

ВСТУП

У нашій країні здійснюється прискорений розвиток хімічної промисловості, особливо виробництва мінеральних добрив. Природно, що цей розвиток пов'язаний не лише з кількісними, але і з якісними змінами — з переходом на новий, вищий технічний рівень, з впровадженням нових методів виробництва, новою, досконалішій технології, з підвищенням продуктивності праці, з розширенням видів і джерел сировини, із збільшенням асортименту і покращенням якості добрив.

Мінеральними добривами називають солі і інші неорганічні промислові або викопні продукти, що містять елементи, необхідні для розвитку рослин і поліпшення родючості ґрунту, використовувані з метою отримання високих і стійких урожаїв. Основну масу добрив вносять до ґрунту під посіви. Деякі види добрив використовують і для некореневого живлення рослин.

Майже всі мінеральні добрива є солями, що отримуються з природних мінералів, а також із азоту повітря. До них відносяться такі продукти, як суперфосфат, солі калія, сульфат, нітрат і фосфати амонія та ін. Особливо важливу роль в мінеральному живленні рослини грає азот; він входить до складу білків, що є основою рослинного і тваринного життя. Азот також входить до складу хлорофілу, за допомогою якого рослини асимілюють вуглець з діоксиду вуглецю, що знаходиться в атмосфері, та сонячну енергію.

Вживаний в світовій практиці метод виробництва карбаміду заснований на відкритих у 1868 р. російським хіміком А. І. Базаровим оборотних реакціях взаємодії аміаку і діоксиду вуглецю з утворенням карбамата амонія і його подальшого розкладання:



Карбамід $CO(NH_2)_2$ — діамід вугільної кислоти, званий також сечовиною, в чистому вигляді є безбарвними кристалами, що не мають запаху, плавкими при 132,7 °С. Технічний продукт — білі або жовтуваті кристали у формі голкоподібних ромбічних призм. При нагріванні під атмосферним тиском до температури плавлення карбамід починає розкладатися з виділенням аміаку. Передбачається, що спочатку

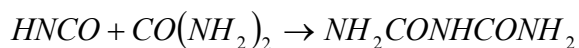
										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

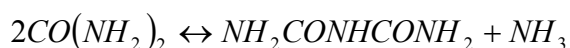
карбамід ізомеризується в ізоціанат амонія, який диссоціює на ізоціанову кислоту та аміак:



Ізоціанова кислота, взаємодіючи з карбамідом, утворює біурет:



У присутності надлишку аміаку утворення біурету протікає із значно меншою швидкістю шляхом безпосередньої взаємодії молекул карбаміду:



Добавка нітрату амонія також приводить до стабілізації карбаміду.

Карбамід добре розчиняється у воді, спирті і рідкому аміаку. Насичений водний розчин при 20 °С містить 51,14%, при 60 °С - 71,1%, при 120 °С - 95%. З аміаком карбамід утворює з'єднання що містить 77,9% карбаміду і плавкий інконгруентний при 46 °С. З підвищенням температури розчинність карбаміду в рідкому аміаку значно збільшується; вище 30 °С вона більша, ніж у воді.

Виробництво карбаміду полягає у взаємодії NH_3 і CO_2 при 150-220 °С, 7-100 МПа, в дистиляції продуктів синтезу (плава) і в переробці отримуваних розчинів в готовий продукт.

Процес протікає з утворенням двох фаз: газоподібною (NH_3 , CO_2 , H_2O) і рідкою, такою, що складається з розплавлених і розчинених компонентів (аміаку, карбамата амонія, карбаміду, углеаммонийних солей) і води. Карбамід утворюється переважно в рідкій фазі, тобто з розплавленого карбамата амонія.

У даному дипломному проекті піде мова про один з етапів виробництва карбаміду, а точніше про процес ректифікації, який проходить в ректифікаційній колоні-сеператорі з підігрівачем.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Ректифікація – масообмінний процес розділення однорідної суміші летючих компонентів, здійснюваний шляхом протиточної багаторазової взаємодії пари, що утворюється при перегонці, з рідиною, що утворюється при конденсації цієї пари.

Розділення рідкої суміші засноване на різній летючості речовин. При ректифікації початкова суміш ділиться на дві частини: дистилят – суміш, збагачену низькокиплячим компонентом (НК), і кубовий залишок — суміш, збагачену висококиплячим компонентом (ВК).

Процес ректифікації здійснюється в установці ректифікації, основним апаратом якої є колона ректифікації, в якій пари рідини, що переганяються, піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, що подається у вигляді флегми у верхню частину апарату.

Зазвичай апарат ректифікації складається з двох частин або ступенів — верхньої та нижньої, кожна з яких є будь-яким способом організованою поверхнею контакту фаз між парою і рідиною.

Суть процесу ректифікації можна характеризувати як розділення рідкої суміші на дистилят і залишок в результаті протиточної взаємодії рідини з парами.

У нижньому ступені початкова, така, що піддається розділенню суміш, взаємодіє з парою, початковий склад якої дорівнює складу залишку; внаслідок цього із суміші витягується легколетючий компонент.

У верхньому ступені пар початкового складу, відповідного складу початкової суміші, взаємодіє з рідиною, початковий склад якої дорівнює складу дистиляту; внаслідок цього пара збагачується легколетючим компонентом до необхідної межі, а менш летючий компонент витягується з парової фази.

Пара для живлення апарату ректифікації виходить багаторазовим випаровуванням рідини, що має той же склад, що і залишок, а рідина — багаторазовою конденсацією пари, що має склад, однаковий із складом дистиляту.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кількість дистиляту, отриманого в конденсаторі, дорівнює кількості пари, що прямує в цей пристрій. Отриманий в конденсаторі дистилят ділиться на дві частини — одна частина прямує назад в колону (флегма), інша є продуктом що вибирають (дистилят).

Хай для отримання 1 кмоль дистиляту необхідні випар D кмоль рідини і повернення в апарат шляхом конденсації для взаємодії з паровим потоком R кмоль. Останню величину назвемо флегмовим числом; вона є відношенням кількості поверненого в колону дистиляту (флегми) до кількості відібраного дистиляту у вигляді продукту.

Кількість пари, отриманої в нижній частині апарату ректифікації, що проходить по колоні і перехідного в конденсатор, званий дефлегматором, рівна

$$DGp = GPR + Gp \quad \text{або} \quad D = R+1$$

Отримана рівність доводить, що розділення суміші при ректифікації можливо в результаті взаємодії потоків пари і рідин в апараті ректифікації при кратності випару $(R+1)$ і кратності конденсації R .

Процес ректифікації може протікати при атмосферному тиску, а також при тиску вище і нижче атмосферного. Під вакуумом ректифікацію проводять, коли розділенню підлягають висококиплячі рідкі суміші. Підвищений тиск застосовують для розділення сумішей, що перебувають в газоподібному стані при низькому тиску. Атмосферний тиск приймають при розділенні сумішей, що мають температуру кипіння від 30 до 150°C.

Ступінь розділення суміші рідин на компоненти, що становлять, і чистота отримуваних дистиляту і кубового залишку залежать від того, на скільки розвинена поверхня контакту фаз, від кількості флегми, що подається на зрошування, і пристрою колони ректифікації.

У техніці широко використовують установки ректифікацій, які доцільно класифікувати на періодично і що безперервно діють.

Установки ректифікацій, що періодично діють, підрозділяють, у свою чергу, на установки, що працюють в умовах режиму постійної флегми, і установки, що працюють в умовах, що забезпечують постійний склад дистилляту.

Схема установки ректифікації, що періодично діє, приведена на рис. 1.

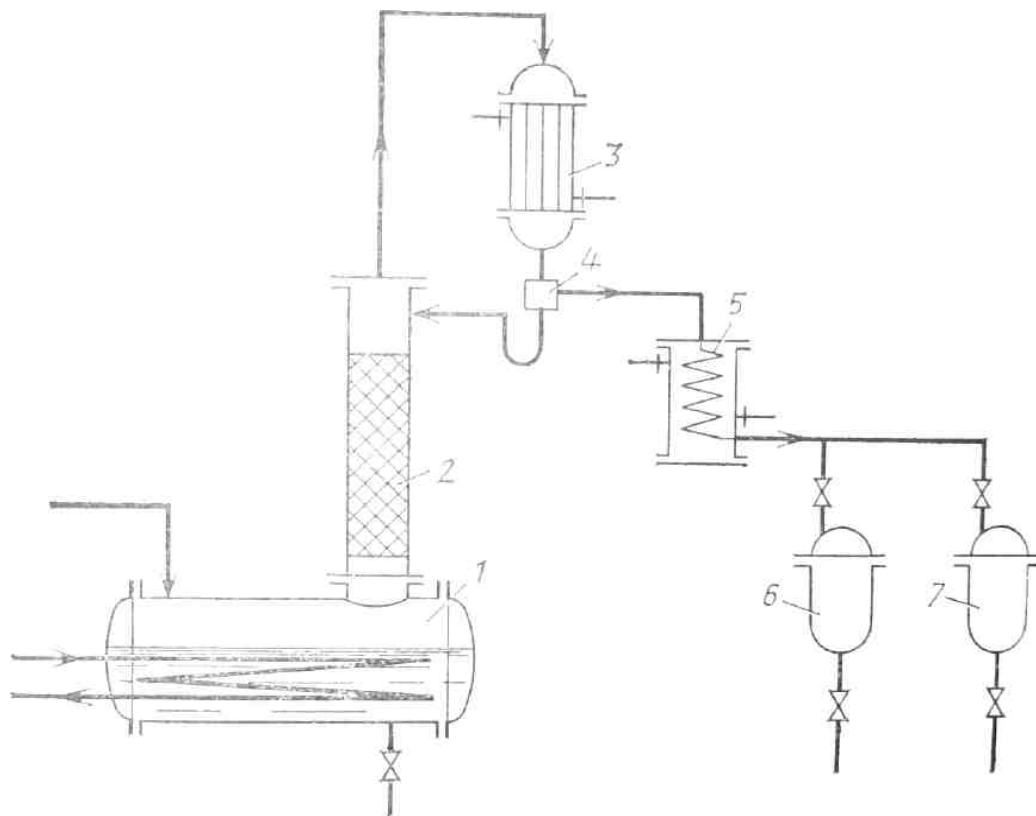


Рис. 1. Принципова схема установки ректифікації періодичної дії:

1 — куб; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор; 4 — розділювальний стакан; 5 — холодильник; 6, 7 — збірки.

Початкова суміш завантажується в куб 1, де нагрівається до температури кипіння і випаровується. Пари проходять через колону ректифікації 2, взаємодіючи в протитечії з рідиною, повертаною з дефлегматора 3. У дефлегматорі багаті легколетучим компонентом пари конденсуються, і конденсат поступає в дільника потоку 4. Частина рідини з дільника потоку прямує на зрошення колони ректифікації, а інша частина — дистиллят — проходить через холодильник 5 і прямує в збірку 6 або 7.

Широко поширений в промисловості процес ректифікації, що проводиться періодичним методом в умовах постійного флегмового числа. Цей процес для малотоннажних виробництв має перевагу навіть в порівнянні з процесом

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

безперервної ректифікації. Воно полягає в тому, що розділення суміші з будь-якого числа компонентів можливо за допомогою одного апарату ректифікації.

Проте чітка ректифікація засобом, що розглядався, за один прийом в більшості випадків нездійснена. Для досягнення бажаної чіткості розділення використовують технологічний прийом, що отримав назву фракційної ректифікації.

Суть цього процесу полягає в наступному (рис. 2).

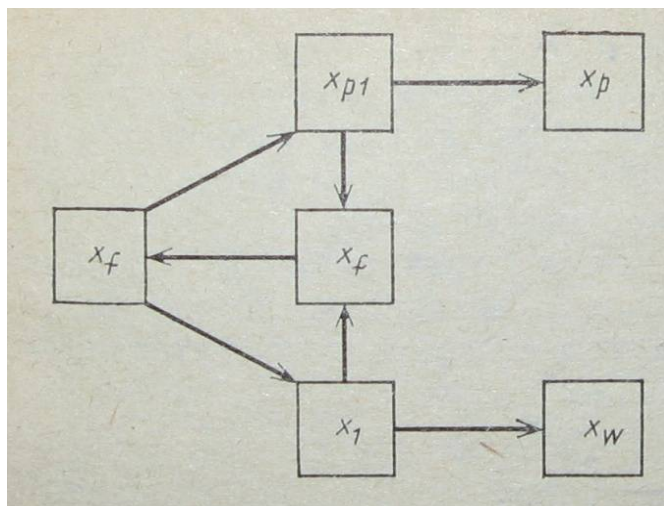


Рис. 2. Схема фракційної ректифікації.

Якщо суміш початкового складу x_f має бути розділена на дистилят x_p і залишок x_w , причому за один прийом розділення здійснити неможливо, ректифікацію проводять таким чином. З первинного завантаження рідини складу x_f в результаті ректифікації отримують першу фракцію складу x_p і залишок складу x_1 . Далі залишок піддають ректифікації і отримують дистилят складу x_f , а в залишку — кінцевий продукт складу x_w . Першу фракцію знов завантажують в куб і в результаті ректифікації отримують дистилят кінцевого складу x_p і залишок складу x_f . Цей залишок і дистилят, що має склад, додають до наступної партії початкової суміші, що направляється на ректифікацію. Таким чином забезпечується розділення початкової суміші з необхідною чіткістю.

Зрозуміло, що схема, приведена на рис. 2, повинна розглядуватися лише як приклад, що характеризує принцип фракційної ректифікації. Для кожного конкретного випадку ці схеми мають бути змінені відповідно найбільш вигідним концентраціям проміжних фракцій.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				2017.031.00.000.ПЗ	

Установки ректифікацій, що безперервно діють, залежно від призначення працюють по різних схемах:

1) установки для ректифікації початкової суміші на два складники в апараті, що забезпечує як зміцнення, так і вичерпання летючого компоненту; 2) установки для екстрактної і азеотропної ректифікації; 3) установки для ректифікації багатокомпонентних сумішей.

Установка для розділення початкової суміші на два складники приведені на рис. 3.

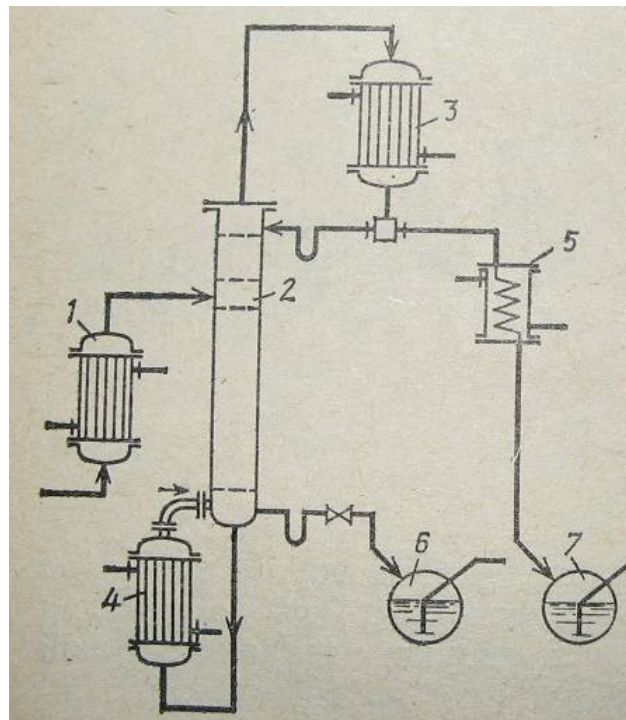


Рис. 3. Принципова схема установки ректифікації безперервної дії:

1 — підігрівач; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор; 4 — кип'ятильник; 5 — холодильник; 6 — сборник кубового залишку; 7 — сборник дистиляту

Початкова суміш поступає в підігрівач 1, де її температура підвищується за рахунок тепла гріючої водяної пари до температури кипіння. Нагріта суміш поступає в живлячу секцію колони ректифікації 2, приєднуючись до зрошування, яке забезпечується конденсацією пари в дефлегматорі 3.

Необхідне для проведення ректифікації багатокомпонентний випар рідини здійснюється в кип'ятильнику 4. У дефлегматорі 3 відбувається повна конденсація пари. З дільника потоку частка дистиляту, що відповідає флегмі, повертається

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					2017.031.00.000.ПЗ	

в колону, а решта частки проходить через холодильник 5 і прямує в збірку 7. Менш летка частка початкової суміші безперервно відбирається з нижньої частки апарату ректифікації і поступає в збірку 6.

У схемі, що розглядалася, не враховується можливість раціонального використання тепла. Практично тепло потоків, що відходять, можна використовувати для нагрівання тих, що входять, і зокрема, нагрівати початкову суміш за рахунок тепла рідини, що віддаляється з нижньої частини колони.

Живлення апарату ректифікації флегмою окрім способу, показаного на рис. 3, можливо і іншими способами, показаними на рис. 4.

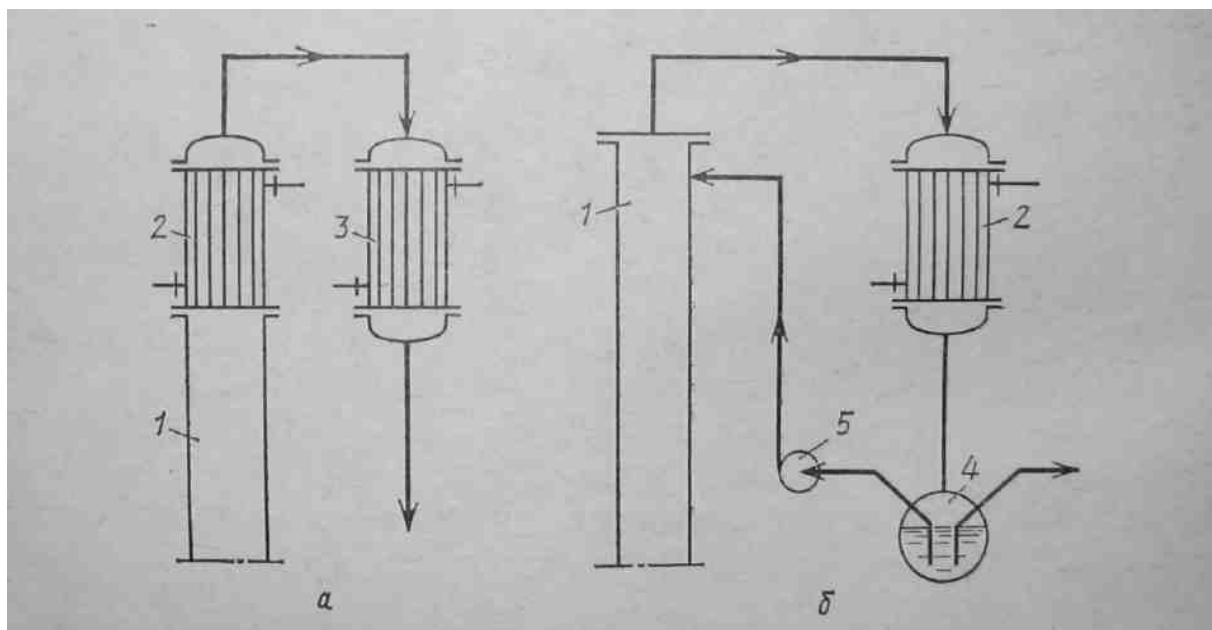


Рис. 4. Способи живлення апарату ректифікації флегмою:

а — при частковій конденсації пари; б — при повній конденсації пари; 1 — колона ректифікації; 2 — конденсатор; 3 — холодильник-конденсатор; 4 — збірник; 5 — насос.

У першому випадку (рис. 4, а) безпосередньо над апаратом ректифікації монтують дефлегматор 2, що здійснює часткову конденсацію пари, що виходить, і повернення отриманого конденсату в апарат 1. Частина пари, по кількості відповідна дистилату, проходить через холодильник-конденсатор 3 і у вигляді рідини прямує в збірники.

У другому випадку (рис. 4, б) що виходять з апарату 1 пари повністю конденсуються в конденсаторі 2, весь конденсат (дистилят) збирається в збірнику 4. Частина дистиляту, необхідна для зрошування апарату 1, перекачується в нього насосом 5. Решта кількості дистиляту прямує із збірника 4 або на подальшу переробку, або в ємкості готового продукту.

Слід зазначити, що останній спосіб живлення апарату ректифікації флегмою має значні переваги перед іншими, особливо в багатотоннажних виробництвах.

Апарати, призначені для проведення процесів абсорбції і ректифікації, називають відповідно абсорберами і колонами ректифікацій. Залежно від способу створення поверхні фазового контакту ці апарати можна підрозділити на три основні групи:

- а) апарати, в яких поверхнею фазового контакту є поверхня рідини, що розтікається по спеціальній насадці;
- б) апарати, в яких поверхня фазового контакту створюється потоками газу (пара) і рідини;
- в) апарати, в яких поверхня фазового контакту створюється шляхом розбризкування рідини.

Апарати, в яких поверхнею фазового контакту є поверхня рідини, що розтікається по насадці. До апаратів цього типу відносяться плівкові апарати і апарати із змоченою насадкою.

Плівкові апарати виконують переважно у вигляді листової (плоско-паралельною) насадки, а в деяких випадках у вигляді трубчастих теплообмінників.

На рис. 5 показаний контактний пристрій апарату з листовою насадкою.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

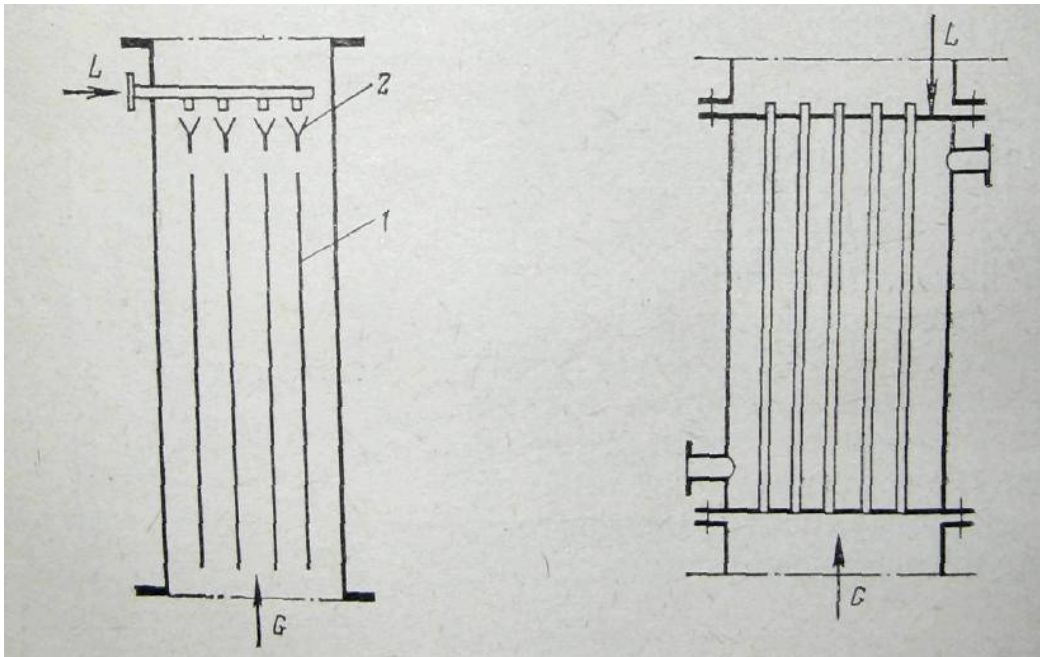


Рис. 5. Контактний пристрій апарату з листовою насадкою. Рис. 6. Контактний пристрій трубчастого апарату.

Контактний пристрій є насадкою 1 у вигляді вертикальних листів з твердого матеріалу, поміщену в циліндрову колону. У верхній частині контактної пристрою знаходяться ті, що розподіляють рідину L пристосування 2, за допомогою яких листові насадки рівномірно зрошуються з обох боків. Газ (пара) G поступає в нижню частину апарату і рухається назустріч рідині, взаємодіючи з нею. Контактний пристрій трубчастого апарату показаний на мал. 6. Рідина, що взаємодіє з газом (пором), поступає у верхню частину контактної пристрою на трубні ґрати, рівномірно розподіляється по трубах і у вигляді тонкої плівки стікає по їх внутрішній поверхні. Газ (пара) поступає в нижню частину апарату під трубні ґрати, розподіляється по трубах і, піднімаючись вгору, взаємодіє з рідинною плівкою.

Апарати із змоченою насадкою виконуються у вигляді циліндрової колони, заповненої тілами насадок (колони насадок). Схема колони насадки приведена на рис. 7.

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ						

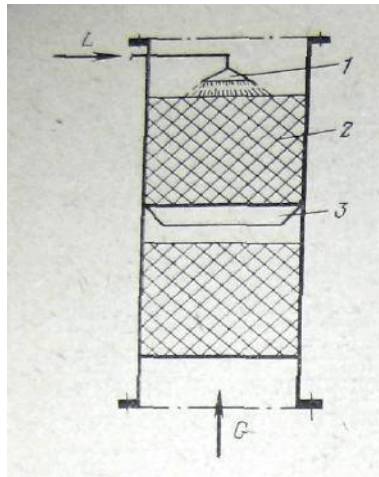
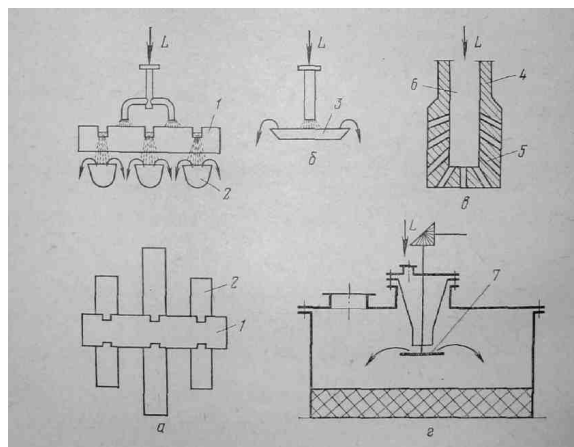


Рис. 7. Схема колони насадки:

1 — пристосування для розподілу рідини; 2 — насадка; 3 — пристрій для перерозподілу рідини.

Основними вузлами апаратів з насадкою є пристосування 1, що розподіляють рідину по насадці, тіла насадок 2 і пристрої 3, що направляють до центру рідину, що розтікається. Газ (пара) G і рідина L зазвичай взаємодіють при русі протитечією. Рідина поступає у верхню частку контактного пристрою, розподіляється по тілах насадок за допомогою пристосувань 1 і стікає вниз по поверхні: останніх. Газ (пара) вводиться знизу і рухається вгору по каналах, утворених тілами насадок.

Апарати із змоченою насадкою виконуються у вигляді циліндрової колони,



заповненої тілами насадок (колони насадок).

Рис. 8. Типи розподіляючих пристосувань:

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 – центральний жолоб; 2 – розподільні жолоби; 3 – тарілка; 4 – розподільний стакан; 5,6 – канал; 7 – диск.

На рис. 8, а показаний самотечний розподільник, в якому рідина L поступає в центральний жолоб 1, розподіляється по жолобах 2 і розтікається по тілах насадок. У розподільнику, показаному на мал. 8, би, рідина L поступає на тарілку 3 і, стікаючи через край останньою, розподіляється по тілах насадок.

Пневматичний розподільник (рис. 8, в) є товстостінним стаканом 4, в якому висвердлені канали 5. Рідина L нагнітається під тиском в центральний канал 6 і, розподіляючись по каналах 5, розбризкується над тілами насадок. У відцентровому розподільнику (рис. 8, г) рідина L розбризкується над тілами насадок диском, що обертається, 7.

Насадка (тіла насадок) може мати різноманітну форму. Практичне значення мають хордова і кільцева насадки, фасонні тіла насадок, спіральна і сітчаста металеві насадки.

Хордова насадка (рис. 9), як правило, виконується з дерев'яних брусів, розташованих правильними лавами один над одним.

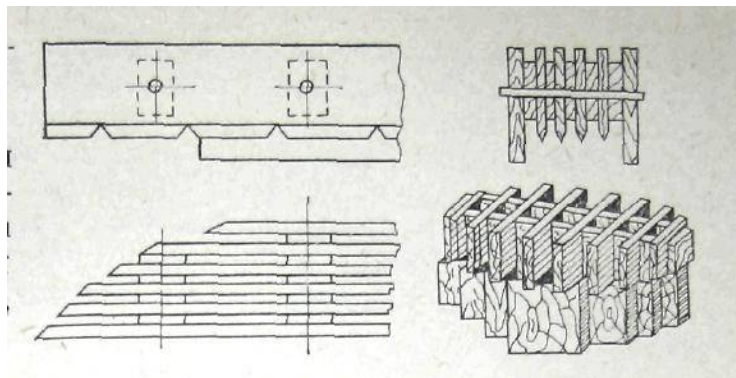


Рис. 9. Хордова насадка.

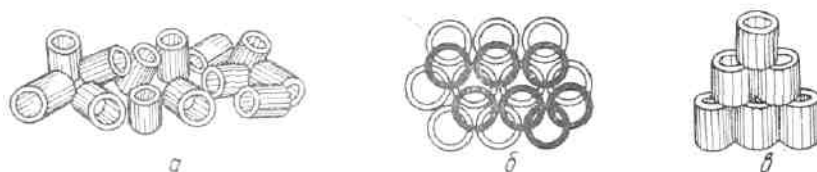


Рис. 10. Кільцева насадка.

Кільцева насадка (рис. 10) складається з керамічних або сталевих циліндрів, що завантажуються в апарат правильними лавами або навалом.

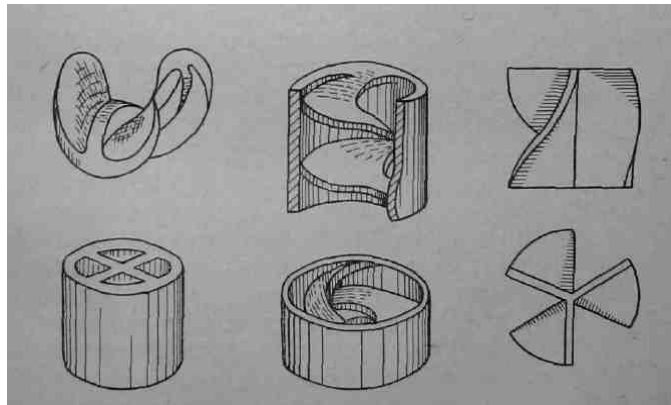


Рис. 11. Типи фасонних насадок.

Фасонну насадку (рис. 11) виконують у вигляді керамічних сідел, циліндрів з перегородками, пропелерів і т. д., завантажуваних в апарат навалом.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування вибраного методу виробництва і устаткування

Виробництво карбаміду засноване на реакції взаємодії аміаку з діоксидом вуглецю. Реакція протікає при температурі 160 - 185°C і тиску 13,3 - 14,2 МПа.

Рівновага екзотермічної реакції утворення карбамата зрушена управо підвищеним тиском і надлишком аміаку. Реакція перетворення карбамата в карбамід - ендотермічна, в цілому ж процес перетворення NH_3 і CO_2 в карбамід - екзотермічний, тобто йде з виділенням тепла. Це дозволяє використовувати тепло, що утворилося, при підігріванні розчину карбаміду на різних стадіях виробництва, зокрема при рециркуляції в підігрівачі колони ректифікації – сепараторі.

Характерною особливістю даної технології є застосування стріпінг – процесу для дистиляції плава під тиском синтезу.

При оптимальному веденні технологічного режиму ступінь конверсії CO_2 в карбамід складає не менше 54%.

