

ВСТУП

У хімічній технології велике значення мають процеси масопередачі, які полягають в переході речовини (маси) з однієї фази в іншу. Причиною, що викликає перерозподіл рідкого або газоподібного компоненту між фазами, є різний вміст цього компоненту у фазах. Застосовуючи процес масопередачі, можна здійснювати розділення сумішей різних речовин на компоненти. Ці суміші можуть бути неоднорідними гетерогенними або однорідними гомогенними системами, розділення яких представляє найбільші труднощі. Масообмінні процеси відбуваються при розділенні двокомпонентних і багатоконпонентних сумішей на окремі компоненти або рідше при змішенні компонентів. Процеси теплопередачі і масопередачі багато в чому аналогічні, хоча між ними є і істотні відмінності. Рушійною силою процесів теплопередачі є різниця температур між тими, що обмінюються теплом середовищами, рушійною силою процесів масопередачі— різниця концентрацій між фазами. Проте якщо в процесах теплопередачі поверхня теплообміну, як правило, відома, то визначити при масообміні поверхню контакту між фазами у вигляді окремих струменів газу або пари з бульбашками, бризками, піною рідини або твердими частинками у край важко, оскільки величина цієї поверхні постійно міняється. У хімічній промисловості застосовуються наступні процеси, засновані на явищах масопередачі.

Абсорбція — поглинання газу рідиною, тобто процес, при якому речовина переходить з газової фази в рідку і розчиняється в ній.

Зворотний процес видалення з рідини розчиненого в ній газу називається десорбцією.

Перегонка і ректифікація — розділення гомогенних рідких сумішей шляхом випаровування компоненту, що володіє вищою летючістю, з подальшою конденсацією цього компоненту.

					Пояснювальна записка	Арк.
						1
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Екстракція — витягання речовини, що знаходиться в твердому тілі або розчиненого в рідині, за допомогою рідини, в якій розчиняється витягвана речовина.

Адсорбція — поглинання твердим пористим поглиначем одного компонента з багатоконпонентної суміші газів, пари або рідин.

Зворотний процес називається десорбцією і служить для виділення адсорбованої речовини і регенерації поглинача.

Сушка — видалення вологи з твердих тіл або рідких середовищ шляхом випаровування.

Кристалізація — виділення одного або декількох компонентів у вигляді кристалів з розчину.

Всі гетерогенні процеси масопередачі включають стадії перенесення речовини в межах однієї фази, переходу речовини з однієї фази в іншу через поверхню розділу і стадії розподілу речовини в іншій фазі. При розгляді механізму масопереносу через кордон розділу фаз в системах газ — рідина, газ — тверде тіло або рідина — тверде тіло розрізняють центральну частину потоку, або ядро потоку, і дифузійний шар, безпосередньо дотичний з поверхнею.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						2
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Аналітичний огляд

Одним з найпоширеніших методів розділення рідких однорідних сумішей, що складаються з двох або більшої кількості летких компонентів, є перегонка (дистиляція і ректифікація).

Перегонка – це процес, що передбачає часткове випаровування суміші, що розділяється, і подальшу конденсацію пари, що утворюється. Може здійснюватися одноразово або багато разів. У результаті конденсації одержують рідину, склад якої відрізняється від складу початкової суміші.

Якщо би початкова суміш складалася з леткого або нелеткого компонентів, то її можна було б розділити на компоненти шляхом випарювання. Перегонкою розділяють суміші, всі компоненти яких леткі, тобто мають значний, хоча і різний тиск пари. Розділення перегонкою засновано на різній леткості компонентів суміші за однакової температури. Тому при перегонці всі компоненти суміші переходять в пароподібний стан в кількостях, пропорційних їх фугітивності (леткості).

У спрощеному випадку початкова суміш є бінарною, тобто складається тільки з двох компонентів. Отримана під час перегонки пара містить відносно більшу кількість легколеткого (ЛЛК) або низькокиплячого (НKK) компоненту, ніж початкова суміш. Отже, під час перегонки рідка фаза збіднюється, а парова фаза збагачується ЛЛК. Рідина, що не випарувалася, має склад, багатший на важколеткий (ВЛК), або висококиплячий (ВKK) компоненти.

Ця рідина називається залишком, а рідина, отримана в результаті конденсації пари – дистилятом, або ректифікатом.[13]

Ступінь збагачення парової фази ЛЛК за інших рівних умов залежить від виду перегонки. Існують два принципово відмінні види перегонки: 1) проста перегонка (дистиляція) і 2) ректифікація.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						3
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Проста перегонка є процесом одноразового часткового випаровування рідкої суміші і конденсації пари, що утворюється. Проста перегонка застосовується тільки для розділення сумішей, леткість компонентів якої істотно відрізняється, тобто відношення леткості (відносна леткість) компонентів значна. Її використовують лише для попереднього грубого розділення рідких сумішей, а також для очищення складних сумішей від небажаних домішок, смол і т.п. Відомі декілька різновидів простої перегонки, що розглядатимуться нижче.

Повніше розділення рідких сумішей на компоненти досягається шляхом ректифікації.

Ректифікація – процес розділення гомогенних сумішей летких рідин двостороннім масо- і теплообміном між нерівноважними рідкою і паровою фазами, що мають різну температуру і рухаються назустріч один одному. Розділення здійснюється в колонних апаратах при багатократному або безперервному контакті фаз. При кожному контакті з рідини випаровується переважно ЛЛК, яким збагачується пара, а з парової фази конденсується переважно ВЛК, що переходить в рідину. Обмін компонентами між фазами дає змогу отримати пару, яка є майже чистим ЛЛК. Ця пара, що виходить з верхньої частини колони, після конденсації в окремому апараті розділяється надистилят, або ректифікат (верхній продукт) і флегму – рідину, що повертається для зрошування колони і взаємодії з парою, яка підіймається по колоні. Знизу колони відділяється рідина, що є майже чистим ВЛК, – залишок (нижній продукт). Частина залишку випаровують в нижній частині колони для отримання висхідного потоку пари.

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини

Для процесу перегонки рідини потрібні такі апарати як:

1. Ректифікаційна колона

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Підігрівач
3. Кипятильник
4. Дефлегматор
5. Роздільник
6. Холодильник
7. Кубова ємність
8. Відцентровий насос

У тарілчастих колонах пара (газ) проходить через шар рідини, що знаходиться на тарілці. При цьому пара дробиться на дрібні пухирі і струмені, які з великою швидкістю рухаються в рідині. Утворюється газо-жидкостная система, яку називають піною. Залежно від характеру диспергування пари і рідини розрізняють

а) барботажний, коли пара диспергує в рідині; на полотні тарілки утворюється шар піни, в якому і здійснюється масообмін між фазами;

б) струминний, виникаючий при великих швидкостях пари, коли рідина стає дисперсною фазою, а пара – суцільна; контакт між фазами відбувається на поверхні крапель і струменів рідини, що рухаються в потоці пари в міжтарілчастому просторі з великою швидкістю.

Залежно від щільності зрошування і швидкості газу в межах кожного з двох згаданих способів взаємодії пари і рідини розрізняють наступні режими:

- бульбашковий, коли при малих швидкостях газу відбувається бульбашковий барботаж через шар рідини;

- пінний, коли зі збільшенням швидкості газу, газ виходить у вигляді суцільних струменів і тільки на виході з рідини розбивається на бульбашки, на поверхні рідини з'являється піна;

- струминний, коли струмені пари прориваються через шар рідини і виходять на її поверхню;

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						5
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- віднесення, коли значна частина рідини захоплюється потоком пари і перекидається на вищерозміщену тарілку.

Організація інтенсивної взаємодії між фазами на тарілчастих контактних пристроях дозволяє створювати апарати великої одиничної потужності при відносно невеликих габаритах і масі.

Насадні колони застосовують в тих випадках, коли необхідно забезпечити малий час перебування рідини в колоні, невеликий перепад тиску, а також для малотоннажних виробництв.

1.3 Поділ продуктів окислення циклогексану

Окислення циклогексану поширений спосіб отримання циклогексанолу і циклогексанону - основних напівпродуктів у синтезі капролактаму. Недоліком окислення є велика кількість непрореагировавшего циклогексана і число побічних продуктів, що виходять після реактора. Стадія поділу необхідна для отримання чистих циклогексанолу і циклогексанону. Циклогексанон далі направляється на оксімірованіє гідроксіламінсульфатом, а циклогексанол на стадію дегідрування [10].

1.4 Основи процесу поділу

Для виділення непрореагировавшего циклогексана, виділення і очищення циклогексанолу і циклогексанону здійснюються методами ректифікації.

Аналіз про фазовий рівновазі пар - рідина для системи циклогексан - циклогексанон дозволяє зробити наступні висновки [2]:

- зміст циклогексану в паровій фазі значно відрізняється від його змісту в рідині: в парах його значно більше; це свідчить про високу відносної летючості циклогексана по відношенню до циклогексанолу і циклогексанону.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- відношення концентрації циклогексанон - циклогексанол в паровій фазі вище, ніж в рідкій; з збільшення концентрації ця різниця зростає.

Циклогексан, циклогексанол і циклогексанон утворюють з водою азеотропні суміші. При конденсації пари суміш розшаровується на водний і органічний шар, тому її називають гетероазеотропной. Зміст циклогексанолу і циклогексанону в азеотропной суміші зростає зі збільшенням тиску, а вміст води має зростати, з переходом в область вакууму [10].

Побочные продукты, содержащиеся в оксидате, после реактора окисления, условно делят на следующие группы: сложные эфиры, спирты, органические кислоты, альдегиды и кетоны, выкипающие при атмосферном давлении между циклогексаном и циклогексаноном, это тяжелокипящие примеси, входящие в состав так называемого X-масла (кубовый остаток после ректификации) [6].

Склад побічних продуктів залежить від температури процесу окислення. Якщо окислення проводять при 140 [6], в основному утворюється адипінова кислота та нижчі дикарбонові кислоти - бурштинова, щавлева і глутаровая. При більш високих температурах, в Оксидат, головним чином присутні монокарбонові кислоти. Частка монокарбонових кислот, при високотемпературному процесі окислення, становить приблизно 70 - 78% від їх загального змісту. До складу оксидата також входять окси - і кетокислот [10].

Щодо легко видалити з оксидата, такі продукти як складні ефіри і органічні кислоти, які забруднюють циклогексанон, для цього треба обробити Оксидат водним розчином лугу. Видалити спирти та інші кисневмісні продукти, досить важко [10].

1.5 Нейтралізація і омилення

Водним розчином їдкою натру, зазвичай нейтралізують органічні кислоти, що входять до складу. Після чого розділяють водний шар, який

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

містить солі і частково невитрачену луг, а також нейтралізований органічний шар продуктів окислення. Реакція проходить швидко, але важливо забезпечити хороший контакт між Оксидат і лугом [6].

На практиці відомі два способи нейтралізації оксидата. Перший спосіб - це попередня нейтралізація всього оксидата і подальша отгонка циклогексана.

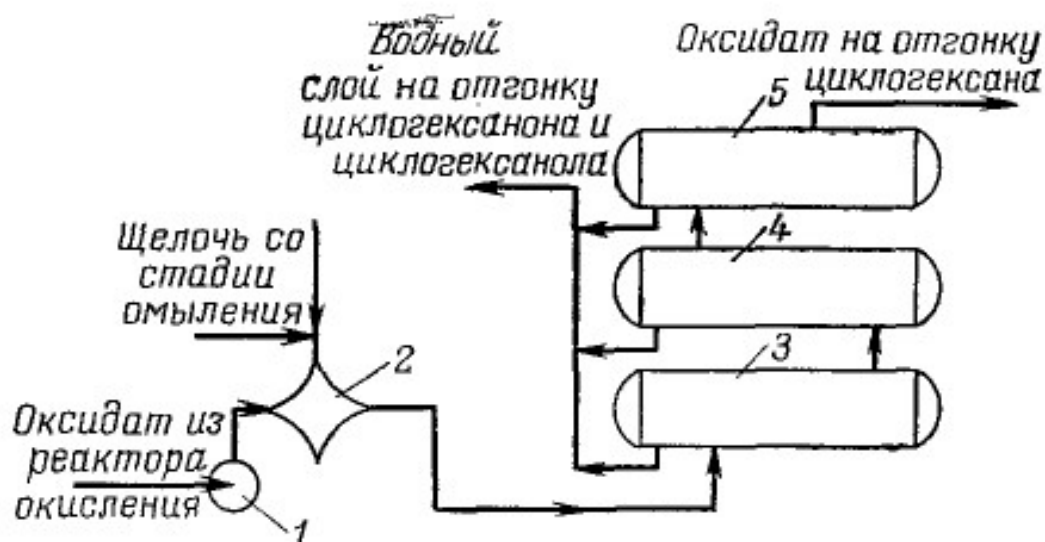


Рис. 1.1 - Схема нейтралізації оксидата

1 - насос; 2 - циліндричний змішувач; 3,4,5 - відстійники.

З реактора окислення циклогексану, Оксидат за допомогою насоса 1 подається в циліндричний змішувач 2 з тиском 1,5 МПа. Водний розчин лу-гу подається в цей же змішувач, зазвичай використовується частково відпрацьована луг, подана в надлишку на стадію омилення. Після циліндричного змішувача обидві фази проходять послідовно три горизонтальних відстійника 3,4 і 5. Час перебування оксидата в відстійниках 1 ч, температура на кілька градусів нижче температури в реакторі окислення [10].

