

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Патентний пошук

Огляд патентно-технічної літератури приведений у таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1 - Огляд патентної літератури стадії синтезу карбаміду

Країна пошуку	Клас МКВ	Вид використаних джерел	Глибина пошуку	Найменування й коротка характеристика винаходу
1	2	3	4	5
Росія	C07C273/04	Патентний сервер on-line Федерального інституту промислової власності Росії	2004	2300416 Подача заявки 2004.12.15. Дата публікації 2007.06.10. Іванов Ю.А., Кожевников А.О. й інші. Назва: "Спосіб синтезу карбаміду й колона для його здійснення". Реферат: Спосіб синтезу карбаміду з аміаку й вуглекислоти в колоні синтезу з газорідним рециклом, при якому потік водяного розчину вуглеамонійних солей (ВАС) із зони дистиляції направляють зверху або знизу в середину колони синтезу, що містить вертикальний циліндричний корпус, розміщену на внутрішній поверхні футеровку з корозійно-стійкого матеріалу, змішувач і штуцери уведення й відведення реагентів, і розташований усередині перфорований трубопровід, отвори якого розташовані попарно по периметру трубопроводу на рівні середини колони під кутом 20-60°C до центральної осі колони. Технічний результат полягає в інтенсифікації контактування компонентів, що вводять, збільшенні служби слою футеровки колони й підвищенні ступеня конверсії за рахунок видалення надлишку води, що утворюється в процесі синтезу.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кіхтенко Б.І.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравченко І.В.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>			<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>		

Продовження таблиці 1.1

	2	3	4	5
Росія	C07C273/04	Патентний сервер on-line Федерального інституту промислової власності Росії	2006	<p>2309947</p> <p>Подача заявки 2006.06.05. Дата публікації 2007.11.10. Сергійєв Ю.А., Андержанов Р.В., Воробйов А.А. й інші.</p> <p>Назва: " Спосіб й установка для одержання карбаміду й спосіб модернізації установки для одержання карбаміду". Реферат: Використання: способи й пристрої для одержання карбаміду з аміаку й діоксиду вуглецю. Сутність винаходу: реакційну суміш із реактора синтезу подають у стріпер для часткового розкладання карбамата амонію в струмі вихідного діоксиду вуглецю при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу. Потік вихідного діоксиду вуглецю розділяють на дві частини, одну з яких направляють у стріпер, а іншу частину використовують як робочий потік для інжектування газового потоку зі стріпера у вертикальний конденсатор. Рідинний потік зі стріпера подають на стадії наступного розкладання карбамата амонію, а газовий потік зі стріпера інжектують у нижню частину вертикального конденсатора для його змішування з вихідним рідким аміаком. Рідинний потік з вертикального конденсатора подають у реактор синтезу, а з газового потоку абсорбують аміак і діоксид вуглецю. Установка для одержання карбаміду включає реактор синтезу, скрубєр для очищення газових потоків з реактора від аміаку й діоксиду вуглецю, стріпер для часткового розкладання карбамата амонію, вертикальний конденсатор, у якому відбувається змішування газового потоку зі стріпера з вихідним рідким аміаком. Спосіб модернізації установки полягає в підключенні реактора синтезу до стріпера для часткового розкладання карбамата амонію в струмі вихідного діоксиду вуглецю, в устаткуванні стріпера засобами для інжектування газового потоку зі стріпера у вертикальний конденсатор частиною потоку вихідного діоксиду вуглецю, а також у наявності лінії подачі газової суміші після інжектора й лінії подачі вихідного рідкого аміаку в нижню частину вертикального конденсатора. Технічний результат - збільшення ступеня конверсії вихідних реагентів у карбамід при скороченні рециркуляції неконвертованих реагентів.</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
					ПД 13.01ПЗ Арк.				

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Росія	C07C273/04	Патентний сервер on-line Федерального інституту промислової власності Росії	2004	<p>2256495</p> <p>Подача заявки 2004.07.06. Дата публікації 2005.07.20. Іванов А.А., Сергієв Ю.А., Андержанов Р.В. й інші.</p> <p>Назва: "Газорідинний реактор (варіанти)". Реферат: Винахід відноситься до апаратурного оформлення хімічних процесів, що протікають у газорідинному середовищі, і може бути використаний, зокрема, для промислового одержання карбаміду. Варіанти газорідинних реакторів містять вертикальний корпус із патрубками уведення рідкого й газоподібного реагентів, патрубком відведення продуктів реакції. У середині корпусу розміщений циклонний ежектор, установлений поблизу днища реактора на осьовій відстані від сопла до днища, рівному 0,2-0,5 внутрішнього діаметра корпусу реактора. Ежектор включає тангенціальний патрубок, з'єднаний з патрубком уведення рідкого реагенту, коаксіальну трубу й сопло, спрямоване у бік днища реактора. У першому варіанті верхній кінець коаксіальної труби з'єднаний з патрубком уведення газоподібного реагенту, а нижній її кінець містить лопастний завіхритель і розташований вище зрізу сопла циклонного ежектора. Тангенціальний вхідний патрубок розташований таким чином, щоб напрямок обертання потоків був однаковим. У другому варіанті верхній кінець коаксіальної труби приєднаний до співвісного їй циліндричному елементу, що містить тангенціальний патрубок, з'єднаний з патрубком уведення газоподібного реагенту. Тангенціальні вхідні патрубки розташовані таким чином, щоб напрямок обертання тангенціальних потоків було однаковим, нижній кінець коаксіальної труби розташований вище зрізу сопла циклонного ежектора. При наявності двох або більшої кількості рідких або газоподібних реагентів газожидкісні реактори можуть містити, принаймні, один додатковий ежектор з тангенціальним патрубком уведення реагенту, розміщений між коаксіальною трубою й корпусом основного циклонного ежектора. Запропонований винахід дозволяє інтенсифікувати змішання реагентів і підвищити ступінь диспергування газу</p>

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Росія	С07С273/04	Патентний сервер on-line Федерального інституту промислової власності Росії	2005	<p>2280026 Подача заявки 2005.04.18. Дата публікації 2006.07.20. Сергієв Ю.А., Андержанов Р.В., Гусєв І.В. й інші.</p> <p>Назва: "Спосіб й установка для одержання карбаміду". Реферат: Спосіб включає взаємодію аміаку й діоксиду вуглецю в зоні синтезу при підвищених температурах і тисках з утворенням потоку плаву карбаміду, що містить карбамід, воду, карбамат амонію, аміак і діоксид вуглецю. Дистиляцію потоку плаву карбаміду ведуть при підведенні тепла на двох ступенях тиску, переважно при 15-25 й 2-5 кгс/см². Дистиляцію плаву карбаміду на першому ступені тиску проводять послідовно у двох зонах. У першій зоні дистиляцію - адіабатично, а в другій зоні - при підведенні тепла в струмі діоксиду вуглецю. Конденсацію-абсорбцію при охолодженні газів дистиляції ведуть із використанням водних абсорбентів. Водні розчини вуглеамонійних солей, що утворилися, рециркулюють зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції другого ступеня на стадію конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня, а також зі стадії конденсації-абсорбції газів дистиляції першого ступеня в зону синтезу. Установка для одержання карбаміду включає реактор синтезу карбаміду, пристрій з підведенням тепла із зовнішнього джерела для дистиляції плаву карбаміду, отриманого в реакторі синтезу, на першому ступені тиску, пристрій з підведенням тепла для дистиляції плаву карбаміду на другому ступені тиску, апарати для випарювання при нагріванні водяного розчину карбаміду, отриманого на другому ступені дистиляції. Пристрої для конденсації-абсорбції при охолодженні газів дистиляції обох ступенів включають теплообмінник-рекуператор для теплообміну між газами дистиляції першого ступеня й водяним розчином карбаміду. Технічним результатом винаходу є збільшення ступеня рекуперації тепла виробничого циклу й зменшення кількості теплообмінників, що використовують пару, що гріє, із зовнішніх джерел.</p>

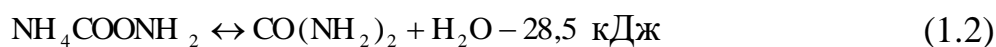
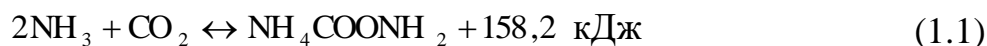
				ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Росія	С07С273/04	База патентів Російської Федерації	2001	<p>2173212 Подача заявки 2001.02.15. Дата публікації 2001.09.10. Іванов Ю.А., Кожевніков А.О. й інші. Назва: " Колона синтезу карбаміду". Реферат: Винахід належить до апаратурного оформлення проведення процесів у газорідному середовищі й може бути використаний для синтезу карбаміду з аміаку й діоксиду вуглецю при підвищених температурах і тисках. Сутність винаходу полягає в тому, що в колоні синтезу карбаміду, що містить вертикальний циліндричний корпус, розташований на внутрішній поверхні футеровку з корозійно-стійкого матеріалу, масообмінний пристрій і штуцери уведення й відведення реагентів. Масообмінний пристрій виконаний у вигляді з'єднаних послідовно сопла, приймальної й змішуючої камер, дифузора, встановлених на штуцері уведення реагентів й закритих у перфорований кожух. В оптимальному ступені результат досягається при дотриманні наступних умов: перфорований кожух виконаний у вигляді перекинутого циліндричного стакану; перфорований кожух з'єднаний з корпусом фіксаторами. Технічним результатом винаходу є підвищення продуктивності колони синтезу карбаміду, збільшення ступеня конверсії діоксиду вуглецю.</p>

1.2 Аналітичний огляд. Методи виробництва карбаміду

Виробництво карбаміду засноване на реакції взаємодії аміаку з діоксидом вуглецю. Процес протікає з утворенням двох фаз: газоподібної (NH₃, CO₂, H₂O) і рідкої, що складається з розплавлених солей (карбамата амонію, карбаміду, амонійних солей) і води, при температурі 433 - 458К і тиску 13,3-14,2 МПа за рівняннями:



Рівновагу екзотермічної реакції утворення карбамата (1.1) зрушено вправо підвищеним тиском і надлишком аміаку. Реакція перетворення кар-

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бамата в карбамід (1.2) – ендотермічна, у цілому ж процес перетворення NH_3 і CO_2 у карбамід – екзотермічний, тобто йде з виділенням тепла [4].

Фізико-хімічні основи виробництва карбаміду по всіх відомих схемах практично принципово подібні. Головна відмінність сучасних схем (що дозволяє класифікувати їх найбільш доцільно) складається в методах використання газів дистиляції - аміаку й діоксиду вуглецю - непрореагувавших за один прохід через колону синтезу карбаміду. Проблема використання газів дистиляції є настільки важливою, що те або інше її рішення значною мірою визначає економіку виробництва й характер технологічного процесу [2].

Оскільки в карбамід перетворюється лише частина поступаючих NH_3 і CO_2 , то в технологічних схемах варто передбачати їхнє виділення й повернення в процес або переробку.

Розімкнуті схеми

Головна особливість цих схем в тому, що не перетворені у карбамід аміак та діоксид вуглецю після їх виділення з плаву у процесі дистиляції не повертаються на повторне використання для отримання карбаміду, а направляються у вигляді відходів виробництва на переробку в інші виробництва.

Головною перевагою цих схем є те, що вони прості з апаратурного оформлення та потребують маленьких капітальних витрат. Але головним недоліком цих схем є те, що вони застосовуються до установок з невеликою потужністю.

Напівзамкнуті схеми

Існують також проміжні схеми виробництва карбаміду, які називають напівзамкнутими або схемами із частковим рециклом. Їх застосовують для зменшення кількості не використаного у виробництві карбаміду газу, що відходить. Основна особливість таких напівзамкнутих схем полягає в тому, що аміак і діоксид вуглецю, не перетворені за один прохід у карбамід, після їх виділення із плаву в процесі дистиляції виводяться із циклу виробництва не

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>			Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

повністю, як в однопрохідних схемах, а лише частково. Інша їхня частина повертається в колону синтезу, отже, залишається в циклі виробництва.

Раціонально розроблені напівзамкнуті схеми дозволяють зберегти основні переваги й значно зменшити недоліки розімкнутих (однопрохідних) схем. У той же час ці схеми дають можливість використати основні переваги повністю замкнутих процесів й уникнути спорудження технологічно мало досконалих вузлів [4].

До напівзамкнутих схем відносяться:

1. Схема з частковим рециклом розчину вуглеамонійних солей;
2. Схема з частковим рециклом рідкого аміаку.

За схемою з частковим рециклом розчину вуглеамонійних солей газу дистиляції першого ступеня, які виділилися у нагрівачі, поглинаються водою у конденсаторі. Звіти водний розчин карбамата амонію перекачується до колони синтезу.

Розчин карбаміду на виході з колони синтезу дрослюється та передається у сепаратор, звідки газу, до складу яких входить аміак, надходять до цеху аміачної селітри, а розчин карбаміду через збірник потрапляє на випаровування.

Особливість схеми рецикла полягає в тому, що частина аміаку, не перетвореного у карбамід, відділяється від розчину карбаміду та в рідкому стані повертається у цикл синтезу.

Процес синтезу проводять при мольному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{CO}_2 = 4:1$, температурі 453-453К, та тиску 180-200ат. Дистиляцію плаву проводять у два ступеня. Тиск у системі дистиляції першого ступеня дорівнює 15-18ат. На першому ступені дистиляції з розчину виділяється більша частина NH_3 та CO_2 , які не прореагували, на другому ступені – остання частина газу. Для збільшення ступеня розкладання карбамату амонія на першому ступені дросельований розчин підігривають до 393-413К.

					ПД 13.01ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Повністю замкнуті схеми

Якщо аміак і діоксид вуглецю, не зв'язані в карбамід, повністю повертаються в процес, така технологічна схема називається повністю замкнутою або з повним рециклом. Тут у свою чергу можна виділити: схеми з рециркуляцією розчинених NH_3 і CO_2 , схеми з рециркуляцією суспензії карбамата амонію, схеми з попереднім поділом повертаємих у цикл NH_3 і CO_2 , схеми з рециркуляцією гарячих газів, а також стріпінг-процес синтезу й дистиляції.

До повністю замкнутих схем відносяться:

1. Схеми з рециркуляцією суспензії карбамата амонію;
2. Схеми з рециркуляцією розчинених NH_3 і CO_2 ;
3. Схеми з рециркуляцією гарячих газів;
4. Схеми з попереднім поділом повертаємих у цикл NH_3 і CO_2 ;
5. Стріпінг-процес синтезу й дистиляції.

Сутність процесу рециркуляції суспензії карбамата амонію полягає в тому, що непрореагувавши NH_3 і CO_2 повертаються в колону синтезу у вигляді тонкодисперсної суспензії карбамата амонію в маслі або в рідкому аміаку.

В основу схеми з рециклом карбамата амонію у вигляді масляної суспензії покладений метод, розроблений французькою фірмою «Пешіне». За цим методом гази дистиляції, що містять аміак і діоксид вуглецю, обробляються легким парафіновим маслом. Суспензія карбамату амонію в маслі, що утворюється, спрямовується в колону синтезу.

Достоїнства цієї схеми: високий ступінь кінцевого перетворення аміаку й діоксиду вуглецю в карбамід, можливість у присутності масла регулювати температуру в колоні синтезу й порівняно невелика корозія апаратури (колони синтезу, що працюють за схемою «Пешіне», плакіруються свинцем).

Однак схема «Пешіне» не отримала широкого розповсюдження. Це пояснюється тим, що техніко-економічні показники, що характеризують схему, значно поступають показникам більш досконалих схем, у яких рециркуляція NH_3 і CO_2 здійснюється у вигляді розчинів амонійних солей [2].

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПД 13.01ПЗ

Рецикл карбамата амонію у вигляді суспензії в рідкому аміаку розроблений фірмою «Монтекатіні». Згідно зі схемою цієї фірми, аміак спочатку подається в кристалізатор карбамата, а потім у колону синтезу. Непрореагувавши NH_3 і CO_2 після першого ступеня дистиляції разом з аміаком також подаються в колону синтезу [4].

Головний технологічний принцип, покладений в основу схем з рециркуляцією розчинених NH_3 і CO_2 , полягає в тому, що не перетворені в карбамід аміак і діоксид вуглецю після їх виділення із плаву в процесі двоступінчастої дистиляції абсорбуються водою й повертаються в цикл у вигляді водно-аміачних розчинів амонійних солей. Для того, щоб уникнути шкідливого впливу води на вихід карбаміду, процес проводять у присутності великого надлишку аміаку. Частина надлишкового аміаку відокремлюється від плаву в сепараторі аміаку, що встановлений перед колоною дистиляції першого ступеня, конденсується й спрямовується в колону синтезу разом зі свіжим рідким аміаком [2].

Цей процес здійснюється по вітчизняних схемах синтезу й схемам фірм «Стамікарбон», «Тойо-Коатсу» й «Монтекатіні». Основне їхнє розходження полягає в тому, що за вітчизняною схемою, схемам «Стамікарбон» й «Тойо-Коатсу» передбачається повний рецикл NH_3 і CO_2 у вигляді рідкого аміаку й розчину вуглеамонійних солей. За схемою «Монтекатіні» (а також «Дюпон») передбачається рецикл NH_3 і CO_2 тільки у вигляді водяного розчину солей. Метод «Монтекатіні» характеризується досить невеликими експлуатаційними витратами [4].

Схеми з рециркуляцією гарячих газів засновані на тому, що для дреслювання плаву, одержуваного в колоні синтезу, можуть бути підбрані такі оптимальні умови, при яких у газову фазу переходить основна частина не перетворених у карбамід аміаку й діоксиду вуглецю з мінімальним вмістом водяних парів. Гази, що виділилися, компримуються й повертаються в цикл синтезу.

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схеми цього процесу, створені фірмами BASF й «Хеміко», в основному розрізняються способами компримування газів дистиляції. За схемою BASF компримування газів дистиляції провадилося поршнеvim компресором, за схемою «Хеміко» застосовується відцентровий турбокомпресор.

Процес, розроблений фірмою BASF, відрізняється великими капітальними й експлуатаційними витратами. Компресор, що обігріває, важкий в обслуговуванні й вимагає постійного спостереження за його роботою. Ці обставини послужили основною причиною відмовлення від такого способу виробництва на користь звичайного процесу синтезу карбаміду без рециркуляції газів.

Схемою фірми «Хеміко» передбачається адіабатичний стиск газів дистиляції відцентровим компресором і повернення їх у цикл синтезу. Адіабатичні умови компримування дозволяють створити таку схему теплових потоків, по якій використовується більша частина тепла, що виділяється на різних стадіях процесів синтезу й дистиляції, а також тепло стиску газів, що сприяє зменшенню витрати енергії на компресію [5].

За схемами з попереднім поділом повертаємих у цикл NH_3 і CO_2 неперетворені в карбамід аміак і діоксид вуглецю після їхнього виділення із плаву в процесі дистиляції піддаються розділенню шляхом виборчої абсорбції одного з компонентів і потім роздільно повертаються в колону синтезу.

Особливість даних методів розділення суміші NH_3 і CO_2 складається в підборі таких умов процесу й властивостей абсорбенту, завдяки яким із цієї газової суміші виявляється можливим поглинати в основному тільки аміак або тільки діоксид вуглецю. Не поглинений абсорбентом газ залежно від ступеня чистоти або відразу спрямовується у виробничий цикл, або попередньо піддається додатковому очищенню. Те ж відноситься й до газу, виділеному при регенерації абсорбційного розчину [4].

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПД 13.01ПЗ

Процес промислового одержання карбаміду даним способом проводиться по схемах фірм «Інвента» (селективний витяг NH_3) і «Хеміко» (селективний витяг CO_2).

