.ПЗ

Арк.



## 4.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

Небезпечними чинниками технологічного процесу, які можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж, отруень, виробничого травматизму можуть бути наступні [11]:

1) наявність шкідливих речовин (аміак, діоксид вуглецю, карбамідоформальдегідна смола, нітроген, карбамід);

*Аміак* – безбарвний газ з різким запахом нашатирного спирту, в 1,7 рази легший за повітря, добре розчиняється у воді. Розчинність його у воді більше, ніж всіх інших газів: при 20 ° C в одному об'ємі води розчиняється 700 об'ємів аміаку. Горючий газ. Горить при наявності постійного джерела вогню (при пожежі). При горінні виділяє азот і водяну пару. Газоподібна суміш амоніаку з повітрям (при концентраціях в межах від 15 до 28% за об'ємом) вибухонебезпечна.

За фізіологічною дією на організм відноситься до групи речовин задушливої і нейротропічної дії, здатні при початковому ураженні викликати токсичний набряк легенів і важке ураження нервової системи. Пари амоніаку сильно подразнюють слизові оболонки очей та органів дихання, а також шкірні покриви. Викликають при цьому рясну сльозотечу, біль в очах, хімічний опік кон'юнктиви і рогівки, втрату зору, напади кашлю, почервоніння та свербіж шкіри. При зіткненні зрідженого амоніаку і його розчинів з шкірою виникає печіння, можливий хімічний опік з бульбашками, виразками. Крім того, зріджений амоніак при випаровуванні охолоджується, і при зіткненні з шкірою виникає обмороження різного ступеня. Запах амоніаку відчувається при концентрації 37 мг/м<sup>3</sup>.

Гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони виробничого приміщення становить 20 мг/м<sup>3</sup>. Отже, якщо відчувається запах амоніаку, то працювати без засобів захисту вже небезпечно. Роздратування зіва проявляється при вмісті амоніаку в повітрі 280 мг/м<sup>3</sup>, очей - 490 мг/м<sup>3</sup>. При дії

									ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

в дуже високих концентраціях амоніак викликає ураження шкіри: 7-14 г/м<sup>3</sup> - еритематозний, 21 г/м<sup>3</sup> і більше - бульозний дерматит. Токсичний набряк легенів розвивається при впливі амоніаку протягом години з концентрацією 1,5 г/м<sup>3</sup>. Короткочасна дія амоніаку в концентрації 3,5 г/м<sup>3</sup> і більше швидко призводить до розвитку загальнотоксичну ефектів. Гранично допустима концентрація аміаку в атмосферному повітрі населених пунктів дорівнює: середньодобова 0,04 мг/м<sup>3</sup>; максимальна разова 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

*Диоксид вуглецю* призводить до гострого отруєння. При вдиханні 0,25 – 1% CO<sub>2</sub> змінюються функції подиху і кровообігу, при вмісті 2,5 – 5% CO<sub>2</sub> викликає головний біль, підвищення кров'яного тиску, роздратування верхніх дихальних шляхів. При вмісті в атмосфері 7% CO<sub>2</sub> відчувається пітливість, шум у вухах, запаморочення, блювота, зниження температури тіла, порушення зору, поразка головного і спинного мозку. При вдиханні більш високих концентрацій CO<sub>2</sub> може наступити смерть від зупинки подиху. При дії на шкіру з'являється почервоніння, поколювання, відділення поту (при високих концентраціях).

*Карбамід* - являє собою білі або безбарвні кристали без запаху, легко розчинні в полярних розчинниках: воді, спирті, рідкому амоніаку, сірчистому ангідриді. Розчиняється в неполярних розчинниках (алкани, хлороформ). Щільність 1,32 г/см<sup>3</sup>. Карбамід - вельми реакційноздатна сполука; утворює комплексні сполуки з багатьма речовинами, наприклад з перекисом водню, з нормальними насиченими вуглеводнями. В організм людини може проникати через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, не викликаючи при цьому гострого токсичної дії. Тривале вдихання пилу карбаміду у високих концентраціях призводить до розвитку хронічного запалення слизової оболонки трахей і бронхів (трахеобронхіти), змін функції печінки та нирок.

Розчин карбаміду концентрацією 10 – 40 % може викликати подразнення шкіри. Конденсат сокової пари, що містить до 4 % NH<sub>3</sub>, діє подразнюючи на слизові оболонки, може викликати отруєння, ГДК у повітрі

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочої зони – не більше 22 мг/м<sup>3</sup>. Пара високої температури може викликати термічні опіки.

*Карбамідо-формальдегідна смола* викликає подразнення шкіри, слизових оболонок і верхніх дихальних шляхів. Тривале вдихання пари формальдегіду може викликати хронічне захворювання. ГДК формальдегіду в повітрі робочої зони виробничих приміщень – 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Плав карбаміду, отриманий в апаратах вузла випарювання з температурою 135-140 °С, може викликати хімічні й термічні опіки, а також отруєння через присутність в ньому NH<sub>3</sub>. Пил карбаміду викликає подразнення дихальних шляхів, шкіри. Гранично допустимі концентрації пилу в повітрі робочої зони – не більше 10 мг/м<sup>3</sup>.

*Нітроген* - газ без запаху та кольору, не горить і не підтримує горіння. Щільність 1,25 г/дм<sup>3</sup>. Мало розчинний у воді. Азот оказує задушливу дію на організм людини при недоліку кисню.

2) експлуатація обладнання й трубопроводів під високим тиском і високою температурою

4) електричною енергією високої напруги, 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) наявність газів, які в суміші з киснем повітря можуть утворювати вибухонебезпечні концентрації 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.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3 Класифікація і категорійність проектного виробництва і його приміщень

Класифікація й категорія виробництва карбаміду, що проектується відповідно до встановлених норм і правил представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Класифікація й категорія вибухо- і пожеженебезпеки відділень виробництва карбаміду

Найменування відділення	Категорія вибухонебезпеки згідно з НАПБ Б.03.002-2007	Класифікація за правилами пристрою електроустановки (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 безпекою
Відділення синтезу	Б	В-Іг	ІА-ТІ	ІІб	з підвищеною безпекою
Відділення дистиляції	Б	В-Іг	ІА-ТІ	ІІб	з підвищеною безпекою
Відділення грануляції	В	Г-Іа	не категоризується	ІІг	з підвищеною безпекою
Відділення компресії вуглекислоти	Д	В-Іб	не категоризується	Іа	з підвищеною безпекою
Підземний резервуар	Б	В-Іг	ІА-ТІ	ІІб	з підвищеною безпекою
Склад карбаміду	Д	В-Іб	не категоризується	Іа	з підвищеною безпекою

Виробництво карбаміду за категорією вибухо- і пожеженебезпеки відноситься до приміщень із категорією Б, В та Д, 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.

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

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.

Роботи, які виконуються на ділянці за енерговитратами організму відносяться до категорії середньої важкості. Відповідно з ДСТУ 12.1.005-88 вибираємо оптимальні параметри мікроклімату й зводимо їх в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – 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°C	0,2	0,3
Середньої важкості	Теплий	20-23	19-25	40-60	75 при 26°C	0,2	0,2

#### 4.4 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

##### *Вентиляція*

Вентиляція необхідна для забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря на робочих місцях [11].

Оскільки основне обладнання виробництва знаходиться поза приміщення, то розрахунок проводиться для центрального пункту управління, габаритні розміри якого складають: довжина - 15 м, ширина - 10 м, висота - 3,5 м.

Кратність повітряобміну в ЦПУ повинно бути від 6 до 10. В цьому випадку кількість повітря, яке необхідно подати в приміщення, визначається за формулою:

$$W = k \cdot V, \quad (4.1)$$

де  $k = 8 \text{ год}^{-1}$  - кратність об'єму повітря об'єму,

$V = 15 \cdot 10 \cdot 3,5 = 525 \text{ м}^3$  - об'єм приміщення,

$$W = 7 \cdot 525 = 3675 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Виходячи з даної кількості повітря, яку необхідно подати в приміщення, вибираємо [23] вентилятор звичайного виконання (для приміщень неагресивних середовищ із температурою не вище  $150^{\circ}\text{C}$ , які не містять летких речовин; вміст пилу і інших твердих речовин не перевищує  $150 \text{ мг}/\text{м}^3$ ), типу В-Ц-4-70 (перше виконання – безпосередній привід від електродвигуна).