Одночасно з реакцією нейтралізації розкладається гідроперекис циклогексилу (первинний продукт окислення циклогексану), при цьому виходить додаткову кількість циклогексанолу і циклогексанону. Разом з

розкладанням гідропероксиду, під дією лугу, протікає небажана реакція конденсації циклогексанона. Цей спосіб не економічний, так як співвідношення подаються обсягів лугу і оксидата дорівнює 1:15, частина лугу виявляється невитраченою, при цьому в Оксидат залишаються кислоти, які призводять до корозії апаратури на наступних стадіях [10].

До другого способу ставитися нейтралізація оксидата після відгону здебільшого циклогексана. Обсяг оксидата в цьому випадку зменшується приблизно в три-чотири рази, кислоти концентруються в кубовому продукті, який і передаються на нейтралізацію [6].

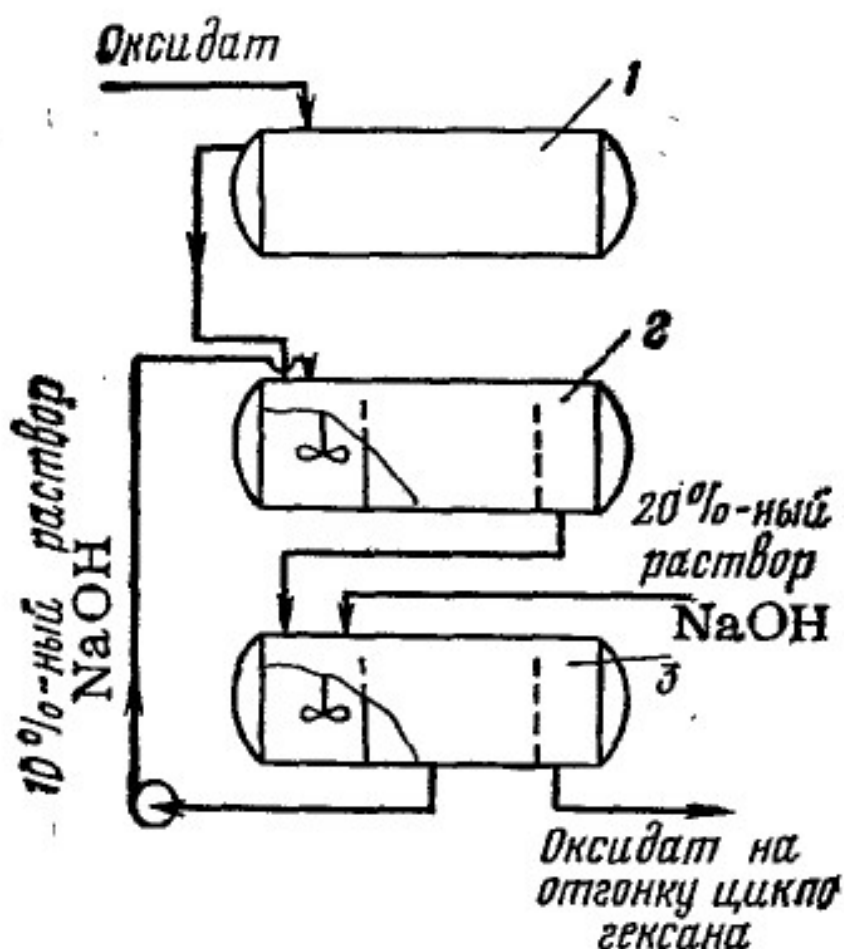


Рис. 1.2 - Схема нейтралізації і омилення продуктів окислення

1 - розділовий судину; 2 - реактор омилення I ступеня; 3 - реактор омилення II ступені.

В цьому випадку нейтралізація поєднується з процесом омилення складних ефірів, і проводиться послідовно в двох однакових апаратах 2 і 3. Кожен апарат складається з двох секцій, в одній із секцій водна і органічна фази перемішуються мішалкою, а в іншій поділяються. Луг подають у другій по ходу оксидата апарат 3, з нього вона надходить в перший [10].

Така схема сприяє більш повному використанню лугу. Водний розчин солей органічних кислот виводиться з першого апарату на спалювання.

Існують схеми, в яких нейтралізація і омилення проводяться окремо, омилення передбачається після повної відгону циклогексана. Процес здійснюється в двох або трьох однакових реакторах, послідовно з'єднаних між собою, забезпечені паровими сорочками і мішалками [10].

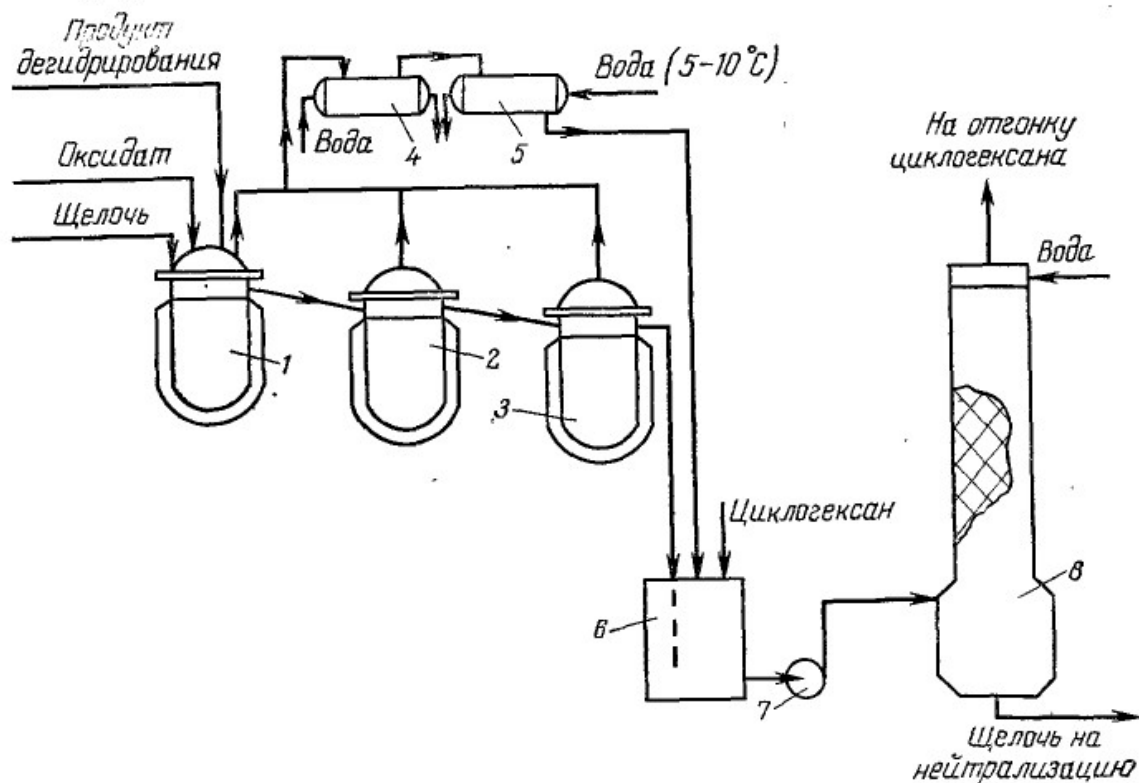


Рис. 1.3 - Схема омилення з екстракцією солей

1,2,3 - реактори омилення; 4,5 - холодильники-конденсатори; 6 - змішувач; 7 - насос; 8 - екстрактор.

Водний розчин лугу подають в перший по ходу реактор 1, в нього також вводять Оксидат після попередньої відгону циклогексана. У реактор 1 можуть подаватися продукти дегідрірованія. Після проходження реактора 3, омиленої продукт з надлишком лугу подається в змішувач 6. Екстракція проводиться в насадок екстракторі 8. Суміш із змішувача 6 подається в нижню частину колони, а в верхню частину подається демінералізована вода. Вода вимиває солі з піднімається вгору по екстрактора омилення продукту, який виводиться з верху колони. Розчин солей, який містить також невідпрацьовану луг, яка виводиться з низу екстрактора, далі цей розчин передається на нейтралізацію органічних кислот [10].

В даній технологічній схемі є недолік, концентрація циклогексану в змішувачі низька, то в цьому випадку органічна фаза, яка виходить з екстрактора, містить солі органічних кислот. При подальшій ректифікації омилення продукту потрапляння солей органічних кислот в колону ректифікації викликає забивання випарників колон і тарілок [2].

Однак, далеко не всі ефіри розщеплюються при нейтралізації і обмиленні, деяка частина залишається в суміші, яка направляється на ректифікацію [6].

1.6 Виділення непрореагировавшего циклогексана

Розрахунок колони для непрореагировавшего циклогексана використовують дані для потрійної системи циклогексан - циклогексанол - циклогексанон. Для всіх схем, що працюють у виробництві капролактаму, сумарний вміст циклогексанолу і циклогексанону в циклогексане, який повертається на стадію ректифікації, строго регламентовано не більше 0,3%. У зв'язку з тим, що концентрації важелокіпящих компонентів дуже низька, то розрахунок ефективності колони за даними фазових рівноваг

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						11
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пар - рідина, неможливий. Тому дані проектуються з урахуванням практичних результатів при експлуатації промислових установок [14].

Пристрій колон для відгону циклогексана поділяються залежно від стадії нейтралізації. Якщо схемі є попередня нейтралізація органічних сполук, то застосовують колони з клапанними або сітчатими тарілками. Оксидат після нейтралізації дросселирується, і у вигляді утворилася парожидкостной суміші надходить в колону. Інертні гази, що виходять з конденсатора колони, спрямовуються в абсорбер, де з них вловлюється віднесений циклогексан. Колона ректифікації працює при надлишковому тиску, близько 50 кПа, температура у верхній частині колони становить 83 - 84, в кубі 92 - 95 [14].

Граничне значення в 0,3% досягається досить рідко, зазвичай в дистилляте міститься близько 0,15% циклогексанолу і циклогексанону. Крім того, дистиллят містить кислоти, такі як оцтова, мурашина, і деякий зміст спиртів. Тому верхню частину колони і конденсатори виготовляють з корозійностійких марок сталі [7].

Робоча флегмовое число в колоні підтримується рівним 0,5. подача пара ведеться автоматично і залежить від температури в кубі, можливо подачу пара коригувати за рівнем в кубі [10].

В умовах нормальної роботи стадії нейтралізації, кубовий продукт має слабку кислу реакцію. Нижню частину колони і сам випарник, як і верхню частину, виготовляють з корозійностійких марок сталі. Пов'язано це з гідролізом на нагрівальних поверхнях випарника складних ефірів і виділенням невеликих кількостей кислоти.

Суттєво впливає на режим роботи колони потрапляння води, так як в цьому випадку утворюються азеотропні суміші з водою [10].

У колонах застосовуються плоско-паралельна насадки, якщо схема поділу продуктів працює без попередньої нейтралізації. Перевагою цієї колони в тому, що вони витримують високі навантаження по пару і

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

рідини. Колона і сама насадка виготовляється з корозійностійких марок сталі.

Насадка складається з окремих пакетів, висотою 0,75 - 1,0 м; загальна висота 20 м. Між кожними двома блоками основних пакетів розміщуються перерозподільні пакети висотою 0,1, які обтягнуті дрібною металеву сіткою. Блоки потрібні для перерозподілу стікаючої рідини. На практиці в основному застосовують віброраспределітелі або розподільники форсуночного типу, це треба для рівномірного розподілу флегми і харчування, що подаються на колону [14].

Через погане поділу органічних і водно-кислих шарів після реактора окислення, в Оксидат, що надходить в колону, може міститися деяка кількість води. Тому збірник дистилляту забезпечується розділової перегородкою, де відстоюється вода [7].

Тарілчасті ковпачкові колони застосовуються для відгону циклогексана після омилення. На цій стадії вкрай важливо домогтися відсутності циклогексана в кубовому продукті.

1.7 Виділення спиртової фракції, отримання циклогексанолу і циклогексанону

Тиск найважливіший фактор, який впливає на якість розділення суміші. Виділення домішок проводять методом ректифікації під атмосферним або близьким до атмосферного тиску. [10].

Після стадії відгону циклогексана Оксидат направляється в колону, де циклогексанол і циклогексанон відчищаються від важелокіпящих продуктів (Х-масло), а також виділяється спиртова фракція. Для цього успішно використовуються колони з плоско-паралельної насадкою, або сітчатими тарілками, які володіють низьким гідравлічним опором. У більшості випадків отгонка спиртової фракції проводиться на двох послідовно з'єднаних колонах. [2].

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Дистилят виділений на першій колоні, містить спирти і до 30- 50% циклогексанолу і циклогексанону. Отриманий дистилят розганяють наступного колоні. На першій колоні знижують присутність спиртів в кубовому продукті, а в другій - і мінімального вмісту в дистиляте циклогексанона. У кубовому продукті другий колони міститься незначна кількість спиртів, і його приєднують до харчування попередньої колони. Виділення з спиртової фракції індивідуальних продуктів, одержуваної на другий колоні, пов'язано зі значними капітальними і енергетичними затратами, тому її направляють на спалювання [7].

Від температури флегми залежить робота колон. При низькій температурі флегми поділ різко погіршується, це обумовлюється тим, що концентрація спиртів зсувається в нижню частину колони. Неприпустимо також потрапляння в колону води: поділ погіршується через утворення азеотропних сумішей. Для видалення води, що потрапила в збірник дистиляту встановлюється розділова перегородка [7].

У деяких схемах передбачаються окремі колони для відгону циклогексана і циклогексен з продуктів дегідрування, в разі, якщо продукти даного виду потрапляють в «спиртову» колону, погіршується режим робіт колони. Відбувається це через підвищеного вмісту в харчуванні циклогексен і циклогексану, також знижується температура верху, розподіл спиртів по тарілках колони зсувається в напрямку нижніх тарілок і стає можливим їх підвищений вміст в кубовому продукті [14].