В основу схеми технологічного процесу фірми «Інвента» покладений спосіб, по якому аміак із суміші газів вибірково поглинається розчинником. До характерних рис даного процесу належать: футеровка внутрішніх поверхонь колони синтезу сплавом, що не містить срібла й свинцю, що дозволяє отримувати дуже чистий продукт, високий вихід карбаміду й порівняно невеликі експлуатаційні витрати. Відповідно до технологічної схеми фірми «Хеміко», діоксид вуглецю з газової суміші вибірково поглинається розчином моноетаноламіна. До характерних рис цього процесу відносяться: аутотермічність процесу, високий ступінь перетворення карбамата амонію в карбамід (76-78%), а також те, що для зберігання готового продукту навалом не потрібно робити попереднє припудрювання гранул. Недоліками методу є складність і громіздкість процесу, а також великі капітальні й енергетичні витрати [2].

Сутність стріпінг-процес синтезу й дистиляції полягає в тому, що розкладання карбамата амонію й відгін NH_3 і CO_2 проводяться в току вуглекислого газу або аміаку. Застосування стріпінг-процесу дозволяє значно знизити енергетичні витрати.

Стріпінг-процеси фірми «Стамікарбон» і фірми «Снам Проджеті» можна розглядати як приклади найбільш радикального вдосконалення методу з рідинним рециклом. На їхню долю приходить понад половину сумарної потужності установок виробництва карбаміду, у тому числі понад 40% за схемою «Стамікарбон».

Принципове розходження цих процесів полягає в тому, що по способу фірми «Снам-Проджеті» передбачається відгін газів і розкладання карбамата в току аміаку, а по способу «Стамікарбон» розкладання карбамата проводиться в току вуглекислого газу.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПД 13.01ПЗ				

Для того щоб у значній мірі усунути недоліки, властиві звичайним методам одержання карбаміду, у стріпінг-процесах непрореагувавши NH_3 і CO_2 виділяють із плаву синтезу й потім конденсують їх під тиском синтезу. При цьому:

- 1) теплоту конденсації можна відводити при порівняно високій температурі, отримуючи пар низького тиску, придатний для утилізації;
- 2) зменшується необхідна кількість апаратів і спрощується керування ними;
- 3) газоподібні NH_3 і CO_2 можуть бути сконденсовані при температурі вище точки топлення карбамата амонію (відпадає потреба у воді);
- 4) виключається необхідність використання насосів високого тиску для рециркуляції розчину вуглеамонійних солей у реактор;
- 5) технологічні параметри процесу стабільні; витрата охолоджувальної води знижується, тому що теплоту конденсації газів дистиляції не потрібно відводити за допомогою охолоджувальної води.

Проведення процесів синтезу, дистиляції й конденсації неконвертованих NH_3 і CO_2 при тому самому тиску й служить специфічною відмінністю стріпінг-схем [5].

В основу схеми стріпінг-процесу «Стамікарбон» покладений процес повного рідинного рецикла NH_3 і CO_2 у вигляді водяних розчинів амонійних солей.

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

Очищені NH_3 і CO_2 і висококонцентрований розчин амонійних солей, що повертається у цикл, компримують роздільно до 200 ат і спрямовують у колону одержання карбамата амонію. Надлишкове тепло, що виділяється в результаті реакції, відводиться з водою й використовується для одержання неведе-

						Арк.
ПД 13.01ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ликих кількостей пари. Карбамат амонію, що утворився, безупинно надходить у другу колону, у якій здійснюється реакція його дегідратації в карбамід. Мольне співвідношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2$ складає 4:1–5:1, робоча температура в другій колоні 448–463К.

Вихідний з колони синтезу плав дроселюється до тиску 15–25 ат і спрямовується в агрегат дистиляції першого ступеня, де здійснюється відгін деякої кількості надлишкового аміаку й часткове розкладання карбамата амонію. Гази, що відганяють, промиваються розчином амонійних солей, що подаються з агрегату дистиляції другого ступеня. Після такого промивання вільний від CO_2 аміак конденсується й змішується зі свіжим рідким аміаком, що надходить у виробничий цикл; висококонцентрований розчин амонійних солей також спрямовується на використання в процесі синтезу.

Розчин карбаміду, що містить не розкладений карбамат амонію й невідігнаний аміак, після агрегату дистиляції першого ступеня дроселюється до тиску 2 ат і спрямовується в агрегат дистиляції першого ступеня. Аміак, діоксид вуглецю й водяні пари, що утворюються в результаті розкладання і відгону, конденсуються й у вигляді розчину амонійних солей надходять в агрегат дистиляції першого ступеня.

Отриманий у процесі дистиляції водяний розчин карбаміду піддається двоступінчатому випаровуванню в спеціальних апаратах до стану 99,7%-вого плаву. Час перебування плаву в зоні гарячих поверхонь випарних апаратів невеликий, що дозволяє запобігти утворенню значних кількостей біурету. Для одержання гранульованого карбаміду плав спрямовують у грануляційну вежу, після якої продукт розсівають на вібраційному ситі. Фракцію великих гранул розчиняють у воді й подають назад у випарні апарати. Основну масу продукту розділяють на дві фракції на іншому ситі; більші гранули транспортують після охолодження на склад як добриво, а дрібні гранули обробляють спеціальною речовиною для запобігання від злежування й направляють на склад продукції, призначеної як білкова підгодівля для рогатої худоби [2].

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За схемою фірми «Снам-Прожегі», як було сказано, стріпінг-газом слугує аміак. Карбамат, перебуваючий в плаву, що виходить із реактора, розкладається. Газоподібні NH_3 і CO_2 відокремлюються від розчину карбаміду в випарній колоні. У потоці чистого аміаку забезпечується розкладання карбамата при тиску більше 80 ат (аж до тиску в реакторі) до залишкового вмісту його менш 2%. Температура у випарній колоні підтримується в межах 433–473К. Гази, що виділилися тут (NH_3 , CO_2) і пари води поглинаються в конденсаторі-абсорбері при такому ж тиску й температурі 453К. Тепло, яке при цьому виділяється, використовується для одержання пару. Розчин карбамата з конденсатора перекачується в реактор. На 1 т карбаміду, отриманого за цією схемою, витрачається, за даними фірми, 0,9 т пари й 150 кВт/г електроенергії [4].

Як з технологічної, так і з економічної точок зору в цей час стріпінг-процес, розроблений фірмою «Стамікарбон» є найбільш перспективним методом виробництва карбаміду. Немаловажною є можливість зниження видаткових коефіцієнтів за паром й водою. У підтвердження можна привести основні техніко-економічні характеристики стріпінг-процесу, поміщені в таблицю 1.2 [5], де вони зіставлені з аналогічними показниками звичайної схеми з рідинним рециклом «Стамікарбон».

Таблиця 1.2 - Витраткові коефіцієнти (із гарантійним запасом 5%) на 1 т гранульованого карбаміду, що містить 0,25% (мас.) біурета

Статті витрати	Коефіцієнти для процесів «Стамікарбон» із повним рециклом	
	Звичайний процес	Стріпінг-процес
Електроенергія, кВт-ч	140	120
Пара при 2,5 МПа, т	-	1,05
Пара при 1,2 МПа, т	1,5	-
Пара при 0,3 МПа (відхід), т	-	0,35
Охолоджувальна вода при 25 ° ($\Delta t = 11^\circ$), м ³	100	55

Як показує виробничий досвід, робота установки зі стріпінг-схемою стійка й управління не викликає труднощів. Вихід на стаціонарний режим досягається за 1-2 години, а після коротких зупинок 100% продуктивність відно-

влюється через 15 хвилин. А також важлива особливість стріпінг-процеса – наявність надлишкової пари низького тиску. Кількість пари, яка відводиться на сторону, залежить від різних умов. Тому використання пари низького тиску на компримування CO₂ дає дуже значну економію витрат електроенергії [5].

Тому саме цей метод виробництва й варто розглядати в якості основного в даному проекті.

1.3 Обґрунтування способу виробництва

Всі системи, які використовують повний рідинний рецикл у вигляді водного розчину вуглеамонійних солей, мають істотні переваги перед іншими. Проте всі вони недостатньо ефективні з енергетичної точки зору, так як розкладання непрореагуваного карбамата амонію потребує значної витрати теплової енергії. Подальша абсорбція продуктів розкладання з утворенням РВАС супроводжується виділенням теплоти. Використання її ускладнене внаслідок низького температурного потенціалу (не більш 400К). Створення дуже потужних систем виробництва карбаміду спричинило прагнення підвищити ефективність технологічного процесу шляхом зниження енерговитрат і підвищити надійність роботи обладнання.

Представляють інтерес процеси використання теплоти, що виділяється при утворенні карбаматів амонію на першому ступені дистиляції, для часткової відгонки непрореагувавших компонентів на другому ступені. Стріпінг-процес дає можливість значно утилізувати енергозатрати, хоча б у вигляді пари низького тиску.

В даному дипломному проекті розробляється стріпінг-процес фірми «Стамікарбон». Цей процес полягає в тому, що розкладання карбамата амонію й відгін NH₃ і CO₂ проводяться в току вуглекислого газу або аміаку.

Виділення аміаку та діоксиду вуглецю, що не прореагували, з плаву під тиском дозволяє :

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- а) відводити теплоту конденсації при порівняно низькій температурі, отримуючи пару низького тиску, придатну для використання;
- б) зменшити необхідну кількість апаратів та спростити управління ними;
- в) виключити використання карбаматних насосів високого тиску для рециркуляції розчину вуглеамонійних солей в колону синтезу;
- г) газоподібний аміак та діоксид вуглецю сконденсувати при температурі вище за точку плавлення карбамата амонія (відпадає потреба у воді);
- д) понизити витрату охолоджуючої води, оскільки теплоту конденсації газів дистиляції не потрібно відводити за допомогою охолоджуючої води;
- е) забезпечити стабільність технологічних параметрів процесу.

Враховуючи все зростаючу вартість енергоносіїв при виборі схеми перевага віддана стріпінг – процесу, як найбільш енергозберігаючому [5].

1.4 Характеристика сировини та готової продукції

Початковою сировиною для отримання карбаміду є аміак і діоксид вуглецю. Вимоги до аміаку представлені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вимоги до аміаку по ГОСТ 6221 - 90

Вміст	Значення
аміак, %	99 - 99,8
волога, %	0,2-1
водень, метан та аргон, %	1
масло, мг/л	5-20
каталізаторний пил, мг/л	4-25

Кількість домішок, що містяться в рідкому аміаку, невелика. Він може містити до 0,4% (мас.) вологи, до 8 мг/л масла, до 2 мг/л заліза, а також домішки розчинених газів – N_2 та H_2 , але кількості їх такі малі, що вміст цих домішок зазвичай не визначають аналітично [6].

Діоксид вуглецю – безбарвний газ злегка кислуватим запахом та смаком. Вимоги до діоксиду вуглецю представлені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вимоги до діоксиду вуглецю ТУ–113–03–57–61–66–73–49–92

Вміст	Значення
вуглекислий газ, %	не менше 98
кисень, %	не більше 0,3
горючих, %	не більше 0,05
сірководень, мг/м	не більше 1

Карбамід випускають у вигляді кристалічного або гранульованого продукту. Фізичні властивості цих товарних форм, особливо гранульованого карбаміду, мають велике практичне значення і вивчення їх необхідно для забезпечення певних умов зберігання і транспортування готового продукту щоб уникнути погіршення його якості [7].

Допоміжним матеріалом у виробництві карбаміду є карбамат амонію, пар високого тиску, пар середнього тиску, вода оборотна та технологічне повітря. Вимоги до допоміжних матеріалів представлені в таблиці 1.5 [7].

Таблиця 1.5– Вимоги до допоміжних матеріалів

№ пч	Найменування матеріалів	Показники	Значення
1.	Карбамат амонію	масова доля аміаку, % масова доля діоксиду вуглецю, % масова доля зв'язаного азоту, %	43,6 56,4 35,87
2.	Пар високого тиску	тиск, МПа температура, К масова концентрація хлоридів в конденсаті пари(Cl), мг/дм ³	2,7 – 3,2 623 – 713 0,2
3.	Пар середнього тиску	тиск, МПа	1,1 – 1,3
4.	Вода оборотна	тиск, МПа температура, К рН масова концентрація хлоридів (Cl), мг/м ³	0,36 – 0,5 301 7,5 – 8,5 250

Карбамід – безбарвна кристалічна речовина, що не має запаху. Технічний продукт має білий або злегка жовтуватий колір. Чистий карбамід містить 46,67% нітрогену в амідній формі.

Карбамід по фізико-хімічним властивостям і показникам повинен відповідати вимогам та нормам ДСТУ 2081 – 92 (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Вимоги до карбаміду по ДСТУ 2081 – 92

№ пч	Найменування показників	Норма для марки			
		А		В	
		I-ий сорт	Вищий сорт	I-ий сорт	II-ий сорт
1	2	3	4	5	6
1.	Масова частка нітрогену в перерахунку на суху речовину %, не менше	46,2	46,2	46,2	46,2
2.	Масова частка біурету %, не більше	1,4	1,4	1,4	1,4
3.	Масова частка вільного аміаку, %, не більш для карбаміду: прилірованого	0,3	–	–	–
4.	Масова частка води, %, не більше: метод висушування, метод Фішера	0,3-0,6	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,6
5.	Розсипчастість %	–	100	100	100
6.	Гранулометричний склад, %: масова частка гранул, розміром мм від 1 до 4, не менше від 2 до 4, не менше 1. Не більше: залишок на ситі 6мм.	–	94 70 3 відсутність	94 50 5 відсутність	94 5 відсутність
7.	Статична міцність гранул, (кг · с)/гранулу, не менше	–	0,7	0,5	0,3

Примітки:

- Масова частка біурету в готовому продукті, призначеному для тваринництва допускається до 3%, розсипчастість до 100%.
- Масова частка нітрогену в перерахунку на суху речовину не менше 46%.

3. Масова частка води для постачання на експорт, визначена методом Фішера, не повинна перевищувати 0,6%.

4. У продукті марки Б першої категорії якості, масова частка гранул розміром 2 – 3мм не нормується [7].

Основні фізико-хімічні властивості карбаміду представлені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Фізико - хімічні властивості карбаміду

№ зп	Назва властивості (константи) і одиниці вимірювання	Значення фізичної величини з граничними відхиленнями
1.	Молекулярна маса, кг/моль	60,06
2.	Щільність розплаву при 132,7 ⁰ С, кг/м ³	1225
3.	Насипна щільність гранульованого карбаміду при вологості 0,5-1,7%, кг/м ³	662-736
4.	Теплота плавлення, кДж/кг	242,0
5.	Температура плавлення при 100,0 кПа, ⁰ С	132,7
6.	Молярна теплоємність при 25 ⁰ С, кДж/(мольК)	93,198
7.	Питома теплоємність при 20 ⁰ С, кДж/(мольК)	1,34
8.	Теплопровідність розплаву при 140 ⁰ С, Вт/(мК)	0,413
9.	Динамічна в'язкість розплаву при 132,7 ⁰ С, МПає	2,58
10.	Теплота випаровування водних розчинів при 3,33-60,0 кПа, кДж/моль	77,5
11.	Теплота розчинення у воді, кДж/кг	242

1.5 Фізико-хімічні основи виробництва

При проведенні рівноважної реакції дегідратації дуже важливе значення головних фізико-хімічних закономірностей, які визначають перебіг та напрямки процесу синтезу карбаміду та його технологічні параметри.

Рівновагу екзотермічної реакції утворення карбамата (1.1) зрушено вправо підвищеним тиском і надлишком аміаку. Реакція перетворення кар-

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бамата в карбамід (1.2) – ендотермічна, у цілому ж процес перетворення NH_3 і CO_2 у карбамід – екзотермічний, тобто йде з виділенням тепла [2].

На процес синтезу карбаміду впливають різні фактори. Реакція дегідратації (1.2) протікає тільки в рідкій фазі. І при нагріванні твердого сухого карбамата амонію карбамід утворюється дуже повільно й практично в незначних кількостях. В газовій фазі він зовсім не утворюється. Також немаловажним є вплив щільності завантаження реакційного апарата (з підвищенням ступеня заповнення апарата рідкою фазою вихід карбаміду збільшується) і вплив температури (при збільшенні температури рівновага реакції дегідратації зрушується у бік утворення карбаміду, і чим вище температура, тим швидше досягається максимальний вихід карбаміду).

Рівноважний тиск над плавом карбаміду залежить не тільки від щільності завантаження й температури, але й від величини молярного співвідношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2$ у вихідній суміші. Цей тиск сильно зростає при надлишку CO_2 понад стехіометричну кількість. При надлишку NH_3 він значно нижче. В умовах синтезу карбаміду в присутності надлишкового аміаку введення надлишку води різко знижує тиск процесу. В основному ж, тиск дуже впливає на ступінь перетворення карбамата амонію в карбамід. З підвищенням тиску ступінь конверсії значно зростає.

Процес дегідратації карбамата амонію відноситься до рівноважних реакцій, перебіг яких вимірюється хвилинами. Лише на початку нагрівання карбамата швидкість реакції, особливо при високих температурах, дуже велика у наслідок позитивного впливу води, яка утворюється у процесі дегідратації. Але після цього, по мірі накопичення води, яка залишається майже цілком у рідкій фазі, починає проявлятися її негативний вплив та швидкість реакції сильно сповільнюється в зв'язку з перебігом зворотної реакції отримання карбамата з карбаміду та води. В результаті установлюється рівновага.

Тому можна зробити висновок: нагромадження води в реакційному плаві в результаті дегідратації карбамата амонію, а також введення води з NH_3 і

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

CO₂ гальмує перебіг реакції дегідратації карбамата, тобто приводить до зниження виходів карбаміду.

Враховуючи негативний вплив води на ступінь перетворення карбамата амонію у карбамід, було багато спроб усунути цей вплив способом застосування різних водовіднімаючих засобів (сульфат магнію, хлористий кальцій та ін.), а також якого-небудь каталізатора, скоротчуючого час устанавлювання рівноваги утворення карбаміду. Але позитивних результатів поки добитися не вдалося.

Одним з найбільш вдалих способів, який дозволяє запобігти перебігу реакції гідролізу карбаміду, є введення надлишку аміаку понад стехіометричної кількості, у разі чого рівноважний ступінь перетворення карбамату амонію у карбамід різко зростає.

За допомогою дослідів встановлено, що гідроліз карбаміду у присутності вільного аміаку не тільки сповільнюється, але й створюються умови для прискорення реакції дегідратації карбамату. В процесі синтезу надлишок аміаку спричиняє дію, зворотну дії води; знижуючи активність води та зв'язуючи її, аміак як би виводить воду зі сфери реакції, завдяки чому рівновага зрушена в бік утворення карбаміду.

При надлишку аміаку не тільки збільшується ступінь перетворення карбамата в карбамід, але й зменшуються корозія апаратури й утворення побічних продуктів. Однак введення в систему надлишкового аміаку пов'язане, насамперед, зі зменшенням корисного об'єму реактора для тієї частини реакційної суміші, що є продукуючою.

Надлишок CO₂, що вводиться понад стехіометричну кількість, не впливає на збільшення виходу карбаміду, але у той же час при наявності надлишку CO₂ різко зростає рівноважний тиск.

В процесі синтезу карбаміду у результаті побічних реакцій утворюються карбонати амонію. Наявність карбонатних солей у реакційному плаві колони

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

синтезу повинна приводити до менших виходів ніж у рівних умовах при дегідратації чистого карбамата амонію.

