

Зміст

Скорочення та умовні позначки	4
Вступ.....	5
1. Аналітичний огляд.....	6
1.1. Вінілацетат.....	6
1.2. Оцтова кислота.....	7
1.3. Класифікація контактних тарілок.....	8
1.4. Ректифікаційні колони з тарілками провального типу.....	9
1.5. Тарілки провального типу.....	13
1.6. Принцип роботи провальних тарілок.....	16
2. Методика проведення експерименту.....	20
3. Експериментальна частина	21
3.1. Опис експериментальної установки з колоною.....	21
4. Визначення мінімального флегмового числа.....	23
4.1. Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізикохімічних і термодинамічних констант фаз.....	26
4.1.1. За рідкій фаз.....	26
4.1.2. За парової фазі	27
5. Визначення основних геометричних параметрів колони.....	30
5.1. Розрахунок вільного перерізу тарілки провального типу $D=1$ м.....	30
5.2. Розрахунок вільного перерізу тарілки провального типу $D=0,057$ м.....	41
6. Техніка безпеки при роботі в лабораторії.....	53
Висновки.....	57
Перелік джерел посилання	58

Скорочення та умовні позначки

- g – прискорення сили тяжіння, м/сек^2
 F_c – живе перетин, $\text{м}^2/\text{м}^2$
 a – ширина щілини, м
 γ_g і $\gamma_{жс}$ – питома вага відповідно газу і рідини, кг/м^3
 $\mu_{жс}$ – в'язкість рідини, спз
 D – діаметр колони, м
 ω – швидкість пара для повного перерізу колони в точці Е, м/сек^2
 γ_g і γ_p – питомі ваги газу (пара) і рідини, кг/м^3 ;
 g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;
 d_e – еквівалентний діаметр щілини (отвору в тарілці), м ;
 F_c – вільний переріз тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^2$;
 μ_p – густина рідини, сп ;
 μ_v – густина води при 20° , сп .
 G_ϕ – кількість флегми, кг/год ;
 G_f – кількість вихідної суміші, кг/год ;
 G_n – кількість рідини, що проходить крізь низ колони, кг/год ;
 $\rho_{гид}$ і ρ_n – питомі ваги газу (пара) і рідини, кг/м^3 ;
 g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;
 d_0 – діаметр отворів в тарілці, м ;
 f – вільний переріз тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^2$;
 $\mu_{гид}$ – в'язкість рідини, $\text{Па}\cdot\text{с}$;
 μ_v – в'язкість води при 20° , $\text{Па}\cdot\text{с}$;
 V – витрата пари, $\text{м}^3/\text{с}$;
 L – щільність зрошення, $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год})$;
 S – площа колони, м^2
 D – внутрішній діаметр колони, м ;
 S_0 – площа отвору, м^2 ;
 N – кількість отворів, шт;

Вступ

Тарілки провального типу широко застосовуються в хімічній, нафтохімічній та харчовій промисловостях. [1 – 6]

Тарілки такого типу прості за конструкцією легкі у виготовленні, мають низьку металоємність, що дає можливість зменшити витрати на їх виготовлення. Вони зручні в експлуатації.

Їх доцільно застосовувати на виробництвах з забрудненими середовищами. Це обумовлено тим, що в апаратах можна застосовувати крупнодірчасті тарілки з діаметром отворів до 120 мм, що дозволяє усунути проблему з можливим забрудненням отворів.

До недоліків тарілок провального типу відносять вузький діапазон їх роботи, однак цей недолік можна усунути, шляхом точної методики розрахунку.

Рішенням цієї задачі і присвячена дана робота.

Актуальність теми пов'язана з застосуванням тарілок провального типу у промисловості при роботі з забрудненими середовищами.

У роботі застосовуються гідродинамічне моделювання тарілок провального типу з метою удосконалення методики їх розрахунку.

1 Аналітичний огляд

1.1 Вінілацетат

Процес проводять переважно на стаціонарному твердому каталізаторі (0,1-2,0% Pd, нанесеного на Al₂O₃, SiO₂ або ін. I модифікованого, наприклад CH₃COONa, солями Cu) при 170-200 ° C і 0,5-1,0 МПа . Об'ємне співвідношення етилен: пари оцтової кислоти: O₂ у вихідній суміші ~ 8: 4: 1. Ступінь перетворення етилену, оцтової кислоти і O₂ за прохід - 10, 20 і 60-70%. Основний побічний продукт - CO₂; ацетальдегіду утворюється менше 1% процес на гомогенному каталізаторі (PdCl₂ з CuCl₂ в оцтової кислоти з добавками CH₃COONa або LiCl) здійснюють при 110-130 ° C і 1-3 МПа. Сумарний вихід вінілацетату і ацетальдегіду ~ 90% в розрахунку на етилен. Недолік процесу - висока корозійна активність каталізатора (потрібно апаратура з титану).

