

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота: 84 с.; 3 рис.; 28 табл.; 17 джерела; 2 креслення.

Мета роботи: Розробити технологічну схему очистки вуглекислого газу виробництва карбаміду з продуктивністю 496400 т/рік.

В роботі розглянуті існуючі методи та технологічні схеми очистки вуглекислого газу, хімізм та теоретичні основи процесу, обґрунтовано вибір методу виробництва, що проектується та потужність технологічної схеми.

Надано характеристику продукції, сировини, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв.

Проведено розрахунок матеріальних та теплових балансів процесу очистки вуглекислого газу, розраховано витратні коефіцієнти.

В процесі виконання роботи розроблено технологічну схему, схему автоматичного контролю та керування стадією каталітичного процесу, аналітичний контроль стадії синтезу карбаміду.

У розділі з екологічної безпеки виробництва надано характеристику газових, рідких та твердих викидів.

КАРБАМІД, СТАДІЯ ОЧИСТКИ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ,  
КАТАЛІТИЧНИЙ ПРОЦЕС, КАТАЛІЗАТОР, ТЕХНОЛОГІЯ,  
ЕКСПАНЗЕРНИЙ ГАЗ

Вступ

3

1. Техніко-економічне обґрунтування обраного способу виробництва

і технології

2. Характеристика прийнятого методу виробництва Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.

3. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів і енергетичних носіїв.

4. Опис технологічної схеми виробництва.

5. Матеріальні і теплові розрахунки

5.1 Розрахунок матеріального балансу

5.2 Розрахунок теплового балансу

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

6. Розрахунок основного апарата

7. Автоматизація і контроль технологічного режиму виробництва

8. Аналітичний контроль виробництва

9. Екологічна безпека виробництва

10. Охорона праці

11. Економічні розрахунки

Висновки

Перелік посилань

1. Техніко-економічне обґрунтування обраного способу виробництва

і технології

2. Характеристика прийнятого методу виробництва Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.

3. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів і енергетичних носіїв.

4. Опис технологічної схеми виробництва.

5. Матеріальні і теплові розрахунки

5.1 Розрахунок матеріального балансу

5.2 Розрахунок теплового балансу

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

6. Розрахунок основного апарата

7. Автоматизація і контроль технологічного режиму виробництва

8. Аналітичний контроль виробництва

9. Екологічна безпека виробництва

10. Охорона праці

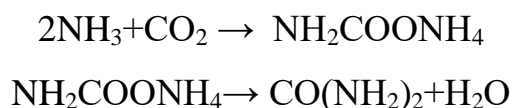
11. Економічні розрахунки

Висновки

Перелік посилань

## ВСТУП

Карбамід (мочевина) - одне з найважливіших азотомісних добрив. У наш час виробництво карбаміду стрімко розвивається, світовий об'єм випуску цього продукту вже перевищив 30 млн.т/рік. Основою для створення многотонажного виробництва карбаміду став спосіб синтезу цього продукту з аміака і діоксида вуглецю, можливість здійснення якого була винайдена російським хіміком А.І. Базаровим [1]. Він ставив досліди по тривалому нагріванні в запаяних трубках карбаміновокислого і вуглекислого амонія і отримав карбамід:



За життя Базарова відкритий ним спосіб отримання карбаміду практично не використовувався. Перша в світі промислова установка з виробництва карбаміду із аміаку та діоксида вуглецю була запущена в 1922р. у Германії.

Згідно з ГОСТ 2081-92 , карбамід випускають двох марок: марки "А" - для промисловості і тваринництва; та марки "Б" - для сільського господарства у якості добрива [1].

Карбамід широко використовують у землеробстві, бо це найбільш висококонцентроване азотне добриво із вмістом азоту у товарному продукті не менше 46 %. Карбамід використовується у тваринництві: його додають до корму великої рогатої худоби і овець, що на 25-30 % підвищує вміст у їхньому організмі дефіцитних білків. Карбамід також застосовується як джерело сполученого азоту під час виробництва рідких комплексних добрив і амміакатів, для виробництва карбамідоформальдегідних добрив.

Карбамід також застосовують у різних галузях промисловості: у меблевій - лаки, клеї; у шкіряній - для виготовлення шкірозамінників; у паперовій - для отримання водонепроникного паперу; в електротехнічній - для виготовлення ізоляторів; у текстильній - для виробництва безусадочних та немнущихся тканин

і для надання їм блиску, а також для приготування дубителів, іонообмінних смол, негорючих складів. Карбамід застосовують у фармацевтичній промисловості - при лікуванні інфекційних ран (язв); для присипання уражених ділянок тіла; у виробництві болезаспокійливих і снодійних препаратів - уреїдів; для просочення компресів. У медицині використовують комплексні сполучення карбаміду з кислотами - саліцилової або ацетилсаліцилової, а також з солями лужноземельних металів (бромід та йодид кальцію, бромід стронцію та ін.) [1].

# 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА І ТЕХНОЛОГІЇ

Існують такі методи очистки оксиду вуглецю (IV) від домішок:

1. Метод згорання оксиду вуглецю (IV). Використовуючи літературні дані по розчинності таких газів як  $H_2$ ,  $CO$  і  $N_2$  в рідкій  $CO_2$ , можна визначити, що при конденсації газоподібного  $CO_2$ , що містить 1,5 об. %  $H_2$  при  $0^\circ C$  і 80 атм буде одержана рідка  $CO_2$  з вмістом водню не менше 0,5 об. %. Для більш повного видалення водню можна досягнути «відпаруванням» (нагріванням до температури, на декілька градусів перевищеної температури конденсації і ректифікації) або продувкою рідкого оксиду вуглецю (IV) азотом. Ступінь виділення оксиду вуглецю (IV) із газоподібної суміші при згоранні залежить від вмісту  $CO_2$ , а також від умов конденсації (тиску і температури) [2].

Найбільш високий тиск при інших рівних умовах сприяє підвищенні виходу рідкого  $CO_2$ , однак при цьому збільшуються енергетичні витрати на стиснення повітря. В свою чергу, використання більш низької температури дозволяє знизити тиск згорання і зменшити витрати енергії на стиснення при одночасному підвищенні затрат на одержання холоду.

Таблиця 1.1 – Загальні енергетичні витрати на одержання рідкого диоксиду вуглеводу

Вміст $CO_2$ в вхідній газовій суміші, об. %	Енергетичні затрати (квт·год/т рідкого $CO_2$ ) при різних температурах згорання диоксиду вуглеводу в $^\circ C$							
	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25
100	115,05	114,80	114,70	115,45	116,10	117,60	119,05	133,15
97,5	130,00	129,52	129,17	130,62	131,82	133,90	136,85	140,80
95,0	138,51	138,46	138,22	139,10	140,55	142,82	145,10	149,95
90,0	153,93	153,25	153,08	153,42	154,90	157,50	160,32	163,10
85,0	171,97	168,69	168,48	168,77	169,56	170,55	171,65	173,85

Як видно з табл. 1.1, мінімальні витрати енергії, незалежно від вмісту CO<sub>2</sub> відповідає температурі конденсації 0 °С. Відповідно цій температурі тиск і витрати електроенергії на подачу в колону синтезу диоксиду вуглецю як в рідкій, так і в газоподібному вигляді зведені в таблиці 1.2 [4].

Таблиця 1.2 – Витрати на подачу в колону синтезу диоксиду вуглецю

	Вміст CO <sub>2</sub> в газовій суміші, об. %				
	85	90	95	97,5	100
Тиск конденсації CO <sub>2</sub> при 0 °С, атм	85,0	75,0	62,0	55,0	35,54
Витрати електроенергії на зниження і подачу рідкого CO <sub>2</sub> на синтез кВт·год/1 т CO <sub>2</sub>	168,5	153,1	138,25	129,2	114,7
Те саме на 1 т карбаміду при ступені перетворені 68,5 % (газовий ре цикл при 100%-ной CO <sub>2</sub> ), кВт·год/ 1 т карбаміду	180,5	164,0	149,0	138,5	123,0
Витрати електроенергії при подачі на синтез газоподібного CO <sub>2</sub> , кВт·год/ т CO <sub>2</sub>	166,0	157,0	148,5	143,7	141,0
Ступінь перетворення CO <sub>2</sub> при газовому рецеклі, %	57,6	59,1	62,0	64,5	68,5
Витрати електроенергії на 1 т карбаміду, кВт·год/ 1 т карбаміду	212,0	195,0	175,0	163,0	151,0

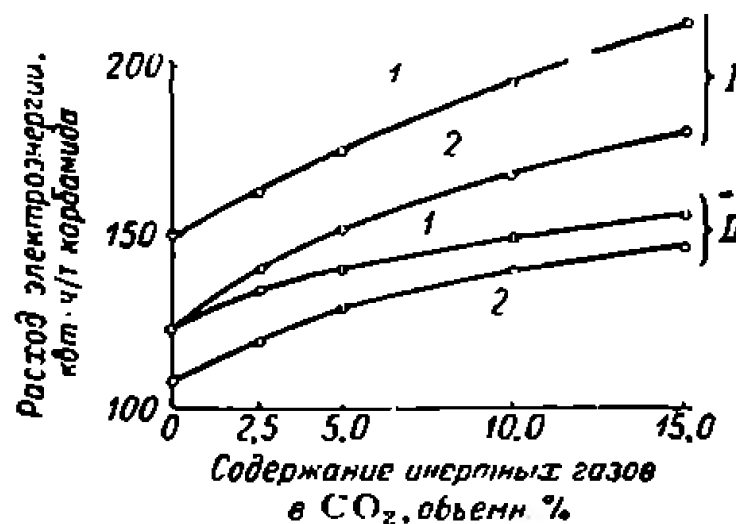


Рисунок 1.1 – Витрати електроенергії на подачу в колону синтезу рідкого і газоподібного диоксиду вуглецю в залежності від вмісту в ній інертних газів: I – газовий ре цикл; II – рідкий ре цикл; 1 – газоподібний CO<sub>2</sub>; 2 – рідкий CO<sub>2</sub>.

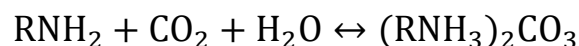
Із даних рис. 1.1 видно, що для схеми з газовим ре циклом зниження диоксиду вуглеводу дає можливість отримати від 15 до 20% економії електроенергії в найбільш енерговмісному вузлі – компресії двооксиду вуглеводу. Аналогічні розрахунки для схеми з рідким ре циклом показує, що і в цьому випадку, з точки зору енерговитрат, доцільно використання рідкого диоксиду вуглецю, хоча економія електроенергії (5-12%) менше, чим для схем з газовим рециклом аміаку і диоксиду вуглевода [6].

Оскільки вартість CO<sub>2</sub> відносно невелика, оптимальні умови конденсації повинні відповідати відповідним мінімальним енергетичним затратам на одержання однієї маси рідкого CO<sub>2</sub> стиснутого до тиску синтезу.

2. Метод згорання CO<sub>2</sub> розробленим Фаузером. Метод заключається в стисненні неочищеного синтез-газ до тиску 300 атм с наступним охолодженням його до 50 °С. При цьому в рідку фазу переходить близько 80% CO<sub>2</sub>, що міститься в вхідному газі. Водень після допоміжної очистки направляється на синтез аміаку, а рідкий CO<sub>2</sub> використовується в виготовленні карбаміду. В таблиці 1.1 представлені результати проведеного Лебедевим розрахунку загальної кількості енергетичних затрат на одержання 1000 кг рідкого диоксиду вуглеводу і подачу його насосом в колону синтезу (200 атм) при різних температур зниження [7].

3. Отдувка горючих газів із MEA розчину. Метод звільнення CO<sub>2</sub> від горючих газів шляхом отдувки їх насиченого при атмосферному тиску MEA розчину був розробленим Вургафтом і іншими, а для розчинів, насичених при надлишковому тиску – Скібінським, Пухтіним і іншими.

В аміачному виробництві очистка конвертованого газу от CO<sub>2</sub> зазвичай здійснюється водним MEA розчином з концентрацією 15-20%. При поглинанні CO<sub>2</sub> взаємодіє з MEA по реакції:



Зниження температури і підвищення тиску здвигує рівновагу реакції вправо, і тому даний процес проводять при 35°C, а регенерація при 115-120 °С. В процесі абсорбції, крім хімічного звязування CO<sub>2</sub> моноеталаміном,



відбувається також розчинення інших компонентів газу ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ ), які виділились при регенерації, що забруднюють оксид карбону (IV).

Метод видалення горючих газів з насиченого (по  $CO_2$ ) розчину MEA, що утворився при очистці синтез-газу при атмосферному тиску був перевірений на опитно-промисловій установці [8].

Використання оксиду вуглецю (IV), що звільнений від горючих газів, в виробництві карбаміду при добавці в якості окисника повітря дозволяє здійснити поглинання аміаку в абсорбері под. тиском, не боячись вибухонебезпечної суміші. В якості ілюстрації в табл. 1.3 приведено склад газової фази на виході із конденсатора I ступеня дистиляції і на вихлопі із абсорбера (в об. %) в промисловому цеху.

Таблиця 1.3 – Склад газової фази (в об. %)

Відбір проби	$NH_3$	Сума горючих	Водень	Кисень	Азот	Примітки
Газова фаза: після конденсації	46,0-87,0	4,5-15,0	3,0-9,8	5,0-17,5	8,0-28,0	В оксиду вуглеводу (IV) дозували кисень
На виході із абсорбера	0,0-0,7	14,0-28,5	5,8-19,0	31,0-46,0	27,0-54,0	
після конденсації	50,0-55,0	2,0-4,0	0,5-1,5	8,5-9,5	33,0-36,0	В оксиду вуглеводу (IV) дозували повітря
На виході з абсорбера	0,0	4,5-8,0	1,1-3,0	18,0-19,0	70,0-75,0	

4. Каталітична згорання горючих. В цьому випадку, коли описаний вище метод отдувки горючих газів із розчину не використовуються, наприклад, при водній очистці конвертованого газу від  $CO_2$ , що звільнений від горючих домішок (потік газу, що отриманий після водної промивки конвертованого газу називають експанзерним газом) може бути здійснена шляхом їх згорання на каталізаторі в присутності кисню. Основи цього методу розроблені Боресковим і Слінько, Данченко і інші установили, що на паладіновому або рутенієво-паладіновому каталізатору при температурі вище  $120\text{ }^{\circ}C$ , з об'ємною швидкістю

5000-10 000 год<sup>-1</sup> і стехіометричній кількості кисню (по відношенню до вмісту горючих) відбувається практично повне окиснення водню і оксида вуглеводу (II) (надлишковий вміст водню менше 0,01%). Для окиснення метану потрібна більш висока температура – вище 250 °C [9].

Кожен з описаних методів очистки диоксиду вуглеводню від горючих газів має відповідні переваги і недоліки, для даного методу виробництва карбаміду, то найбільше вигідним є метод очистки шляхом згорання диоксиду вуглеводу, оскільки при цьому одночасно економиться електроенергія. Оскільки у нас експанзерним газ, то на виробництві використовується каталітичний метод очистки оксиду вуглеводу (IV).

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

Технологічний процес отримання карбаміду складається із таких основних стадій:

1 Очистка діоксиду вуглецю (побічний продукт у виробництві аміаку) від горючих домішок.

2 Синтез карбаміду із аміаку та діоксиду вуглецю.

3 Рецикл.

4 Випаровування розчину карбаміду, гранулювання.

5 Абсорбція, десорбція, гідроліз.

У підготовці сировини діоксиду вуглецю виробництві карбаміду, що являється відходом виробництва аміаку, використовується каталітичний метод.

Каталізом називають змінення швидкості хімічних реакцій або їх збудження в результаті взаємодії речовини і каталізаторів, які вступають в реакцію, що вступають в проміжну хімічну взаємодію з реагентами, но відновлюють свій хімічний склад по закінченні каталітичного процесу [7].