Для отримання максимальних виходів карбаміду необхідно, щоб плав знаходився у апараті строго відведений час. Тривалість процесу - один з основних технологічних параметрів. Однак на швидкість реакції впливає стільки різних фактів(температура, тиск, молярне співвідношення $\text{NH}_3:\text{CO}_2$, скла реакційної суміші та ін.), що встановити їхній сумарний вплив точними кількісними показниками не представляється можливим. Тому час перебування плаву в апараті, звичайно, приймається на основі практичних даних у межах від 0,5 до 1 години. Разом з тим, є всі підстави стверджувати, що при підборі відповідних умов - параметрів процесу й конструкції апарата - час перебування плаву в реакторі можна зменшити до декількох хвилин.

Головним джерелом CO_2 для установ синтезу карбаміду є експанзерний газ, який є відходом виробництва аміаку.

Наявність інертних газових домішок несе негативний характер. По-перше, у їх присутності збільшується об'єм газової фази в колоні синтезу й зменшується ступінь її заповнення, що приводить до зниження питомої продуктивності реакційного об'єму й зменшенню ступеня перетворення CO_2 у карбамід. По-друге, продуктивність газових компресорів для стиску поступаючого в систему діоксиду вуглецю знижується прямо пропорційно добутку об'ємної концентрації й ступеня перетворення CO_2 у карбамід, а витрата електроенергії на стиск відповідно збільшується.

Після колони синтезу негативний вплив інертних газових домішок у діоксиді вуглецю буде сказуватися у процесі дистиляції плаву. В такому разі, у присутності інертних домішок конденсація аміаку, відганяемого з плаву, різко погіршується, необхідна теплообмінна поверхня конденсаторів значно збільшується, і зростають втрати аміаку при продувках. Наявність у CO_2 домішок сполук сірки викликає інтенсивну корозію внутрішніх деталей апаратури й погіршує якість готової продукції [4].

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Дуже серйозні труднощі, з якими постійно приходиться зіштовхуватися у процесі виробництва карбаміду з аміаку та діоксиду вуглецю, міститься у інтенсивній корозії матеріалів, з яких виготовлені апарати. Тому, для того щоб зменшити вплив корозії, яка визиває дуже серйозні труднощі при проведенні синтезу карбаміду, на сучасних установках стараються вести процес в м'яких умовах.

КІХТЕНКО

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Нові технічні рішення

Вузол синтезу є головним у технологічній схемі виробництва карбаміду, оскільки ефективність роботи саме цього вузла визначає ефективність роботи усієї схеми. З приведенного аналітичного огляду науково-технічної та патентної літератури витікає, що реакція взаємодії аміаку та діоксиду вуглецю протікає не повністю, тому ступень конверсії CO_2 у карбамід визначає масштаб рециклу непрореагувавшої сировини та відповідно витрати на переробку плаву синтезу.

У рамках існуючого обладнання і обмежених можливостей, а також зміни технологічного режиму одним з визначальних факторів, що впливають на ступінь конверсії, є гідродинамічний режим колони синтезу.

Для створення оптимального гідродинамічного режиму у реакторі використовують внутрішнє обладнання різної конструкції. У дипломному проекті пропонується встановити в колоні синтезу комплект внутрішнього обладнання, розробленого ВАТ «НДК» (Росії). Цей комплект складається з стержневого розподільника та масообмінних тарілок, які виключають проходження частини рідини по кільцевому простору між тарілкою і корпусом колони.

Таке внутрішнє обладнання пройшло виробничі випробування на Череповецькому ПО «Хімпром» та Невінномисському ПО «Азот».

Досвід експлуатації реакторів синтезу, оснащених внутрішнім обладнанням, показав, що за рахунок оптимізації гідродинамічного режиму у колонах синтезу збільшується ступень конверсії CO_2 на 6%; знижуються витрати теплової енергії на стадії дистиляції та випарювання на 0,03-0,05 Гкал.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кіхтенко Б.І.</i>			<i>Технологічна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравченко І. В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О. В.</i>						
						<i>СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм</i>		

Нове внутрішнє обладнання спроектоване так, що:

– Існують окремі і розподілені траєкторії через тарілку. Вони гарантують стабільний потік, і краще досягнення рівномірного і однорідного потоку двох фаз через весь реактор.

– Роздільні траєкторії через тарілку вибрані з метою отримання високої ефективності змішування пари і рідини. Отже, в рідкій фазі досягається дуже високий теплообмін і масообмін.

– У запропонованій конструкції діаметр утворюваних пухирів пари менше, ніж в будь-якій попередній конструкції. За рахунок цього збільшується поверхня лінії розділу теплообміну і масообміну [3].

2.2 Опис технологічної схеми

Виробництво карбаміду складається із наступних вузлів [8]:

1. Компресія NH₃;
2. Компресія CO₂;
3. Компресія повітря КВПіА;
4. Маслопункт;
5. Синтез карбаміду;
6. Рециркуляція розчину карбаміду;
7. Виробництво пари та система конденсату;
8. Випаровування розчину карбаміду;
9. Вузол зберігання КФС та станція зливу;
10. Вузол введення КФС;
11. Грануляція карбаміду;
12. Абсорбція газів, які виходять після скрубера;
13. Десорбція та гідроліз водних розчинів, які утворюються в процесі виробництва карбаміду;
14. Склад готового продукту та станція відвантаження;

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 15. Відділення упаковки та відвантаження карбаміду у мішках;
- 16. Система уловлювання пилю;
- 17. Система стічної води.

Процес синтезу карбаміду з NH_3 і CO_2 протікає при тиску 13,3-14,2 МПа. Апаратурне оформлення вузла синтезу включає колонну синтезу КС1, стріпер СТ2, скруббер високого тиску СК3, конденсатор високого тиску К4, ежектор високого тиску Е6. Допоміжним устаткуванням є: сепаратори пари С5, холодильник конденсату Х7, сатуратор пари високого тиску СВ8, сатуратор пари середнього тиску СС9 і насоси Н1, Н2.

Матеріальні потоки у вузлі синтезу організовані таким чином: реакційна маса з колони синтезу КС1, з масовою часткою карбаміду - не менше 30%, що містить карбамат, аміак, вуглекислий газ і воду поступає у верхню частину стріпера СТ2.

Стріпер СТ2 є теплообмінником плівкового типу. Працює за принципом протитечії: рідка фаза тонкою плівкою стікає по трубках вниз, а газова протитечією підіймається знизу наверх. У верхній частині стріпера СТ2 встановлений розподільний пристрій, що забезпечує плівковий характер руху рідини по трубках. Теплообмінна частина СТ2 - трубчатка, обігривається паром 1,6-2,06 МПа з сатуратора СВ8.

Вуглекислий газ з температурою 90-135°C, і об'ємною витратою - не менше 13000 м³/год з нижньої частини стріпера СТ2 підіймається по трубках вгору, назустріч реакційній масі, що поступає з колони синтезу КС1.

Гази, що утворюються при розкладанні карбамата, разом з вуглекислим газом відводяться з верхньої частини стріпера СТ2 в конденсатор К4. Розчин карбаміду збирається в нижній частині і через регулюючий клапан відводиться у вузол рециркуляції.

За час проходження розчину через колонну синтезу при тиску 13,3-14,2 МПа, температурі 160-185°C і молярному співвідношенні $\text{NH}_3:\text{CO}_2 = (2,7 -$

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3,0):1 в розчині відбувається перетворення карбамата амонія в карбамід. Ступінь конверсії CO_2 в карбамід складає не менше 54%.

Інерти і NH_3 і CO_2 , що не прореагували, з верхньої частини колони синтезу відводяться в скрубєр СК3. На лінії виходу газу з КС1 для скидання інертів і CO_2 встановлена висотна труба.

Скрубєр СК3 складається з теплообмінної і сепаруючої частин. Для поліпшення процесу масообміну, в теплообмінній частині скрубєра встановлена центральна переливна труба. У сепаруючій частині СК3 встановлена вибухова запобіжна мембрана.

У скрубєрі СК3 гази, що виходять з колони синтезу КС1 змішуючись з розчином вуглеамонійних солей (карбаматом), що подаються насосом Н1, частково конденсуючись, поглинаються. Тепло конденсації відводиться охолоджуючим конденсатом, що подається в міжтрубний простір СК3 від насоса Н2 через холодильник Х7. Нормальну роботу скрубєра СК3 забезпечує подача 160-200 м³/год конденсату, з температурою не менше 110°C. Перепад температур конденсату по виходу і входу скрубєра повинен бути не менше 8°C. Тиск в системі охолодження скрубєра СК3 підтримується в межах 0,8-1,1 МПа.

Газ з сепаруючої частини скрубєра СК3 через клапан відводиться в нижню частину абсорбера, а реакційна суміш (розчин вуглеамонійних солей - ВАС) з температурою не менше 158°C по переливу, поступає на всмоктування ежектора І6 і далі в конденсатор К4. Пониження температури розчину на виході зі скрубєра СК3 до 158°C, і підвищення рівня розчину карбаміду в нижній частині стріпера СТ2 до 90%, сигналізується в ЦПК. Ефективність роботи стріпера СТ2 характеризується наявністю NH_3 і CO_2 в розчині, що входить у вузол рециркуляції. Масова частка аміаку повинна бути в межах 6-9%, вуглекислого газу - не більш 11%.

Рідкий NH_3 з сумарною об'ємною витратою не менше 26,5 м³/год, подається у вузол синтезу через ежектор І6. Ежектор встановлений на лінії аміаку,

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всмоктування І6 сполучений з трубопроводом карбамата зі скрубера СК3 і з лінією підпору з нижньої частини колони синтезу КС1. У верхній частині конденсатора К4 відбувається змішування потоків розчину, рідкого NH₃ від ежектора І6 і газів зі стріпера СТ2 і починається утворення карбамата. Тепло реакції утворення використовується для отримання пари з конденсату, що знаходиться в міжтрубному просторі конденсатора К4. Відведення пари, що утворилася, на технологічні потреби ведеться через сепаратори пари С5.

Норми технологічного режиму представлені в таблиці 2.1 [8].

Таблиця 2.1 – Норми технологічного режиму

Найменування стадії і потоків реагентів	Найменування параметра і одиниця вимірювання	Номинальне значення з допустимими відхиленнями або діапазон регулювання	Межі допустимих значень параметрів
1	2	3	4
1. Газ на виході з колони синтезу КС1 (верх колони синтезу)	температура, °С	-	не більш 185
2. Реакційна суміш на виході з конденсатора К4 в колону синтезу КС1 (низ колони синтезу)	температура, °С	161-174	160-175
3. Азот після контролю футеровок апаратів синтезу	а) об'ємна витрата з кожного апарату, м ³ /год б) масова концентрація аміаку, мг/м ³	1,1-2,9	1-3 відсутність
4. Азот на розподільній "гребінці"	тиск, кПа	11,5-28,5	10-30
5. Вуглекислий газ на вході в стріпер СТ2	тиск, МПа	13,54-13,96	13,3-14,2
6. Розчин карбаміду на виході із стріпера СТ2	температура, °С	158-174	157-175
7. Пара в сатураторі СП9	тиск, МПа	1,64-2,02	1,6-2,06
8. Пара в парових сепараторах С5	тиск, МПа	0,33-0,49	0,32-0,5
9. Реакційна суміш на виході з СК3	температура, °С	-	не менше 158

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10. Циркуляційний конденсат на вході в скруб-бер СКЗ	температура, °С	-	не менше 100
11. Циркуляційний конденсат на виході зі скруб-бера СКЗ	температура, °С	111-139	110-140
12. Перепад входу і виходу циркуляційного конденсату скрубера СКЗ	температура, °С	-	не менше 8

2.3 Матеріальні розрахунки

Вихідні дані:

Продуктивність установки т/рік 330000

Склад рідкого аміаку, %:

аміак 99,8

вода 0,2

Склад експанзерного газу, %:

діоксид вуглецю 98

інші газы: 2

азото-воднева суміш 1,7

кисень 0,3

Вміст аміаку у водяному розчині амонійних солей, що повертають у цикл, % 40

Тиск у колоні синтезу, МПа 15,9

Температура, °С 185

Мольне співвідношення компонентів, що подаються в колону синтезу NH₃:CO₂:H₂O 3,3:1,0:0,5

Ступінь перетворення карбамата амонію в карбамід при часі перебування реакційної суміші в колоні синтезу 50 хвилин (з 68

					ПД 13.01ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

урахуванням підвищення ступеня конверсії на 6% при впровадженні пропонованого технічного рішення), %

Втрати карбаміду, %

при дистиляції	3
при розпарюванні	1
у тому числі безповоротні	0,5
при кристалізації	1

Згідно із графіком планово-попереджувальних ремонтів, 35 діб у році дано виробництву карбаміду на капітальний ремонт, тоді фонд робочого часу складе:

$$365 - 35 = 330 \text{ днів,}$$

де 365 - кількість днів у році.

Тоді продуктивність за годину складе:

$$Q = \frac{330000 \cdot 1000}{330 \cdot 24} = 41666,7 \text{ кг/год,}$$

де 330000 - продуктивність установки, т/рік;

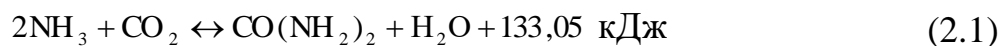
330 - фонд робочого часу, дні;

24 - кількість годин у добі, год.

З урахуванням 5 % втрат (3+1+1) для одержання готового продукту в колоні синтезу повинне утворитися карбаміду:

$$G = 41666,7 \cdot 1,05 = 43750 \text{ кг/год.}$$

Стехіометрична витрата аміаку й діоксида вуглецю на 1000 кг карбаміду визначається за сумарною реакцією:



						ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$G_{\text{NH}_3} = \frac{2 \cdot 17 \cdot 1000}{60} = 566,7 \text{ кг},$$

$$G_{\text{CO}_2} = \frac{44 \cdot 1000}{60} = 733,3 \text{ кг},$$

де 17, 60, 44 – молекулярна маса аміаку, карбаміду й діоксида вуглецю.

Практична витрата реагентів з урахуванням ступеня перетворення карбамата амонію, що утворюється, в карбамід і заданого мольного відношення реагентів складе:

$$m_{\text{NH}_3} = 43750 \cdot \frac{17 \cdot 3,3 \cdot 100}{60 \cdot 68} = 60156,25 \text{ кг/год},$$

$$m_{\text{CO}_2} = 43750 \cdot \frac{44 \cdot 1 \cdot 100}{60 \cdot 68} = 47181,4 \text{ кг/год},$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 43750 \cdot \frac{18 \cdot 0,5 \cdot 100}{60 \cdot 68} = 9650,735 \text{ кг/год},$$

де 18 - молекулярна маса води;

68 - ступінь перетворення карбамата амонію в карбамід, %.

Щоб знайти кількість аміаку, діоксида вуглецю й води, що повертають у цикл із розчином амонійних солей, позначимо процентний вміст NH₃, CO₂ й H₂O в амонійних солях відповідно α, β і γ. Згідно вихідним даним α = 40 %, тоді склад розчину амонійних солей визначається так:

$$m'_{\text{CO}_2} = 43750 \cdot \frac{44 \cdot (1-n)}{60 \cdot n} + 41666,7 \cdot \frac{44 \cdot \Pi}{60}, \quad (2.2)$$

де n - ступінь перетворення карбамата амонію в карбамід;

Π - втрати карбаміду при дистиляції і випарці, за виключенням безповоротних.

$$\Pi = 0,03 + 0,01 - 0,005 = 0,035,$$

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 0,03 - втрати при дистиляції;

0,01 - втрати при розпарюванні;

0,005 - безповоротні втрати.

$$m'_{\text{NH}_3} = m_{\text{CO}_2} \cdot \frac{\alpha}{\beta}, \quad (2.3)$$

$$m'_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{CO}_2} \cdot \frac{\gamma}{\beta}, \quad (2.4)$$

Підставляючи чисельні значення, маємо:

$$m'_{\text{CO}_2} = 43750 \cdot \frac{44 \cdot (1 - 0,68)}{60 \cdot 0,68} + 41666,7 \cdot \frac{44 \cdot 0,035}{60} = 16167,5 \text{ кг/год.}$$

Визначення процентного вмісту діоксида вуглецю й води в розчині амонійних солей робиться з рівнянь:

$$\begin{aligned} \beta + \gamma &= 1 - \alpha = 1 - 0,4 = 0,6, \\ \gamma &= 0,6 - \beta. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Кількість води, яка входить зі свіжим і зворотним аміаком, визначається з рівняння:

$$B_1 = (m_{\text{NH}_3} - m'_{\text{NH}_3}) \cdot \frac{0,002}{1 - 0,002} = \left(m_{\text{NH}_3} - m_{\text{CO}_2} \cdot \frac{\alpha}{\beta} \right) \cdot \frac{0,002}{1 - 0,002}, \quad (2.6)$$

$$B_1 = \left(60156,25 - 16167,5 \cdot \frac{0,4}{\beta} \right) \cdot \frac{0,002}{1 - 0,002} = 120,3 - 12,9 \cdot \frac{1}{\beta},$$

де 0,002 - вміст води в аміаку.

Кількість свіжого й зворотного аміаку:

$$A_1 = m_{\text{NH}_3} - m'_{\text{NH}_3}. \quad (2.7)$$

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

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_1 = m_{\text{H}_2\text{O}} - m'_{\text{H}_2\text{O}}. \quad (2.8)$$

На підставі рівності обох рівнянь відносно B_1 (2.6) і (2.8) виходить, що:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} - m'_{\text{CO}_2} \cdot \frac{\gamma}{\beta} = 120,3 - 12,9 \cdot \frac{1}{\beta}. \quad (2.9)$$

Вирішуючи це рівняння відносно β , знаходимо:

$$9650,735 - 16167,5 \cdot \frac{0,6 - \beta}{\beta} = 120,3 - 12,9 \cdot \frac{1}{\beta},$$

$$\beta = 0,37698.$$

Отже, підставляючи значення β у рівняння (2.5) знаходимо:

$$\gamma = 0,6 - 0,37698 = 0,223.$$

Підставляючи значення в рівняння (2.3) і (2.4) знаходимо:

$$m'_{\text{NH}_3} = 16167,5 \cdot \frac{0,4}{0,37698} = 17154,76 \text{ кг/год},$$

$$m'_{\text{H}_2\text{O}} = 16167,5 \cdot \frac{0,223}{0,37698} = 9563,8 \text{ кг/год}.$$

Усього надходить розчину амонійних солей:

$$16167,5 + 9563,8 + 17154,76 = 42886,1 \text{ кг/год}.$$

Кількість свіжого й зворотного аміаку без урахування NH_3 , що повертається з розчином амонійних солей, знаходимо за формулою (2.7):

$$A_1 = 60156,25 - 17154,76 = 43001,5 \text{ кг/год}.$$

Кількість води, що вводиться зі свіжим і зворотним аміаком, знаходимо за формулою (2.6):

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_1 = 120,3 - 12,9 \cdot \frac{1}{0,37698} = 86,08 \text{ кг/год.}$$

2.3.1 Колона синтезу

Загальна кількість компонентів:

$$m_{\text{NH}_3} = 60156,25 \text{ кг/год,}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 47181,4 \text{ кг/год,}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 9650,735 \text{ кг/год.}$$

Кількість свіжого діоксида вуглецю:

$$47181,4 - 16167,5 = 31014 \text{ кг/год,}$$

де 47181,4 - практична витрата CO_2 , кг/год;

16167,5 - кількість CO_2 , що повертається з розчином амонійних солей, кг/год.