Характеристики вентилятора [23]:

- продуктивність,  $\text{м}^3/\text{год}$ . – 3700;
- номер вентилятора – 5,00;
- напір, мм. вод. ст. – 31;
- частота обертання, об/хв. – 1000.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електродвигун:

- тип – 4А80 А6;
- потужність, кВт – 0,75.

#### Опалення виробничих приміщень

Опалювання центральних пультів керування, операторних та адміністративних приміщень здійснюється від пунктів тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовують радіатори.

Розрахункова кількість тепла для таких приміщень визначається за формулою:

$$Q = q \cdot F \cdot (1 + K), \text{ Вт} \quad (4.2)$$

де  $q$  - укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалення  $1 \text{ м}^2$  приміщення; для Сіверсько-Донецького басейну при зовнішній температурі в зимовий період мінус  $20 \text{ }^\circ\text{C}$   $q=152 \text{ Вт/м}^2$ ;

$F$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$K$  – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення; (приймається рівним 0,34).

$$F = a \cdot c = 15 \cdot 10 = 150 \text{ м}^2$$

де  $a$  – довжина приміщення, м;  $a = 15 \text{ м}$ ;

$c$  – ширина приміщення, м;  $c = 10 \text{ м}$ .

$$Q = 152 \cdot 150 \cdot (1 + 0,34) = 30552 \text{ Вт}$$

Площа поверхні опалювальних пристроїв (радіаторів) визначається за формулою:

$$H = \frac{Q}{506} \quad (4.3)$$

$$H = \frac{30552}{506} = 60,38 \text{ екм} = 49,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо загальне число секцій 86 (14 радіаторів по 12 секцій).

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

За результатами розрахунку площі поверхні нагріву радіаторів, обираємо [23] радіатор марки М – 140 АО: площа поверхні нагріву однієї секції – 0,299 м<sup>2</sup> або 0,35 екм (0,299 · 168 = 50,2 м<sup>2</sup>), об'єм – 4,1 м<sup>3</sup>.

#### *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<sup>-1</sup>.

Тип відцентрового вентилятора В-ЦП 7-40, №8 (6-го виконання): продуктивність 5 тис. м<sup>3</sup>/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 природне й штучне освітлення. В денний час виробничі приміщення освітлюються природним світлом. Природне сонячне світло характеризується в літню пору рівномірністю освітлення, невисокою середньою яскравістю на одиницю площі, зміною освітленості протягом доби. Природне освітлення може бути бічним, верхнім і комбінованим.

Приміщення для контрольно-вимірювальних приладів відносять до III розряду зорової роботи (точні роботи). Напруга в мережі 220 В, потужність лампи 220 Вт, тип світильника - світильник розсіяного світла. Висота підвісу світильника 1,2 м.

Для будівель хімічних виробництв світловий коефіцієнт приймається рівним 1/6-1/5.

Площа віконних отворів:

$$S_{\text{вік}} = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_n \quad (4.4)$$

де  $S_n$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ



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

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

Габарити вікна: ширина – 2 м, висота – 2,5 м, площа вікна – 5,5 м<sup>2</sup>.

Кількість віконних отворів, необхідних для нормального освітлення, визначається як відношення сумарної площі віконних отворів до площі одного вікна:

$$n_{\text{вік}} = S_{\text{вік}} / S_{\text{вікна}} \quad (4.5)$$

$$n_{\text{вік}} = 30 / 5,5 = 5,45 \approx 6 \text{ вікон.}$$

#### *Розрахунок штучного освітлення*

Штучне освітлення передбачається в приміщеннях при недостатності природного освітлення. Розрахунок загального штучного освітлення приміщення ЦПУ складається з розрахунку кількості світильників і розробки схеми їх розміщення.

Для розрахунків обираємо тип світильника: відкритий люмінесцентний Од з лампами білого світла (Бд), діаметр трубки  $d = 38$  мм, довжина трубки  $l = 1198$  мм, світловий потік  $\Gamma = 1720$  лм. У люмінесцентних світильниках з лампами білого світла (ЛБ), як правило, встановлюють більш за одну лампу, а саме, по дві, три і навіть по чотири.

Число джерел світла, яке потрібне для освітлення приміщення ЦПУ, визначається за методом світлового потоку за формулою:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot k}{F \cdot u \cdot z}, \quad (4.6)$$

$E = 200$  лк - мінімально припустима освітленість робочих приміщень [11];

$F =$  світловий потік лампи, лм;  $F = 1720$  лм (потужність лампи  $W = 40$  Вт, напруга в мережі  $V = 220$  В) [11];

$k = 1,5$  - коефіцієнт запасу [11];

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$z$  = поправочний коефіцієнт, який залежить від конструкції стандартного світильника;  $Z=1,1$  [11];

$U$  - коефіцієнт використання освітлювальної установки, що залежить від показника освітлення :

Для люмінесцентних ламп  $U = 1$

Число світильників:

$$n = \frac{200 \cdot (15 \cdot 10) \cdot 1,5}{1720 \cdot 1 \cdot 1,1} = 23,78$$

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (4.8)$$

де  $n$  – розрахункова кількість світильників для освітлення приміщення ЦПУ;

$$n = 24,$$

$W = 40$  Вт - потужність однієї лампи,

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

Потужність електроосвітлювального пристрою:

$$N = \frac{24 \cdot 40 + 0,2 \cdot 24 \cdot 40}{1000} = 1,15 \text{ кВт}$$

Схема розміщення світильників на ЦПУ приведена на рис. 4.1.

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

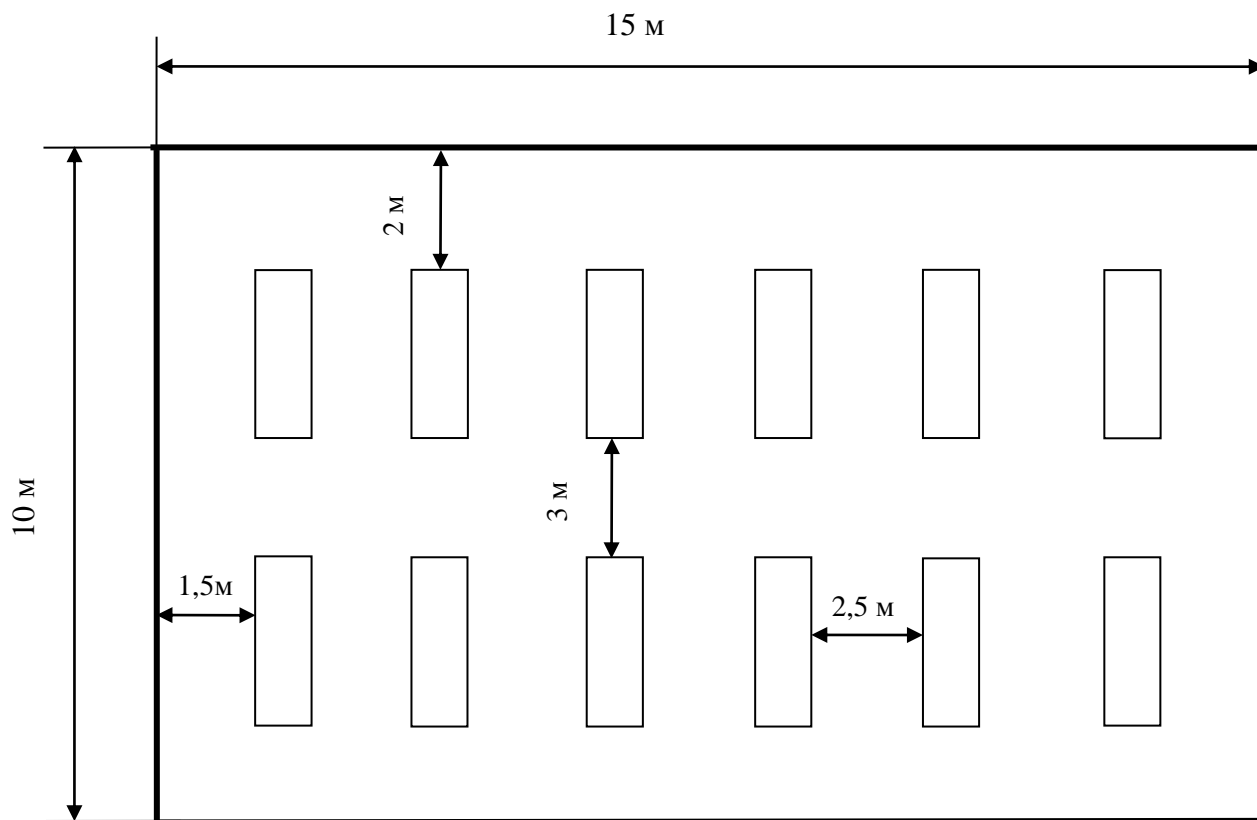


Рис. 4.1 Схема розташування світильників на ЦПУ

*Методи 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.