Якщо ж на стадії остаточної відгону циклогексана з технологічних причин не відбулася повна отгонка, кубовий продукт колон ні в якому разі не можна передавати на наступну стадію отримання циклогексанона, так як циклогексанон неминуче буде містити підвищену кількість спиртів [10].

Отримання циклогексанона здійснюється в два ступені. На першій - виділяється циклогексанон-сирець, який містить 70-90% кетона. На дру-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

гий виділяється циклогексанон-ректифікат, що містить не менше 99,9% кетона [2].

У кубовому продукті, які виходять з першої колони, міститься приблизно 1% циклогексанона. На решті відсоток припадає циклогексанол і Х-масло. Циклогексанол направляється в колону, де отримують циклогексанол-ректифікат, після його направляють на стадію дегідрування [10].

З збільшення вакууму відносна летючість циклогексанона і циклогексанолу зростає. Розрахунок ефективності колон, які поділяють циклогексанон і циклогексанол, по рівноважним даними може призвести до помилок.

По-перше, внаслідок того, що колона має досить велике гідравлічний опір, абсолютна тиск вгорі, рівне 4-6,5 кПа, зростає до низу колони до 26-33 кПа, використання изобарических кривих для розрахунку не відповідає дійсній картині процесу.

По-друге, для отримання дистилляту з гранично малим вмістом тяжелокіпящего продукту слід враховувати характер кривої рівноваги пар-рідина.

По-третє, треба звернути увагу на коливання тиску що гріє пара, яка погано позначається на якості поділу. Тому двоколонні схему отримання циклогексанона слід визнати найбільш раціональної [10].

Абсолютний тиск змінюється по висоті, тарілки для колони виготовляються з царг різного діаметру, зі збільшенням діаметра від низу до верху. Вакуум створюється декількома способами, триступінчатим паровим ежектором з конденсаторами поверхневого типу, також можливе застосування поршневого вакуум-насосів. Автоматичні клапани, які встановлюють в колоні, потрібні для того, щоб підтримувати вакуум. Це потрібно для регулювання підведення повітря, в залежності від показань вакуумметра. Конденсат, що містить невелику кількість циклогексанона, після

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ежектора збирається в барометричному збірнику і повертається в реактор омилення [6].

Температура верху колони для відгону циклогексанона-сирцю складає 68-75 ° С в залежності від вмісту циклогексанона і встановленого вакууму, а колона для відгону циклогексанона-ректифікату 62-65 ° С. Флегмовое числа на обох колонах рівні 3,5-5,0. Якщо знижується навантаження, то не рекомендується змінювати кількість флегми, а продовжувати роботу при збільшених флегмовое числах. При встановленні нормального навантаження колону можна без особливих труднощів вивести на режим з відбором необхідної кількості дистиляту. Подача пара в випарник проводиться автоматично по температурі в кубі або по температурі обраної тарілки в колоні [10].

Кубовий продукт другої колони зазвичай відправляють в реактор омилення або використовується в якості абсорбенту на стадії окислення циклогексану [2].

Якість циклогексанона-ректифікату контролюється газохроматографічному аналізом, також визначається Перманганатна число. Воно показує кількість домішок в продукті, для отримання капролактаму високої якості, Перманганатна число має становити не менше 10 тис. сек [2].

Ще одним з побічних продуктів є циклогексенон, який утворюється в процесі дегідрування, він утворює разом з циклогексанон і окис він утворює потрійну азеотропну суміш, розділити яку в існуючих ректифікаційних системах неможливо [14].

Однак, якщо на стадії відгону спиртової фракції в куб однією з колони ввести невелику кількість луку, то вдасться уникнути потрапляння циклогексенона в циклогексанон [7].

Гептанон-2 є специфічною домішкою для циклогексанона окисного методу. Його відносна летючість з циклогексанон близька до одиниці і не змінюється при варіюванні тиску. Причина його появи - присутність в ци-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

циклогексане, що отримується гідрюванням бензолу, н-гептану, який окислюється до гептанон-2. У разі появи н-гептану в циклогексане необхідно включати в роботу, передбачену в схемі колону ректифікації для його відгону [10].

Висновок: стадія поділу продуктів має велике значення в сучасній промисловості, і зокрема в процесі окислення циклогексану, так як крім цільових продуктів в реакторі утвориться маса побічних реакцій. Другі в свою чергу негативно позначаються на випуск товарів, що виготовляються. Процес поділу продуктів окислення дозволяє також заощадити ресурси, повертаючи непрореагировавшій циклогексан на стадію окислення.

1.8 Опис процесу

В результаті жидкофазного окислення циклогексану в цеху окислення виходить суміш складного складу, яка містить значні кількості, що не прореагував циклогексана.

Завданням цеху циклогексанона є виділення непрореагировавшого циклогексана для повернення його в цех окислення і отримання чистих циклогексанона і циклогексанолу.

Ці процеси протікають в наступній послідовності: а) Отгонка циклогексана.

б) Отгонка спиртової фракції.

в) Отримання циклогексанона ректифікату.

г) Отримання циклогексанолу ректифікату.

Циклогексанон направляється далі в цех капролактаму на стадію оксімірованія, а циклогексанол на стадію дегідрювання цеху циклогексанона, де відбувається дегідрювання циклогексанолу до циклогексанону, після чого продукти дегідрювання знову надходять в колони ректифікації для відділення циклогексанона від циклогексанолу і побічних продуктів.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ АПАРАТА

2.1 Опис принципальної технологічної ректифікаційної установки

Принципова ректифікаційна установка безперервної дії представлена на рис. 2.1. Вихідну речовину із проміжної ємності 1 відцентровим насосом 2 подають у підігрівник 3, де вона підігрівається за рахунок тепла конденсації пари, що гріє, до температури кипіння. Нагріта суміш поступає на поділ в ректифікаційну колону 4 на тарілку живлення і далі стікає вниз колони, де взаємодіє з паром, яка утворилась при кипінні кубової рідини у кип'ятильнику 5. Початковий склад пари приблизно рівний складу кубового залишку, який збіднений легколетким компонентом. В колоні на тарілках в результаті масообміну з рідиною пара збагачується легколетким компонентом, так як він є легшим. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують флегмою, яка утворилась у дефлегматорі 6 при конденсації пари у зв'язку з контактом через теплообмінну поверхню з водою. Друга частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту – дистиляту, який охолоджується в холодильнику дистиляту 7, проходить конденсатовідводчик 8 та направляється у проміжну ємність дистиляту 9. З кубової частини колони самопливом безперервно виводиться кубовий залишок, який збагачений водою, так як вона є важколетким компонентом. Кубовий залишок охолоджують у холодильнику кубового залишку 10 і направляють у проміжну ємність кубового залишку 11.

Таким чином, у ректифікаційній колоні здійснюється безперервний нерівноважний процес поділу вихідної суміші на дистилят, та кубовий залишок.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

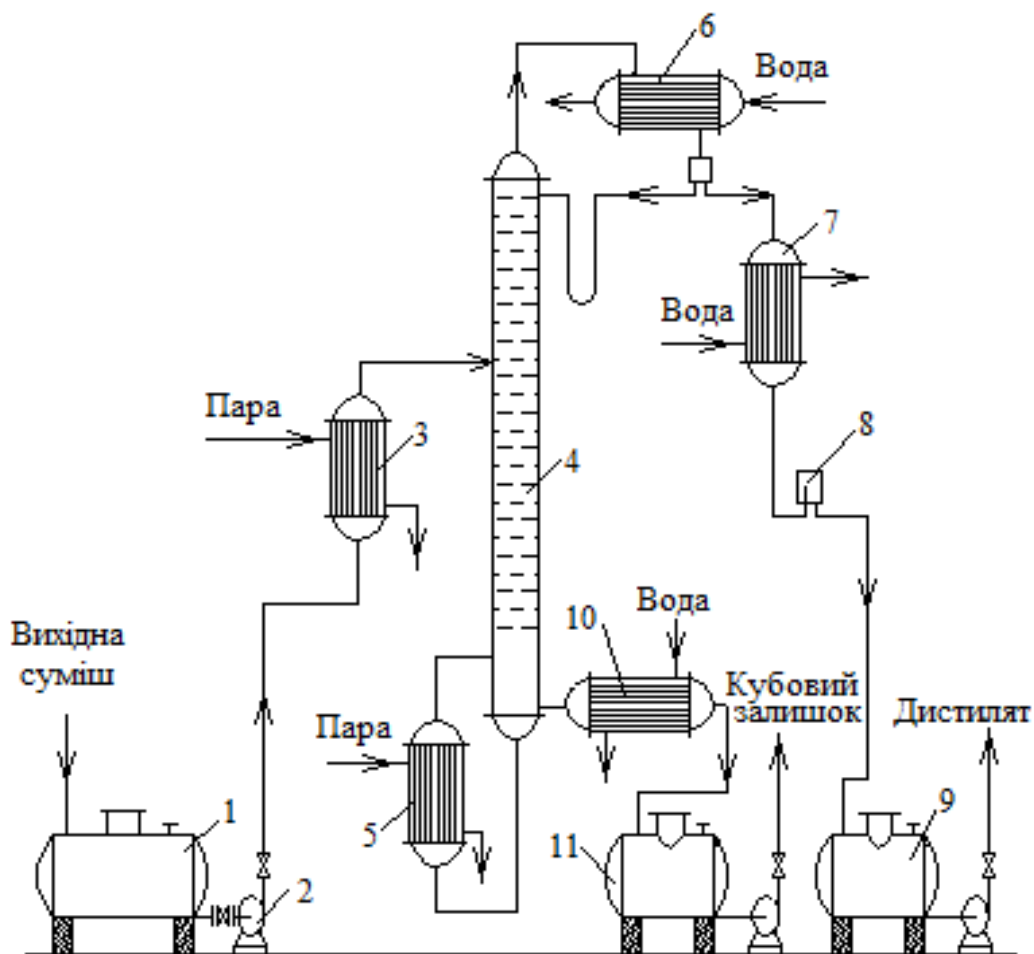


Рис. 2.1. Принципіальна схема ректифікаційної установки.

1 - проміжна ємність; 2 – насос; 3 – підігрівник; 3, 4 - ректифікаційні колони; 5 - кип'ятильник; 6 – дефлегматор; 7 – дистиллят; 8 – конденсатовідводчик; 9 - проміжна ємність дистилляту; 10 - холодильник кубового залишку; 11 - проміжна ємність кубового залишку.

2.2 Опис колони з тарілками провального типу

Колона ректифікації з провальними тарілками - апарат з наповнювачем, який використовується для поділу рідини на фракції. Конденса-

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

том є летючі фракції, а флегма (важкі фракції) осідає на стінках колони і наповнювачі, а потім стікає назад в куб.

За принципом дії ректифікаційні колони діляться на періодичні (ступінчасті) та безперервні. Ступеневу контактування відбувається в тарілчастих колонних, а безперервне в насадок і плівкових.

Насадки і тарілки, що є контактними пристроями, створюють умови для взаємодії пара і рідини. Щоб це відбувалося максимально активно, необхідно щоб тарілки і насадки були нерівновагими. При контактуванні потоків величина неравновесности повинна зменшуватися. У правильному контактному пристрої неравновесность повинна бути дорівнює нулю, щоб процес масообміну припинився. Неравновесность - це відхилення стану середовища від рівноважного і змінює при цьому свої термодинамічні властивості.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АПАРАТА

3.1 Основні положення

Суть усіх процесів масообміну полягає головним чином в розділенні сумішей за допомогою перенесення речовини з однієї фази в іншу шляхом дифузії. Характер роботи апаратів може бути безперервний і періодичний, при цьому хіміко-технологічні процеси в них можуть протікати при тисках від глибокого вакууму до сотень мегапаскалів (МПа) і при температурі від - 200 до + 900оС. Вага колон може досягати сотень тонн.

Массообменные колони нафтопереробних заводів є вертикальними циліндричними апаратами, забезпеченими усередині массообменними (тарілки, насадки) і допоміжними пристроями у вигляді відбійників різних конструкцій, розподільників введення сировини, перерозподільвачів потоків і іншим устаткуванням.

Колонні апарати разом з наявністю у них своїх специфічних внутрішніх устроїв і устаткування, як правило, складаються з наступних основних елементів і вузлів : циліндричного корпусу з однієї або декількох обичайок, днищ, штуцерів для приєднання трубної арматури і трубопроводів, для приєднання засобів контролю і вимірів, люків-лазів, опори, стропового пристрою. Залежно від призначення кожен массообменный апарат носить найменування конкретного, цілеспрямованого массообменного процесу: колона ректифікації, абсорбер, адсорбер, екстрактор та інші.

Колона ректифікації це апарат, в якому відбувається процес ректифікації, тобто масообмін між рідкою і паровою фазами для чіткого розділення компонентів (суміші двох взаємно розчинних рідин з отриманням цільових продуктів необхідної концентрації). Таке розділення забезпечується в результаті процесу ректифікації, під яким розуміють двосторонній масообмін між двома фазами розчинів, одна з яких парова, інша - рідка.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						21
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дифузійний процес розділення рідин ректифікацією можливий за умови, що температури кипіння рідин різні. Для здійснення дифузії пари і рідини повинні якнайкраще контактувати між собою, рухаючись в колоні ректифікації один назустріч одному: рідина під власною вагою зверху вниз, пари - від низу до верху.

З властивостей рівноважної системи відомо, що при контактуванні нерівноважних паровою і рідкою фаз система прагне до стану рівноваги в результаті масообміну і теплообміну між цими фазами. Отже, для протікання ректифікації необхідно, щоб контактирує рідина і пари при одному і тому ж тиску не були рівноважними. Іншими словами, треба, щоб температура рідини була нижча температури пари. Процес абсорбції протікає тоді, коли парціальний тиск або концентрація витягнутого компонента в газовій суміші більші, ніж в абсорбенті. Чим більше ця різниця, тим інтенсивніше перехід компонента з газової суміші в рідину (абсорбент). Коли парціальний тиск або концентрація компонента в рідині більші, ніж в газовій суміші, відбувається десорбція - виділення розчиненого газу з розчину. Залежно від вживаного тиску колонні апарати підрозділяються на атмосферні та вакуумні колони.