Для процесів , які протікають в кінетичної області при незначному осьовому перемішуванні:

$$u = \frac{dx}{d\tau} = k\Delta C \quad (2.1)$$

Дія каталізатора заключається в необмеженій підвищенні константи швидкості реакції  $k$  без впливу на силу, що рухається  $\Delta C$ .

Прискорює дію каталізатора заключається в зниженні енергії активації хімічної реакції в результаті змінення реакційного шляху з каталізатором, що

бере участь або внаслідок здійснюється реакція по цепному механізму при інерційному дії каталізатора (ініціатора).

$$k = k_0 e^{-\left(\frac{E}{RT}\right)} \quad (2.2)$$

При змінненні реакційного шляху з участю каталізатора реакції, що протікає через ряд елементарних стадій, які потребують меншої енергії активації, чим пряма пряма реакція без каталізатора. Швидкість реакції тим більша, чим менша енергія активації  $E$ , і внаслідок експонціальної залежності швидкість реакції значно підвищується навіть при невеликому зниженні енергії активації. В деяких типах каталітичних реакцій одночасно з зниженням  $E$  зменшується передекспонціальний член  $k_0$  в реакції швидкості прямої реакції. Внаслідок цього підвищені константи і відповідно швидкості реакції з використанням каталізатора трохи зменшується в порівнянні з розрахованому на основі знижені  $E$  [5].

При гетерогенному каталізі проміжне з'єднання виникає на поверхні каталізатору, не утворюючи окремих фаз і не виявляються хімічним аналізом. Властивості цих поверхонь зв'язків відрізняються від аналогічних об'ємних. Так, енергія зв'язку в каталітичних поверхонь зв'язків менше, чим в об'ємних молекулах, що пояснює не міцність цих зв'язків. Можливо молекулярні, атомні і іонні поверхневих зв'язків з різними типами зв'язків. Для цепних реакцій каталіз має гетеро-гомогенний характер, тобто на поверхні каталізатора виникає радикал (гетерогенний акт), який і збуджує цепну реакцію в об'ємі газу або рідини (гомогенний акт).

При окисно-відновному (електроному) каталізі каталізаторами слугують провідники електричного току – метали і напівпровідники (головним образом оксиди металів). Опитні дані показують, що найбільш каталітичний активністю і різним каталітичною дією володіють метали великих періодів системи елементів Менделєєва. Це в основному метали I, VI, VII, і VIII груп: мідь,

срібло, хром, молібден, вольфрам, уран, залізо, кобальт, нікель, платина, паладій і інші. Всі ці метали являються перехідними елементами з незавершеною d-оболонкою і має ряд властивостей, що сприяють каталітичній активності: змінної ступені окиснення, здатність до комплексоутвореності,

порівняно невеликою роботою виходу електрона і інше. Особлива велика каталітична активна металів, у яких сума d- і s-електронів вище, чим число електронів, що приймають участь в металічному зв'язку, тому що наявність неспарених електронів на зовнішніх d- і s-орбіталі особливо вигідні для поверхонь взаємодії.

Для очистки диоксиду вуглецю у виробництві карбаміду застосовують такі каталізатори, як РПК-1 і ПК-ЗШ. Їх властивості наведені в таблиці 2.1.

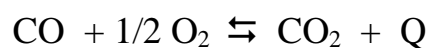
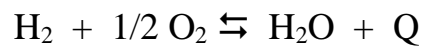
Таблиця 2.1 – Порівняння характеристик каталізаторів РПК-1 і ПК-ЗШ

Характеристика каталізатора	Види каталізаторів	
	РПК-1	ПК-ЗШ
1. Температура експлуатації	20-100	80-400
2. Носитель	$\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
3. Масова частка:		
- Паладія	0,1	0,1
- Рутенія	0,1	
4. Питома поверхня, $\text{м}^2/\text{г}$ , не менше	180	90-150
5. Активність, %	97	97
6. Об'ємна швидкість, $\text{год}^{-1}$	2500-10000	5000-10000
7. Міцність гранул до стирання, % не менше	95	95

8. Срок служби, год	4-5	5
------------------------	-----	---

Для даної стадії очистка вуглекислого газу від горючих домішок каталітичним методом виробництва карбаміду застосовується каталізатор РПК-1, оскільки має найбільш питому поверхню [15].

Очистка діоксиду вуглецю від горючих домішок відбувається в реакторі, який заповнений рутенієво-паладієвим каталізатором РПК-1, за рахунок згорання водню, оксиду вуглецю і метану на каталізаторі з утворенням водяної пари та діоксиду вуглецю за реакціями:



Температура процесу в реакторі підтримується в межах від 150 °С до 300 °С, в залежності від об'ємної частки горючих на вході в установку, і тиском 4 кПа (0,4 кгс/см<sup>2</sup>). Подача кисню з об'ємною витратою від 200 м<sup>3</sup>/год до 400 м<sup>3</sup>/год.

Каталітична активність твердих пористих каталізаторів визначають як їх хімічним складом, і як пористою структурою при якій розуміється в загальному форми зерен, об'єм і розмір пор і внутрішній поверхні зерен. Активність каталізатора пропорційна поверхні, що доступна для реагентів, але в онко пористій каталізаторах внутрішня поверхня може бути використана не повністю через дифузійне гальмування [11].

Процес каталізу на твердих пористих каталізаторах складаються з наступних елементарних стадій:

- 1) дифузія реагуючих речовин з ядра потоку до поверхні зерен каталізатора;
- 2) дифузія реагентів в порах зерен каталізатора;
- 3) активатором адсорбції (хемосорбції) на поверхні каталізатору з утворенням поверхневих хімічних зв'язків – активованими комплексами: реагенти – каталізатор;
- 4) перегрупування атомів з утворенням поверхневих комплексів: продукт – каталізатор;
- 5) десорбція продукту з поверхні;
- 6) дифузія продукту в порах зерна каталізатора;
- 7) дифузія продукту від поверхні зерна каталізатора в ядро потоку.

Загальна швидкість гетерогенного каталітичного процесу визначає відносно швидкостями окремих стадій і може лімітувати найбільш повільно із них. Іноді найбільш повільною стадією виявляється одно із хімічних взаємодій на поверхні каталізатору, а іноді дифузійні процеси.

В залежності від визначених стадій відрізняють каталітичні процеси, що проходять в кінетичній, зовнішньо дифузійній і внутрішньо дифузійних областях [14].

В кінетичній області константа швидкості процесу не залежить від коефіцієнтів дифузії. Кінетичне рівняння повинно враховувати вплив основних технологічних параметрів на швидкість каталітичного процесу. Для газоподібних реагентів:

$$u = k_0 e^{-E/RT} \Delta p^{p_n} \beta_0 \quad (2.3)$$

де  $\Delta p$  – рушійна сила процесу, виражена в парціальних тисках реагентів при тиску приблизно рівним 0,1 МПа;

$P$  – безрозмірний тиск, тобто відношення робочого тиску до нормального атмосферного;

$n$  – загальний порядок реакції;

$\beta_0$  – коефіцієнт перерахунку до нормального тиску і температури.

В кінетичній області протікають, як правило, процеси на малоактивних каталізаторах з малими розмірами зерен і крупними порами при турбулентному режимі потоку реагентів і при відносно низьких температурах. Збільшення швидкості каталітичних процесів в кінетичній області досягається підвищенням температури. Загальна швидкість процесу в кінетичній області визначається відношенням швидкостей 3-5-й стадій каталізу – адсорбція вихідних речовин, перегрупування атомів і десорбція продукту; при цьому порядок реакції практично завжди менше її молекулярності, що відповідає хімічному рівнянню.

В зовнішній дифузійній області (лімітується 1 або 7 стадія каталізу) швидкість процесу визначається коефіцієнтом дифузії реагентів і продуктів реакції. По закону Фіка при постійних умовах дифузії:

$$u = \frac{dG}{d\tau} = -D_e S \frac{dC}{dz} \quad (2.4)$$

де  $G$  – кількість речовини, що перенесене за час  $\tau$  в напрямлені  $z$ , перпендикулярним до поверхні зерна каталізатора при концентрації  $C$  дифузійного компонента в ядрі потоку реагентів;

$S$  – вільна поверхонь зерен (гранул, проволоч) каталізатора;

$D_e$  – ефективний коефіцієнт дифузії, який являється результатом молекулярної і турбулентної дифузії і зазвичай визначається опитним шляхом.

В зовнішньому дифузійному області приходять процеси на високоактивних каталізаторах, що забезпечує велику швидкість хімічних реакцій. Для прискорення процесів в зовнішній дифузійній області застосовується високі лінійні швидкості потоку реагентів, тобто створюють турбулізацію потоку.



В внутрішній дифузійній області загальна швидкість каталітичного процесу лімітується швидкістю дифузії реагентів (продуктів реакції) в порах зерен каталізатора. Час, що необхідний для дифузії газоподібного компонента в пори каталізатору на глибину  $l$ , можна визначити по формулі Ейнштейна:

$$\tau = \frac{2}{3} r_e \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}, \quad (2.5)$$

де  $r$  – еквівалентний радіус;

$M$  – молярна маса компонента.

Внутрішньо дифузійна область характерна для проведення каталізатора в фільтруючому (стаціонарному) шарі каталізатора. Каталітичні процеси в внутрішній дифузійній області можливо прискорити насамперед зменшенням розмірів зерен каталізатора і збільшенням радіуса пор. Але при збільшенні розмірів пор зменшується їх кількість і, відповідно, внутрішня поверхня. Відповідно, потрібно знаходити оптимальну структуру, при якій пори достатньо широкі для повного використання внутрішньої поверхні при вибраній розмірів зерен. Підвищення концентрації реагуючих речовин  $C_1$ ,  $C_2$  або тиску  $P$  прискорює як дифузійне, так і кінетичні стадії каталізу. Із зміненням складу реакційної суміші може змінюватися також склад і інтенсивність роботи каталізатора [17].

При наявності каталізатора визначеного складу і структури найбільш практичне значення має температурний режим каталітичних процесів. Для процесів, що проходять в кінетичній області, підвищення температури завжди збільшує швидкість приближення процесу до стану рівноваги. В результаті цього закономірності змінення в сумі швидкості реакції (дійсного виходу продукту  $X_{\phi}$ ) для екзотермічних і ендотермічних реакцій зовсім різні.

Для оборотних екзотермічних реакцій з підвищенням температури рівноважний вихід продукту безперервно зменшується, а дійсний вихід збільшується при низьких температурах і зменшується при високих, проходячи

через максимум при оптимальній температурі (рис. 2.1). Абсолютне значення максимального виходу і відповідне йому оптимальної температури змінюється в залежності від активності каталізатора, концентрації реагуючих речовин і інших умов процесу, але оптимальна температура завжди понижується з збільшенням ступеня перетворення. На рис 2.1 показана залежність виходу продукту від температури при різному часі дотикання реагуючих речовин з каталізатором  $\tau$  для каталізатора, що володіє визначеною температурою запалювання  $T_3$ , при інших постійних умовах технологічного режиму. Рівноважний вихід  $x_p$  змінюється по рівноважній кривій. Дійсні виходи  $x$

змінюється для кожного часу контакту:  $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3 > \tau_4 > \tau_5$  по відповідними кривими. З'єднав максимальні виходи, можна отримати оптимальну криву, що показую, що з збільшенням  $\tau$  і  $x$  відповідно понижується температура для досягнення максимальної швидкості процесу і ступені перетворення. [11]

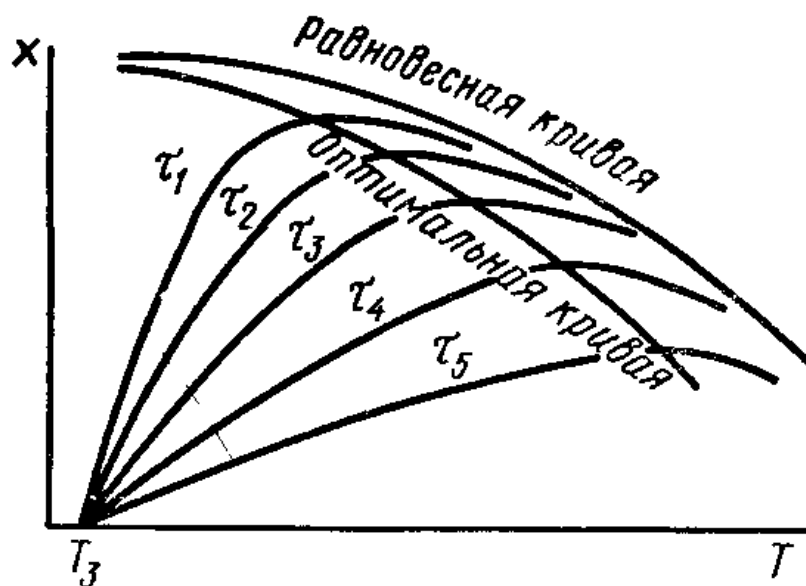


Рисунок 2.1 – Залежність виходу продукту  $x$  екзотермічної реакції від температури при різному часі контактування на данному каталізаторі:

$$\tau_1 > \tau_2 > \tau_3 > \tau_4 > \tau_5; (P, C_1, C_2 = \text{const})$$

На рис. 2.2 показано залежність  $x$  від  $T$  при постійній  $\tau$  для каталізаторів різної активності:  $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ , що мають відповідні різні температури запалювання. Підвищення концентрації реагентів і тиску змінюють не тільки дійсний, а також і рівноважний вихід, і також температуру запалювання.

Ці закономірності справедливі для всіх простих оборотних екзотермічних реакцій, і також для промислових каталітичних процесів: гідрування, окиснення, гідратації і інші. Криві рис. 2.1 і 2.2 типові для реакцій синтеза аміака, каталітичного окиснення  $SO_2$ , конверсія оксида вуглевода, окиснення етелена, синтезу вуглеводів гідруванням  $CO$  і багатьма іншими процесами.

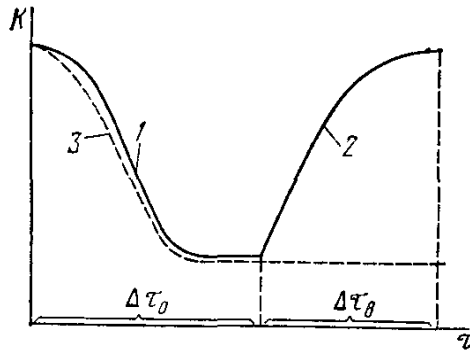


Рисунок 2.2 – Змінення константи швидкості реакції за часом:

1 – при оборотному отруєнні; 2 – при встановленні активності; 3 – при необоротному отруєнні;  $\Delta\tau_0$  – період отравлення;  $\Delta\tau_v$  – період відновлення активності (отрута в реакційній суміші відсутня)

Складним може бути вплив температури на каталітичні процеси, в яких підвищення температури до певної межі викликає протікання шкідливих побічних реакцій. При цьому необхідно аналізувати вплив температури на кожну реакцію окремо [11].

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІЛІВ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

В таблиці 3.1 наведена основні властивості, які відображають специфіку виробництва та якість продукції, що випускається [2].

Таблиця 3.1 – Основні властивості продукції, що виробляється

Найменування показника	Норми для марки Б		
	Вищий сорт	1-й сорт	2-й сорт
1	2	3	4
Масова частка азоту у перерахунку на суху речовину, %, не менше ніж	46,2	46,2	46,2
Масова частка біурета, %, не більше ніж	1,4	1,4	1,4
Масова частка вільного аміаку, %, не більше ніж: - для кристалічного карбаміду; - для гранульованого карбаміду			
Масова частка води, %, не більше ніж: - метод висушування; - метод Фішера	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,6
Розсипчастість, %	100	100	100
Гранулометричний склад, %: - масова частка гранул розміром, мм від 1 до 4, не менше ніж; від 2 до 4, не менше ніж; менше ніж 1, не більше ніж; залишок на ситі 6 мм, не більше ніж	94 70 3 відсутній	94 50 5 відсутній	94 50 5 відсутній
Статична міцність гранул, кгс/гранул, не менше ніж	0,7	0,5	0,3

**Примітка 1.** Масову частку води визначають одним з методів.

**Примітка 2.** Розсипчастість визначає споживач.

**Примітка 3.** Допускається обробляти карбамід кондиціонуючими добавками (карбамідоформальдегідної смоли, сульфатом амонію або дозволеними державними санітарними органами іншими речовинами), які забезпечують збереження товарних властивостей продукту при

транспортуванні та збереженні. При використанні сульфату амонію та нових кондиціонуючи добавок допускається масова частка азоту у перерахунку на суху речовину, не менше ніж 45,5 %. Обробка кондиціонуючими добавками карбаміду, який призначений для промисловості та тваринництва, допускається тільки при узгодженні з споживачами.