Для зниження шуму огороджують гучні механізми звукоізолюючими кожухами, екранами й перетинами із гладкого матеріалу, що відбиває звук, облицьовують стелю й стіни приміщень матеріалами, що вбирають звук.

Для усунення або зменшення вібрації машин й обладнання, шуму, що виникає при їх роботі, існують різні методи [11]:

- тверде кріплення віброуючих деталей і вузлів;

- амортизація й віброізоляція за допомогою сталевих пружин і пружинних матеріалів;
- балансування деталей і механізмів, що рухаються й особливо обертаються;
- ізоляція й збільшення маси фундаменту обладнання;
- застосування динамічних віброносіїв.

Для захисту органів слуху від шуму необхідно користуватися проти шумними навушниками або проти шумними вкладишами «Беруші», які вставляють у вушні раковини. Для користування проти шумними вкладишами «Беруші» необхідно взяти два вкладиша, скласти кожен за діагоналлю три рази або згорнути конусом і щільно вкласти у вухо [11].

Для захисту від вібрації, переданої людині через ноги, рекомендується носити взуття на повстяній або товстій гумовій підошві [11]. Для захисту рук від впливу локальної вібрації застосовують рукавиці або рукавички зі спеціальними віброзахисними пружно деформуючими вкладишами, які повністю виготовлені з віброзахисного матеріалу, а також віброзахисні прокладки або платформи, які забезпечують контакт ногами до руки.

**КРАВЧУК**

#### *Методи захисту від статичної електрики*

На виробництві застосовують колективні й індивідуальні методи захисту від статичної електрики.

До засобів колективного захисту відносяться: пристрої, що заземляють, пристрої, що зволожують, антиелектростатичні речовини, нейтралізатори, пристрої, що екранують.

До засобів індивідуального захисту відносяться: спеціальний антиелектростатичний одяг і взуття, антиелектростатичні пристосування (кільця, браслети), антиелектростатичні засоби захисту рук.

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

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- 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.

#### *Заходи електробезпеки*

Для забезпечення електробезпеці застосовують окремо або в сполученні один з іншим наступні технічні способи і засоби [27]: захисне заземлення; занулення; вирівнювання потенціалів; малу напругу; ізоляція струмоведучих частин; електричний поділ мереж; огорожувальні устрої; блокування; попереджувальну сигналізацію; знаки безпеки; електрозахисні засоби.

Визначаємо опір з'єднаного заземлення [73]

$$R_{ззн} = \frac{R_3 \cdot R_c}{R_n \cdot n \cdot \eta_c + R_3 \cdot \eta_c} \leq 4 \text{ Ом}, \quad (4.9)$$

де  $R_3$  – опір заземлюючого пристрою,

$R_c$  – опір смуг заземлення,

$\eta_3 = 0,5$  – коефіцієнт екранування заземлення,

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

$n$  - кількість заземлень.

Опір заземлюючого пристрою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (4.10)$$

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

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

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ					

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

$n$  - кількість заземлень,

$d = 0,01$  м - діаметр пристрою, що заземляє,

$t = 6/2+0,5=3,5$  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:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'} \quad (4.11)$$

де  $L = 100$  м – довжина смуги,

$b = 0,03$  м - ширина смуги,

$t' = 0,5$  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 заземляються

$$n = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot \eta_c} \quad (4.12)$$

$$n = \frac{2 \cdot 40,5}{4 \cdot 0,6} = 40,5 \text{ шт}$$

Приймаємо 41 пристрій.

Опір захисного заземлення:

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

Оскільки загальний опір пристрою, що заземляє, менше 4 Ом, розраховане заземлення придатне до експлуатації для захисту виробничої будівлі від поразки електричним струмом.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.5 Заходи пожежної безпеки

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

- 1) не допускати застосування відкритого вогню та проведення газоелектрозварювань робіт без оформлення дозволу на вогняні роботи та підготовку робочого місця;
- 2) стежити, щоб пальні та мастильні матеріали зберігалися тільки в спеціально відведеному для цього місці;
- 3) не дозволяти зберігання балонів зі стислими газами на робочому місці;
- 4) вчасно проводити планово-попереджувальний ремонт устаткування, що працює під тиском;
- 5) щоб уникнути гідравлічних ударів відкривати запорну арматуру повільно та плавно;
- 6) обігрів за керзіди і дрксталізоалити трубопроводів робити парою або гарячою водою;
- 7) всі апарати повинні бути оснащені необхідними контрольно-вимірювальними приладами, запобіжними клапанами, оглядовим склом, ліхтарями;
- 8) не допускати скидання пожеженебезпечних продуктів у мережі каналізації.

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;

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

– 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.

Приміщення ЕОМ, ЦПУ і кабельні тунелі забезпечені автоматичними установками пожежегасіння. Агрегати обладнані первинними засобами пожежегасіння: для виробничих будівель (споруд категорії А і Б) на кожні 400-500 м<sup>2</sup> встановлені два вуглекислотних вогнегасники і чотири пінних, ящик з піском, повсть. Додатково на кожні 1000-1500 м<sup>2</sup> у апаратів з ЛВЖ встановлено один стаціонарний ОВПУ-250.

КРАВЧУК

											Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

ДП.14.01.ПЗ



## 5 КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Компонування технологічного обладнання та планування виробничих будівель і споруд повинні відповідати технологічній схемі процесу, в якій передбачені безперервність потоку, відсутність зустрічних рухів, механізація і автоматизація процесів.

Компонування технологічного обладнання проводиться за критеріями компактності, часу обслуговування з умов забезпечення заданого технологічного процесу обробки виробу. При знаходженні оптимального планувального рішення цеху в якості елементів будуть використовуватися знайдені компонувальні рішення технологічних ділянок, автоматичних ліній, гнучких виробничих комплексів.

Схема компонування технологічного обладнання є вихідною документацією для розробки проектів будівельної, сантехнічної, електротехнічної частин проекту, проекту прокладки трубопроводів та ін. Сукупність компонування обладнання, технологічної та монтажної частин проекту становить основу проекту виробничої будівлі на підприємстві.

В залежності від розмірів існуючої будівлі, в якій передбачається розміщення обладнання, компонування технологічної лінії може бути вертикальним (розміщення обладнання на декількох поверхах) або горизонтальним, коли основне обладнання розміщено на одному рівні. Однак і при горизонтальному компонуванні висота розміщення окремих елементів може досягати 6-7 м.

При виборі горизонтальної або вертикальної компоновки обладнання для нового виробництва слід враховувати їх переваги і недоліки. Так, при вертикальній компоновці потрібно менше виробничих площ, менше обладнання для транспортування сировини, коротший шлях переміщення

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розраб.</i>		<i>Кравчук М.С.</i>			<i>Компоновка технологічного обладнання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Кер. пр.</i>		<i>Ожередова М.А.</i>						
<i>Перівір.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В. Даля, ТНР-19дм</i>		

сировини і готової продукції, менше «застійних зон», де може залишатися і псуватися сировина, але гірші умови для монтажу і демонтажу обладнання, поточного обслуговування виробничої лінії.

Відповідно, при горизонтальному компоюванні простіше монтаж, поточне обслуговування та управління лінією, однак потрібно більше транспортних механізмів, необхідні великі виробничі площі і більша земельна ділянка для будівництва.

Цех з виробництва карбаміду має у своєму складі закриті, відкриті, змішані виробничі будівлі та споруди, майданчики. У даному дипломному проекті прийнято змішаний варіант компоювки.