До атмосферних колон зазвичай відносять колони, у верхній частині яких робочий тиск трохи перевищує атмосферне і визначається опором комунікацій і апаратури, розташованої на потоці руху пари ректифікату після колони. Тиск в нижній частині колони залежить в основному від опору її внутрішніх устроїв і може значно перевищувати атмосферне. У колонах, працюючих під надмірним тиском, величина останнього може значно перевищувати атмосферне - тиск може досягати 100 і більше МПа. Тиск є одним з важливих чинників експлуатації колон. Наприклад, для процесів ректифікації головною передумовою для його вибору є температурний режим процесу. Підвищений тиск дозволяє здійснити фракціонування при високих температурах, що необхідно у разі ро-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зділення сумішей, що складаються з компонентів з низькими температурами кипіння. У колоні ректифікації тиск міняється по висоті апарату залежно від гідравлічних опорів тарілок і відбійних пристроїв.

У вакуумних колонах тиск нижчий атмосферного (створено розрідження), що дозволяє понизити робочу температуру процесу і уникнути розкладання продукту. Величина залишкового тиску в колоні визначається фізико-хімічними властивостями продуктів, що розділяються, і головним чином допустимою максимальною температурою їх нагріву без помітного розкладання.

Для забезпечення ефективного контактування фаз, як було сказано раніше, массообменні колони забезпечуються массообмінними пристроями. Нині відома велика кількість різноманітних массообмінних пристроїв, при цьому триває розробка нових прогресивних. Це пояснюється тим, що до массообмінних пристроїв пред'являється велика кількість вимог, багато хто з яких суперечить один одному. Тому неможливо розробити універсальної конструкції массообмінних пристроїв.

До конструкцій массообмінних пристроїв пред'являються наступні основні вимоги: дешевизна, простота в обслуговуванні, висока продуктивність, максимально розвинена поверхня контакту між фазами і ефективність передачі маси речовини з однієї фази в іншу, стійкість режиму в широкому діапазоні навантажень, максимальна пропускна спроможність по паровій (газовою) і рідкій фазі, мінімальний гідравлічний опір, міцність конструкція і довговічність.

Залежно від способу організації контакту фаз массообмінні пристрої зазвичай підрозділяють на тарілчасті, насадні і роторні. Близько 60% колонних апаратів, що виготовляються, для абсорбції і ректифікації є тарілчастими колонами, іншими насадними. Останні, при правильній організації гідродинаміки процесу часто економічніші, ніж тарілчасті.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

У нафтопереробній промисловості найбільше поширення знаходять тарілчасті колонні апарати. У тарілчастій колоні процес масообміну здійснюється шляхом багатократного ступінчастого контактування двох фаз. Для цієї мети вона і забезпечується спеціальними пристроями - тарілками, на яких в основному і відбувається масообмін, якщо не рахувати незначного масообміну у вільному об'ємі колони.

Контактний масообмін в насадній колоні відбувається неперервно на усій ділянці колони, заповненій насадкою. Цим і відрізняється робота насадної колони від тарілчастої. Насадні колони широко застосовують для процесів абсорбції, а також очищення, охолодження і зволоження газів. Деяке застосування вони знаходять і для процесів ректифікації. Насадні колони задовільно працюють тільки при щедрому і рівномірному зрошуванні насадки рідиною.

Насадні колони застосовуються в малотоннажних виробництвах, а також в тих випадках, коли необхідно, щоб затримка рідини в колоні була невелика, а перепад тиску малий. Завдяки створенню різних ефективних насадок (сідла Берля, кільця Пала та ін.), останніми роками підвищився інтерес до насадних колон; їх стали застосовувати і для багатотоннажних виробництв. Якщо використання тарілчастих або насадних колон є альтернативним, питання повинне вирішуватися на основі техніко-економічних розрахунків.

Розрізняється два основних режима роботи апаратів:

- пленочний режим, при якому рідина, омивана газом, стікає по елементах насадки;
- емульгаційний режим, коли увесь апарат заповнений рідиною, а через шар між її елементами насадки барботує газ.

До основних елементів насадних колон відносяться: насадка, пристрої для зрошування і розподілу рідини, опорні колосники і інші пристрої, що підтримують шар насадки.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

У промисловості застосовують різноманітні за формою і розмірам насадки, які в тій чи іншій мірі задовольняють вимогам, що є основними при проведенні конкретного масообмінного процесу. Насадки, виготовляють з різноманітних матеріалів (кераміка, фарфор, сталь, пластмаси та ін.), вибір яких диктується величиною питомої поверхні насадки, зможуваністю і корозійною стійкістю.

Насадки умовно підрозділяються на насадки нерегулярного типу і регулярного:

Нерегулярну насадку застосовують в процесах масообміну, що протікають під тиском або в умовах неглибокого вакууму. Ця насадка має ряд переваг, одно з яких полягає в практичній відсутності проблеми вибору матеріалу. Насадку можна виготовляти з металів, полімерів, кераміки. Полімерна і керамічна насадка найбільш прийнятна для обробки агресивних середовищ. Нерегулярна насадка має істотні переваги в порівнянні з регулярною за технологією виготовлення, транспортування і монтажу. За конструктивними ознаками цю насадку можна розділити на кільця і сідла, хоча у вітчизняній і зарубіжній практиці застосовують насадні тіла і інших форм. До насадок нерегулярного типу відносяться безладно укладені (навалом) насадки з кілець. Найширше поширена насадка у вигляді тонкостінних керамічних кілець - кільця Рашига, діаметр яких змінюється в межах 15-150 мм Кільця малих розмірів засинають в колону навалом. Насадка малих розмірів і складної конфігурації має велику поверхню контакту фаз, але створює підвищений опір. Крім того, при виборі розмірів насадки необхідно знати, що дрібна насадка менш міцна і швидко забивається твердими відкладеннями. Останніми роками широке поширення отримали кільця Паливши, виготовлені з металу, кераміки або пластмас. Відмітною характеристикою цієї насадки є практична постійність ефективності в широкому інтервалі зміни навантажень. Хороші ро-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

бочі характеристики мають також насадки з елементів сідлоподібного профілю - сідла Берля і Инталлокс.

Із-за хаотичного розподілу тіл в об'ємі насадки утворюються виборчі канали, по яких переважно проходить пара або рідина, в результаті відбувається нерівномірний розподіл контактуючих фаз по висоті шару. У цьому істотний недолік насадок нерегулярного типу.

Відмічені вище недоліки насадок нерегулярного типу здолані в конструкціях насадок регулярного типу, тобто правильно укладеної насадки. Цей спосіб заповнення апарату насадкою називають завантаженням в укладання. Розташування елементів в певному порядку забезпечує рівномірний розподіл контактуючих фаз по площі колони і дозволяє отримати високу ефективність масопередачі і одночасно низький гідравлічний опір. Прикладом насадки регулярного типу є ті ж кільця Рашига, Паливши і так далі якщо вони укладають правильними рядами, зрушеними один відносно одного, зазвичай для цього застосовують великі кільця (розміром не менше 50x50 мм). За останні роки стали застосовуватися спіральні насадки, виконані з металевих стрічок і дроту, різні металеві сітчасті насадки, а також насадка із скляного волокна.

Ці насадки забезпечують низький гідравлічний опір, що особливо важливо для вакуумних колон. Насадки вказаних типів застосовують для колон, працюючих під атмосферним або більш високим тиском, а також в умовах помірного вакууму. Крім того, до найбільш відомих конструкцій регулярних насадок відносяться: Клитч-Грид, плоскопаралельна, Зульцер, Перформ-Грид і так далі. Проста регулярна насадка - плоскопаралельна - є пакетами, що набирають з плоских вертикальних, зазвичай металевих пластинів завтовшки 0,4-1,2 мм, розташованих паралельно з однаковим проміжком 10-20 мм. Висота пакету пластинів 400-1000 мм. Для підвищення рівномірності розподілу рідини в колоні пакети встановлюють один над іншим взаємно поверненими на кут 45-90 градусів. Не-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

долік цієї насадки - висока металоємність, поганий перерозподіл рідини, порівняно низька ефективність. Для усунення останнього недоліку листи плоскопаралельної насадки виконують з рифленням або з різними турбулізуючими елементами.

Хороші характеристики мають насадки з дротяної сітки. Прикладом може служити насадка Гудлоу - пакети згорнутої в рулон гофрованої дротяної сітки (діаметр проволки 0,1 мм). Гофри розташовані під кутом 60 градусів до вертикалі, висота пакету насадки 100-200 мм.

Використовувані на практиці зрошувачі насадних колон аналогічні зрошувачам колон з тарілками провального типу. Найчастіше застосовують наступні конструкції розподільних пристроїв, що забезпечують непоганий розподіл рідини по перерізу апаратів різного діаметру : розподільні тарілки, жолоби, трубчасті розподільники, відбивачі, відцентрові пристрої і так далі.

Для регулярної насадки, зокрема плоскопаралельної, розроблені конструкції колекторних зрошувачів. Досить поширені в промисловості жолобчасті зрошувачі. Такі зрошувачі, що встановлюються на відстані 1,2-1,4 метра від шару насадки, використовують головним чином в колонах з нерегулярною насадкою. Якщо насадка розташована в колоні шарами, то для зрошування кожної секції насадки або використовують окремі зрошувачі, або спеціальні перерозподільувачі, що збирають і перерозподіляють рідину, що стікає по колоні. Нині тривають роботи з удосконалення і розробці нових конструкцій розподільних пристроїв і відбійників діють. Розробкою нових конструкцій таких пристроїв займаються багато підприємств, але найбільш перспективні розробки має фірма Зульцер-Хемтех. Фахівці цієї фірми вважають, що рівномірність розподілу рідини і пари по площі поперечного перерізу має вирішальне значення для ефективності розділової дії. Емпіричне правило свідчить, що треба встановлювати розподільники через кожні 15-20 тарілок. Часткове заван-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

таження і чутливість по відношенню до бруду і відкладень - це основні відмітні ознаки розподільників рідини.

Для виключення віднесення рідини з апарату у верхній частині колон над зрошувачем встановлюють пристрої сепарацій : інерційні, відцентрові або комбіновані. Частіше для виділення краплинної суспензії з газового потоку використовують інерційний сепаратор або насадку, що називається відбійною, а також шари металевої сітки. Процес уловлювання краплинної вологи шаром насадки відбувається за рахунок укрупнення найдрібніших крапель, що осідають на поверхні насадки при ударах і поворотах газорідинного потоку, і подальшого стікання у вигляді великих крапель, струменів.

Відбійні пристрої встановлюються вверху абсорбційних колон і в різних перерізах колон ректифікацій. Відбійні пристрої, що встановлюються вверху колони, повинні мати високу ефективність сепарації і надійно працювати в широкому діапазоні зміни навантажень по парі.

У разі, коли колона повинна працювати з великими величинами міжтарілчастого віднесення рідини, рівними оптимальному значенню або що перевищують його, можна застосовувати міжтарілчасті відбійні пристрої, що дозволяють створити економічнішу конструкцію колони. Іноді застосування відбійних пристроїв між тарілками обумовлене специфікою роботи або конструкцією колони. Наприклад, відбійні пристрої під кожною тарілкою застосовуються при необхідності мати невелику висоту колони (при установці колон в приміщенні), в колонах розділення повітря, де висота колони лімітується поверхнею теплообміну.

Для сепарації крапель рідини з потоку пари (газу) в апаратах нафтової і хімічної технології застосовують в основному відбійники ударного типу. У атмосферних і вакуумних колонах первинної перегонки застосовують відбійники з сіток і куточків, а в абсорберах - з вертикально встановлених куточків.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплообмінна апаратура складає дуже значну частину технологічного устаткування в нафтопереробній і суміжних галузях промисловості. Питома вага ТОВА на нафтохімічних і нафтопереробних підприємствах складає в середньому 50%. Висока ефективність роботи подібних апаратів дозволяє скоротити витрату палива і електроенергії, що витрачається на той або інший технологічний процес, і робить істотний вплив на його техніко-економічні показники.

Умови проведення процесів теплообміну в промислових апаратах надзвичайно різноманітні. Ці апарати застосовують для робочих середовищ з різним агрегатним станом і структурою (газ, пара, краплинна рідина, емульсія і так далі) в широкому діапазоні температур, тисків і фізико-хімічних властивостей. Із-за різноманітності вимог, що пред'являються до теплообмінних апаратів, пов'язаних з умовами їх експлуатації, застосовують апарати самих різних конструкцій і типів, причому для апаратів кожного типу розроблений широкий розмірний ряд поверхні теплообміну (від декількох квадратних метрів до тисяч в одному апараті). У розмірному ряду теплообмінники розрізняються по тисках, що допускаються, і температурах робочого середовища, а також по матеріалах, з яких виготовлений апарат.

3.2 Ремонт та монтаж

Основним видом зносу колонних апаратів є забивання і корозія її елементів. Корпуси і внутрішні устрої колонних апаратів зношуються в результаті корозійної, ерозійної і термічної дії середовища.

Колонні апарати ремонтують при планово-запобіжних ремонтах технологічної установки. Підготовка колонних апаратів до ремонту полягає в наступному. Доводять тиск в колоні до атмосферного, видаляють з апарату робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, яка витісняє пари, що залишилися в колоні, і газу. Після пропарю-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						29
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вання колону промивають водою. У деяких випадках пропарювання і промивання чергують кілька разів. Промивання колон водою сприяє також швидшому їх охолодженню. Не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50° С.