Кількість інших газів, що вводяться із діоксидом вуглецю:

$$v_{\text{ін}} = 31014 \cdot \frac{22,4}{44} \cdot \frac{2}{100-2} = 322,2 \text{ нм}^3/\text{год,}$$

$$m_{\text{ін}} = 322,2 \cdot 0,73 = 235,2 \text{ кг/год,}$$

де 0,73 - щільність інших газів, кг/м³.

Утворюється карбамата амонію за реакцією (1.1):

$$m_{\text{NH}_2\text{COONH}_4} = m_{\text{CO}_2} \cdot \frac{78}{44} = 47181,4 \cdot \frac{78}{44} = 83639,75 \text{ кг/год,}$$

де 78, 44 - молекулярні маси карбамата амонію й діоксида вуглецю.

На утворення карбамата амонію витрачається аміаку:

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m''_{\text{NH}_3} = \frac{83639,75 \cdot 2 \cdot 17}{78} = 36458,35 \text{ кг/год,}$$

де 17 - молекулярна маса аміаку.

Залишається непрореагуваншого аміаку:

$$m'''_{\text{NH}_3} = 60156,25 - 36458,35 = 23697,9 \text{ кг/год.}$$

Утвориться карбаміду з карбамата амонію:

$$m_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2} = 83639,75 \cdot \frac{60}{78} \cdot \frac{68}{100} = 43750 \text{ кг/год.}$$

Кількість непрореагуваншого карбамата амонію:

$$m_{\text{NH}_2\text{COONH}_4} = 83639,75 \cdot \frac{100 - 68}{100} = 26764,7 \text{ кг/год.}$$

При перетворенні карбамата амонію в карбамід за реакцією (1.2) виді-
литься вода:

$$m'''_{\text{H}_2\text{O}} = 83639,75 \cdot \frac{18}{78} \cdot \frac{68}{100} = 13125 \text{ кг/год.}$$

Усього утворюється води в колоні синтезу:

$$13125 + 9650,735 = 22775,735 \text{ кг/год.}$$

Вода взаємодіє з надлишковим аміаком. При цьому утворюється NH_4OH , кількість якого складе:

$$m_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{22775,735 \cdot 35}{18} = 44286,15 \text{ кг/год,}$$

де 18, 35 - молекулярні маси води й NH_4 .

На утворення 44286,15 кг/год NH_4OH витрачається аміаку:

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

44286,15 - 22775,735 = 21510,42 кг/год.

Залишається вільного аміаку в газовій фазі:

23697,9 - 21510,42 = 2187,48 кг/год.

Таблиця 2.1 - Зведений матеріальний баланс синтезу карбаміду

Прихід	кг/год	% (мас.)	Витрата	кг/год	% (мас.)
1. Розчин аміаку, у т.ч.:	43087,60	36,75	1. Плав карбаміду, у т.ч.:	114800,85	97,93
Свіжий аміак	43001,50	36,68	Карбамід	43750,00	37,32
Вода	86,08	0,07	Карбамат амонію	26764,70	22,83
2. Експанзерний газ, у т.ч.:	31249,20	26,66	NH ₄ OH	44286,15	37,78
Діоксид вуглецю	31014,00	26,46	2. Викидні гази, у т.ч.:	2422,68	2,07
Інші гази	235,20	0,20	Аміак	2187,48	1,87
3. Розчин ВАС, у т.ч.:	42886,10	36,58	Інші гази	235,20	0,20
Аміак	17154,76	14,63			
Діоксид вуглецю	16167,50	13,79			
Вода	9563,80	8,16			
Усього:	117223	100	Усього:	117223	100

2.4 Теплові розрахунки

Вихідні дані:

Температура реагентів, що поступають в колону, °С

рідкого аміаку 90

діоксида вуглецю 125

розчину амонійних солей 95-100

Температура в колоні, °С 185

Критична температура, °С 132,4

Тепло реакції утворення карбаміду з карбамата при 185°С і над- 19030

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лишку NH₃, кДж

Залежність теплового ефекту реакції конверсії карбамата амонія

від надлишку аміаку при 155-210°C

Тепловий ефект, кДж/кмоль	14246	18436	20782	22626
Надлишок NH ₃ , %	0	100	200	300

Кількість вихідних реагентів і продуктів реакції прийнята згідно матеріальному розрахунку.

Прихід тепла

З газоподібним діоксидом вуглецю:

$$Q_1 = 31014 \cdot 302,55 = 9383285,7 \text{ кДж/год,}$$

де 31014 - кількість свіжого діоксиду вуглецю, кг/год;

302,55 - ентальпія CO₂ при 125 °С і 15,9 МПа, кДж/кг

З іншими газами, що поступають з діоксидом вуглецю:

$$Q_2 = 235,2 \cdot 1,043 \cdot 125 = 30664,2 \text{ кДж/год,}$$

де 235,2 - кількість інших газів, кг/год;

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

125 - температура, °С.

З рідким аміаком:

$$Q_3 = 43001,5 \cdot 433,71 = 18650180,57 \text{ кДж/год,}$$

де 43001,5 - кількість аміаку, кг/год;

433,71 - ентальпія аміаку при 90 °С, кДж/кг.

Теплота реакції утворення карбамата амонія:

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_4 = \frac{83639,75 \cdot (159320 - 25140)}{78} = 1,44 \cdot 10^8 \text{ кДж/год},$$

де 83639,75 - кількість карбамата амонія, що утворюється по реакції (1.1), кг/год;

159320 - теплота утворення твердого карбамата амонія з газоподібних NH_3 і CO_2 , кДж/кмоль;

25140 - теплота плавлення карбамата амонія, кДж/кмоль;

78 - молекулярна маса карбамата амонія.

Теплота реакції утворення NH_4OH :

$$Q_5 = \frac{(21510,42 - 17154,76) \cdot (29540 - 23680)}{17} = 1501421,6 \text{ кДж/год},$$

де 17154,76 - кількість аміаку, що поступає в колону у вигляді розчину солей, кг/год;

21510,42 - кількість аміаку, що виводиться з колони у вигляді гідроокису, кг/год;

29450 - інтегральне тепло розчинення 1 кмоль газоподібного аміаку в 1 кмоль рідкої води, кДж/кмоль;

23680 - різниця стандартних ентальпій рідкого і газоподібного аміаку, кДж/кмоль;

17 - молекулярна маса аміаку.

Фізичне тепло розчину амонійних солей при $100\text{ }^\circ\text{C}$ і 15,9 МПа:

з аміаком $17154,76 \cdot 486,05 = 8338071,09$ кДж/год,

з діоксидом вуглецю $16167,5 \cdot 255,66 = 4133383,05$ кДж/год,

з водою $9563,8 \cdot 431,825 = 4129887,935$ кДж/год,

де 486,05 - ентальпія аміаку, кДж/кг;

255,66 - ентальпія діоксиду вуглецю, кДж/кг;

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

431,825 - ентальпія води, кДж/кг.

$$Q_6 = 8338071,09 + 4133383,05 + 4129887,935 = 16601342 \text{ кДж/год}$$

Сумарний прихід тепла:

$$Q_{\text{прих}} = 9383285,7 + 30664,2 + 18650180,57 + 1,44 \cdot 10^8 + \\ + 1501421,6 + 16601342 = 1,9 \cdot 10^8 \text{ кДж/год}$$

Витрата тепла

На утворення карбаміду:

$$Q_1 = \frac{43750 \cdot 19030}{60} = 13876042 \text{ кДж/год}$$

На підігрів реагуючої частини рідкого аміаку від 90°C до критичної температури 132,4°C при 15,9 МПа з одночасним переходом аміаку в газоподібний стан:

$$Q_2 = 36458,35 \cdot (817,508 - 433,71) = 13992642 \text{ кДж/год},$$

де 817,508 - ентальпія аміаку при 132,4°C і 15,9 МПа, кДж/кг.

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

$$Q_3 = 31014 \cdot (317,3 - 302,55) = 457456,5 \text{ кДж/год},$$

де 317,3 - ентальпія діоксиду вуглецю при 132,4°C і 15,9 МПа, кДж/кг.

На виділення діоксиду вуглецю з розчину амонійних солей:

$$Q_4 = \frac{16167,5 \cdot 24700}{44} = 9075565,9 \text{ кДж/год},$$

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

									ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

$$Q_5 = 16167,5 \cdot (317,3 - 255,66) = 996564,7 \text{ кДж/год.}$$

На підігрів частини карбамата амонія, що перетворюється на карбамід, від 132°C до 185°C:

$$Q_6 = 83639,75 \cdot 1,954 \cdot (185 - 132,4) = 8596527 \text{ кДж/год,}$$

де 1,954 - теплоємність карбамата амонія, кДж/кг·град.

Тепло, що відноситься плавом карбаміду:

$$Q_7 = 43750 \cdot 2,243 \cdot 185 + 26764,7 \cdot 1,954 \cdot 185 + 23697,9 \cdot 1264 + 22775,735 \cdot 793,645 + 235,2 \cdot 1,047 \cdot 185 = 75905004 \text{ кДж/год,}$$

де 43750 - маса карбаміду, кг/год;

26764,7 - маса карбамата амонія, кг/год;

23697,9 - маса аміаку, кг/год;

22775,735 - маса води, кг/год;

235,2 - маса азоту, кг/год;

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

1,954 - теплоємність карбамата, кДж/(кг·град);

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

1264 - ентальпія аміаку, кДж/кг;

793,645 - ентальпія води, кДж/кг;

185 - температура в колоні, °C.

Втрати тепла колоною синтезу в навколишнє середовище приймаємо рівними 9% від приходу. Тоді втрати тепла складають:

$$Q_{вт} = 1,9 \cdot 10^8 \cdot 0,09 = 1,7 \cdot 10^7 \text{ кДж/год.}$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПД 13.01ПЗ

Сумарна витрата тепла складе:

$$Q_{\text{витр}} = 13876042 + 13992642 + 457456,5 + 9075565,9 + 996564,7 + 8596527 + 75905004 + 1,7 \cdot 10^7 = 1,4 \cdot 10^8 \text{ кДж/год.}$$

Оскільки $Q_{\text{прих}} > Q_{\text{витр}}$, то тепло слід відводити.

$$Q_{\text{відв}} = 1,9 \cdot 10^8 - 1,4 \cdot 10^8 = 5 \cdot 10^7 \text{ кДж/год.}$$

Таблиця 2.2 - Зведений тепловий баланс синтезу карбаміду

Прихід	кДж/год	Витрата	кДж/год
З діоксидом вуглецю, Q_1	9383285,7	На утворення карбаміду, Q_1	13876042
З іншими газами, Q_2	30664,2	На підігрів NH_3 , Q_2	13992642
З рідким аміаком, Q_3	18650180,57	На підігрів газоподібного діоксиду вуглецю, Q_3	457456,5
Теплота утворення карбамата амонія, Q_4	$1,44 \cdot 10^8$	На виділення діоксиду вуглецю з розчину ВАС, Q_4	9075565,9
Теплота утворення NH_4OH , Q_5	1501421,6	На підігрів діоксиду вуглецю з розчину ВАС, Q_5	996564,7
З розчином ВАС, Q_6	16601342	На підігрів карбамата амонія, Q_6	8596527
		З плавом карбаміду, Q_7	75905004
		Втрати в навколишнє середовище, $Q_{\text{вт}}$	$1,7 \cdot 10^7$
		Тепло, що відводиться, $Q_{\text{відв}}$	$5 \cdot 10^7$
Усього:	$1,9 \cdot 10^8$	Усього:	$1,9 \cdot 10^8$

2.5 Розрахунки головного апарату

2.5.1 Конструктивний розрахунок апарату

Вихідні дані:

Масова витрата плаву карбаміду, кг/год 114800,85

Густина плаву карбаміду, кг/м³ 900

Час перебування плаву в колоні, хв 50

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПД 13.01ПЗ

Час перебування газової фази в колоні, хв [2] 1,3

Основним апаратом є колона синтезу карбаміду, яка служить для утворення плаву карбаміду з карбамата амонія.

Колона синтезу карбаміду представляє собою циліндровий апарат з напівсферичним днищем, виготовлений з вуглецевої низьколегованої сталі 09Г2С. Контактуючі з плавом внутрішні поверхні апарату захищені листовою хромонікельмолібденовою сталлю 08Х17Н15М3Т. По висоті колони встановлені U-образні ковпачкові тарілки, які забезпечують перемішування реакційної суміші по колоні синтезу від низу до верху. За час проходження реакційної суміші через колону синтезу (близько 1 години) відбувається перетворення карбамата амонія в карбамід, при цьому ступінь перетворення складає 68%. Для контролю за станом футеровки в корпусі колони є отвори, сполучені із загальним колектором. Реакційна маса поступає в колону через нижній штуцер і поступово рухається до вихідного штуцера в кришці.

Згідно матеріальному балансу в колоні синтезу утворюється 114800,85 кг/год плаву карбаміду. Тоді об'ємна швидкість плаву, що утворюється:

$$\frac{114800,85}{900} = 127,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для забезпечення заданого виходу по карбаміду час перебування плаву в колоні повинен бути приблизно 50 хвилин. Тоді об'єм плаву в колоні складе:

$$V_{\text{плава}} = 127,5 \cdot \frac{50}{60} = 106,2 \text{ м}^3.$$

Для визначення перетину колони необхідно розрахувати об'ємну витрату газів NH_3 і CO_2 :

$$G_{\text{CO}_2} = \frac{31014}{3600} = 8,62 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{NH}_3} = \frac{43001,5}{3600} = 11,94 \text{ кг/с};$$

Арк.

ПД 13.01ПЗ

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

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{G \cdot 22,4 \cdot P_0 \cdot T}{M \cdot P \cdot T_0}; \quad (2.10)$$

де G – масова витрата газу, кг/с;

P_0, T_0 – тиск і температура за нормальних умов;

P, T – тиск і температура за робочих умов;

M – молекулярна маса газу.

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{8,62 \cdot 22,4 \cdot 0,1 \cdot (185 + 273)}{44 \cdot 14 \cdot 273} = 0,0525 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{11,94 \cdot 22,4 \cdot 0,1 \cdot (185 + 273)}{17 \cdot 14 \cdot 273} = 0,189 \text{ м}^3/\text{с};$$

Загальна об'ємна витрата газів складає:

$$V = 0,0525 + 0,189 = 0,242 \text{ м}^3/\text{с}.$$

При прийнятому часі перебування газової фази в апараті, об'єм газової фази дорівнює:

$$V = 0,242 \cdot 78 = 18,8 \text{ м}^3;$$

де 78 – час перебування газової фази в апараті, с [2].

Об'єм колони синтезу буде:

$$V_k = V_{\text{плава}} + V_{\text{г.ф.}} = 106,2 + 18,8 = 125 \text{ м}^3.$$

Швидкість руху газового потоку приймаємо відповідно до діючого виробництва $W = 0,054$ м/с.

Площа поперечного перетину колони дорівнює:

$$S = \frac{V}{W} = \frac{0,242}{0,054} = 4,48 \text{ м}^2.$$

Тоді діаметр колони буде рівний:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,48}{3,14}} = 2,39 \text{ м};$$

Приймаємо діаметр колони 2,5 м.

Висота колони:

$$H = \frac{V_k}{S} = \frac{125}{4,48} = 27,9 \text{ м}.$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПД 13.01ПЗ

2.5.2 Механічний розрахунок

Вихідні дані:

Тиск робочий, МПа	15,9
Температура робоча, °С	185
Матеріал корпусу	09Г2С
Матеріал футеровки	08Х17Н15М3Т
Діаметр апарату внутрішній, мм	2500
Коефіцієнт міцності зварного шва	$\phi=1$

Розрахункову температуру визначаємо з умови:

$$t_{\text{розр}} = \max \{t_{\text{ст}}; 20^{\circ}\text{C}\} \quad (2.11)$$

Температура стінки дорівнює температурі робочого середовища,

$$t_{\text{ст}} = 185^{\circ}\text{C}.$$

Приймаємо $t_{\text{розр}} = 185^{\circ}\text{C}$.

Під робочим тиском для судин і апаратів високого тиску розуміють максимальний внутрішній надмірний або зовнішній тиск, що виникає при нормальному протіканні робочого процесу, без урахування гідростатичного тиску середовища і без урахування допустимого короточасного підвищення тиску під час дії запобіжного клапана.

$$P_{\text{роб}} = 15,9 \text{ МПа.}$$

Під розрахунковим тиском в робочих умовах для елементів судин і апаратів слід розуміти тиск, на який проводиться їх розрахунок на міцність. Розрахунковий тиск для елементів судини і апаратів приймають, як правило, рівним робочому тиску або вище [9].

Приймаємо $P_{\text{розр}} = 15,9 \text{ МПа}$.

Значення пробного тиску для апаратів високого тиску визначають по формулі:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПД 13.01ПЗ

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (2.12)$$

де P – розрахунковий тиск, МПа;

$[\sigma]_{20}$ – напруга, що допускається, для матеріалу елемента апарату при температурі гідروفіпробування (20°C), МПа;

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу елемента судини або апарату при розрахунковій температурі, МПа.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 15,9 \frac{180}{167} = 21,5 \text{ МПа.}$$

Напруги, що допускаються, для розрахунку апарату по граничних навантаженнях при розрахунковій температурі визначаємо по формулах:

$$[\sigma] = \min \left\{ \frac{\sigma_{\text{T}} \text{ або } \sigma_{0,2}}{n_{\text{T}}}; \frac{\sigma_{\text{B}}}{n_{\text{B}}} \right\}, \quad (2.13)$$

де σ_{T} – мінімальне значення межі текучості матеріалу елемента, що розраховується, при розрахунковій температурі, МПа;

$\sigma_{0,2}$ – мінімальне значення умовної межі текучості матеріалу елемента, що розраховується, при розрахунковій температурі, МПа;

σ_{B} – мінімальне значення тимчасового опору (межі міцності) матеріалу елемента, що розраховується, при розрахунковій температурі, МПа;

n_{T} – коефіцієнт запасу міцності по межі текучості;

n_{B} – коефіцієнт запасу міцності по тимчасовому опору (межі міцності).

З таблиці 1[8]:

$$n_{\text{T}} = 1,5;$$

$$n_{\text{B}} = 2,4.$$

З додатку 5[8] для матеріалу сталь 09Г2С при розрахунковій температурі:

$$\sigma_{\text{B}} = 432 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{T}} = 255 \text{ МПа.}$$

Тоді:

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma] = \min \left\{ \frac{255}{1,5}; \frac{432}{2,4} \right\} = \min \{170; 180\}$$

Приймаємо $[\sigma] = 170$ МПа.

Напруга, що допускається, для умов випробування:

$$[\sigma]_{20} = \frac{\sigma_T^{20}}{n_T}; \quad (2.14)$$

де $n_T = 1,1$ – коефіцієнт запасу міцності для умов випробування.

$$[\sigma]_{20} = \frac{294}{1,1} = 267 \text{ МПа.}$$

Розрахунок застосовний при умові [9]:

$$\frac{S-C}{D} \leq 0,4; \quad (2.15)$$

де S – виконавча товщина стінки обичайки, мм;

C - сума надбавок до розрахункової товщини обичайки, мм;

D - внутрішній діаметр обичайки, мм.

Товщину стінки циліндрової обичайки розраховуємо по формулах:

$$S_R = 0,5 \cdot D \cdot (\beta_R - 1); \quad (2.16)$$

$$S \geq S_R + C; \quad (2.17)$$

де β_R - розрахунковий коефіцієнт товстостінності;

S_R - розрахункова товщина стінки обичайки, мм.