На стадії рециркуляції використовується колона ректифікації. Вона складається з сепаратора і масообмінного апарату. Масообмінна, верхня частина колони ректифікації, заповнена металевими кільцями Паля. У нижній частині колони встановлений підігрівач (кожухотрубчастий теплообмінник).

Позитивним чинником є те, що газова фаза з температурою не більше 155°C після сепаратора поступає через клапан в середню частину колони (під насадку) ректифікації, що дозволяє використовувати тепло газів для масообмінного процесу.

2.2 Опис технологічної схеми виробництва

Ректифікаційна колона-сепаратор відноситься до вузла рециркуляції.

Вузол рециркуляції призначений для розкладання що знаходиться в розчині, що виходить з системи синтезу, карбамата амонія на NH_3 і CO_2 , відгону

												Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ							

з розчину карбаміду NH_3 , CO_2 і води, і повернення їх у вузол синтезу у вигляді розчину углеаммонійних солей (карбамата).

Розчин, що виходить із стріпера, дроселює клапаном до тиску не більше 2,1 МПа, і поступає до сепаратора середнього тиску S 201. При цьому тиску і температурі не більш 155°C , в сепараторові з розчину виділяються газоподібні NH_3 , CO_2 . Газова фаза з температурою не більш 155°C , після сепаратора поступає через клапан в конденсатор і в середню частину ректифікаційної колони С 303 (під насадку), що дозволяє використовувати тепло газів для масообмінного процесу. Розчин карбаміду з сепаратора з температурою не більш 155°C , через регулюючий клапан прямує у верхню частину ректифікаційної колони.

У колоні газорідна суміш з сепаратора форсункою рівномірно розподіляється по насадці і стікає вниз, протитечею, через насадку, від низу до верху рухається газова фаза з сепаратора і продукти розкладання карбамата з сепаратора після підігрівача рециркуляції Е 302. У шарі насадки відбувається масообмін рухомих назустріч один одному потоків. Розчин карбаміду, минувши шар насадки, потрапляє на «глуху» тарілку і по переливній лінії поступає в підігрівач Е 302, де нагрівається пором до температури $130 - 140^\circ\text{C}$. На вході розчину карбаміду в підігрівач Е 302, на його нижній трубній дошці, встановлена знімна розподільна тарілка з отворами діаметром 4 мм, сприяюча більш рівномірному розподілу розчину по трубках. Температура розчину карбаміду підтримується аналоговим регулювальником з відеотерміналу робочої станції АСУТП. У підігрівачі відбувається остаточне розкладання карбамата на NH_3 і CO_2 . З підігрівача розчин карбаміду поступає до сепаратора колони С 303, в якому газова фаза, - NH_3 , CO_2 , пари води та інерти відділяються від розчину карбаміду.

Розчин, з масовою часткою карбаміду - не менше 64%, поступає через регулюючий клапан рівня в підігрівач Е302А і далі у вакуум-випарник S 304. У випарнику з розчину карбаміду додатково отгоняється вода, NH_3 , CO_2 . Со-

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

кова пара з випарника поступає на конденсацію в конденсатор Е 701, а розчин карбаміду з температурою 85 - 98°C, відводиться в гідрозасув збірки розчину карбаміду V 302.

Для забезпечення стабільності тиску у вузлі рециркуляції і зниження корозії устаткування в лінію газів дистиляції на вході в Е 303 подається повітря через дросельну шайбу з ресіверів.

2.3 Характеристика сировини, напівпродуктів та готового продукту

Таблиця 1. Таблиця характеристик сировини, напівпродуктів та готового продукту

Найменування сировини, напівпродуктів та готової продукції	Показники, обов'язкові для перевірки	Показники з допустимими відхиленнями
Сировина та напівпродукти		
Аміак рідкий технічний марки Б	Масова доля аміака Масова доля води Масова концентрація масла Масова концентрація заліза Температура Тиск	не менш 99,6% не більш 0,4% не більш 8 мг/дм ³ не більш 2 мг/дм ³ від -34 до +26°C 1,45-1,85 МПа
Вуглекислий газ	Об'ємна доля діоксида вуглецю Об'ємна доля кисню Сумарна об'ємна доля горючих з'єднань (Н ₂ + вуглеводороди) Температура Тиск	не менш 98% не більш 0,3% не більш 0,05% 30- 45°C 1 - 4 кПа
Карбамідоформальдегідна смола (КФС)	Масова доля карбаміда Масова доля формальдегіда	20 – 24% 54 - 60%
Пар високого тиску	Тиск Температура Масова концентрація хлоридів в конденсаті пара	2,7 – 3,2 МПа 350-440°C не більш 0,2мг/дм ³

Пар середнього тиску	Тиск Температура	1,1 – 1,3 МПа 20 – 315°С
Вода оборотна	Тиск Температура рН Масова концентрація хлоридів	0,36 – 0,5 МПа не більш 28°С 7,0 – 8,5 не більш 80 мг/дм ³
Азот газоподібний	Тиск Об'ємна доля кисня	0,12 – 0,5 МПа не більш 3%
Повітря технологічне	Тиск	не менш 0,4 МПа
Готовий продукт		
Карбамід	Масова доля азоту Масова доля біурету Масова доля води	не менш 46% не більш 0,9% не більш 0,25%

2.4 Матеріальний баланс колони

За рік колона працює 8000 годин (ефективний фонд робочого часу не змінюється).

Досягнута потужність на діючому виробництві – 277,5 тис т/рік

Потужність на проектуваному виробництві – 333 тис. т/рік

Індекс зміни продуктивності складе $333/277,5 = 1,2$

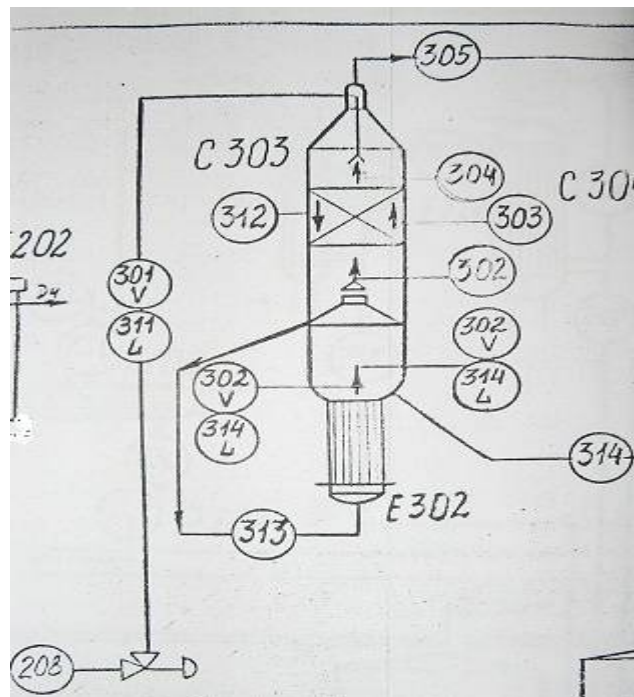


Рис. 12. Ректифікаційна колона-сепаратор

Як вказано на рисунку 12 в колону надходить потік 208, виходить потік 305 і 314. Потік 313 циркулює з колони в підігрівач і навпаки. У колоні рухається потік 302, який виходить з сепаратора, потоки 303 і 312, які протитечією рухаються по насадці і потік 304, який виходить зверху насадки.

Таблиця 2. Таблиця потоків на виробництві, що діє (на 1 т виробленої продукції):

Потік	208		305		313		314		302	
	кг/Г	%	кг/Г	%	кг/Г	%	кг/Г	%	кг/Г	%
Карбамід	39137	50	-	-	42575	59,09	40515	64	-	-
CO ₂	6610	11	7485	50	2211	3,07	509	0,6	1892	21,66
NH ₃	7044	9	5244	35,03	3002	4,17	1012	1,6	2215	25,35
H ₂ O	23482	30	2240	14,97	24255	33,67	21270	33,8	4530	52,99

Оскільки концентрації в потоках проектного виробництва не міняються, то збільшуємо продуктивність потоків проектного виробництва на 20% і заносимо набутих значень в таблицю 3.

Таблиця 3. Таблиця потоків на виробництві, що проектується:

Потік	208		305		313		314		302	
	кг/Г	%	кг/Г	%	кг/Г	%	кг/Г	%	кг/Г	%
Карбамід	47433	50	-	-	51600	59,09	49103	64	-	-
CO ₂	10435	11	9072	50	2681	3,07	460	0,6	2293	21,66
NH ₃	8538	9	6356	35,03	3641	4,17	1227	1,6	2684	25,35
H ₂ O	28460	30	2716	14,97	29402	33,67	25932	33,8	5610	52,99

Підсумовуємо витрату рідини і газів в потоці, що приходить, і в тому, що виходить. Отримані дані заносимо в таблицю 4.

Таблиця 4. Таблиця про прихід і витрату.

Прихід		Витрата	
Речовина	кг/Г	Речовина	кг/Г
Карбамід	47433	Карбамід	49103
CO ₂	10435	CO ₂	9532
NH ₃	8538	NH ₃	7583
H ₂ O	28460	H ₂ O	28648
Разом	94866	Разом	94866

Як бачимо матеріальний баланс виконується.

2.5 Технологічний розрахунок ректифікаційної колони-сепаратора

Діаметр колони.

Згідно даним матеріального балансу в середині колони проходить 4 потоки: 302, 303, 304 і 312. В усіх потоках, окрім 312, присутня лише газова фаза. У потоці 304 найбільша витрата, тобто діаметр колони розраховуємо по цьому потоку.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}; \quad (2.1)$$

де G – витрата, ω – швидкість потоку; ρ – щільність газової фази.

Оскільки швидкість та щільність потоку залишаться незмінними для колони що проектується, можна записати формулу діаметра для діючої колони ($d_0 = 1600$ мм) та для колони, що розробляється.

Діаметр діючої колони:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_0}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}};$$

Діаметр колони що розробляється:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}};$$

Розділимо d_1 на d_0 :

$$\frac{d_1}{d_0} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot \omega \cdot \rho} \cdot \frac{\pi \cdot \omega \cdot \rho}{4 \cdot G_0}} = \sqrt{\frac{G_1}{G_0}};$$

З цього рівняння знаходимо d_1 :

$$d_1 = d_0 \sqrt{\frac{G_1}{G_0}};$$

Аналогічним чином, як і у матеріальному балансі, знаходимо витрату для виробництва що проектується. За даними діючого виробництва карбаміду $G_0 = 9019$ кг/год, тоді $G_1 = 9019 \times 1,2 = 10931$ кг/год

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					2017.031.00.000.ПЗ	

$$d_1 = 1600 \sqrt{\frac{10931}{9019}} = 1761,45 \text{ мм};$$

Приймаємо $d_1=1800$ мм.

Висота колони.

Загальну висоту колони знаходимо за рівнянням:

$$H = N_T(\text{ВЕТС});$$

де N_T – число теоретичних ступенів; ВЕТС – висота еквівалентної теоретичної ступені, яке визначається за опитними даними чи з емпіричних рівнянь; наприклад для газорідних насадкових колон використовується рівняння:

$$\text{ВЕТС} = 70 \left(\frac{\rho_y \cdot \omega_y}{d_H \cdot \mu_x} \right)^{-0.5}$$

де ρ_y – густина газоподібної фази; ω_y – швидкість газоподібної фази; d_H – розмір насадки; μ_x – в'язкість рідкої фази.

Густина та швидкість газоподібної фази, розмір насадки та в'язкість рідкої фази для колони, що проектується залишаються незмінними, тому ВЕТС залишається таким як і в діючої колони.

Число теоретичних ступенів також є величиною незмінною. Відповідно до цього, висота колони, що проектується буде такою, як і у діючої колони $H=7550$ мм.

					<i>2017.031.00.000.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2.6 Тепловий баланс

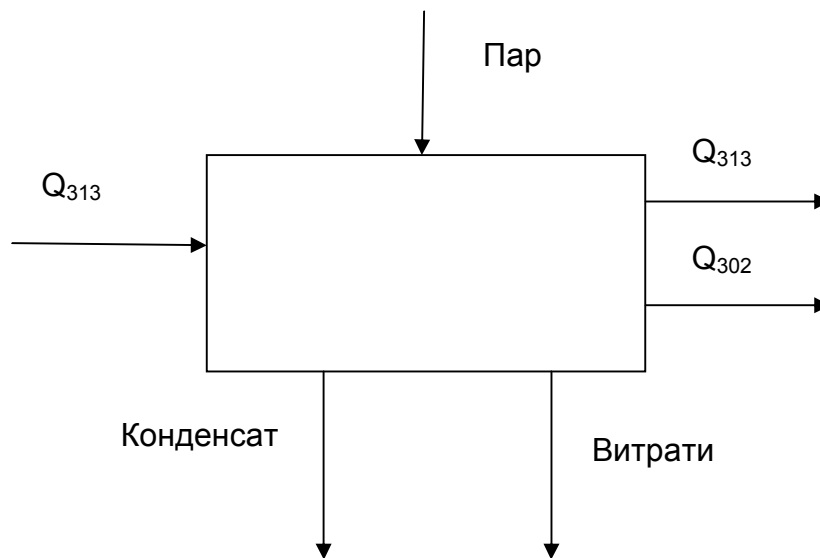


Рис. 13. Схема теплового балансу.

Рівняння теплового балансу для ректифікаційної колони:

$$Q_{313} + Q_{пар} = Q_{314} + Q_{302} + Q_{конд} + Q_{втрат}; \quad (2.2)$$

де Q_{313} – кількість тепла плаву карбаміду, який надходить до підігрівача;

$Q_{пар}$ – кількість тепла пару, який надходить до між трубного простору підігрівача;

Q_{314} – кількість тепла плаву карбаміду, який виходить з колони;

Q_{302} – кількість тепла суміші газів, які виходять з сепаратора;

$Q_{конд}$ – кількість тепла конденсату пару;

$Q_{втрат}$ – кількість тепла втрат;

$$Q_{втрат} = 5\% \cdot (Q_{пар} - Q_{конд});$$

$$Q_{пар} - Q_{конд} = Q_{підвод};$$

$$Q_{пар} - Q_{конд} - Q_{втрат} = Q_{314} + Q_{302} - Q_{313}$$

$$0,95 Q_{підвод} = Q_{314} + Q_{302} - Q_{313};$$

$$Q_{підвод} = \frac{Q_{314} + Q_{302} - Q_{313}}{0,95};$$

Тепло розраховується за формулою

$$Q = Gct;$$

де G – витрата потоку, кг/с;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

c – теплоємність речовини потоку, кДж/кг·К;

t – температура потоку, °С;

Витрати:

- $G_{302}=2,94$ кг/с;
- $G_{314}=21,3$ кг/с;
- $G_{313}=24,25$ кг/с;

Теплоємності:

- карбаміду $c=2,1$ кДж/кг·К;
- вуглекислоти $c=0,838$ кДж/кг·К;
- аміаку $c=2,22$ кДж/кг·К;
- води $c=4,2$ кДж/кг·К;

Температури:

- $t_{302}=140$ °С;
- $t_{314}=140$ °С;
- $t_{313}=125$ °С;

$$Q_{302}=2,94 \cdot 2,97 \cdot 140=1222,452 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К};$$

$$c_{302}=0,838 \cdot 0,2166+2,22 \cdot 0,2535+4,2 \cdot 0,5299=2,97 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К};$$

$$Q_{314}=21,3 \cdot 2,8 \cdot 140=8349,6 \text{ кДж/с};$$

$$c_{314}=2,1 \cdot 0,64+2,22 \cdot 0,016+0,838 \cdot 0,006+4,2 \cdot 0,338=2,8 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К};$$

$$Q_{313}=24,25 \cdot 2,77 \cdot 125=8396,6 \text{ кДж/с};$$

$$c_{313}=2,1 \cdot 0,5909+2,22 \cdot 0,0417+0,838 \cdot 0,0307+4,2 \cdot 0,3367=2,77 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К};$$

$$Q_{\text{підвод}} = \frac{(8349,6 + 1222,452 - 8396,6)}{0,95} = 1237,3 \text{ (кДж/с)};$$

Маємо:

$$Q=K \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot F \rightarrow F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}}; \quad (2.3)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

де K – коефіцієнт теплопередачі ($K=5,6$ Вт/м²·К); F - площа теплообміну;
 $Q=Q_{\text{подвод}}$.

$$F = \frac{1237,3 \cdot 1000}{17,5 \cdot 140} = 505 \text{ м}^2$$

За каталогом вибираємо теплообмінник з площею теплообміну рівною $F=524,7$ м², діаметром $D=1200$ мм, довжиною теплообмінних труб $l=6000$ мм.

2.7 Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний опір насадки ΔP знаходять по рівнянню

$$\Delta P = 10^{169U} \Delta P_C$$

Гідравлічний опір сухої незрошуваної насадки ΔP_C розраховують по рівнянню:

$$\Delta P_C = \lambda \frac{H}{d_E} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho_y}{2\varepsilon^2}; \quad (2.4)$$

де λ - коефіцієнт опору сухої насадки, залежний від режиму руху газу в насадці;

$H=1500$ мм – висота шару насадки;

$d_E=0,005$ мм – еквівалентний діаметр насадки;

$\omega=1,02$ м/с - швидкість потоку;

$\rho=2,73$ кг/м³ – густина потоку;

$\varepsilon=0,785$ м³/м³ – вільний об'єм;

Критерій Рейнольдса для газу у колоні рівний:

$$Re_{yB} = \frac{\omega_B d_E \rho_{yB}}{\varepsilon \mu_{yB}} = \frac{1,02 \cdot 0,0050 \cdot 2,73}{0,785 \cdot 0,0091 \cdot 10^{-3}} = 19500;$$

де $\mu_y=0,0091 \cdot 10^{-3}$ Па·с – в'язкість потоку;

Отже, режим руху турбулентний.

Для турбулентного режиму коефіцієнт опору сухої насадки у вигляді безладних засипаних кілець Паля знаходять по рівнянню:

$$\lambda = 16/Re_y^{0,2} = 16/19500^{0,2} = 2,22;$$

Гідравлічний опір сухої насадки у колоні рівний:

$$\Delta P_{CB} = 2,22 \frac{1,5}{0,05} \cdot \frac{1,02^2 \cdot 2,73}{2 \cdot 0,785^2} = 154 \text{ Па};$$

Щільність зрошування колони визначимо по формулі:

$$U_B = L_B / (\rho \cdot 0,785 d^2) ;$$

Підставивши чисельні значення, отримаємо:

$$U_B = 3,84 / (796 \cdot 0,785 \cdot 1,6^2) = 0,0024 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с});$$

Гідравлічний опір зрошуваної насадки колони:

$$\Delta P_B = 10^{169 \cdot 0,0024} 154 = 392 \text{ Па};$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ

Ректифікаційна колона-сепаратор відноситься до вузла рециркуляції, який призначений для розкладання карбамата амонія, що знаходиться в розчині, який виходить з системи синтезу, на NH_3 та CO_2 , відгону з розчину карбаміду NH_3 , CO_2 і води, і повернення їх у вузол синтезу у вигляді розчину вуглеамонійних солей (карбамата).

Колона ректифікації складається з сепаратора і масообмінного апарату. Масообмінна, верхня частина колони ректифікації, заповнена металевими кільцями Палія.

Газова фаза з температурою не більш 155°C після сепаратора S 201 поступає через клапан в середню частину колони ректифікації С 303 (під насадку), що дозволяє використовувати тепло газів для масообмінного процесу. Розчин карбаміду з температурою не більш 155°C через регулюючий клапан прямує у верхню частину колони, де форсункою рівномірно розподіляється по насадці і стікає вниз, протитечією, через насадку, знизу - вгору рухається газова фаза і продукти розкладання карбамата після підігрівача рециркуляції Е 302. У шарі насадки відбувається масообмін рухомих назустріч один одному потоків. Розчин карбаміду, минувши шар насадки, потрапляє на «глуху» тарілку і по переливній лінії поступає в підігрівач Е 302, де нагрівається по-ром до температури $130 - 140^\circ\text{C}$. На вході розчину карбаміду в підігрівач Е 302, на його нижній трубній дошці, встановлена знімна розподільна тарілка з отворами діаметром 4 мм, сприяюча більш рівномірному розподілу розчину по трубках. У підігрівачі Е 302 відбувається остаточне розкладання карбамата на NH_3 і CO_2 . З підігрівача розчин карбаміду поступає в сепаратора колони, в якому газова фаза, – NH_3 , CO_2 , пари води та інерти відділяються від розчину карбаміду.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

З колони розчин, з масовою часткою карбаміду - не менше 64%, поступає через регулюючий клапан рівня в підігрівач Е 302А і далі у вакуум-випарник S 304, де з розчину карбаміду додатково відгоняється вода, NH₃, CO₂.

Тиск у вузлі рециркуляції і колоні підтримується з відеотерміналу робочої станції, аналоговим регулятором у межах 0,15 - 0,25 МПа.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали для виготовлення корпусу апарату вибираються з урахуванням властивостей робочої середовища в апараті, тиску та температури. Для вибухонебезпечних, пожежонебезпечних, шкідливої серед 4 класи небезпеки при умовному тиску в апараті 0,25 МПа і робочій температурі 155°C для виготовлення корпусу апарату прийнята сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 380-94.

Матеріал апаратного фланця – 12Х18Н10МТ ГОСТ 8733-74.

Матеріал труб для виготовлення патрубків штуцерів – 12Х18Н10Т ГОСТ 8733-74, матеріал трубопровідних фланців – 12Х18Н10Т ГОСТ 8733-74.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) для фланців з нержавіючої сталі - сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 7798, для гайок – 12Х18Н10Т ГОСТ 5915.

Матеріал прокладок - пароніт ПОН 2,0 ГОСТ 481-80.

Матеріал опорних лап та цапф для строповки - сталь Ст3сп5 ГОСТ 380-94.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

Початкові данні:

Матеріал колони – сталь 12Х18Н10Т;

Діаметр колони $D=1800$ мм;

Розрахункова температура $t=155^{\circ}\text{C}$;

Робочій тиск $P=0,25$ МПа;

Коефіцієнт міцності зварного шва приймаємо $\varphi = 1$;

Група посудини – 1;

Допустиме напруження для сталі 12ХН18Н10:

$[\sigma]_{20} = 184$ МПа;

$[\sigma]_{155} = 167,2$ МПа;

Розрахунковий робочій тиск.

Тиск спрацьовування запобіжного клапана.

$$P_k = 1,15 \cdot P_{роб}; \quad (5.1)$$

де $P_{роб}$ – робочий тиск;

$$P_k = 1,15 \cdot 0,25 = 0,29 \text{ МПа};$$

Тиск без врахування гідростатичного:

$$P_{pl} = 0,9 \cdot P_k = 0,9 \cdot 0,29 = 0,261 \text{ МПа};$$

Приймаємо $P_{pl} = 0,261 \text{ МПа}$;

Надбавки до розрахункової товщини конструктивних елементів.

Надбавка на корозію:

$$C_1 = C_1' + C_1''$$

де C_1' - надбавка з боку робочої середі

C_1'' – надбавка для мінусового допуску

$$C_1' = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 20 = 1 \text{ мм}$$

де Π – швидкість корозії, мм/рік;

τ – термін служби апарату;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

C_1'' – визначається після визначення товщини стінки.

5.1 Розрахунок циліндричної частини корпусу

5.1.1 Розрахунок товщини стінки обичайки від внутрішнього тиску

$$S_p = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} \quad (5.2)$$

де P – розрахунковий внутрішній надлишковий тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм.

$$S_p = \frac{0,261 \cdot 1800}{2 \cdot 167,2 \cdot 1 - 0,261} = 1,4 \text{ мм.}$$

Надбавка для компенсації корозії робочої середовища складе:

$$C_1 = C_1' + C_1'' = 1 + 0,22 = 1,22 \text{ мм.}$$

Виконавчу товщину стінки обичайки S визначаємо по формулі

$$S > S_p + C = 1,4 + 1,22 = 2,62 \text{ мм.}$$

Набуваємо стандартного значення $S = 6$ мм.

5.1.2 Визначення тиску, що допускається

Тиск, що допускається, з умови міцності визначається по формулі

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_p (S - C)}{D + (S - C)}; \quad (5.3)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 167,2 \cdot 1 \cdot (6 - 1,22)}{1800 + (6 - 1,22)} = 0,88 \text{ МПа}$$

Умова міцності

$$P = 0,261 < [P] = 0,88 \text{ МПа}$$

виконується.

5.1.3 Перевіряємо умову застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{6 - 1,22}{1800} = 0,0026 < 0,1$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Умова виконується.

5.2 Розрахунок верхнього еліптичного днища корпусу.

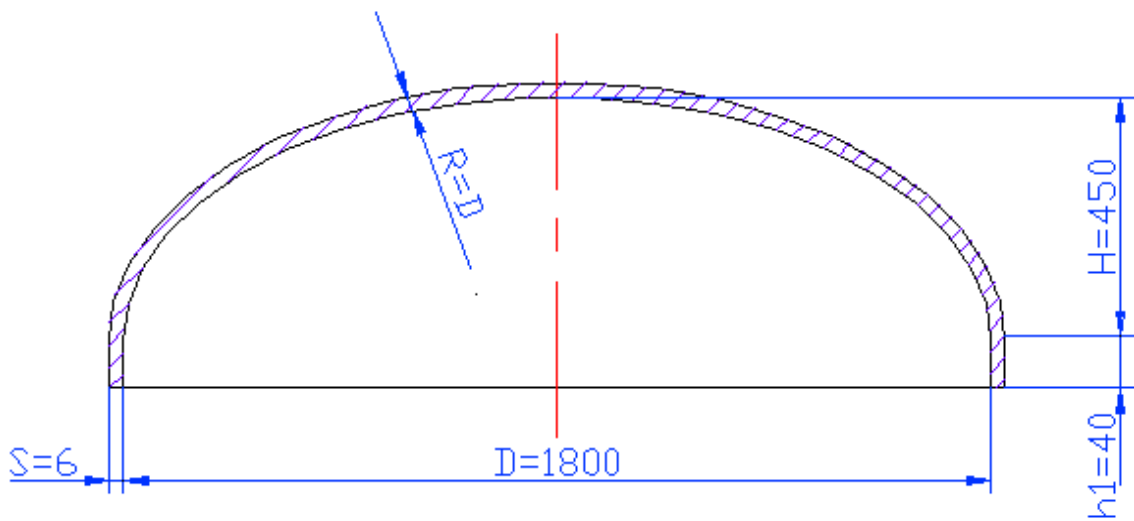


Рис. 14. Верхнє еліптичне днище.

5.2.1 Розрахунок товщини стінки днища від внутрішнього тиску.

Розрахункова товщина стінки днища від внутрішнього тиску:

$$S_p = \frac{P \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5P} \quad (5.4)$$

де $R=D$ для стандартних еліптичних днищ;

$$S_p = \frac{0,261 \cdot 1800}{2 \cdot 167,2 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,261} = 1,4 \text{ мм} ;$$

Виконавча товщина стінок днища:

$$S = 1,4 + 1,22 = 2,62 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне $S = 6 \text{ мм}$.

5.2.2 Внутрішній надлишковий тиск, що допускається

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

$$[P] = \frac{2 \cdot 167,2 \cdot 1 \cdot (6 - 1,22)}{1800 + 0,5 \cdot (6 - 1,22)} = 0,89 \text{ МПа}$$

Умова міцності:

$$P = 0,261 < [P] = 0,89 \text{ МПа} \quad - \text{ виконується.}$$

5.2.3 Перевіряємо умову застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{6 - 1,22}{1800} = 0,0026 < 0,1$$

5.3 Розрахунок нижнього конічного днища.

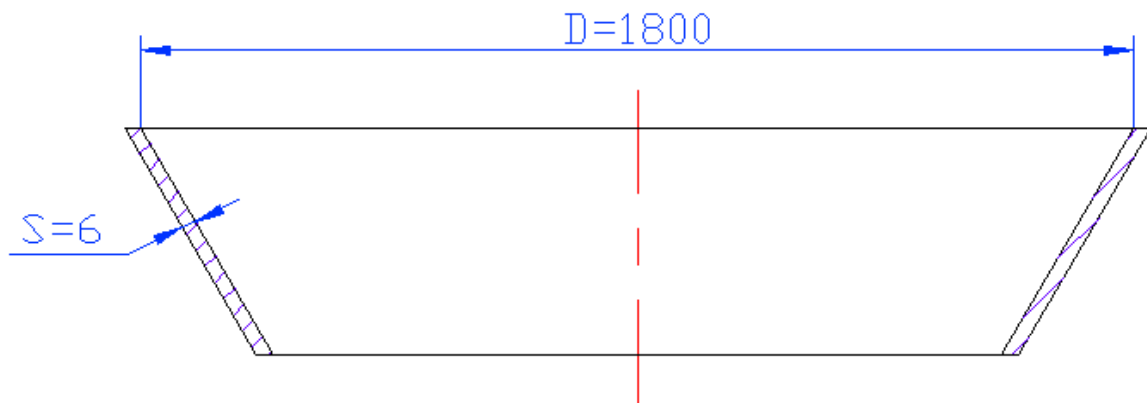


Рис. 15. Нижнє конічне днище.

Розрахункова товщина стінки днища від внутрішнього тиску:

$$S_{\text{кр}} = \frac{P \cdot D_K}{2 \cdot \varphi_p \cdot [\sigma] - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}; \quad (5.5)$$

де $\varphi_p = \sqrt{\varphi}$;

$$D_K = D - 2 \cdot [r(1 - \cos \alpha) + 0,7 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha];$$

$$a_1 = 0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha} \cdot (S_T - C)}; \quad S_T = S = 6 \text{ мм};$$

$$a_1 = 0,7 \sqrt{\frac{1800}{\cos 45} \cdot (6 - 1,22)} = 78,3;$$

$$D_K = 1800 - 2 \cdot [200(1 - \cos 45) + 0,7 \cdot 78,3 \cdot \sin 45] = 1605 \text{ мм};$$

$$S_{\text{кр}} = \frac{0,261 \cdot 1605}{2 \cdot 1 \cdot 167,2 - 0,261} \cdot \frac{1}{\cos 45} = 1,77 \text{ мм};$$

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ						

Виконавча товщина стінок днища:

$$S_k = 1,77 + 1,22 = 2,99 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне $S_k = 6 \text{ мм}$.

Внутрішній надлишковий тиск, що допускається

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S_k - C)}{\frac{D_k}{\cos \alpha} + (S_k - C)};$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 167,2 \cdot 1 \cdot (6 - 1,22)}{\frac{1605}{\cos 45} + (6 - 1,22)} = 0,7 \text{ МПа};$$

З'єднання обичайки і конічного днища.

$$\beta = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{D}{S_T - C}} \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{1 + \sqrt{\frac{1}{\cos \alpha}}} - 0,25;$$

$$\beta = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{1800}{6 - 1,22}} \cdot \frac{\text{tg} 45}{1 + \sqrt{\frac{1}{\cos 45}}} - 0,25 = 3,29;$$

$$\beta_T = \frac{1}{1 + \frac{0,028 \cdot r}{D} \cdot \frac{\sqrt{\frac{D}{S_T - C}} \cdot \alpha}{\frac{1}{\sqrt{\cos \alpha}} + 1}} = \frac{1}{1 + \frac{0,028 \cdot \frac{200}{1800} \cdot \sqrt{\frac{1800}{6 - 1,22}} \cdot 45}{\frac{1}{\sqrt{\cos 45}} + 1}} = 0,47;$$

$$\beta_3 = \max\{0,5; \beta \cdot \beta_T\} = \max\{0,5; 3,29 \cdot 0,47\} = 1,54;$$

$$[P] = \frac{2[\sigma] \varphi_p \cdot (S_T - C)}{D \cdot \beta_3 + (S_T - C)} = \frac{2 \cdot 167,2 \cdot 1 \cdot (6 - 1,22)}{1800 \cdot 1,54 + (6 - 1,22)} = 0,57 \text{ МПа};$$

Умова міцності:

$$P = 0,261 < [P] = 0,57 \text{ МПа} \quad - \text{ виконується.}$$

$$C_S = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

де $C_{S1} = 1$ – надбавка для компенсації корозії;

C_{S2} – надбавка для компенсації мінусового допуску, мм

Для сталевих труб надбавку для компенсації мінусового допуску приймаємо рівною 15% від товщини стінки труби.

$$C_{S2} = 0,15 \cdot S_1 = 0,15 \cdot 6 = 0,9 \text{ мм.}$$

$$d_p = 416 + 2 \cdot 1,8 = 419,6 \text{ мм.}$$

Умова $d_p < d_0 = 485 \text{ мм}$, виконується, отже, отвір не вимагає зміцнення.