**Примітка 4.** Вимоги до якості карбаміду, що призначений для експорту, повинні відповідати вимогам угоди (контракту) з іноземними покупцями.

**Примітка 5.** У продукті, що призначений для тваринництва, визначають масову частку азоту у перерахунку на суху речовину з нормою не менше ніж 46 %, масову частку біурету з нормою не більше ніж 3 %, масову частку вільного аміаку з нормою не більше ніж 0,03 %, масову частку води з нормою не більше ніж 0,3 % (методом висушування).

**Примітка 6.** У продукті, що призначений для роздрібної торгівлі, визначають масову частку азоту у перерахунку на суху речовину з нормою не менше ніж 46,2 %, масову частку біурету з нормою не більше ніж 1,5 %, масову частку води з нормою не більше ніж 0,3 % (методом висушування).

**Примітка 7.** При відвантаженні карбаміду марки Б по вимозі споживача для промисловості у продукті визначають показники, що передбачені для карбаміду марки А 1-го сорту, з відповідними нормами.

В таблиці 3.2 наведена інформація про характеристику сировини, допоміжних матеріалів і енергетичних носіїв

Таблиця 3.1 – Характеристика сировини, допоміжних матеріалів і енергетичних носіїв

Назва сировини, матеріалів і напівпродукту	Міждержавний, державний або галузевий стандарт, технічні умови, регламент або методика	Показники, обов'язкові для перевірки	Показники, що регламентуються з допустимими відхиленням
1	2	3	4
Аміак рідкий технічний (марки Б)	Регламенти цехів виробництва аміаку: А-3 - № 37 А-5 - № 4 ГОСТ 6221 - 90	Температура, °С  Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  Масова частка аміаку, %, не менше ніж Масова концентрація масла, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Масова частка води, залишок після випарювання, % Масова концентрація заліза, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Масова частка азоту, %, не менше ніж	від мінус 32 до мінус 26 від 1,18 до 2,16 (від 11,8 до 21,6)  99,6  8  від 0,2 до 0,4  2  82
Газоподібний діоксид вуглецю	Регламенти цехів виробництва аміаку: А-3 - № 37 А-5 - № 4 ДСТУ 4817:2007	Температура, °С, не більше ніж Тиск, кПа (мм вод. ст.)  Об'ємна частка горючих, %, не більше ніж Сірка (сірководень), мг/м <sup>3</sup> , не більше ніж	45  від 4 до 12 (від 400 до 1200) 2  1 (при нормальних умовах)
Кисень газоподібний технічний та медичний	ГОСТ 5583 - 78	Тиск, кПа (мм вод. ст.), не менше ніж	1,5 (150)
Азот газоподібний	Регламент цеху К-3 № 62 ГОСТ 9293-74	Температура, °С  Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  Об'ємна частка азоту, %, не менше ніж Масло Об'ємна частка кисню, %, не більше ніж	Дорівнює навколишньому середовищу від 0,2 до 0,5 (від 2 до 5) 97  відсутність 3





Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Електроенергія	ГОСТ 13109-97	Струм трьохфазний змінний: а) напруга, В частота, Гц б) напруга, В частота, Гц Струм однофазний змінний: а) напруга, В б) частота, Гц Струм постійний: напруга, В	6000 ± 5 % 50 ± 2 % 380 ± 5 % 50 ± 2,5 %  220 ± 2,5 % 50 ± 2,5 %  220
Оборотна вода	Технічний проект розробленого Хемопроектом, Прага – друге видання від 15.12.1977 р. , Розділ 3	Вільний хлор, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Мінеральний залишок, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Масова частка хлоридів, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Загальна жорсткість, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж Загальна окисленність, мг по КМnO <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup> , не більше ніж Водневий показник, рН Температура, °С, не більше ніж Перепад, °С Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менше ніж	1,5 30 300 80 2 5 від 7 до 8,5 28 10 0,35 (3,5)
Стиснене повітря	ГОСТ 17433 - 80	Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  Крапка роси (зимова), °С Крапка роси (літня), °С Механічні домішки Масло Аміак	від 0,45 до 0,5 (від 4,5 до 5) мінус 50 мінус 20 відсутність відсутність відсутність
Пара водяна	Режимна карта котельного цеху	Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  Температура, °С Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  Температура, °С Хлориди у паровому конденсаті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше ніж	від 2,8 до 3 (від 28 до 30) від 230 до 250 від 1,2 до 1,6 (від 12 до 16) від 220 до 230 0,10



## Кінець таблиці 3.2

1	2	3	4
Силікагель технічний	ГОСТ 3956 - 76	Насипна густина гранул, г/дм <sup>3</sup> Розмір зерен, мм	від 400 до 720  від 2,8 до 7
Каталізатор рутенієво- паладієвий РПК – 1	ТУ 6 – 04687873.036 - 97	Наявність паспорту	
Стиснене повітря для технологічних потреб	ГОСТ 17433-80	Температура, °С, не більше ніж Тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не більше ніж Масова частка масла, %	20  0,5 (5)  відсутність
Вода фільтрована	Регламент цеху ХВО № 39	Масова концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup> Мутність, мг/дм <sup>3</sup>	від 1 до 50  від 1 до 50
Смола карбамідоформ альдегідна КФС	ТУ У 24.1 – 05761614 – 006 : 2007	Масова частка карбаміду, % Масова частка формальдегіду, % Колір по АРНА при температурі, від 0 °С до 25 °С, не більше ніж Кінематична в'язкість, мм <sup>2</sup> /с	від 20 до 26 від 50 до 60  30  від 70 до 130
Масильні масла для змащування механізмів руху компресорів, насосів, вентиляторів		За паспортами машин К-12, КП-19, КП-8, ГОСТ 1861- 73, М-40А ГОСТ 20799-88, УС-2Л ГОСТ 1033-79, Літол-24 ГОСТ 21150-87	

#### 4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Стадія виробництва карбаміду очищення діоксиду вуглецю від горючих домішок .

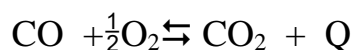
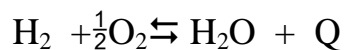
Діоксидвуглецю на установку каталітичногоочищення CO<sub>2</sub> від горючих не менше ніж 4 кПа (400 мм вод. ст.) за приладом PIR-1166, з температурою не більше ніж 45 °С за приладом TIR-1395/1 та об'ємною часткою горючих з сигналізацією не більше ніж 2 % заприладом AnIRSAH-1677 таблоківкою роботи турбогазовунок 11/1-5 не більше ніж 4 %заприладом AnIRSAH-1677. Проходить вологовідділювач 13/1, де відбувається відділення крапель вологи від газу зі скиданням конденсату через дренажні вентиля в колодязь кислих стоків. Газ надходить на всмоктувач турбогазовунок 11/1-5 і подається в підігрівач поз. Е-14 і далі – в рекуператор 15.

Подача кисню з об'ємною витратою від 200 м<sup>3</sup>/год до 400 м<sup>3</sup>/год за приладами FIRC-1032.1, 1032.2, 1032.3, тиском 4 кПа (0,04 кгс/см<sup>2</sup>) за приладом PIR-1169 і температурою не більшою ніж 35 °С за приладом TIR-1397 для каталітичного очищення горючих в реакторі 16 здійснюється автоматично за допомогою киснедунок 12/1, 2 в залежності від витрати діоксиду вуглецю і вмісту об'ємної частки горючих у ньому з таким рахунком, щоб співвідношення потоків кисню, що надходить на очищення CO<sub>2</sub> підтримувалося постійним.

У рекуператорі 15 відбувається нагрівання газової суміші до температури 150 °С за рахунок тепла газу, що відходить від реактора 16. Необхідна температура на вході газу в реактор 16 регулюється за допомогою байпасування газу повз рекуператор 15.

Далі, підігріта газова суміш надходить в реактор поз. 16, заповнений рутенієво - паладієвим каталізатором РПК - 1.

У реакторі 16 відбувається очищення діоксиду вуглецю від горючих домішок за рахунок згорання водню, оксиду вуглецю і метану на каталізаторі РПК - 1 з утворенням водяної пари і діоксиду вуглецю.



Температура процесу в реакторі 16 підтримується від 150 °С до 300 °С по приладу TIR-1395/3, залежно від об'ємної частки горючих домішок на вході в установку.

Очищений в реакторі 16 газ з об'ємною часткою горючих від 0,75 % до 1 %, проходить рекуператор 15, де тепло його використовується для нагрівання газу, що надходить на очищення, і водяний холодильник 17/1, 2, в якому очищений газ охолоджується обертовою водою до значення температури 45 °С за приладом TIR-1395/5.

Після відділення краплинної вологи, що сконденсувалася, в кінцевому вологовіддільнику 13/2 очищений газ подається у відділення компресії CO<sub>2</sub> з тиском від 4 кПа до 10 кПа (від 400 мм вод. ст. до 1000 мм вод. ст.) за приладом поз. PIR-1167.

Для пуску установки схемою передбачено пусковий паропідігрівач 14, який використовується для підігрівання газу парою Д-9у разі зниження об'ємної частки горючих в ньому. З метою зниження опору газу технологічною схемою передбачено байпас Ду = 400 мм між рекуператором 15 і холодильником 17/1,2, що дозволяє здійснювати подачу газу з реактора 16 безпосередньо до холодильників 17/1, 2.

## 5 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ

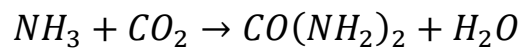
### 5.1 Розрахунок матеріального балансу

Вихідні дані:

- 1) продуктивність виробництва карбаміду 1360 т/добу;
- 2) тиск – 0,9 МПа;
- 3) температура – 100-300 °С;
- 4) кількість горючих домішок в експанзерному газі:
  - водню – 1,3-2,6%
  - СО – 0,5%
  - метану – 0,5-0,9%.

#### Розрахунок

1. Відповідно до сумарної реакції



На 1 т карбаміду чистотою 100% потрібно і CO<sub>2</sub> відповідно, кг:

$$G_{CO_2} = \frac{M_{CO_2} \cdot G_{CO(NH_2)_2}}{M_{CO(NH_2)_2}} = \frac{44 \cdot 1000}{60} = 733,3 \text{ кг}$$

де  $M_{CO_2}$ ,  $M_{CO(NH_2)_2}$  молярні маси відповідно CO<sub>2</sub> і CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>;

$G_{CO(NH_2)_2}$  необхідна кількість карбаміду, кг.

2. На 1 т 99,5%-вого карбаміду необхідно CO<sub>2</sub> відповідно, кг:

$$G_{NH_3} = 733,3 \cdot 0,995 = 729,6$$

3. В колоні синтезу з урахуванням 7% втрат (5% при дистиляції та 2% при упарюванні) повинно утворитися карбаміду:

$$G = 1000 \cdot 0,995 \cdot 1,07 = 1064,7 \text{ кг}$$

4. На утворення цієї кількості карбаміду необхідно  $\text{CO}_2$ , кг:

$$G_{\text{CO}_2} = 729,6 \cdot 1,07 = 780,7 \text{ кг}$$

5. Експанзерний газ містить 96,85%  $\text{CO}_2$ , решта – горючі домішки ( $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ). З урахуванням цього витрата вихідного компоненту складе, кг:

$$\frac{780,7}{0,9685} = 806,09$$

6. Практична витрата реагенту на 1 т карбаміду при ступені конверсії 0,65 складе, кг:

$$G_{\text{CO}_2 \text{ практ}} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot q_{\text{втр}} \cdot G_{\text{CO(NH}_2)_2} \cdot \alpha'}{M_{\text{CO(NH}_2)_2} \cdot \alpha \cdot \varphi_{\text{CO}_2}} = \frac{44 \cdot 1,07 \cdot 1000 \cdot 0,995}{60 \cdot 0,65 \cdot 0,9685} = 1240,21 \text{ кг}$$

де  $q_{\text{втр}}$  втрати продукту;

$\alpha'$  чистота продукту;

$\varphi_{\text{CO}_2}$  чистота вуглекислого газу;

$\alpha$  – ступінь конверсії карбамату в карбамід.

7. Кількість горючих домішок в експанзерному газі, кг:

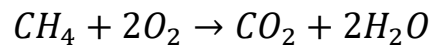
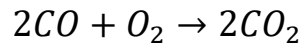
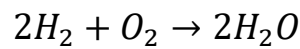
$$G_{\text{H}_2} = \frac{W_{\text{H}_2} \cdot G_{\text{CO}_2 \text{ практ}}}{\varphi_{\text{CO}_2}} = \frac{0,65 \cdot 1240,21}{96,85} = 8,32 \text{ кг};$$

$$G_{CO} = \frac{W_{CO} \cdot G_{CO_2 \text{ практ}}}{\varphi_{CO_2}} = \frac{0,5 \cdot 1240,21}{96,85} = 6,4 \text{ кг};$$

$$G_{CH_4} = \frac{W_{CH_4} \cdot G_{CO_2 \text{ практ}}}{\varphi_{CO_2}} = \frac{0,7 \cdot 1240,21}{96,85} = 8,96 \text{ кг};$$

де  $W_{H_2}$ ,  $W_{CO}$ ,  $W_{CH_4}$  кількість домішок в експанзерному газі водню, чадного газу і метану відповідно.

8. Відповідно до реакцій очистки експанзерного газу, потрібно кисню для спалювання горючих, кг:



$$G_{O_2}^1 = \frac{G_{H_2} \cdot M_{O_2}}{2M_{H_2}} = \frac{8,32 \cdot 32}{2 \cdot 2} = 66,56 \text{ кг}$$

$$G_{O_2}^2 = \frac{G_{CO} \cdot M_{O_2}}{2M_{CO}} = \frac{6,4 \cdot 32}{2 \cdot 28} = 3,66 \text{ кг}$$

$$G_{O_2}^3 = \frac{G_{CH_4} \cdot 2M_{O_2}}{M_{CH_4}} = \frac{8,96 \cdot 2 \cdot 32}{16} = 35,84 \text{ кг}$$

Загальна кількість кисню для спалювання горючих домішок:

$$G_{O_2} = 66,56 + 3,66 + 35,84 = 106,06 \text{ кг}$$



9. Згідно реакціям, що проходять в контактному апараті стадії очистки, утворюється вуглекислого газу і вологи, кг:

$$G_{H_2O}^1 = \frac{G_{H_2} \cdot 2M_{H_2O}}{2M_{H_2}} = \frac{8,32 \cdot 18}{2} = 74,88 \text{ кг}$$

$$G'_{CO_2} = \frac{G_{CO} \cdot 2M_{CO_2}}{2M_{CO}} = \frac{6,4 \cdot 44}{28} = 10,06 \text{ кг}$$

$$G''_{CO_2} = \frac{G_{CH_4} \cdot M_{CO_2}}{M_{CH_4}} = \frac{8,96 \cdot 44}{16} = 24,64 \text{ кг}$$

$$G_{H_2O}^2 = \frac{G_{CH_4} \cdot 2M_{H_2O}}{M_{CH_4}} = \frac{8,96 \cdot 2 \cdot 18}{16} = 20,16 \text{ кг}$$

Загальна кількість утвореного вуглекислого газу і вологи:

$$G_{H_2O} = 74,88 + 20,16 = 95,04 \text{ кг}$$

$$G_{CO_2}^{утв.} = 10,06 + 24,64 = 34,7 \text{ кг}$$

10. Складаємо таблицю матеріального балансу.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс відділення очистки CO<sub>2</sub> від горючих домішок на 1 т синтезу карбаміду

Надходження					Витрати				
Компон.	кг	% мас.	м <sup>3</sup>	% об.	Комп.	кг	% мас.	м <sup>3</sup>	% об.
1 Експан- зерний газ:					1 Н <sub>2</sub> O	95,04	73,25	118,272	90,46
Н <sub>2</sub>	8,32	6,41	93,184	50,35	2 CO <sub>2</sub>	34,7	26,75	12,48	9,54
CO	6,4	4,93	5,12	2,76					
CH <sub>4</sub>	8,96	6,91	12,544	6,78					
2 Кисень	106,06	81,75	74,242	40,11					
Всього:	129,74	100	185,09	100	Всього:	129,74	100	130,752	100

## 5.2 Розрахунок теплового балансу

Кількість теплоти обчислюється за загальною формулою:

$$Q = G \cdot C \cdot t,$$

де  $G$  – маса компонента, кг;

$C$  – питома теплоємність компонента при температурі  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$ ).