У порівнянні з відкритим варіантом закритий має ряд суттєвих недоліків: більш високу вартість будівельних споруд, наявність громіздких вентиляційних систем, більш складний монтаж, й особливо демонтаж устаткування.

Тому при проектуванні частина апаратів розташована поза будівлями, в будівлі знаходиться найбільше складів (в основному машинне) устаткування, яке потребує безперервного спостереження (насоси, компресори).

Процес виробництва карбаміду пов'язано з переробкою агресивних середовищ, що легко кристалізуються. Тому при розміщенні устаткування передбачається максимально можливе скорочення довжини комунікацій, а також ураховуються вимоги безпечної експлуатації, зручності обслуговування і проведення ремонтних робіт.

Найкраща компактність виробництва досягається при розміщенні устаткування в багатоповерхових корпусах з використанням принципу висотної потоковості продуктів, що переробляються.

Оскільки виробництво, що проектується, вибухо- і пожежонебезпечне, а сировина і продукти мають токсичні властивості, то для експлуатації потрібна складна безвідмовна примусова система вентиляції з багатократним обміном повітря протягом години. Такому виробництву, як правило, пред'являють особливі вимоги і до рішення будівельної частини. Розміщення

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

устаткування зовні будівлі, на відкритому майданчику, має важливе значення.

Основне технологічне устаткування вузла випарювання у виробництві карбаміду розташовано на металевих етажерках, установлених на залізобетонному фундаменті.

Між відмітками 54 м та 61,2 м розташовано: випарники та сепаратори I та II ступеню випарювання поз. 1ВП, 2С. 3ВП, 4С, перший ежектор II ступеню випарювання поз. 12 ЕЖ, скруббер поз. 12 СК.

Для зручності обслуговування та ремонту устаткування передбачені аварійні сходи і площадки.

КРАВЧУК

					ДП.14.01.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

В Україні охорона навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів завжди належала до найважливіших 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.

Збереження навколишнього середовища в останні роки стало однією з найважливіших проблем людства. Це пов'язано з швидким зростанням народонаселення Землі, яке з початку століття збільшилася з 1,5 до 5 млрд., осіб, а також ще більш швидким збільшенням видобутку та переробки природних ресурсів. В сучасних умовах енергетичні потужності в світі подвоюються кожні 12 років, а обсяг промислової продукції – кожні 15 років. Зростання промисловості супроводжується утворенням значної кількості відходів, так як у виробництві промислової продукції витрачається 1/3 споживаних сировинних ресурсів, а 2/3 втрачається у вигляді побічних продуктів і відходів. Посилення техногенного впливу на природне середовище вже породило ряд екологічних проблем. Найгостріші з них пов'язані зі станом атмосфери, гідросфери і літосфери.

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

Завдання екології як науки [32]:

- дослідження закономірності організації життя;
- створення наукової основи раціональної експлуатації біологічних ресурсів, прогнозування змін природи під впливом життєдіяльності людини;
- регуляція чисельності популяції;

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Екологія та охорона навколишнього середовища</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Кравчук М.С.</i>						
<i>Кер. пр.</i>		<i>Ожередова М.А.</i>						
<i>Перевірів</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Суворін О.В.</i>						
						<i>СНУ ім. В. Даля, ТНР-19дм</i>		

- розробка систем заходів щодо мінімального застосування хімічних засобів боротьби зі шкідливими видами;
- відновлення порушених природних систем.

Виникнувши як біоекологія, сучасна екологія підрозділяється на 50 різних галузей, які пов'язані з технікою, медициною, економікою. Структурна схема сучасної екології представлена на рис. 6.1.

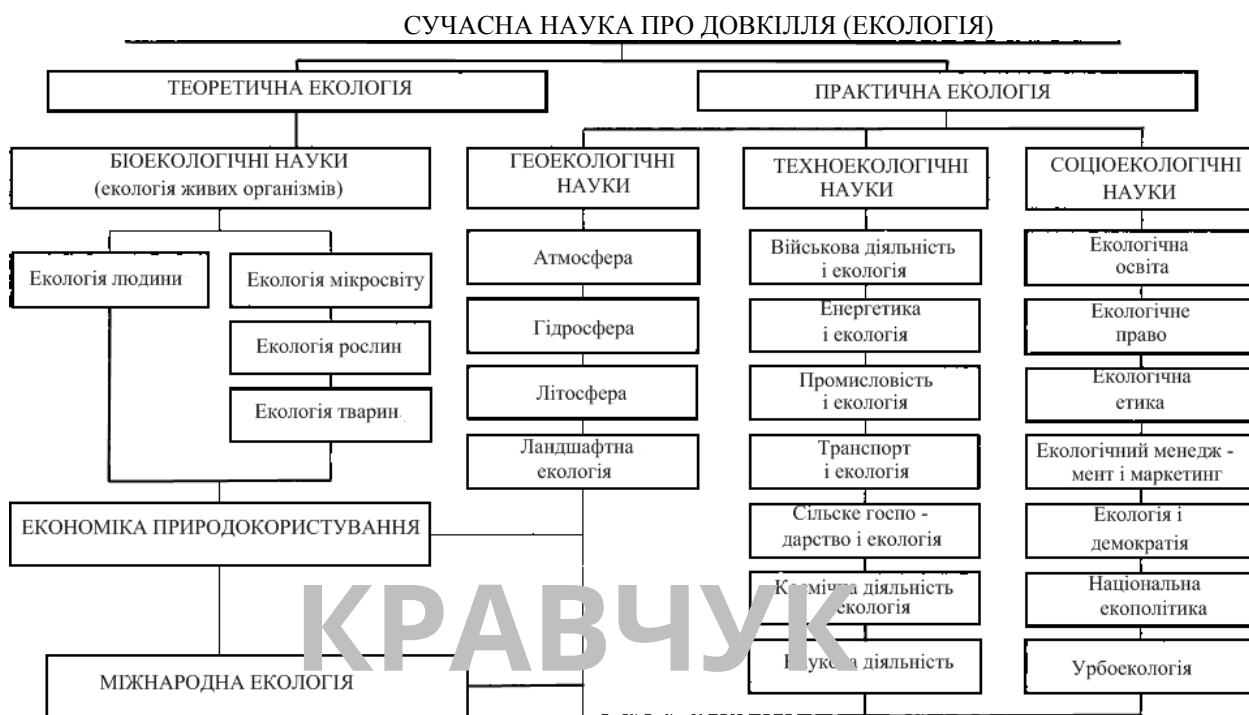


Рис. 6.1 – Структурна схема науки про довкілля.

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 [32]:

- оптимізація технологічних, інженерних, проектно-конструкторських рішень, виходячи з мінімального збитку навколишньому середовищу та здоров'ю людини;

- прогнозування і оцінка можливих негативних наслідків підприємств, що проектується, 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.

### 6.1 Характеристика джерел утворення відходів

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

У табл. 6.1 наведені дані по викидах в атмосферу в проектуваному виробництві [11].

Таблиця 6.1 - Викиди в атмосферу у виробництві карбаміду

Найменування джерела викиду	Час роботи, год./рік	Кол. шт	Параметри джерела		Найменування речовини	СДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрація, мг/м <sup>3</sup>		Обсяг викиду, м <sup>3</sup> /год.
			Висота, м	Діаметр, м			max	середня	
Свіча скрубера	8000	1	25	0,3	Аміак	20	162	152	42,16
Очисний пристрій гранбашти	8000	1	80	5,43	Аміак	20	37,7	35,8	379080
Промивна колона	8000	1	25	0,8	Пил карбаміду	10	115,3	111	8892
Мокрий циклон	8000	1	42	0,6	Пил карбаміду	10	117,8	109	5508

## 6.2 Вплив забруднювачів базового об'єкту на атмосферу, літосферу, гідросферу, рослинний і тваринний світ, людину

### 6.2.1 Вплив на людину

Карбамід викликає подразнення шкіри, а також може викликати термічні опіки. Його розчин концентрацією 10 – 40 % може викликати подразнення шкіри. Конденсат сокової пари, що містить до 4 % NH<sub>3</sub>, діє подразнюючи на слизові оболонки, може викликати отруєння, ГДК у повітрі робочої зони – не більше 22 мг/м<sup>3</sup>. Пара високої температури може викликати термічні опіки.