5.4.2 Штуцер виходу розчину карбаміду Г і Д.

Розрахунковий діаметр штуцера

$$d_p = d + 2 \cdot C_S \quad (5.7)$$

Приймаємо трубу $\text{Ø}324 \times 5$

Внутрішній діаметр штуцера

$$d = d_H - 2 \cdot S_1$$

де d_H - зовнішній діаметр штуцера, мм;

S_1 – товщина стінки штуцера.

$$d = 324 - 2 \cdot 5 = 314 \text{ мм.}$$

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки штуцера визначаємо по формулі :

$$C_S = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр штуцера

$$d_p = 314 + 2 \cdot 1,8 = 317,6 \text{ мм.}$$

Умова $d_p < d_0 = 485 \text{ мм}$, виконується, отже, отвір не вимагає зміцнення.

5.4.3 Люк Л.

Розрахунковий діаметр отвору:

$$d_p = d + 2 \cdot C_S;$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

Приймаємо трубу Ø250x5

Внутрішній діаметр труби:

$$d = d_H - 2 \cdot S_1$$

де d_H - зовнішній діаметр труби, мм;

S_1 – товщина стінки труби.

$$d = 250 - 2 \cdot 5 = 240 \text{ мм}$$

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки труби визначаємо по формулі :

$$C_S = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр труби

$$d_P = 240 + 2 \cdot 1,8 = 243,6 \text{ мм.}$$

Умова $d_P < d_0 = 485 \text{ мм}$, виконується, отже, отвір не вимагає зміцнення.

5.4.4 Штуцер виміру тиску М.

Розрахунковий діаметр отвору:

$$d_P = d + 2 \cdot C_S;$$

Приймаємо трубу Ø57x3

Внутрішній діаметр труби:

$$d = d_H - 2 \cdot S_1$$

де d_H - зовнішній діаметр труби, мм;

S_1 – товщина стінки труби.

$$d = 57 - 2 \cdot 3 = 51 \text{ мм}$$

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки труби визначаємо по формулі :

$$C_S = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр труби

$$d_P = 51 + 2 \cdot 1,8 = 54,6 \text{ мм.}$$

Умова $d_P < d_0 = 485 \text{ мм}$, виконується, отже, отвір не вимагає зміцнення.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.4.5 Штуцер виміру рівня Н.

Розрахунковий діаметр отвору:

$$d_p = d + 2 \cdot C_s;$$

Приймаємо трубу Ø100x5

Внутрішній діаметр труби:

$$d = d_H - 2 \cdot S_1$$

де d_H - зовнішній діаметр труби, мм;

S_1 – товщина стінки труби.

$$d = 100 - 2 \cdot 5 = 90 \text{ мм}$$

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки труби визначаємо по формулі :

$$C_s = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр труби

$$d_p = 90 + 2 \cdot 1,8 = 93,6 \text{ мм.}$$

Умова $d_p < d_0 = 485 \text{ мм}$, виконується, отже, отвір не вимагає зміцнення.

5.4.6 Робочий лаз З, К.

Розрахунковий діаметр отвору:

$$d_p = d + 2 \cdot C_s;$$

Приймаємо трубу Ø600x6

Внутрішній діаметр труби:

$$d = d_H - 2 \cdot S_1$$

де d_H - зовнішній діаметр труби, мм;

S_1 – товщина стінки труби.

$$d = 600 - 2 \cdot 6 = 588 \text{ мм}$$

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки труби визначаємо по формулі :

$$C_s = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

Розрахунковий діаметр труби

$$d_p = 588 + 2 \cdot 1,8 = 591,6 \text{ мм.}$$

Умова $d_p < d_0 = 485 \text{ мм}$, не виконується, отже, отвір вимагає зміцнення.

Виконуємо зміцнення люка.

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \geq A;$$

Розрахункова товщина стінки робочого лазу:

$$S_{1p} = \frac{P(d + 2 \cdot C_s)}{2[\sigma]\varphi - P} = \frac{0,261(600 + 2 \cdot 1,8)}{2 \cdot 167,2 \cdot 1 - 0,261} = 0,47 \text{ мм;}$$

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1,25 \sqrt{(d + 2C_s) \cdot (S_1 - C_s)} \right\} = \\ = \min \left\{ 200; 1,25 \sqrt{(600 + 2 \cdot 1,8) \cdot (6 - 1,8)} \right\} = 63 \text{ мм;}$$

$\alpha_1 = 1$; $[\sigma]_1 = [\sigma] = 167,2 \text{ МПа}$;

$$A_1 = l_{1p}(S_1 - S_{1p} - c_s) \cdot \alpha_1 = 63(6 - 0,47 - 1,8) \cdot 1 = 281,242 \text{ мм}^2;$$

Припускаємо, що $A_2 = 0$ та $A_3 = 0$;

Надлишковий метал по обичайці:

$$A_4 = l_p(S - S_p - c) = 87(6 - 1,4 - 1,8) = 243,6 \text{ мм}^2;$$

$$\text{де } l_p = L_0 = \sqrt{D_p(S - c)} = \sqrt{1800(6 - 1,8)} = 87 \text{ мм;}$$

$$A = 0,5(d_p - d_{op})S_p = 0,5(591,6 - 34,8) \cdot 1,4 = 278,4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{де } d_{op} = 0,4 \sqrt{D_p(S - c)} = 0,4 \cdot L_0 = 0,4 \cdot 87 = 34,8 \text{ мм;}$$

$$281,242 + 243,6 = 524,842 > 278,4$$

Умова виконується

Приймаємо схему з укріплювальним кільцем:

$$A - (A_1 - A_4) = A_{2min};$$

$$578,4 - (281,242 - 243,6) = 540,76 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо $S_2 = 6 \text{ мм}$;

Перевіряємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (S - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (S - c) \cdot V} \cdot V; \quad (5.8)$$

де $K_1 = 1$;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}(S_1 - c_S)x_1 + l_{2p} \cdot S_2 \cdot x_2 + l_{3p}(S_1 - c_S - c_{S1})x_1}{l_p \cdot (S - c)}}{1 + 0,5 \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2c_S}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\} =$$

$$= \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{63(6 - 1,8) \cdot 1 + 0 + 0}{87 \cdot (6 - 1,8)}}{1 + 0,5 \frac{591,6 - 34,8}{87} + 1 \frac{600 + 2 \cdot 1,8}{1800} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{63}{87}} \right\} = 0,4;$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 1 \cdot (6 - 1,8) \cdot 1 \cdot 167,2}{1800 + (6 - 1,8) \cdot 0,4} \cdot 0,4 = 0,3 \text{ МПа};$$

Умова $P = 0,261 < [P] = 0,3 \text{ МПа}$ – виконується.

5.4.7 Штуцер вводу плаву карбаміду та виводу газів;

Розрахунковий діаметр отвору:

$$d_p = d + 2 \cdot C_S;$$

Приймаємо трубу $\text{Ø}800 \times 6$

Внутрішній діаметр труби:

$$d = d_H - 2 \cdot S_1$$

де d_H - зовнішній діаметр труби, мм;

S_1 – товщина стінки труби.

$$d = 800 - 2 \cdot 6 = 788 \text{ мм}$$

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки труби визначаємо по формулі :

$$C_S = C_{S1} + C_{S2} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр труби

$$d_p = 788 + 2 \cdot 1,8 = 791,6 \text{ мм}.$$

Умова $d_p < d_0 = 485 \text{ мм}$, не виконується, отже, отвір вимагає зміцнення.

Виконуємо зміцнення люка.

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \geq A;$$

Розрахункова товщина стінки робочого лазу:

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{1p} = \frac{P(d + 2 \cdot C_s)}{2[\sigma]\varphi - P} = \frac{0,261(800 + 2 \cdot 1,8)}{2 \cdot 167,2 \cdot 1 - 0,261} = 0,63 \text{ мм};$$

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1,25\sqrt{(d + 2C_s) \cdot (S_1 - C_s)} \right\} =$$

$$= \min \left\{ 200; 1,25\sqrt{(800 + 2 \cdot 1,8) \cdot (6 - 1,8)} \right\} = 72,6 \text{ мм};$$

$\alpha_1=1$; $[\sigma]_1=[\sigma]=167,2 \text{ МПа}$;

$$A_1 = l_{1p}(S_1 - S_{1p} - c_s) \cdot \alpha_1 = 72,6(6 - 0,63 - 1,8) \cdot 1 = 259,2 \text{ мм}^2;$$

Припускаємо, що $A_2=0$ та $A_3=0$;

Надлишковий метал по обичайці:

$$A_4 = l_p(S - S_p - c) = 87(6 - 1,4 - 1,8) = 243,6 \text{ мм}^2;$$

$$\text{де } l_p = L_0 = \sqrt{D_p(S - c)} = \sqrt{1800(6 - 1,8)} = 87 \text{ мм};$$

$$A = 0,5(d_p - d_{op})S_p = 0,5(591,6 - 34,8) \cdot 1,4 = 389,76 \text{ мм}^2;$$

$$\text{де } d_{op} = 0,4\sqrt{D_p(S - c)} = 0,4 \cdot L_0 = 0,4 \cdot 87 = 34,8 \text{ мм};$$

$$259,2 + 243,6 = 502,8 > 389,76$$

Умова виконується

Приймаємо схему з укріплювальним кільцем:

$$A - (A_1 - A_4) = A_{2min};$$

$$389,76 - (259,2 - 243,6) = 374,16 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо $S_2=6 \text{ мм}$;

Перевіряємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (S - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (S - c) \cdot V} \cdot V;$$

де $K_1=1$;

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}(S_1 - c_s)x_1 + l_{2p} \cdot S_2 \cdot x_2 + l_{3p}(S_1 - c_s - c_{s1})x_1}{l_p \cdot (S - c)}}{1 + 0,5 \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\} =$$

$$= \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{72,6(6 - 1,8) \cdot 1 + 0 + 0}{87 \cdot (6 - 1,8)}}{1 + 0,5 \frac{791,6 - 34,8}{87} + 1 \cdot \frac{800 + 2 \cdot 1,8}{1800} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{72,6}{87}} \right\} = 0,32;$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 1 \cdot (6 - 1,8) \cdot 1 \cdot 167,2}{1800 + (6 - 1,8) \cdot 0,32} \cdot 0,32 = 0,267 \text{ МПа};$$

Умова $P=0,261 < [P]=0,267 \text{ МПа}$ – виконується.

5.5 Розрахунок фланцевого з'єднання апарату.

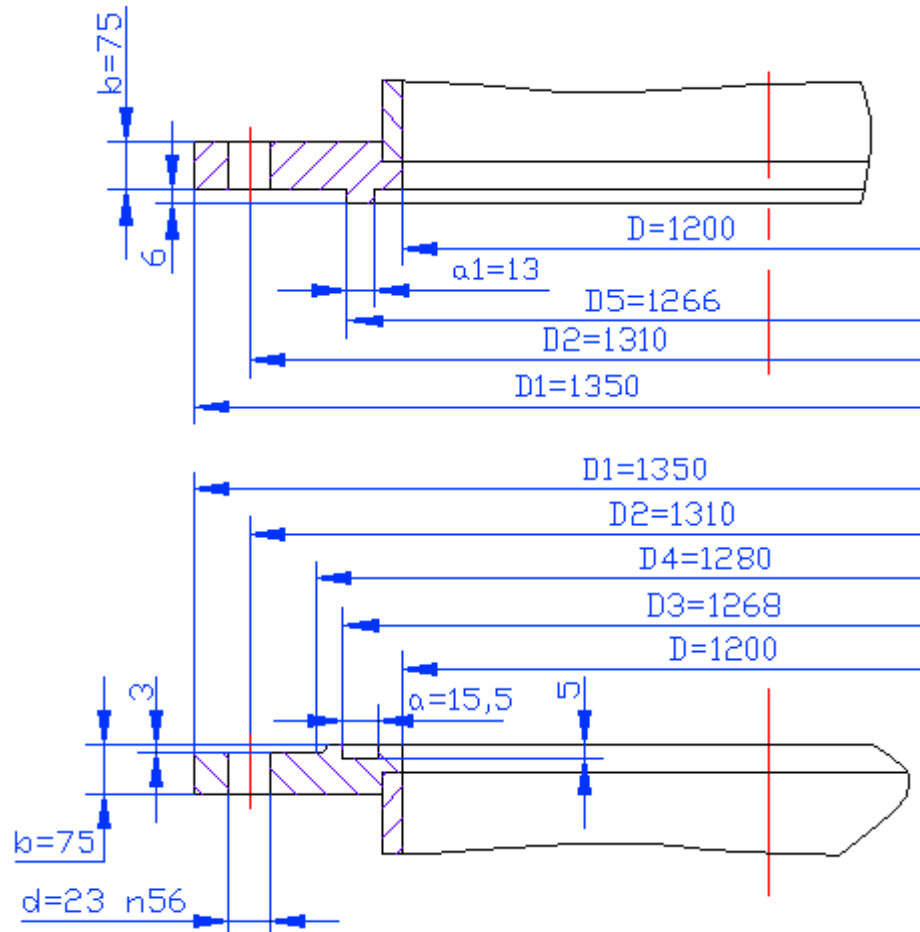


Рис. 16. Фланцеве з'єднання типу «шип-паз».

По ГОСТ 28759.2 – 90 вибираємо фланцеве з'єднання типу «шип-паз».

Визначення розрахункових параметрів.

Початкові данні:

Тип поверхні ущільнювача : шип – паз.

Матеріал фланців – сталь 12ХН18Н10.

Матеріал прокладки – пароніт.

Матеріал кріплення по рекомендаціях ГОСТ – 28759.5 – 90: 12ХН18Н10.

Температура :

- фланця:

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

$$t_{\Phi} = t = 155^{\circ}\text{C};$$

-болтів:

$$t_6 = 0,97 t = 150,35^{\circ}\text{C}.$$

Допустиме напруження для болтів:

$$[\sigma]_{150,35} = 168 \text{ МПа};$$

Мінімальне значення для матеріалу обичайки апарату:

$$[\sigma]_{155} = 167,2 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа}$$

Мінімальне значення межі текучості для сталі 12ХН18Н10 при розрахунковій температурі $t = 155^{\circ}\text{C}$ приймаємо рівним

$$R_e = 218,6 \text{ МПа}$$

$$\text{При } t = 20^{\circ}\text{C} \quad R_e = 240 \text{ МПа}$$

Мінімальне значення тимчасового опору при $t = 155^{\circ}\text{C}$ $R_m = 472,3 \text{ МПа}$

$$\text{При температурі } t = 20^{\circ}\text{C} \quad R_m = 540 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустиму напругу для матеріалу фланця в перетині S_0

– за робочих умов :

$$[\sigma]_{S_0} = \left(4,5 - 2,0 \cdot \frac{R_e}{R_m} \right) \cdot [\sigma] = \left(4,5 - 2 \cdot \frac{218,6}{472,3} \right) \cdot 167,2 = 597,6 \text{ МПа} ;$$

– в умовах затягування фланцевого з'єднання:

$$[\sigma]_{S_0}^{20} = \left(4,5 - 2,0 \cdot \frac{R_{p0.2}}{R_m} \right) \cdot [\sigma]^{20} = \left(4,5 - 2 \cdot \frac{218,6}{472,3} \right) \cdot 184 = 657,7 \text{ МПа} ;$$

– в умовах випробувань:

$$[\sigma]_{S_0}^e = \left(6,0 - 2,7 \cdot \frac{R_{p0.2}^{20}}{R_m^{20}} \right) \cdot [\sigma]^{20} = \left(6,0 - 2,7 \cdot \frac{218,6}{472,3} \right) \cdot 184 = 874 \text{ МПа} ;$$

Розрахунок допоміжних величин.

Ефективна ширина плоскої прокладки

$$b_n = \frac{D_H - D_a}{2} = \frac{1350 - 1266}{2} = 42 \text{ мм} .$$

$$b_0 = b_n = 42 \text{ мм} ;$$

де b_n – виконавча товщина прокладки

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

Середній діаметр прокладки

$$D_{CP} = \frac{D_H + D_B}{2} = \frac{1350 + 1266}{2} = 1308 \text{ мм};$$

Лінійна податливість прокладки

$$y_n = \frac{h_n \cdot K}{\pi \cdot E_n \cdot D_{CP} \cdot b_n}, \text{ мм/Н}$$

де $h_n=2$ мм – товщина прокладки;

$E_n = 0,02 \cdot 10^5$ МПа – умовний модуль стискування прокладки;

D_{CP} – середній діаметр прокладки, мм.

$D_0=0,9$ – для плоских з пароніта, завтовшки не більше 2 мм.

$$y_n = \frac{2 \cdot 0,9}{3,14 \cdot 0,02 \cdot 10^5 \cdot 1308 \cdot 42} = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

$l_{\delta 0}$ – відстань між опорними поверхнями гайки і голівки болта.

$$l_{\delta 0} = h_{\delta} + h_{\delta \delta} + h_{\delta \delta} = 72 + 69 + 2 = 143 \text{ мм};$$

$$l_{\delta} = l_{\delta 0} + 0,28 \cdot d = 143 + 0,28 \cdot 23 = 149,44 \text{ мм};$$

$f_{\delta} = 324 \text{ мм}^2$;

$E_{\delta}^{20} = 199 \cdot 10^3$ МПа;

Податливість болтів визначається по формулі:

$$y_{\delta} = \frac{l_{\delta}}{A_{\delta}^{20} \cdot f_{\delta} \cdot n} = \frac{149,44}{199 \cdot 10^3 \cdot 324 \cdot 56} = 4,1 \cdot 10^{-8}, \text{ мм/Н.}$$

Еквівалентна товщина приварного фланця приймаємо рівній товщині обичайки в перетині:

$$S_{\delta} = S = 6 \text{ мм.}$$

Значення коефіцієнтів обчислюємо по формулах:

$$\lambda_1 = \frac{h_1}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{81}{\sqrt{1200 \cdot 6}} = 0,95;$$

$$\lambda_2 = \frac{h_2}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{78}{\sqrt{1200 \cdot 6}} = 0,92;$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

$$\psi_{1,2} = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{D_H}{D}\right) = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{1350}{1200}\right) = 0,065;$$

$$\psi_2 = \frac{D_H + D}{D_H - D} = \frac{1350 + 1200}{1350 - 1200} = 17;$$

$$j_1 = \frac{h_1}{S_0} = \frac{81}{6} = 13,5;$$

$$j_2 = \frac{h_2}{S_0} = \frac{78}{6} = 13;$$

$$\omega_1 = \frac{1}{1 + 0,9\lambda_1 \cdot (1 + \psi_1 \cdot j_1^2)} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,95 \cdot (1 + 0,065 \cdot 13,5^2)} = 0,083;$$

$$\omega_2 = \frac{1}{1 + 0,9\lambda_2 \cdot (1 + \psi_2 \cdot j_2^2)} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,92 \cdot (1 + 0,065 \cdot 13^2)} = 0,09;$$

Кутова податливість фланця визначуваний по формулах:

$$y_{\delta 1} = \frac{[1 - \omega_1(1 + 0,9\lambda_1)] \cdot \psi_2}{A^{20} \cdot h_1^3} = \frac{[1 - 0,083(1 + 0,9 \cdot 0,95)] \cdot 17}{1,99 \cdot 10^5 \cdot 69^3} = 2,2 \cdot 10^{-10} \frac{1}{\dot{I} \cdot \ddot{u}};$$

$$y_{\delta 2} = \frac{[1 - \omega_2(1 + 0,9\lambda_2)] \cdot \psi_2}{A^{20} \cdot h_2^3} = \frac{[1 - 0,09(1 + 0,9 \cdot 0,92)] \cdot 17}{1,99 \cdot 10^5 \cdot 72^3} = 1,9 \cdot 10^{-10} \frac{1}{\dot{I} \cdot \ddot{u}};$$

Плечі моментів сил:

$$b = 0,5(D_{\dot{a}} - D_{\ddot{N}\ddot{I}}) = 0,5(1350 - 1308) = 21\ddot{u} ;$$

$$\dot{a} = 0,5(D_{\ddot{N}\ddot{I}} - D - S) = 0,5(1308 - 1200 - 6) = 51\ddot{u} ;$$

$$\begin{aligned} \eta &= y_n + y_{\dot{A}} + (y_{\delta 1} + y_{\delta 2}) \cdot b^2 = \\ &= 0,5 \cdot 10^{-8} + 4,1 \cdot 10^{-8} + (2,2 \cdot 10^{-10} + 1,9 \cdot 10^{-10}) \cdot 21^2 = 22,7 \cdot 10^{-8}; \end{aligned}$$

$$J = 1 - \frac{y_n - (y_{\delta 1} \cdot e + y_{\delta 2} \cdot e) \cdot b}{\eta};$$

$$J = 1 - \frac{0,5 \cdot 10^{-8} - (2,2 \cdot 10^{-10} \cdot 51 + 1,9 \cdot 10^{-10} \cdot 51) \cdot 21}{22,7 \cdot 10^{-8}} = 1,9;$$

Розрахунок навантажень

Рівнодіюча внутрішнього надлишкового тиску

$$Q_{\delta} = 0,785 \cdot D_{\text{сн}}^2 \cdot P,$$

де P – розрахунковий внутрішній надлишковий тиск, МПа.

$$Q_{\delta} = 0,785 \cdot 1308^2 \cdot 0,261 = 350530,4 \text{ H}$$

				2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Реакція прокладки в робочих умовах

$$R_{II} = \pi \cdot D_{сш} \cdot b_0 \cdot m \cdot P,$$

де $m=2,5$ – коефіцієнт питомого тиску на прокладку;

$$R_{II} = 3,14 \cdot 1308 \cdot 42 \cdot 2,5 \cdot 0,261 = 112555,6 H$$

Навантаження, що виникає від температурних деформацій фланцевого з'єднання, Н.

$$Q_t = \frac{1}{\eta_1} \cdot (\alpha_{\delta} \cdot h \cdot t_{\delta} + \alpha_T \cdot h_T \cdot t_{\delta} - \alpha_{\dot{a}} \cdot l_{\dot{a}0} \cdot t_{\dot{a}}),$$

де $\alpha_{\phi}, \alpha_{KP}, \alpha_{\delta}$ – коефіцієнти лінійного розширення матеріалів відповідно болтів, теплообмінника, фланця, 1/°С.

$$\alpha_{\dot{a}} = 13,36 \cdot 10^{-6}; \alpha_T = \alpha_{\delta} = 12,05 \cdot 10^{-6};$$

$$\eta_1 = y_{II} + y_{\delta} \frac{E_{\delta}}{E_{\delta}^{20}} + \left(y_{\phi} \frac{E_{KP}}{E_{KP}^{20}} + y_{KP} \frac{E_{KP}}{E_{KP}^{20}} \right) \cdot b^2$$

$$\eta_1 = 0,5 \cdot 10^{-8} + 4,1 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1,99 \cdot 10^5}{1,82 \cdot 10^5} + \left(2,2 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1,99 \cdot 10^5}{1,82 \cdot 10^5} + 1,9 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1,99 \cdot 10^5}{1,82 \cdot 10^5} \right) 21^2 = 24,8 \cdot 10^{-8}$$

$$Q_t = \frac{1}{6,97 \cdot 10^{-8}} \left(12,05 \cdot 10^{-6} \cdot 69 \cdot (155 - 20) + 12,05 \cdot 10^{-6} \cdot 72 \cdot (155 - 20) - \right. \\ \left. - 13,36 \cdot 10^{-6} \cdot 143 \cdot (150,35 - 20) \right) = -282056,2$$

Н;

Болтове навантаження в умовах монтажу.

$$P = \max \{ P_{\delta 1}; P_{\delta 2}; P_{\delta 3} \},$$

де $P_{\delta 1}$ – болтове навантаження від спільної дії внутрішнього надлишкового тиску середи, осьової сили і моменту, що вигинає.

$P_{\delta 2}$ – болтове навантаження, необхідне для того, що початкового зм'яло прокладки.

$P_{\delta 3}$ – болтове навантаження з умови забезпечення міцності болтів.

$$P_{\delta 1} = J \cdot Q_{\delta} + R_{II} - Q_t$$

$$P_{\delta 1} = 1,9 \cdot 350530,4 + 112555,6 - (-282056,2) = 1060619,56 H$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						2017.031.00.000.ПЗ

$$P_{\dot{a}2} = 0,5 \cdot \pi \cdot D_{СП} \cdot b_0 \cdot q_{обж},$$

де $q_{обж}$ – коефіцієнт обтискання прокладки; $q_{обж} = 20$.

$$P_{\dot{a}2} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1308 \cdot 42 \cdot 20 = 17249904 \text{ Н}$$

$$P_{\dot{a}3} = 0,4 \cdot [\sigma]_{20} n \cdot f_{\dot{a}},$$

де $[\sigma]_{20}$ – напруга, що допускається, для болтів в умовах монтажу.

$$P_{\dot{a}3} = 0,4 \cdot 184 \cdot 56 \cdot 324 = 13353984 \text{ Н.}$$

$$P_{\dot{a}} = \max \{P_{\dot{a}1}; P_{\dot{a}2}; P_{\dot{a}3}\} = P_{\dot{a}2} = 17249904 \text{ Н}$$

Умова міцності болтів в умовах монтажу

$$[\sigma]_{\dot{a}1} = \frac{P_{\dot{a}}}{n \cdot f_{\dot{a}}} = \frac{17249904}{56 \cdot 324} = 95 < [\sigma]_{\dot{a}}^{20} = 184 \text{ МПа}$$

У робочих умовах

$$\sigma_{\dot{a}2} = \frac{P_{\dot{a}} + \Delta P_{\dot{a}}}{n \cdot f_{\dot{a}}} \leq [\sigma]_{\dot{a}} = 150,35 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{\dot{a}} = (1 - J) \cdot Q_{д} + Q_{т};$$

$$\Delta P_{\dot{a}} = (1 - 1,9) \cdot 350530,4 + (-282056,2) = -597533,56 \text{ Н}$$

$$\sigma_{\dot{a}2} = \frac{17249904 - 597533,56}{56 \cdot 324} = 62 \leq [\sigma]_{\dot{a}} = 150,35 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Розрахунок прокладки

Умова міцності м'якої прокладки

$$q = \frac{P_{\dot{a}}}{\pi \cdot D_{СП} \cdot b_n} \leq [q] = 130 \text{ МПа}$$

$$q = \frac{17249904}{3,14 \cdot 1308 \cdot 42} = 10,4 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа}$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахунок фланця на міцність.

Кут повороту фланця при затягуванні з'єднання:

$$Q = M_{01} \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0.9\lambda)] \cdot \psi_2}{E^{20} \cdot h^3},$$

де $M_{01} = P_A \cdot b = 1724990,4 \cdot 21 = 3,6 \cdot 10^7$ Н·мм – момент, що виникає, від болтового навантаження.

$$Q_1 = 3,6 \cdot 10^7 \cdot \frac{[1 - 0,083 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,95)] \cdot 17}{1,99 \cdot 10^5 \cdot 69^3} = 0,008 \text{ рад.}$$

$$Q_2 = 3,6 \cdot 10^7 \cdot \frac{[1 - 0,09 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,92)] \cdot 17}{1,99 \cdot 10^5 \cdot 72^3} = 0,007 \text{ рад.}$$

Приріст кута повороту фланця в робочих умовах:

$$\Delta Q = \Delta M_{01} \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0.9\lambda)] \cdot \psi_2}{E \cdot h^3},$$

де $\Delta M_{01} = \Delta P_A \cdot b + (Q_A) \cdot e = -597533,56 \cdot 21 + 350530,4 \cdot 51 = 5328845,64$ Н·мм

$$\Delta Q_1 = 5328845,64 \cdot \frac{[1 - 0,083 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,95)] \cdot 17}{187 \cdot 10^3 \cdot 69^3} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

$$\Delta Q_2 = 5328845,64 \cdot \frac{[1 - 0,09 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,92)] \cdot 17}{187 \cdot 10^3 \cdot 72^3} = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

Максимальна напруга вигину в перетині товщиною S_1 :

$$[\sigma]_1 = \frac{T \cdot \omega \cdot M_{01}}{D \cdot (S_0 - C)^2},$$

$$\text{де } T = \frac{(D_H / D)^2 \cdot [1 + 8.55 \lg \cdot (D_H / D)] - 1}{[1.05 + 1.945 \cdot (D_H / D)^2] \cdot [(D_H / D) - 1]};$$

$$T = \frac{(1350/1200)^2 \cdot [1 + 8,55 \cdot \lg(1350/1200)] - 1}{[1,05 + 1,945 \cdot (1350/1200)^2] \cdot [(1350/1200) - 1]} = 1,19$$

Максимальна напруга, що вигинає, в перетині S_0 втулки фланця σ''_e

$$\sigma''_{e1} = \frac{T \cdot \omega \cdot M_{01}}{D(S_0 - C)^2} = \frac{1,19 \cdot 0,083 \cdot 3,6 \cdot 10^7}{1200(6 - 1,8)^2} = 266,7 \text{ МПа}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ	

$$\sigma_{\epsilon 2}'' = \frac{T \cdot w \cdot M_{01}}{D(S_0 - C)^2} = \frac{1,19 \cdot 0,09 \cdot 3,6 \cdot 10^7}{1200(6 - 1,8)^2} = 182,1 \text{ МПа}$$

Меридіальне напруження в циліндричній обичайці при затягуванні фланцевого з'єднання:

- на зовнішній поверхні втулки

$$\sigma_{21} = \sigma_{\dot{a}}'' = 266,7 \text{ МПа}$$

-на внутрішній поверхні

$$-\sigma_{22} = -\sigma_{\dot{a}}'' = -266,7 \text{ МПа}$$

Приріст меридіональної напруги в робочих умовах від дії зовнішніх навантажень і моменту, що вигинає:

$$\Delta \sigma_M'' = \frac{Q_{\dot{a}}}{\pi \cdot D \cdot (S_1 - C)} = \frac{350530,4}{3,14 \cdot 1200 \cdot (6 - 1,8)} = 22,1 \text{ МПа}$$

$$\Delta \sigma_{\dot{a}1}'' = \frac{T \cdot \omega \cdot \Delta M_{01}}{D \cdot (S_1 - C)^2} = \frac{1,19 \cdot 0,083 \cdot 5328845,64}{1200 \cdot (6 - 1,8)^2} = 25 \text{ МПа}$$

$$\Delta \sigma_{\dot{a}1}'' = \frac{T \cdot \omega \cdot \Delta M_{01}}{D \cdot (S_1 - C)^2} = \frac{1,19 \cdot 0,09 \cdot 5328845,64}{1200 \cdot (6 - 1,8)^2} = 27 \text{ МПа}$$

Приріст меридіональної напруги в робочих умовах:

На зовнішній поверхні обичайки

$$\Delta \sigma_{22} = \Delta \sigma_j'' + \Delta \sigma_{\dot{a}}'' = 22,1 + 27 = 49,1 \text{ МПа}$$

На внутрішній поверхні фланця

$$\Delta \sigma_{22} = \Delta \sigma_j'' - \Delta \sigma_{\dot{a}}'' = 22,1 - 27 = -4,9 \text{ МПа}$$

Окружна напруга в циліндричній втулці при затягуванні з'єднання:

на зовнішній поверхні втулки :

$$\sigma_{23} = 0,3 \sigma_{\dot{a}}'' = 0,3 \cdot 27 = 8,1 \text{ МПа}$$

на внутрішній поверхні втулки :

$$\sigma_{24} = -0,3 \sigma_{\dot{a}}'' = -0,3 \cdot 27 = -8,1 \text{ МПа}$$

Приріст окружної напруги в циліндровій втулці в робочих умовах в перетині товщиною S.