Розрахунковий коефіцієнт товстостінності визначаємо по формулі:

$$\beta_R = \exp \left(\frac{P}{[\sigma]_0 \cdot \varphi} \right); \quad (2.18)$$

де P – розрахунковий тиск в судині або апараті, МПа;

$[\sigma]_0$ - напруга, що допускається, для матеріалу обичайки при розрахунковій температурі, МПа;

φ - коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва.

$$\beta_R = \exp \left(\frac{15,9}{170 \cdot 1} \right) = \exp(0,0935) = 1,0768.$$

Тоді:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПД 13.01ПЗ

$$S_R = 0,5 \cdot 2500 \cdot (1,0768 - 1) = 96 \text{ мм.}$$

Приймаємо з сортаменту $S = 100 \text{ мм}$.

Визначасмо умову застосовності розрахункових формул:

$$\frac{100-4}{2600} = 0,037 < 0,4.$$

Умова виконується.

Визначаємо тиск, що допускається, для розрахункової товщини стінки по формулі:

$$[P] = [\sigma]_0 \cdot \varphi \cdot \ln \beta; \quad (2.19)$$

$$\beta = \frac{D + 2 \cdot (S - C)}{D}; \quad (2.20)$$

де $C = 4 \text{ мм}$ - сума надбавок до розрахункової товщини обичайки;

$$\beta = \frac{2500 + 2 \cdot (100 - 4)}{2500} = 1,0768;$$

$$[P] = 170 \cdot 1 \cdot \ln 1,0768 = 16,02 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$[P] \geq P_{\text{розр}}; \quad (2.21)$$

$[P] = 16,02 \text{ МПа} > P_{\text{розр}} = 15,9 \text{ МПа}$ - умова міцності виконується.

Товщина напівсферичного днища [9]:

$$S_{1P} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_д \cdot \varphi - 0,5 \cdot P}; \quad (2.22)$$

$$S_1 = S_{1P} + C; \quad (2.23)$$

де $R = 0,5 \cdot D$ - розрахунковий радіус кривизни днища по внутрішній поверхні, мм;

$[\sigma]_д$ - напруга, що допускається, МПа.

$$S_{1P} = \frac{15,9 \cdot 1250}{2 \cdot 170 \cdot 1 - 0,5 \cdot 15,9} = 62,24 \text{ мм.}$$

$$S_1 = 62,24 + 4 = 66,24 \text{ мм.}$$

Приймаємо $S_1 = 100 \text{ мм}$.

Тиск, що допускається:

					ПД 13.01ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$[P] = \frac{2 \cdot (S_1 - C) \cdot [\sigma]_d \cdot \varphi}{R + 0,5 \cdot (S_1 - C)}; \quad (2.24)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot (100 - 4) \cdot 170 \cdot 1}{1250 + 0,5 \cdot (100 - 4)} = 24,21 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності по формулі (6.12):

$$[P] = 24,21 \text{ МПа} > P_{\text{розр}} = 15,9 \text{ МПа} - \text{умова міцності виконується.}$$

Розрахунок застосовний при дотриманні наступних умов:

$$\frac{H}{D} \geq 0,2; \quad (2.25)$$

де $H = 0,5 \cdot D$ - для півсферичних днищ;

$$H = 0,5 \cdot 2500 = 1250 \text{ мм.}$$

$$\frac{S_1 - C}{D} \leq 0,15; \quad (2.26)$$

$$\frac{1250}{2500} = 0,5 > 0,2;$$

Умова виконується.

$$\frac{100 - 4}{2500} = 0,037 < 0,15;$$

Умова виконується.

2.6 Вибір технологічного обладнання

Апаратне оформлення процесу включає наступне основне технологічне устаткування: колона синтезу КС1, стріпер СТ2, скруббер високого тиску СК3, конденсатор високого тиску К4. Корпуси апаратів виготовлені з вуглецевої сталі, внутрішня частина, яка безпосередньо контактує з реакційною масою, захищена шаром з високолегованої молібденістої сталі.

Допоміжним устаткуванням є: сепаратори пари С5, холодильник конденсату Х7, сатуратор пари високого тиску СВ8, сатуратор пари середнього тиску СС9 і насоси Н1, Н2.

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
C5	Сепаратор пари	Вертикальний апарат. Призначений для сепарації пари від конденсату і видачі його в цеховий колектор пари низького тиску. Місткість - 19 м ³ , діаметр - 2400 мм, висота - 5900 мм, тиск - 0,8 МПа, температура 1650С. середовище - пара, конденсат.	Вуглецева сталь. Термоізоляція.	2
I6	Ежектор високого тиску	Призначений для подачі розчину вуглеамонійних солей з скрубера СК3 у конденсатор К4. Рушійне середовище - рідкий аміак, тиск - 15,4МПа, температура - 20 ⁰ С. Діаметр - 180мм, довжина - 1210мм, площа - 0,41м ² . Ежектуєме середовище - розчин ВАС. Тиск - 13,38 МПа, температура 165 - 185 ⁰ С.	Молибденіста сталь. Термоізоляція.	1
X7	Холодильник скрубера СК3	Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник. Призначений для охолодження циркуляційного конденсату поступаючого в скрублер СК3. Площа поверхні теплообміну - 75 м ² , діаметр - 600 мм, довжина - 5025 мм. Міжтрубний простір: тиск - 2,33 МПа, температура - 200 ⁰ С, середовище - конденсат. Трубний простір: тиск - 0,6 МПа, температура - 38 ⁰ С, середовище - оборотна вода	Неіржавіюча сталь. Термоізоляція.	1
CB8	Сатуратор пари високого тиску	Горизонтальний апарат. Призначений для зволоження пари високого тиску подається в міжтрубний простір СТ2. Місткість - 9 м ³ , діаметр - 1800 мм, довжина - 4568 мм, тиск - 2,4 МПа, температура 228 ⁰ С, середовище - пара, конденсат	Вуглецева сталь. Термоізоляція.	1
CC9	Сатуратор пари середнього тиску	Горизонтальний апарат. Для зволоження пари високого тиску подається в міжтрубний простір Х7. Місткість - 9 м ³ , діаметр - 1800 мм, довжина - 4568 мм, тиск - 2,4 МПа, температура 228 ⁰ С, середовище - пара, конденсат	Вуглецева сталь. Термоізоляція.	1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД 13.01ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5
Н1	Насос вуглеамонійних солей високого тиску	Трьохплунжерний горизонтальний насос. Призначений для подачі розчину вуглеамонійних солей в скрубер СК3. Продуктивність - 15,01 м ³ /год, тиск нагнітання - 17,5 МПа, температура 75 ⁰ С, середовище - розчин карбамата, частота обертання валу насоса 0,2 - 0,8 с ⁻¹ . Електродвигун: потужність - 100 кВт, частота обертання - 25с ⁻¹ , напруга - 380В. Виконання невибухозахищене (оболонка із ступенем захисту IP65)	Збірний, гідравлічна частина - молибденіста сталь.	1
Н2	Насос скрубера СК3	Відцентровий насос. Призначений для подачі циркуляційного конденсату в скрубер СК3. Продуктивність - 220м ³ /год, натиск - 0,5МПа, температура - 140 ⁰ С, середовище - паровий конденсат. Електродвигун: потужність - 45 кВт, частота обертання - 24 с ⁻¹ , напруга - 380В. Виконання невибухозахищене (оболонка із ступенем захисту IP44)	Вуглецева сталь, чавун.	1

3 КОНТРОЛЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Для управління технологічним процесом синтезу карбаміду оператор-технолог повинен мати нагоду у будь-який момент часу отримати повну інформацію про хід процесу. Для цього в даному дипломному проекті запропоновано безперервно вимірювати і виводити в ЦПУ і на УВК значення наступних технологічних параметрів [14]:

Температура:

Вуглекислий газ на вході в стріпер поз. СТ2 TIR 2-1

Пара на виході зі стріпера поз. СТ2 в конденсатор поз. К4 TIR 3-1

Реакційна суміш на виході з конденсатора поз. К4 в колону синтезу поз. КС1 TIR 5-1

Реакційна суміш в конденсатор поз. К4 після ежектора поз. І6 TIR 8-1

Розчин карбаміду на вході в стріпер поз. СТ2 з колони синтезу поз. КС1 TIR 9-1

Розчин карбаміду на виході зі стріпера поз. СТ2 TIR 10-1

Розчин карбаміду в колоні синтезу поз. КС1 TIR 12-1

Газ на виході з колони синтезу поз. КС1 TIR 13-1

Реакційна суміш на виході зі скрубера поз. СК3 TIR 15-1

Тиск:

Вуглекислий газ на вході в стріпер поз. СТ2 PIR 1-1

Витрата:

Рідкий аміак перед ежектором поз. І6 FIR 6-1

Плав карбамату після колони синтезу поз. КС1 FIR 7-1

Рівень:

Розчин карбаміду в нижній частині стріпера поз. СТ2 LIR11-1

Для вимірювання витрати у всіх випадках використовується метод

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кіхтенко Б.І.</i>			<i>Контроль та автоматизація виробництва</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравченко І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О. .</i>						
						<i>СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм</i>		

змінного перепаду тиску. У трубопровід, по якому транспортується потік, витрату якого необхідно вимірювати, встановлюється звужуючий пристрій (діафрагма типа ДКС) на ньому при протіканні потоку створюється перепад тиску, який вимірюється датчиком різниці тиску «Метран-100 ДД». Вихідний сигнал даного датчика є уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

Для вимірювання температури використовується термоелектричний перетворювач ТХК-2088. У основу роботи даного приладу встановлений термоелектричний ефект. Якщо точку спаю двох різнорідних провідників помістити в апарат, в якому необхідно вимірювати температуру, то на вільних кінцях термопари з'явиться термо-ЕДС, яка буде прямопропорційна вимірюваній температурі. По величині термо-ЕДС і визначають температуру.

Для вимірювання рівня використовуємо буйковий перетворювач «Сапфір-22ДУ». Чутливим елементом є буйок, який виготовляється з неіржавіючої сталі, і поміщається безпосередньо в апарат. У основу роботи приладу закладений закон Архімеда. При вимірюванні рівня в апараті, змінюється висота занурення буйка в робочу рідину. При цьому змінюється виштовхуюча сила, діюча на буйок, а отже, змінюється вага буйка. Вимірювальна схема приладу перетворить зміни ваги буйка в уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА.

Для вимірювання тиску використовують датчик надмірного тиску «Метран-100 ДІ». У основу роботи даного приладу встановлений тензометричний ефект.

Для живлення датчиків і забезпечення їх іскробезпеки, використовуємо бар'єр іскробезпеки МТМ-501-03. Сигнал 4-20 мА від якого передається на електронний реєстратор МТМ-РЕ-160. Для температури використовуємо перетворювач МТМ-402, який перетворює сигнал вольт в сигнал 4-20 мА, і виконує реєстрацію параметрів [15].

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Регулювання параметрів технологічного процесу

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

Рівень в колоні синтезу поз. КС1 регулюється за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. LCV 4-5 розташований на лінії виходу плава карбаміду з колони синтезу.

Витрата розчину карбаміду після стріпера поз. СТ2 стабілізується автоматично за допомогою одноконтурної АСР витрати. Регулюючий клапан поз. FCV 14-5 розташований на лінії виходу розчину карбаміду із стріпера поз. СТ2.

Тиск розчину карбаміду в колоні синтезу поз. КС1 регулюється за допомогою одноконтурної АСР. Регулюючий клапан поз. PCV 16-5 розташований на лінії входу газової суміші аміаку і діоксиду вуглецю в колону синтезу поз. КС1.

Тиск гріючої пари в сатураторі поз. СВ8 стабілізується автоматично за допомогою одноконтурної АСР тиск. Регулюючий клапан поз. PCV 17-5 розташований на лінії подачі пари до сатуратора.

У даному дипломному проекті вибрані регулюючі клапани укомплектовані електропневмопозіціонером (ЕПП). Вхідний сигнал ЕПП 4-20 мА, що дозволяє зі схеми регулювання виключити пневмоперетворювач. Для забезпечення іскорзахисту після ПД-регулятора МІК25 в схему регулювання ставимо бар'єр МТМ 501-04.

3.2 Сигналізація процесу

Для сповіщення оперативного персоналу про відхилення технологічного процесу від норми в даному проекті запропонована схема автоматичної

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналізації, яка спрацьовує в наступних випадках:

- Мах і min тиск гріючої пари в сатураторі поз. СВ8;
- Мах і min рівень в стріпері поз. СТ2;
- Мах і min рівень в колоні синтезу поз. КС1;
- Мах і min витрата розчину карбаміду в на виході з поз. СТ2;
- Мах і min тиск розчину карбамата в колоні синтезу поз. КС1;

Прилади засобу автоматизації, використовувані в даному проекті приведені в таблиці 3.1 «Відомість приладів і технічних засобів автоматизації» [8].

Таблиця 3.1 - Відомість приладів і технічних засобів автоматизації

№ поз. по схемі	Вимірюваний параметр	Назва і тип приладу	Технічні характеристики
1	2	3	4
1-1	Тиск водяної пари на вході в стріпер СТ2	Датчик надмірного тиску Метран-100ДІ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надмірний тиск 20 МПа КТ 0,25
1-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
2-1	Температура вуглекислого газу перед стріпером СТ2	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C
2-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402	Шкала 0-300°C Клас точності 0,25
3-1	Витрата вуглекислого газу перед стріпером СТ2	Діафрагма камерна ДКС	Клас точності 1,0
3-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 6 МПа Клас точності 0,25
3-3	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
4-1	Тиск гріючої пари в сатураторі СВ8	Датчик надлишкового тиску Метран-100ДІ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 6 МПа КТ 0,25
4-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
4-3	Те ж	Регулятор МІК-25, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	ПІД-закон
4-4	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-04, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
5-1	Рівень водяної пари в сатураторі високого тиску СВ8	Перетворювач вимірювальний буйковий Сапфір 22-ДУ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Довжина буйка 600мм 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
5-3	Те ж	Реєстратор електронний МТМ-РЕ-160, вхідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,25
6-1	Тиск у колоні синтезу КС1	Датчик надлишкового тиску Метран-100ДІ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 20 МПа. Клас точності 0,25
6-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
6-3	Те ж	Регулятор МІК-25, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	ПІД-закон
7-1	Температура в колоні синтезу КС1	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C
7-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402	Шкала 0-300°C Клас точності 0,25

Продовження таблиці 3.1

8-1	Рівень розчину карбаміду в колоні синтезу КС1	Перетворювач вимірювальний буйковий Сапфір 22-ДУ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Довжина буйка 2000мм Класів точності 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
8-3	Те ж	Регулятор МІК-25, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	ПІД-закон
9-1	Концентрація розчину карбаміду на виході з колоні синтезу КС1	Нормуючий перетворювач Ш-78, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,5
10-1	Витрата охолоджуючого конденсату з К4	Діафрагма камерна ДКС	Клас точності 1,0
10-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 6 МПа Клас точності 0,25
10-3	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
11-1	Температура охолоджуючого конденсату з К4	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C
11-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402	Шкала 0-300°C Клас точності 0,25
12-1	Тиск в скрубєрі СК3	Датчик надмірного тиску Метран-100ДН-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надмірний тиск 1МПа Клас точності 0,25
12-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
12-3	Те ж	Реєстратор електронний МТМ-РЕ-160, вхідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,25
13-1	Температура реакційної суміші на виході зі СК3	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД 13.01ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
13-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402 вихідний сигнал 4-20 мА	Шкала 0-300 ⁰ С Клас точності 0,25
14-1	Концентрація плаву карбаміду після стріпера СТ2	Нормуючий перетворювач Ш-78, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,5
15-1	Концентрація плаву карбаміду після стріпера СТ2	Нормуючий перетворювач Ш-78, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,5
16-1	Тиск у колоні синтезу КС1	Датчик надлишкового тиску Метран-100ДІ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 20 МПа Клас точності 0,25
16-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
16-3	Те ж	Регулятор МІК-25, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	ПІД-закон
17-1	Тиск аміаку на вході в ежектор Е6	Датчик надлишкового тиску Метран-100ДІ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надлишковий тиск 6 МПа КТ 0,25
17-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
18-1	Температура реакційної маси після колони синтезу КС1	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600 ⁰ С
18-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20 мА	Шкала 0-300 ⁰ С Клас точності 0,25
19-1	Температура аміаку після ежектору Е6	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600 ⁰ С
19-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402, вихідний сигнал 4-20 мА	Шкала 0-300 ⁰ С Клас точності 0,25
20-1	Тиск вуглекислого газу на вході в стріпер СТ2	Датчик надмірного тиску Метран-100ДІ-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний надмірний тиск 20 МПа КТ 0,25

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД 13.01ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
20-2	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
21-1	Температура газової суміші на виході зі СТ2 в К4	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C
21-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402	Шкала 0 - 300°C Клас точності 0,25
22-1	Температура реакційної суміші на виході з К4 в КС1	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C
22-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402	Шкала 0-300°C Клас точності 0,25
23-1	Витрата плава карбаміду після колони синтезу КС1	Діафрагма камерна ДКС	Клас точності 1,0
23-2	Те ж	Датчик різниці тиску Метран-100ДД-Ех, вихідний сигнал 4-20 мА	Граничний перепад тиску 6 МПа Клас точності 0,25
23-3	Те ж	Бар'єр іскробезпеки МТМ501-03, вхідний сигнал 4-20 мА, вихідний сигнал 4-20 мА	Клас точності 0,2
24-1	Температура газу на виході з колони синтезу КС1	Термопара ТХК-2088	Діапазон +50 ÷ +600°C
24-2	Те ж	Перетворювач вимірювальний багатограничний МТМ-402	Шкала 0-300°C Клас точності 0,25

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД 13.01ПЗ

Арк.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під «Охороною праці» розуміють систему законодавчих актів і відповідних їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [12].

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

Основні фізико-хімічні властивості речовин, які застосовуються та здобуваються на виробництві карбаміду, характеристика їх токсичності, показники вибухо- і пожежонебезпечності представлені в таблицях 4.1 – 4.3 [5].

Таблиця 4.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва сполуки	Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан за н.у.	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
1	2	3	4	5	6
1 Карбамід	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{N} - \text{C} - \text{N} - \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \end{array}$	тв.	132,70	-
2 Аміак	NH_3	$\begin{array}{c} \text{N} - \text{H} - \text{N} \\ \\ \text{N} \end{array}$	газ	мінус 77,75	мінус 33,35
3 Вуглекислий газ	CO_2	$\text{O} = \text{C} = \text{O}$	газ	мінус 56,60	мінус 78,52

<i>ПД 13.01.ПЗ</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях СНУ ім. В.Даля гр.ТНР-19дм
Розроб.		Кіхтенко Б.І.			
Перев.		Кравченко І.В.			
Консульт.					
Н. контр.					
Затв.		Суворін О.В.			

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
4 Азот	N ₂	N ≡ N	газ	мінус 210,00	мінус 195,80
5 Водень	H ₂	H – H	газ	мінус 259,14	мінус 252,80

Таблиця 4.2 – Показники вибухо- і пожежонебезпечності

Сполука	Температура, °С		Межі розповсюдження полум'я, концентраційні			
	спалаху	самозапа - лення	г/м ³		% об.	
			нижній	верхній	нижній	верхній
1 Карбамід	223	715	70	500	-	-
2 Аміак	-	650	112	189	15	28
3 Вуглекислий газ	-	610	-	-	12,5	74,5
4 Водень	-	510	3,4	66,4	4	75

Таблиця 4.3 – Характеристика токсичності

Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично-допустима концентрація, мг/м ³		Засоби індивідуального захисту
			робочої зони	максимально разова	
1	2	3	4	5	6
1 Карбамід	4	Викликає роздратування шкіри	10	0,5	Протигази фільтруючі марки М або КД
2 Аміак	4	Характеризується задушливою дією. Знижує здатність мозкової тканини засвоювати кисень. Порушує згортання крові. Може бути втрата зору, хронічне захворювання легенів	20	0,2	Протигази фільтруючі марки М або КД, шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2

Арк.