Плав карбаміду, отриманий в апаратах вузла випарювання з температурою 135-140 °С, може викликати хімічні й термічні опіки, а також отруєння через присутність в ньому NH<sub>3</sub>. Пил карбаміду викликає подразнення дихальних шляхів, шкіри. Гранично допустимі концентрації пилу в повітрі робочої зони – не більше 10 мг/м<sup>3</sup>.

Аміак за фізіологічною дією на організм відноситься до групи речовин задушливої і нейротропічної здатності. При глибокому ураженні викликати токсичний набряк легенів і важке ураження нервової системи. Пари аміаку сильно подразнюють слизові оболонки очей та органів дихання, а також шкірні покриви. Викликають при цьому рясну сльозотечу, біль в очах, хімічний опік кон'юнктиви і рогівки, втрату зору, напади кашлю, почервоніння та свербіж шкіри. При зіткненні зрідженого аміаку і його розчинів з шкірою виникає печіння, можливий хімічний опік з бульбашками, виразками. Крім того, зріджений амоніак при випаровуванні охолоджується, і при зіткненні з шкірою виникає обмороження різного ступеня. Запах аміаку відчувається при концентрації 37 мг/м<sup>3</sup>.

Гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони виробничого приміщення становить 20 мг/м<sup>3</sup>. Отже, якщо відчувається запах аміаку, то працювати без засобів захисту вже небезпечно. Роздратування зіва

										ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

проявляється при вмісті аміаку в повітрі 280 мг/м<sup>3</sup>, очей - 490 мг/м<sup>3</sup>. При дії в дуже високих концентраціях аміак викликає ураження шкіри: 7-14 г/м<sup>3</sup> - еритематозний, 21 г/м<sup>3</sup> і більше - бульозний дерматит. Токсичний набряк легенів розвивається при впливі аміаку протягом години з концентрацією 1,5 г/м<sup>3</sup>. Короткочасна дія амоніаку в концентрації 3,5 г/м<sup>3</sup> і більше швидко призводить до розвитку загальнотоксичну ефектів. Гранично допустима концентрація аміаку в атмосферному повітрі населених пунктів дорівнює: середньодобова 0,04 мг/м<sup>3</sup>; максимальна разова 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Діоксид вуглецю призводить до гострого отруєння. При вдиханні 0,25 – 1% CO<sub>2</sub> змінюються функції подиху і кровообігу, при вмісті 2,5 – 5% CO<sub>2</sub> викликає головний біль, підвищення кров'яного тиску, роздратування верхніх дихальних шляхів. При вмісті в атмосфері 7% CO<sub>2</sub> відчувається пітливість, шум у вухах, запаморочення, блювота, зниження температури тіла, порушення зору, поразка головного і спинного мозку. При вдиханні більш високих концентрацій CO<sub>2</sub> може наступити смерть від зупинки подиху. При дії на шкіру з'являється почервоніння, поколювання, відділення поту (при високих концентраціях).

У людей, що працюють в 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.

## 6.2.2 Вплив на тваринний світ

На організм тварин шкідливі викиди впливають подразнюючи, навіть смертельно.

Тваринний мир 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

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ					





- 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.

### 6.3.1 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 [11]:

- 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 (Ан2620), 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<sup>3</sup> 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 АнСа2625. При підвищенні вмісту  $NH_3$  до 20 мг/м<sup>3</sup> включається аварійна вентиляція. Одночасно включається світлова

										ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

сигналізація на ЦПУ і в операторній насосної, звукова сигналізація в приміщенні насосної.

### 6.3.2 Захищення водоєм від стічних вод

Для переробки та очищення аміачної води, що утворилася на різних стадіях і вузлах одержання карбаміду, передбачаються вузли десорбції та гідролізу [11]. У цих вузлах у результаті гідролізу карбаміду, що міститься в аміачній воді, і десорбції  $\text{NH}_3$  і  $\text{O}_2$  з водного розчину, відбувається очищення стічної води перед відкачкою її в цех НОПС і повернення  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ , що не прореагували у вигляді розчину вуглеамонійних солей у процес. Масова концентрація в стічній воді карбаміду – не більше  $300 \text{ мг/дм}^3$ , азоту амонійного – не більше  $65 \text{ мг/дм}^3$ .

### 6.3.3 Методи боротьби з пилом

Для боротьби з пилом та виловлюванням пилу здійснюється [11]:

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

Для захисту органів подиху від  $\text{NH}_3$  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.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

## 6.4 Розрахунок ГДВ

Максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини розраховують по формулі [32]:

$$C_m = \frac{A \cdot \text{ГДВ} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (6.1)$$

де  $A=200$  - 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 слабонерівничої місцевості з перепадом висот, які не перевищують 50 м на 1 км;

$H=25$  м - висота джерела викиду над рівнем землі (табл. 6.1);

$V_1=42,16$  м<sup>3</sup>/год - витрата газоповітряної суміші (табл. 6.1);

$\Delta T=80-20=60$  °С- різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається та температурою навколишнього атмосферного повітря;

Середня швидкість виходу газоповітряної суміші з устя джерела викиду:

$$w_0 = \frac{V_1}{0,785 \cdot D^2}, \quad (6.2)$$

де  $D=0,3$  м - діаметр устя джерела викиду (табл. 6.1),

$$w_0 = \frac{42,16 / 3600}{0,785 \cdot 0,3^2} = 0,17 \text{ м/с}$$

Для розрахунку коефіцієнтів  $m$  і  $n$  попередньо розрахуємо допоміжні параметри:

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f = \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \cdot 1000 \quad (6.3)$$

$$f = \frac{0,17^2 \cdot 0,3}{25^2 \cdot 60} \cdot 1000 = 0,0002$$

$$U_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (6.4)$$

$$U_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,012 \cdot 60}{25}} = 0,2$$

$$m = \frac{1}{0,65 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (6.5)$$

$$m = \frac{1}{0,65 + 0,1 \cdot \sqrt{0,0002} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,0002}} = 1,49$$

При  $U_m \leq 0,3$   $n = 3$

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

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot n \cdot r} \quad (6.6)$$

де ГДК – гранично допустима концентрація забруднюючих речовин у повітрі робочої зони,

$C_\phi$  – фонова концентрація шкідливої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

$$ГДВ = \frac{(20 - 0) \cdot 25^2 \cdot \sqrt[3]{0,012 \cdot 60}}{200 \cdot 1 \cdot 1,49 \cdot 0,88} = 53,4 \text{ мг/с} = 0,0534 \text{ г/с}$$

$$C_M = \frac{200 \cdot 0,0534 \cdot 1000 \cdot 1,49 \cdot 1 \cdot 0,88}{25^2 \cdot \sqrt[3]{0,012 \cdot 60}} = 19,9 \text{ мг/м}^3$$

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

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ				

## 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 7.1 Вихідні дані

При проведенні економічного обґрунтування виробництва, що проектується за базу порівняння приймаємо діюче на ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» виробництво карбаміду, планову калькуляцію якого в цінах 2011 р., наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1- Планова калькуляція

Найменування статті витрат	Од. вимір.	Витрати на одиницю продукції		
		Кількість	Ціна	Сума
1	2	3	4	5
<b>НАПІВФАБРИКАТИ</b>				
Смола КФС	кг	2,99999	2,72	8,16
Вуглекислий газ	т.м <sup>3</sup>	0,400003	35,84	14,34
Аміак	т.м <sup>3</sup>	0,577500	1208,62	697,98
<b>Усього напівфабрикати</b>	<b>грн.</b>			<b>720,48</b>
<b>ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ</b>				
Фільтрдіоганаль	м	0,000696	39,23	0,03
<b>Усього доп. матеріалів</b>	<b>грн.</b>			<b>0,03</b>
<b>Усього за відрах. вихідні</b>	<b>грн.</b>			<b>720,51</b>
<b>ЕНЕРГОВИТРАТИ</b>				
Азот технологічний	т.м <sup>3</sup>	0,000599	178,49	0,11
Вода гл/об К636	м <sup>3</sup>	0,100001	10,89	1,09
Очищення промислов.- брудного вуглецю	м <sup>3</sup>	0,890009	7,77	6,92
Повітря техн. середн.	т.м <sup>3</sup>	0,017001	105,65	1,79
Пара технолог.	Гкал	0,663997	143,18	95,07
Вода оборотна	т.м <sup>3</sup>	0,109000	326,19	35,55
Ел. енергія	кВт·год	0,140187	463,80	65,02
<b>Усього енерговитрати</b>	<b>грн.</b>			<b>205,55</b>
<b>ЕНЕРГОВІДХОДИ</b>				
Паровий конденсат	тм <sup>3</sup>	0,249986	3,52	0,88
<b>Усього енерговідходи</b>	<b>грн.</b>			<b>0,88</b>
<b>Усього енерговитрат</b>	<b>грн.</b>			<b>204,67</b>