						Лист
					2017.031.00.000.ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

на зовнішній поверхні втулки :

$$\Delta\sigma_{23} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - C)} + 0.3 \cdot \Delta\sigma_a'' = \frac{0,261 \cdot 1200}{2 \cdot (6 - 1,8)} + 0,3 \cdot 27 = 45,4 \text{ МПа}$$

на внутрішній поверхні втулки :

$$\Delta\sigma_{24} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - C)} - 0.3 \cdot \Delta\sigma_a'' = \frac{0,261 \cdot 1200}{2 \cdot (6 - 1,8)} - 0,3 \cdot 27 = -29,2 \text{ МПа}$$

Меридіальніє напруги в перетині S_0 на зовнішній поверхні втулки фланця в робочих умовах:

$$\Delta\sigma_{21}^{\delta} = \sigma_{21} + \Delta\sigma_{21} = 266,7 + 49,1 = 315,8 \text{ МПа}$$

Меридіальніє напруги в перетині S_0 на внутрішній поверхні втулки фланця в робочих умовах:

$$\Delta\sigma_{22}^{\delta} = \sigma_{22} + \Delta\sigma_{22} = -266,7 - 4,9 = -271,6 \text{ МПа}$$

Окружна напруга в перетині S_0 на зовнішній поверхні втулки фланця в робочих умовах:

$$\sigma_{23}^{\delta} = \sigma_{23} + \Delta\sigma_{23} = 8,1 + 45,4 = 53,5 \text{ МПа}$$

Окружна напруга в перетині S_0 на внутрішній поверхні втулки фланця в робочих умовах:

$$\sigma_{24}^{\delta} = \sigma_{24} + \Delta\sigma_{24} = -8,1 + (-29,2) = -37,3 \text{ МПа}$$

Умови статичної міцності фланців.

при затягуванні з'єднання:

$$\sigma_{S_0} = \max \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\sigma_{21}^2 + \sigma_{23}^2 - \sigma_{21} \cdot \sigma_{23}} \\ \sqrt{\sigma_{22}^2 + \sigma_{24}^2 - \sigma_{22} \cdot \sigma_{24}} \end{array} \right\} \leq [\sigma]_{S_0}^{20} \quad (5.9)$$

$$\sigma_{S_0} = \max \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{266,7^2 + 8,1^2 - 266,7 \cdot 8,1} = 262,7 \\ \sqrt{(-266,7)^2 + (-8,1)^2 - (-266,7) \cdot (-8,1)} = 262,7 \end{array} \right\} = 262,7 < 877,6 \text{ МПа.}$$

у робочих умовах:

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{s0} = \max \left\{ \begin{aligned} &\sqrt{(\sigma_{21}^p)^2 + (\sigma_{23}^p)^2 - \sigma_{21}^p \cdot \sigma_{23}^p} \\ &\sqrt{(\sigma_{22}^p)^2 + (\sigma_{24}^p)^2 - \sigma_{22}^p \cdot \sigma_{24}^p} \end{aligned} \right\} \leq [\sigma]_{s0} \quad (5.10)$$

$$\sigma_{s0} = \max \left\{ \begin{aligned} &\sqrt{315,8^2 + 53,5^2 - 315,8 \cdot 53,5} = 292,8 \text{ МПа} \\ &\sqrt{(-271,6)^2 + (-37,3)^2 - (-271,6) \cdot (-37,3)} = 255 \text{ МПа} \end{aligned} \right\} = \\ = 292,8 \text{ МПа} < 734,3 \text{ МПа} \quad .$$

Вимоги до жорсткості (герметичності).

Умова жорсткості (герметичності) фланцевого з'єднання:

$$\theta + \Delta\theta \leq [\theta]$$

де $[\theta]$ – кут повороту фланця, що допускається, рад.

$$\theta + \Delta\theta = 8 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-3} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

У робочих умовах умова

$$9,2 \cdot 10^{-3} \leq [\theta] = 0,013 \text{ рад} \quad \text{виконується.}$$

В умовах випробування

$$9,2 \cdot 10^{-3} \leq [\theta] = 0,017 \text{ рад} \quad \text{виконується.}$$

5.6. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість кожухотрубчастого теплообмінника з нерухомими трубами та компенсатором на кожусі.

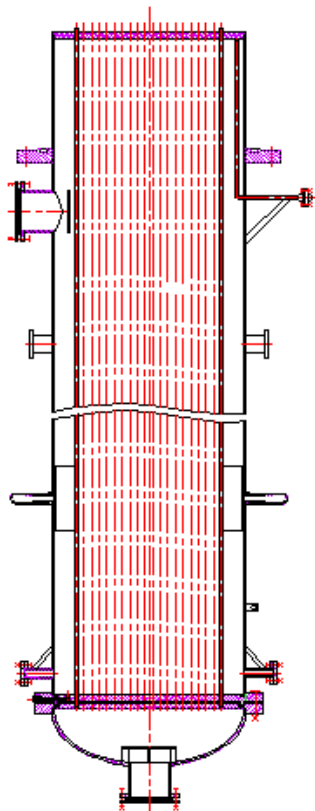


Рис 17. Підігрівач.

Початкові данні:

Внутрішній діаметр кожуха D , мм	1200
Довжина теплообмінних труб l , мм	6000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_m , мм	25
Товщина стінки труби S_m , мм	2
Число ходів по трубам	1
Розрахунковий тиск у трубному просторі P_m , МПа	0,261
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі P_K , МПа	0,261

Розрахункова температура труб t_m , °C	155
Розрахункова температура кожуха t_k , °C	125
Матеріал кожуха	СтЗсп5
Матеріал розподільної камери, кришки, трубної решітки та теплообмінних труб	сталь марки 12X18Н10Т
Середовище в трубному просторі – пожежовибухонебезпечне, шкідливе, 3 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007-76	
Середовище в міжтрубному просторі – пожежовибухобезпечне, не шкідливе, 3 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007-76	
Група теплообмінника по трубному простору	1
Група теплообмінника по міжтрубному простору	0,9
Загальне число циклів навантаження N	1000
Строк служби	20

Розрахункова температура

Розрахункову температуру розподільної камери t_k^* , °C, визначаємо за формулою

$$t_{кам} = 2 t_m - t_k = 2 \cdot 155 - 125 = 185 \text{ °C.}$$

Розрахункову температуру ізольованих фланців визначаємо за наступною формулою

$$t_\phi = t,$$

де t – розрахункова температура апарата, °C.

Розрахункову температуру ізольованих апаратних фланців і фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівною температурі розподільної камери, тобто $t_o = t_{\text{вв}} = 185 \text{ °C.}$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахункову температуру ізольованих фланців штуцерів кожуха приймаємо рівною температурі середовища міжтрубного простору тобто $t_{\delta} = t_{\epsilon} = 125 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахункову температуру болтів для ізольованих фланцевих з'єднань визначаємо за формулою

$$t_{\delta} = 0,97 t .$$

Розрахункова температура болтів корпусних фланцевих з'єднань та фланців штуцерів розподільної камери дорівнює

$$t_{\delta} = 0,97 t_{\epsilon} = 0,97 \cdot 185 = 179,45 \text{ }^{\circ}\text{C} .$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору

$$t_{\delta} = 0,97 t_{\epsilon} = 0,97 \cdot 125 = 121,25 \text{ }^{\circ}\text{C} .$$

Допустимі напружини

Допустимі напружини при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при температурі $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $[\sigma]_{20}$, МПа, для матеріалів елементів апарата приведені в таблиці 1.

Таблиця 5 – Допустимі напружини матеріалів деталей теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	Ст3сп5	154	143,2	1,075
Трубна решітка	12Х18Н10Т	184	138,4	1,33
Труби	12Х18Н10Т	184	138,4	1,33
Фланці апаратні	12Х18Н10Т	184	138,4	1,33

Фланці штуцерів трубного простору	Сталь 20	147	137,2	1,07
Фланці штуцерів міжтрубного простору	Сталь 20	147	137,2	1,07
Болти та гайки кріплення апаратних фланців та штуцерів трубного простору	Сталь марки 12Х18Н10Т	184	138,4	1,33
Болти фланцевих з'єднань	Сталь 35	130	125	1,04
штуцерів міжтрубного простору				
Гайки фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору	Сталь 20	95,65	91,95	1,04

Пробний тиск, при якому проводиться випробування апарата, визначаємо за формулою

$$P_{np} = 1,25 P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (5.11)$$

Відношення $[\sigma]_{20}/[\sigma]$ приймаємо по тому із використовуваних матеріалів елементів кожної порожнини апарата, для якої воно є найменшим.

Для трубного простору при мінімальному відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,07$ пробний тиск складає

$$P_{\text{пр}} = 1,25 P_{\text{д}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,261 \cdot 1,07 = 0,35 \text{ МПа.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає

$$P_{\bar{a}\delta\delta} = \rho_{\bar{a}} \cdot g \cdot H_{\bar{n}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 7,3 \cdot 10^{-6} = 0,07 \text{ МПа,}$$

H_c – висота стовпа води у трубному просторі.

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору

$$P_{\bar{a}\delta\delta} = 0,014 \leq 0,05 P_{i\delta\delta} = 0,05 \cdot 0,35 = 0,0175 \text{ МПа}$$

складає менше 5% від пробного, тому за розрахунковий тиск в умовах випробувань приймаємо пробний

$$P_{\bar{s}\delta} = P_{i\delta\delta} = 0,35 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{\bar{s}\delta} = 0,35 \cdot \ddot{H}\ddot{a} \leq 1,35 P_{\delta} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,261 \cdot 1,07 = 0,377 \text{ МПа}$$

виконується, тому розрахунок елементів трубного простору в умовах гідравлічних випробувань проводити не потрібно.

Для міжтрубного простору при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,04$ пробний тиск складає

$$P_{i\delta\delta} = 1,25 P_{\delta} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,261 \cdot 1,04 = 0,34 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{\bar{a}\delta\delta} = \rho_{\bar{a}} \cdot g \cdot H_{\bar{e}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 7,3 \cdot 10^{-6} = 0,07 > \\ > 0,05 P_{i\delta\delta} = 0,05 \cdot 0,34 = 0,017 \text{ МПа}$$

складає понад 5% від пробного, тому розрахунковий тиск в умовах випробувань розраховуємо за формулою

$$P_{i\delta\delta} = P_{i\delta\delta} + P_{\bar{a}\delta\delta} = 0,34 + 0,017 = 0,357 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{i\delta\delta} = 8,6 \leq 1,35 P_{\delta} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,261 \cdot 1,04 = 0,366 \text{ МПа}$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

виконується, тому розрахунок елементів міжтрубного простору в умовах гідравлічних випробувань проводити не потрібно.

Коефіцієнти міцності зварних швів

Трубний простір теплообмінника за розрахунковим тиском, температурою та характером робочого середовища відноситься до 1 групи посудин, для якої довжина контрольованих швів складає 100 % від їх загальної довжини. Для стикових швів із двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичною зваркою, коефіцієнт міцності зварних швів трубного простору приймаємо рівним $\varphi_p = 1,0$.

Міжтрубний простір теплообмінника за розрахунковим тиском, температурою та характером робочого середовища відноситься до 4 групи посудин, для яких довжина контрольованих швів складає не менше 25 % від загальної довжини кожного шва. Для стикових (поздовжніх) швів із двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичною зваркою, при контрольованій довжині швів від 10 до 50 %, коефіцієнт міцності зварних швів міжтрубного простору приймається рівним $\varphi_p = 0,9$.

Добавки до розрахункових величин

Суми добавок до розрахункових величин визначаємо за формулою

$$C = C_1 + C_2,$$

C_1 – добавка для компенсації корозії та ерозії, мм;

C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску, мм.

Добавку для компенсації корозії та ерозії C_1 розраховуємо за формулою

$$C_1 = \Pi \cdot \tau + C_3, \text{ мм},$$

Π – швидкість проникнення корозії, мм/год;

τ – розрахунковий строк служби теплообмінника, рок;

C_3 – добавка для компенсації ерозії, мм.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Добавку для компенсації ерозії не враховуємо, приймаючи, що теплообмінник працює з чистими рідкими середовищами (без твердих або абразивних частинок), а швидкість руху середовища складає менше 20 м/с.

Швидкість проникнення корозії для матеріалу міжтрубного простору приймаємо $P_K=0,05$ мм/рік, а трубного – $P_m=0$ мм/рік.

Добавка для компенсації корозії та ерозії складає:

– для труб з боку трубного та міжтрубного просторів

$$C_{Im} = 0 \text{ мм};$$

– для кожуха

$$C_{Ik} = P_K \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ мм}.$$

Добавку для компенсації мінусового допуску C_2 , мм, приймаємо за методичними вказівками або за стандартом.

Розрахунок кожуха теплообмінника. Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника

Розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску визначаємо за формулою:

$$S_{PK} = \frac{P_K \cdot D}{2[\sigma]_K \cdot \varphi_p - P_K} \quad (5.12)$$

P_K – розрахунковий тиск у міжтрубному просторі теплообмінника при розрахунковій температурі, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки кожуха, мм;

φ_p – коефіцієнт міцності поздовжніх зварних швів.

$$S_{pe} = \frac{0,261 \cdot 1200}{2 \cdot 143,2 \cdot 1 - 0,261} = 1,09 \text{ мм}.$$

Виконавчу товщину стінки кожуха визначаємо за формулою

$$S \geq S_p + C = 1,09 + 0,5 = 1,59 \text{ мм}.$$

Відповідно галузевому стандарту приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_e = 8$ мм, тому що мінімальна товщина фланця $\text{Ø}1200$ дорівнює 8

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

мм. Добавка для компенсації мінусового допуску для сталевих листа товщиною 8 мм складає $C_2 = 0,8$ мм. Добавку

$$\check{N}_2 = 0,8 > 0,05S = 0,05 \cdot 8 = 0,4 \text{ мм}$$

враховуємо, так як вона перевищує 5 % від номінальної товщини листа.

Сума добавок до розрахункової товщини стінки кожуха складає

$$C_k = C_{1k} + C_{2k} = 0,5 + 0,8 = 1,3 \text{ мм.}$$

Виконавчу товщину стінки кожуха визначаємо за формулою

$$S_e \geq S_{pe} + C_e = 1,09 + 1,3 = 2,39 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_e = 8$ мм.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск в кожусі визначаємо за формулою

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 143,2 \cdot 0,9 \cdot (8 - 1,3)}{1200 + (8 - 1,3)} = 1,43 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$D_e = 0,261 \leq [D]_e = 1,43 \text{ МПа}$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{8 - 1,3}{1200} = 0,0056 \leq 0,1$$

виконується.

Визначення товщини трубної решітки

Товщину трубної решітки приймаємо рівною 20 мм із наступною перевіркою на міцність та жорсткість.

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою:

$$P = \max \{ |P_m|; |P_k|; |P_m - P_k| \} = \quad (5.13)$$
$$= \max \{ 0,261; 0,261; |0,261 - 0,261| \} = 0,261 \text{ МПа.}$$

Розрахункову товщину трубної решітки за умови міцності максимальної зони визначаємо за формулою:

$$S_{pp} = 0,5 \cdot D_e \sqrt{P/[\sigma]_p} = 0,5 \cdot 34 \sqrt{0,261/143,2} = 0,7 \text{ мм};$$

де D_e – діаметр окружності, вписаної в максимальну без трубну зону виконавчу товщину трубної решітки за умови міцності максимальної без трубної зони визначаємо за формулою:

$$S_p \geq S_{pp} + C_p = 0,7 + 1,1 = 1,7 \text{ мм};$$

Коефіцієнт ослаблення трубної решітки визначаємо за формулою:

$$\varphi_p = 1 - d_0/t_p = 1 - 25,15/32 = 0,214;$$

Визначення допоміжних величин

Відносна характеристика безтрубного краю трубної решітки

$$m_n = 0,5 D/a_1, \tag{5.14}$$

де $D=1200$ мм - внутрішній діаметр кожуха;

a_1 - відстань від осі кожуха до осі найбільш віддаленої труби, мм, розраховується по формулі:

$$a_1 = 0,5(D_0 - d_m) = 0,5(1188 - 25) = 581,5;$$

$$m_n = 0,5 \cdot 1200/581,5 = 1,03;$$

Коефіцієнти впливу тиску на трубну решітку:

$$\eta_k = 1 - \frac{i \cdot d_m^2}{4 \cdot a_1^2} = 1 - \frac{1114 \cdot 25^2}{4 \cdot 581,5^2} = 0,48;$$

де $i=1114$ - кількість труб в решітці;

$d_m=25$ мм — зовнішній діаметр труби;

$S_m=2$ мм — товщина стінки труби.

$$\eta_m = 1 - \frac{i \cdot (d_m - 2S_m)^2}{4a_1^2} = 1 - \frac{1114 \cdot (25 - 2 \cdot 2)^2}{4 \cdot 581,5^2} = 0,64;$$

Коефіцієнт жорсткості трубної решітки визначають за формулою

						<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		<i>2017.031.00.000.ПЗ</i>

$$\psi_0 = \eta_m^{2,33} = 0,64^{2,33} = 0,35;$$

Модуль пружності основи (системи труб) K_y , Н/мм³, визначають за формулою:

$$K_y = \frac{2E_m \cdot (\eta_m - \eta_k)}{l} = \frac{2 \cdot 197 \cdot 10^3 \cdot (0,64 - 0,48)}{6000} = 10,5;$$

де E_m - модуль поздовжньої пружності матеріалу труб при розрахунковій температурі, МПа;

l - довжина труб, мм.

Зведене відношення жорсткості труб до жорсткості кожуха розраховують за формулою

$$\rho = \frac{K_y \cdot a_1 \cdot l}{2E_k \cdot S_k} = \frac{10,5 \cdot 581,5 \cdot 6000}{2 \cdot 179 \cdot 10^3 \cdot 8} = 12,8$$

де E_k - модуль поздовжньої пружності матеріалу кожуха при розрахунковій температурі, МПа;

S_k - виконавча товщина стінки кожуха, мм.

Коефіцієнти змінення жорсткості системи труби-кожух визначають за формулами:

$$K_q = I + K_q^*;$$

$$K_p = I + K_p^*;$$

де K_q^* - коефіцієнт, який враховує відношення осьового переміщення компенсатора під дією розтягувальної сили до осьового переміщення країв корпусу апарата без компенсатора під дією тієї ж сили;

K_p^* - коефіцієнт, який враховує відношення осьового переміщення компенсатора під дією внутрішнього тиску до осьовому переміщення країв корпусу апарата без компенсатора під дією того ж тиску;

Різницю у видовженні кожуха і труб в робочих умовах, яку необхідно скомпенсувати, визначають за формулою

$$\Delta = l \cdot [(\alpha_k \cdot (t_k - t_0) - \alpha_m \cdot (t_m - t_0))]$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

де α_k , α_m - коефіцієнти лінійного розширення матеріалів відповідно кожуха та труб, $1/^\circ\text{C}$;

$$\Delta = 6000 \cdot |[11,8 \cdot 10^{-6} \cdot (125 - 20) - 17 \cdot 10^{-6} \cdot (155 - 20)]| = 6,3 \text{ мм};$$

За додатком визначаємо компенсуючи здатність однієї лінзи компенсатора при загальному числі циклів навантаження $N=10^3$, $\Delta_l=10,5$ мм.

Необхідне число лінз в компенсаторі визначають за формулою:

$$n_l = \Delta / \Delta_l = 6,3 / 10,5 = 0,6$$

Отримане число лінз округляємо до найближчого більшого цілого числа, тобто $n_l=1$.

Жорсткість компенсатора визначаємо за додатком, $C_a=80780$ Н.

Коефіцієнт жорсткості лінзового компенсатора K_k Н/мм, визначають за формулою

$$K_k = \frac{C_a}{n_l \cdot \Delta_l} = \frac{80780}{1 \cdot 10,5} = 7693,3 \text{ Н/мм};$$

Внутрішній діаметр западини хвилі компенсатора визначаємо за формулою:

$$d_k = d_H - 2S_l = 1216 - 2 \cdot 4 = 1208 \text{ мм};$$

де d_H – зовнішній діаметр хвилі компенсатора.

Враховуючи те, що теплообмінник з компенсатором на кожусі коефіцієнти K_q^* і K_p^* визначають за формулами:

$$K_q^* = \frac{\pi \cdot D \cdot E_k \cdot S_k}{l \cdot K_k} = \frac{3,14 \cdot 1200 \cdot 179 \cdot 10^3 \cdot 8}{6000 \cdot 7693,3} = 116,9;$$

$$K_p^* = - \frac{\pi \cdot (D_l^2 - d_k^2) \cdot E_k \cdot S_k}{1,2 l \cdot D \cdot K_k} = - \frac{3,14 \cdot (1366^2 - 1208^2) \cdot 179 \cdot 10^3 \cdot 8}{1,2 \cdot 6000 \cdot 1200 \cdot 7693,3} = 27,5;$$

де K_k - коефіцієнт жорсткості компенсатора, Н/мм;

D_l - зовнішній діаметр гребеня хвилі компенсатора, мм;

d_k - внутрішній діаметр западини хвилі компенсатора, мм.

$$K_q = 1 + 116,9 = 117,9;$$

$$K_p = 1 + 27,5 = 28,5;$$

Безрозмірний коефіцієнт m_{cp} розраховуємо за формулою:

$$m_{cp} = 0,15 \frac{i \cdot (d_m - S_m)^2}{a_1^2};$$

де i – число труб в трубній решітці;

a_1 - відстань від осі кожуха до осі найбільш віддаленої труби, мм;

$$m_{cp} = 0,15 \frac{1114 \cdot (25 - 2)^2}{581,5^2} = 0,26;$$

Зведений тиск визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} P_0 &= 0,5[\alpha_k \cdot (t_k - t_0) - \alpha_m \cdot (t_m - t_0)] \cdot K_y \cdot l + \\ &+ [\eta_m - 1 + m_{cp} + m_n \cdot (m_n + 0,5\rho \cdot K_q)] \cdot P_m - \\ &- [\eta_k - 1 + m_{cp} + m_n \cdot (m_n + 0,3\rho \cdot K_p)] \cdot P_k = \end{aligned} \quad (5.15)$$
$$\begin{aligned} &= 0,5[11,8 \cdot 10^{-6} \cdot (125 - 20) - 17 \cdot 10^{-6} \cdot (155 - 20)] \cdot 10,5 \cdot 6000 + \\ &+ [0,64 - 1 + 0,26 + 1,03 \cdot (1,03 + 0,5 \cdot 8,5 \cdot 117,9)] \cdot 0,261 - \\ &- [0,48 - 1 + 0,26 + 1,03 \cdot (1,03 + 0,3 \cdot 8,5 \cdot 28,5)] \cdot 0,261 = -474,4 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Коефіцієнт системи решітка-труби β , 1/мм, визначають за формулою

$$\beta = \frac{1,82}{S_p} \cdot \sqrt{\frac{K_y \cdot S_p}{\psi_0 \cdot E_p}} = \frac{1,82}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{10,5 \cdot 1,7}{0,35 \cdot 197 \cdot 10^3}} = 0,136$$

де E_p - модуль поздовжньої пружності матеріалу решітки при розрахунковій температурі, МПа.

Коефіцієнти системи кожух-решітка і обичайка-фланець камери відповідно β_1 і β_2 1/мм визначають за формулами:

$$\beta_1 = \frac{1,84}{\sqrt{D \cdot S_1}} = \frac{1,84}{\sqrt{1200 \cdot 8}} = 0,0187;$$

$$\beta_2 = \frac{1,84}{\sqrt{D \cdot S_2}} = \frac{1,84}{\sqrt{1200 \cdot 8}} = 0,0187;$$

де S_1 - товщина стінки кожуха в місці з'єднання з трубною решіткою або фланцем, мм;

					2017.031.00.000.ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

S_2 - товщина стінки камери в місці з'єднання з трубною решіткою або фланцем, мм.

Еквівалентну товщину втулки приварного встик фланця визначають за формулою:

$$S_3 = K \cdot S_0$$

де S_0 - товщина конічної втулки фланця в місці з'єднання з кожухом, мм;

K - безрозмірний коефіцієнт.

Коефіцієнт K розраховують за формулою:

$$K = 1 + \frac{(\beta_3 - 1) \cdot X}{X + 0,25(1 + \beta_3)}; \quad (5.16)$$

де β_3 , X - безрозмірні коефіцієнти, які визначають за формулами:

$$\beta_3 = S_{1\phi} / S_0;$$

$$X = l_{\phi} / \sqrt{D \cdot S_0}$$

де l_{ϕ} — довжина конічної втулки фланця, мм;

$S_{1\phi}$ - товщина конічної втулки фланця в місці з'єднання з фланцем, мм.

$$X = 72 / \sqrt{1200 \cdot 8} = 0,73;$$

$$\beta_3 = 48 / 8 = 6;$$

$$K = 1 + \frac{(6 - 1) \cdot 0,73}{0,73 + 0,25(1 + 6)} = 1,47;$$

$$S_3 = 1,47 \cdot 8 = 11,76;$$

Жорсткість фланцевого з'єднання при згині K_{ϕ} , Н, розраховують за формулою:

$$K_{\phi} = K_{\phi 1} + K_{\phi 2}; \quad (5.17)$$

де

$$K_{\phi 1} = \frac{E_1 \cdot h_1^3 \cdot b_1}{12R_1^2} + K_1 \cdot \left(1 + \frac{\beta_1 \cdot h_1}{2}\right); \quad (5.18)$$

$$K_{\phi 2} = \frac{E_2 \cdot h_2^3 \cdot b_2}{12R_2^2} + K_2 \cdot \left(1 + \frac{\beta_2 \cdot h_2}{2}\right); \quad (5.19)$$

$$K_1 = \frac{\beta_1 \cdot D \cdot E_K \cdot S_1^3}{11R_1}; \quad (5.20)$$

$$K_2 = \frac{\beta_2 \cdot D \cdot E_D \cdot S_2^3}{11R_2}; \quad (5.21)$$

$E_1 = E_2 = 197 \cdot 10^3$ МПа; $E_K = E_D = 191,6 \cdot 10^3$ МПа- модулі поздовжньої пружності матеріалів відповідно фланця кожуха, фланця розподільної камери, кожуха та камери при розрахунковій температурі;

R_1, R_2 - радіуси центрів ваги тарілки фланця відповідно кожуха та камери;

h_1, h_2 - товщини фланців під прокладкою відповідно кожуха та розподільної камери, мм;

$h_1 = 36$ мм, $h_2 = 34$ мм - ширини фланців відповідно кожуха та розподільної камери, мм.

Радіуси центрів ваги тарілок фланців кожуха та розподільної камери визначають за формулою:

$$R_1 = R_2 = 0,25(D_H - D) = 0,25(1360 - 1200) = 40 \text{ мм};$$

а ширини фланців - за формулою:

$$b_1 = b_2 = 0,5(D_H - D) = 0,5(1360 - 1200) = 80 \text{ мм};$$

де D_H - зовнішній діаметр фланця, мм.

$$K_1 = \frac{0,0187 \cdot 1200 \cdot 197 \cdot 10^3 \cdot 8^3}{11 \cdot 40} = 5,1 \cdot 10^6;$$

$$K_2 = \frac{0,0187 \cdot 1200 \cdot 191,6 \cdot 10^3 \cdot 8^3}{11 \cdot 40} = 5 \cdot 10^6;$$

$$K_{\Phi 1} = \frac{191,6 \cdot 10^3 \cdot 36^3 \cdot 80}{12 \cdot 40^2} + 5,1 \cdot 10^6 \cdot \left(1 + \frac{0,0187 \cdot 36}{2}\right) = 44 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$K_{\Phi 2} = \frac{191,6 \cdot 10^3 \cdot 34^3 \cdot 80}{12 \cdot 40^2} + 5 \cdot 10^6 \cdot \left(1 + \frac{0,0187 \cdot 34}{2}\right) = 38 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$K_{\Phi} = 44 \cdot 10^6 + 38 \cdot 10^6 = 82 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коефіцієнти впливу тиску на згин фланців m_1 і m_2 , мм^2 , визначають за формулами:

$$m_1 = \frac{1 + \beta_1 \cdot h_1}{2 \cdot \beta_1^2} = \frac{1 + 0,0187 \cdot 36}{2 \cdot 0,0187^2} = 2392,4 \text{ мм}^2$$

$$m_2 = \frac{1 + \beta_2 \cdot h_2}{2 \cdot \beta_2^2} = \frac{1 + 0,0187 \cdot 34}{2 \cdot 0,0187^2} = 2339 \text{ мм}^2$$

Зведене відношення жорсткості труб до жорсткості фланцевого з'єднання

$$\rho_1 = \frac{K_y \cdot D \cdot a_1}{2 \cdot \beta^2 \cdot K_\Phi \cdot R_1} = \frac{10,5 \cdot 1200 \cdot 581,5}{2 \cdot 0,136^2 \cdot 82 \cdot 10^6 \cdot 40} = 0,048;$$

Коефіцієнти Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 визначають залежно від параметра ω .

Параметр ω визначають за формулою:

$$\omega = \beta \cdot a_1 = 0,136 \cdot 581,5 = 79,1;$$

Значення коефіцієнтів T_1 , T_2 , T_3 визначають залежно від коефіцієнта ω і відносної характеристики безтрубного краю трубної решітки m_n або за формулами:

$$\begin{aligned} T_1 &= \Phi_1 \cdot [m_n + 0,5(1 + m_n \cdot t) \cdot (t - 1)] = \\ &= 111,8 \cdot [1,03 + 0,5(1 + 1,03 \cdot 4,34) \cdot (4,34 - 1)] = 1406; \end{aligned}$$

$$T_2 = \Phi_2 \cdot t = 79,1 \cdot 4,34 = 343,3;$$

$$T_3 = \Phi_3 \cdot m_n = 111,8 \cdot 1,03 = 115,15;$$

$$\text{де } t = 1 + 1,41\omega \cdot (m_n - 1) = 1 + 1,41 \cdot 79,1 \cdot (1,03 - 1) = 4,34;$$

Визначення зусиль в елементах апаратів

Трубну решітку кожухотрубчастого теплообмінного апарата з нерухомими трубними решітками, та компенсатором на кожусі розглядають як круглу пластину, яка оперта та защемлена по краю і знаходиться на так званій пружній узагальненій основі.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ	Лист

В прийнятій розрахунковій схемі визначають навантаження, які діють у наступних перерізах:

- у кільцевому перерізу неперфорованої частини решітки з фланцем;
- у кільцевому перерізу центральної перфорованої частини решітки з неперфорованою частиною;
- у поперечному перерізу з'єднання фланця з кожухом;
- у поперечному перерізу з'єднання труб з решіткою.

На базі рішення рівнянь сумісності деформацій (лінійних переміщень та кутів поворотів) елементів системи отримані розрахункові рівняння для навантажень (розтягувальних N і перерізувальних b сил та згинальних моментів M), які діють:

- у кільцевому перерізу з'єднання неперфорованої частини трубної решітки з фланцем (Q, M);
- у кільцевому перерізу з'єднання центральної перфорованої частини решітки з неперфорованою частиною (Q_a, M_a);
- у перерізу з'єднання фланця з кожухом (N_K, M_K);
- у перерізу труби (N_m, M_m).