### 1. Надходження теплоти

#### 1.1 З киснем:

$$Q_1 = 106,06 \cdot 0,92 \cdot 35 = 3415,132 \text{ кДж}$$

#### 1.2 Кількість теплоти водню, що надходить з експанзерним газом:

$$Q_2 = 8,32 \cdot 0,6534 \cdot 45 = 244,633 \text{ кДж}$$

#### 1.3 Кількість теплоти оксиду вуглецю (II), що надходить з експанзерним газом:

$$Q_3 = 6,4 \cdot 0,7434 \cdot 45 = 214,099 \text{ кДж}$$

#### 1.4 Кількість теплоти метану, що надходить з експанзерним газом:

$$Q_4 = 8,96 \cdot 2,191 \cdot 45 = 883,411 \text{ кДж}$$

#### 1.5 Теплота, що надходить для реакції згорання водню:

$$Q_5 = \frac{G_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} \cdot \Delta H_{\text{утв}} = \frac{8,32}{2} \cdot 2596 = 10799,36 \text{ кДж}$$

1.6 Теплота, що надходить на реакцію згорання чадного газу:

$$Q_6 = \frac{G_{\text{CO}}}{M_{\text{CO}}} \cdot \Delta H_{\text{утв}} = \frac{6,4}{28} \cdot 566 = 129,371 \text{ кДж}$$

1.7 Теплота, що надходить на реакцію згорання метану:

$$Q_7 = \frac{G_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} \cdot \Delta H_{\text{утв}} = \frac{8,96}{16} \cdot 2053 = 1149,68 \text{ кДж}$$

1.8 Загальна кількість теплоти, що надходить:

$$Q_{\text{надх}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = 3415,132 + 244,633 + \\ + 214,099 + 883,411 + 10799,36 + 129,371 + 1149,68 = 16835,658 \text{ кДж}$$

2 Витрати теплоти

2.1 Кількість теплоти, що витрачається на підігрів кисню:

$$Q_8 = 106,06 \cdot 0,92 \cdot (150 - 35) = 11221,148 \text{ кДж}$$

2.2 Кількість теплоти, що витрачається на підігрів водню:

$$Q_9 = 8,32 \cdot 0,6534 \cdot (150 - 45) = 570,810 \text{ кДж}$$

2.3 Кількість теплоти, що витрачається на підігрів чадного газу:

$$Q_{10} = 6,4 \cdot 0,7434 \cdot (150 - 45) = 499,565 \text{ кДж}$$

2.4 Кількість теплоти, що витрачається на підігрів метану:

$$Q_{11} = 8,96 \cdot 2,191 \cdot (150 - 45) = 2061,293 \text{ кДж}$$

2.5 Загальна кількість теплових витрат:

$$Q_{\text{витр}} = Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} = 11221,148 + 570,810 + 499,565 + \\ + 2061,293 = 13377,064 + Q_{12}$$

2.6 Теплові втрати в навколишнє середовище

$$Q_{12} = 16835,658 - 13377,064 = 3458,594$$

Розрахунки теплового балансу заведені до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Тепловий баланс каталітичної очистки вуглекислого газу від горючих

Надходження			Витрати		
Стаття	кДж	%	Стаття	кДж	%
1. З експанзерним газом:			1 На підігрів:		
CO	244,633	1,45	кисню	11221,148	66,65
H <sub>2</sub>	214,099	1,27	CO	499,565	2,97
CH <sub>4</sub>	883,411	5,25	H <sub>2</sub>	570,810	3,39
2. З киснем	3415,132	20,29	CH <sub>4</sub>	2061,293	12,24
3 Теплота реакції для згорання:			2 Втрати	3458,594	20,54
CO	10799,36	64,15			
H <sub>2</sub>	129,371	0,77			
CH <sub>4</sub>	1149,68	6,83			
Всього:	16835,658	100	Всього:	16835,658	100

### 5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Витратні коефіцієнти – кількість сировини, палива, електроенергії, водяної пари та інших матеріалів, витрачених на добування одиниці готового продукту (на 1 т, на 1 кг) розраховуються з даних матеріального і теплового балансів. На підставі цих же даних обчислюють важливий показник ефективності виробництва – вихід продукту, відношення фактично добутого продукту до максимально можливого, обчисленого за стехіометричним рівнянням реакції.

Визначаються витратні коефіцієнти сировини на 1 т товарного продукту або корисної речовини в ньому. Якщо витрачено  $G_{\text{сировини}}$  кг і одержано  $G_{\text{прод.}}$  кг, то витратний коефіцієнт складає:

$$B = \frac{G_{\text{сировини}}}{G_{\text{продуктів}}} \cdot 100.$$

Витратні коефіцієнти сировини використовують в економічних розрахунках при складанні калькуляції собівартості продукту. Величина витратного коефіцієнту складається з теоретично необхідної кількості сировини ( $K_{\text{теор.}}$ ) і втрат ( $K_{\text{втр.}}$ ):

$$K_{\text{витратн.}} = K_{\text{теор.}} + K_{\text{втрат.}}$$

Отже, значення  $K_{\text{витратн.}}$  може бути показником якості проведення технологічного процесу. Можна вибрати оптимальний технологічний процес, у якому мінімальні витрати сировини.

Таблиця 5. 3 Норми витрат видів сировини, матеріалів та енергоресурсів на одну тону карбаміду

Найменування сировини, матеріалів та енергоресурсів	Норми витрат		
	За проектом	Що прогнозувалося за роками	
		2015	216
1	3	3,8	4
1 Амміак рідкий технічний, марки Б	580	580	575
2 Газоподібний діоксиду вуглецю	770	783,7	783,7
3 Каіалізатор рутенієво - паладієвий РПК-1	3,85	1,3	1,4
4 Силікагель технічний	0,785	0,785	0,785
5 Кисень газоподібний технічний та медичний	8	8,07	8,07
6 Азот газоподібний	15	3	2,9
7 Стиснене повітря для технологічних потреб	10,82	-	-
8 Смола карбамідоформальдегідна КФС	5,04	4,4	4,2
9 Папір, плівка поліетиленова	-	-	-
10 Щити дерев'яні	0,003	-	-
11 Карбамід-побічний продукт виробництва карбаміду по ТУ У 00203826. 018-98	2,02	0,6	0,6

## 6 РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Метою розрахунку є визначення розмірів апарата або числа апаратів при відомих розмірах. На основі заданої продуктивності і матеріального балансу процесу розраховують матеріальні потоки вихідних, проміжних і кінцевих речовин.

Основні розміри апарата – об'єм  $Y_p$  ( $m^3$ ) або поверхня масо- або теплопередачі  $F$  ( $m^2$ ) обчислюють відповідно до норм технологічного режиму ( $T$ ,  $P$ ,  $C$ ) за законами кінетики хімічних реакцій, тепло- і масообміну.

Основне рівняння для розрахунку обсягу апарата (або їхнього числа):

$$Y_p = w \cdot \tau / n,$$

де:  $w$  - об'ємна продуктивність по реакційній масі,  $m^3/c$ ;

$\tau$  – час перебування (тривалість взаємодії) вихідних речовин в апараті для досягнення заданого ступеня перетворення,  $c$ ;

$n$  – число апаратів.

При розрахунку об'єма апаратів необхідно враховувати ступінь заповнення їх реакційним середовищем. Як правило, апарати для проведення жидкофазних процесів заповнюються не цілком з метою запобігання переливів і гідравлічних ударів. Коефіцієнт заповнення реактора розраховується по формулі:

$$\phi = Y_p / Y_a,$$

де:  $Y_a$  – повний об'єм апарата.

У залежності від конструкції апарата і типу процесу коефіцієнт складає:

- 1) мірники, збірники, сховища: 0,85 – 0,9;
- 2) реактори, розчинники, кристалізатори: 0,75 – 0,8;



3) для процесів, що протікають зі значним піноутворенням: 0,4 – 0,6.

Для підвищення надійності роботи апаратів використовується коефіцієнт запасу продуктивності  $\alpha$ , що у залежності від конструкції апарату і типу процесу має наступні величини:

1) для простих апаратів без частин, що рухаються: 1,0 – 1,05;

2) для апаратів з внутрішніми пристроями без частин, що рухаються, працюючих при низьких (середніх) температурах і без тиску: 1,1 – 1,15;

3) для апаратів з швидкообертливими частинами, що працюють при високих температурах і тисках: 1,15 – 1,20.

З урахуванням усіх коефіцієнтів формула для розрахунку матиме вигляд:

$$Y_a = w \cdot \tau \cdot \alpha / (n \cdot \varphi)$$

Вихідні дані:

Потужність  $P=496400$  т/рік

Додатковий час  $\tau_{\text{дод.}}$  3 год.

Коефіцієнт заповнення апарата  $\varphi = 0,7$

Коефіцієнт запасу продуктивності  $\alpha = 1,15$

Розраховуємо кількість сировини на одне завантаження

Час переробки однієї порції сировини складе:

$$\tau = \tau_{x,p} + \tau_{\text{дод.}} = 19 + 3 = 22 \text{ год.}$$

При роботі апарата 330 днів у рік, маса сировини, що завантажується, складе:

$$m = 496400 / 330 \cdot 24 = 109,4 \text{ кг}$$

З розрахунку матеріального балансу на 1т твердої сировини необхідно подати 109,4 кг сировини:

1. Кількість вихідної сировини на одне завантаження:

$$m_{\text{вих.}} = 109,4 + (109,4 \cdot 5144,2 / 1000) = 668,89 \text{ кг}$$

2. Об'єм апарата

$$V_{\text{ап}} = V_{\text{реакц.}} \cdot \alpha / \varphi = 2,44 \cdot 1,15 / 0,7 = 4 \text{ м}^3.$$

Номінальна ємність апарата  $V_{\text{ап.}} = 4 \text{ м}^3$

Внутрішній діаметр  $D_{\text{в}} = 1800 \text{ мм.}$

Повна висота апарата  $H_{\text{в}} = 3500 \text{ мм.}$

Висота циліндричної частини  $h = 1800 \text{ мм.}$

3. Розрахунок обичайки

Розрахункова товщина циліндричної стінки, підданої внутрішньому тискові, визначається по формулі:

$$S' = D_{\text{в}} \cdot p / (2 [\sigma] \cdot \varphi - p) + c, \text{ м}$$

$p$  - розрахунковий тиск, Па

робоче середовище – рідина, тоді:

$$p = p_{\text{с}} + p_{\text{ж}}$$

$$p_{\text{с}} = 0,101 \text{ МПа}$$

$$p_{\text{ж}} = 10 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot H_{\text{ж}}$$

$$\rho_{\text{ж}} = 1,22 \cdot 0,8372 + 5,25 \cdot 0,1432 + 5,21 \cdot 0,0147 + 1 \cdot 0,0049 = 1,854 \text{ г/см}^3 = 1854 \text{ кг/ м}^3$$

$$\rho_{ж} = 10 \cdot 1854 \cdot 0,9 = 16690 \text{ н/м} = 16,69 \text{ кПа}$$

$$p = 0,101 + 0,01669 = 0,118 \text{ МПа}$$

#### 4. Розрахунок днища

У залежності від  $D$  в:

$$h_1 = 40 \text{ мм}; h_b = 400 \text{ мм}.$$

Розрахункова товщина стінки днища  $S'$ , підданого внутрішньому тискові, визначається по формулі:

$$S \geq P \cdot R / (2 \cdot \varphi_m \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p) + C, \text{ м}$$

де:  $R$  - радіус кривизни у вершині днища, м

Для еліптичного днища:

$$R = D_b = 1,6 \text{ м}.$$

По таблиці 15.3 [11] коефіцієнт міцності зварних швів:

$$\varphi_m = 0,8$$

$$S = 0,118 \cdot 1,6 / (2 \cdot 0,8 \cdot 500 - 0,5 \cdot 0,118) + 3 \cdot 10^{-3} = 0,0033 \text{ м} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Товщина днища повинна бути не менш товщини обичайки, розрахованої при  $\varphi = 1$ .

Приймаємо  $S = 4 \text{ мм}$ .

## 7 АВТОМІЗАЦІЯ І КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ВИРОБНИЦТВА

Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються високими швидкостями протікання технологічних процесів і хімічних реакцій, а також чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи, вибухо- і пожежебезпе́чністю перероблених речовин, складними технологічними схемами, великою кількістю апаратів, складними умовами проведення процесу (високі температури і тиск). Крім того, виробництво карбаміду є безперервним і великотоннажним; виробництво характеризується можливістю викиду шкідливих речовин у довкілля .[7]

Керувати такими процесами, використовуючи застарілі способи контролю і системи регулювання, забезпечуючи при цьому високі техніко-економічні показники (мінімальні витрати сировини, матеріалів і енергоресурсів, максимальний об'єм випуску продукції) і якість продукції, неможливо.

У таких умовах навіть досвідчений робочий не в змозі своєчасно впливати на процес у разі відхилення його від норми, а це може привести до аварій, пожеж, вибухів, псування великої кількості сировини і напівфабрикатів.

Використання автоматизації поліпшує основні показники ефективності виробництва: збільшує кількість, поліпшує якість і знижує собівартість продукції, що випускається. Скорочуються брак і відходи, зменшуються витрати сировини і енергії, зменшується чисельність основних робочих

Під час очистки вуглекислого газу виробництва карбаміду істотна частина технологічних параметрів вимагає високої точності. Наприклад, при підвищенні вмісту горючих домішок в вуглекислому газі може спричинити вибухонебезпечну ситуацію.

Для цього в даному дипломному проекті запропоновано використовувати АСКТП на базі мікропроцесорного керуючого обчислювального комплексу (далі КОК) МСКУ-М.

Робочим режимом обраний режим безпосереднього цифрового управління. Працюючи в даному режимі, КОК виконує наступні функції: збір і обробку інформації, видачу технологічної інформації на прилади контролю, формування керуючих впливів відповідно до заздалегідь заданих критеріїв оптимальності і видачу їх на виконавчі механізми.

У стандартній конфігурації МСКУ-М задіяні наступні блоки:

РГ1 і РГ2 — блоки вхідних і вихідних гальванічних розв'язок. Основне призначення цих блоків полягає в захисті мікропроцесорного контролера від коротких замикань в схемах живлення датчиків і виконавчих механізмів;

АЦП і ЦАП — блоки аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворення сигналів;

ЦПП — блок цифро-імпульсного перетворення сигналів;

ЦДП і ДЦП — блоки цифро-дискретного і дискретно-цифрового перетворення сигналів;

АЛГО — блок алгоритмічного перетворення сигналів;

МСКУ-М — працює з уніфікованими електричними сигналами.

Робоче місце оператора технолога обладнане пристроями контролю (дисплеї, монітори, принтери), панелями ручного керування (у оперативного персоналу завжди повинна бути можливість переключити технологічний процес з автоматичного режиму на ручний і навпаки) і схемою сигналізації, яка, виконується на мнемосхемі виробництва.