Не втратив значення також спосіб синтезу вінілацетату з ацетилену і оцтової кислоти в присутності ацетату цинку на активованому вугіллі при 170-220 ° C. Мольне співвідношення Ацетилен: Оцтова кислота становить (3-5): 1; вихід вінілацетату 95-98% по оцтової кислоти.

Критична температура становить 321,6 ° C. Оцтова кислота змішується в усіх відношеннях з етанолом, діетиловим ефіром, бензолом та іншими органічними розчинниками і з водою. Розчиняє деякі неорганічні і органічні речовини, наприклад, сірку, фосфор, ацетати целюлози. З повітрям оцтова кислота утворює вибухові суміші з межами займання від 3,3 до 22,0% об. Температура спалаху дорівнює 34 ° C, температура самозаймання 354 ° C.

Оцтова кислота слабка. Константа її дисоціації $1,75 \cdot 10^{-5}$. Утворює численні розчинні у воді солі (ацетат) і етерифікування спиртами з отриманням складних ефірів. Оцтова кислота має високу корозійну активність по відношенню до багатьох металів, особливо в парах і при температурі кипіння, що необхідно враховувати при виборі матеріалів для апаратури. У крижаній кислоті стійки як на холоді, так і при температурі кипіння,

алюміній, кремнистий і хромовий чавуни, деякі сорти нержавіючої сталі, але руйнується мідь. Технічна оцтова кислота має більшу корозійну активність, яка посилюється в контакт з повітрям. З неметалічних матеріалів стійкі по відношенню до оцтової кислоти спеціальні сорти кераміки і емалі, кислототривкі цементи та бетони і деякі види полімерних матеріалів (поліхлорвінілові і фенолальдегідних пластмаси). Інгібітор корозії в розчинах оцтової кислоти - перманганат калію. У парах оцтова кислота володіє дратівливою дією на дихальні шляхи, ГДК для неї становить 5 мг / м³.

Синтетична харчова оцтова кислота - легкозаймиста рідина, за ступенем впливу на організм відноситься до речовин 3-го класу небезпеки. При роботі з оцтовою кислотою слід застосовувати індивідуальні засоби захисту (фільтруючі протигази). Перша допомога при опіках - рясне промивання водою.

Синтетичну харчову оцтову кислоту заливають у чисті залізничні цистерни, автоцистерни з внутрішньою поверхнею з нержавіючої сталі, в контейнери, ємності й бочки з нержавіючої сталі місткістю до 275 дм³, а також в скляні бутлі і поліетиленові бочки місткістю до 50 дм³. Полімерна тара придатна для затоки і зберігання оцтової кислоти протягом одного місяця. Синтетичну харчову оцтову кислоту зберігають в герметичних резервуарах з нержавіючої сталі. Контейнери, ємності, бочки, бутлі і поліетиленові фляги зберігають в складських приміщеннях або під навісом.

1.2 Оцтова кислота

Оцтова кислота (метанова кислота) CH_3COOH - органічне сполучення, Слабо, гранична одноосновная карбонова кислота. Солі та складні ефіри оцтової кислоти називаються

Карбонові кислоти - органічні сполуки, що містять одну або кілька карбоксильних груп $-\text{COOH}$, пов'язаних з вуглеводневим радикалом. Карбоксильная група поєднує в собі дві функціональні групи - карбоніл і гідроксил, взаємно впливають один на одного: кислотні властивості карбонових кислот

обумовлені зміщенням електронної щільності до карбонільного кисню і викликаної цим додаткової (у порівнянні зі спиртами) поляризації зв'язку O-H.

Розчинність в воді і високі температури кипіння кислот обумовлені утворенням водневих зв'язків. Зі збільшенням молекулярної маси розчинність кислот у воді зменшується. Карбонові кислоти проявляють високу реакційну здатність. Вони вступають в реакції з різними речовинами і утворюють різноманітні сполуки, серед яких велике значення мають функціональні похідні, тобто з'єднання, отримані в результаті реакцій по карбоксильної групі.

Уксусная кислота (этановая кислота) представляет бесцветную жидкость с резким запахом, с температурой кипения $118,1^{\circ}\text{C}$, температурой плавления $16,75^{\circ}\text{C}$ и плотностью $1,05 \text{ т/м}^3$. Безводная, так называемая «ледяная» уксусная кислота образует за счет водородных связей димер циклического строения

1.3 Класифікація контактних тарілок

Тарілчасті контактні пристрої можна класифікувати за багатьма ознаками; наприклад, за способом передачі рідини з тарілки на тарілку розрізняють тарілки з перетічними пристроями і тарілки без перетічними пристроїв (провальні). Тарілки з перетічними пристроями мають спеціальні канали, по яких рідина перетікає з однієї тарілки на іншу, причому по цих каналах не проходить газ. На провальних тарілках немає переливних пристроїв, і рідина, і газ проходять через одні й ті ж отвори або прорізи в полотні тарілки. Ці прорізи працюють періодично: в певний момент часу одні прорізи пропускають пар, інші - рідина; потім їх ролі міняються.