Згинальний момент, розподілений по периметру трубної решітки, M , Н·мм/мм, визначають за формулою

$$M = \frac{a_1}{\beta} \cdot \frac{P_1 \cdot (T_1 + \rho \cdot K_q) - P_0 \cdot T_2}{(T_1 + \rho \cdot K_q) \cdot (T_3 + \rho_1) - T_2^2}; \quad (5.22)$$

де P_1 – тиск, МПа

$$P_1 = \frac{K_y}{\beta \cdot K_\Phi} \cdot (m_1 \cdot P_K - m_2 \cdot P_m) =$$

$$= \frac{10,5}{0,136 \cdot 82 \cdot 10^6} \cdot (2392,4 \cdot 0,261 - 2339 \cdot 0,261) = 0,013 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

$$M = \frac{581,5}{0,136} \cdot \frac{0,013 \cdot 10^{-3} \cdot (1406 + 12,8 \cdot 117,9) - (-474,4) \cdot 343,3}{(1406 + 12,8 \cdot 117,9) \cdot (115,15 + 0,048) - 343,3^2} = 3195 \text{ Н} \cdot \text{мм/мм}.$$

Перерізувальну силу, що розподілена по периметру трубної решітки Q , Н/мм, визначають за формулою

$$Q = \frac{\alpha_1 \cdot [P_0 \cdot (T_3 + \rho_1) - P_1 \cdot T_2]}{(T_1 + \rho \cdot K_q) \cdot (T_3 + \rho_1) - T_2^2} =$$

$$= \frac{581,5 \cdot [-474,4 \cdot (115,15 + 0,048) - 0,013 \cdot 10^3 \cdot 343,3]}{(1406 + 12,8 \cdot 117,9) \cdot (115,15 + 0,048) - 343,3^2} = -157,7 \text{ Н/мм};$$

Згинальний момент, розподілений по периметру перфорованої зони трубної решітки M_a , Н·мм/мм, розраховують за формулою

$$M_a = M + (0,5 D - a_1) \cdot Q = 3195 + (0,5 \cdot 1200 - 581,5) \cdot (-157,7) = 277,55 \text{ Н} \cdot \text{мм/мм};$$

Перерізувальну силу, яка розподілена по периметру перфорованої зони трубної решітки, Q_a , Н/мм, визначають за формулою:

$$Q_a = m_n \cdot Q = 1,03 \cdot (-157,7) = -162,4 \text{ Н/мм};$$

Розрахунок лінзового компенсатора

Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора d_1 , мм, визначають за формулою:

$$d_1 = d_n - S_n = 1216 - 4 = 1208 \text{ мм};$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора d_2 , мм, визначають за формулою:

$$d_2 = D_n - S_n = 1366 - 4 = 1362 \text{ мм};$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора r_s , мм, розраховують за формулою:

$$r_s = 0,5(2r + S_n) = 0,5(2 \cdot 14 + 4) = 16 \text{ мм}$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Допоміжну величину впливу переходу розраховують за формулою:

$$\rho_{пл} = 2 - 100 \frac{r_s}{d_1 + d_2} = 2 - 100 \frac{16}{1208 + 1362} = 1,37;$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора $b_{пл}$, мм, розраховують за формулою

$$b_{пл} = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_{пл} \cdot r_s) = 0,5(1362 - 1208 + 1,37 \cdot 16) = 66,04 \text{ мм};$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора R_0 , мм, визначають за формулою

$$R_0 = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_{пл}) = 0,25(1362 + 1208 - 2 \cdot 66,04) = 609,48 \text{ мм};$$

Середній діаметр хвилі $d_{сп}$, мм, визначають за формулою

$$d_{сп} = 0,5(d_2 + d_1) = 0,5(1362 + 1208) = 1285 \text{ мм};$$

Характеристики хвилі визначають за формулами:

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 = \frac{1362}{1208} - 1 = 0,127;$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2r_s} - 2 = \frac{1362 - 1208}{2 \cdot 16} - 2 = 2,8;$$

$$\alpha = S_{пл}/d_1 = 4/1208 = 0,0033;$$

$$\lambda = b_{пл}/R_0 = 66,04/609,48 = 0,108;$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2r_s}{d_2 - d_1} = 1 + 1,25 \frac{1362}{1208} - \frac{3,2 \cdot 16}{1362 - 1208} = 2,07;$$

Розрахунок компенсатора на міцність

Виконавчу товщину стінки компенсатора $S_{пл}$ мм, розраховують за формулою

$$S_{пл} \geq S_{лр} + C_{пл};$$

де $S_{лр}$ - розрахункова товщина стінки компенсатора, мм;

$C_{пл}$ — сума добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора, мм. Суму добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора при $S_{лр}=3,0$ мм приймають рівною не більше 0,5 мм, при $S_{лр} = 4,0$ мм - не більше 0,8 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2017.031.00.000.ПЗ

Лист

Розрахункову товщину стінки компенсатора визначають за формулою

$$S_{\text{сп}} = S_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (S_3/S_4)^4}} =$$

$$= 0,42 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (1,27/0,42)^4}} = 1,3;$$

$$S_3 = 0,25(d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P/[\sigma]_{\text{л}}} =$$

$$= 0,25(1362 - 1208 - 2,07 \cdot 16) \cdot \sqrt{0,261/147} = 1,27;$$

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{\text{сп}}}{2[\sigma]_{\text{л}} \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2l_{\text{к}} + 2,3r_s} =$$

$$= \frac{0,261 \cdot 1285}{2 \cdot 147 \cdot 1} \cdot \frac{74}{1362 - 1208 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 0,42;$$

$$S_{\text{л}} \geq 1,3 + 0,5 = 1,8 \text{ мм}$$

$[\sigma]_{\text{л}}$ – допустима напружина для матеріалу лінзи при розрахунковій температурі, МПа;

L — виконавча довжина компенсатора, мм;

$l_{\text{к}}$ - приєднувальна довжина циліндричної частини компенсатора, мм;

φ - коефіцієнт міцності поздовжнього зварного шва компенсатора.

Допустимий тиск $[P]_{\text{л}}$, МПа, визначають за формулою

$$[P]_{\text{л}} = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_1}{[P]_2}\right)^2}} = \frac{0,27}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,27}{845,3}\right)^2}} = 0,269 \text{ МПа};$$

де

$$[P]_1 = 16 \left(\frac{S_{\text{л}} - C_{\text{л}}}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_{\text{л}} =$$

$$= 16 \left(\frac{1,8 - 0,5}{1362 - 1208 - 2,07 \cdot 16} \right)^2 \cdot 147 = 0,27 \text{ МПа}$$

$$[P]_2 = \frac{2[\sigma]_{\text{л}} \cdot \varphi \cdot (S_{\text{л}} - C_{\text{л}})}{d_{\text{сп}}} \cdot \frac{d_2 - d_1 + 2l_{\text{к}} + 2,3r_s}{L} = \quad (5.23)$$

$$= \frac{2 \cdot 147 \cdot 1 \cdot (1362 - 0,5)}{1285} \cdot \frac{1362 - 1208 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16}{74} = 845,3 \text{ МПа};$$

Умова $P = 0,261 < [P]_{\text{л}} = 0,269$ виконується.

5.7 Розрахунок опорних вузлів

Вибір опор.

У якості опорних вузлів приймаємо опори-лапи вертикальних апаратів.

При $n=4$ забезпечуючих рівномірний розподіл навантаження між всіма опорними лапами (точний монтаж, установка прокладок, підливка бетону і тому подібне), зусилля визначають по формулі:

$$F_1 = \frac{G}{n} = \frac{m \cdot g}{n}, \quad (5.24)$$

де m маса апарату в робочих умовах;

n – кількість опорних лап;

g – прискорення вільного падіння.

$$F_1 = \frac{G}{n} = \frac{m \cdot g}{n} = \frac{20000 \cdot 9,81}{4} = 49050 \text{ Н}$$

де $m=20000$ кг;

$n = 4$.

Вибираємо опору виконання - 3 ГОСТ 26296-84.

Умовне позначення лапи:

Опорна лапа 3-63000 ГОСТ 26296-84

Зварку опорної лапи і приварювання її до обичайки або накладного листа слід проводити суцільним двостороннім швом.

При виборі опорної лапи необхідно проводити розрахунок здатності обичайки, що несе, в місці приварювання опорної лапи по ГОСТ 26202-84. В разі недостатньої здатності обичайки, що несе, необхідно застосовувати накладні листи або збільшувати товщину стінки обичайки.

					2017.031.00.000.ПЗ			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

Накладний лист приварюють до обичайки суцільним однобічним швом відповідно до галузевої нормативно-технічної документації.

На лапу, на видному місці, має бути нанесена маркіровка, що містить позначення і марку матеріалу.

При попаданні накладного листа на зварний шов обичайки допускається на накладному листі виконувати два контрольні різьбові отвори. М10.

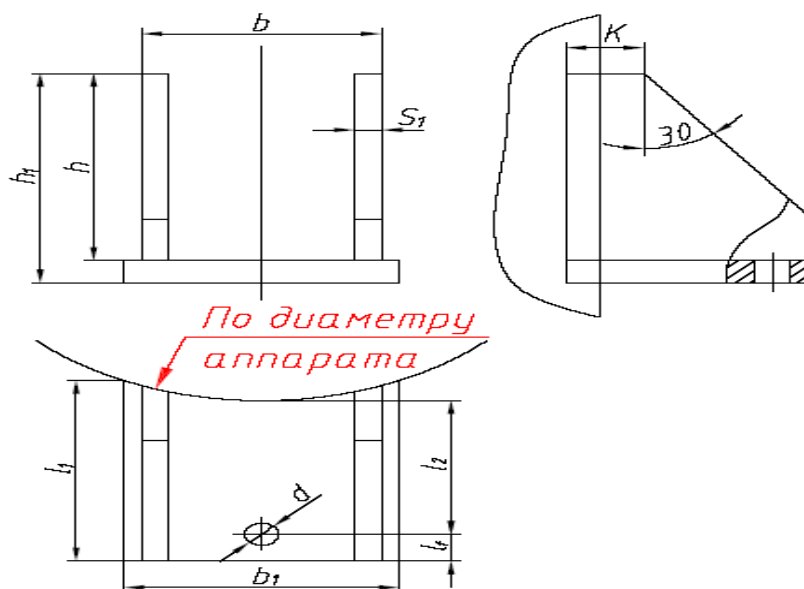


Рис. 18. Опорна лапа

$$l_1 = 350 \text{ мм} ; b = 280 \text{ мм} ; b_1 = 295 \text{ мм} ; h = 275 \text{ мм} ; h_1 = 585 \text{ мм} ; R = 50 \text{ мм} ; l_F = 65 \text{ мм} ;$$

$$l_2 = 285 \text{ мм} ; S_1 = 10 \text{ мм} ; d = 35 \text{ мм} ; t = 6 \text{ мм} ; m_{\text{едм}} = 27,3 \text{ мм}$$

Перевіряємо здатність, що несе

$$F_1 \leq [F]_1 = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (S - C)^2}{K_7 \cdot e_1} ;$$

$$e_1 = \frac{5}{6} l_1 = \frac{5}{6} \cdot 350 = 292 \text{ мм} ;$$

$$D_R = D ; \frac{h_1}{D_R} = \frac{585}{1800} = 0,325 ; \frac{D_R}{2 \cdot (S - C)} = \frac{1800}{2 \cdot (6 - 1,22)} = 188 ;$$

$K_2 = 1,2$ для робочих умов, $n_T = 1,5$;

$$g_1 = 0,3 ; g_2 = \frac{K_2 \cdot \sigma_m}{n_T \cdot [\sigma] \varphi}$$

де спільна меридіональна мембранна напруга в циліндричній обичайці:

					Лист
					2017.031.00.000.ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$\sigma_m = \frac{P \cdot D}{2(S - C)}$$

$$\sigma_\delta = \frac{0,261 \cdot 1800}{2(6 - 1,22)} = 49 \text{ МПа} ;$$

K_1 – коефіцієнт, визначають залежно від і:

$$K_1 = 0,56$$

По стосунках $\frac{h_1}{D_R}$ і $\frac{D_R}{2 \cdot (S - C)}$ визначуваний коефіцієнт $K_7 = 0,66$

$$[F]_1 = \frac{167,2 \cdot 585 \cdot (6 - 1,22)^2}{0,66 \cdot 292} = 11596 \text{ Н} ;$$

Умова міцності $F_1 \leq [F]_1$ не виконується.

Розрахунок вестимемо з накладним листом.

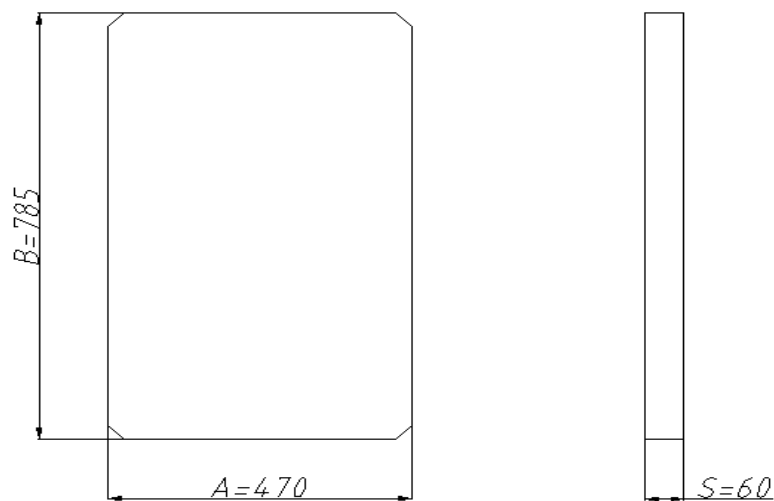


Рис. 19. Накладний лист

$$F_1 \leq [F]_1 = \frac{[\sigma_i] \cdot b_3 (S - C)^2}{K_8 \cdot (e_1 + S_2)} \quad (5.25)$$

$$b_3 = B = 785;$$

$$\frac{b_3}{D_R} = \frac{785}{1800} = 0,436$$

$$K_8 = 0,18; \quad \vartheta_1 = 0,3; \quad K_1 = 0,46;$$

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2}$$

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[\sigma_i] = 0,46 \cdot 167,2 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 96,14 \text{ МПа}$$

$$F_1 \leq [F_1] = \frac{96,14 \cdot 785(6-1,22)^2}{0,18 \cdot (162,5+6)} = 56853,5 \text{ Н} \quad - \text{ умова виконується.}$$

5.8 Вибір стропувальних пристроїв

Тип стропового пристрою приймається згідно вантажопідйомності.

При визначенні зусилля, що діє на строповий пристрій, слід враховувати одночасну дію наступних навантажень:

- вертикальної сили тяжіння, що становить, від маси вантажу, що піднімається;
- від можливого відхилення підйимальної сили від вертикалі;
- від можливої нерівномірності навантаження на строповий пристрій в процесі переміщення вантажу;
- динамічних, залежних від способу монтажу;
- вертикальною складовою зусиль у відтяжках, прикріплених до вантажу;
- від сили вітру.

Вибираємо тип стропового пристрою – цапфи вантажопідйомністю від 10 до 320 (кН) включно.

Вага апарату в монтажних умовах :

$$G = m \cdot g = 13190 \cdot 9,81 = 129394 \text{ Н},$$

де $m=18500$ – маса апарату в монтажних умовах.

Навантаження на одну цапфу при монтажі:

$$P = 1,25 \cdot \frac{G}{n} = 1,25 \cdot \frac{129394}{2} = 77871,25 \text{ Н};$$

де n – кількість стропувальних цапф.

Стропові пристрої слід розміщувати не менше ніж на 1 метр вище за центр тяжіння. У плані їх слід орієнтувати так, щоб після підйому апарату у вертикальне положення не був потрібний його розворот. При розміщенні стропо-

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

вих пристроїв, слід враховувати і можливість їх розстроповки з обслуговуючих майданчиків.

Стропові пристрої виготовляють із сталей марки Ст3сп5 по ГОСТ 380-88.

Вибираємо цапфу вантажопідйомністю $G = 80$ кН.

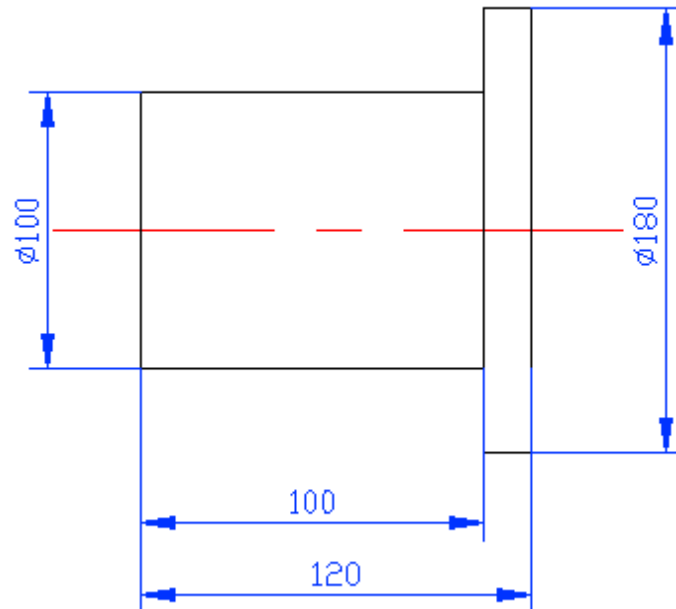


Рис. 20. Цапфа.

Цапфа 3 – 1 – 8 – 750 ст3Сп5 ГОСТ 13716 – 73.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АПАРАТУ

Даний апарат складається з наступних основних складових частин: колона, яка складається з циліндрової суцільнозварної обичайки, еліптичного днища, конічного днища, апаратного фланця, сепаратора, насипної насадки, штуцерів і люків, опорних лап і стропувальних вушек; і теплообмінника, який складається з обичайки, еліптичного днища, апаратних фланців, трубних ґрат, трубчатки і штуцерів.

Виготовлення обичайки

Обичайка виготовляється наступним методом. Проводиться розмітка листових заготовок з метою вказівки меж обробки і раціонального розкрою листа для якнайповнішого використання металу. Розмітка проводиться на розмічальних столах або плитах. По маркіровці листа перевіряється відповідність марки металу, довжини, товщина і ширина листа вимогам креслення. Лист укладається на розмічальний стіл маркіровкою вгору і на нім розмічається базові риски уздовж кромки з найменшою серповидністю і перекосом. На листі розмічаються ризики під відрізок, ризики з не паралельністю не більше 1 мм під стругання і контрольні ризики. Різання листа здійснюють на ножицях гільютин. Після різання здійснюють обробку кромки на кромкострогальному верстаті. Після цього лист подається до пресу для підгибки кромки. Після підгибки кромки лист подається до листогибочної машини з трьома вальцями розташованими симетрично, де листу надається необхідна кривизна з урахуванням пружності матеріалу обичайки. Збірку подовжнього стику проводять гідравлічно струбцинами. Після приварювання на ролікоопорах заводної і вихідної планок зварним трактором проводиться зварка внутрішнього шва на подушці флюсу, а після зачистки кореня шва зварюється зовнішній подовжній шов. Після зварки зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення і видаляють вхідну і вихідну

										Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						2017.031.00.000.ПЗ	

планки. Далі обичайка подається до листогибочної машини напрямку, контролюються зварні шви ультразвуковою дефектоскопією. Отвори в обичайці під штуцера обробляють вирізкою газовим різакон з попередньою розміткою.

Виготовлення еліптичного днища

Днища виконують за технічними умовами на виготовлення і постачання днищ, які викладені в стандартах на днища. Днища можна виготовляти штампуванням на пресах, методом обкатки роликони, електрогідравлічоним і електромагнітним штампуванням. Формування днища методом штампування на пресах проводять в наступнон порядку. Заготівка за допомогою транспортера подається в нагрівальну піч для рівнонрного нагріву до необхідної температури. Нагріта заготівка спеціальними захватами витягується з печі і подається на транспортер, за допомогою якого транспортується до штампу, що знаходиться під пресом. Потім заготівку встановлюють на протяжне кільце і штамнують, як правило, за одну операцію. В процесі штампування нагріта заготівка швидко охолоджується і напресовується на пуансон. Для полегшення знімання відштампованого днища пуансон, призначений для штампування, виконується з двох часток: грибка і формуючого кільця. Заготівка знімається при ході пуансона вгору. Завершуючі операції передбачають розмітку днищ для підрізування торця і розмітку отворів, підрізування торця і обробку отворів, термообробку, очищення, контроль і таврування.

Виготовлення конічного днища

Конічні днища виготовляють з листової сталі подібно до виготовлення циліндрової обичайки. Чинником, що відрізняється, є те, що гнучка заготовки на листогибочній машині проводиться з розведенням двох нижніх валків на певний кут, що дозволяє надати заготівці конусоподібну форму.

Виготовлення фланців

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заготовки для фланця отримують гнучкою прокату. Технологічний процес виготовлення заготовок по цьому методу полягає в розрізанні смуги або профілю на мірні заготовки, гибці в кільце і стиковій зварці. Далі заготовки піддають механічній обробці, обробляють поверхні ущільнювачів і внутрішній діаметр фланця. Потім висвердлюються отвори під болти. Фланці штуцерів штамнують у відкритих штампах. За один хід преса прошивають отвори і обрізують задирки на кривошипних пресах в комбінованих штампах. Отримані заготовки також механічно обробляють.

Збірка і зварка штуцерів з плоским фланцем. Плоский фланець укладається поверхнею ущільнювача на складальну плиту. По внутрішньому діаметру укладаються підкладки, по товщині рівні величині недовода торця патрубка до поверхні ущільнювача фланця. Патрубок торцем встановлюється у фланець на підкладки. Витримуються перпендикулярність осі патрубка до поверхні ущільнювача фланця, зазор між патрубком і фланцем. Патрубок прихоплюється зваркою і потім приварюється до фланця.

Збирання колони

Технологічний процес збирання і зварки колонної апаратури складається з наступних технологічних операцій:

- збирання і зварка корпусу колони;
- збирання і зварка корпусу теплообмінника;
- розмітка корпусу;
- установка деталей і складальних одиниць сепаратора і інших елементів внутрішньої начинки, що приварюються до корпусу;
- збирання нижнього і верхнього днища;
- контроль положення приварюваних внутрішніх деталей колони і їх зварка з корпусом;
- установка і приварювання штуцерів, люків до корпусу колони;
- установка знімних деталей і складальних одиниць внутрішніх елементів колони;

					<i>2017.031.00.000.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- збирання і зварка частин корпусу колони, випробування, обробка, і підготовка колони до відвантаження або монтажу у випадку до виготовлення на монтажному майданчику.

Збирання і зварка корпусу колони. При розбивці корпусу колони на складові частини враховуються наступні чинники: секції по довжині мають бути транспортабельні по залізницях, вага секції колони без встановлених знімних деталей не повинна перевищувати вантажопідйомні можливості заводу-виготівника і підприємства-замовника.

Обичайка, що поступає на збирання, має бути виготовлена відповідно до технічних вимог і мати механічно оброблені і оброблені під зварку, згідно кресленню, кромки. Збирання секцій виконується послідовним нарощуванням обичайок згідно карті розкрою корпусу на стенді збирання кільцевих стиків. Розташування подовжніх швів обичайок повинне унеможливити попадання люків і штуцерів діаметром більше 150 мм на подовжні шви обичайок. Після контролю секція подається на стенд для зварки кільцевих швів. Якість зварних з'єднань контролюється рентгенівськими променями або ультразвуком. Після виправлення дефектів секції поступають на стенд спільної збірки корпусу. Після установки секцій на стенд з метою усунення овальності проводиться калібрування корпусу роз'ємними і нероз'ємними калібрувальними кільцями. З метою фіксації досягнутої після калібрування форми застосовуються бандажні кільця, які встановлюються по кінцях секцій, а також усередині них на відстані 3-4 м одне від іншого. Після збірки і приварювання деталей сепаратора бандажні кільця знімаються, за винятком розташованих поблизу монтажних стиків - ці кільця віддаляються тільки після збірки і зварки секцій корпусу на монтажі.

Після підготовчих операцій проводиться збірка монтажних стиків секцій. Кромки секцій вирівнюються за допомогою струбцин або клинів, а збірка здійснюється на технологічних планках, які встановлюються через 400 - 500 мм. Зібраний корпус колони повинен відповідати наступним вимогам:

					<i>2017.031.00.000.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

зсув кромок в кільцевих стиках секцій не повинен перевищувати 0,8 мм; овальність корпусу не більше 10 мм.

Розмітка є основною технологічною операцією, установки внутрішніх устроїв апарату, його люків, штуцерів і інших деталей і складальних одиниць, що істотно впливає на точність. Існують декілька способів розмітки корпусів: за допомогою лінійних вимірювальних інструментів і схилю, за допомогою теодоліта і гідрорівня, оптична розмітка із застосуванням лазерного візиря. Розмітка корпусу під установку люків, штуцерів і інших складальних одиниць і деталей корпусу колони проводиться шляхом нанесення розмірів від головних осей корпусу колони відповідно до креслення і його карти розкреду. Зовнішня розмітка корпусу має бути строго узгоджена з його внутрішньою розміткою.

Установка зовнішньої арматури. Після розмітки корпусу проводиться вирізка отворів для установки люків, штуцерів і інших елементів арматури колони. Вирізку отворів під люки і штуцери, розташовані поблизу від стиків днищ з корпусом проводять після приварювання днищ до корпусу і зварки монтажного стику. Цим усувається вплив місцевої деформації корпусу, пов'язаної з великим об'ємом металу, наплавленого при зварці. Після збірки арматури зварюють внутрішні шви з'єднання арматури з корпусом колони. Щоб зменшити вплив деформації від наплавленого металу зварних швів на точність корпусу, зварку зовнішніх швів з'єднань проводять після установки і приварювання внутрішніх незнімних деталей і складальних одиниць тарілок. Виняток становлять ті зварні з'єднання штуцерів і муфт, які перекриваються при установці внутрішніх устроїв колони, а тому неможливий або утруднений процес зварки вказаних складальних одиниць з корпусом колони і контроль її якості.

Збірка корпусу з днищами і опорою. Перед установкою днищ в корпусі колони мають бути встановлені знімні деталі, не встановлюються деталі, які заважатимуть збірці і зварці днищ з корпусом і монтажних стиків. Верхне і

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

нижнє днища поступають на збірку зібрані, зварені і оброблені згідно кресленню. Обов'язкове керніння рисок головних осей в місцях стиковки днищ. Після установки і приварювання днищ з корпусу колони віддаляються калібрувальні і бандажні кільця. Подкладні обичайки зберігаються зазвичай для забезпечення збірки і зварки стиків на монтажі і віддаляються тільки перед завершальним гідровипробуванням колони.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. РЕМОНТ ТА МОНТАЖ.

Ремонт і монтаж ректифікаційної колони.

Підготовка до ремонту проводиться експлуатаційним персоналом. Вивід в ремонт здійснюється по письмовому розпорядженню начальника цеху (або його заступника), в якому указується особа відповідальна за вивід в ремонт і підготовку його до ремонту. Заст. начальника цеху в журналі завдань або розпоряджень по цеху висловлює і підписує порядок виведення устаткування в ремонт.

У об'єм робіт з підготовки устаткування до ремонту входять:

- а) зупинка устаткування з відключенням його від працюючих комунікацій;
- б) звільнення устаткування від продукту з скиданням тиску;
- в) продування устаткування;
- г) від'єднання устаткування від комунікацій за допомогою заглушок;

Перед проведенням ремонту устаткування механік складає дефектну відомість, яка піддається коректуванню в процесі розбирання до ревізії. У дефектній відомості мають бути вказані:

- а) об'єм робіт роздільно по операціях;
- б) витрати робочої сили;
- в) спеціальності і кваліфікація робітників;
- г) необхідні запасні частини і матеріали;
- д) інструменти, оснащення, вантажопідйомне устаткування;
- е) виконавець робіт.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Правила дефектації і методи виявлення дефектів

У ремонтній практиці розрізняють попередню дефектацію в процесі експлуатації, перед зупинкою на ремонт і дефектацію в процесі спільного і детального розбирання.

Попередня дефектація здійснюється перед зупинкою устаткування на ремонт. Вона передбачає виявлення найбільш вірогідних дефектів і несправностей. При цьому використовуються записи в ремонтних журналах, зроблених в процесі експлуатації, технічного обслуговування і попередніх ремонтів. Попередня дефектна відомість служить організуючим документом для підготовки до ремонту і доповнюється в процесі ремонту.

Поузлова дефектація проводиться при розбиранні устаткування. При поузлової дефектації виявляються відхилення вузлів від заданого взаємного положення.

При подетальній дефектації визначається можливість повторного використання деталей і характер необхідного ремонту. Дефектація вузлів і деталей проводиться тільки після їх очищення.

При дефектації застосовуються наступні види контролю. Зовнішній огляд, обмір і визначення величини зносу, корозії контроль взаємного розташування поверхонь.

Виявлення дефектів невидимих оком (мікротріщин, розшарування металу і т. д.) стан мікроструктури металу, механічних властивостей, якість зварних швів проводиться методами неруйнуючої дефектоскопії (рентгенографія, ультразвук, кольорова, магнітна та інші). Все, виявлені дефекти заносяться у відомість дефектів і усуваються в процесі ремонту.

Зміст ремонтів

Поточний ремонт - включає наступні роботи:

- 1) усуваються пропуски у фланцевих з'єднаннях, в сальниках арматури ;
- 2) ревізія і ремонт арматури, приладів Кипіа;

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

- 3) зовнішній огляд комунікація з підтяжкою кріплення;
- 4) внутрішній огляд колони; при необхідності ремонт внутрішніх часток.

Капітальний ремонт - включає в себе наступні роботи:

- 1) Всі роботи поточного ремонту;
- 2) Ремонт або заміна внутрішніх пристроїв
- 3) Вивантаження насадки, перегородка завантаження;
- 4) Перевірка стану корпусу, зварних з'єднань і їх ремонт;
- 5) Ремонт, випробування арматури;
- 6) Заміна прокладок, кріплення
- 7) Збірка апарату;
- 8) Випробування.

Розбирання колони

Суцільнозварні апарати при капітальному ремонті, як правило, не демонтують. Розбиранню і демонтажу піддаються тільки внутрішні пристрої. Розбирання починається з розкриття люків. Спочатку відкривають верхній люк, далі (зверху вниз) відкриваються останні. Після відкриття люків провітрити колону. Демонтувати розбризкуючий пристрій і розподільну тарілку. Провести вивантаження кілець Паливши. Розібрати опорні грати насадки і витягнути її через люк. Приступити до огляду колони і її внутрішніх устроїв.

Вивантаження і завантаження насадки

Устаткування і пристосування

- а) підймальний пристрій для підйому бадді з насадкою;
- б) баддя для насадки;
- в) жолоб для завантаження вивантаження насадки;
- г) канат-розтяжка для зменшення коливань бадді при підйомі.

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Організація робіт

При виконанні робіт по вивантаженню і завантаженню насадки необхідно керуватися відповідними інструкціями. Операції по вивантаженню і завантаженню проводяться спеціальною бригадою. Склад бригади визначається розпорядженням начальника цеху. Персонал бригади підкоряється керівникові бригади, призначеному з числа ІТР. Дані роботи проводяться по наряду-допущенню.