Автомізація і контроль технологічним режимом виробництва карбаміду стадії очистки вуглекислого газу наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Автомізація і контроль технологічного режиму виробництва карбаміду стадії очистки вуглекислого газу від горючих

№ п/п	Технологічний об'єкт	Параметр, що вимірюється	Можливий діапазон зміни параметру	Місце відбору імпульсу	Примітки
1	2	3	4	5	6
1	Вуглекислий газ на вході в установку волого-відділювач 13/ 1,2	Температура, °С, не більше ніж	45	Покази на щиті в ПК компресії	Енерг.
		Тиск, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менше ніж	4 (0,04)	Покази та реєстрація на щиті в ПК компресії.	Енерг.
		Об'ємна частка горючих, %, не більше ніж	2	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Матер.
		Підвищення об'ємної частки горючих	2	Сигналізація світлозвукова на щиті в ЦПК та ПК компресії	
		Підвищення об'ємної частки горючих	4	Блоківка	
2	Вуглекислий газ на виході з установки волого-відділювач 13/ 1,2	Тиск, кПа (мм вод. ст.), не більше ніж	4 – 10 (400 – 1000)	Покази, реєстрація, регулювання на щиті в ПК компресії	Енерг.
3	Кисень на вході в установку рекуператор. 15/ 1, 2	Об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	200-400	Покази, реєстрація, регулювання на щиті в ПК компресії	Матер.
4	Кисень на вході в установку рекуператор 15/1,2	Об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год	200-400	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Матер.
		Тиск, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менше ніж	4 (0,04)	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.

Продовження таблиці 7.1:

1	2	3	4	5	6
		Температура, °С, не більше ніж	35	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.
5	Діоксид вуглецю на вході в установку 15/1, 2	Температура, не більше ніж, °С	45	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.
6	Діоксид вуглецю на лінії байпаса перед реактором R-16	Температура, °С	110-120	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.
7	Діоксид вуглецю в реакторі 16	Температура, °С	150-300	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.
8	Діоксид вуглецю на виході з реактору 16	Температура, °С	150-300	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.
9	Діоксид вуглецю на виході з установки рекуператора 15 (після очистки)	Температура, °С, не більше ніж	45	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.
10	Кисень на вході в установку	Температура, °С, не більше ніж	35	Покази, реєстрація на щиті в ПК компресії	Енерг.

Для регулювання температури на вході вуглекислого газу в я кості первинного датчика НСХ Pt100 – вимірювальний термоперетворювач температури (до 600 °С) для неперервного перетворення сигналу температури в пневматичний сигнал дистанційної передачі. Сигнал від нього надходить на вторинний прилад ПКР2– прилад контролю пневматичний, що показує, для вимірювання величини одного параметру і сигналізації заданого діапазону його значення. Вторинний прилад ПКР2 записує і показує значення температури надходження вуглекислого газу і величину керуючого впливу регулятора на регулюючий клапан з пневмоприводом. Регулятор порівнює поточні значення параметру із завданням і виробляє сигнал за відповідним законом регулювання.

Для регулювання тиску на вході вуглекислого газу в я кості первинного датчика МС-П1 з діапазоном вимірювання 0-60 кПа. Сигнал від нього надходить на вторинний прилад типу ПКР2, для вимірювання величини цього параметру і сигналізації заданого діапазону його значення.

Для регулювання вмісту горючих домішок в вуглекислому газі ТП-1120 – гідроаналізатор з діапазоном вимірювання 0-5% вмісту водню. Регулятор порівнює поточні параметру із заданими і виробляє сигнал за відповідним законом регулювання. Керуючий сигнал регулятора поступає на регулюючий клапан, який встановлений на трубопроводі подачі вуглекислого газу.

Для регулювання тиску діоксид вуглецю на виході з установки волого відділювач встановлено первинний перетворювач сигналу напормір типу НС-П3 з діапазон вимірювання від 0 до 10 к Па. Сигнал від нього надходить на вторинний прилад ПВ10.1Э, що записує і показує значення тиску виходу вуглекислого газу і величину керуючого впливу регулятора. Регулятор порівнює поточні значення параметру із завданням і виробляє сигнал за відповідним законом регулювання.

Для регулювання об'ємних витрат кисню на вході в рекуператор встановлено первинний прилад ДМ-П2 – дифманометр з діапазоном від 0 до 500 м<sup>3</sup>/год. Далі сигнал надходить до вторинного пристрою ПВ10.1Э. записує і показує значення об'ємних витрат кисню і величину керуючого впливу регулятора на регулюючий клапан з пневмоприводом. Регулятор порівнює поточні значення параметру із завданням і виробляє сигнал за відповідним законом регулювання.

Для регулювання тиску кисню на вході в установку рекуператор встановлено датчик тиску типу МС-П3 з діапазоном від 0 до 60 кПа для неперервного перетворення сигналу тиску в пневматичний сигнал дистанційної передачі. Сигнал від нього надходить на вторинний прилад ПКР2– прилад контролю пневматичний, що показує записує і показує значення тиску кисню і величину керуючого впливу регулятора на регулюючий клапан з пневмоприводом. Регулятор порівнює поточні значення параметру із завданням і виробляє сигнал за відповідним законом регулювання.



Для регулювання температури кисню на вході в установку рекуператор встановлено датчик тиску типу ТХК-2088 для неперервного перетворення сигналу тиску в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

Для регулювання температури діоксиду вуглецю на вході в установку рекуператор в якості первинного датчика ТХК-2088 – вимірювальний термоперетворювач температури (до 200 °С) для неперервного перетворення сигналу температури в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

Для регулювання температури діоксиду вуглецю на лінії байпасу перед реактором в якості первинного датчика ТХК-2088 – вимірювальний термоперетворювач температури (до 200 °С) для неперервного перетворення сигналу температури в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

Для регулювання температури діоксиду вуглецю в реакторі використовують датчик ТХК-2088 – вимірювальний термоперетворювач температури (до 400 °С) для неперервного перетворення сигналу температури в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

Для регулювання температури діоксиду вуглецю на виході з реактору використовують ТХК-2088 – вимірювальний термоперетворювач температури (до 400 °С) для неперервного перетворення сигналу температури в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

Для регулювання температури діоксиду вуглецю на виході з рекуператора використовують ТХК-2088 – вимірювальний термоперетворювач температури (до 200 °С) для неперервного перетворення сигналу температури в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

## 8 АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Таблиця 8.1 – Аналітичний контроль виробництва карбаміду стадії очистки діоксиду вуглецю

№	Найменування стадії, процесу, місце заміру, параметру, або місця відбору проби	Параметр контролю, одиниці вимірювання	Норми технологічного режиму і допустимі відхилення	Назва нормативно-технічної документації і документації за якою проводити контроль	Методика виконання вимірювання та засоби вимірювальної техніки
1	2	3	4	5	6
1	Діоксид вуглецю на вході в установку	Тиск, кПа, не менше ніж, PIR- 1166	4 ±1		Датчик тиску типу МС-П1 Діапазон вимірювань від 0 кПа до 60 кПа (від 0 кгс/см <sup>2</sup> до 0,6 кгс/см <sup>2</sup> ) Кл. точності 1 Вторинний прилад типу ПКР2 Шкала 0 %– 100 % Кл. точності 1
		Температура, °С, не більше ніж, TIR- 13	45±1,1		Термоперетворювач опору типу 365, НСХ Pt100 Кл. допуску А Границі допустимого відхилення температури ± 0,2 °С Перетворювач цифровий типу ПЦ-12Р Табло 0 °С - 199,9 °С Кл. точності 0,5
		Об'ємна частка горючих, %, не більше ніж, AnIRSAH -1677	2±0,1		Газоаналізатор типу ТП-1120 Діапазон вимірювань об'ємної частки водню від 0 % до 5 % Відносна похибка вимірювання ± 2,5%

Продовження таблиці 8.1:

1	2	3	4	5	6
2	Діоксид вуглецю на виході з установки	Тиск, кПа не більше ніж, PIR- 1167	4-10±0,15		Напоромір типу НС-ПЗ Діапазон вимірювань від 0 кПа до 10 кПа (від 0 кгс/м <sup>2</sup> до 1000 кгс/м <sup>2</sup> ) Кл. точності 1 Вторинний прилад типу ПКР-2 Шкала 0 % - 100 % Кл. точності 1
3	Кисень на вході в установку	Об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год, FIRC-1032.	200-400±7		Діафрагма дискова імпортна Дифманометр типу ДМ-П2 Перепад 2,5 кПа (250 кгс/м <sup>2</sup> ) Діапазон вимірювань від 0 м <sup>3</sup> /год до 500 м <sup>3</sup> /год Кл. точності 1 Вторинний прилад типу ПВ10.1Э Шкала 0 % - 100 % Кл. точності 1
4	Кисень на вході в установку	Об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год, FIR-1032.2	200-400±7		Діафрагма дискова імпортна Дифманометр типу ДМ-П2 Перепад 2,5 кПа (250 кгс/м <sup>2</sup> ) Діапазон вимірювань від 0 м <sup>3</sup> /год до 500 м <sup>3</sup> /год Кл. точності 1 Вторинний прилад типу ПКР2 Шкала 0 % – 100 % Кл. точності 1

Продовження таблиці 8.1:

1	2	3	4	5	6
		Тиск, кПа, не менше ніж, PIR- 1169	4±0,5		Датчик тиску типу МС-ПЗ Діапазон вимірювань від 0 кПа до 60 кПа (від 0 кгс/см <sup>2</sup> до 0,6 кгс/см <sup>2</sup> ) Кл. точності 0,6 Вторинний прилад типу ПКР2 Шкала 0 % – 100 % Кл. точності 1
5	Діоксид вуглецю на вході в установку	Температура, не більше ніж, °С, TIR – 1395/1	45±3		Перетворювач термоелектричний типу ТХК-2088, НСХ L Клас 2 Границі допустимого відхилення температури ± 2,5 °С Реєстратор електронний типу МТМ РЭ- 160 Табло 0 °С - 200 °С Основна абсолютна похибка вимірювання ± 0,8 °С
6	Діоксид вуглецю на лінії байпаса перед реактором поз. R-16	Температура, °С, TIR – 1395/2	110-120±3		Перетворювач термоелектричний типу ТХК-2088, НСХ L Клас 2 Границі допустимого відхилення температури ± 2,5 °С Реєстратор електронний типу МТМ РЭ- 160 Табло 0 °С - 200 °С Основна абсолютна похибка вимірювання ± 0,8 °С

Продовження таблиці 8.1:

1	2	3	4	5	6
7	Діоксид вуглецю в реакторі поз. 16	Температура, °С, TIR – 1395/3	150-300±3		Перетворювач термоелектричний типу ТХК-2088, НСХ L Клас 2 Границі допустимого відхилення температури ± 2,5 °С Реєстратор електронний типу МТМ РЭ-160 Табло 0 °С - 400 °С Основна абсолютна похибка вимірювання ± 0,8 °С
8	Діоксид вуглецю на виході з реактора поз. 16	Температура, °С, TIR – 1395/4	150-300±3		Перетворювач термоелектричний типу ТХК-2088, НСХ L Клас 2 Границі допустимого відхилення температури ± 2,5 °С Реєстратор електронний типу МТМ РЭ-160 Табло 0 °С - 400 °С Основна абсолютна похибка вимірювання ± 0,8 °С
9	Діоксид вуглецю на виході з установки	Температура, °С, не більше ніж, TIR -1395/5	45±3		Перетворювач термоелектричний типу ТХК-2088, НСХ L Клас 2 Границі допустимого відхилення температури ± 2,5 °С Реєстратор електронний типу МТМ РЭ-160 Табло 0 °С - 200 °С Основна абсолютна похибка вимірювання ± 0,8 °С

Продовження таблиці 8.1:

1	2	3	4	5	6
10	Кисень на вході в установку	Температура, °С, не більше ніж, TIR -1395/6	35±3		Перетворювач термоелектричний типу ТХК-2088, НСХ L Клас 2 Границі допустимого відхилення температури ± 2,5 °С Прилад реєструвальний типу МТМ РЭ-160 Табло 0 °С - 200 °С Основна абсолютна похибка вимірювання ± 0,8 °С

## 9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Однією з найактуальніших проблем, що хвилює сьогодні все людство, стала проблема охорони довкілля та раціонального використання природних багатств. Неухильне зростання токсичних речовин, які надходять в оточуюче середовище, перш за все, відбивається на здоров'ї населення, погіршує стан флори і фауни, тому задача сучасної інженерії полягає у вирішенні саме цих проблем.

В Україні тема охорона природи і раціонального використання природних ресурсів завжди була найважливішою політичною, економічною і соціальною задачею. Особливу відповідальність у справі охорони довкілля у нашій країні несуть сучасні інженерно-технічні кадри. Вони повинні використовувати передову техніку і нову технологію виробництва з урахуванням збереження навколишнього середовища, повного комплексного використання неживої природи і забезпечення розширення відтворення ресурсів живої природи.

Екологія - наука про умови існування живих організмів і взаємозв'язки між організмами і навколишнім середовищем [4].

Задачі екології як науки [16]:

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

### 9.1 Відходи виробництва карбаміду

#### 9.1.1 Викиди в атмосферу

Дані по викидах в атмосферу в проектованому виробництві представлені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 - Викиди в атмосферу у виробництві карбаміду

Найменування джерела викиду	Кількість годин роботи на рік	Кількість, шт	Параметри джерела		Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрація, мг/м <sup>3</sup>		Об'єм викиду, м <sup>3</sup> /год
			Висота, м	Діаметр, м			max	Серед	
Свічка скруббера	8000	1	25	0,3	Аміак	162	162	152	38,16
Очистний пристрій гран башти	8000	1	80	5,43	Аміак	37,7	37,7	35,8	379080
Промивна колона	8000	1	25	0,8	Пил карбаміда	115,3	115,3	111	8892
Мокрий циклон	8000	1	42	0,6	Пил карбаміда	117,8	117,8	109	5508

### 9.2.2. Стічні води

Дані по стічним водам у проектованому виробництві представлені в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Стічні води виробництва карбаміда

Найменування джерела викиду	Число годин роботи на рік	Кількість, шт	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Об'єм викиду, м <sup>3</sup> /год
Хім. брудні стоки	8000	1	аміак	65	25
Від абсорбера II ступеня	8000	1	карбамід	300	10



### 9.2.3. Тверді відходи

Дані по утвореним твердим відходам, у проектованому виробництві представлені в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 - Тверді відходи виробництва карбаміда

№ п/п	Найменування відхода	Куди складується, транспорт	Періодичність	Умови і місце утилізації	Питома норма викиду на од. продукції, кг/год	Кількість, кг/год (т/рік)
1	Сілікагель КСКГ ГОСТ 3956-76	відвозиться на авто	1 раз на рік	цех очистки	0,036	0,0913 (0,8)
2	Сілікагель КСМГ ГОСТ 3956-76	відвозиться на авто	1 раз на рік	цех очистки	0,036	1,3698 (12)

9.2 Характеристика газоподібних забруднюючих речовин, що надходять від базового об'єкту

#### 9.2.1. Аміак

Аміак ( $\text{NH}_3$ ) - безбарвний, горючий газ із різким запахом. Молекулярна маса 17,03. Температура плавлення - (мінус) 77,75 °С, температура кипіння - (мінус) 33,35 °С, температура критична - (мінус) 132,4 °С. Критичний тиск 111,5 атм. Розчинність у воді 34,2 % (масс.). Газоподібний аміак при охолодженні під атмосферним тиском до температури 15 °С і тиску 0,75 МПа переходить у рідкий стан. Температура спалаху - (плюс) 650 °С, межа вибуху 15-27 % у суміші з повітрям, 13,5-79 % у суміші з киснем [1].

Газоподібний аміак добре розчиняється у воді. Водний розчин має лужну реакцію внаслідок утворення гідрата амонія  $\text{NH}_4\text{OH}$  (амвода).

Аміак - дратівлива, нервова отрута.