Пропарену і промиту колону від'єднують від усіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки і подальше її зняття реєструють в спеціальному журналі.

Ремонт апарату розпочинається з розкриття, яке слід робити, строго дотримуючись наступних правил. Спочатку відкривають верхній люк, причому перед цим в апараті впродовж деякого часу подають водяну пару, щоб запобігти можливого підсосу повітря, в результаті якого може утворитися вибухонебезпечна суміш. Далі послідовно (згори вниз) відкривають інші люки. Категорично забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки. Не можна також відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, оскільки за рахунок різниці температур відбувається сильний приплив повітря, що може привести до утворення вибухонебезпечної суміші.

Після відкриття люків колона деякий час провітрюється в результаті природної конвекції повітря. Після закінчення провітрювання треба провести аналіз проб повітря, узятих з колони на різних висотних відмітках. До робіт усередині колони дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів і пари в ній не перевищує гранично допустимих санітарних норм.

Корпус колони і її внутрішні устрої піддають ретельному огляду. Насадки виносяться через люки на обслуговуючі майданчики і транспортуються для чищення і ремонту. Спуск секцій насадок робиться встановленої у верхній частині колони поворотної кран-укосиною потрібної грузо-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

підемності. Після ремонту насадки перевіряють на барботаж і монтують в корпус.

Ремонт корпусу колонних апаратів проводять залежно від виявлених дефектів. Дефекти корпуси виявляють шляхом візуального огляду і ультразвукової дефектоскопії. Нещільні зварні шви вирубують, зачищають і заварюють відповідним електродом. Зношені штуцера і люки вирізують і замінюють новими з обов'язковою установкою зміцнюючих кілець. Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізують, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь звальцованої по радіусу колони. Зварювання роблять встик.

Вирізування великих ділянок корпусу може привести до послаблення перерізу і пошкодженню стійкості. Тому до вирізування дефектної ділянки його зміцнюють стойками, що встановлюються усередині або зовні. Число і переріз стоек, розміри опорних лап розраховують, виходячи з умови рівності їх опорів опору вирізаного перерізу. За допомогою таких стоек можна замінити увесь пошкоджений пояс колони декількома частинами.

Ремонт колони закінчується її випробуванням. При гідравлическом випробуванні колона заповнюється водою при відкритій воздушке, встановлюваної на верху колони. Поява води у воздушке свідчить про заповнення колони. Після закриття воздушки тиск в колоні повільно підвищується до контрольної величини. При цьому тиску апарат витримується 5 хвилин, потім тиск знижується до робочого значення, при якому здійснюється обстукування зварних швів молотком і огляд корпусу колони. При проведенні пневматичного випробування обстукування зварних швів не допускається.

Монтаж способом нарощування ведуть з нижньої частини апарату, послідовно нарощуючи окремі царги. Монтаж ведуть вежею і гусеничним кранами. Спосіб нарощування застосовують при монтажі колонних апа-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ратів укрупненими блоками. Укрупнене складання від-ділових царг у блоки виконують гусеничним краном. Блоки, збирають в зоні максимальної вантажопідйомності крану вежі по декілька царг у блоці. Перед установкою в кожному блоці верхньої царги привариварюють кронштейни для мостків, з яких сполучають блоки між собою. Недоліком способу нарощування є те, що в час монтаж доводиться вести роботи на різній висоті, що ускладнює складання, збільшує термін і вартість монтажу.

Монтаж способом підрощування ведуть на одній висоті, при нім не потрібно установку лісів, але потрібні механізми, вантажопідйомність яких не менше маси апарата. Монтаж ведуть порталом. Портал може бути нерухомим (якщо монтаж ведуть окремими царгами) або таким, що коливається (якщо монтаж ведуть укрупненими блоками).

При роботі з нерухомим порталом монтаж ведуть розпочинай з верхньої частини апарату, яку затягують на фундамент трактором або лебідкою, потім піднімають на висоту, достатню для установки під нею наступній частині, стикують і сполучають їх, піднімають на необхідну висоту і т. д. до закінчення складання усього апарату.

При роботі з порталом царги, що коливається, завчасно збирають гусеничним краном у блоки. Блоки розподіляють так

- : - нижній - на фундаменті;
- середній - зліва від фундаменту;
- верхній - праворуч від фундаменту.

Потім портал нахиляють управо; стропять його верхній блок, піднімають і, нахиливши портал вліво, переносять і встановлюють його на середній блок, сполучають і вже обидва блоки переносять і стикують з нижнім блоком. При зміні положення порталу необхідно стежити за натягненням усіх вант, не допускаючи зайвого слабкого місця, особливо під час переходу порталу через нейтральне положення, інакше можливий ривок, який може викликати аварію.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтаж способом повороту навколо осі шарніра ведуть за допомогою щогли, порталу, стріловидного крану і іншого устаткування. Потрібна вантажопідйомність механізмів може бути менше маси апарату, особливо якщо центр тяжіння апарату розташований близько до основи. На фундаменті кріплять анкерними болтами спеціальний шарнір, на який укладають і приварюють нижню частину апарату, зібраного в горизонтальному положенні. Потім встановлюють щоглу на такій відстані від проектної осі апарату, щоб блоки поліспастів не зішлися в момент установки апарату у вертикальному положенні мінімум на 1,5 - 2 м. Під час переходу центру тяжіння апарату через вісь шарніра апарат починає мимоволі опускатися під дією сили тяжіння. Щоб запобігти цьому, встановлюють підтримуючу лебідку. При установці апарату на фундамент цим способом не слід заливати анкерні болти до його установки, оскільки по-пащу на них отворами лап майже неможливо.

Монтаж підйомом за верх з підтяганням нижньої частини виконують нерухомим порталом і гусеничним трактором або лебідкою. Апарат збирають в горизонтальному положенні. Верхня частина якого знаходиться на фундаменті, а нижня укріплена на санях, але так, щоб апарат при підйомі міг обертатися навколо вузла кріплення. Апарат стропять за верхню частину і починають піднімати, одночасно підтягаючи сани. При цьому стежать, щоб поліспаст знаходився у вертикальному положенні. Коли сани приблизяться до фундаменту, їх відв'язують, піднімають апарат над фундаментом, поєднують отвори в лапах з анкерними болтами і встановлюють на фундамент.

Монтаж способом підйому в горизонтальній площині з наступним поворотом ведуть щоглою, висота якої може бути на 10 - 15 % менше висоти апарату. Колону збирають в горизонтальному положенні безпосередньо на фундаменті, стропять її за неправдиві штуцера, приварені на

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						33
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40 - 50 см вище за центр тяжіння, а з боку верхньої частини кріплять трос урівноважуючої лебідки.

Монтаж насадок проходить таким чином. За умовами роботи апарату насадка може лежати безладно, її завантажують таким чином. Апарат наповнюють водою до верхнього люка. Насадка (кільця Рашига, Палля і так далі), піднята на верхній майданчик за допомогою якого-небудь такелажного пристрою, висипається з кошиків або мішків у воду. У міру наповнення колонни зайва частина води спускається через нижній штуцер колони.

4 ТАРИЛКИ ПРОВАЛЬНОГО ТИПУ

4.1 Принцип роботи тарілок провального типу

До цієї групи контактних пристроїв відноситься велика кількість конструкцій, що відрізняються тим, що злив проводиться не через спеціальні зливні пристрої, а через ті ж отвори, через які проходить газ або пар. Відсутність зливних пристроїв значно спрощує конструкцію тарілки, площа тарілки використовується більш повно. Тарілки не мають гідравлічного ухилу, в них здійснюється принцип протитоку пара і рідини.

Працюють вони за принципом зливних, хоча і були зроблені пропозиції про пристрій ковпачкових тарілок провального типу. Як і у всіх тарілках із зливними пристроями, на ковпачкових спостерігається гідравлічний ухил у напрямку руху рідини.

Тарілки мають різну конструкцію - сітчасті, ковпачкові, клапанні, гратчасті і ін. За принципом роботи тарілки можна розділити на провальні, в яких рідка фаза проходить через отвори по всій площі перетину і контакт фаз створюється за рахунок цівок рідини, що впливають з тарілки, і зливні, в яких рідка фаза через зливний стакан перетікає на нижчележачу тарілку, а контакт фаз здійснюється за рахунок Барботажа парової

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

фази при проходженні через шар рідини, що знаходиться на поверхні тарілок.

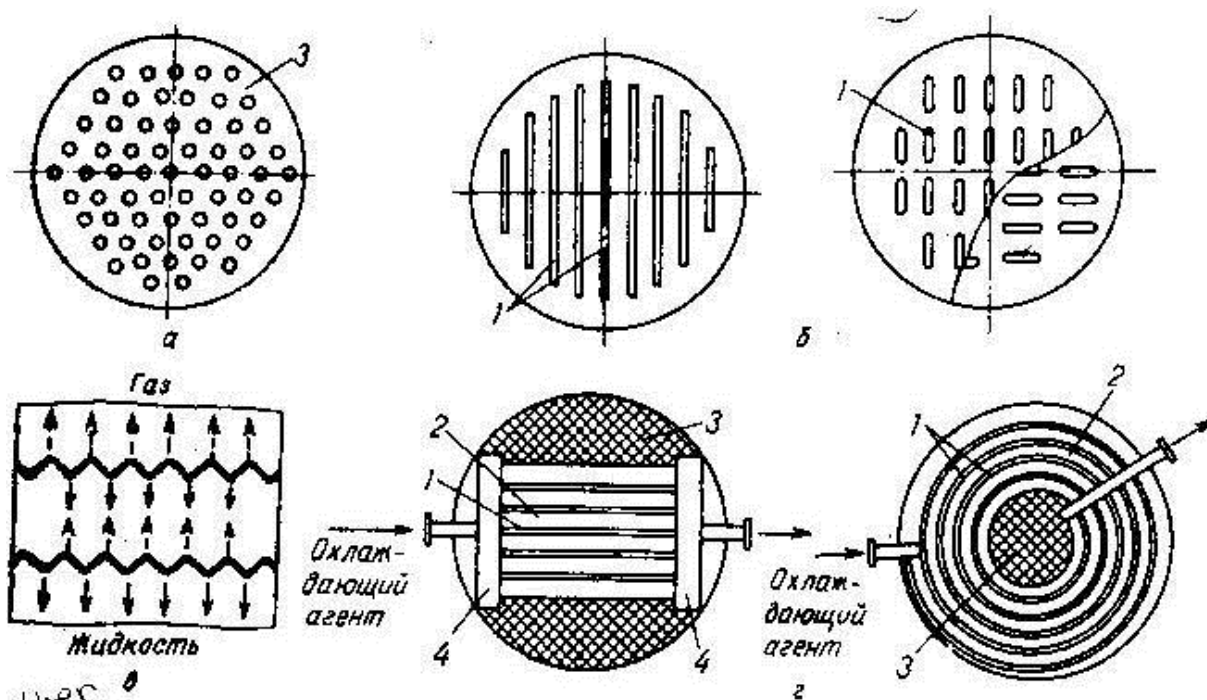


Рис. 4.1 Види провальних тарілок

а-дирчата; б-решітчата; в-хвильова; г-трубні;

1-щілини; 2-труби; 3-перфорирований лист; 4-коллектори

Подібний контакт рідини з паром можна здійснювати багаторазово в місцях зливу рідини з горизонтально-розташованих контактних пристроїв на вертикальних насадок пристроях колони. При цьому пара не обов'язково контактувати з боковим погоном і виводити бічні погони. Цей принцип частково використаний на тих же установках Павлодарського і Мажейкський НПЗ. При цьому ефективність модернізованих таким способом контактних влаштується може бути підвищена в 2 і більше разів. В роботі також між деякими секціями колон рекомендується здійснити додатковий контакт пара і рідини. При низькому навантаженні контактних пристроїв по рідини запропоновано встановити переливні пластини між рядами отворів перфорованої розподільної плити для поліпшення розподілу рідини по вертикальних пристроїв зарахунок збільшення висоти

рідини в розподільнику. При високому навантаженні контактних пристроїв по рідини горизонтально-розташовані контактні пристрої рекомендується виконати провальними ґратчастими зі збереженням існуючих зливних кишень. Між рядами ґрат пропонується встановити просічно-втяжний лист з напрямком щілин по ходу руху рідини по тарілці.

При використанні додаткової зони зберігається принцип поздовжньо-поперечного секціонування, характерний для многослівних сітчатих тарілок. Багатопотоковий ввід рідини на додаткову зону дозволяє стабілізувати її роботу в широкому діапазоні зміни навантажень по газу і рідини. Додаткову зону доцільно застосовувати для хемосорбційних процесів з великою витратою рідини, а також для процесів, що вимагають значного часу перебування рідини в зоні повільної реакції, при цьому зменшується частка зони тарілки, зайнятої переливними пристроями, оскільки можливе проведення процесу в перетічними-провальному режимі. Наявність додаткової зони контакту фаз знижує негативний вплив на процес провалу рідини. Перевага від застосування додаткової зони пов'язано також з використанням ефекту поверхневої конвекції при масообміні, ускладненою незворотною реакцією, від струменів рідини, що впливають з отворів плато додаткової зони.

4.2 Застосування тарілок провального типу

Тарілки провального типу застосовуються в різних промисловостях, зокрема на виробництвах соди, мокрого очищення газів від пилу, а також у коксовій промисловості. Вони прості у виготовленні та надійні в експлуатації. Ґратчасті тарілки при невеликих діаметрах щілин, мають деякі недоліки. До таких недоліків відносяться: можливість забивання щілин, недостатня стійкість роботи за оптимальних режимів.