Вивантаження та завантаження насадки

Вивантаження кілець насадки проводиться через люк діаметром 250 мм в баддю, і транспортуються в спеціально відведене місце. Вивантажені з апарату кільця перебираються і готуються для повторного використання. Робоче місце має бути достатньо освітлене і обладнане вентиляцією.

Завантаження кілець в апарат проводиться через верхній люк за допомогою бадді. Перед завантаженням перевіряють справність утримуючих ґрат і після цього колону наповнюють водою. Завантаження проводити через спеціальний рукав або жолоб. Після завантаження встановити розподільник рідини.

Ремонт колони

Перед проведенням ремонту механік цеху повинен підготувати необхідні матеріали, запасні частини, слюсарно-монтажний і вимірювальний інструмент, оснащення такелажу і так далі Демонтувати термоізоляцію зміювика обігріву нижньої частини колони і інших місцях, де ізоляція перешкоджає виконання робіт. Ремонт починається з візуального огляду. Якщо в процесі огляду виникли сумніви щодо якості зварного шва або виникли підозріння на тріщину, то удаються до неруйнуючих методів контролю. Контроль якості

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

різьб різьбових з'єднань проводять за допомогою різьбомірів. Основними дефектами, що виникають в процесі експлуатації колони є:

- 1) корозійний знос корпусу, зварного шва, футерування кришок люків;
- 2) тріщини (як в зварних швах так і в металі корпусу або футерування);
- 3) кора, свищі в зварних швах;
- 4) вихід з ладу арматури;
- 5) зменшення товщини стінки, футерування унаслідок корозії ;
- 6) обрив внутрішніх устроїв.

Всі ці дефекти виявляються в процесі огляду і усуваються. По характеру виявленого дефекту встановлюють спосіб ремонту.

Ремонт дефектів за допомогою зварювання

Виявлені в зварних швах пори, свищі, корозія завглибшки більш 1 мм вишлифовують на всю глибину дефекту з плавним переходом до основного металу. При шліфуванні шліфмашиною не допускається перегрів металу. Потім проводиться контроль якості вишлифовки дефекту за допомогою кольорової дефектоскопії. При отриманні позитивного результату перевірки проводять заварку. Тріщини перед вишлифовкою необхідно засверлювати по кінцях, щоб уникнути їх подальшого розповсюдження. Крізні тріщини в обичайці корпуси, товщина яких не перевищує 15 мм дозволяється варити однобічним швом, при товщині стінки більше 15 мм - 2-х стороннім швом. Після закінчення зварки необхідно провести контроль якості зварки. Контроль якості зварки проводиться візуально і неруйнуючими методами контролю (кольорова дефектоскопія, радіаційні методи). Крізні дефекти у футеруванні люків і верхньої кришки апарату усувають вирізний дефектної ділянки і вваркою латки Після визначення кордонів дефектної ділянки проводять його вирізку. Вирізку проводиться механічним способом. Визначається глибина корозійного пошкодження основного металу і кордону пошкодженої ділянки. Проводиться очищення ділянки від іржі

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

шліфувальною машинкою з подальшою перевіркою на відсутність тріщин. Відновлюється дана ділянка наплавленням. Кромка футерування обробляється для отримання технологічного вуса довжиною не менше 5 мм і товщиною не менше 1 мм. Технологічний вус виконує роль підкладної смуги, що усуває можливість зварювання футерування з основним металом. Кромки вставки готують аналогічним чином і проводять зварку. Після закінчення зварки проводять контроль якості зварних з'єднань способами вказаними вище.

Якщо в процесі огляду деталей колони і її зварних швів виявлені незначні дефекти (кратери, пори, корозійні виразки) завглибшки до 1 мм їх усувають вишлифовкою без подальшої подварки.

Зварювальні роботи повинні проводитися згідно технології розробленою лабораторією зварки і затвердженою головним механіком підприємства.

Ремонт корпусу колони

Провести внутрішній огляд зварних швів. Особливо уважно оглянути зварні шви нижнього і верхнього днищ, люків. Оглядати з допомога лупи 5-10 кратного збільшення. При необхідності контроль якості зварних швів провести за допомогою неруйнуючих методів контролю. Виявлені дефекти (тріщини, раковини, витравлення зварних швів, точкова корозія) вишлифовують з плавним переходом до здорового металу. При вишлифовке не можна допускати перегріву металу. Після вишлифовки оброблені місця перевірити методом кольорової дефектоскопії, чи немає залишкових дефектів. При отриманні позитивного результату провести черинь-вариво з подальшим контролем якості зварки методом кольорової дефектоскопії. Технологія зварки і зварювальні матеріали мають бути узгоджені з головним зварювальником підприємства і затверджені головним механіком. Перевірити якість зварних швів опорних лап методом кольорової дефектоскопії, виявлені дефекти усунути. Виявлені в корпусі тріщини усувають заваркою. При цьому за допомогою кольо-

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

рової дефектоскопії встановлюють кордони тріщини. На кінцях тріщини просвердлюють отвори, щоб не допустити її розповсюдження. Після засверловки кінців тріщину "обробляють" під зварку. Некрізні тріщини обробляють під зварку однобічним обробленням кромки під кутом 50-60° на максимальну глибину тріщини. Крізні тріщини або некрізні, але завглибшки більше 0,4 товщини стінки, слід обробляти на всю товщину. Крізні тріщини при значній розбіжності кромки або гнездообразные тріщини ремонтують шляхом установки латок. Латки встановлюють також в місцях значного корозійного зносу. Визначивши кордони пошкодження, намічають контур вирізу. Розмір латки повинен перевищувати пошкоджену ділянку на 100-150 мм. Латка вирізується з того ж металу і такої ж товщини, що і ремонтвана стінка. Латку вальцюють, радіус вальцювання перевіряють шаблоном (має бути на 10 % менше за необхідне). Латки повинні встановлюватися тільки встык.

Провести виміри товщини корпусу колони. При виявленні зменшення товщини подальша експлуатація колони допускається тільки після проведення перевірного розрахунку на міцність.

Оглянути люків і штуцерів, на поверхнях ущільнювачів фланців не повинно бути дефектів. Дефекти завглибшки до 0,5 мм вишліфовують, глибші усувають проточкою. При виявленні на поверхнях ущільнювачів фланців неусувних дефектів їх замінюють. Фланці зрізати бажано шліфмашинкою, не допускаючи перегріву металу. Оглянути зварні шви утримуючих кронштейнів поворотного пристрою люків, приварювання люків і штуцерів. При необхідності провести контроль неруйнуючими методами. Виявлені дефекти швів (раковини, тріщини і ін.) усунути підваривом, провівши заздалегідь оброблення дефектних ділянок. Уважно оглянути кріплення. Шпильки і гайки з витягнутим або зім'ятим різьбленням замінити. Невеликі задирки виводяться обпилюванням. Провести заміну прокладок на нових.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розбризувач

Після демонтажу оглянути перфорацію і прочистити отвори якщо вони забиті. Провести візуальний огляд зварних швів зміцнюючих косинок, кілець, піддону.

При виявленні раковин, корозії і інших дефектів проведи їх вишліфовку з подальшим підваром. При виявленні тріщин необхідно виявити її розміри методом кольорової дефектоскопії. Засверліть її кінці, провести оброблення і зварити. Оглянути плакуючий шар верхньої кришки і його зварні шви. Зварні шви перевірити методом кольорової дефектоскопії. Виявлені дефекти усунути шляхом підварива. Оглянути поверхню ущільнювача кільця кришки. Виявлені дефекти риски, задираки, забоїни усуваються шліфовкою (завглибшки 0,5мм) або проточкою (до 1,5 мм). Оглянути кріплення вузла розбризувача. Шпильки і гайки з витягнутим різьбленням або її зім'яло замінити. Невеликі забоїни усунути шляхом обпилювання. Ці ж вимоги відносяться і до фланців. На поверхнях ущільнювачів лінзи і наставок дефекти недопустимі. Чистота обробки цих поверхонь має бути не менше 8 класу. При виявленні тріщин в лінзі її замінюють. Поверхневі тріщини, ризики, подряпини виявлені на неробочих поверхнях лінзи, при їх глибині не більше 1,5 мм, мають вишліфувати з плавним переходом до основного металу. Чистота обробки по 7 класу. Якщо при огляді футерування виявлені крізні тріщини або корозія те ремонт проводять таким чином. Дефектну ділянку футерування вирубують. Проводять підвариво пошкоджених ділянок основного металу. Вирізують вставку з неіржавіючого металу для ремонту футерування. Кромки вставки і футерування обробляють так, щоб вийшов технологічний вус. Технологічний вус повинен виконувати роль підкладної смуги, щоб уникнути проварювання футерування і основного металу. Потім проводять зварку.

Розподільні грати

Оглянути зварні шви приварних планок до корпусу. Виявлені дефекти (тріщини, корозія, раковини) вишліфувати і провести підвариво. Також перевірити якість зварних швів смуг між собою. Дефекти усуваються також, як вказано вище. Перевірити стан різьблення біля болтів і гайок. Болти і гайки з витягнутим і зім'ятим різьбленням необхідно замінити.

Змійовик обігріву нижньої частини колони

Зняти теплоізоляція і встановити заглушку на штуцерах входу пари в змійовик (Т-6). До штуцерів виходу конденсату підключити гідропрес. Заповнити змійовик водою і провести гідровипробування пробним тиском 9 кгс/см . Після 10 мин. витримки скинути тиск до робітника (6 кгс/см) і оглянути змійовика. При огляді особливу увагу приділити зварним швам. Дефектні шви вирізують і проводять обварювання. Дефектні трубки вирізують і вварюють нові. Дефектні ділянки трубок змійовика також вирізують і вварюють катушки.

Утримуючі грати насадки

Оглянути зварних швів. Виявлені дефекти (тріщини, раковини, корозія) вишліфовують і проводять підвариво. Перевірити Деталі кріплення даного вузла. Болти з витягнутим різьбленням зношеними гранями голівки, зім'ятим різьбленням замінюють новими. Гайки з вищезгаданими дефектами також підлягають заміні.

Краплевідбійник, розподільний пристрій з днищем

Ремонт даних вузлів зводиться до усунення дефектів, виявлених зварних швах і металі деталей. Уважно оглянути зварні шви вузлів. Виявлені дефекти (тріщини, раковини, корозія) вишліфовують і підвариваються. Неглибока корозія в металі деталей вузла (до 1 мм) усувається вишліфовкою. Глибша

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

місцева корозія металу усувається вишліфовкою з подальшою заплавкою. Крізні дефекти (тріщини, крізна корозія) металу даних деталей усувають таким чином:

- 1) крізні тріщини обробляють під 2-х сторонню зварку і підварюють;
- 2) ділянки з крізною корозією вирізують і вварюють вставку.

Ремонт арматури

Ремонт арматури може виконуватися безпосередньо на місці її установки або в майстерні. При знятті арматури необхідно зробити позначки на її корпусі і фланцях трубопроводу для того, щоб знати, з якого місця вона знята. Найбільш поширеними причинами виходу з ладу арматури, є порушення герметичності унаслідок корозії, забоїн, вм'ятин на ущільнюючих поверхнях. При ремонті арматури проводяться наступні операції:

- 1) відновлення зношених або зруйнованих поверхонь ущільнювачів затвора;
- 2) відновлення шпинделя і деталей, що сполучаються з ним;
- 3) заміна сальникового ущільнення;
- 4) відновлення поверхонь ущільнювачів фланців;
- 5) відновлення корпусу;
- 6) гідровипробування.

Розбирання арматури здійснюється в такій послідовності:

- 1) знімається маховик ;
- 2) знімається кришка і розбираються деталі затвора вийняті з кришкою.

Після розбирання всі деталі промиваються в керосині і досуха витираються.

Корпус вентиля або засувки оглядається для виявлення дефектів (раковин, тріщин і інших). Некрізні дефектні місця в корпусі обробляють на всю глибину до чистого металу. Перед обробленням тріщин на їх кінцях сверд-

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ляться отвори діаметром 8-10 мм. Після підготовки дефектні місця підварюють. Міцність корпуса перевіряють гідравлічним випробуванням.

На поверхнях ущільнювачів затвора дефекти не допускаються. Виявлені дефекти завглибшки до 0,5 мм усувають шліфівкою з подальшим притиранням. Дефекти завглибшки більше 0,5 мм усувають попереднім обробленням дефектного місця і наплавленням на нього металу з подальшою обробкою. Поверхня ущільнювача шпинделя має бути дзеркально гладкою. Вм'ятини і задираки завглибшки 0,08-015 мм усувають притиранням. Кривизна шпинделя не повинна перевищувати 0,05 мм на всю довжину . Поверхні ущільнювачів фланців не повинні мати дефектів. Дефекти завглибшки до 0,5 мм усуваються вишліфівкою. Глибші дефекти (до 1,5 мм) проточкою. Після закінчення ремонту і збірки арматури її піддають гідравлічному випробуванню на міцність і щільність. Випробування є остаточною перевіркою якості ремонту.

Збирання колони

Збирання колони проводиться в наступній послідовності:

- 1) після усунення всіх виявлених дефектів на не розбірних внутрішніх пристроях проводять збирання грат, що утримуючих насадку;
- 2) провести завантаження насадки;
- 3) встановити верхню сітку сдою насадки;
- 4) провести збірку розподільних грат;
- 5) змонтувати розбризкуючий пристрій;
- 6) закрити люк і провести збирання фланцевих з'єднань. Допустима величина не паралельності фланцевих з'єднань складає 10 % від товщини прокладки.

Прийом апарату з ремонту

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Прийом апарату з ремонту в експлуатацію проводиться після виконання всіх робіт, передбачених відомістю дефектів і проведення випробувань. Робочі майданчики мають бути прибрані від матеріалів, сміття. При цьому необхідно керуватися інструкцією СПО-56. Відремонтований апарат після випробувань приймається в експлуатацію з підписанням акту форма № 4А-МК. Без оформлення акту і 2-х сторонньому підпису, експлуатація апарату забороняється. Після підписання акту про ухвалення устаткування з ремонту механік цеху зобов'язаний зробити запис про проведений ремонт в ремонтну книгу.

Ремонт і монтаж підігрівача

Підготовка теплообмінника до ремонту і передача в ремонт

Для відключення апарату від комунікацій і установки заглушок може притягуватися ремонтний персонал.

Виведення апарату в ремонт проводиться по письмовому розпорядженню начальника цеху або його заступника.

Теплообмінник в ремонт повинен здаватися механікові цеху, як особі відповідальній за ремонт, по акту, заповненому відповідальною особою за підготовку теплообмінника до ремонту (заповнюється спеціальна форма акту задачі устаткування в ремонт форма № 4-МИ).

До зупинки апарату і виведення його в ремонт необхідно виконати наступне:

- а) скласти відомість дефектів і об'єму робіт;
- б) підготувати необхідну технічну документацію;
- в) підготувати пристосування, інструмент, запасні частини, підйомно-транспортні засоби;
- г) виконати заходи щодо безпечного проведення ремонтних робіт і протипожежні заходи;
- д) вкомплектувати і проінструктувати ремонтну бригаду.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Дефектація

В процесі розбирання устаткування проводиться тріступінчата дефектація, що завершується оформленням дефектної відомості, складанням схем і ескізів дефектних вузлів і деталей.

Попередня дефектація здійснюється перед зупинкою теплообмінника на ремонт (за два-три місяці). Вона передбачає виявлення найбільш вірогідних дефектів і несправностей. При цьому використовуються записи в процесі експлуатації, технічного обслуговування і попередніх ремонтів. Попередня дефектна відомість служить організуючим документом для підготовки до ремонту і доповнюється в процесі ремонту.

Поузлова і подетальна дефектація проводиться після розтину і очищення апарату. Перевіряється справність деталей і міцність їх кріплення усередині апарату. Особлива увага звертається на стан зварних швів і околошовної зони.

Зовнішній огляд і обміри за допомогою вимірювальних інструментів дозволяють виявити видимі дефекти деталей і вузлів. Дрібні тріщини виявляються методом кольорової дефектоскопії.

Вибірково проводиться вимір товщини стінки судини і зазмер твердості металу обичайок і днищ.

Контроль якості зварних швів здійснюється візуальним оглядом, ультразвуковою дефектоскопією і гідровипробуванням.

Типові види ремонтів

Планово-запобіжний ремонт ППР здійснюється відповідно до заздалегідь складеного і затвердженого плану на підставі річного і місячного графіків ремонту.

Система технічного обслуговування і ремонту устаткування передбачає два види ремонту:

- а) поточний;

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

б) капітальний.

Поточний ремонт

Поточний ремонт - це сукупність робіт, при яких проводиться ревізія, ремонт або заміна дефектних часток і деталей апаратів. Перелік основних видів робіт при поточному ремонті:

- а) усуваються пропуски у фланцевих з'єднаннях, в зварних швах і т.д.;
- б) ревізія і ремонт арматури, термокишень, манометричних штуцерів і кранів рівнемірів;
- в) зовнішній огляд комунікацій з підтяжкою кріпильних деталей;
- г) перевірка справності робочих майданчиків, сходів, обгороджувальних, а також заміна дефектного кріплення;
- д) випробування апарату на герметичність.

Капітальний ремонт

При капітальному ремонті апарат повністю відновлюється, а його експлуатаційні характеристики доводяться до відповідності технічним умовам на нове або відремонтоване устаткування.

До складу капітального ремонту входять:

- а) всі роботи поточного ремонту;
- б) чищення і промивання внутрішньої порожнини судини;
- в) перевірка стану зварних швів і зон термічної дії;
- г) модернізація (при необхідності);
- д) заміна ущільнень на всіх фланцевих з'єднаннях;
- е) ремонт кріплення;
- ж) забарвлення деталей з вуглецевої сталі;
- з) випробування пробним тиском;
- и) установка термоізоляції.

Після розбирання апарату провести ретельну перевірку всіх вузлів і деталей з метою виявлення дефектів, що можуть з'явитися (що утворилися) в процесі експлуатації.

При проведенні капітальних ремонтів, пов'язаних з реконструкцією, із застосуванням зварювальних робіт, а також при заміні або відновленні базових деталей потрібне виконання необхідних розрахунків, розробки технічної документації при дотриманні вимог проекту.

Технологія ремонту теплообмінника

Розбирання

Від'єднати трубопроводи і зняти теплоізоляцію. Демонтувати нижнє днище теплообмінника, Провести строповку апарату, розібрати верхнє фланцеве з'єднання і демонтувати апарат. Укласти теплообмінник на спеціально виготовлені підставки. Отглушити штуцера, залити міжтрубний простір водою і провести гідровипробування. Скласти карту виявлених дефектів. Демонтувати арматуру.

Ремонт корпусу і нижнього днища

Знос корпусу апарату і днища виражається в наступному:

- зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних ґрат;
- випучини і вм'ятини на корпусі і днищі, тріщини;
- тріщини, свищі в лінзовому компенсаторі.
- пошкодження привалочних поверхонь фланців корпусу і днища.

Перед ремонтом провести зовнішній огляд корпусу теплообмінника, зварних швів, а також зовнішній і внутрішній огляд нижнього днища. Результати огляду відобразити в карті виявлених дефектів. За відсутності видимих дефектів проводиться контроль неруйнованими методами (кольоровою дефектоскопією, ультразвук). Зменшення товщини стінки відбувається унаслідок корозії. При виявленні корозійного зносу дані місця зашлифують

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

до непошкодженого металу з головним переходом кромок. Провести вимір товщини стінки (мінімальний).

Подальша робота апарату повинна підтверджуватися розрахунком на міцність. При отриманні негативного результату провести вирізку даної ділянки з подальшої вваркою вставки. Вставка вварюється встик, матеріал вставки повинен повністю відповідати матеріалу корпусу або днища.

При виявленні тріщин необхідно визначити їх кордони. Кінці їх засвердлюють свердлом 3-4 мм для запобігання подальшому розповсюдженню. Некрізні тріщини завглибшки не більше 3,2 мм обробляють під заварку однобічною вирубкою на максимальну глибину тріщини із зняттям кромок під кутом 50-60°. Крізні тріщини і некрізні завглибшки більше 3,2 мм обробляють на всю тріщину. Після чого роблять заварку. При прояві гніздоподібних тріщин пошкоджені місця вирізуються, і на їх місце вваривають вставки. Площа вставки не повинна перевищувати 1/3 площі листа обичайки.

Корпус, що має випучини, і вм'ятини, виправляється ударами кувалди по мідній підкладці. Якщо неможливо усунути вказані вище дефекти ударами, то пошкоджені ділянки вирізуються, і на їх місце вваривають вставки.

На поверхнях ущільнювачів фланців не повинно бути дефектів. Виявлені вм'ятини, забоїни, риски та інші дефекти завглибшки 0,5 мм усувають шліфовкою. Глибші дефекти усувають проточкою. При виявленні неусувних дефектів, фланці замінюють. В процесі експлуатації компенсатора можлива поява наступних дефектів:

- руйнування компенсатора;
- поява втомних тріщин; дефекти в зварних швах.

Дефекти в зварних швах компенсатора, усуваються підваркою і попереднім видаленням дефектів. Зруйнований компенсатор, а також компенсатор з втомними тріщинами, розшаруванням металу і значними механічними пошкодженнями підлягають заміні. Вирізка дефектних ділянок корпусу проводиться тільки механічним шляхом.

												Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								

2017.031.00.000.ПЗ

Трубний пучок

Можливі наступні дефекти трубного пучка:

- розрив трубок;
- дефекти в зварних швах приварювання трубок і трубним дошкам;
- відкладення на поверхнях трубок; деформація трубок.

Дефектні трубки (розривши, крізна корозія і ін.) замінюють або заглушають. Допускається отглушка 15% трубок. Отглушка трубок проводиться пробками, що виготовленими з неіржавіючої сталі і мають невелику конусність (3-5°). Заміна дефектних трубок проводиться таким чином: кільцеві шви разом з торцем труби зрізаються спеціальною фрезою приводом від гнучкого валу. Звільнена таким чином трубка виймається з трубного пучка. Перед установкою нової трубки отвір в ґратах зачищають від бруду і задирок. Трубки, що вставляються, відрізають по довжині пучка з надбавкою 8-10 мм довжини, вставляють в трубні ґрати і обварюють. Виявлені дефекти в зварних швах приварювання трубок вишлифовують. Методом кольорової дефектоскопії перевіряють якість вишлифовки, потім підварюють. Вм'ятини в трубках усувають за допомогою спеціального пристосування, що складається з облямовування штанги з шайбою і гайкою. Штанга з облямовуванням протягується через трубу до упору облямовування у вм'ятину. Потім на штангу надягає шайба і гайка. При загвинчуванні гайки облямовування виправляє вм'ятину. Очищення трубок здійснюється промиванням і пропарюванням.

Штуцера, фланцеві з'єднання і кріплення

При необхідності заміни штуцера він відрізається на відстані, близько 10 мм від зміцнюючого кільця або корпусу. Потім механічним способом віддаляється залишок штуцера, і зварні шви приварювання його до корпусу. Після оброблення крамок проводять вварку нового штуцера. Вварка штуцера проводиться з обов'язковою установкою зміцнюючого кільця. Дефекти на

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

поверхнях ущільнювачів фланців усуваються шліфовкою (до 0,5 мм) або проточкою (до 1,5 мм). Кріплення з витягнутим або зім'ятим різьбленням замінити новим. Болти і гайки із зношеними або зім'ятими гранями також необхідно замінити.

Ремонт арматури (вентилів)

Ремонт арматури може виконуватися безпосередньо на місці Установки або в майстерні. При знятті арматури необхідно зробити позначки на її корпусі і фланцях трубопроводу, щоб знати, з якого місця вона знята. Найбільш поширеними причинами виходу з ладу арматури є порушення герметичності унаслідок корозії, вм'ятин на ущільнюючих поверхнях. При ремонті арматури проводяться наступні операції:

- відновлення зношених або зруйнованих поверхонь ущільнювачів затвора;
- відновлення шпинделя і деталей, що сполучаються з ним;
- заміна сальникового ущільнення;
- відновлення поверхонь ущільнювачів фланців;
- відновлення корпусу;
- гідровипробування.

Розбирання вентилів проводиться в наступній послідовності:

- знімається маховик;
- знімається кришка спільно з деталями затвора;
- розбираються деталі затвора.

Після розбирання всі деталі промивають в керосині і досуха витирають, після чого проводять їх огляд. Виявлені дефекти в корпусі (раковини, тріщини) усувають підваркою. Некрізні дефекти обробляють на всю глибину його до чистого металу. Крізні на всю товщину корпуси. Тріщини перед обробленням засвердлюють по кінцях для виключення їх розповсюдження. Після оброблення проводять протравлення 10% розчином азотної кислоти.

					<i>2017.031.00.000.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Зварку проводити матеріалами і за технологією, затвердженою лабораторією зварки. Міцність корпусу перевіряють гідравлічним випробуванням. На поверхнях ущільнювачів затвора дефекти не допускаються. Виявлені дефекти завглибшки до 0,5 мм усувають шліфівкою з подальшим притиранням, дефекти завглибшки більше 0,5 мм усувають попереднім обробленням дефекту і наплавленням на нього металу з подальшою обробкою і притиранням. Поверхня ущільнювача шпинделя має бути дзеркально гладкою.

Вм'ятини і задираки завглибшки 0,08-0,15 мм усувають притиранням. Кривизна шпинделя не повинна перевищувати 0,05 мм на всю довжину. Внутрішні поверхні деталей, що сполучаються з шпинделем, перевіряють на чистоту і відсутність овальності. Дефекти на фланцях завглибшки до 0,5 мм усувають вишліфівкою. Глибші (до 1,5 мм) – проточкою.

Після закінчення ремонту і збірки арматура піддається гідравлічному випробуванню на міцність і щільність. Випробування є остаточною перевіркою якості ремонту.

Збирання теплообмінника

Після закінчення ремонтних робіт провести збірку теплообмінника в наступній послідовності:

- застропить його, підняти і завести верхню частину в колону поз. С-303;
- зібрати фланцеве з'єднання колони і теплообмінника;
- змонтувати нижнє днище;
- під'єднати трубопроводи;
- провести ізолювальні роботи.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1 Охорона праці

У нашій країні особливу увагу приділяють техніці безпеки на підприємствах хімічної промисловості. Тому що в цій промисловості більша ймовірність травматизму й нещасних випадків, сама більша тенденція небезпечних факторів впливаючих на екологію, життя й здоров'я працівників у цій галузі.

Багато чого робиться для більш безпечної роботи людини в промисловості. Існують навчальні комбінати при заводах, і навчальні класи при цехах. Всі частіше проробляються інструкції, вносять зміни. Трудове законодавство приділяє особливу увагу на сформовану обстановку й приймає законно проєктів по поліпшенню умов праці.

8.1.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо-вибухонебезпечних речовин, які використовуються у виробництві .

Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо-вибухонебезпечних речовин, які використовуються у виробництві карбаміду наведені в таблиці 8.1. та таблиці 8.2.

Таблиця 8.1 Основні фізико-хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва речовини	Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °З	Температура кипіння, °С
1	2	3	4	5	6	7
1	Аміак	NH ₃	$\begin{array}{c} \text{H-N-H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	газ	-77,68	-33,2
2	Двоокис вуглецю	CO ₂	O=C=O	газ	-57,35	-78,14
3	Карбамід	CO(NH ₂) ₂	$\begin{array}{c} \text{H O H} \\ / \ / \ / \\ \text{N-C-N-H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	тверде	132,6	--

Продовження таблиці 8.1.

1	2	3	4	5	6	7
4	Плав карбаміду	CO(NH ₂) ₂	Н О Н / // / N-C-N-H Н	рідина		--

Таблиця 8.2 Характеристика токсичності

№ п/п	Назва речовини	Клас небезпеки	Характер дії на організм людини	Гранично-припустима концентрація, мг/м ³		Засоби індивідуального захисту
				Робочої зони	Максимально разова	
1	2	3	4	5	6	7
1	Аміак	4	Викликає гостре роздратування слизових оболонок, слізотеча, опіки слизових оболонок, задуха. Обпалює шкіру.	20	0,2	Протигаз марки "М" або "КД", що ізолюють "ПШ-1", "ПШ-2"
2	Двоокис вуглецю	4	Викликає задуху, має наркотичну властивість.	30000	--	Протигаз марки "М", що ізолює "ПШ-1", "ПШ-2"
3	Карбамід	4	Викликає роздратування шкіри.	10	0,5	Протигази марки "М" або "КД"
4	Плав карбаміду	4	Може служити джерелом отруєння	20(по NH ₃)	0,2	Протигази марки "М" або "КД"

У виробництві карбаміду застосовуються вибухо- і пожежонебезпечні речовини, основні характеристики яких наведено в таблиці 8.3.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Таблиця 8.3. Показники вибухо- і пожежонебезпеки

№ п/п	Речовина	Температура, °С		Границі поширення полум'я, кон- центраційні			
		Займання	самозаймання	г/м ³		% об'ємних	
				Ниж- ній	Верх- ній	Ниж- ній	Верх- ній
1	Аміак	--	650	112	189	15	28
2	Карбамід	223	470	70	500	--	--

8.1.2 Небезпечні й шкідливі фактори виробництва.

Процес виробництва карбаміду (сечовини) характеризується наступними небезпечними факторами:

- наявністю високого тиску (до 20,0 Мпа);
- наявністю високої температури (до 440°С);
- можливістю одержання термічних опіків;
- застосуванням електричної мережі високої напруги (до 6 КВ), насиченістю корпусів виробництва електроустановками, можливістю поразки електричним струмом;
- наявністю великої кількості частин механізмів що рухаються й обертаються, можливістю одержання механічних травм (забитих місць, переломів, вивихів, різаних і рваних ран);
- розміщення встаткування, комунікацій і будинків на висоті (до 79 метрів).
- при порушенні й недотриманні регламентних норм технологічного режиму, при роботі з вибухонебезпечними сумішами;
- отруєння аміаком і ядухою вуглекислотою, азотом.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

Заходами попередження від опіків є своєчасне застосування індивідуальних засобів захисту, справності стану встаткування й комунікацій.

Поразка електричним струмом можливо при експлуатації електроустаткування з порушенням техніки безпеки й порушенням правилами експлуатації електроустановок.

8.1.3 Класифікація і категорійність виробництва та його приміщень

Категорія вибухонебезпечності виробництва згідно ОНТ 86-Б.

Класифікація установок по електроустаткуванню:

- клас приміщень по ПУЕ-В-1б;
- категорія і група вибухонебезпечних сумішей за правилами виготовлення вибухозахищеного й рудничного електроустаткування

ПА-Т1.

Група виробничих процесів за санітарною характеристикою 2.0904-87-38.

Клас санітарної характеристики - II.

Ширина санітарно-захисної зони - 500 м.

Припустимі метеофактори:

- температура - 19 - 25 °С;
- відносна вологість повітря - не більше, ніж 75 %;
- швидкість руху повітря - не більше, ніж 0,2 м/с;
- температура повітря поза постійними робочими місцями - 15-26 °С

8.1.4 Заходи щодо запобігання появи шкідливих і небезпечних виробничих факторів

8.1.4.1.Вентиляція та опалювання

Вентиляція є одне з основних засобів боротьби із загазованістю й запиленістю у виробничих приміщень, а також їхніх зон . Вентилятори вентиляційних систем, приміщення категорії Б по пожежній безпеці виготовлюються

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

з алюмінію. Електродвигуни встановлюються у вибухозахисному виконанні. При зупинці робочих вентиляторів включення резервних вентиляторів відбувається автоматично.