ПД 13.01ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
3 Вуглекислий газ	4	Діє як наркотик, руйнує шкіру і слизисті оболонки, пригнічує дихальний центр. Високий вміст з пониженням кисню в повітрі викликає смерть	30000	-	Протигазки фільтруючі марки М, шлангові протигазки ПШ-1, ПШ-2
4 Азот	-	За атмосферного тиску має задушливу дію	-	-	Протигазки шлангові ПШ-1, ПШ-2
5 Водень	4	Фізіологічно інертний газ, за високих концентрацій викликає задуху	-	-	Протигазки фільтруючі марки М, шлангові протигазки ПШ-1, ПШ-2

4.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві, що проектується

Виробництво карбаміду характеризується наступними небезпечними і шкідливими виробничими факторами:

- наявністю шкідливих речовин (аміак, вуглекислий газ, азот, карбамід, водень);
- високим тиском до 14,2 МПа, що може привести до розриву комунікацій, устаткування з викидом в атмосферу аміаку, розчинів вуглеамонійних солей, розчину карбаміду, вуглекислого газу;
- високою температурою – до 440°C і вірогідністю отримання термічних опіків паром, конденсатом, розчинами і гарячими поверхнями устаткування і комунікацій;
- електричною енергією високої напруги до 6000 В, насиченістю корпусів цеху електроустаткуванням, що створює небезпеку поразки електричним струмом;
- великою кількістю рухомих частин механізмів, що обертаються, які створюють небезпеку отримання механічної травми;

							<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				

- розміщенням устаткування і комунікацій на висоті будівель і споруд
- до 100 м., що ускладнює проведення ремонтних робіт;
- утворенням вибухонебезпечних сумішей при порушенні норм технологічного режиму.

До шкідливих чинників відносяться також шум і вібрація, що негативно впливають на організм людини. Джерелами шуму і вібрації у виробництві карбаміду є насоси, елементи вентиляційних систем, трубопроводи для переміщення рідин і газів, електродвигуни.

При тривалій дії шуму розвивається професійна туговухість, яка може привести до втрати слуху. Шум діє на центральну нервову систему, погіршує зір, ослабляє увагу і пам'ять людини, що збільшує можливість травм.

Вібрація виникає при коливанні частин апаратів, машин, комунікацій і споруд, що викликаються динамічною неврівноваженістю деталей, що обертаються, пульсацією тиску при транспортуванні рідин і газів.

Вібрація негативно впливає на центральну нервову і серцево-судинну систему, опорно-руховий апарат і може привести до важкого захворювання – вібраційної хвороби.

При несправності електротехнічного устаткування або порушенні правил його експлуатації можуть відбуватися поразки електричним струмом і електротравми.

До електричних травм відносяться опіки, електричні знаки. Найбільшу небезпеку представляє для людини електричний удар. Відносно великі величини струму приводять до фібриляції і паралічу серця, а також зупинки дихання.

У виробництві карбаміду використовують і отримують речовини, що володіють діелектричними властивостями, що сприяє виникненню зарядів статичної електрики. Виникнення і накопичення зарядів статичної електрики відбувається також при зливі, наливанні і перекачуванні рідких речовин по трубопроводах і гумових шлангах; при розбризкуванні рідин; при русі

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

автотранспорту, візків на гумових шлангах і людей по сухому ізолюючому покриттю. Статична електрика є причиною порушення технологічних процесів, точності показань електричних приладів і приладів автоматики [5].

4.3 Класифікація і категорійність проектного виробництва

Класифікація і категорійність проектного виробництва карбаміду представлена в таблиці 4.4 [5].

Таблиця 4.4 – Класифікація і категорійність проектного виробництва

Найменування цеху, відділення, установки	Категорія приміщень по вибухо – і пожежонебезпечності згідно НАПБ Б.03.002-2007	Категорія технологічних блоків за рівнем вибухонебезпечності (ОПВ-88)	Класифікація приміщень та зовнішніх установок по електроустаткуванню (ПУЕ-2009)		Група виробничих процесів по сан. характеристиці згідно СНіП 2.09.04.
			Клас приміщень	Категорія та група вибухонебезпечних сумішів	
1 Синтез:					
- етажерка синтезу	Б	2	В-1г	11А-Т1	1116
- приміщення хроматографа	А	2	В-1а	11С-Т1	1116
2 Насосна низького та високого тиску, рециркуляція, випарка, десорбція та гідроліз:					
- насосна і витяжна вентиляція з неї	Б	3	В-1б	11А-Т1	1116
- етажерка зовнішнього устаткування	Б	3	В-1г	11А-Т1	1116
- зони викидів витяжних вентиляторів в радіусі 3м по вертикалі та горизонталі	-	3	В-1г	11А-ТІ	1116

Згідно ДСП 173 клас по санітарній характеристиці – 2.

Ширина санітарної захисної зони – 500 м.

Робота, яка пов'язана з постійною ходьбою та виконується сидячи або стоячи, але не вимагає переміщення важких предметів відноситься до категорії Па (фізична середньої важкості). Згідно з категорією робіт визначаються метеофактори:

– для холодного або перехідного періоду: температура – від 18 до 20 °С, відносна вологість повітря – від 60 до 40 %, швидкість руху повітря – не більше 0,2 м/с;

– для теплового періоду: температура – від 21 до 23 °С, відносна вологість повітря – від 60 до 40 %, швидкість руху повітря – 0,3 м/с [13].

4.4 Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих чинників

4.4.1 Вентиляція і опалення

Оскільки основне обладнання виробництва розташовується на відкритому майданчику, то ведеться розрахунок приміщення лабораторії проектного виробництва карбаміду розміром 10 х 6 х 3,6 м, де передбачена загальнообмінна (приточно-витяжна) вентиляція з механічною спонукою. Кратність повітрообміну приймаємо не менш 5 год⁻¹.

Кількість повітря, яку необхідно подати в лабораторію, обладнану витяжними шафами в кількості 3 шт. (кількість працівників – 3):

$$W = K * V, \quad (4.1)$$

де K – кратність повітрообміну, 1/год.; рівна 5 год⁻¹;

V – об'єм приміщення, м³.

$$V = 10 * 6 * 3,6 = 216 \text{ м}^3$$

$$W = 5 * 216 = 1080 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки відцентровий вентилятор звичайного (безпечного) виконання (для переміщення неагресивних середовищ з

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПД 13.01ПЗ

температурою не вище 150°C, що не містять дрібних речовин; вміст пилу і інших твердих речовин не повинен перевищувати 150 мг/м³) типа В-Ц4-70 (1 виконання) наступної характеристики [19]:

продуктивність, м³/год. 1350

напір, мм. вод. ст. 67

частота обертання, об/хв. 2500

електродвигун типу 4АА63В2 потужністю 0,55 кВт.

Кількість повітря, яка видаляється від кожної витяжної шафи:

$$W_{ш} = F_{ш} * V_{ш} * 3600, \quad (4.2)$$

де $F_{ш}$ – площа робочого отвору витяжної шафи; для витяжної шафи довжиною 1 м дорівнює 0,4 м² [19];

$V_{ш}$ – швидкість руху повітря, м/с; для речовин 4 класу небезпеки (аміак) дорівнює від 0,15 до 0,2 м/с.

$$W_{ш} = 0,4 * 0,2 * 3600 = 288 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається по формулі:

$$L = W_{ш} * K, \quad (4.3)$$

де K – коефіцієнт підсосу повітря через нещільність; приймається 1,15 [19].

$$L = 288 * 1,15 = 331,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З урахуванням того, що лабораторія обладнання 3-ма шафами, продуктивність вентилятора повинна бути

$$331,2 * 3 = 993,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки один відцентровий вентилятор на три шафи типу В-Ц4-70 (1 виконання) з наступними характеристиками [19]:

продуктивність, м³/год. 1400

напір, мм. вод. ст. 27

частота обертання, об/хв. 1500

електродвигун типу 4АА63 А4 потужністю 0,25 кВт.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПД 13.01ПЗ					

Теплопостачання лабораторії здійснюється від тепловпункта, розміщеного в технічному блоці будівлі. Як опалювальні прилади рекомендується застосовувати радіатори.

Площа поверхні опалювальних приладів згідно формули (5.5) складе:

$$H = \frac{12220,8}{506} = 24,15 \text{ екм} = 19,8 \text{ м}^2$$

В якості опалювальних приладів пропонуємо встановити радіатори марки М-140АО з площею поверхні нагріву одної секції 0,299 м² [19].

Кількість секцій складе:

$$n = 19,8/0,299 = 66 \text{ секції}$$

Приймаємо до установки 6 радіаторів марки М-140АО по 11 секцій у кожному.

4.4.2 Аварійна вентиляція

Аварійна вентиляція призначена для швидкого видалення з виробничих приміщень значних об'ємів повітря з високими концентраціями токсичних і вибухонебезпечних речовин, що виникають при порушеннях технологічного процесу і аваріях. Аварійну вентиляцію завжди влаштовують тільки витяжною без компенсації витяжки притокою, щоб запобігти перетіканню шкідливих речовин в сусідні приміщення Кратність витяжки визначається галузевими правилами техніки безпеки і промислової санітарії, коливається в широких межах.

Вентилятори аварійної витяжки повинні включатися автоматично по сигналу від газоаналізаторів. Крім того, повинен бути передбачений дистанційний пуск від пускових пристроїв, розташованих біля вхідних дверей зовні приміщення [5].

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.3 Заходи боротьби з пилом

Джерелами виділення пилу у виробництві карбаміду є вузли його пересипки і розфасовки. Гранично допустимих концентрацій пилу карбаміду в повітрі не встановлено, проте при великій концентрації навіть інертний пи́л може викликати захворювання шкіряних покривів (дерматити), очей, ясен, зубів та ін. Тому в зоні робочих приміщень допустимою концентрацією нетоксичного пилу карбаміду можна вважати до $10 \text{ мг/м}^3 \text{ CO(NH}_2)_2$.

Механізація розфасовки карбаміду і місцеві відсмоктування від вузлів його пересипки дозволяють понизити до мінімуму виділення пилу в повітрі виробничих приміщень.

Запилене повітря перед відведенням в атмосферу проходить через грануляційну башту, де пи́л частково уловлюється.

Важливою умовою скорочення пи́ловиділень є також виготовлення карбаміду з необхідним гранулометричним складом при мінімальному вмісті дрібних фракцій.

Пи́лозахисний спецодяг застосовують при роботах, пов'язаних з виділенням великих кількостей пилу різного характеру. Виготовляють його з гладких щільних тканин типу молескін, пори яких утворюють звивисті канали. Спецодяг і спецвзуття потрібних видів підбирають по спеціальному каталогу поточного рекомендованого асортименту масового виробництва для основних професій працівників хімічної промисловості.

Для захисту дихальних шляхів використовують респіратори «Лепесток» та протигази марок М або КД [5].

										ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

4.5 Освітлення виробничих приміщень

4.5.1 Природне освітлення

Природне освітлення, яке проникає через світлові отвори в стінах будівель, приблизно розраховують, виходячи з відношення площі світлових отворів до площі підлоги (світловий коефіцієнт).

Площа віконних отворів $S_{\text{вік}}$, м^2 :

$$S_{\text{вік}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}\right) * S_n, \quad (4.7)$$

де $\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}$ – світловий коефіцієнт для приміщень хімічних виробництв;

S_n – площа виробничого приміщення, м^2 .

$$S_{\text{вік}} = \frac{10 * 6}{5} = 12 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу одного вікна $S_{\text{ок1}} = 3 \text{ м}^2$ (1,5 x 2 м), тоді число віконних отворів m складе:

$$m = \frac{S_{\text{ок}}}{S_{\text{ок1}}}, \quad (4.8)$$

$$m = \frac{12}{3} = 4 \text{ вікна}$$

4.5.2 Штучне освітлення

Число джерел світла, потрібне для освітлення приміщення, визначається по методу світлового потоку:

$$n = \frac{E * S * K}{F * U * Z}, \quad (4.9)$$

де E – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк; для лабораторії $E = 75 \text{ лк}$ [5];

S – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ; дорівнює 60 м^2 ;

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F – світловий потік лампи, лм; $F = 2510$ лм при напрузі в мережі 220 В та потужності лампи 200 Вт [19];

K – коефіцієнт запасу; $K=1,3$ [19];

Z – поправочний коефіцієнт, залежний від конструкції стандартного світильника; $Z= 1,03$ для світильника Ш_0 «Молочна куля» [19];

U – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника i .

$$i = \frac{a * b}{h * (a + b)}, \quad (4.10)$$

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

h – висота від рівня робочого місця до нижньої точки підвісу світильника (рівень робочого місця приймається 0,8 м), м.

При висоті приміщення 3,6 м і відстані світильника до стелі 1,2 м висота підвіски світильника від рівня робочого місця складе:

$$h = 3,6 - 1,2 - 0,8 = 1,6 \text{ м}$$

$$i = \frac{10 * 6}{1,6 * (10 + 6)} = 2,34$$

При $i = 2,34$ для світильника «Молочна куля» $U = 0,32$ [19].

$$n = \frac{75 * 60 * 1,3}{2510 * 0,32 * 1,03} = 7,07 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки 8 світильників.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення N , кВт:

$$N = \frac{n * W + (0,1 \div 0,2) * n * W}{1000}, \quad (4.11)$$

де n – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення;

W – потужність однієї лампи, Вт;

$(0,1 \div 0,2) * n * W$ – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення,

Вт.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	<small>Арк.</small>
<small>Зм.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дата</small>		

$$N = \frac{8 * 200 + 0,15 * 8 * 200}{1000} = 1,84 \text{ кВт}$$

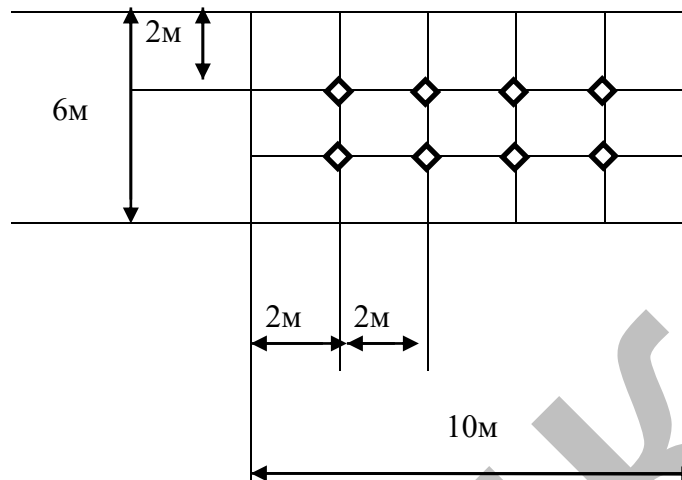


Рис.4. 1 – Схема розміщення світильників

4.6 Заходи боротьби з шумом і вібраціями

Рівень шуму на виробництві карбаміду не повинен перевищувати величин, встановлених згідно ГОСТ 12-1, 003-76.

Для зниження шуму використовують:

- своєчасне проведення профілактичних ремонтів і якісний монтаж;
- звукоізолюючі перегородки;
- облицювання внутрішніх поверхонь виконують з шумопоглинаючого матеріалу;
- звукоізолюючі пристрої;
- встановлення глушників аеродинамічного шуму від вентиляторів і компресорів.

Для захисту органів слуху від підвищеного рівня шуму використовуються навушники ВЦННІОТ-2М або вкладиші "БЕРУШИ-ФП".

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробниче устаткування, що передає вібрацію, належить встановлювати так, щоб була здійснена належна вібрація, відповідна вимогам ГОСТ 12.1-012-78.

Для гасіння вібрації необхідно застосовувати віброізолюючі підстави, гнучкі переходи від вібруючих агрегатів до комунікацій.

Як індивідуальні засоби захисту від вібрації може використовуватися віброгасяче взуття [5].

4.7 Заходи захисту від статичної електрики

Захист від статичної електрики здійснюють шляхом відведення в землю зарядів і вирівнювання потенціалів, що створилися на апаратах, трубопроводах і металевих конструкціях. В процесі роботи технологічного устаткування необхідно строго керуватися «Правилами захисту від статичної електрики у виробництві хімічної промисловості».

З метою захисту обслуговуючого персоналу цеху від дії розрядів статичної електрики кожна система апаратів, трубопроводів і повітропроводів в межах цеху заземляється не менш, чим в двох місцях, приєднанням до магістралі захисного заземлення.

Всі трубопроводи, що йдуть паралельно або перекриваються, розташовані між собою на відстані до 10 см, з'єднуються перемичками. Трубопроводи, вентиляційні ходи на всьому протязі представляють безперервний електричний ланцюг через фланцеві з'єднання.

Для попередження накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних місцях необхідно: не допускати переміщення по трубопроводах ЛЗР з великою швидкістю; подавати ЛЗР тільки через трубу, занурену до дна місткості, не допускаючи розриву струменя рідини; стежити за станом заземлення від статичної електрики.

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту від розрядів статичної електрики необхідно заземляти всі металеві конструкції і апарати, резервуари, зливні-наливні пристрої і інше устаткування, вживане для переробки, зберігання і транспортування пожеже небезпечних речовин.

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині, передбачається: улаштування заземлених зон, помостів і робочих майданчиків; забезпечення працюючих струмопровідним взуттям; заборона носіння одягу з синтетичних матеріалів і шовку [5].

4.8 Заходи електробезпеки

Для захисту людей від поразки електричним струмом в умовах виробництва карбаміду приймають наступні заходи: захисне заземлення, занулення; контролюють ізоляцію, забезпечують недоступність струмоведучих частин; прагнуть працювати при малих напругах; захисне відключення і захисні засоби, встановлюють знаки безпеки, використовують пристрої автоматичного відключення та дистанційний контроль.

Для електроустановок до 1000 В основні захисні засоби – діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими ручками; додаткові захисні засоби – діелектричні калоші, гумові килимки і ізолюючі підставки [5].

Розрахунок заземлюючого контура проводиться за умови, що загальний опір заземлюючого контура $R_{ззп}$ повинен бути менш 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою:

$$R_{ззп} = \frac{R_з * R_{см}}{R_{см} * n * \eta_з + R_з * \eta_{см}} \quad (4.12)$$

де $R_з$ – опір заземлювача, Ом;

$R_{см}$ – опір металевої смуги, яка з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів;

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>		<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

η_3 – коефіцієнт екранування заземлювача ; приймається в межах від 0,2 до 0,9; $\eta_3 = 0,9$;

$\eta_{см}$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги; приймається в межах від 0,1 до 0,7; $\eta_{см} = 0,7$.