Для виключення забивання щілин приймають крупнодирчаті тарілки. Наприклад на заводах синтетичного каучуку, була проведена заміна

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

тунельних ковпачкових тарілок на ґратчасті з шириною щілини 4 мм Живий перетин в одній колоні було взято 16,5 в іншій 13,4 при тому ж числі тарілок що було до реконструкції. В результаті заміни тарілок продуктивність їх зросла в 2,25-2,5 рази при однаковій чіткості.

Протиточні ґратчасті тарілки працюють в широкому діапазоні навантажень починаючи з 40-50 номінального навантаження, в режимі аерації (Емульгування) або відповідно з общей класифікацією - в пінному режимі (режимі вільної турбулентності). На тарілках образується високотурбулізована система газопарожідкістних вихорів і струменів з чітко вираженою верхньою межею; вище розташованих зони бризок і викидів піни. При високих навантаженнях стікаючи з тарілки струмені також приймають пінно-вихровий характер. Особенность газопарожідкісного шару на тарілках ТДС є особлива бульбашкова структура, добре помітна в плінках і струменях що до світлої рідини, тобто рідина пронизана мілкими (0,5-0,3 мм) бульбашками газу що відрізняє ці системи від водноповітряних. У зв'язку з цим таку газопарожідкістну систему можна назвати турбулентною з пенно-бульбашковою структурою. Бульбашки утворені, очевидно, десорбіруемими газами; швидкість просування цих бульбашок в рідині набагато нижескоростна парогазового потоку в шарі турбулентної піни. Наявність такої внутрішньої бульбашкової структури і зумовлює спостереження аномалії в гідродинаміці парогазожідкістних систем аміачно-содового процесу порівняно з системами що не містять десорбіруємих газів. ТДС режим турбулентної піни виникав в момент утворення газопарожідкісного шару на контактному пристрої при швидкості парогазового потоку у вільному перерізі апарату близько 0,6-1,0 м / с. При швидкостях газу 3,5-5,0 м/с режим турбулентної піни змінився пульсаційним режимом або режимом "накоплення". Слід зазначити що висота пінного шару на тарілці зазвичай не перевищує 200-300 мм, викиди піни досягають 500-600 мм. Випробування описаних тарілок в умовах дестіл-

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

лера недали позитивних результатів, так як щілини порівняно швидко забивалися гіпсовою кіркою. Тому в дестиллері були застосовані дірчасті протivotічні контактні елементи. Конструкція дирчатої тарілки подібна конструкції решітчатої тарілки (секції яких взаємозамінні).

4.3 Вивчення режимів роботи тарілок

Важливою характеристикою роботи тарілок провального типу є діапазон їх стійкої роботи. З цією характеристикою пов'язані режими роботи тарілки провального типу, які виникають при збільшенні швидкості газу (пари) в перерізі колони при одній і тій же щільності зрошення. У роботі ці режими відображені на графіку залежності гідравлічного опору тарілок провального типу від швидкості газу (пари) вперерезе колони і визначені в такий спосіб:

- режим змоченою тарілки існує при малих швидкостях пари (газу).

Контакт пари і рідини відбувається на поверхні, які стікають з тарілок крапель і струменів рідини. Цей режим не є робочим;

- барботажний режим спостерігається при увеліченііскорості пара. На тарілці існує шар світлої рідини, через який барботують пар і шар піни. При подальшому збільшенні швидкості пара висота шару світлої жидкостіуменьшається, а висота шару піни збільшується;

- режим емульгування або аерації характеризується тим, що шар світлої рідини майже повністю зникає. Натарелкепоявляється сильно турбулізованим шар піни. Цей режим також, як барботажний і режим, є робочим;

- хвильової режим спостерігається при подальшому збільшенні швидкості пара. Рідина і піна на тарілці приходить вволнообразное рух;

"Захлебіванія" настає при збільшенні швидкості пара, коли рідина іпена не стікає з тарілки, а викидаються на вищерозміщених тарілку.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

5 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Рідина за допомогою насосу подається у верхню частину, по перерізу колони, для досягнення більш рівномірного розподілу рідини й тим самим зменшенням гідравлічного опору газу. Після тарілки, рідина подається на стінку колони. Встановлюємо по витратоміру витрату рідини, якій відповідає певна щільність зрошування.

Газодувкою подаємо повітря, яке проходить через розподільну коробку, підводиться до дифманометру і пьезометру та подається в колону нижче тарілки, для забезпечення протитоку і тим самим утворюючи барботажний шар.

Витрати рідини й повітря регулюємо вентилями.

За допомогою манометра, який підводиться до датчика відбору тиску, можна виміряти гідравлічний опір.

Дивимося коли на тарілці з'являється барботажний шар. Вимірюємо гідравлічний опір і газорідинні фази. Фіксуємо швидкості при яких доходить до точки біфуркації від нерівномірного барботажа до режиму захлинання, паралельно вимірюємо висоту піни за допомогою лінійки.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

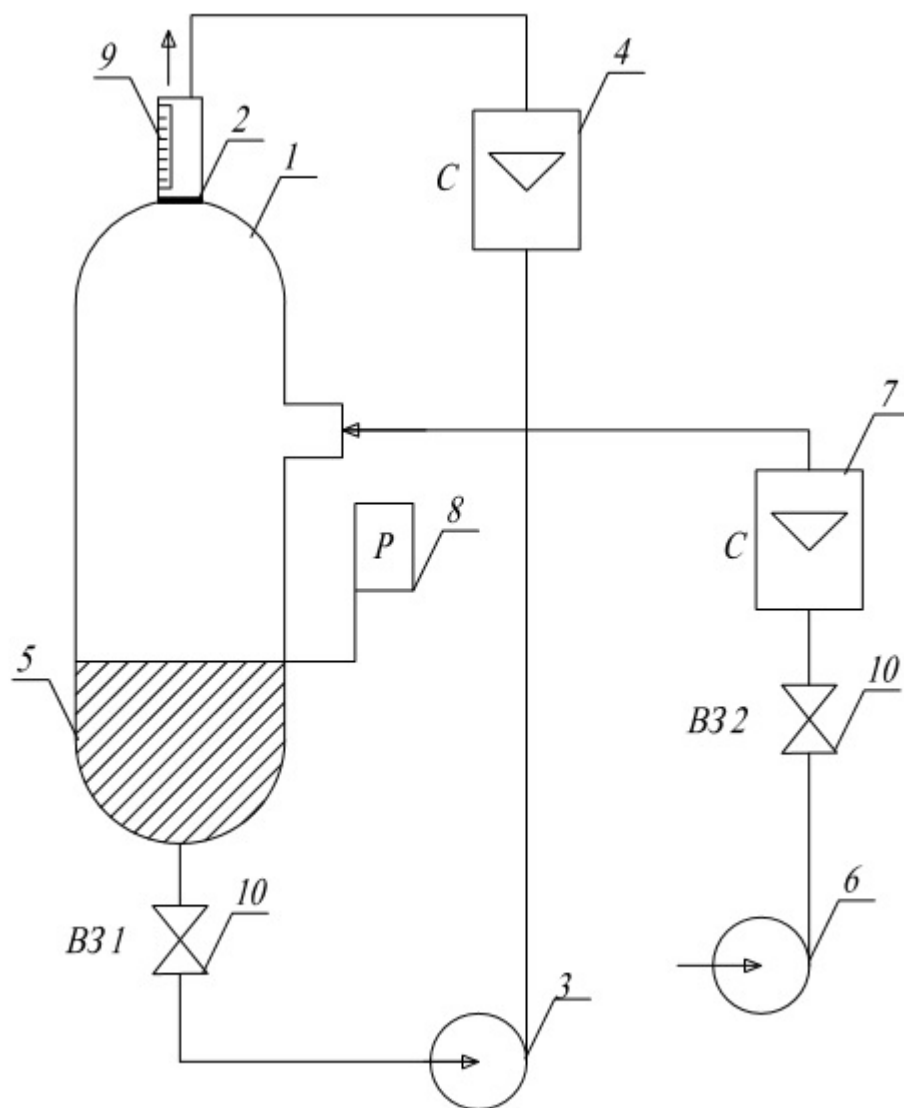


Рис. 5.1 Схема експериментальної установки для гідравлічних і кінетичних досліджень тарілок провального типу з колоною $D = 0,25$ м:

1-колонна; 2-провальна тарілка; 3-насос; 4-ротаметр; 5-кубова частина;
6-компресор; 7-ротаметр; 8-дифманометр; 9-лінійка; 10-вентилі.

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис. 5.2 Фото експериментальної установки

Схема установки зображена на Рис. 5.1 являє собою колонну, діаметром 250 мм, з встановленою в ній тарілкою провального типу.

Рідина за допомогою насоса подається в верхню частину, по перетину колони, для досягнення більш рівномірного розподілу рідини і тим же зменшенням гідравлічного опору газу після тарілки рідина подається на стінку колони. Встановлюємо по ротаметру витрату рідини, якою відповідає певна щільність зрошення. Знизу під тарілку за допомогою газодувки подаємо повітря. Його витрату встановлюємо по ротаметру, і для певної щільності зрошення змінюємо витрата повітря від початку роботи тарілки до її верхньої межі. Для кожного співвідношення навантажень по газу і рідини вимірюємо гідравлічний опір дифманометром і висоту піни лінійкою.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

6 ВИВЧЕННЯ ТЕОРІЇ І МАСШТАБНОГО ПЕРЕХОДУ В КОЛОНІ З ТАРИЛКАМИ ПРОВАЛЬНОГО ТИПУ

За останні роки була сформульована нова теорія масштабного переходу. Вона виявилася гідродинамічної, зумовленої нерівномірністю розподілу потоків і співвідношення фаз по перерізу промислових апаратів, посиленням поздовжнього перемішування при збільшенні розмірів, які визначають масштаб турбулентності або виникнення циркулюючих контурів. Ці ефекти характеризують структуру потоків, в більшості випадків не моделюються на малих апаратах і при сучасному рівні розвитку гідродинаміки потоків не можуть бути передбачені методом математичного моделювання.

Однак оскільки масштабний ефект має гідродинамічну природу, його можна усунути на гідродинамічних стендах безтехнологічних випробувань. Забезпечивши шляхом конструктивних заходів зменшення гідродинамічної неоднорідності і необхідну структуру потоків у великому апараті. Такий спосіб розробки промислових апаратів, названий гідромоделюванням, що дозволяє істотно прискорити і здешевити перехід від лабораторних установок до промислових. В даний час розроблена наближена теорія масштабного ефекту що полегшує пошук конструктивних заходів для усунення, а так само залишкової неоднорідності з метою визначення ефективності промислових апаратів, без технологічних випробувань. Зменшення ККД спостерігалось і для провальних барботажних тарілок (майже в 3 рази при збільшенні діаметру від 0,8 до 5 м.).

Теорія масштабного переходу у гідродинамічних характеристиках колони як малого, так і великого діаметра встановлює зв'язок між параметрами колон різного діаметру.

Проводять експерименти в колонах малого діаметра і встановлюється зв'язок між гідравлічними параметрами колон малого діаметра з

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

гідравлічними параметрами колон великого діаметру. Далі проводяться 35 технологічні випробування масло і теплообміну. Поданим гідродинамічним моделюванням, технологічні параметри, отримані в колонах малого діаметра переносяться на колони великого діаметру з досвідчених установок. Дуже важливий висновком є те, що низька ефективність багатьох промислових апаратів є наслідком дефектів конструкції апаратів, які можуть бути усунені, а ККД при цьому може бути наближений до одиниці. Також теорія масштабного переходу ґрунтується на тому, що при розрахунку колонного апарату ми повинні обов'язково використовувати експериментальні установки з колонами не великого діаметру і за результатами досліджень цих установок, ми повинні використовувати при розрахунку промислових апаратів. У рівняння входить коефіцієнт T , який являє собою відношення суми периметрів усіх отворів платотарелки до її діаметру. Таким чином параметр T є функцією таких геометричних параметрів тарілки провального типу, як її діаметр, вільний перетин і діаметр отворів плато тарілки. Це дає можливість за рівнянням розраховувати вільний перетин тарілок провального типу по заданій швидкості, розрахованої на повний переріз колони, для різних діаметрів колони. Це дає можливість гідродинамічного моделювання тарілок провального типу з різними геометричними характеристиками.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
						43
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ГІДРОДИНАМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Розрахунок вільного перерізу тарілки провального типу

$$D = 2 \text{ м}$$

Визначаємо вільний переріз тарілок провального типу в колонні $D = 2 \text{ м}$

Розрахунок проводиться за формулою (1)

$$\lg\left(\frac{Y}{T^{0,5}}\right) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$X = \left(\frac{G_p}{G_n}\right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_p}\right)^{1/8} \quad (2)$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_e}\right)^{0,16} \quad (3)$$

$G_{\text{рід}}$ і $G_{\text{п}}$ – вагові швидкості рідини і газу (пара), кг/год;

$$G_{\text{рід}} = G_{\text{рід}} = G_{\text{ф}} + G_{\text{н}}$$

$$G_{\text{рід}} = 4,274 + 6,58 = 10,832 \text{ кг/с.}$$

$$G_{\text{п}} = G_y = 6,58, \text{ кг/с}$$

$G_{\text{ф}}$ – кількість флегми, кг/год;

$G_{\text{ф}}$ – кількість вихідної суміши, кг/год;

$G_{\text{н}}$ – кількість рідини, що проходить крізь низ колони, кг/год;

$\rho_{\text{рід}}$ і $\rho_{\text{п}}$ – питомі ваги газу (пара) і рідини, кг/м³;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

d_0 – діаметр отворів в тарілці, м;

f – вільний переріз тарілки, м²/м²;