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

Якщо технологічний процес пов'язаний з переробкою хімічних речовин у твердому (пилоподібному) стані, розрахунок ведеться по кратності повітрообміну, яка дорівнює від 6 до 10, залежно від токсичності речовини.

$$W = K \cdot V, \text{ м}^3/\text{год},$$

де K – кратність повітрообміну, 1/год; $K=7$ 1/год;

V – обсяг робочого приміщення, м^3 ;

$$V = a \cdot b \cdot h,$$

де a , b , h – довжина, ширина й висота приміщення відповідно, м.

$$V = 25 \cdot 6 \cdot 4,7 = 705 \text{ м}^3$$

Тоді кількість повітря, яке необхідно подати в приміщення, складе:

$$W = 7 \cdot 705 = 4935 \text{ м}^3$$

По необхідному об'єму повітря для вентиляції підбираємо вентилятор типу В-ЦП-40 N5 пилового типу продуктивністю 5000 м^3 , напір - 300 мм.вод.ст. Частота обертання - 1755 об/хв., електродвигун типу 4A132, потужністю 7,5 кВт, частота обертання - 1455 об/хв.

У цеху передбачається система повітряного опалення, сполученого із приточною вентиляцією.

Площа поверхні нагрівання (екм) визначається по формулі:

$$H = Q_0 / 506$$

Витрата теплоти в осінньо-зимовий період на опалення визначається по формулі:

$$Q_B = W \cdot C_B (t_{в.п.} - t_H) \cdot \frac{1000}{3600}, \text{ Вт}$$

де W – обсяг приточного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

C_B – об'ємна теплоємність повітря, рівна $1,257 \text{ кДж}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$;

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$t_{в.п.}$ – температура нагрітого ($t = 22^{\circ}\text{C}$) повітря, що подається в приміщення, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{н}$ – температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$; приймається, що в осінньо-зимовий період середня температура зовнішнього повітря рівняється мінус 7°C .

$$Q_B = 5000 \cdot 1,257 \cdot 29 \cdot \frac{1000}{3600} = 51837,49 \text{ Вт}$$

$$H = \frac{Q}{506} = \frac{51837,49}{506} = 102,45 \text{ екм}$$

$$102,45 \cdot 0,82 = 84,00 \text{ м}^2$$

Вибираємо один сталевий пластинчастий многоходовий калорифер модель KB11Б - ПУЗ із площею нагрівання $107,08 \text{ м}^2$.

8.1.4.2. Аварійна вентиляція.

У хімічному виробництві із прогресивною технологією обов'язково передбачають аварійну вентиляцію, яка повинна включатися в аварійних ситуаціях, а також передбачають тип вентилятора, умови його включення (перевищення концентрації шкідливих речовин), кількість вентиляторів. Залежно від концентрації пара і газів включення витяжних аварійних вентиляторів передбачається від газоаналізаторів. Ручне включення передбачене в місцях установки аварійних вентиляторів.

8.1.4.3 Освітлення приміщень.

Живлення електроносіїв передбачається від мережі, напругою 380-220 В з глухо заземленою нейтраллю. Електричні мережі забезпечують можливість живлення зовнішнього освітлення, протипожежних пристроїв, систем диспетчирезації, показчиків світлової й звукової сигналізації, а також лінії світлового огороження.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

У вибухонебезпечних зонах застосовують вибухопожежозахиснені світильники серії ВЗГ і світильників підвищеної надійності серії НОБ. Аварійне освітлення запитане від мережі змінного струму через блок автоматичного перемикавання, що забезпечують їхнє живлення від акумуляторів при відключення живлення напруги.

Розрахунок природнього освітлення, здійснюваного через світлові про-
різи в стінах будинків або у світлових ліхтарях, приблизно розраховуємо, ви-
ходячи з відношення площі підлоги. Для будинку світловий коефіцієнт при-
ймаємо 1/6:

$$S_{OK} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}\right) * S_n, \text{ м}^2,$$

де S_{OK} – площа віконних прорізів, м^2 ;

$$S_n - \text{площа підлоги, м}^2; S_n = 25 \cdot 6 = 150 \text{ м}^2$$

$$S_{OK} = \frac{1}{6} \cdot 150 = 25 \text{ м}^2.$$

При площі одного вікна (2,5 x 2) кількість вікон становить 5 шт.

Розрахунок загального штучного освітлення виробляється, виходячи із
числа світильників, необхідного для освітлення приміщення, що
визначається по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z},$$

де E – мінімальна припустима освітленість робочих поверхонь, обумовлена
нормами, рівна 50 при використанні ламп накаливання, лм;

S – освітлювана площа, рівна 150 м^2 ;

F – світловий потік однієї лампи; для обраного типу світильника пилеводо-
захисний ПВЗ, потужністю 200 Вт при нарузі в мережі 220 В, $F =$
2510 лм;

K – коефіцієнт запасу, приймаємо рівним 1,5;

Z – поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника,
дорівнює 1,15 для світильників типу ПВЗ;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

U – коефіцієнт використання освітлювальної установки, що залежить від типу світильників, коефіцієнта відбиття потоків і стін, показника і, що визначається по формулі:

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

де а и b – довжина й ширина приміщення, м;

h – висота світильника від рівня робочого місця (0,8 м від пола);

$$h = 4,7 - 1,2 - 0,8 = 2,7 \text{ м}$$

$$i = (6 \cdot 25) / 2,7 \cdot (6 + 25) = 1,8$$

Для даного значення коефіцієнта коефіцієнт використання освітлювальної установки U = 0,33.

Виходячи з даних норм освітленості на робочому місці число світильників дорівнює:

$$n = \frac{50 \cdot 50 \cdot 1,5}{2510 \cdot 0,33 \cdot 1,15} = 12 \text{ шт.}$$

Приймаємо n = 12 шт.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається по формулі:

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

де n – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення;

W – потужність однієї лампи, Вт;

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

$$N = \frac{12 \cdot 200 + 0,15 \cdot 12 \cdot 200}{1000} = 2,436 \text{ кВт}$$

Світильники пилеводозахищені ПВ, потужність 200 Вт розташовуємо уздовж всієї довжини приміщення в 2 ряди:

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

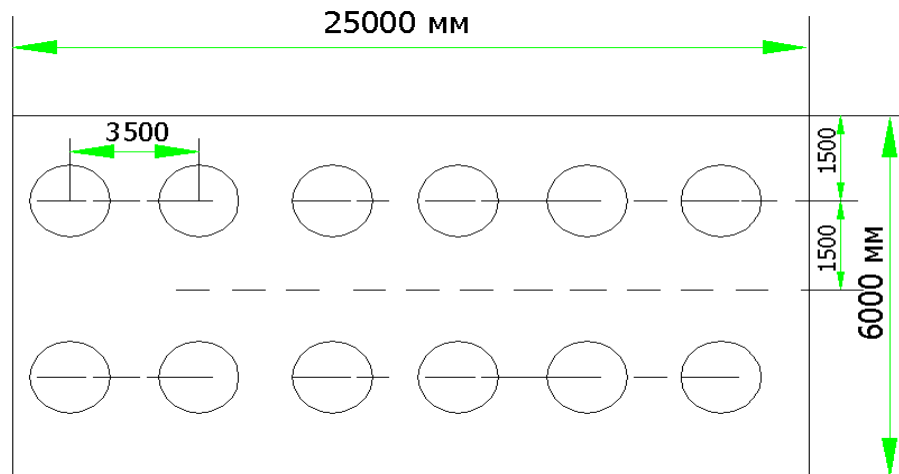


Рисунок 6.1. Схема розташування світильників

8.1.4.4 Методи боротьби з пилом.

Пил карбаміду утворюється в грануляційній вежі при грануляції й у процесі відвантаження карбаміду.

Мокрі циклони й витягну вентиляцію застосовують для боротьби з пилом.

Для захисту органів дихання використовують протипилові респіратори й протигази.

8.1.5 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних факторів при експлуатації й ремонті технологічного встаткування.

8.1.5.1 Ремонтно-монтажні роботи

В основу підготовки устаткування до ремонту входить:

- зупинка об'єкта (устаткування, машин, комунікацій), відключення їх від діючої системи запірними арматурами;
- скидання тиску, звільнення об'єкта від продукту, сировини;
- відключення живлення об'єкта, вивішування заборонних і попереджувальних плакатів, установка огорожень, вживання заходів від помилкового або мимовільного включення комутаційних апаратів, установка заземлення;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

- від'єднання ремонтного об'єкта від комунікацій за допомогою заглушок;
- чистка об'єкта від продукту, сировини й бруду приміщень;
- чищення прямиків, каналів, лотків, люків, промивання каналізаційних трубопроводів .
- контроль на вміст шкідливих речовин, у приміщенні, колодязях, прямиках, оформлення відповідних аналізів на ремонтному об'єкті.

Механік, ст. майстер перед початком роботи:

1. Вживає заходів по створенню безпечних умов роботи (дотримання обережності при розкритті люків, фланцевих з'єднань, клапанів машин і т.д.);
2. Організує для ведення ремонтних робіт установку лісів;
3. Оформляє наряд-допуск на проведення ремонтних робіт, наряд-допуск на проведення газонебезпечних робіт, дозвіл на вогневі роботи й інші документи, що допускають, разом з начальником відділення;
4. Проводить цільовий інструктаж підлеглому персоналу.

У випадку появи в бригаді осіб, що не пройшли інструктаж, допуск їх до роботи здійснюється тільки після проходження індивідуального інструктажу;

Допуск до ремонтних робіт осіб не минулий інструктаж не дозволяється, а так само осіб підрядних організацій.

8.1.5.2 Допуск до проведення робіт

Всі ремонтні роботи, проводяться за розпорядженням, наряд-допуску. В якому вказується особа, що видала наряд-допуск або розпорядження; час і місце проведення робіт, відповідальна особа за проведення робіт . У розділі наряд - допуску « Окремі вказівки » обмовляються методи безпечного проведення ремонтних робіт, аналізи повітряного середовища (якщо необхідно).

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Особи, що підписують наряд-допуск, відповідають за правильність і повноту розроблених і описаних заходів щодо підготовки й проведення робіт.

Перед початком провадження робіт бригада або окремі виконавці повинні одержати наряд-допуск і інструктаж з виконуваної роботи й охорони праці.

Тривалість дії наряду-допуску не більше 5-ти робочих днів.

Наряд-допуск оформляється у двох екземплярах і протягом усього періоду робіт перебуває: 1-й екземпляр - у відповідального виконавця робіт, 2-й екземпляр - у начальника зміни.

Введення в ремонт устаткування здійснюється за письмовим наказом начальника цеху, у якому вказується особа, відповідальна за введення устаткування в ремонт і підготовку до ремонту (начальник або майстер відділення, начальник зміни). На підставі письмового розпорядження зам. начальника цеху в журналі завдань або розпоряджень по цеху описує й підписує порядок виводу устаткування в ремонт.

8.1.5.3 Газонебезпечні роботи

У процесі підготовки устаткування до газонебезпечних робіт повинен бути виконаний весь комплекс підготовчих робіт, передбачених у відповідних інструкціях і наряді-допуску. При цьому повинні бути вжиті заходи по зниженню ступеня небезпеки газонебезпечної роботи шляхом скидання тиску, видалення шкідливих і вибухонебезпечних продуктів, а також по запобіганню можливих джерел іскрообразування.

Допускаються до виконання газонебезпечних робіт особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчені у ВГСО безпечним методам і прийомам роботи, застосуванню засобів захисту органів дихання, правилам і прийомам надання першої медичної допомоги потерпілим і минулою перевіркою знань у встановленому порядку, і минулий інструктаж на місці роботи. Електроприводи механізмів, що рухаються, повинні бути знеструмлені від

									<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>					

2017.031.00.000.ПЗ

джерел живлення видимим розривом і обокремлені від взаємодіючих механізмів. На пускових пристроях електроприводів і в електророзподільних пристроях вивішуються заборонні плакати "Не включати - працюють люди!", які знімаються по закінченні робіт з розпорядження відповідального за проведення робіт

Місце проведення газонебезпечної роботи повинне бути позначене й обгороджено, а при необхідності виставлені пости з метою недопущення проникнення сторонніх осіб у небезпечній зоні й на небезпечному об'єкті.

Роблять аналіз повітряного середовища на зміст кисню, а також шкідливих, вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних речовин із записом результатів у наряді-допуску.

Проводять перевірку наявності й справності засобів індивідуального захисту, інструментів, пристосувань і інших засобів забезпечення безпеки осіб які ремонтують даний об'єкт. Проводиться інструктаж бригади й перевіряється їхнє вміння користуватися засобами захисту, знання безпечних прийомів роботи й надання першої медичної допомоги.

Газонебезпечні роботи з установки заглушок на трубопроводах діаметром до 200 мм включно, що перекачують рідкі органічні речовини, кислоти, аміак, аміачну воду, парогазові фази повинні починатися в присутності відповідального за проведення робіт, представника ВГСО або члена ДГСД. Установка заглушок діаметром більше 200 мм вироблятися при постійній присутності відповідального за проведення робіт.

Роботи виконувані у вибухонебезпечних приміщеннях, повинні виконуватися із застосуванням інструментів і пристосувань не іскор, що створюють, і в спецодязі й спецвзутті. Для висвітлення застосовують переносні світильники напругою не вище 12В або акумуляторні лампи, що мають відповідний рівень вибухозахищеність, що відповідає групі й категорії вибухонебезпечного середовища. Напередодні проведення газонебезпечних робіт від-

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повідальний за її проведення зобов'язаний повідомити у ВГСО про час початку ведення газонебезпечних робіт.

Перед початком, і в процесі проведення газонебезпечних робіт необхідно провести аналіз стану повітряного середовища на місці проведення робіт. Виконувати газонебезпечні роботи треба бригадою в складі не менш двох чоловік (працюючий і що спостерігає). Члени бригади повинні бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту, спецодягом, спецвзуттям, інструментами, пристосуваннями й допоміжними матеріалами.

Відповідальний за проведення робіт опитує кожного члена бригади про самопочуття.

Входити в газонебезпечне місце можна тільки з дозволу відповідального за проведення робіт, у відповідних засобах захисту, одягнених за межами небезпечної зони.

Застосування засобів індивідуального захисту повинні відповідати вимогам стандартів і технологічних умов.

Для проведення роботи усередині ємності повинна призначатися бригада в складі не менш двох чоловік (працюючий і що спостерігає). Газонебезпечні роботи усередині ємності проводяться при постійній присутності газозорятівика. Працівники перед спуском у ємність повинні надягти рятувальних пояс із сигнально-рятувальною мотузкою. Перед вдяганням пояса треба переконатися, що пояс випробуваний.

Поза зоною видимості між працюючим і спостерігаючим повинна бути встановлена система передачі умовних сигналів.

При проведенні робіт усередині ємності спостерігаючий повинен перебувати в люка (лазу) ємності, маючи при собі ізолюючий протигаз у положенні "Напоготові".

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8.1.5.4. Електро-газозварювальні роботи

При електро-газозварювальних роботах зварникові й допоміжним робітником необхідно захисні окуляри, що захищати органи зору від дії електродуги.

Для видалення шкідливих газів і шкідливих речовин, що утворюються при роботі зварника його постійне робоче місце обладнається витяжною вентиляцією.

Місця проведення зварювальних робіт можуть бути:

- постійними (майстерні, спеціально відведені площадки),
- тимчасовими - коли вогневі роботи проводяться при ремонті або монтажі встаткування, комунікацій, конструкцій.

Зварювальні роботи на тимчасових робочих місцях проводяться тільки після оформлення дозволу на проведення вогневих робіт.

Робочі місця для зварювання, різання, наплавлення захищаються щитами або ширмами з негорючих матеріалів.

На кожне робоче місце для електро-газозварювальних робіт повинне бути відведене не менш 4м², крім площадки, займанозварювальні встаткуванням і проходами. Ширина проходу не менш 1м.

Вимоги безпеки перед початком робіт:

- одержати розпорядження на виконання газозварювальних робіт від безпосереднього керівника.

- брезентова куртка повинна бути застібнута на всі гудзики, клапани кишень випущені назовні, куртка одягнута на випуск на штани. Штани повинні бути надягнуті поверх черевиків і надійно закривати їх. Взуття повинна бути обов'язково зашнурована. Рукава куртки повинні перебувати поверх рукавиць і щільно прикривати їх.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

- перевірити справність інструмента, застосовуваного в роботі, запобіжних пристосувань (захисних стекол і ін.), при виявленні несправностей повідомити керівників.

- перевірити наявність і справність газозварювальних встаткувань.

Правила безпеки при виконанні робіт:

При проведення вогневих робіт, робоче місце відгородити, вивісити попереджуючі знаки безпеки;

Електрогазозварювальне устаткування на увесь час експлуатації повинне бути заземлене;

Балони повинні бути надійно закріплені, або лежати на підставках.

Двері, що з'єднують приміщення, де виконуються вогневі роботи, із суміжними приміщеннями повинні бути закриті.

Перевірити робоче місце. Технологічне встаткування, трубопроводи, на яких будуть проводитися вогневі роботи, повинні бути наведені в пожежовибухонебезпечний стан (промیتі, продутий пором або інертний газ, відібрані аналізи повітря на відсутність горючих газів і шкідливих речовин в апаратах, трубопроводах; об'єкт повинен бути охолоджений до температури не вище 30⁰С. У середині ємності електрозварювач повинен працювати у відповідних засобах захисту: у діелектричних рукавичках, калошах, зі шланговому протигазі й захисному шоломі, а також у підлокітниках і наколошниках, роботу робити коштуючи на діелектричному. У запобігання влучення розплавлених часток металу на сусідні поверхи, близько розташоване встаткування всі вентиляційні й технологічні люки, (шибери, затвори), прорізи в перекриттях, у стінах і перегородках приміщень повинні закриті негорючими матеріалами.

Правила безпеки по закінченню робіт

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2017.031.00.000.ПЗ

По закінченні електро-газозварювальних робіт необхідно:

1. Погасити полум'я пальника (різака), закривши спочатку вентиль ацетилену, потім кисню.
2. Закрити вентиль на кисневому балоні, скинути тиск кисню з редуктора поворотом регулювального гвинта проти вартовий стрілки.
3. Закрити вентиль на ацетиленовому балоні, скинути надлишковий тиск ацетилену з редуктора й рукавів.
4. Відокремити рукава від редукторів, згорнути їх у бухти.
5. Упорядкувати робоче місце, переконавшись у відсутності тліючих матеріалів.
6. По закінченні роботи посада безпосередньому керівникові про всі несправності на робочому місці.
7. Вимити особа й руки або прийняти душ в обладнаній душовій побутового приміщення.

8.1.5.5 Проведення такелажних робіт

До роботи з піднімальними механізмами допускаються особи, що мають посвідчення на право керування піднімальними механізмами. До виконання такелажних робіт допускаються робітники, що досягли 18 - літнього віку, що мають посвідчення на право виконання робіт. Такелажники повинні виконувати навантаження у вивантаження, у спецодязі й у рукавицях. При підйомі або опусканні вантажу небезпечна зона повинна бути обгороджена.

Перед початком роботи стропальник повинен перевірити справність вантажозахватних пристроїв і наявності на них клейм або бирок з позначенням вантажопідйомності, і строком випробування, а також справність тари й наявність на ній напису про призначення й вантажопідйомність.

Стропальник повинен підняти вантаж механізмом на висоту 20 див., щоб вантаж зафіксувався в стропах, а потім продовжувати його переміщення.

Стропальник повинен знати порядок обміну сигналами при роботі піднімальних механізмів і кранів і чітко подавати їхньому машиністові.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2017.031.00.000.ПЗ

На місці виробництв такелажних робіт забороняється перебувати стороннім особам.

Стропальникові забороняється стропувати вантаж, що перевищує піднімальну силу піднімальних механізмів і вантажозахватних пристроїв (стропів, тягових канатів і ін.).

Всі блоки й гаки повинні бути в повній справності й на гаку зазначена дата наступного випробування.

Забороняється підтаскувати вантажі, що перебувають на землі.

Гак крана, установлюється точно над вантажем, що підлягає підйому, а в стропа, канати або ланцюги накладаються рівномірно, без вузлів і петель. На гострих краях вантажу, у місцях зіткнення стропа повинні бути встановлені прокладки.

При підніманні й переносі вантажу вручну вага вантажу не повинен перевищувати 50 кг на людину.

Забороняється підйом і переміщення кранами людей.

8.1.5.6. Правила безпеки при роботі на висоті

Робота на висоті - роботи виконувати на висоті 1,3м від поверхні ґрунту, покриття або робітника настилу над яким виробляються роботи з монтажних пристосувань або безпосередньо з елементів конструкцій устаткування. Лісу по всій висоті повинні бути прикріплені до міцних частин будинків і споруджень.

Навантаження на настили лісів і риштування не повинно перевищувати дозволених вазі.

Забороняється скупчення людей на настилах.

Настили лісів, повинні бути обгороджені поруччям висотою не менш 1 м мати один проміжний елемент. Настил повинен мати відбортовку висотою не менш 15 см.

Працюючі на висоті повинні бути постачені ящиками або сумками для перенесення й зберігання інструментів, і інших дрібних деталей. Забороня-

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ється, провадження робіт на двох або більше ярусах по одній вертикалі без захисних козирків.

Для роботи на висоті можуть застосовуватися приставні сходи. Приставні сходи повинні бути випробуваними, міцними й зручними для пересування. Нижні кінці приставних сходів повинні мати гумові башмаки або упори у вигляді загострених наконечників. Робота зі сходів виконується із застосуванням запобіжного пояса.

Загальна довжина (висота) приставних сходів повинна бути не більше 5 м і забезпечувати робітникові можливість робити роботу коштуючи на щаблі, що перебуває на відстані не менш 1 м від верхнього кінця сходів.

Драбини повинні мати пристрої, що виключають можливість їхнього мимовільного розсовування.

8.1.5.7 Заходи безпеки при закінченні робіт і пуску устаткування в експлуатацію

1. При прийомі устаткування з ремонту зовнішнім оглядом перевірити стан і справність:

- устаткування й прилягаючих комунікацій;
- фланцевих з'єднань;
- арматур, запобіжних клапанів, огорожень;
- засобів СТОСІВ і А.

2. Закрити запірні арматури, дренажі.

3. Перевірити наявність і справність засобів пожежогасіння, захисту й інструмента.

4. При необхідності встаткування й комунікації промити конденсатом, продути азотом.

5. Обкатати встаткування на інертних середовищах.

6. Зняти заглушки, установлені для відключення апарата в період ремонту.

7. Опресовка устаткування й комунікації.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8. Пуск виконувати тільки після прийому оборотної води до цеху, технологічного повітря й газоподібного азоту, пари в цех, аміаку в цех.

8.1.5.10 Проведення випробувань технологічного устаткування

Гідравлічному випробуванню підлягають усі посудини після їхнього виготовлення або ремонту.

Теплообмінник підлягає гідравлічному випробуванню до накладення ізоляції .

Гідравлічне випробування проводиться пробним тиском $P=0,75$ МПа.

При заповненні посудини водою повітря повинно бути вилучено повністю.

Для гідравлічного випробування теплообмінника повинна застосовуватися вода з температурою не нижче 5°C и не вище 20°C

Різниця температур стінки посудини й навколишнього повітря під час випробувань не повинна викликати конденсації вологи на поверхні стінок посудини.

Тиск у випробовуваній посудині слід підвищувати поступово.

Використання стисненого повітря або іншого газу для підйому тиску при гідравлічному випробуванні не допускається. Тиск при випробуванні повинен контролюватися двома манометрами. Обидва манометра вибираються одного типу, межі виміру, однакових класів точності, ціни розподілу.

Час витримки посудини під пробним тиском не менше, ніж 5 хвилин.

Після витримки під пробним тиском тиск знижується до розрахункового, при якому роблять огляд зовнішньої поверхні апарата, усіх його роз'ємних з'єднань.

Обстукування стінок корпусу, зварених і роз'ємних з'єднань апарата під час випробувань не допускається.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Апарат вважається тим, що витримав гідравлічне випробування, якщо не виявлено:

- течі, тріщин, слізок, потіння у зварених з'єднаннях і на основному металі;
- течі в роз'ємних з'єднаннях;
- видимих залишкових деформацій;
- падіння тиску по манометру.

Апарат і його елементи, у яких при випробуванні виявлені дефекти, після їхнього усунення підлягають повторним гідравлічним випробуванням.

Гідравлічне випробування допускається заміняти пневматичним за умови контролю цього випробування методом акустичної емісії або іншим, узгодженим із ДНОП України методом.

Пневматичне випробування повинне проводитися за інструкцією, що передбачає необхідні заходи безпеки та затвердженої у встановленому порядку.

Пневматичне випробування апарата проводиться стисненим повітрям або інертним газом.

Величина пробного тиску призначається рівній величині пробного гідравлічного тиску. Час витримки апарата під пробним тиском повинен бути не меншим, ніж 5 хвилин. Потім тиск в апараті повинен бути зменшений до розрахункового і зроблений огляд апарата з перевіркою герметичності його швів та роз'ємних з'єднань мильним розчином або іншим способом.

8.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Основними завданнями цивільного захисту є запобігання аварій і ліквідацій їх наслідків.

Запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження й забезпечення зменшення збитків і втрат у випадку стихійного лиха, аварій, катастроф, вибухів і більших пожеж.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Оповіщення населення про погрозу й виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний час.

Захист населення від наслідків стихійних лих, аварій, вибухів, більших пожеж і застосування засобів поразки [13].

8.2.1 Організація цивільної оборони на виробництві

Для забезпечення виконання заходів щодо цивільного захисту на об'єкті створюються штаб і служби цивільної оборони. Роботу штаба цивільного захисту очолює начальник штаба цивільного захисту, який є заступником начальника цивільного захисту об'єкта і відповідає за виконання покладених на штаб завдань. На об'єктах створюються служби цивільного захисту. Схема організації цивільного захисту виробництва карбаміду приведена на рис. 8.1

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

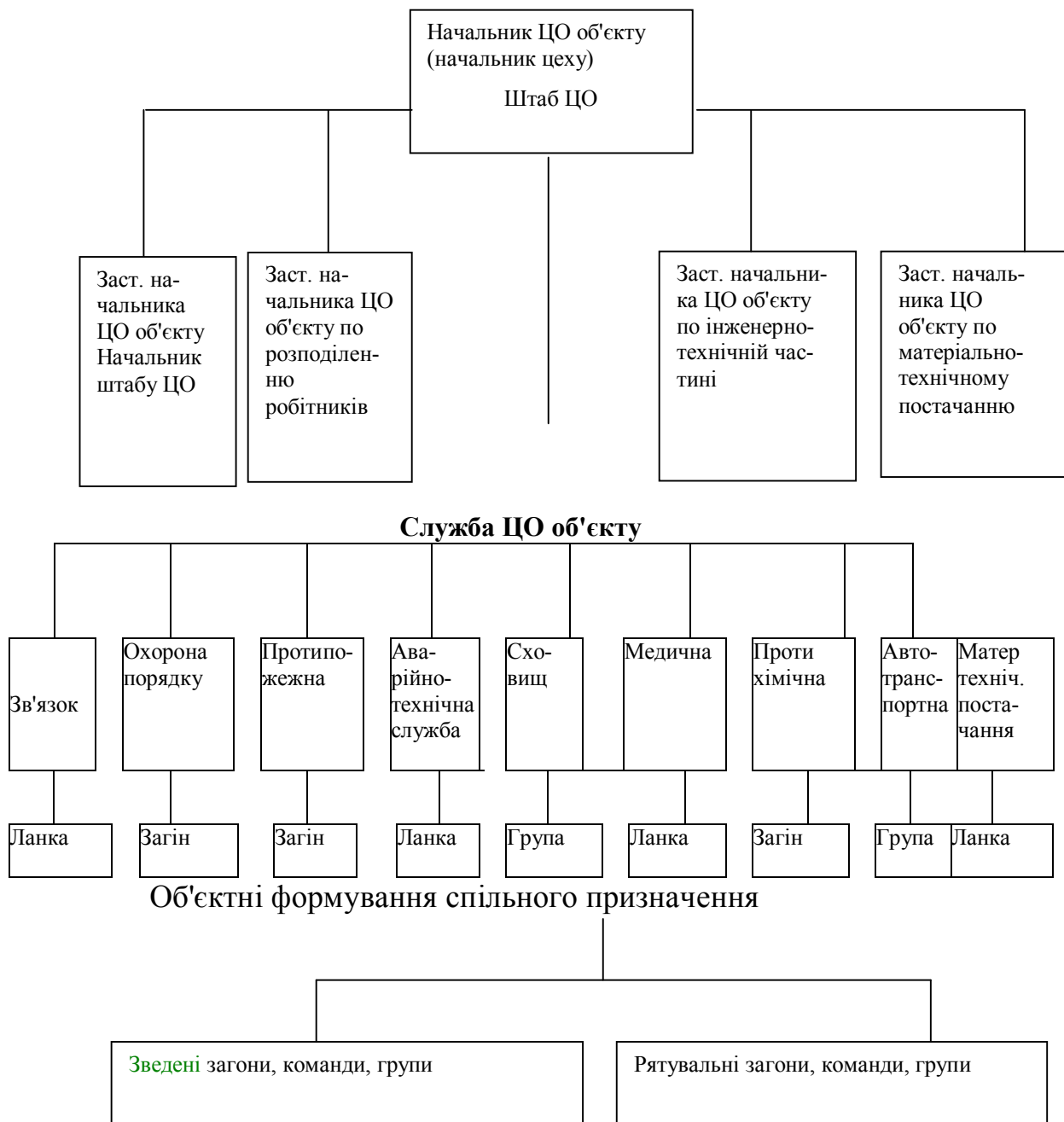


Рис. 8.1 Схема організації цивільного захисту виробництва карбаміду

8.2.2 Основні техногенні небезпеки в цеху по виробництву карбаміду.

Перелік параметрів технологічного процесу, порушення яких може привести до аварії, наблизити концентрацію вибухонебезпечних сумішей до меж вибуховості:

- підвищення вмісту кисню в експанзерному газі вище 0,8 % може приводити до утворення вибухонебезпечної концентрації суміші кисню з аміаком у конденсаторах аміаку;

- підвищення вмісту горючих (водень і окис вуглецю) вище 0,5 % в експанзерному газі може привести до вибухонебезпечної концентрації суміші кисню з воднем у конденсаторах аміаку;

- підвищення тиску в колоні синтезу вище 20,0 МПа (200 кгс/см²) може привести до спрацьовування запобіжних клапанів або до розриву колони синтезу й комунікацій з викидом значної кількості рідкого аміаку в атмосферу;

- підвищення тиску в системі дистиляції I ступеня вище 1,7 МПа (17 кг/см²) приводить до спрацьовування запобіжних клапанів або до розриву апаратів і комунікацій з викидом значної кількості аміаку в атмосферу;

- зниження температури задувкою інертів з конденсаторів аміаку нижче 24⁰С може привести до утворення вибухонебезпечних сумішей у конденсаторах аміаку;

- підвищення тиску на нагнітанні плунжерних насосів аміаку вище 20,0 МПа (200 кг/см²) може привести до спрацьовування запобіжних клапанів або до розриву комунікацій зі значним викидом рідкого аміаку.

АМІАК - безбарвний горючий газ із різким характерним запахом. Молекулярний маса - 17,03, температура плавлення - 77,75°С, температура кипіння -33,35 °С, критична температура +132,4°С, критичний тиск - 11,32 МПа, розчинність у воді - 34,2% (мас). Газоподібний аміак при охолодженні під атмосферним тиском до температури нижче - 33,4°С або при температурі 15°С і тиску вище 0,75 Мпа переходить у рідкий стан.

Рідкий аміак - безбарвна рухлива рідина. При температурі - 77,7°С перетворюється в білі кристали. Хімічно активний, вступає в реакції з'єднання, заміщення й окиснення. Газоподібний аміак добре розчиняється у воді. Гранично припустима концентрація аміаку в повітрі:

виробничих приміщень - не більш 20 мг/м³;

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

територій - не більш 6 мг/м³.