### 9.2.2. Пил карбаміду

Карбамід  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  - являє собою амід карбамінової кислоти  $\text{H}_2\text{NCOH}$ . Добре розчиняється у воді, гігроскопічний, розчиняється в аміаку. Дим карбаміда містить токсичну пару.

Карбамід - токсичний, дратівливий.

9.3. Вплив забруднювачів базового об'єкта на атмосферу, літосферу, гідросферу, рослинний та тваринний світ, людину

#### 9.3.1. Шкідливий вплив на здоров'я людини

Гранично допустима концентрація аміаку в повітрі виробничих приміщень - не більше  $20 \text{ мг/м}^3$ , виробничих територій - не більше  $6 \text{ мг/м}^3$ .

Високі концентрації викликають рясну сльозотечу і біль в очах, задуху, сильні напади кашлю, запаморочення, болі у шлунку; блювоту, затримку сечі. Важке отруєння протікає на фоні різкого зменшення легеневої вентиляції, збільшення печінки. Після дії високих концентрацій спостерігаються різкі розлади дихання і кровообігу, може наступити смерть від серцевої слабкості або зупинки дихання у фазі вдиху при спазмі голосової щілини (рефлекс трійчастого нерва), частіше смерть настає від набряку гортані чи легенів. Можливий хімічний опік очей та верхніх дихальних шляхів.

Наслідки перенесеного гострого отруєння: помутніння кристала ока, рогівки, навіть її прорив і втрата зору, емфізема легенів, суботрофічний фаринголарингіт, кровохаркання, можлива активізація туберкульозного процесу. При невеликих концентраціях - більш легке подразнення очей та слизової оболонки носа, чхання, сльозоточення, легка нудота і головний біль, почервоніння обличчя, пітливість, біль в грудях [2].

Карбамід може служити джерелом отруєння унаслідок виділення аміаку. Гранично-допустимі концентрації пилу карбаміду у повітрі робочої зони виробничих приміщень -  $10 \text{ мг/м}^3$ , а в атмосферному повітрі населених місць –

0,5 мг/м<sup>3</sup>. ПДК карбаміду у водоймищах санітарно-побутового користування 80 мг/л. Дим карбаміду містить токсичні пари. Карбамід добре розчиняється у воді. При тривалому зберіганні злежується і частково розкладається з утворенням біурету і газоподібного аміаку.

Двоокис вуглецю діє як наркотик, руйнує слизові оболонки. У відносно малих концентраціях порушує дихальний центр. При великих концентраціях пригноблює. Великий вміст пов'язаний із зменшенням вмісту кисню у повітрі, що є причиною смерті. Двоокис вуглецю чинить центральну судинорозширювальну дію, викликає ацидоз, підвищує вміст адреналіну і зменшує амінокислоти в крові. При перебуванні людей у закритих приміщеннях, хворобливі явища виникають як наслідок надлишку двоокису вуглецю і недоліку кисню. Вдихання повітря з концентрацією двоокису вуглецю 0,25-1% супроводжується зміною функції дихання і кровообігу, 2,5-5% двоокису вуглецю викликає головний біль, роздратування верхніх дихальних шляхів, відчуття тепла в грудях, збільшення легеневої вентиляції, за рахунок почастішання і поглиблення дихання, прискорення серцебиття, підвищення кров'яного тиску. При 7% двоокису вуглецю і вище настає пітливість, шум у вухах, прискорення серцебиття, запаморочення голови, може бути психічне збудження, блювота, зменшення температури тіла, порушення зору, ураження головного і спинного мозку.

### 9.3.2. Вплив на шкіру

При концентрації аміаку 1% спостерігається легке роздратування вологої шкіри, при концентрації 2% - помітне роздратування, а при 3% - через декілька хвилин може виникнути опік з утворенням міхурів. При попаданні в струмінь газу разом із проявами загального отруєння спостерігається почервоніння шкіри, набряки, окремі фіолетово-червоні плями, порушення цілісності поверхневих шарів шкіри.

Нашатирний спирт (10%-ний розчин аміаку) діє на шкіру слабше за інші луги і викликає сильний біль, почервоніння, а при тривалій дії утворення на шкірі бульбашок. Попадання спирту в очі може привести до повної сліпоти.

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

### 9.3.3. Вплив на тваринний світ

Тваринний світ не менше страждає від шкідливих концентрацій аміаку. Вони викликають роздратування або, в окремих випадках, навіть смерть. Коли тварини потрапляють під дію аміаку, то отримують сильне подразнення верхніх дихальних шляхів, кон'юктиви, з рота і носа виділяється піниста рідина, іноді з домішками крові. Крововилив у всіх органах, неврози, клітинні інфільтрації. При великих концентраціях виявляється припікаюча дія на слизових оболонках дихальних шляхів і рота, можливі набряки легенів. Порогова концентрація 001 мг/л.

### 9.3.4. Вплив на ґрунт і на рослинний світ

Забруднення, що потрапляють в атмосферу, з осіданнями повертаються на Землю, потрапляють у водоймища і ґрунт. Стічними водами підприємства і агропромисловий комплекс забруднюють річки, озера, ґрунти. Величезна кількість відходів потрапляє в ґрунт, самоочищення якого практично не відбувається або відбувається дуже повільно. Токсичні речовини нагромаджуються, що призводить до постійної зміни хімічного складу ґрунтів, порушенню єдності геохімічного середовища і живих організмів [13].

Відбувається закислення ґрунтів, спустошення і загибель лісів, змінюється видовий склад флори і фауни у багатьох водоймищах, забруднюються не тільки малі річки, але і величезні водоймища; відчувається нестача прісної води; атмосфера

багатьох міст насичена органічними і неорганічними речовинами, концентрація яких вище ПДК; зникають багато видів тварин і рослин, виникають нові хвороби, з відходами втрачається величезне число цінних речовин.

Таким чином, викиди в біосферу призводять до погіршення екологічного стану у нашому регіоні і світу вцілому.

## 10 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 10.1 Аналіз умов праці на підприємстві

Виробництво карбаміду засноване на реакції взаємодії рідкого аміаку та газоподібного діоксиду вуглецю, що протікає при підвищеному тиску від 13,4 МПа до 14,4 МПа (від 134 кгс/см<sup>2</sup> до 144 кгс/см<sup>2</sup>) і температурі від 170 °С до 183 °С. Процес синтезу аміаку і вуглекислоти при великому тиску і температурі пов'язаний із застосуванням агресивних токсичних і пожежовибухонебезпечних хімічних речовин.

Робоче місце допоміжне. Експлуатація та обслуговування технологічного устаткування установки очистки СО<sub>2</sub> від горючих покладається на машиністів компресорних установок 6 розряду, які протягом робочої зміни виконують роботи згідно цієї інструкції.

До виконання самостійної роботи з експлуатації та обслуговування устаткування установки очистки СО<sub>2</sub> допускаються машиністи к/у 6 розряду, незалежно від статі, цеху з виробництва карбаміду М-2, що досягли 18-річного віку, пройшли попередній медичний огляд, не мають протипоказань згідно з вимогами інструкції з охорони праці та безпеки виробництва № М-2-ОП-7 по робочому місцю машиніста компресорних установок 6 розряду, мають освіту не нижче середньої, пройшли вступний, первинний інструктаж, навчання з питань охорони праці в навчальному центрі, теоретичне навчання (стажування) на робочому місці в цеху, пройшли перевірку знань в кваліфікаційній комісії цеху.

Періодична перевірка знань машиністам к/у за даною інструкцією проводиться один раз на рік під час перевірки знань по основному робочому місцю.

Повторний інструктаж проводиться один раз на 3 місяці.

Машиністу к/у необхідно пройти навчання з електробезпеки з присвоєнням І групи з електробезпеки.

Повторний інструктаж на І групу з електробезпеки проводиться один раз на три місяці.

Таблиця 10.1 Перелік технічно-технологічної документації, яка є обов'язковою для ведення технологічного процесу на робочому місці і знання якої підлягає перевірці в кваліфікаційній комісії

№ № п/п	Найменування інструкції	Номер (код) Інструкції
1	2	3
1	Інструкція з охорони праці при експлуатації та обслуговуванні устаткування установки очистки CO <sub>2</sub> від горючих речовин цеху з виробництва карбаміду 2 черги М-2	№ М-2-ОП-23
2	Екологічні аспекти та ризики, ідентифіковані на робочому місці	

При обслуговуванні установки очистки CO<sub>2</sub> від горючих речовин, машиніст компресорних установок 6 розряду згідно з ДКХПП, випуск 23, § 49, стор. 142 виконує наступне:

Веде складний технологічний процес каталітичного очищення діоксиду вуглецю від горючих сполук методом окислення рутенієво-паладієвому каталізаторі. Стежить за роботою і справним станом устаткування. Виявляє та усуває несправності в роботі устаткування.

Контролює та регулює температуру, тиск, наявність кисню та водню у діоксиді вуглецю, рівні конденсату в збірниках та вологовіддільниках. Регулює процес з дистанційного пульта керування за показниками контрольно-

вимірювальних приладів та на місцях установлення устаткування. Виявляє та усуває причини відхилень від норм технологічного режиму.

Відбирає проби для проведення контрольних аналізів. Обслуговує контактний апарат, турбогазовдувки, теплообмінники, водокільцеві компресори, відцентрові насоси, контрольно-вимірювальні прилади, комунікації. Здійснює пуск та зупинку устаткування, готує його до ремонту, приймає з ремонту. Виконує простий ремонт устаткування. Веде записи у протоколах якості. Здійснює облік роботи устаткування. Обслуговує вентсистеми.

10.2 Шкідливий виробничий фактор – це виробничий фактор, дія якого на працюючого може привести до професійного захворювання, зниження працездатності або інших відхилень в стані здоров'я.

Небезпечний виробничий фактор – це виробничий фактор, дія якого на працюючого в певних умовах може призвести до травм, в особливо тяжких випадках до смерті.

До фізичних шкідливих і небезпечних факторів відносяться:

- обертів частини елементів машин, двигунів, вентиляторів;
- підвищена температура поверхні устаткування трубопроводів, обладнання (до 300 °С);
- підвищений рівень шуму (85дБа);
- підвищений рівень вібрації (108 дБа);
- підвищена чи знижена вологість повітря робочої зони (підвищена 61-70%, чи знижена менша за 40%);
- висока, до 6000 В напруга в ланцюгах електродвигунів, замикання яких може пройти через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики (наприклад – газодувка діоксиду вуглецю);



- розміщення устаткування на висоті щодо поверхні землі, робочих майданчиків, перекриттів;

- несприятливі метеорологічні умови (при обслуговуванні устаткування, що розташовано назовні).

Перевищення нормативних значень фізичних небезпечних і шкідливих фізичних виробничих факторів може призвести до отримання працівниками травм, опіків, обмороження, ураження електричним струмом.

У результаті тривалої дії шуму у людини порушується нормальна діяльність серцево-судинної і нервової систем, травних і кровотворних органів, можливе зниження і навіть втрата слуху. Підвищена вібрація діє на центральну нервову систему, шлунково-кишковий тракт, вестибулярний апарат, викликає запаморочення, оніміння кінцівок, захворювання суглобів.

Ураження електричним струмом відбувається в тих випадках, коли з електродротом, який не має ізоляції, доторкається частина тіла або мокрий одяг. Можливе ураження електрострумом без безпосереднього контакту з струмопровідними частинами – при пересуванні по землі поблизу пошкодженої електроустановки (крокова напруга), під час переходу напруги на інші металеві конструкції при замиканні на них струмопровідних частин.

#### Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори – це хімічні речовини, які при контакті з організмом людини у випадку порушень правил охорони праці можуть викликати виробничі отруєння, професійні захворювання або інші ушкодження здоров'я, що виявляються сучасними методами як в процесі роботи так і в віддалені періоди життя теперішнього та наступних поколінь. Властивості токсичним сировини, напівпродуктів, готового продукту та відходів виробництва наведено в таблиці 10.2.

- загазованість території цеху шкідливими газами або парами інших цехів товариства. Найнебезпечніше, коли через органи дихання в організм людини

потрапляють шкідливі хімічні речовини, що знаходяться в газо- чи тумано-подібному стані, які потім проникають безпосередньо в кров;

- велику небезпеку представляє азот, що застосовується для продування апаратів; потрапивши в атмосферу, насичену азотом, людина відчуває задуху через нестачу кисню;

- шкідливі речовини можуть потрапити в організм людини через травний тракт, головним чином із-за недотримання заходів особистої гігієни (вживання їжі на робочому місці, погане миття рук перед їжею тощо), а також через шкіру та слизові оболонки.

Необхідно знати, що при дії шкідливих речовин короткочасно виникають гострі отруєння, а протягом тривалого часу - хронічні отруєння.

Таблиця 10.2 – Токсичні властивості сировини, напівпродуктів, готового продукту та відходів виробництва.

Найменування продукту	Сумарна річна витрата	Одиниця вимірювання	Характеристика токсичності речовини згідно з ГОСТ 12.1.005, ПДК 4617 (додат. 1 - 7)			
			ГДК мг/м <sup>3</sup>	агрегатний стан	клас небезпечності	особливості дії на організм
1	2	3	4	5	6	7
1 Аміак: - сировини - викид	191400 200,792	т/р. т/р.	20	- п	IV	-
2 Діоксид вуглецю газоподібний - сировина	128370	тис.м <sup>3</sup> /р.	20	п	IV	-
3 Азот газоподібний - сировина	4950	тис.м <sup>3</sup> /р.		п	IV	-
4 Карбамід						-

- готовий продукт	330000	т/р.		а	III	
- викид	250,4	т/р.	10	п	III	
5 Смола карбамідоформальдегідн а КФС - сировина	16632	кг/р.	0,5	п	II	-

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- а) фізичні перевантаження;
- б) нервово-психологічні перевантаження.

### 10.3 Пожежна безпека

Причинами пожеж та вибухів є порушення правил і норм пожежної безпеки, недбалість персоналу щодо виконання правил охорони праці.

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки і у відповідності із НАПБ Б.03.002-2007 “Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою” приміщення по вибухопожежній і пожежній небезпеці діляться на п’ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

Згідно з приведеним законодавчим документом приміщення відносять до категорії В. Тому цех оснащено стаціонарною системою автоматичного пожежогасіння для обслуговування кабельних галерей.

Обладнання, що підлягають захисту системою автоматичного пожежогасіння:

- кабельне приміщення, відм. + 6,0 м, компресія CO<sub>2</sub>, корп. 732;
- кабельний поверх, відм. +4,8 м, корп. 733 (ЦПК);

- кабельні галереї;
- від корп. 733/1 до корп. 732;
- від корп. 733/1 до корп. 730/2.

Горючим матеріалом є електричні кабелі, ефективним засобом гасіння пожеж і кабельних приміщень є високократна установка пожежегасіння ГВП-600. Вогнегасною сумішшю являється чотирьохпроцентний розчин піноутворювача ПО-1 у воді. Заповнюючи об'єм приміщення, що горить, піна різко знижує температуру і задимлення, забезпечує надійне гасіння горіння оболонки кабелів.

Стаціонарна автоматична установка для гасіння пожежі включає систему виявлення пожежі, яка складається з датчиків, що реагують на виділення диму, розміщених безпосередньо в приміщеннях, що захищаються від пожежі, приймальної станції і вторинних приладів, що передають сигнал про пожежу, насосну пожежогасіння і два резервуари з протипожежним запасом води до 250 м<sup>3</sup> кожен та безпосередньо вогнегасну установку з піногенераторами (устаткування розміщене в цеху А-5).

Пуск дренчерної установки здійснюється дистанційно.

При спрацьовуванні електромагнітного датчика сигнал подається на ЦПК цеху з винесенням на табло "Пожежа" і дистанційно включається гідравлічний клапан відповідного напрямку (чотири електрозасувки розташовані в корп. 733/1 на відм. + 0,0 м; від першої до третьої осі, ряди В - Г). З відкриттям гідравлічного клапана включається в роботу пневмобак, чотирьохпроцентний розчин піноутворювача виходить з нього, при цьому тиск падає з 0,8 МПа до 0,7 МПа (з 8 кгс/см<sup>2</sup> до 7 кгс/см<sup>2</sup>) і рівень в ньому різко знижується до передмінімального.