ДП.14.01.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Кравчук М.С		
Перевірів		Ожередова М.А.		
Консультант				
Н. Контр.				
Затвердив		Суворін .О.В		
Техніко-економічні розрахунки				
			Літ.	Арк.
			Аркушів	
СНУ ім. В. Даля, ТНР – 19дм				

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5
Зарплата основна	грн.			11,52
Нарахування на зарплату	грн.			4,49
Утримування і експлуатація устаткування, у тому числі амортизація	грн. грн.			55,12 19,04
Загальновиробничі витрати	грн.			47,36
Виробнича собівартість	<b>грн.</b>			<b>1043,67</b>
Адміністративно-збутові витрати	грн.			45,98
Повна собівартість	<b>грн.</b>			<b>1089,65</b>

Потужність виробництва – 330000 т/рік

Ціна 1 т карбаміду – 1410 грн.

Вартість устаткування – 90141119 грн.

Вартість будівель і споруд – 7012614 грн.

Загальна чисельність персоналу – 216 чол.,

у тому числі основних робітників – 181 ост.

## 7.2 Організаційно-технічні заходи, що проектуються

З метою зниження витрати пари у випарнику випарного апарату II-го ступеня випарювання пропонується підігрівач з'єднати з випарником випарного апарату I-го ступеня випарювання, що дозволило включити апарат у роботу в режимі випару, тому що в сепараторі випарного апарату I-го ступеня випарювання тиск нижче атмосферного. Попередній підігрів розчину карбаміду перед вузлом випарювання до 140°C проводився в підігрівнику гарячим циркуляційним конденсатом після скрубера.

Впровадження такої схеми підключення підігрівника дозволяє поліпшити режим випарювання на I-ому ступені випарювання, підвищити концентрацію розчину після сепаратора I-го ступеня випарювання й тим самим знизити витрати пари у випарнику випарного апарату II-го ступеня випарювання.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.14.01.ПЗ

### 7.3 Обґрунтування і розрахунок річної виробничої потужності

Розрахунок річної виробничої потужності  $Q$  для виробництва карбаміду визначається за формулою:

$$Q = N \cdot q_{\text{доб}} \cdot T_{\text{еф}}, \quad (7.1)$$

де  $N$  – кількість паралельно працюючих одноіменних одиниць устаткування, шт;  $N = 1$  (колона синтезу);

$q_{\text{доб}}$  – добова продуктивність устаткування, т/добу;

$q_{\text{доб}} = 1000$  т/добу;

$T_{\text{еф}}$  – ефективний фонд робочого часу, діб.

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{к}} - T_{\text{рем}} - T_{\text{техн}}, \quad (7.2)$$

де  $T_{\text{к}}$  – фонд календарного часу, діб;

$T_{\text{рем}}$  – планова сумарна тривалість ремонтних простоїв на протязі року, діб;

$T_{\text{техн}}$  – тривалість технологічних простоїв на протязі року, що рекомендується, діб;

$T_{\text{техн}} = 0$ .

$T_{\text{к}} = 365$  діб.

$T_{\text{рем}} = 35$  діб (за даними графіка ППР, у т.ч. з урахуванням позапланових простоїв).

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

$$Q = 1 \cdot 1000 \cdot 330 \approx 330000 \text{ т/рік карбаміду.}$$

У подальших розрахунках потужність проектного виробництва  $Q_1$  приймаємо на рівні базової потужності  $Q_1 = 330000$  т/рік аміаку.

Індекс зміни річного об'єму виробництва  $I_Q$ :

$$I_Q = Q_1 / Q \quad (7.3)$$

$$I_Q = 330000 / 330000 = 1$$

					<i>ДП.14.01.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 7.4 Розрахунок матеріальних витрат на одиницю продукції

Матеріальні витрати на одиницю продукції в проектованому виробництві при впровадженні нового технічного рішення не змінюються, вони взяті з калькуляції базового виробництва.

У таблиці 7.2 наведено витрати сировини й матеріалів у проектованому виробництві.

Таблиця 7.2 - Матеріальні витрати у проектованому виробництві

Найменування статті витрат	Од. вимір.	Витрати на одиницю продукції		
		Кількість	Ціна	Сума
1	2	3	4	5
<b>НАПІВФАБРИКАТИ</b>				
Смола КФС	кг	2,99999	2,72	8,16
Вуглекислий газ	т.м <sup>3</sup>	0,400003	35,84	14,34
Аміак	т.м <sup>3</sup>	0,577500	1208,62	697,98
<b>Усього напівфабрикати</b>	<b>грн.</b>			<b>720,48</b>
<b>ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ</b>				
Фільтрдіоганаль	м	0,000696	39,23	0,03
<b>Усього доп. матеріали</b>	<b>грн.</b>			<b>0,03</b>
<b>Усього за відрах. в цілому</b>	<b>грн.</b>			<b>720,51</b>

Зміни вартості за статтею "Матеріальні витрати" не відбувається.

### 7.5 Розрахунок вартості енергетичних витрат

Впровадження нового технологічного рішення дозволить скоротити витрати технологічної пари на 0,0121 Гкал на 1 т карбаміду. Енерговитрати на одиницю продукції в базовому виробництві взяті з калькуляції витрат діючого виробництва.

Розрахунок вартості енергетичних витрат наведено в таблиці 7.3.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 - Розрахунок вартості енергетичних витрат

Найменування статті витрат	Од. вимір.	Витрати на одиницю продукції		
		Кількість	Ціна	Сума
<b>ЕНЕРГОВИТРАТИ</b>				
Азот технологічний	т.м <sup>3</sup>	0,000599	178,49	0,11
Вода гл/об К636	м <sup>3</sup>	0,100001	10,89	1,09
Очищення промислов.- брудного вуглецю	м <sup>3</sup>	0,890009	7,77	6,92
Повітря техн. середн.	т.м <sup>3</sup>	0,017001	105,65	1,79
Пара технолог.	Гкал	0,651897	143,18	93,34
Вода оборотна	т.м <sup>3</sup>	0,109000	326,19	35,55
Ел. енергія	кВтгод	0,140187	463,80	65,02
<b>Усього енерговитрати</b>	<b>грн.</b>			<b>203,82</b>
<b>ЕНЕРГОВІДХОДИ</b>				
Паровий конденсат	тм <sup>3</sup>	0,249986	3,52	0,88
<b>Усього енерговідходи</b>	<b>грн.</b>			<b>0,88</b>
<b>Усього енерговитрат</b>	<b>грн.</b>			<b>202,94</b>

Зміна вартості за статтею «Енерговитрати» складе

$$\Delta C_{EB} = 202,94 - 204,67 = - 1,73 \text{ грн./т карбаміду.}$$

#### 7.6 Розрахунок вартості одноразових витрат

Для впровадження теплового рішення, що пропонується необхідно в технологічну схему додатково ввести підігрівач, який необхідно з'єднати з випарником випарного апарату I-го ступеня випарювання, що дозволило включити апарат у роботу в режимі випару.

Розрахунок кошторисної вартості облаштування устаткування, що пропонується наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 - Кошторисна вартість устаткування, що впроваджується

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість, грн.	Додаткові витрати, грн.		Всього кошторисна вартість, грн.
		Транспортні витрати (4%)	Монтаж і установка (20%)	
1. Основне: теплообмінник	137409	5500	27482	170391
Разом				170391

Арк.

ДП.14.01.ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Вартість устаткування діючого виробництва ( $S_0$ ) складає 90141119 грн.