Опір заземлювача:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 * \Pi * l} * \left(\ln \frac{2 * l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * t + l}{4 * t - l} \right), \quad (4.13)$$

де ρ – питомий електричний опір ґрунту, Ом*м; для суглинку приймаємо рівним 100 Ом*м;

l – довжина заземлювача, м; для стрижня приймаємо рівною 8 м;

d – діаметр заземлювача, м; для стрижня приймаємо рівним 0,03 м;

t – відстань від середини розташованого в ґрунті заземлювача до рівня землі, м.

$$t = \frac{l}{2} + t^1, \quad (4.14)$$

де t^1 – відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі, м; повинно бути не менш 0,5 м.

$$t = \frac{8}{2} + 0,5 = 4,5 \text{ м}$$

$$R_3 = \frac{100}{2 * 3,14 * 8} * \left(\ln \frac{2 * 8}{0,03} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 4,5 + 8}{4 * 4,5 - 8} \right) = 13,45 \text{ Ом}$$

Опір смуги, яка з'єднує заземлювачі:

$$R_{см} = \frac{\rho}{2 * \Pi * L} * \ln \frac{2 * L^2}{b * t^1}, \quad (4.15)$$

де L – довжина смуги, яка з'єднує заземлювачі, м; за контурного заземлення приблизно дорівнює периметру виробничої будівлі, $L = 200$ м;

b – ширина смуги, м; приймаємо 0,05 м (при прокладці поза будівлею).

$$R_{см} = \frac{100}{2 * 3,14 * 200} * \ln \frac{2 * 200^2}{0,05 * 0,5} = 1,19 \text{ Ом}$$

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою:

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{\psi * R_3}{4 * \eta_3}, \quad (4.16)$$

де 4 – припустимий загальний опір, Ом;

ψ – коефіцієнт сезонності, для Сіверсько-Донецького басейну дорівнює 2.

$$n = \frac{2 * 13,45}{4 * 0,9} = 7,5$$

Приймаємо до установки 8 заземлювачів.

$$R_{ззп} = \frac{13,45 * 1,19}{1,19 * 8 * 0,9 + 13,45 * 0,7} = 0,9 \text{ Ом}$$

Висновок: загальний опір заземлюючого контура $R_{ззп}$ не перевищує допустиме значення рівне 4 Ом, отже в будівлі забезпечується необхідна електробезпека.

4.9 Пожежобезпека

Виробництво карбаміду за характером виконуваних технологічних операцій і властивостям вживаних речовин, що утворюються, належить до пожежовибухонебезпечних.

Пожежа може відбутися при недотриманні правил техніки безпеки, технологічних регламентів і інструкцій; при неправильному веденні вогняних робіт, від несправності електропроводки, від короткого замикання, від розряду статичної електрики.

Для забезпечення пожежної і вибухобезпечної роботи необхідно дотримувати наступні вимоги: виробничі приміщення, устаткування повинні міститися в чистоті; виробничі відходи повинні зберігатися в спеціально відведених місцях; забороняється захаращувати проходи, проїзди і під'їзди до будівель, пожежного інвентарю і устаткування; при виявленні витоків горючих газів або пари з устаткування, до місця пропуску подати водяну пару або азот для усунення пропуску; необхідно знати розташування засобів пожежогасіння і вміти ними користуватися.

						<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

Про виникнення пожежі необхідно оголосити по гучномовному селекторному зв'язку, повідомити в ГПЧ по телефону 101, розбити скло і нажати кнопку пожежного повідомлювача.

Засоби пожежогасіння: азбестове полотно; вогнегасник ОПШ-10 (порошковий шахтний), ОП-9 (порошковий закачаний переносний), ОУ-5 (вуглекислотний); станція автоматичної пожежогасінні легко-механічною піною; стаціонарні лафетні установки з пожежними стовбурами ПЛС-40; пожежні крани і рукави; розводка азоту для гасіння пожежі; ящики з піском і азбестовим полотном [5].

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 КОМПОНОВКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Під компонуванням цеху або його об'ємно-планувальним рішенням розуміється як сам процес проектування, під час якого визначається склад приміщень, їхні розміри й раціональне взаємне розташування, так і його результат у вигляді креслень поетапних планів і розрізів, які виконуються у певному масштабі.

Продумане й правильно виконане компонування цеху повинне передбачати повну відповідність специфічним умовам технологічного процесу, максимальну безпеку виробництва й зручність його обслуговування, урахування особливостей генерального плану заводу.

Однак є ряд умов, що затрудняють або виключають можливість вносу устаткування з приміщень.

По перше, це специфіка технологічного процесу. Наприклад, одержання деяких продуктів вимагає особливої чистоти й вологості повітря.

По друге, це кліматичні умови району розміщення проектованого виробництва.

Основне технологічне обладнання стадії синтезу карбаміду розташоване у гранвежі. Колона синтезу КС1 розташована на позначці від 21600 до 43500 мм; стріпер СТ2 – від 3500 до 14000 мм; скруббер високого тиску СК3 – від 21600 до 29932 мм; конденсатор високого тиску К4 – від 21600 до 38494 мм. Ежектор Е6 встановлений на позначці 14400 мм. Сепаратор пари С5 встановлений на позначці від 32000 до 37900 мм; холодильник конденсату Х7 – від 41000 до 42000 мм; сатуратор пари високого тиску СВ8 – на позначці 0мм; сатуратор пари середнього тиску СС9 – на позначці 21600 мм; насос Н1 – на позначці 43200 мм.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кіхтенко Б.І.</i>			<i>Компоновка технологічного обладнання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравченко І. В.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О. В.</i>						

6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Фізико-географічна і кліматична характеристика площадки

Місто Северодонецьк розташоване на південно-сході України в західній частині Луганської області, на лівому березі ріки Сіверський Донець, і є великим промисловим центром.

Рельєф міста відносно рівний із загальним ухилом на південний захід, убік ріки. Ґрунт піщаний, зелені насадження і газони вирощуються на привізнному чорноземі.

Природні листяні ліси зростають переважно в балках і ярах, у заплавах рік і на схилах річкових долин. Основні породи дерев: дуб, ясен, груша, клен, акація, тополя, в'яз; чагарників: терен, глід, шипшина, верес. На піщаних терасах зростають соснові, іноді сосново-дубові ліси, значна частина яких посаджена людиною.

Клімат району континентальний із чітко вираженими посушливими-суховійними явищами.

Основними елементами клімату, що впливають на режим підземних вод, є температура повітря, кількість і якість опадів, що випадають, вітри.

Гідрогеологічні умови району є складними й різноманітними. Розмаїтість гідрогеологічних умов обумовлюється впливом геологічних, фізико-географічних і штучних факторів, обумовлених практичною діяльністю людини. Відповідно до районування території України і метеорологічними умовами м. Северодонецьк належить до 3-ї зони підвищеного потенціалу забруднення, що характеризується повторюваністю слабких вітрів і туманів до 20%, приземних інверсій до 40%. Пануючими вітрами є вітри східного, південно-східного і західних напрямлень. Середні швидкості 2,7 - 5,3 м/с, часті штилі.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кіхтенко Б.І.</i>			<i>Екологія та охорона навколишнього середовища</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравченко І.В.</i>						
<i>Керівник.</i>						<i>СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

6.2 Відходи виробництва карбаміду

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

У таблиці 6.1 наведені дані по викидах в атмосферу в базовому виробництві [8].

Таблиця 6.1 – Викиди в атмосферу у виробництві карбаміду

№	Найменування джерела викиду	Кіл. шт	Параметри джерела		Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Концентрація, г/м ³	Обсяг викиду, м ³ /год	
			Висота, м	Діаметр, м		Роб. зони	Насел. пункту			
1	Свіча скрубера	7560	1	71	0,1	Аміак	20	0,2	0,05	1116
2	Очисний пристрій гранбашти	7560	1	80	2	Аміак	20	0,2	7,8	509143
3	Промивна колона	7560	1	25	0,8	Пил карбаміду	10	0,2	0,0372	8892
4	Мокрий циклон	7560	1	42	0,6	Пил карбаміду	10	0,2	0,037	5508

У табл.6.2 наведені дані про тверді відходи, що утворюються в діючому виробництві [8].

Таблиця 6.2 – Тверді відходи у виробництві карбаміду

Найменування відходів, характеристика, склад, стадія утворення	Напрямок використання, метод очищення або знищення	Найменування показника, од. вимірювання	Норми утворення відходів
1	2	3	4
Відпрацьований рутенієво-паладієвий каталізатор (РПК-1) Установка очистки діоксида вуглецю від горючих Масова доля паладію - 0,01 % Масова доля рутенію – 0,01 % Оксид алюмінію – інше	Повернення на завод-виробник (1 раз у два роки)	Відпрацьований каталізатор РПК-1, г	2,8

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4
Силікагель відпрацьований (марки КСМГ) Установка осушки зрідженого повітря Силікагель з механічними домішками й насичений вологою	Вивозиться у накопичувач твердих відходів (1 раз у два роки)	Силікагель відпрацьований, г	0,757
Відпрацьована фільтраційна маса (декаліт) Установка фільтрації розчину карбаміду Фільтраційна маса, забруднена механічними домішками і маслом	Вивозиться у накопичувач твердих відходів (постійно)	Відпрацьована фільтраційна маса, кг	0,04

У табл.6.3 наведені дані по рідких відходах, що утворюються в діючому виробництві [8].

Таблиця 6.3 – Рідкі відходи у виробництві карбаміду

Найменування відходів, характеристика, склад, стадія утворення	Напрямок використання, метод очистки або знищення	Найменування показника, од. вимірювання	Норми утворення відходів
1	2	3	4
Кислий конденсат Установка очистки діоксиду вуглецю від горючих Масова концентрація: - вуглекислоти (H ₂ CO ₃), не б. 0,11 г/дм ³ ; - масла, не б. 25 мг/дм ³	Скидається у промислову каналізацію (постійно)	Кислий конденсат, м ³	0,24
Кислий конденсат Компресія діоксиду вуглецю Масова концентрація діоксиду вуглецю, не б. 0,972 г/дм ³	Скидається у промислову каналізацію (постійно)	Кислий конденсат, м ³	0,036
Стічна вода після десорбції Масова концентрація: Карбаміду, не б. 300 мг/дм ³ Аміаку, не б. 100 мг/дм ³ Діоксиду вуглецю, не б. 150 мг/дм ³	Скидається у організовану каналізацію (постійно). При промиванні обладнання	Стічна вода, м ³	0,79
Паровий конденсат Масова концентрація: іона амонію, не б. 5,0 мг/дм ³	Відкачується на станцію збору й очистки конденсату (постійно)	Паровий конденсат, м ³	0,554
Оборотна вода Підшипники центробіжних насосів Масова концентрація: іона амонію, не б. 2,5 мг/дм ³	Скидається у промислову каналізацію (постійно)	Оборотна вода, м ³	0,72

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД 13.01ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4
Стічні води після вузла прийому і зберігання КФС Масова концентрація: карбаміду, не б. 100 мг/дм ³ ; формальдегіду, не б. 250 мг/дм ³	Скидається у організовану каналізацію (постійно). При промиванні обладнання	Стічна вода, м ³	0,012
Відпрацьоване масло після турбокомпресора з механічними домішками	Вивозиться на регенерацію (при заміні масла 1 раз на рік)	Відпрацьоване масло, г	10,6
Відпрацьоване масло І-40, ІІ-50 після поршневих компресорів	Вивозиться на регенерацію (при заміні масла 1 раз на рік)	Відпрацьоване масло, г	19,2
Відпрацьоване масло СГП-49 після центрифуг з механічними домішками, маслобаки центрифуг	Вивозиться на регенерацію (при заміні масла 1 раз на рік)	Відпрацьоване масло, г	18,2

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

6.3.1 Вплив на шкіру

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

Нашатирний спирт (10%-ний розчин аміаку) діє на шкіру слабкіше інших лугів і викликає сильний біль, почервоніння, а при тривалому впливі - утворення на шкірі міхурів. Потрапляння спирту в очі може привести до повної сліпоти.

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

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У людей, що перебувають у засобах захисту, в атмосфері з високим вмістом двоокису вуглецю, спостерігається почервоніння шкіри, почуття поколювання, пощипування та виділення поту. При роботі з рідким і твердим двоокисом вуглецю можливі обмороження [8].

6.3.2 Вплив на тваринний світ

На організм тварин шкідливі викиди впливають подразнюючи, навіть смертельно.

Тваринний світ не менше страждає від шкідливих концентрацій аміаку. Коли тварини попадають під вплив аміаку, то одержують сильне подразнення верхніх дихальних шляхів, кон'юнктивіти, з рота та носа у них виділяється піниста рідина, іноді з домішкою крові. Може бути крововилив у всіх органах, неврози, клітинна інфільтрація. При більших концентраціях виявляється припікальна дія на слизових оболонках дихальних шляхів і рота, можливий набряк легенів. Гранична концентрація 0,01 мг/л [22].

6.3.3 Вплив на ґрунт і на рослинний світ

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

Відбувається закислення ґрунтів, спустошення та загибель лісів, змінюється видовий склад флори і фауни в багатьох водоймах, забруднюються не тільки малі ріки, але і великі водойми; відчувається недостача прісної води; атмосфера бага-

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тьох міст насичена органічними та неорганічними речовинами, концентрація яких вище ГДК; зникають багато видів тварин і рослин, виникають нові хвороби, з відходами губиться величезне число коштовних речовин.

Таким чином, викиди в біосферу приводять до погіршення екологічного стану в нашому регіоні [22].

6.4 Заходи щодо охорони навколишнього середовища

Основним напрямком, що забезпечує чистоту навколишнього середовища, є організація технологічних процесів, які виключають викиди в атмосферу відпрацьованих газів, пари, пилу. Для цього в цеху карбаміду передбачають [8]:

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

6.4.1 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 населеному пункті контроль за чистотою повітря виконується за допомогою спеціальних служб, які використовують різні методи для аналізу повітря.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.4.2 Очищення водою від стічних вод

Для переробки та очищення аміачної води, що утворилася на різних стадіях і вузлах одержання карбаміду, передбачаються вузли десорбції та гідролізу [8]. У цих вузлах у результаті гідролізу карбаміду, що міститься в аміачній воді, і десорбції NH_3 і O_2 з водного розчину, відбувається очищення стічної води перед відкачкою її в цех НОВС і повернення непрореагувавших NH_3 і CO_2 у вигляді розчину вуглеамонійних солей у процес. Масова концентрація в стічній воді карбаміду – не більше 300 мг/дм^3 , азоту амонійного – не більше 65 мг/дм^3 .

6.5 Розрахунок ГДВ аміаку

ГДВ – маса речовини, що викидається в атмосферу, в одиницю часу. ГДВ встановлюють з умови, що викиди шкідливих речовин від даного джерела в сукупності з іншими джерелами не створюють приземну концентрацію, що перевищує ГДК за межами санітарно-захисної зони об'єкту.

Основним критерієм установлення ГДВ є ГДК речовин в атмосферному повітрі. При цьому необхідно дотримувати співвідношення:

$$C/\text{ГДК} \leq 1, \quad (6.1)$$

де C – розрахункова концентрація домішки в приземному шарі атмосфери від всієї сукупності джерел.

При наявності в атмосфері і домішок, для яких установлена необхідність обліку сполученої їхньої дії як критерій при встановленому ГДВ використовуються вимоги виконання співвідношення:

$$(C_1/\text{ГДК}_1) + (C_2/\text{ГДК}_2) + \dots + (C_i/\text{ГДК}_i) \leq 1 \quad (6.2)$$

Відповідно до таблиці (7.1) концентрація забруднення у викидах по аміаку складає 50 мг/м^3 . Таким чином, співвідношення (7.1) не дотримується:

$$\frac{50}{0,2} = 250$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПД 13.01ПЗ

де 0,2 – середньодобова гранично допустима концентрація NH_3 у повітрі населених місць, мг/м^3 .

Розрахуємо максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини (аміак, джерело 2, таблиця 7.2) за формулою:

$$C_m = \frac{A \cdot \text{ГДВ} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}; \quad (6.3)$$

де A - коефіцієнт, який залежить від температури стратифікації атмосфери. На території України $A = 160$ [24];

ГДВ - маса шкідливої речовини, яка викидається в атмосферу в одиницю часу, г/с .

F - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; для газоподібних шкідливих речовин і дрібнозернистих аерозолів (пилу і золи, швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) $F = 1$ [24];

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

η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, у випадку рівної і слабопересіченої місцевості з перепадом висот не перевищуючому 50 м на 1 км, $\eta = 1$ [24];

H - висота джерела викиду над рівнем землі; приймаємо рівним 80 м;

V_1 - витрата газоповітряної суміші, $\text{м}^3/\text{с}$; приймаємо рівним $509143 \text{ м}^3/\text{годину}$ ($141,4 \text{ м}^3/\text{с}$);

ΔT - різниця між температурою, що викидається газоповітряною сумішшю і температурою навколишнього атмосферного повітря; приймаємо $\Delta T = 120 - 20 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначаємо середню швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду:

$$w_0 = \frac{V_1}{0,785 \cdot D^2}; \quad (6.4)$$

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D - діаметр гирла джерела викиду; приймаємо рівним 2 м.

$$w_0 = \frac{141,4}{0,785 \cdot 2} = 90 \text{ м/с.}$$

Коефіцієнти m і n враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду. Для їх розрахунку попередньо потрібно розрахувати допоміжні параметри f , U_M , U_M^l

$$f = 10^3 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (6.5)$$

$$f = 10^3 \cdot \frac{90^2 \cdot 2}{80^2 \cdot 100} = 25,3;$$

$$U_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (6.6)$$

$$U_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{141,4 \cdot 100}{80}} = 3,65;$$

$$U_M^l = 1,3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H}; \quad (6.7)$$

$$U_M^l = 1,3 \cdot \frac{90 \cdot 2}{80} = 2,925$$

Коефіцієнт m визначається в залежності від f за формулою:

при $f < 100$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}; \quad (6.8)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{25,3} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{25,3}} = 0,46$$

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається в залежності від U_M :

При $U_M \geq 2$ $n = 1$;

При $0,3 \leq U_M \leq 2$ $n = 3 - \sqrt{(U_M - 0,3) \cdot (4,36 - U_M)}$;

При $U_M \leq 0,3$ $n = 3$.

$n = 1$.

ГДВ визначають за формулою:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}; \quad (6.9)$$

де ГДК - граничнодопустима концентрація забруднюючої речовини у повітрі населеного пункту; для аміаку ГДК = 0,2 мг/м³;

C_φ – фонові концентрація забруднюючої речовини у повітрі населеного пункту; для аміаку C_φ = 0.

$$ГДВ = \frac{0,2 \cdot 80^2 \cdot \sqrt[3]{141,4 \cdot 100}}{160 \cdot 1 \cdot 0,46 \cdot 1} = 420 \text{ г/с};$$

$$C_m = \frac{160 \cdot 420 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 1}{80^2 \cdot \sqrt[3]{141,4 \cdot 100}} = 0,1998 \text{ мг/м}^3;$$

Необхідно, щоб виконувалась умова: $C_m \leq ГДК$

$$0,19 \text{ мг/м}^3 \leq 0,2 \text{ мг/м}^3$$

Отже, максимальна приземна концентрація забруднюючої речовини (аміаку) становить 0,19 мг/м³, що менше ГДК аміаку в повітрі населеного пункту (0,2 мг/м³), але майже на межі дозволеної величини. Можна зробити висновок, що запропоноване рішення становище не погіршує, але результати розрахунків свідчать про те, що необхідно спрямувати зусилля на пошуки можливих винаходів, які поліпшать ситуацію з забрудненням повітря.

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Загальна характеристика організаційно-технічних заходів

7.1 Вихідні дані

При проведенні економічного обґрунтування проектного виробництва за базу порівняння приймаємо діюче на ПрАТ "Азот" виробництво карбаміду потужністю 330000 т/рік, калькуляція якого, у цінах 2005 р., наведена нижче.