У цьому випадку сигнал про пониження тиску в пневмобаці і від рівнеміра про пониження рівня в ньому через промреле подається на включення насосів води і одночасно на включення пінних насосів, призначених для подачі води і піноутворювача ПО-1 в систему пожежогасіння.

У системі пожежогасіння виконана аварійна і попереджувальна сигналізація. У приміщенні ЦПК (корп. 733/1) включається світлозвукова сигналізація від електродатчиків і клапанів та попереджувальної сигналізації, яка сигналізує:

- про відключення автоматичного пуску установки;
- про контроль напруги на основному і резервному введенні;
- про несправність ланцюга електродвигунів, електровентилів на встановлених клапанах секцій;
- відключення звукової сигналізації.

У цеху передбачені такі засоби пожежогасіння:

- порошкові вогнегасники;
- вуглекислотні вогнегасники;
- пересувний вуглекислотний вогнегасник ОУ-80;
- азот;
- азбестове полотно;
- пожежогосподарська вода;
- пара;
- пісок.

Обслуговуючий персонал повинен знати місцезнаходження засобів пожежогасіння та сигналізації, здійснювати контроль за їх справністю, уміти користуватися ними.

Кожний працівник повинен пройти спеціальну протипожежну підготовку в обсязі програми пожежно-технічного мінімуму і зобов'язаний чітко знати і виконувати правила пожежної безпеки, не допускати дій, які можуть призвести

до пожежі чи загорання, утримувати справними первинні засоби пожежогасіння, зв'язку і сигналізації.

#### 10.4 Розробка заходів з охорони праці

В обов'язковому порядку працівник підприємства повинен бути забезпечений засобами колективного і індивідуального захисту. Засоби захисту всіх працівників діляться на дві категорії:

- засоби індивідуального захисту;
- засоби колективного захисту.

Засоби індивідуального захисту, строки їх носіння для працівників цеху з виробництва карбаміду визначаються цеховим «Переліком засобів індивідуального захисту», затвердженим генеральним директором ВАТ «Азот».

1. Засоби індивідуального захисту залежно від призначення і застосування в цеху підрозділяються:

Засоби захисту органів дихання:

- фільтруючі протигази марки «КД»;
- респіратор.

Одяг спеціальний, захисний:

- костюм бавовняний;
- куртка бавовняна на утеплювальній прокладці;
- штани бавовняні на утеплювальній прокладці;
- костюм брезентовий;
- халат бавовняний;
- білизна натільна.

Засоби захисту ніг:

- черевики шкіряні;

- чоботи гумові;
- валянки з калошами;
- калоші діелектричні.

Засоби захисту рук:

- рукавиці комбіновані;
- рукавички гумові;
- рукавиці брезентові;
- рукавички діелектричні;
- рукавиці сукняні;
- захисний крем.

Засоби захисту голови:

- захисна каска;
- підшоломник.

Засоби захисту обличчя:

- щиток захисний для електрозварника.

Засоби захисту очей:

- окуляри захисні тип Г, тип О, тип НЗ;

Засоби захисту органів слуху:

- протишумові навушники;
- протишумові вкладиші типу «Беруші».

Засоби захисту від падіння з висоти:

- запобіжні пояси.

## 2. Колективні засоби захисту

Засоби нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень:

- вентиляція
- опалення;
- автоматичний контроль і сигналізація.

Засоби нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць:

- джерела світла;
- освітлювальні прилади;
- світлові отвори.

Засоби захисту від підвищеного рівня шуму:

- захисні глушники шуму.

Засоби захисту від підвищеного рівня вібрації:

- вібропоглинаючі пристрої;
- огорожувальні пристрої;
- дистанційне керування.

Засоби захисту від ураження електричним струмом:

- пристрої захисного заземлення і занулення;
- запобіжні пристрої, громовідводи;
- пристрої автоматичного контролю і сигналізації;
- автоматичне відключення;
- дистанційне керування;

Засоби захисту від підвищеного рівня статичної електрики:

- заземлюючі пристрої;
- діелектричні килими.

Засоби захисту від підвищених температур поверхонь устаткування:

- термоізоляція; автоматичний контроль і сигналізація.

Засоби захисту від підвищених і знижених температур повітряного середовища та температурних перепадів:

- обігрів або охолодження повітря у приміщеннях.

Засоби захисту від впливу механічних факторів:

- пристрої автоматичного контролю і сигналізації;
- знаки безпеки;
- пристрої дистанційного керування;
- запобіжні пристрої;



- захисні пристрої.

Засоби захисту від впливу хімічних факторів:

- герметизація обладнання;
- захисні пристрої;
- пристрої автоматичного контролю і сигналізації;
- пристрої дистанційного керування;

Засоби захисту від падіння з висоти:

- пояси запобіжні;
- каски;
- страхувальні канати;
- запобіжні верхолазні пристрої;
- огороження, захисні сітки, знаки безпеки.

Пільги і компенсації за важкі шкідливі умови праці.

Працівники, зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, в передбаченому законодавством порядку мають такі пільги:

- безкоштовно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінним харчовими продуктами, газовою солоною водою;
- оплачувані переваги санітарно-оздоровчого призначення,
- скорочену тривалість робочого дня,
- додаткові оплачувані відпустки,
- пільгові пенсії, - оплату праці у підвищеному розмірі.

## 11 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 11.1 Дослідження ринку та забезпечення випуску продукції.

Карбамід використовується в сільському господарстві як добриво, може також бути використане як додаток до кормів худобі. Споживачами карбаміду являються сільськогосподарських підприємств, а також деякі підприємства як виготовляють фарби, лаки клеї, пластмаси та деякі фармацевтичні

Цех по виробництву карбаміду слід розташувати на території Черкаського ПАТ «Азот». Вибір місця будівництва цеха ґрунтується на наступних факторах:

Сировинний.

Основна сировина – двооксид вуглецю, аміак та пара ВТ – продукція цього ж підприємства.

Паливо – енергетичне.

Постачання підприємства електроенергією здійснюється від системи «Київенерго» через черкаську підстанцію. Що ж до електроенергії та природного газу то джерелом першої є ГЕС, а газ поступає з газопроводу, що проходить через територію Черкаської області.

Водний.

З північного сходу від підприємства знаходиться річка Дніпро, звідки здійснюють відбір води на технологічні потреби. У водопостачанні заводу бере участь і міськводоканал. Питна вода надходить у резервуари і далі насосами подається в цехи заводу на виробничі і побудові потреби.

Для очищення стічних вод ПАТ «Азот» має власні очисні споруди, а також передбачається будівництво власного корпусу підготовки води безпосередньо для забезпечення технологічних потреб виробництва.

Транспортний.

Через місто проходить залізниця, що належить до Одеської залізниці, також можливе транспортування продукції водним шляхом – річка Дніпро, авіа

(місто має аеропорт) та автошляхами.

Кадровий.

Наявність трудових ресурсів та можливість підготовки молодих спеціалістів у спеціалістів у Черкаських вищих та середніх спеціалістів навчальних закладах.

Черкаський ПАТ «Азот» проектувався і був побудований для випуску сільськогосподарської добривної продукції і має у своєму розпорядженні устаткування, що може бути застосоване для випуску карбаміду.

Продукція проектованого цеху користуватиметься великим попитом у нас в країні та в країнах як близько так і далекого зарубіжжя.

## 11.2 Маркетинг – план.

Готовий продукт – карбамід відповідає вимогам та нормам «Карбамід. Технічні умови. ГОСТ 2081-92». Карбамід виготовлюється для потреб нашого народного господарства та для потреб нашого народного господарства та для постачання на експорт.

Отримання карбаміду у системах із стріпінг-процесом пов'язане з найнижчими капітальними витратами. При зведенні витрат енергії до нуля собівартість продукції може стати найнижчою у порівнянні з його собівартістю за іншими методами отримання. Це дасть змогу підприємству зайняти вигідну конкурентну позицію на ринку. При збільшенні потужності агрегату питомі капіталовкладення ще більш знижуються.

Своєчасне впровадження технічних розробок та доведення режиму виробництва до оптимальних умов дає змогу знизити собівартість карбаміду, разом з цим підвищити об'єм виробництва та якість продукції.

Велике значення приділяється на підприємстві ціновій політиці по відношенню до закупівлених цін на сировину. Ведеться широка рекламна компанія: шляхом спонсорської підтримки підприємством, допомоги міській владі в проведенні різноманітних культурно-масових заходів.

Всі ці заходи розраховані на підтримку конкурентоспроможності продукції на ринку.

Як вказувалось вище, карбамід є сировиною сільського господарства, тому на початку він буде виготовлятися під договори на прями поставки. На 2010 рік такі договори укладені з багатьма аграрно-промисловими підприємствами.

На отриманий прибуток у 2010 році і подальші прибутки які будуть отримані від роботи підприємства планується освоїти нові технології переробки карбаміду з метою випуску готової продукції.

Карбамід як сировина буде доставлятися споживачем по прямих договорах через мережу залізниць, а у вигляді готової продукції може реалізовуватись також через мережу торгових зв'язків створених заводом. Можливі також доставки автотранспортом заводу на підприємства України.

### 11.3 Виробничий план підприємства.

#### 11.3.1 Вибір методу виробництва та режиму роботи ДПВ.

Продуктивність цеху карбаміду становить 496400 т/рік

Режим роботи цеху дуже напружений. Це цех, де зупинка обладнання може призвести до значних витрат сировини, матеріалів чи порушення технологічного режиму. Тому процес по виготовленню добрива – безперервний.

Отже, для забезпечення роботи необхідні 3 зміни на добу, при тривалості змін – 8 годин.

Кількість бригад визначається за формулою:

$$П = 24/t_{зм} + 1, \quad (11.1)$$

де  $t_{зм}$ - тривалість зміни, годин.

Кількість бригад становить

$$П = 24/8 + 1 = 4 \text{ бригади.}$$

Тривалість обертів змін визначаємо за формулою:

$$T = П \cdot a, (11.2)$$

де  $a$  - число робочих днів у зміні протягом тижня.

Тоді:

$$T = 4 \cdot 2 = 8 \text{ днів.}$$

Враховуючи вибраний режим роботи, розробляється графік роботи змін, який наведений у таблиці 11.1.

Таблиця 11.1- Графік виходу бригад

Зміни	Числа місяця														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	A	A		B	B	B	B		C	C	C	C		A	B
2	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A
3	B	B	B		C	C	C	C			A	A	A	A	
4			A	A	A	A		B	B	B	B		C	C	C
	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
1	A	A	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A
2	B	B	C	C	A	A	B	B	C	C	A	A	B	B	C
3	B	B	B	B		C	C	C	C			A	A	A	A
4	C			A	A	A	A		B	B	B	B			C

A – зміна з 8.00 до 16.00

B – зміна з 16.00 до 24.00

C – зміна з 24.00 до 8.00

Кількість вихідних на рік складає:

16 днів (зміно обіг) – 4 вихідних

### 11.3.2 Фонд часу роботи обладнання

Календарний фонд - це максимально можливий фонд часу роботи обладнання на рік. Він становить:

$$F_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ годин.}$$

Номінальний фонд часу роботи обладнання в залежності від встановленого режиму виробництва визначається за формулою:

$$F_d = 365 \cdot p_r, \quad (11.3)$$

де  $p_r$  - кількість годин роботи обладнання на добу.

Для встановленого режиму.

$$F_d = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Ефективний фонд часу дорівнює дійсному фонду за мінусом

технологічних зупинок на ремонт, який проводиться у робочий час і визначається за формулою:

$$F_{\text{еф}} = F_d \cdot T_{\text{рем}} - T_o, \quad (11.4)$$

де  $T_{\text{рем}}$  - загальна тривалість зупинок обладнання по всіх видах ремонту протягом року, годин;

$T_o$  - тривалість зупинок технологічного характеру за рік, годин.

Приймаю:  $T_{\text{рем}} = 456$  год;  $T_o = 24$  годин.

Тоді:

$$F_{\text{еф}} = 8760 - 456 - 24 = 8280 \text{ годин.}$$

### 11.3.3 Розрахунок і побудова графіку ППР обладнання

Згідно з ремонтними нормативами, які регламентують час роботи обладнання між ремонтами будуюмо графік планово-попереджувальних ремонтів, враховуючи те, що за рік повинен проводитися один капітальний ремонт і декілька поточних.

Отримані дані щодо часу роботи обладнання заносимо до таблиць 11.2 і 11.3.

Таблиця 11.2 - Річний графік ППР обладнання цеху

Найменування обладнання	Нормативи часу роботи між ремонтами/ час зупинки на ремонт		Умовні позначення ремонту та їх виконання по кварталам				Річна тривалість зупинок, годин
	Кап.рем, годин.	Поточ.рем, годин.	I	II	III	IV	
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодильник	8760/72	8760/24	<i>Пт</i>		<i>К</i>		96
Реактор	8760/48	8760/24		Пт		К	72
Насоси	133140/72	4380/24	Пт			К	96
Рекуператор	8760/48	4380/24	Пк	К			72
Паропідігрівач	8760/48	8760/24	<i>Пк</i>	<i>К</i>			72
Компресор	69120	69120/24	<i>Пк</i>				72
Вологовідділювач	69120	69120/24		<i>К</i>			72
Газодувки	60120	60120/24	Пк				96

Таблиця 11.3 – Ефективний фонд часу роботи обладнання

Затрати часу	Дні	Години
Календарних днів Ремонт:	365	8760
капітальний		
поточний	15	360 96
технологічний	4	24
	1	
Ефективний фонд робочого часу обладнання	345	8280

#### 11.3.4 Розрахунок виробничої потужності

Виробнича потужність цеху визначається продуктивністю основної дільниці, що визначається продуктивністю основного агрегату, а виробнича потужність виробництва - виробничою потужністю цеху.

Для безперервного процесу розрахунок виробничої потужності проводиться за формулою:

$$N = Q \cdot n \cdot T_{\text{еф}} / K_{\text{в}}, (11.5)$$

де Q - продуктивність агрегату за годину;

n - кількість агрегатів;

T<sub>еф</sub> - ефективний фонд часу роботи обладнання;

K<sub>в</sub> - витратний коефіцієнт.

$$N = 7 \cdot 12 \cdot 496400 / 1,1 = 3790690,09 \text{ м}^3/\text{рік}.$$



### 11.3.5 Розрахунок вартості основних фондів

Розрахунок вартості будівель наведено у таблиці 11.4.

Таблиця 11.4 — Розрахунок вартості будівель

Найменування будівель	Вартість будівельних робіт, грн.		Вартість робіт, грн	Вартість оздоблювальних робіт. за 1 м <sup>2</sup>		Вартість робіт повної площі, грн.	Повна вартість будівель, грн.
	1 м <sup>2</sup> , грн.	Сума, грн.		Елек. роботи	всього, м <sup>3</sup>		
Виробничі	701	181699	0,8	0,76	1,56	4043,52	1821035,52
Побутові	141	121824	1,32	0,44	1,76	1520,64	123344,64
Загальна вартість							1944380,16

Розрахунок вартості обладнання приведений у таблиці 11.5.

Таблиця 11.5 - Розрахунок вартості обладнання

Найменування обладнання	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	15% витрат на монтаж	Вартість з урахуванням монтажу	% амортизації	Сума амортизації, грн
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Холодильник	2	21342	3201,3	24543,3	15	3681,5
Реактор	1	62803,130	6280,31	139166,52	15	20724,98
Насоси	5	479091,64	47909,16	527000,8	15	517,5
Рекуператор	2	70737,44	10610,62	244044,17	15	36606,62
Паропідігрівач	1	30111,84	3011,18	66246,04	15	9936,91

Продовження таблиці 11.5

1	2	3	4	5	6	7
Вологовідділювач	2	282911,92	42436,79	325348,7 1	15	48802,31
Компресор	2	993279,8	148991,52	2284536 64	15	342680,5
Усього	15			3610886, 18		462950,32

#### 11.4 Штати і фонд заробітної плати персоналу

##### 11.4.1 Баланс часу роботи

Баланс робочого часу визначає кількість днів, які повинен відпрацювати один середньосписочний робітник за рік в залежності від прийнятого у проекті режиму роботи цеху та тривалості робочої зміни.