Високі концентрації викликають рясну сльозотечу й біль в очах, задиху, сильні приступи кашлю, запаморочення, болі в шлунку; блювоту, затримку сечі. Важке отруєння протікає на тлі різкого зменшення легеневої вентиляції, збільшення печінки. Після дії високих концентрацій спостерігаються різкі розлади дихання й кровообігу, може настати смерть від серцевої слабості або зупинки дихання у фазі вдиху при спазмі голосової щілини, частіше смерть настає від набряку гортані або легенів. Можливий хімічний опік очей і верхніх дихальних шляхів.

Наслідки перенесеного гострого отруєння: помутніння кристалика очей, роговиці, навіть її прорив і втрата зору, емфізема легенів, суботрофічний фарінголарінгіт, можлива активізація туберкульозного процесу. При невеликих концентраціях - більш легке роздратування очей і слизуватої оболонки носа, чхання, легка нудота й головний біль, почервоніння обличчя, пітливість, біль у грудях.

При концентрації 1% (об.) спостерігається легке роздратування вологої шкіри, при концентрації 2% - помітне роздратування, а при 3% - через кілька хвилин може бути викликаний опік з утвором міхурів. При влученні в струмінь газу поряд із проявами загального отруєння спостерігається почервоніння шкіри, набряк, окремі фіолетово-червоні плями, порушення цілісності поверхневих шарів шкіри. Нашатирний спирт (10%-вий розчин аміаку) діє на шкіру слабкіше інших лугів і викликає сильний біль, почервоніння, а при тривалому впливі утвір на шкірі міхурів. Влучення спирту в очі може привести до повної сліпоті.

8.2.3 Індивідуальні й колективні засоби захисту

Усі працівники цеху постачені засобами захисту шкіри й подиху.

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Спецодяг, спецвзуття й інші засоби індивідуального захисту видаються робітникам та службовцям цеху відповідно до Типових галузевих норм безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття й інших засобів індивідуального захисту.

Робітники та службовці зобов'язані користуватися виданим спецодягом. До роботи не допускаються особи без спецодягу, у забрудненому або несправному спецодязі. Спецодяг зберігається в індивідуальних шафах у побутових приміщеннях.

Черговий спецодяг може видаватися тільки на час виконання певних робіт або може бути закріплена за певними робітниками місцями й передаватися по зміні. У цих випадках вона видається під відповідальність осіб із числа адміністративно-технічного персоналу.

Передбачений нормами теплий спецодяг видається робітникам та службовцям з настанням холодної пори року й з настанням теплої пори року.

Цей спецодяг повинен бути зданий для хімчистки (прання), ремонту й організованого зберігання до наступного сезону.

Прання й ремонт спецодягу ведеться організовано, за графіком, затвердженим начальником цеху.

Спецвзуття повинно регулярно змазуватися й чиститися.

Відхід додому персоналу в спецодязі забороняється.

У період провадження робіт застосовувати захисну каску "Праця".

Рукавиці комбіновані застосовувати при перемиканні запірних арматур, пропарюванню трубопроводів, чищенню й ремонті устаткування.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Індивідуальними засобами захисту органів подиху й зору працюючих від впливу шкідливих газів, що присутній у повітрі виробничих приміщень цеху, є:

- промислові фільтруючі протигази з коробками марок "КД", "М";
- ізолюючі протигази марок ПШ-1, ПШ-2;
- киснево-ізолюючі протигази СТОСІВ-7.

Індивідуальний захист органів подиху від пилу здійснюється за допомогою протипилових респіраторів типу "Пелюстка", "Кама". Аварійні запаси зберігаються в опломбованих шафах.

Колективними засобами захисту є:

- укриття
- захисні спорудження
- вентиляція виробничих приміщень

Для створення необхідних умов перебування в укриттях їх обладнують системами життєзабезпечення:

- повітропостачання (вентиляції);
- водопостачання;
- каналізації;
- опалення;
- електропостачання;
- зв'язок.

Система повітропостачання повинна забезпечувати очищення зовнішнього повітря й видалення із приміщень тепловиділення і вологи.

Опалення укриттів здійснюється від опалювальної мережі підприємства по самостійних відгалуженнях, що відключаються при заповненні укриттів людьми.

Водопостачання укриттів передбачається від зовнішньої водопровідної мережі з установкою на введенні усередині укриття запірної арматур і звор-

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тного клапана. Передбачається запас питної води в ємностях з розрахунку 3 (три) літра в добу на кожного, що укривається.

Каналізація укриттів обладнуються каналом стічних вод від санітарних вузлів у зовнішню каналізацію самопливом або шляхом перекачування.

Електропостачання укриттів передбачається від мережі підприємства (міста). У укриттях слід передбачати місцеві джерела висвітлення:

- переносні електроліхтарі;
- акумуляторні світильники.

В укриттях повинен бути телефонний зв'язок з пунктом керування цивільної оборони.

Також до засобів колективного засобу можна віднести:

- вентиляція приміщення (застосовується для колективного захисту органів дихання);
- заземлення (застосовується для захисту осіб, які знаходяться в будівлях і спорудах від уражуючого фактору електричного струму);
- шумопоглинаючі перегородки (застосовується для поглинання шуму в цеху підприємства)

9. ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ.

9.1 Інженерна екологія і її завдання

Екологія - наука про умови існування живих організмів в місці існування, в природі, в навколишньому середовищі, а також у взаємозв'язку один з одним і з природою.

Існують наступні види екології:

теоретична;

прикладна;

синекологія;

аутекологія - вивчає існування окремих організмів в навколишньому середовищі

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

2017.031.00.000.ПЗ

загальна екологія - вивчає існування окремих організмів в навколишньому середовищі

промислова екологія - вивчає вплив відходів промислових підприємств на живі організми і природу, розробляє низку заходів, направлених на збереження природних об'єктів і комплексів

промислова екологія витікає з прикладної екології, яка вивчає механізми руйнування природних зв'язків в природі під впливом антропогенної діяльності, а також заходи, направлені проти цього руйнування

частиною промислової екології є інженерна екологія

Завдання інженерної екології:

-оптимізація технологічних, інженерних і проєктно-конструкторських рішень виходячи з мінімального збитку здоров'ю людини і природним середовищам;

-прогнозування і оцінка можливого негативного наслідку об'єктів, що реконструюються і будуються, для навколишнього природного середовища;

-своєчасне виявлення, коректування і ліквідація тих конкретних технологічних процесів або стадій, які завдають збитку здоров'ю людини і природі.

Кислотні дощі

Одна з найважливіших екологічних проблем, з якою зв'язують окислення природного середовища, -кислотніє дощі. Утворюються вони при промислових викидах в атмосферу діоксиду сірі і оксидів азоту, які, з'єднуючись з атмосферною вологою, утворюють сірчану і азотну кислоти. В результаті дощ і сніг виявляються такими, що підкисляють (число рн нижче 5,6).

Небезпеку представляють, як правило, не самі кислотні осідання, а процеси, що протікають під їх впливом. Під дією кислотних опадів з ґрунту вилугуюються не тільки життєво необхідні рослинам живильні речовини, але і токсичні важкі і легкі метали - свинець, кадмій, алюміній і ін. Згодом вони

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

самі або токсичні з'єднання, що утворюються, засвоюються рослинами і іншими ґрунтовими організмами, що веде до вельми негативних наслідків.

Дію кислотних дощів знижує стійкість лісів до засух, хвороб, природних забруднень, що приводить до ще більш вираженої їх деградації як природних екосистем.

Закислення озер небезпечне не тільки для популяцій різних видів риб (зокрема лососевих, сигових і ін.), але часто спричиняє за собою поступову загибель планктону, численних видів водоростей і інших його мешканців. Озера стають практично млявими.

9.2 Методи захисту від промислових забруднень

Для запобігання попадання в ґрунт продуктів, вживаних у виробництві, підлоги і лотки у відділенні отримання оксиду вуглецю бетоновані і викладені плиткою.

Для відведення стічних і промивальних вод у відділеннях влаштовані лотки-канали, по яких стічні води зливаються в дренажні прямки і прямують в збірку станції перекачування хімічно брудних стоків, звідки насосами перекачуються на фізико-хімічне очищення.

При аварійних ситуаціях або зупинках відділень на ремонт апарати і колони ректифікації спорожняються в збірки зберігання продукту.

Всі основні апарати і комунікації цеху захищені запобіжними мембранами і запобіжними клапанами, при спрацьовуванні яких віддувочні гази прямують на факельні колектори відділень отримання оксиду вуглецю для спалювання їх на факельних установках.

9.3 Характеристика відходів

Таблиця 9.1. Газоподібні викиди

Джерело забруднення	Найменування забруднення	Концентрація забруднення мг/м ³	Умови ліквідації	Періодичність	Кількість викидів, т/рік

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Гази здувки з колони С 750	Аміак	не більше 500	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	1785
Газова фаза на виході з висотної труби Х 701	Аміак	не більше 60000	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	214200
Повітря після зчистного пристроя гран башти	Аміак	не більше 40	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	142,8
Повітря після градирні СВЦ	Аміак	не більше 7	За рахунок ефекту розсіювання	Постійно	25

Таблиця 9.2 Стічні води

Найменування стоку	Питома норма викиду на одиницю сировини, готового продукту,	Кількість стічних вод м ³ /год	Умови ліквідації	Періодичність	Куди скидають
--------------------	---	---	------------------	---------------	---------------

	т/т				
Промислові стоки першої системи каналізації	0,065	До 65	Направляють в цех очистки промстоки в	Постійно	В першу систему каналізації
Промислові стоки другої системи каналізації	0,1284	до 128,4	Направляють в цех очистки промстоки в	Постійно	В другу систему каналізації

Таблиця 9.3. Рідкі відходи

Найменування відходу	Куди складається	Умова та місце поховання	Періодичність	Питома норма викиду на одиницю силовини, кг/год	Кількість відходу
Розчин аміаку та	Збирається у	Цех очистки	Постійно	не більше 145 (1,45%)	1184012

карбаміду	відстійник у, далі скидають до вторинної системи				
Розчин карбаміду	Скидають- ся до вторинної системи	Цех очи- стки	Постійно	не більше 152 (15,2)	1241171,2

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

10. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

10.1 Обґрунтування проектованих організаційно-технічних заходів

У даному дипломному проекті розглядається можливість заміни колонного апарату що діє. поз, С 303, Е 302, призначеного для ректифікації плаву карбаміду, на більш потужний.

Впровадження проектованої колони дозволить збільшити потужність виробництва карбаміду з 277,5 тис т/рік до 333 тис т/рік.

10.2 Вихідні дані

- 1) відпускна ціна на карбамід – 1100 грн../т.;
- 2) чисельність персоналу цеху складає 156 осіб., в т.ч. основні робітники 122 особи.;
- 3) вартість основних виробничих фондів цеху складає 88291,648 тис. грн.
- 4) годинна продуктивність устаткування,що проектується, складає 41,625 т./час.;
- 5) сумарна тривалість ремонтних простоїв протягом року – 760 година.;
- 6) калькуляція собівартості продукції:

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 10.1. Статті витрат.

Статті витрат	грн/т.
1. Напівфабрикати	678,50
2. Сировина і матеріали	183,46
3. Поворотні відходи	0,55
4. Допоміжні матеріали	0,02
5. Енерговитрати	146,01
6. Енерговідходи	0,55
7. Зарплата основних робітників з відрахуваннями	4,19
8. РСЕО	29,67
В т. ч. амортизація	12,61
9. Загальновиробничі витрати	23,68
Повна собівартість	883,65

10.3 Розрахунок річної виробничої потужності

У даному розділі розраховується річна виробнича потужність виробництва карбаміду з урахуванням можливого збільшення ефективного фонду часу за умови вибору варіанту збереження чисельності ремонтного персоналу на рівні виробництва, що діє.

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

$$M_r = n \cdot q_{ч} \cdot T_{ef}$$

де M_r – величина річної виробничої потужності;

N – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

$q_{ч}$ – годинна продуктивність устаткування;

T_{ef} – ефективний фонд робочого часу устаткування, год.

$$T_{ef} = T_k - T_{рем} - T_{техн}$$

де T_k – фонд календарного часу рівний 8760 ч.;

$T_{рем}$ – сумарна тривалість ремонтних простоїв протягом року, год.;

$T_{техн}$ – тривалість технологічних простоїв, що регламентується, за рік, год.

Річна виробнича потужність виробництва карбаміду, що проектується:

$$M_{z1} = 1 \cdot 41,625 \cdot (8760 - 760) = 333000 \text{ т./рік.}$$

Річний обсяг проектного виробництва (Q) приймається на рівні розрахункової річної виробничої потужності (M_r):

$$Q = M_r$$

Таким чином, впровадження проектного заходу приведе до збільшення випуску продукції на 55,5 тис. т/рік.

Індекс зміни обсягу випуску карбаміду за рахунок впровадження проектованих заходів складає:

$$I_Q = \frac{Q_1}{Q_0} = \frac{333000}{277500} = 1,2$$

10.4 Розрахунок одноразових капітальних витрат на впровадження проектованих заходів

У даному розділі розраховується кошторисна вартість упроваджуваної колони. Розрахунок зводиться в таблицю 15.

Таблиця 10.2. Кошторисна вартість устаткування, що виводиться

Найменування устаткування	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Разом вартість, грн.	Додаткові витрати		Всього кошторисна вартість, грн.
				транспортні витрати, грн.	демонтаж установки, грн.	
Колона	1	282266,2	282266,24	23544	78480	384290,24

Таблиця 10.3. Кошторисна вартість упроваджуваного устаткування

Найменування устаткування	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Разом вартість, грн.	Додаткові витрати		Всього кошторисна вартість, грн.
				транспортні витрати, грн.	монтаж і установка, грн.	
Колона	1	317549,5	317549,52	23544	78480	419573,52

Таким чином, кошторисна вартість упроваджуваного устаткування складає 419573,52 грн

Розрахунок зміни собівартості продукції.

Розрахунок індексів зміни витрат

У даному розділі, з урахуванням упроваджуваних заходів, розраховуються індекси зміни витрат та витрат в послідовності їх використання в аналізі зниження собівартості по калькуляційних статтях.

Індекси зміни питомої витрати окремих видів матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів розраховуються як відношення показників питомої витрати після впровадження заходу (q_1) до їх базових (q_0) значень:

$$I_{\tilde{n}(i,e)}^{\delta} = \frac{q_{\tilde{n}(i,e)1}}{q_{\tilde{n}(i,e)0}}$$

Аналогічно визначаються індекси зміни цін на окремі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів:

$$I_{\tilde{n}(i,e)}^{\delta} = \frac{\ddot{O}_{\tilde{n}(i,e)1}}{\ddot{O}_{\tilde{n}(i,e)0}}$$

Оскільки впровадження проектованих заходів не приводить до зміни питомих витрат і цін на всі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів індекси зміни їх питомих витрат і цін рівні 1 ($I_{c(m,e)}^p = I_{c(m,e)}^z = 1$).

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Також, оскільки впровадження проєктованих заходів не приводить ні до зміни чисельності основного виробничого персоналу (I_N), ні до зміни його середньої заробітної плати (I_3), а також не приводить до зміни річних загально-виробничих витрат ($I_{\text{заг.}}$), відповідні індекси зміни дорівнюють 1 ($I_N=I_3=I_{\text{заг.}}=1$).

Впровадження заходу, що проєктується змінює вартість основних виробничих фондів цеху – суми яка амортизується, а отже приводить до зміни амортизаційних відрахувань.

Впровадження проєктованого заходу приводить до збільшення вартості устаткування ($\Delta S_{\text{заг}}$) цеху на 35282,76 грн. ($\Delta S_{\text{заг}} = 419573 - 384290,24 = 35282,76$ грн.)

Відповідно до національного положення бухгалтерського обліку №7 «Основні кошти (НП9С0БУ №7) метод амортизації вибирається підприємством самостійно з урахуванням очікуваного способу отримання економічних вигод від його використання. Оскільки виробництво карбаміду – виробництво безперервне, найбільш доцільним методом амортизації основного виробничого устаткування є рівномірний або прямолінійний, згідно якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, що амортизується, на очікуваний період часу використання об'єктів основних засобів.

Виходячи з вищесказаного річна сума амортизації колони в тому, що діє і виробництві, що проєктується відповідно складе:

- 1) річна сума амортизації у виробництві, що діє:

$$A_0 = \frac{384290,24}{20} = 19214,512 \text{ грн.}$$

- 2) річна сума амортизації виробництва, що проєктується:

$$A_1 = \frac{35282,76}{20} = 1764,138 \text{ грн.}$$

Таким чином, сума зміни амортизаційних відрахувань складе:

$$\Delta A = 1764,138 - 19214,512 = -17448,374 \text{ грн.}$$

						2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Індекс зміни амортизаційних відрахувань розраховується по наступній формулі:

$$I_{ам} = \frac{A_{z0} \pm \Delta A}{A_{z0}},$$

де - сума амортизаційних відрахувань у складі річних витрат на зміст, експлуатацію і ремонт устаткування грн.;

ΔA - сума зміни амортизаційних відрахувань, грн.

$$I_{ам} = \frac{35282,76 - 17750,374}{35282,76} = 0,5$$

Впровадження проектованих заходів приведе до зниження річних амортизаційних відрахувань на основне виробниче обладнання на 2,7%.

Аналіз зміни собівартості

Розрахунок проводиться по калькуляційних статтях з урахуванням зміни їх окремих елементів:

По статтях калькуляції «Напівфабрикати», «Сировина і матеріали», «Поворотні відходи», «Допоміжні матеріали», «Енерговитрати», «Енерговідходи» залежно від проекрованої зміни питомої витрати і цін на окремі види ресурсів розрахунок зниження повної собівартості продукції проводиться відповідно до залежності:

$$\Delta C_i = 100 \times (I_{c(м,э)}^p \times I_{c(м,э)}^u - 1) \times d_{cm} \times d_i,$$

де - зниження повної собівартості за рахунок зміни питомої витрати і-го виду матеріально-сировинного або енергетичного ресурсу %

d_{cm} - питома вага статті витрат в повній собівартості продукції на виробництві, що діє;

d_i - питома вага витрат на і-й вид ресурсів в статті витрат.

Зниження повної собівартості у вартісному еквіваленті розраховується відповідно до залежності:

$$\Delta C_i = \frac{C_0 \times \Delta C_i(\%)}{100},$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

де C_0 – повна собівартість одиниці продукції на виробництві, що діє, грн./т.

Оскільки індекси зміни питомих витрат і цін на всі види матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів рівні 1 ($I_{c(m,e)}^P = I_{c(m,e)}^Ц = 1$) зміна повної собівартості продукції, по вищезгаданих статтях калькуляції, дорівнює нулю.

Зміна повної собівартості по статті «Зарплата основних робітників з відрахуваннями» розраховується відповідно до залежності:

$$\Delta C_{on} = 100 \times \left(\frac{I_3}{I_0} - 1 \right) \times d_{cm},$$

$$\Delta C_{on} = 100 \times \left(\frac{1}{1,2} - 1 \right) \times 0,0033 = -0,055\%;$$

$$\Delta C_{on} = \frac{883,65 \times (-0,055)}{100} = -0,48 \text{ грн.}/\text{т.}$$

Таким чином зарплата основних робітників з нарахуваннями в проектуваному виробництві на 1 т карбаміду складуть 2,76 грн./т.

Зміна повної собівартості по статті «Витрати на ремонт зміст і експлуатацію устаткування (РСЕО)» визначається відповідно до залежності:

$$\Delta C_{PCЭO} = 100 \times \left(\frac{I_{am}}{I_0} - 1 \right) \times d_{cm} \times d_{am},$$

де d_{am} - питома вага витрат на амортизацію в статті РСЕО.

$$\Delta C_{D\dot{N}A\dot{I}} = 100 \times \left(\frac{0,973}{1,2} - 1 \right) \times 0,0033 \times 0,1455 = -0,0087\%;$$

$$\Delta C_{\dot{u}\ddot{e}} = \frac{883,65 \times (-0,0091)}{100} = -0,08 \text{ грн.}/\text{т.}$$

Зниження витрат на ремонт зміст і експлуатацію устаткування в результаті впровадження проєктованих заходів складе 0,08 грн./т.

Зміна повної собівартості по статті «Загальновиробничі витрати» визначається відповідно до залежності:

$$\Delta C_{обц} = 100 \times \left(\frac{I_{обц}}{I_0} - 1 \right) \times d_{cm},$$

$$\Delta C_{\text{çàä}} = 100 \times \left(\frac{1}{1,2} - 1 \right) \times 0,0033 = -0,055\%;$$

$$\Delta C_{\text{çàä}} = \frac{883,65 \times (-0,055)}{100} = -0,486 \text{ грн./т.}$$

Зниження загальнозаводських витрат в результаті впровадження проєктованих заходів складе 0,486 грн./т.

Результати розрахунків зводяться в таблицю 10.4.

Таблиця 10.4 Зміна повної собівартості продукції

Статті витрат	Витрати на виробництві, що діє		Зміна витрат		Витрати на проєктованому виробн., грн./т.
	грн./т	пит. вага, d	%	грн./т.	
1. Напівфабрикати	678,50	0,4532	0	0	678,50
2. Допоміжні матеріали	0,02	0,0371	0	0	0,02
3. Енерговитрати	146,01	0,2842	0	0	146,01
4. Енерговідходи	1,1	0,0081	0	0	1,1
5. Зарплата основних робітників з відрахуваннями	4,19	0,0033	-0,055	-0,48	4,19
6. РСЕО	29,76	0,0265	-0,0087	-0,08	28,81
В т. ч. амортизация	12,61	0,1455	-0,0087	-0,08	12,515
9. Загальнозаводські витрати	23,60	0,0245	-0,055	-0,486	23,578
Повна собівартість	883,65	1	-0,1274	-1,126	882,524

В результаті впровадження проєктованих заходів собівартість карбаміду знизиться на 0,1282% або на 1,126 грн./т.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

10.5 Розрахунок техніко – економічних показників.

У даному розділі розраховуються основні техніко-економічні показники з метою характеристики ефективності проєктованих організаційно-технічних заходів.

1. Річний обсяг виробництва карбаміду:

- у натуральному вираженні:

у виробництві, що діє $Q_0=277,5$ тис.т.

у проєктованому виробництві $Q_1=333$ тис.т.

- у вартісному вираженні:

у виробництві, що діє $Q_0=277,5 \cdot 1100=308000$ тис. грн.

у проєктованому виробництві $Q_1=333 \cdot 1100=369600$ тис. грн.

2. Чисельність тих, що працюють:

у виробництві, що діє $N_0=151$ осіб.

у проєктованому виробництві $N_1=151$ осіб.

В т.ч. основних робітників:

у виробництві, що діє $N_0=124$ осіб.

у проєктованому виробництві $N_1=124$ осіб.

3. Вартість основних виробничих фондів цеху складає:

у виробництві, що діє $\Phi_0= 88291,648$ тис. грн.

у проєктованому виробництві $\Phi_1= 88464,696$ тис. грн.

4. Продуктивність праці розраховується по формулі:

$$P_m = \frac{Q_z}{N},$$

де Q_z - річний обсяг виробництва продукції, в натуральному вираженні.

N – чисельність тих, що працюють, осіб.

у виробництві, що діє $P_{T0}=280/151=1,85$ тис. т./ особу;

у проєктованому виробництві $P_{T1}=400/151= 2,23$ тис. т./особу.

5. Фондовіддача, що розраховується по формулі:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

$$f = \frac{Q_2}{\Phi},$$

де Q_2 - річний обсяг виробництва продукції, у вартісному вираженні.

у виробництві, що діє $f_0=308000/88291,648= 4,49$ грн./грн.;

у проектованому виробництві $f_1=369000/88464,696= 4,17$ грн./грн.

6. Собівартість виробництва продукції:

у виробництві, що діє $C_0= 883,65$ грн./т.;

у проектованому виробництві $C_1= 882,524$ грн./т.

7. Прибуток на одиницю проведеної продукції, що розраховується по формулі:

$$П=Ц-С$$

де Ц – ціна одиниці проведеної продукції, грн./т.

у виробництві, що діє $Π_0= 1100-883,65 = 216,35$ грн./т.;

у проектованому виробництві $Π_1= 1100-882,524 = 217,476$ грн./т.

8. Рентабельність витрат виробництва продукції, що розраховується по формулі:

$$P = \frac{Π}{C} \times 100$$

у виробництві, що діє $P_0= (216,35/883,65) \cdot 100= 24,48\%$;

у проектованому виробництві $P_1=(217,476/882,524) \cdot 100=24,64\%$;

9. Річний економічний ефект від:

- збільшення прибули $Eг(\Delta Π)=Π_1 \cdot Q_1-Π_0 \cdot Q_0=217,476 \cdot 336-216,35 \cdot 280 = 15594,9$ тис. грн.

- зниження собівартості $Eг(\Delta C)=\Delta C \cdot Q_1= 1,126 \cdot 882,524 = 993,72$ тис. грн.

10. Окупність одноразових капітальних витрат, розраховується по формулі:

11.

$$T_{OK} = \frac{\Delta S_{IA}}{Y_a} = \frac{35282,76}{15594,9} = 2,26 \text{ років.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ					

Результати розрахунку зводяться в таблицю 4.

Таблиця 18. Техніко-економічні показники

Показники	Одиниця виміру	Виробництво, що діє	Проектоване виробництво	Зміна показників %
1. Річний обсяг виробництва продукції				
у натуральному вираженні	Тис. т.	280	336	20
у натуральному вираженні	Тис. грн.	308000	369600	20
2. Чисельність тих, що працюють	Осіб	151	151	0,00
3. Вартість основних виробничих фондів	Тис. грн.	88291,648	88464,696	0,20
4. Продуктивність праці тих, що працюють	Тис.т/особу.	1,85	2,23	20
5. Фондовіддача	Грн./грн..	3,49	4,17	19
6. Собівартість одиниці продукції	Грн./т.	883,65	882,524	-0,013
7. Прибуток на одиницю виробленої продукції	Грн./т.	216,35	217,476	0,03
8. Рентабельність витрат на виробництво	%	44,746	44,765	0,02
9. Річний економічний ефект				

Від:				
збільшення прибутку	Тис. грн.	-	15594,9	-
зниження собівартості	Тис. грн.	-	993,72	-
10. Окупність однора- зових капітальних витрат	Років.	-	2,26	-

Впровадження проектного заходу призводить до зниження собівартості продукції на 0,13%, зростанню прибутку на 0,03%, рентабельності витрат на виробництво продукції на 0,02%. Річний економічний ефект складе 15594,9 грн. Проведені розрахунки дозволяють зробити висновок про ефективність впровадження запропонованих в даному дипломному проекті організаційно-технічних заходів.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2017.031.00.000.ПЗ				

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В дипломному проекті розглянута стадія рециркуляції в виробництві карбаміду та розроблени ректифікаційна колона-сепаратор і підігрівач. Визначені основні розміри апаратів. Розрахунки на міцність підтверджують працездатність розробленого обладнання.

Крім того в проекті розглянуті питання техніки безпеки, екології, цивільної оборони.

Техніко-економічний аналіз запропонованих в дипломному проекті заходів показує, що вони дозволяють отримати позитивний економічний ефект.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков а.А. Приклади і завдання по курсу процесів і апаратів хімічної технології. – Л.: Хімія, 1987.-576с.
2. Ємкісні сталеві зварні апарати. Каталог. - М.: Цинтіхимнефтемаш, 1982. - 76 с.
3. ГОСТ 6533 - 78. Днища еліптичні відбортовані сталеві для посудин, апаратів і казанів. Основні розміри.
4. ГОСТ 8734 - 74. Труби безшовні горячдеформовані. Технічні вимоги.
5. ГОСТ 8732 - 74. Труби сталеві безшовні горячдеформовані. Сортамент.
6. ГОСТ 12619 - 78. Днища конічні відбортовані з кутами при вершині 60 і 90°. Основні розміри.
7. ГОСТ 12816 - 80. Фланці арматури, сполучних часток трубопроводів на Ру від 0,1 до 20,0 Мпа. Спільні технічні вимоги.
8. ГОСТ 12820 - 80. Фланці сталеві плоскі приварні на Ру від 0,1 до 2,5 Мпа. Конструкція і розміри.
9. ГОСТ 26202-84. Посудини і апарати. Норми і методи розрахунку на міцність обичайок і днищ від опорних навантажень.
10. ГОСТ 26296 - 84. Лапи опорні підвісних посудин і апаратів. Основні розміри.
11. ГОСТ 28759.1 - 90. Фланці посудин і апаратів. Типи і параметри.
12. ГОСТ 28759.2 - 90. Фланці посудин і апаратів сталеві плоскі приварні. Конструкція і розміри.
13. ГОСТ 28759.5 - 90. Фланці посудин і апаратів. Технічні вимоги.
14. ГОСТ 28759.6 - 90. Прокладки з неметалічних матеріалів. Конструкція і розміри. Технічні вимоги.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

15. ОСТ 26 - 2002 - 83. Люки з плоскими кришками сталевих зварних посудин і апаратів. Конструкція.

16. ОСТ 26 - 2008 - 83. Кришки плоскі люків сталевих зварних посудин і апаратів. Конструкція і розміри.

17. АТК 24. 200.02 - 90 Заглушок фланцевих сталевих. Конструкція, розміри і технічні вимоги.

18. Методичні вказівки до вибору конструкційних матеріалів для сталевих зварних посудин і апаратів для студентів спеціальності 7.090220/ Сост. А.І. Барвін, І.М. Генкина, В.В. Іванченко, Д.А. Куликів, В.Г. Табунників, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТІ, 2003. – 41 с.

19. Методичні вказівки до розрахунку циліндрових обичайок сталевих зварних посудин і апаратів для студентів спеціальності 7.090220 / Сост. А.І. Барвін, І.М. Генкина, В.В. Іванченко, В.Г. Табунників, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТІ, 2002. – 83 с.

20. Розрахунок опуклих і плоских днищ і кришок, конічних обичайок, днищ і переходів сталевих зварних посудин і апаратів. Методика і приклади розрахунку / Сост. А.І. Барвін, І.М. Генкина, В.В. Іванченко, Д.А. Куликів, В.Г. Табунників, Г.В. Тараненко, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТІ, 2003. – 122 с.

21. Методичні вказівки до розрахунку на міцність зміцнення отворів в обичайках, переходах і опуклих днищах сталевих зварних посудин і апаратів для студентів спеціальності 7.090220 / Сост. А.І. Барвін, І.М. Генкина, В.В. Іванченко, В.Г. Табунціков, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТІ, 1999. – 24 с.

22. Методичні вказівки до вибору фланцевих з'єднань посудин і апаратів для студентів спеціальності 7.090220 / Сост. А.І. Барвін, В.В. Іванченко, І.М. Генкина, В.Г. Табунників, Г.В. Тараненко, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТІ, 2006. – 96 с.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

23. Фланці арматури, з'єднувальних частин і трубопроводів: Навч. посібник. – Северодонецьк, Від-во Северодонецького технологічного інституту, 2006. – 172 с.

24. Розрахунок на міцність, жорсткість і герметичність фланцевих з'єднань посудин і апаратів. Методика і приклади розрахунку / Сост. А.І. Барвін, В.В. Іванченко, І.М. Генкіна, В.Г. Табунників, Г.В. Тараненко, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТІ, 2005. – 67 с.

25. Методичні вказівки до вибору стропових пристроїв для сталевих зварних посудин і апаратів в курсовому і дипломному проектуванні. – Северодонецк, СТІ, 1994. – 28 с.

26. Методичні вказівки до оформлення курсових і дипломних проектів для студентів спеціальності 7.090220.- Северодонецк, СТІ, 2000. – 35 с.

					2017.031.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		