Вартість устаткування виробництва, що проектується:

$$S_1 = S_0 + S_{\text{ввод}} \quad (7.4)$$

$$S_1 = 90141119 + 170391 = 90311510 \text{ грн.}$$

## 7.7 Аналіз зміни собівартості продукції

### 7.7.1 Обґрунтування і розрахунок індексів зміни витрат

З урахуванням заходу, що пропонується, проводиться розрахунок індексів зміни споживання і витрат в послідовності їх використання в аналізі зниження собівартості продукції.

При впровадженні технічного рішення, що пропонується індекс потужності виробництва не змінюється:

КРАВЧУК

Змінюються індекси за калькуляційними статтями:

- за статтею «Енерговитрати» у зв'язку зі зниженням витрат технологічної пари у виробництві, що проектується:

-

$$I_{EB} = \frac{20294}{204,67} = 0,9915$$

- за статтею «Ремонт, утримування і експлуатація устаткування», у тому числі амортизація на відновлення, у зв'язку з впровадженням облаштування устаткування на виробництві, що проектується:

$$I_{PVEV} = \frac{90311510}{90141119} = 1,002$$

За іншим статтями калькуляції індекси зміни витрат не змінюються і приймаються рівними 1.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.14.01.ПЗ				

### 7.7.2 Аналіз зміни собівартості продукції

Розрахунок проводиться за калькуляційними статтями витрат з урахуванням зміни їх окремих елементів.

За статтею калькуляції «Енерговитрати» зміна вартості розрахована прямим розрахунком в п. 7.5 :

$$\Delta C_{EB} = -1,73 \text{ грн.}$$

або

$$\Delta C_{EB} = \frac{\Delta C(\%)\cdot 100}{C_0}, \%, \quad (7.5)$$

де  $C_0$  — повна собівартість одиниці продукції на діючому виробництві.

$$\Delta C_{EB} = \frac{-1,73 \cdot 100}{1089,65} = -0,159 \%$$

Відповідно до зростання вартості устаткування змінюються витрати за статтею «Ремонт, утримання і експлуатація устаткування», у тому числі амортизація на повне відновлення визначається відповідно до залежності:

$$\Delta C_{PVEV} = 100 \cdot \left( \frac{I_{PVEV}}{I_0} - 1 \right) \cdot d_{PVEV}, \quad (7.6)$$

де  $I_{PVEV}$  — індекс зміни річних витрат на ремонт, утримання і експлуатацію устаткування, у тому числі амортизацію на повне відновлення;

$d_{PVEV}$  — питома вага статті витрат в повній собівартості продукції на діючому виробництві.

$$\Delta C_{PVEV} = 100 \cdot \left( \frac{1,002}{1} - 1 \right) \cdot 0,0506 = 0,0101\%$$

$$\Delta C_i = \frac{\Delta C_i(\%) \cdot C_0}{100}, \text{ грн./т,} \quad (7.7)$$

де  $\Delta C_i$  — зниження повної собівартості за рахунок зміни питомої витрати  $i$ -го виду конкретного матеріально-сировинного або енергетичного ресурсу;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  — кількість видів ресурсів в межах однієї статті витрат, за якими спостерігається зміна питомої витрати або цін.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C_{PUEV} = \frac{0,0101 \cdot 1089,65}{100} = 0,11 \text{ грн./т}$$

За іншими статтями витрат зміни собівартості не спостерігається.

Результати розрахунків зводяться в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5 – Зниження повної собівартості

Найменування витрат	Витрати на одиницю продукції за базовим варіантом		Зниження собівартості в виробництві, що проектується		Витрати на одиницю продукції у виробництві, що проектується
	грн./т	пит. вага в собівартості	%	грн./т	грн./т
Напівфабрикати	720,48	0,66121	-	-	720,48
Допоміжні матеріали	0,03	0,00003	-	-	0,03
Енерговитрати	204,67	0,18783	-0,159	-1,73	202,94
Зарплата основних робітників з відрахуванням	16,01	0,01469	-	-	16,01
Утримування і експлуатація устаткування, у тому числі амортизація	55,12	0,05058	0,0101	0,11	55,23
Загальновиробничі витрати	47,36	0,04346	-	-	47,36
Виробнича собівартість	1043,67	0,95780	-0,1489	-1,62	1042,05
Адміністративно-збутові витрати	45,98	0,04220	-	-	45,98
Повна собівартість	1089,65	1,0000	-0,1489	-1,62	1088,03

На підставі проведених розрахунків складена калькуляція собівартості карбаміду в виробництві, що проектується, яка представлена в табл. 7.6

										ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Таблиця 7.6 - Калькуляція собівартості карбаміду у виробництві, що проектується

Найменування статті витрат	Од. вимір.	Витрати на одиницю продукції		
		Кількість	Ціна	Сума
1	2	3	4	5
<b>НАПІВФАБРИКАТИ</b>				
Смола КФС	кг	2,99999	2,72	8,16
Вуглекислий газ	т.м <sup>3</sup>	0,400003	35,84	14,34
Аміак	т.м <sup>3</sup>	0,577500	1208,62	697,98
<b>Разом напівфабрикати</b>	<b>грн.</b>			<b>720,48</b>
<b>ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ</b>				
Фільтрдіоганаль	м	0,000696	39,23	0,03
<b>Разом доп. матеріали</b>	<b>грн.</b>			<b>0,03</b>
<b>Разом за відрах. відходів</b>	<b>грн.</b>			<b>720,51</b>
<b>ЕНЕРГОВИТРАТИ</b>				
Азот технологічний	т.м <sup>3</sup>	0,000599	178,49	0,11
Вода гл/об К636	м <sup>3</sup>	0,100001	10,89	1,09
Очищення промислов.- брудного вуглецю	м <sup>3</sup>	0,890009	7,77	6,92
Повітря техн. середн.	т.м <sup>3</sup>	0,017001	105,65	1,79
Пара технолог.	Гкал	0,651897	143,18	93,34
Вода оборотна	т.м <sup>3</sup>	0,109000	326,19	35,55
Ел. енергія	кВтгод	0,140187	463,80	65,02
<b>Разом енерговитрат</b>	<b>грн.</b>			<b>203,82</b>
<b>ЕНЕРГОВІДХОДИ</b>				
Паровий конденсат	тм <sup>3</sup>	0,249986	3,52	0,88
<b>Разом енерговідходи</b>	<b>грн.</b>			<b>0,88</b>
<b>Разом енерговитрат</b>	<b>грн.</b>			<b>202,94</b>
Зарплата основна	грн.			11,52
Нарахування на зарплату	грн.			4,49
Утримання і експлуатація устаткування, у тому числі амортизація	грн.			55,23
	грн.			19,05
Загальновиробничі витрати	грн.			47,36
<b>Виробнича собівартість</b>	<b>грн.</b>			<b>1042,05</b>
Адміністративно-збутові витрати	грн.			45,98
<b>Повна собівартість</b>	<b>грн.</b>			<b>1088,03</b>

## 7.8 Розрахунок техніко-економічних показників

Ефективність технічного рішення, що пропонується визначається шляхом порівняння основних техніко-економічних показників діючого виробництва і виробництва, що проектується.

1. Річний випуск карбаміду:

а) в натуральному виразі:

$$Q_0 = Q_1 = 330000 \text{ т}$$

б) у вартісному виразі:

$$Q_{\text{вт}} = Q \cdot Ц, \quad (7.8)$$

де  $Q$  — річний випуск карбаміду в натуральному виразі;

$Ц$  — відпускна ціна 1 т карбаміду.

$$Q_{\text{вт}0} = Q_{\text{вт}1} = 330000 \cdot 1410 = 465300000 \text{ грн.}$$

2. Чисельність основних робітників:

$$N_0 = N_1 = 181 \text{ особа}$$

3. Продуктивність праці основних робітників:

$$P_T = \frac{Q}{N} \quad (7.9)$$

$$P_{T0} = P_{T1} = \frac{330000}{181} = 1823,2 \text{ т/особу}$$

4. Трудоемність виробництва одиниці продукції:

$$T = \frac{N \cdot T_{\text{эф}}}{Q} \quad (7.10)$$

$$T_0 = T_1 = \frac{181 \cdot 7920}{330000} = 4,34 \text{ (осіб·год.)}/\text{т}$$