$\mu_{\text{рід}}$ – в'язкість рідини, Па·с;

$\mu_{\text{в}}$ – в'язкість води при, 20°, Па·с;

V – витрата пари, м³/с;

a, B – коефіцієнти;

L – щільність зрошення, м³/(м²год);

S – площа колони, м²

D – внутрішній діаметр колони, м;

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						44
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Σ – площа суми отворів, м²;

S_o – площа отвору, м²;

N – кількість отворів, шт;

Π – периметр отворів, м

T – коефіцієнт

Розрахунок кількості кубового залишку

$$G_w = G_f - G_p \quad (4)$$

$$G_w = 2,306 - 1,8012 = 0,505 \text{ кг/с}$$

$$V = 3,568 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$a = -1,68;$$

Розраховуємо щільність зрошення, м³/(м²год);

$$L = G_p / S \quad (5)$$

$$L = 17,39 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ год})$$

Розрахунок кількості флегми

$$R = (F - G_p) \quad (6)$$

$$R \cdot G_p = F - G_p \quad (7)$$

$$R \cdot G_p + G_p = G_\phi \quad (8)$$

$$1,373 \cdot 1,8012 + 1,8012 = 4,274 \text{ кг/с}$$

Кількість флегми, кг/с;

$$G_\phi = 4,274 \text{ кг/с}$$

Розраховуємо кількість рідини, що проходить крізь низ колони, кг/год;

$$G_n = G_\phi + G_f \quad (9)$$

де G_f – кількість вихідної суміши, кг/с;

$$G_f = 2,306 \text{ кг/с}$$

$$G_n = 4,274 + 2,306 = 6,58 \text{ кг/с}$$

Розраховуємо вагові швидкості рідини, кг/с;

$$G_{\text{рід}} = G_\phi + G_n \quad (10)$$

$$G_{\text{рід}} = 4,276 + 6,58 = 10,832 \text{ кг/с}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розрахункові параметри

Вагова швидкість рідини розраховується за рівнянням

За рівнянням (1) розраховується перша інтеграція при $f = 0,06\%$

$$Lg(Y / T^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y розраховується за формулою (3)

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_g}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g} \right)^{0,16}$$

де w – рекомендована швидкість пари у колоні

$$w = 1,14$$

ρ_p – питома вага рідини, кг/м^3 ;

$$\rho_p = 958,55 \text{ кг/м}^3;$$

ρ_g – питома вага газу (пара), кг/м^3 ;

$$\rho_g = 2,69 \text{ кг/м}^3;$$

g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

d_0 – діаметр отворів в тарілці, м;

$$d_0 = 0,012 \text{ м}$$

μ_p – в'язкість рідини, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

$$\mu_p = 0,442 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

μ_g – в'язкість води при, 20° , $\text{Па}\cdot\text{с}$;

$$\mu_g = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,06^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 7,528$$

T – коефіцієнт, який розраховується за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (11)$$

де $\sum \Pi$ – сумарний периметр отворів, м

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (12)$$

де Π – периметр отворів, м

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						46
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Pi = \pi \cdot d_0 \quad (13)$$

$$\Pi = \pi d_0 = 3,14 \cdot 0,012 = 0,0376, \text{ м}$$

Розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f \quad (14)$$

де – S площа колони, м²

$$S = 0,785 \cdot D^2 \quad (15)$$

$$S = 0,785 D^2 = 0,785 \cdot 2^2 = 3,14 \text{ м}^2$$

$$S_0 = 0,06 \cdot 3,14 = 0,188, \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу одного отвору, м²

$$S'_0 = \pi \cdot R^2 \quad (16)$$

$$S'_0 = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,006^2 = 0,000113 \text{ м}^2$$

Розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (17)$$

$$n = \frac{0,188}{0,000113} = 1663,71 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 1663,71 = 62,555 \text{ м}$$

$$T = \frac{62,555}{2,4} = 26,064$$

За рівнянням (2) розраховуємо x

$$X = \left(\frac{G_\phi}{G_n} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_p} \right)^{1/8}$$

$$X = \left(\frac{4,274}{2,054} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{2,69}{958,55} \right)^{1/8} = 0,576$$

$$\text{Lg}(7,528 / 26,064^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$0,168 = -0,216$$

$$\Delta = 0,484$$

За рівнянням (1) розраховується друга інтеграція при $f = 0,08\%$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						47
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,08^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 10,833$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = 3,14 \cdot 0,08 = 0,2512, \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'}$$

$$n = \frac{S_0}{S_0'} = \frac{0,2512}{0,000113} = 2223,008 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 2223,008 = 835,848 \text{ м}$$

$$T = \frac{835,848}{2,4} = 348,27$$

$$Lg(10,833 / 348,27^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$-0,236 = -0,216$$

$$\Delta = 0,02$$

За рівнянням (1) розраховується третя інтеграція при $f = 0,1\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,1^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 2,493$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = 3,14 \cdot 0,1 = 0,314, \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0}$$

$$n = \frac{S_0}{S'_0} = \frac{0,314}{0,000113} = 2778,761 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 2778,761 = 104,48 \text{ м}$$

$$T = \frac{104,48}{2,4} = 43,53$$

$$\text{Lg}(2,493 / 43,53^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$-0,422 = -0,216$$

$$\Delta = 0,206$$

За рівнянням (1) розраховується четверта інтеграція при $f = 0,16\%$

$$\text{Lg}(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,16^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,974$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = 3,14 \cdot 0,16 = 0,5024, \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0}$$

$$n = \frac{S_0}{S'_0} = \frac{0,5024}{0,000113} = 4446,017 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 4446,017 = 167,17 \text{ м}$$

$$T = \frac{167,17}{2,4} = 69,65$$

$$Lg(0,974 / 69,65^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$-0,932 = -0,216$$

$$\Delta = 0,716$$

За рівнянням (1) розраховується п'ята інтеграція при $f = 0,2\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_e} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,2^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,673$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						50
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_0 = 3,14 \cdot 0,2 = 0,628, \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0}$$

$$n = \frac{0,628}{0,000113} = 5557,522 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 5557,522 = 208,962 \text{ м}$$

$$T = \frac{208,962}{2,4} = 87,0675$$

$$\text{Lg}(0,673 / 87,0675^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$-1,14 = -0,216$$

$$\Delta = 0,925$$

За рівнянням (1) розраховується шоста інтеграція при $f = 0,25\%$

$$\text{Lg}(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,25^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,398$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = 3,14 \cdot 0,25 = 0,785, \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$n = \frac{0,785}{0,000113} = 6946,9 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 6946,9 = 261,203 \text{ м}$$

$$T = \frac{261,203}{2,4} = 108,834$$

$$Lg(0,398/108,834^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$-1,418 = -0,216$$

$$\Delta = 1,202$$

За рівнянням (1) розраховується сьома інтеграція при $f = 0,3\%$

$$Lg(Y/T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,3^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,277$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м^2

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = 3,14 \cdot 0,3 = 0,942, \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'}$$

$$n = \frac{0,942}{0,000113} = 8336,283 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 8336,283 = 313,444 \text{ м}$$

$$T = \frac{313,444}{2,4} = 130,601$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						52
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Lg(0,277/130,601^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,576$$

$$-1,615 = -0,216$$

$$\Delta = 1,399$$

Таблиця № 7.1 Залежність величин Δ від вільного перетину f

f	0,06	0,08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,3
Δ	0,484	0,02	0,206	0,716	0,925	1,202	1,399

7.2 Розрахунок вільного перерізу тарілки провального типу

$$D = 0,057 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр колони $D = 0,057 \text{ м}$. та рекомендована швидкість пари у колоні $W = 1,14 \text{ м/с}$

$$S = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 0,057^2 = 0,00255 \text{ м}^2$$

тоді

$$V = w \cdot 0,785 D^2 = 1,14 \cdot 0,785 \cdot 0,057^2 = 0,002907 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$G_n = V \cdot \rho_n$$

$$G_n = 0,004845 \cdot 2,69 = 0,007819 \text{ кг/с}$$

Приймаємо щільність зрошування

$$L = 17,39, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ год});$$

тоді кількість рідини в модельній колоні

$$G_p = L \cdot S$$

$$G_p = 17,39 \cdot 0,00255 = 0,04437 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\rho_p = 958,55 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_n = 2,69 \text{ кг/м}^3;$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

$$d_0 = 0,012 \text{ м};$$

$$\mu_p = 0,442 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu_v = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$V = 3,568 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$a = -1,68;$$

$$B = 1,189;$$

$$D = 0,057 \text{ м};$$

Розраховуємо витрату пари, кг/с

$$V_n = S \cdot W$$

$$V_n = 0,00255 \cdot 1,14 = 0,002907 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_n = 0,0006201 \text{ кг/с}$$

Розраховуємо витрату рідини, кг/с

$$V_p = L \cdot S$$

$$V_p = 17,39 \cdot 0,00255 = 0,04434 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 768 \text{ кг/м}^3 = 34,056 \text{ кг/год} / 3600 = 0,00946 \text{ кг/с}$$

$$V_p = 0,00946 \text{ кг/с}$$

За рівнянням (1) розраховується восьма інтеграція при $f = 0,06\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_g}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g} \right)^{0,16}$$

де w – декомендована швидкість пари у колоні

$$w = 1,14$$

ρ_p – питома вага рідини, кг/м^3 ;

$$\rho_p = 958,55 \text{ кг/м}^3;$$

ρ_g – питома вага газу (пара), кг/м^3 ;

$$\rho_g = 2,69 \text{ кг/м}^3;$$

g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

d_0 – діаметр отворів в тарілці, м;

$$d_0 = 0,012 \text{ м}$$

μ_p – в'язкість рідини, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$\mu_p = 0,442 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

μ_v – в'язкість води при, 20° , $\text{Па} \cdot \text{с}$;

$$\mu_v = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,06^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 7,528$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (13) розраховуємо периметр отворів, м

$$\Pi = \pi d_0 = 3,14 \cdot 0,012 = 0,0376, \text{ м}$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м^2

$$S_0 = S \cdot f$$

За формулою (15) розраховуємо площу колони, м^2

$$S = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 0,057^2 = 0,002551 \text{ м}^2$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,06 = 0,000153 \text{ м}^2$$

За формулою (16) розраховуємо площу одного отвору, м^2

$$S'_0 = \pi \cdot R^2$$

$$S'_0 = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,006^2 = 0,000113 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0}$$

$$n = \frac{0,000153}{0,000113} = 1,354 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 1,354 = 0,0509 \text{ м}$$

$$T = \frac{0,0509}{0,057} = 0,892$$

X – комплекс нанесений на осі абсцис

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$X = \left(\frac{G_p}{G_n} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_p} \right)^{1/8}$$

$$X = \left(\frac{0,04434}{0,007819} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{2,69}{958,55} \right)^{1/8} = 0,7391$$

$$Lg(7,528 / 0,892^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$0,901 = -1,166$$

$$\Delta = 0,256$$

За рівнянням (1) розраховується дев'ята інтеграція при $f = 0,08\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,08^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 10,833$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,08 = 0,000204 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'}$$

$$n = \frac{0,000204}{0,000113} = 1,806 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 1,806 = 0,0679 \text{ м}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$T = \frac{0,0679}{0,057} = 1,191$$

$$Lg(10,833 / 1,191^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$0,996 = -1,166$$

$$\Delta = 0,17$$

За рівнянням (1) розраховується десята інтеграція при $f = 0,1\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_e} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,1^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 2,493$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,1 = 0,0002551 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0}$$

$$n = \frac{0,0002551}{0,000113} = 2,257 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 2,257 = 0,084 \text{ м}$$

$$T = \frac{0,084}{0,057} = 1,489$$

$$Lg(2,493 / 1,489^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$0,310 = -1,166$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						57
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta = 0,855$$

За рівнянням (1) розраховується одинадцята інтеграція при $f = 0,16\%$

$$Lg(Y / T^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_e} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,16^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,974$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,16 = 0,00040816 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_1}$$

$$n = \frac{0,00040816}{0,000113} = 3,612 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 3,612 = 0,135 \text{ м}$$

$$T = \frac{0,135}{0,057} = 2,382$$

$$Lg(0,974 / 2,382^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$-0,199 = -1,166$$

$$\Delta = 0,966$$

За рівнянням (1) розраховується дванадцята інтеграція при $f = 0,2\%$

$$Lg(Y / T^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						58
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16}$$
$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,2^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,673$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,2 = 0,0005102 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'}$$

$$n = \frac{0,0005102}{0,000113} = 4,515 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 4,515 = 0,169 \text{ м}$$

$$T = \frac{0,169}{0,057} = 2,978$$

$$Lg(0,673 / 2,978^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$-0,408 = -1,166$$

$$\Delta = 0,757$$

За рівнянням (1) розраховується тринадцята інтеграція при $f = 0,25\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,25^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,398$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,25 = 0,00063775 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'}$$

$$n = \frac{0,00063775}{0,000113} = 5,643 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 5,643 = 0,212 \text{ м}$$

$$T = \frac{0,212}{0,057} = 3,719$$

$$Lg(0,398 / 3,719^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$-0,685 = -1,166$$

$$\Delta = 0,48$$

За рівнянням (1) розраховується чотирнадцята інтеграція при $f = 0,3\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_e} \right)^{0,16}$$

$$Y = \frac{1,14^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,3^2} \cdot \frac{2,69}{958,55} \cdot \left(\frac{0,442 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,277$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою (11)

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$T = \frac{\sum \Pi}{D}$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою (12)

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n$$

За формулою (14) розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = S \cdot f = 0,002551 \cdot 0,3 = 0,0007653 \text{ м}^2$$

За формулою (17) розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_1}$$

$$n = \frac{0,0007653}{0,000113} = 6,772 \text{ ШТ}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 6,772 = 0,254 \text{ м}$$

$$T = \frac{0,254}{0,057} = 4,467$$

$$Lg(0,277 / 4,467^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,7391$$

$$-0,882 = -1,116$$

$$\Delta = 0,284$$

Таблиця №7.2 Залежність величин Δ від вільного перетину f

f	0,06	0,08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,3
Δ	0,265	0,17	0,855	0,966	0,757	0,48	0,284

8 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРЕМЕНТУ

Важливою характеристикою роботи тарілок провального типу є діапазон їх стійкої роботи. З цією характеристикою пов'язані режими роботи тарілки провального типу, які виникають при збільшенні швидкості газу (пари) в перерізі колони при одній і тій же щільності зрошення.