Таблиця 7.1 - Калькуляція собівартості 1 тонни карбаміду

Найменування статті витрат	Од. вим.	Витрати на одиницю продукції		
		Кількість	Ціна	Сума
Напівфабрикати:				
Смола КФС	кг	2,999990	1,18	3,54
Вуглекислий газ для М-3	т. м ³	0,400003	15,84	6,34
Аміак рідкий	тн	0,577500	604,31	348,99
Разом напівфабрикатів:	грн			358,87
Допоміжні матеріали:				
Фільтр-діагональ	м	0,000696	15,69	0,01
Разом матеріалів:	грн.			358,88
Енерговитрати:				
Азот технологічний комприм.	т. м ³	0,000599	81,13	0,05
Вода гл/обезсолена к.836	м ³	0,100001	4,95	0,49
Очищення пром. брудного стока	м ³	0,890009	3,53	3,15
Повітря техн.середнє	т. м ³	0,017001	50,31	0,85
Пара технологічна	Гкал	0,663997	71,59	47,54
Електроенергія	т.квтч	0,140187	210,80	29,55
Вода оборотна ВОЦ-2	т. м ³	0,109000	141,82	15,46
Разом енерговитрат:	грн.			97,09
Енерговідходи:				
Конденсат паровий	т	0,249986	1,60	0,40
Разом енерговитрати:	грн.			96,69
Зарплата основна	грн.			4,52
Нарахування на заробітну плату	грн.			1,75
Загальновиробничі витрати (ВУЕУ)	грн.			25,51
Амортизація устаткування й ТС	грн.			13,20
Загальновиробничі витрати (цех.)	грн.			20,57
Амортизація будівель і споруд	грн.			6,10
Витрати майбутніх періодів	грн.			7,25
Виробнича собівартість:	грн.			515,16

ПД 13.01ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Кіхтенко Б.І.		
Перевір.		Кравченко І.В.		
Консульт.				
Н. Контр.				
Затверд.		Суворін О.В.		

Техніко-економічні розрахунки

Літ.	Арк.	Аркушів
СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм		

Продуктивність установки базового виробництва	330000 т/р
Продуктивність установки виробництва, що проектується	330000т/р
Ціна 1т карбаміду (без ПДВ)	978 грн.
Вартість устаткування (S_0)	27816643,35 грн.
Вартість будинків і споруджень ($S_{\text{буд}}$)	26669852,07 грн.
Загальна чисельність персоналу,	249 чол.
у тому числі основних робітників	104 чол.
Кількість технологічних ліній	1
Дані із графіка ППР:	
1 капітальний ремонт	720 год.

7.1.2 Характеристика проектованих заходів

У дипломному проекті пропонується для створення оптимального гідродинамічного режиму у реакторі колони синтезу встановити комплект внутрішнього обладнання, розробленого ВАТ «НДК» (Росії). Цей комплект складається з стержневого розподільника та масообмінних тарілок, які виключають проходження частини рідини по кільцевому простору між тарілкою і корпусом колони. Це забезпечить повну взаємодію аміаку та діоксиду вуглецю, дасть змогу зменшити кількість непрореагуваншої сировини та витрати на переробку плаву синтезу.

За рахунок оптимізації гідродинамічного режиму у колоні синтезу збільшується ступінь конверсії діоксиду вуглецю на 6%; знижуються витрати теплової енергії на стадії дистиляції та випарювання на 0,03 Гкал на 1 т карбаміду. Це дозволить знизити собівартість карбаміду й поліпшити основні техніко-економічні показники виробництва [3].

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1.3 Розрахунок виробничої потужності виробництва, що проектується

Для безперервних хімічних процесів розрахунок річної виробничої потужності визначається по формулі:

$$\Pi_r = N \cdot g_{\text{год}} \cdot T_{\text{еф}}, \quad (7.1)$$

де N - кількість однотипних апаратів основного устаткування;

$g_{\text{год}}$ – проектована годинна продуктивність одного апарату 41,6667 т/год;

$T_{\text{еф}}$ - ефективний фонд робочого часу устаткування, год.

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

де $T_{\text{кал}}$ - календарний фонд робочого часу, год.;

$T_{\text{рем}}$ - час ремонтних простоїв, год.

$$T_{\text{рем}} = n_m \cdot t_{\text{рем}(m)} + n_k \cdot t_{\text{рем}(k)}. \quad (7.3)$$

Виходячи з графіка ППР, за рік планується 1 капітальний ремонт тривалістю 720 годин та 1 поточний ремонт тривалістю 120 годин.

$$T_{\text{рем}} = 720 + 120 = 840 \text{ год.}$$

$$T_{\text{еф.}} = 8760 - 840 = 7920 \text{ год.}$$

$$Q_1 = 1 \cdot 41,6667 \cdot 7920 \approx 330000,00 \text{ т/рік.}$$

Приймаємо річну виробничу потужність проектуемого виробництва на рівні досягнутої потужності діючого виробництва 330000 т/рік.

$$J_Q = \frac{330000}{330000} = 1.$$

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2 Розрахунок вартості одноразових витрат на впровадження заходів проекту

При впровадженні пропонованого технічного рішення в колону синтезу вводиться додатковий внутрішній пристрій – стержневий розподільник для виключення проходження частини рідини по кільцевому простору між тарілкою й корпусом колони.

Розрахунок кошторисної вартості впроваджуваного устаткування зведений в таблицях 7.2 та 7.3.

Таблиця 7.2 – Прейскурантна вартість впроваджуваного устаткування

Найменування устаткування	Кількість одиниць, шт.	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Всього прейскурантна вартість, грн.
Основне			
1. Стержневий розподільник	1	9537	9537
2. Розподільні тарілки	6	822	4932
Разом			14469
Допоміжне			
1. Запорна та регулююча арматура	58	35,16	2039,28
Разом			2039,28
ВСЬОГО:			16508,28

Таблиця 7.3 – Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування, грн.

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість	Додаткові витрати		Всього кошторисна вартість
		транспортні витрати	монтаж і установка	
1. Основне	14469	577,77	2971,50	20057,55
2. Допоміжне	2039,28			
Разом	16508,28	577,77	2971,50	20057,55

Вартість устаткування діючого виробництва (S_0) становить 27816643,35 грн. Вартість устаткування виробництва, що проектується:

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

$$S_1 = 27816643,35 + 20057,35 - 0 = 27836700,90 \text{ грн.}$$

7.3 Розрахунок змін собівартості продукції в результаті впровадження заходів дипломного проекту

7.3.1 Обґрунтування і розрахунок індексів зміни витрат

З урахуванням впровадження у виробництво організаційно-технічних заходів, що проектуються, проводиться розрахунок індексів зміни витрат в послідовності їх використання при виконанні економічного аналізу зниження собівартості продукції підприємства по калькуляційних статтях витрат.

По умовно-змінних статтях витрат в собівартості продукції “Напівфабрикати”, “Допоміжні матеріали”, “Енерговитрати” індекси зміни норм витрат на одиницю продукції окремих видів матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів (I^P) в результаті впровадження заходів проекту розраховується за формулою:

$$I^P = \frac{H_{p_1}}{H_{p_0}}, \quad (7.5)$$

де H_{p_0} , H_{p_1} - норми витрат окремих видів матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції до і після впровадження заходів проекту відповідно.

При впровадженні нового технічного рішення питома витрата вуглекислого газу у виробництві, що проектується зменшиться на 6%:

$$0,4 \cdot 6\% = 0,024, \text{ тоді питома витрата діоксиду вуглецю стане}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПД 13.01ПЗ

$0,4 - 0,024 = 0,376 \text{ т.м}^3$ на виробництво 1 т карбаміду.

Його індекс складе:

$$I_{\text{В.Г.}}^{\text{P}} = \frac{0,376}{0,4} = 0,94.$$

При впровадженні нового технічного рішення питома витрата пару технологічного у виробництві, що проектується зменшиться, його індекс складе:

$$I_{\text{пара}}^{\text{P}} = \frac{0,633997}{0,663997} = 0,9548.$$

По іншим статтям зміни не відбулися, тому впровадження заходів проекту не впливає на зміну норм витрат матеріальних ресурсів на виробництво, то $I^{\text{P}} = 1$.

Індекси зміни річних витрат по умовно-постійних статтях собівартості продукції в проектованому періоді ($I^{\text{ст}}$) розраховуються прямим чином відповідно до залежності:

$$J_{\text{ст}} = \frac{Z_{\text{ст1}}}{Z_{\text{ст0}}} = \frac{Z_{\text{ст0}} + \Delta Z_{\text{ст}}}{Z_{\text{ст0}}}, \quad (7.6)$$

де $Z_{\text{ст0}}$, $Z_{\text{ст1}}$ – величина умовно-постійних витрат по статті в діючому і виробництві, що проектується відповідно;

$\Delta Z_{\text{ст}}$ – зміни по статті умовно-постійних витрат в результаті впровадження заходів, що проектується.

В більшості випадків індекс зміни річних витрат по статті “Витрати на утримання та експлуатацію устаткування” може бути прийнятий рівним індексу зміни вартості устаткування підприємства при впровадженні заходів, що проектуються ($J_{\text{рем}}$):

$$J_{\text{утр}} = J_{\text{рем}} = \frac{27836700,90}{27816643,35} = 1,007.$$

							ПД 13.01ПЗ	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				

По інших статтях калькуляції індекси зміни витрат не змінюються й приймаються рівними 1.

7.3.2 Розрахунок зміни собівартості продукції

Розрахунок проводиться по калькуляційним статтям витрат з урахуванням зміни їхніх окремих елементів.

По умовно-змінних статтях витрат підприємства в собівартості продукції “ Сировина і матеріали ” , “ Енерговитрати ” залежно від проекрованої зміни питомих витрат і цін на окремі види ресурсів розрахунок зміни повної собівартості продукції проводиться відповідно до залежності:

$$\Delta C_{i\%} = 100 \cdot (I_i^P \cdot I_i^C - 1) \cdot d_{ст} \cdot d_i, \quad (7.7)$$

де $\Delta C_{i\%}$ - зміна повної собівартості виробництва продукції за рахунок зміни питомих витрат і-го виду матеріально-сировинного, енергетичного ресурсу і цін на нього %; $i = 1,2,3,\dots,n$;

I_i^P - індекс зміни питомих витрат і-го виду ресурсу в результаті впровадження заходів проекту;

I_i^C - індекс зміни ціни і-го виду ресурсу за проектом;

$d_{ст}$ – питома вага статті матеріальних витрат у повній собівартості продукції в діючому виробництві;

d_i – питома вага матеріальних витрат на і-й вид ресурсу в статті витрат.

За статтею калькуляції “ Напівфабрикати ” зміна вартості розрахована:

- Вуглекислий газ для М-3

$$d_{ст. В.Г.} = \frac{358,88}{515,16} = 0,6966;$$

						ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 7.4 - Зниження повної собівартості продукції

Найменування витрат	Витрати в діючому виробництві		Зниження собівартості в проектованому виробництві		Витрати в проектованому виробництві грн./т
	грн./т	пит. вага в собівартості	грн./т	%	
1	2	3	4	5	6
Напівфабрикати:					
Смола КФС	3,54	0,0069	-	-	3,54
Вуглекислий газ для М-3	6,34	0,0123	-0,25	-0,0492	6,09
Аміак рідкий	348,99	0,6774	-	-	348,99
Разом напівфабрикатів	358,87	0,6966	-0,25	-0,0492	358,62
Допоміжні матеріали:					
Фільтр-діагональ	0,01	0,0000	-	-	0,01
Разом матеріалів:	358,88	0,6966	-0,25	-0,0492	358,63
Енерговитрати:					
Азот технологічний	0,05	0,0001	-	-	0,05
Вода гл/обезсолена	0,49	0,0010	-	-	0,49
Очищ. пром.брудного стоку	3,14	0,0061	-	-	3,14
Повітря технологічне	0,85	0,0016	-	-	0,85
Пара технологічна	47,54	0,0923	-2,15	-0,4169	45,39
Електроенергія	29,55	0,0574	-	-	29,55
Вода оборотна 20 Б/ц	15,46	0,0300	-	-	15,46
Разом енерговитрат:	97,08	0,1885	-	-	94,93
Енерговідходи:					
Конденсат паровий	0,40	0,0008	-	-	0,40
Разом енерговідходи:	0,40	0,0008	-	-	0,40
Разом енерговитрати:	96,68	0,1877	-2,15	-0,4169	94,53
Зарплата основна:	6,27	0,0122	-	-	6,27
Загальновиробничі витрати (РУЕУ)	25,51	0,0495	0,18	0,0347	25,69
Загальновиробничі витрати (цех.)	20,57	0,0399	-	-	20,57
Витрата майбутніх періодів	7,25	0,0141	-	-	7,25
Виробнича собівартість:	515,16	1	-2,22	-0,4314	512,94

Зниження собівартості в проектованому виробництві складе:

$$512,94 - 515,16 = - 2,22\text{грн.}$$

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4 Розрахунок техніко-економічних показників

Ефективність запропонованого технічного рішення визначається шляхом порівняння основних ТЕП діючого і проектного виробництв.

1. Річний випуск карбаміду:

а) у натуральному вираженні:

$$Q_0 = Q_1 = 330000 \text{ т/рік};$$

б) у вартісному вираженні:

$$Q = Q \cdot \Pi \quad (7.9)$$

де Q - річний випуск карбаміду в натуральному вираженні;

Π - відпускна ціна карбаміду.

$$Q_{c0} = Q_{c1} = 330000 \cdot 978 = 322740000 \text{ грн};$$

2. Собівартість виробництва карбаміду:

а) собівартість одиниці продукції:

$$C_{0\text{од}} = 515,16 \text{ грн/т};$$

$$C_{1\text{од}} = 512,94 \text{ грн/т};$$

$$\Delta C_{\text{од}} = C_1 - C_0 = 512,94 - 515,16 = -2,22 \text{ грн/т};$$

$$\Delta C_{\text{од}} = \frac{C_1 - C_0}{C_0} \cdot 100 = -\frac{2,22}{515,16} \cdot 100 = -0,43 \%$$

б) річна собівартість продукції:

$$C = Q \cdot C_{\text{од}} \quad (7.10)$$

$$C_0 = 330000 \cdot 515,16 = 170002800 \text{ грн/т};$$

$$C_1 = 330000 \cdot 512,94 = 169270200 \text{ грн/т};$$

$$\Delta C = C_1 - C_0 = 169270200 - 170002800 = -732600 \text{ грн/т};$$

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_0}{C_0} \cdot 100 = -\frac{732600}{170002800} \cdot 100 = -0,43 \%$$

3. Прибуток від виробництва карбаміду:

а) прибуток одиниці продукції:

$$\Pi_{\text{од}} = \Pi - C_{\text{од}} \quad (7.11)$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПД 13.01ПЗ

$$\Delta\Phi_{\text{осн}} = \frac{54506552,97 - 54486495,42}{54486495,42} \cdot 100 = 0,04 \%$$

6. Фондовіддача:

$$f = \frac{Q_c}{\Phi_0} \quad (7.15)$$

$$f_0 = \frac{322740000}{54486495,42} = 5,923 \text{ грн/грн};$$

$$f_1 = \frac{322740000}{54506552,97} = 5,921 \text{ грн/грн};$$

$$\Delta f = 5,921 - 5,923 = -0,002 \text{ грн/грн};$$

$$\Delta f = \frac{-0,002}{5,923} \cdot 100 = -0,03 \%$$

7. Рентабельність основних виробничих фондів підприємства (P_{Φ}), % :

$$P_{\Phi} = \frac{\Pi}{\Phi} \cdot 100 \quad (7.16)$$

$$P_{\Phi(0)} = \frac{152737200}{54486495,42} \cdot 100 = 280,32 \%$$

$$P_{\Phi(1)} = \frac{153469800}{54506552,97} \cdot 100 = 281,56 \%$$

$$\Delta f = 281,56 - 280,32 = 1,24 \%$$

8. Продуктивність праці основних робітників:

$$\Pi_T = \frac{Q}{\text{ч}} \quad (7.17)$$

$$\Pi_{T(0)} = \Pi_{T(1)} = \frac{330000}{104} = 3173,08 \text{ т/люд};$$

9. Одноразові витрати на впровадження заходу:

$$S_{\text{введ}} = 20057,55 \text{ грн.}$$

10. Строк окупності одноразових витрат:

$$T_{\text{ок}} = \frac{S_{\text{введ}}}{\Pi_p^*} = \frac{20057,55}{732600} = 0,03 \text{ року,}$$

					ПД 13.01ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

де Π_p^* - річний прибуток від впровадження пропонованого технічного рішення.

11. Економічний ефект від зниження собівартості продукції:

$$E_p = \Delta C \cdot Q_1 = 2,22 \cdot 330000 = 732600 \text{ грн.}$$

Вищенаведені розрахунки зведені в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 - Техніко-економічні показники

Показник	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна показника, %
1	2	3	4	5
1. Річний обсяг виробництва продукції:				
а) у натуральному виразі	тис. т.	330,00	330,00	-
б) у вартісному виразі	тис. грн.	322740,00	322740,00	-
2. Річна собівартість виробництва продукції	тис. грн.	170002,80	169270,20	-0,43
3. Річний прибуток від виробництва продукції	тис. грн.	152737,20	153469,800	0,48
4. Ціна одиниці продукції	грн./т.	978,00	978,00	-
5. Собівартість одиниці продукції	грн./т.	515,16	512,94	-0,43
6. Прибуток на одиницю виробленої продукції	грн./т.	462,84	465,06	0,48
7. Рентабельність витрат на виробництво продукції	%	89,84	90,7	0,86
8. Вартість основних виробничих фондів	тис. грн.	54486,50	54506,50	0,04
9. Фондовіддача	грн./грн.	5,923	5,921	-0,03
10. Рентабельність основних виробничих фондів	%	280,32	281,567	1,24
11. Чисельність працівників	осіб	249	249	-
у т.ч. основних робітників	осіб	104	104	-
12. Продуктивність праці основних робітників	тис.т./осіб.	3173,08	3173,08	-
13. Одноразові витрати на заходи	тис. грн.	-	20,06	-
14. Річний економічний ефект від зниження собівартості	тис. грн.	-	732,60	-
15. Термін окупності одноразових витрат	років	-	0,03	-

ПД 13.01ПЗ

Арк.

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Висновок: після впровадження нововведення собівартість одиниці продукції знизилася на 0,48%, рентабельність продукції зросла на 0,86%, річний ефект від зниження собівартості становить 732600 грн., що доводить доцільність впровадження нового технічного рішення.

КІХТЕНКО

					ПД 13.01ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В якості нового технічного рішення пропонується для створення оптимального гідродинамічного режиму у реакторі колони синтезу встановити комплект внутрішнього обладнання, розробленого ВАТ «НДІК» (Росії). Цей комплект складається з стержневого розподільника та масообмінних тарілок, які виключають проходження частини рідини по кільцевому простору поміж тарілкою і корпусом колони. Це забезпечить повну взаємодію аміаку та діоксиду вуглецю, дасть змогу зменшити кількість непрореагувавшої сировини та витрати на переробку плаву синтезу.

Це нововведення дає наступні переваги:

1. Підвищується ступень конверсії CO₂ (з 60% до 63%);
2. Знижується питома витрата пари у відділенні нижче по потоку (на стадії абсорбції та випаровування) на 0,03 Гкал на 1т карбаміду;
3. Досягається екологічний ефект, за рахунок зниження кількості аміаку в газах стадії синтезу, що відходять.

За проведеними економічними розрахунками після впровадження нововведення собівартість одиниці продукції знизиться на 0,48%, рентабельність продукції зросте на 0,86%, річний ефект від зниження собівартості становитиме 732600 грн., що доводить доцільність впровадження нового технічного рішення.

					<i>ПД 13.01ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кіхтенко Б.І.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кравченко І. В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О. В.</i>						
						<i>СНУ ім. В. Даля ТНР-19дм</i>		