5. Собівартість продукції:

$$C_0 = 1089,65 \text{ грн.}$$

$$C_1 = 1088,03 \text{ грн.}$$

$$\Delta C = 1088,03 - 1089,65 = -1,62 \text{ грн.}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП.14.01.ПЗ

$$\Delta C = \frac{-1,62 \cdot 100}{1089,65} = -0,149\%$$

6. Прибуток на одиницю продукції:

$$П = Ц - С \quad (7.11)$$

$$П_0 = 1410 - 1089,65 = 320,35 \text{ грн.}$$

$$П_1 = 1410 - 1088,03 = 321,97 \text{ грн.}$$

$$\Delta П = 321,97 - 320,35 = 1,62 \text{ грн.}$$

$$\Delta П = \frac{1,62 \cdot 100}{1089,65} = 0,149\%$$

7. Рентабельність продукції:

$$R = \frac{П}{С} \cdot 100\% \quad (7.12)$$

$$R_0 = \frac{320,35}{1089,65} \cdot 100 = 29,4 \%$$

$$R_1 = \frac{321,97}{1088,03} \cdot 100 = 29,59 \%$$

$$\Delta R = 29,59 - 29,4 = 0,19 \%$$

8. Вартість устаткування:

$$S_0 = 90141119 \text{ грн.}$$

$$S_1 = 90311510 \text{ грн.}$$

$$\Delta S = 90311510 - 90141119 = 170391 \text{ грн.}$$

$$\Delta S = \frac{170391}{90141119} \cdot 100 = 0,189\%$$

9. Одноразові витрати на впровадження заходу:

$$S_{\text{введ}} = 170391 \text{ грн.}$$

10. Термін окупності одноразових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{S_{\text{введ}}}{П_p}, \quad (7.13)$$

де  $П_p$  — річний прибуток від впровадження технічного рішення, що пропонується.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$T_{ок} = \frac{170391}{1,62 \cdot 330000} = 0,319 \text{ року}$$

11. Вартість основних фондів:

$$\Phi_{осн} = S_{уст} + S_{бюд} \quad (7.14)$$

$$\Phi_{осн0} = 90141119 + 7012614 = 97153733 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{осн1} = 90311510 + 7012614 = 97324124 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Phi_{осн} = 97324124 - 97153733 = 170391 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Phi_{осн} = \frac{170391}{97153733} \cdot 100 = 0,175\%$$

12. Фондовіддача:

$$f = \frac{Ц \cdot Q}{\Phi_{осн}} \quad (7.15)$$

$$f_0 = \frac{1410 \cdot 330000}{97153733} = 4,79 \text{ грн/грн}$$

$$f_1 = \frac{1410 \cdot 330000}{97324124} = 4,78 \text{ грн/грн}$$

$$\Delta f = 4,78 - 4,79 = -0,01 \text{ грн/грн}$$

$$\Delta f = \frac{-0,01}{4,79} \cdot 100 = -0,209\%$$

13. Економічний ефект від зниження собівартості продукції:

$$\mathcal{E}_Г = \Delta C \cdot M_Г \quad (7.16)$$

$$\mathcal{E}_Г = 1,62 \cdot 330000 = 534600 \text{ грн.}$$

Вищенаведені розрахунки зведені в таблицю 78.7.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.7 - Техніко-економічні показники

Показники	Од. вимір.	Діюче (базове) виробництво	Виробництво, що проектується	Зміна показників	
				абсо- лютна	%
1. Річний об'єм виробництва продукції					
а) в натуральному виразі	тис.т	330	330	-	-
б) у вартісному виразі	млн.грн	465,3	465,3	-	-
2. Чисельність працюючих, всього, у тому числі основних робітників	осіб	216 181	216 181	- -	- -
3. Продуктивність праці основних робітників	т/особу	1823,2	1823,2	-	-
4. Собівартість продукції	грн./т	1089,65	1088,03	-1,62	-0,149
5. Прибуток на одиницю продукції	грн./т	320,35	321,97	1,62	0,149
6. Рентабельність витрат на виробництво	%	29,4	29,59	-	0,19
7. Вартість устаткування	тис.грн	90141,12	90311,51	170,39	0,189
8. Вартість основних фондів	тис.грн	97153,73	97324,12	170,39	0,175
9. Фондовіддача	грн./грн.	4,79	4,78	-0,01	-0,209
10. Річний економічний ефект від зниження собівартості	тис.грн		534,6	-	-

Таким чином, після впровадження нового технічного рішення знизиться собівартість продукції на 1,62 грн., річний економічний ефект складе 534600 грн., що доводить доцільність нової технічної пропозиції.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список літератури

1. Химическая технология неорганических веществ: учеб. пособие: в 2 т. / под ред. Т. Г. Ахметова. – М.: Высш. школа, 2002. – Т. 1, 2.
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, 1977. – 47 с.
8. Деева О.А. Карбамид: Современные технологические аспекты производства, конъюнктура рынка / сост. О.А. Деева.- Черкассы, НИИТЭХИМ. – 1996. – 29 с.
9. Битков М.Г. Промышленность минеральных удобрений республик бывшего СССР / М.Г. Битков, – М.: АО "Агрохим бизнес", 1994. – 288 с.
10. Справочник азотчика. 2-ое издание – М.: Химия, 1987. – 510 с.
11. 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.

						ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

12. Позин М.Е. Физико-химические основы неорганической технологии: Учеб. пособие для вузов./ Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. – Л.: Химия, 1985. – 384 с.
13. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений./ 5-е изд. Перераб. – Л.: Химия, 1983. – 335с.
14. Краткий справочник физико-химических величин/ Под ред. Равделя А.А. 8-е изд.-Л.: Химия, 1983. – 232 с.
15. Позин М.Е. Расчеты по технологии неорганических веществ / М.Е. Позин. – Л.: Химия, 1977. – 640 с.
16. Атрощенко В.И. Методы расчетов по технологии связанного азота / В.И. Атрощенко. – Киев: Вища шк., 1978. – 312 с.
17. Мухленова И.П. Расчеты химико-технологических процессов / И.П. Мухленова – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
18. Тетеревков А.И. Оборудование заводов неорганических веществ. / Тетеревков А.И., Печковский В.В – Минск: Высш. шк., 1981. – 335 с.
19. Кичигин М.А., Костенко Т.Н. Теплообменные аппараты и выпарные установки. – Л.: Химия, 1975. – 391 с
20. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. — Л.: Машиностроение, 1970. — 752 с.
21. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии/ Ю.И. Дытнерский. Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1991. — 496 с.
22. 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. – Северодонецьк.: СТІ, 2004. – 22 с.
23. Методичні вказівки до виконання розділу дипломних проектів (робіт) «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» для студентів V курсу денної та заочної форми навчання спеціальностей: 7.04010601, 7(8).05130101,

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 7(8).05130102, 7(8).05130105, 7(8).05130107 7(8).05020201 / Укладачі: Т.Е. Римар, Г.В. Попенко, О.П. Шарун – Сєвєродонецьк: ТІ СНУ ім. В. Даля. 2012 - 108 с.
24. Пожарная безопасность. Взрывоопасность. Справочник / Под ред. А.Н. Баратова. – М.: Химия, 1987. – 270 с.
25. Вредные вещества. Справочник / Под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1989 –392 с.
26. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 823 с.
27. Кораблев В.П. Электробезопасность на предприятиях химической промышленности. Справочное пособие. - М.: Химия, 1991. – 240 с.
28. Романычев Э.Т. AutoCAD 14 / Э.Т. Романычев, Т.М. Сидорова, С.Ю. Сидоров. – М.: ДМК, 1997. – 480 с.
29. Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды / Н.С. Торочешников, А.И. Родионов. — М.: Химия, 1981. – 368 с.
30. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 93 с.
31. Вредные вещества в промышленности. Справочник./[под ред. Лазарева Н.В., Левиной Э.Н.]. – Л.: Химия, 1976 - 350 с.
32. Джигирей В.С. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища / В.С. Джигирей, В.М. Сторожук, Р.А. Яцюк. - Львів, Афіша, 2001. - 272с.
33. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломного проекту здобувачів вищої освіти за освітнім ступенем магістр спеціальності 161 "Хімічні технології та інженерія" денної та заочної форм навчання / Укладачі: О. В. Суворін, І. В. Кравченко, М. А. Ожередова, Т. Е. Римар - Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2018 – 130 с.

					ДП.14.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		