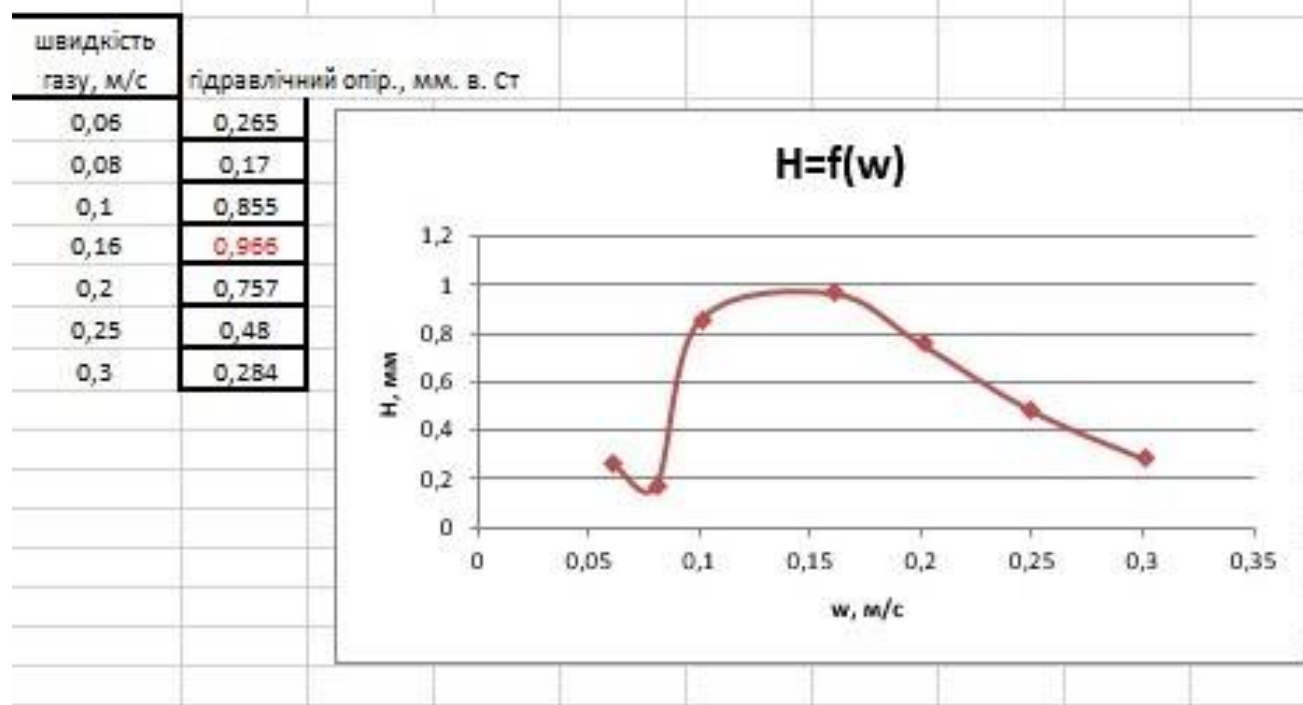
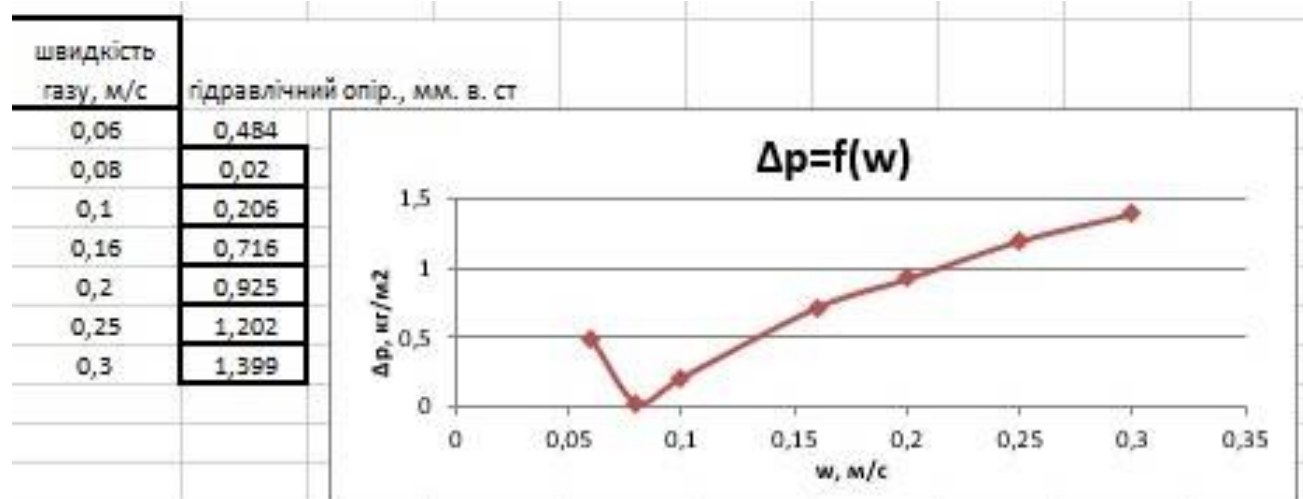


Табл. 8.1 – Експериментальні данні

Після аналізу поданих експериментальних даних можна зробити висновок, що нижня і верхня межа роботи тарілок провального типу з однаковим діаметром отворів, істотно залежать від вільного перетину

тарілок для одних і тих же співвідношень навантажень по газовій і рідкій фазі. В той час, як нижня межа роботи тарілок провального типу, практично не залежить від діаметра колони для різних вільних перерізів тарілок, W_{max} істотно залежить від діаметра колони, особливо для тарілок провального типу з малим вільним перетином для одних і тих же співвідношень навантажень по газовій і рідкій фазі.

Діапазон стійкої роботи тарілок провального типу пов'язаний з режимами її роботи. Розрізняють робочі і не робочі режими роботи тарілок провального типу. Наприклад, режим змоченої тарілки і хвильовий режим не є робочими режимами. Рекомендується для роботи тарілок провального типу в процесах пиловловлення тільки пінний режим роботи тарілок.

У колоні діаметром $D = 0,057$ м, здійснюється якісна зміна структури однорідного барботажного шару в точці біфуркації і він стає рухомих газорідним шаром.

У відповідності з цим, на тарілках провального типу можна виділити три режими роботи тарілок:

- режим однорідного барботажного шару;
- режим рухомого газорідного шару;
- режим руйнування газорідного шару.

Перехід від режиму однорідного барботажного шару до режиму рухомого газорідного шару в колоні $D = 0,057$ м здійснюється стрибкоподібно, тобто при незначній зміні керуючого параметра (швидкості газу в перерізі колони) відбувається стрибкоподібна зміна обумовленого параметра (гідралічного опору тарілок провального типу).

Після вивчення меж роботи тарілок провального типу можна зробити наступні висновки:

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

– діапазон стійкої роботи тарілок провального типу залежить від їх геометричних характеристик, таких як вільний перетин тарілки, їх діаметр.

– в межах сталої роботи тарілок провального типу від мінімальної швидкості, при якій на тарілці з'являється стійкий барботажний шар, до максимальної швидкості газу в перерізі колони, при якій відбувається руйнування газорідинного шару, існують три режими роботи тарілки провального типу (режим однорідного барботажного шару; режим рухомого газорідинного шару і режим руйнування газорідинного шару).

– перехід від режиму однорідного барботажного шару до режиму рухомого газорідинного шару відбувається в точці біфуркації, коли відбувається принципова зміна структури барботажного шару, і основні його параметри (гідравлічний опір тарілки і висота газорідинного шару) в даній точці набувають певну амплітуду і частоту.

– при досягненні висоти газорідинного шару більше $H \approx 0,16$ м він втрачає стійкість. Утворюється рухливий газорідинний шар, який характеризується відсутністю структурованої комірчастої піни. Вільна поверхня газорідинного шару криволінійна. Її висота змінюється в часі для одних і тих же швидкостей газової і рідкої фаз має амплітуду і частоту.

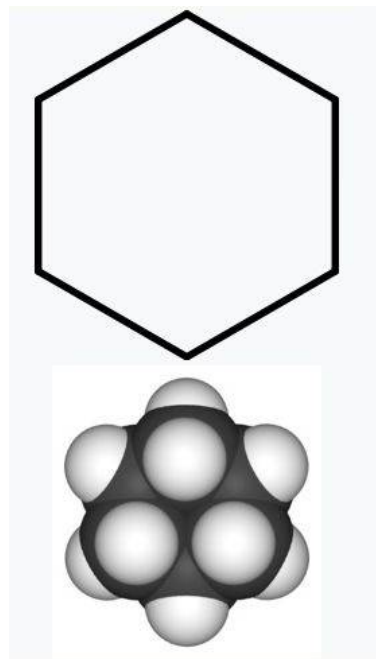
У газожидкістному шарі наблюдаються флуктуації таких параметрів як гідравлічний опір і висота газорідинного шару, швидкостей руху рідини, які мають хаотичний напрямок. Це говорить про те, що сили інерції рідини в такому газожидкістному шарі перевищують сили тяжіння.

Крім цього, газорідинний шар втрачає симетричність відносно осей координат, початок яких розташовується на центральній вертикальній осі тарілки провального типу.

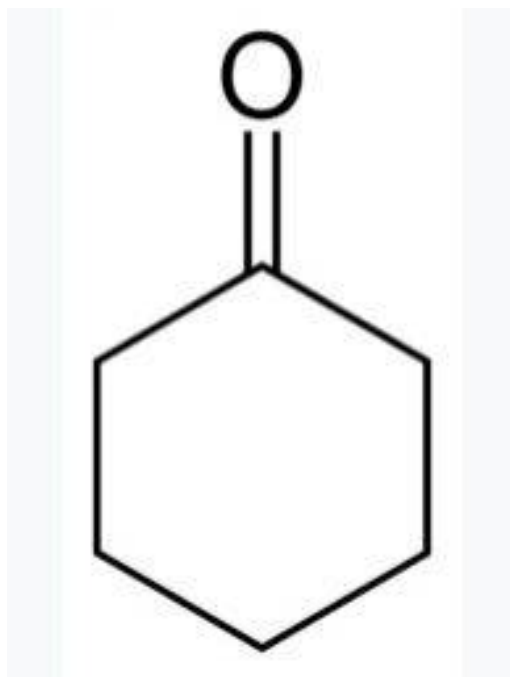
Таким чином, газорідинний шар, як самоорганізована система, втрачає стійкість і стає динамічно нерівноважною системою. Перехід від

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

стійкої рівноважної самоорганізується з ізольованої системи до нерівноважної системи називають – біфуркацією.



Циклогексан



Циклогексанон

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

9 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Основні відомості техніки безпеки.

Кожна теплообмінна установка являє собою джерело підвищеної небезпеки, так як при експлуатації даний агрегат виробляє пар або воду, що має підвищену температуру. Варто ще підкреслити, - робота теплообмінника пов'язана з підвищеним тиском, що також є потенційним джерелом небезпеки. За вищезгаданих причин, експлуатацію, ремонт і обслуговування даних установок слід виконувати згідно з вимогами техніки безпеки, прийнятої для даної галузі.

До експлуатації та ремонту вищевказаних агрегатів допускаються тільки особи, які мають певний досвід роботи, які пройшли відповідне навчання з перевіркою якості засвоєних знань і вік не менше 18 років.

При установці теплообмінника потрібно правильно підготувати підставу, а під час проведення зварювальних робіт забезпечити наявність заземлення. Перед пуском апарату в обов'язковому порядку проводиться перевірка правильності монтажу трубопроводів і герметичності з'єднань.

При експлуатації теплообмінника періодично проводиться очистка його пластин, і перевірка герметичності з'єднань. Промивання теплообмінників проводиться з певною періодичністю, незважаючи на те, що в якійсь мірі теплообмінники здатні до самоочищення. Примусова промивка проводиться з наступних причин:

Накопичення малорозчинних забруднень, які мають тенденцію до коксування, що значно ускладнює подальший процес очищення;

Профілактичні роботи завжди проводяться швидше і обходяться дешевше, ніж усунення наслідків;

Нехтування регулярної очищенням може привести до пошкодження або повного виходу з ладу теплообмінного апарату.[7]

Перед ремонтом теплообмінник необхідно відключити від підвідних

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

і відвідних трубопроводів, повністю звільняють його від пари і води, і після дозволу начальника цеху, де знаходиться даний агрегат, приступають до його ремонту. Попередньо замикають відкриває арматуру і встановлюють попереджувальні таблички.

При відключенні теплообмінника від трубопроводів потрібно ретельно дотримуватися черговість дій, встановлену для даного виду робіт.

Про кожному етапі дій проводиться запис у відповідному журналі, причому начальник зміни повинен особисто переконатися в безпеці місця роботи. Після закінчення ремонтних робіт також проводиться запис, прибираються таблички і проводяться необхідні роботи для введення теплообмінника в лад.

					<i>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</i>	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67