Для безперервних виробництв з 12-годинною робочою зміною баланс роботи часу одного робітника в днях за рік складає:

- 1) Календарний фонд - 365 днів;
- 2) Вихідні та святкові дні-91 день;
- 3) Дійсний фонд часу роботи 274 дні;
- 4) Неявки на роботу:

- відпустка - 24 дні;

- хвороба - 7 днів;

- виконання державних обов'язків - 1 день;

Разом невиходів - 32 дні;

- 5) Ефективний фонд робочого часу одного робітника - 242 дні.

Змінообіг становить 6 днів, тобто робітник працює 2 днів по 12 годин в денну зміну, 2 дні по 12 годин в нічну зміну і має 4 вихідні.

Тоді загальна кількість вихідних днів становить:

$$(365: 6) \cdot 4 = 91 \text{ день}$$

#### 11.4.2 Визначення кількості працюючих

Розрахунок кількості робітників проводиться за явочними списками. Для переходу від явочної до облікової кількості необхідно зіставити кількість днів роботи цеху з часом роботи окремого робітника за рік.

При безперервній роботі цеху кількість днів роботи за рік становить 365 днів, баланс часу роботи одного робітника - 242 дні, коефіцієнт переходу від явочної до облікової кількості робітників становить:

$$365:242 = 1,5.$$

Різниця між обліковою і явочною кількістю робітників становить додаткову кількість для підміни в графіку змінності роботи та заміні при неявці в зв'язку з хворобою, відпусткою тощо. Порядок розрахунку кількості працюючих та фонду їх зарплати наводиться в таблиці 11.6 .

#### 11.4.3 Розрахунки фонду зарплати робітників

Розрахунки фонду зарплати для робітників основних виробництв та допоміжних робітників наводяться окремо, тому що зарплата (з нарахуванням) робітників основних виробництв при калькуляції собівартості продукції включається в окрему статтю витрат, а допоміжних робітників в склад цехових витрат та витрат по утриманню та експлуатації обладнання. При цьому допоміжні робітники розподіляються на групи:

- робітники по обслуговуванню технологічного процесу (КВПіА, лаборанти) - зарплата цієї групи включається в кошторис цехових витрат;

-  
 - робітники по нагляду за технологічним обладнанням (ремонтні бригади, чергові слюсарі, електрики, налагоджувальники, зарплата їх включається в кошторис витрат по утриманню та експлуатації обладнання);

- робітники по поточному ремонту технологічного обладнання (ремонтні бригади по здійсненню поточних ремонтів самими цехами) – зарплата включається в склад витрат по поточному ремонту обладнання окремо не враховується.

Розрахунки фонду заробітної плати робітників проводяться на основі діючих тарифних умов, чисельності основних і допоміжних робітників та фонду часу. Результати розрахунків наведено в таблиці 11.6.

Таблиця 11.6 - Розрахунки чисельності робітників та фонду заробітної плати.

№	Найменування професії	Чи - сел ь ні- сть	р о з р я п	Тарифн а ставка, грн	Доплат а за роботу в нічну, грн	Загальни й Ф.О.П. в місяць, грн	Річний фонд оплати праці, грн
1	Апаратник підготовки сировини	3	5	3500	485,5	11956,5	143478
2	Слюсар по КВПіА	1	6	3000	364	3364	40368
3	Слюсар – ремонтник	3	4	2760	-	8280	99360
4	Електрозварник	1	5	3000	-	3000	36000
	Усього:	8	-				319206

#### 11.4.4 Штат і фонд заробітної плати цехового персоналу

Розрахунки фонду заробітної плати адміністративного персоналу проводяться на основі діючих тарифних умов та фонду часу. Результати розрахунків наведено в таблиці 11.7.

Таблиця 11.7 - Розрахунок штату і фонду заробітної плати адміністративного персоналу

Посада	Чисельність	Категорія працівників	Місячний фонд зарплати, грн.	Додаткова зарплата, грн.	Разом річний фонд зарплати, грн.
1	2	3	5	6	7
Начальник дільниці	1	керівник	5500	800	75600
Інженер-хімік	1	керівник	5000	500	66000
Усього:	11				141600

### 11.5 Розрахунок собівартості продукції

Розрахунки собівартості виробництва включають:

1. Вивчення річної потреби в сировині, матеріалах, енергії;
2. Розрахунки вартості електроенергії, води та пари;
3. Розрахунки вартості обладнання та амортизаційних витрат;
4. Кошторис цехових витрат основних виробничих цехів;
5. Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання;
6. Складання калькуляції собівартості виробництва продукції та визначення її ціни.

#### 11.5.1 Розрахунок вартості електроенергії, води та пари

Розрахунки проводяться у відповідності з встановленими в технологічній частині нормами витрат сировини, матеріалів, палива, енергії та у відповідності з прийнятим обсягом виробництва. Розрахунок вартості сировини та матеріалів занесемо в таблицю 11.8

Таблиця 11.8 – Розрахунок вартості сировини та матеріалів

Статі витрат	Одиниці виміру	Ціна за одиницю, грн..	Витрати на річний випуск	
			Кількість	Сума, грн..
Вуглекислий газ	м <sup>3</sup>	10	28103,6	281036,6
Азот	м <sup>3</sup>	1161,51	6	905977,8
Вода водопровідна	м <sup>3</sup>	1083,76	780	1845643,28
Кисень	м <sup>3</sup>	3,02	650000	1963000
Аміак рідкий	м <sup>3</sup>	2534,13	150280	380829056,4
Повітря стиснене	м <sup>3</sup>	162,12	130	21075,6
Усього:				385845789,6

Потреби в силовій енергії розраховуємо за формулою:

$$E_{\text{сил}} = N \cdot T \cdot K \cdot K_{\phi}, \quad (11.6)$$

де  $N$  – потужність використовуваного обладнання, кВт;

$T$  – час роботи обладнання, год/рік;

$K$  – коефіцієнт навантаження обладнання за потужністю,  $K=0,7$ ;

$K_{\phi}$  – коефіцієнт, який враховує косинус фі,  $K_{\phi}=0,95$ .

$$E_{\text{сил}} = 65 \cdot 8280 \cdot 0,7 \cdot 0,95 = 357903 \text{ кВт/год.}$$

Потреба в електроенергії для освітлення визначаються за формулою :

$$E_{\text{осв.}} = (T \cdot S \cdot a \cdot K \cdot 1,02 \cdot 1,05) / 1000, \quad (11.7)$$

де  $T$  - період штучного освітлення в годинах в залежності від району розміщення установи становить 3000 год;

$S$  - площа освітлення;

$a$  - потужність світильників на 1 м<sup>2</sup> поверхні;

1,02 - коефіцієнт, який враховує втрати в мережах;

1,05 - коефіцієнт чергового освітлення.

$$E_{\text{осв.}} = (3000 \cdot 200 \cdot 0,58 \cdot 1,5 \cdot 1,02 \cdot 1,05) / 1000 = 559,06 \text{ кВт.}$$

Загальні потреби в електроенергії визначаються за формулою:

$$E = E_{\text{сил}} + E_{\text{осв}} \quad (11.8)$$

$$E = 357903 + 559,06 = 358462,06 \text{ кВт/рік.}$$

Ціна за 1 кВт/год складає 1,56 грн.

$$V_{\text{ос}} = E \cdot \text{Ц} = 358462,06 \cdot 1,56 = 559200,82 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на опалення розраховуються в залежності від опалюємої виробничої площі та вартості, ціни за 1 м<sup>2</sup> опалюваної площі:

$$V_{\text{оп}} = S \cdot \text{Ц}, \quad (11.9)$$

де  $S$  — опалюєма виробничча площа, м<sup>2</sup>;

$\text{Ц}$  – оплата за 1 м<sup>2</sup> площі в сезон опалення.

Сім місяців з періоду року припадає на сезон опалення.

$$V_{\text{оп}} = 200 \cdot 9,48 = 1896 \text{ грн.}$$

Витрати на опалення становлять 13272 грн.

#### 11.5.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Розрахунок амортизації виконується лише від вартості будівель та обладнання, які відносяться до основного виробництва. Розрахунок амортизації приведено у таблиці 11.9.

Таблиця 11.9– Амортизація обладнання, будівель і споруд

Перелік основних фондів	Вартість осн. фондів, грн	Норма амортиз.,%	Сума амортизації, грн.
Виробничі будівлі	1821035,52	5 15	91201,8
Обладнання	2146680		322002
Усього:			413053,8

## 11.5.3 Кошторис цехових витрат

Кошторис цехових витрат складається на основі попередніх розрахунків та заноситься у таблицю 11.10.

Таблиця 11.10 - Цехові витрати

№	Статті витрат	Сума, грн	Примітки
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Заробітна плата цехового персоналу	460806	
2	Відрахування на страхування та нарахування на заробітну плату	172802,25	37,5% від фонду заробітної плати
3	Утримання виробничих будівель та споруд	97219	5-7% від їх вартості
4	Поточний ремонт виробничих будівель	38887,6	2 – 3 % від їх вартості
5	Амортизація виробничих будівель	91201,8	



Продовження таблиці 11.10

1	2	3	4
6	Витрати на охорону праці	2575	
Разом по ст. 1 – 6		863491,65	
7	Зношування малоцінного інвентарю, витрати на дослідження та ін.	86349,165	10-15% від суми витрат по ст.1-6
Разом цехових витрат		949840,82	

11.5.4 Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Кошторис складається на основі попередніх розрахунків та заноситься у таблицю 11.11.

Таблиця 11.11– Утримання та експлуатація обладнання

№	Статті витрат	Сума, грн	Примітки
1	Утримання і витрати: а) зарплата робітників по нагляду і обслуговуванню обладнання б) відрахування на соц. страхування в) допоміжні матеріали	319206 118106,22 95283,08	з табл.11.6 37,5% від ЗП 30% від варт. обладнання
	Разом:	532595,3	
2	Поточний ремонт обладнання і тр. засобів: а) зарплата робітників по ремонту б) нарахування на зарплату в) послуги РМУ, зап. деталі тощо	139728 52398 9528,31	37,5% від 2а 3% варт, облад.
	Разом:	201654,31	
3	Амортизація виробничого обладнання та апаратури	317610,25	табл. 11.5
	Разом по кошторису	1051859,86	

### 11.5.5 Калькуляція собівартості продукції

Розрахунки витрат на виробництво продукції використовуються на весь обсяг продукції підприємства по статтях калькуляції. Калькуляція собівартості заноситься в таблицю 11.12.

Таблиця 11.12– Калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Од. вимі ру	Ціна за один., грн	Витрати на річний випуск продукту, м <sup>3</sup>		Витрати на одиницю (1 м <sup>3</sup> )	
			Кільк.	Сума, грн	Кількість	Сума, грн
<b>1. Напівпродукти:</b>						
- вуглекислий газ	м <sup>3</sup>	10	28103,6	281036,6	0,108	1,08
-азот	м <sup>3</sup>	1161,51	6	905977,8	91	3,48
-кисень	м <sup>3</sup>	1083,76	780	1845643,28	0,003	7,1
-КФС	м <sup>3</sup>	3,02	1703	19630000	0,0065	7,55
-аміак рідкий	м <sup>3</sup>	2534,13	650000	380829056,4	5	1464,73
- повітря стиснене	м <sup>3</sup>	162,12	150280	21075,6	2,5	0,08
			130		0,578	
					0,0005	
<b>Разом</b>						
<b>2. Поверхневі відходи:</b>						
- карбамід	кг	1384,3	130	179959	0,0005	-0,69
- крндесат	л	480	137,8	66144	3	-0,25
- пар низькопо-	м <sup>3</sup>	10	25220	252200	-0,097	-0,97
<b>Разом :</b>				498303		-1,91
<b>3 Допоміжні матеріали:</b>						
Реагент NALKO 8504	Кг	75,61	4940	373513,4	0,019	1,44
Реагент NALKO 8514	Кг	68,82	1820	125252,4	0,007	0,48
Каталізатор РПК-1	Кг	0,3	728000	218400	2,8	0,84
Реагент NALKO СТ-70	кг	65,27	1820	118791,4	0,007	0,46
<b>Разом</b>				835957,2		3,22

Продовження таблиці 11.12:

4. Електроенергія	кВт/ год	1,56	358462,0		412965	214741,
5. Заробітна плата	грн				319206	1,32
6. Нарахування на зарплату	грн				141600	0,5
7. Витрати на утримання та експлуатацію обл.	грн				1944380,16	8,35
8. Цехові витрати	грн				949840,82	4,38
9 Собівартість ВО	грн				1051859,86	253,03

## ВИСНОВОК

У даному дипломному проекті розроблена стадія очистки вуглекислого газу у виробництві карбаміду потужністю 1360. т/добу.

Розраховані матеріальний і тепловий баланс стадії очистки експанзерного газу. Розраховано економіку виробництва карбаміду.

Приділена увага питанням екології та охорони навколишнього середовища: розглянуті заходи попередження забруднення атмосфери, методи захисту водойм від промислових стоків, розрахований граничнодопустимий викид забруднюючих речовин в атмосферу. (ПДК=1-10 мг/м<sup>3</sup>).

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жаворонков Н.М. Справочник азотчика. – М.: Химия, 1986г.
2. Постійний технологічний регламент № 7 "Виробництва гранульованого карбаміду. Потужністю 300 000 тонн у рік" – 2007г., 498 с.
3. Кучерявий В.І., Лебедєв В.В. Синтез карбаміду". - Л.: Хімія, 1979 р. – 320 с.
4. Торочешніков Н.С., Родіонов А.І., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техніка захисту оточуючого середовища. – М.:Хімія, 1981. – 368 с.
5. Альперт Л.З. Хімічна промисловість за кордоном. – М.: Госенергоіздат, 1990 р. – 589 с.
6. Позін М.Є. "Технологія мінеральних добрив" - Л.: Хімія, 1989 р. – 257 с.
7. Зінюк Р.Ю., Позін М.Є. Фізико-хімічні основи неорганічної технології: Навчальний посібник для ВНЗів. – Л.: Хімія, 1985 – 384 с.
8. Кузнецов І.Є, Троїцька Т.М. Захист повітряного басейну від забруднень шкідливими речовинами. – М.: Хімія, 1983. – 288 с.
9. Ровдель А.А., Пономарьов А.М. Стислий довідник фізико-хімічних величин. – 8-е видання – Л.: Хімія, 2003р. – 232 с.
10. Рябін В.А., Остроумов М.А., Світ Т.Ф. Термодинамічні властивості речовин: Довідник. – М.: Хімія, 1977. – 370 с.
11. Генкін А.Е. Обладнання хімічних заводів. – М.: Вищ.шк., 1991. – 272 с.
12. Тетеревков А.І., Пічковський В.В. Обладнання заводів неорганічних речовин. Мінськ: Вищ. шк., 1981. – 335 с.
13. Плановський А.Н. Процеси і апарати хімічної промисловості. - М.: Хімія, 1989. – 407 с.
14. Павлов К.Ф., Романков П.П., Носков А.А. Приклади і задачі з курсу процеси і апарати хімічної технології. Навч. Посібник для ВНЗів. Під ред. П.Г. Романкова. - Л.: Хімія, 1987. – 576 с.

15. Дибіна П.В. Розрахунки по технології неорганічних речовин - М.: Хімія, 1967. – 257 с.

16. Шувалов В.В., Огаджанов Г.А., Голубятников В.А. Автоматизація виробничих процесів в хімічній промисловості. - М.: Хімія, 1985 – 352 с.

17. Накревич І.П., Пічковський В.В. Утилізація і ліквідація відходів у технології неорганічних речовин. – М.: Хімія, 1984. – 240 с.