За характером взаємодії газового і рідинного потоків розрізняють тарілки барботажного і струменевого типів. Тарілки, на яких суцільний фазою є рідина, а дисперсної - газ або пар, називають барботажний. На струменевих тарілках дисперсною фазою є рідина, суцільний - газ; потоки взаємодіють в

прямоточном режимі на поверхні крапель і рідинних струменів, зважених в газовому потоці.

Залежно від конструкції пристроїв введення пари (газу) в рідину розрізняють тарілки клапанні, ковпачкові, сітчаті, язичкові, гратчасті, з прямоточно-швидкісними контактними елементами та ін. Одні з цих тарілок можуть працювати тільки в барботажному режимі (ковпачкові), інші - тільки в струменевому (язичкові), треті і в тому, і в іншому режимах (клапанні). У хімічній, нафтохімічній, нафтопереробних галузях промисловості найбільш поширені барботажні і струменеві тарілки з переливами.

1.4 Ректифікаційні колони з тарілками провального типу

Апаратом масообміну служить колона ректифікації (висота 15 м, діаметр 500 мм). Колона складається з шести царг з 57 тарілками провального типу. Кожна тарілка представляє собою металевий диск (діаметр 496 мм, товщина 3 мм) з 26 прорізами шириною 3 мм кожна. Живе перетин тарілок становить 17-20%. Відстань між тарілками 250 мм. Колона ректифікації має кілька виносних дистиляційних кубів з електричним обігрівом. Колона з'єднана з дефлегматором з поверхнею охолодження 46 м.

Нормалізовані гратчасті тарілки провального типу можуть застосовуватися в колонах діаметром 400 мм і більше. Тарілки провального типу мають значно більшою продуктивністю (приблизно в 1,8-2 рази) і малу металоємність (40- 50 кг / м), мають істотно менші ефективність і діапазон робочих навантажень, ніж ковпачкові їх рекомендується застосовувати в ректифікаційних колонах, де потрібно відносно мале число тарілок і очікується порівняно невелике коливання робочих навантажень (наприклад, при отгонке хлорметил і Хлоретилу).

Тарілки провального типу. Ректифікаційні колони з тарілками провального типу в процесах нафтопереробки поки ще зустрічаються рідко. Однак виявлені на практиці техніко - економічні показники (висока продуктивність, менший в

порівнянні з іншими тарілками вага, в деяких випадках низькі гідравлічні опору) свідчать про перспективність цих тарілок. Дослідженнями Гіпронефтемаша, наприклад, встановлено, що застосування Сітчатие тарілки з відбійними елементами при продуктивності в 1,5-2 рази більшою ніж продуктивність тарілки з 5-образних елементів, дозволяє знизити втрату напору до 18 мм вод. ст. Досвід зарубіжних заводів підтверджує високі експлуатаційні якості також гратчастих та інших тарілок провального типу. В роботі проведено порівняння фактичних навантажень промислових абсорбційних і ректифікаційних колон, обладнаних гратчастими тарілками провального типу з граничними навантаженнями, розрахованими за рівнянням (6). Для порівняння використані опубліковані в літературі дані по обстеженню промислових колон У табл. 1 представлені результати порівняння та основні показники роботи цих апаратів. Порівняння показує, що за рівнянням.

В роботі вказується на необхідність визначення меж швидкості газу в перерізі колони, при яких на тарілці провального типу буде існувати пінний режим. Відзначається, що отримана раніше залежність для визначення початку хвильового режиму на гратчастих тарілках виявилася неприйнятною, так як вона була отримана в апаратах малого діаметра (0,057 і 0,114 м), і тому перебуває під сильним впливом діаметра апарату, із збільшенням якого дуже значно зростає гранично допустима швидкість газу для пінного режиму $w_{кр}$. У роботі аналізується механізм переходу від пінного режиму до хвильовому режиму наступним чином. При певній швидкості газу $w_{г}$ і постійної щільності зрошення настає перехідний між пінним і хвильовим 17 режим, при якому збільшення $ИН$ з зростанням $w_{г}$ практично дорівнює нулю. Очевидно, що при пінному режимі із збільшенням $w_{г}$, частка вільного перетину тарілки $(1 - \tau)$ зайнята газом зростає. При незмінній кількості рідини, що підводиться до тарілці, і зниження частки отворів τ , через які відбувається провал рідини, природно повинна збільшитися швидкість витікання рідини $w_{и}$. В іншому випадку повинен був би інтенсивно зростати шар піни на тарілці, що в цей період (перехід від пінного режиму до хвильовому режиму) не спостерігається-

ся. Збільшення ж w_i можливо тільки з ростом гребенів хвиль на поверхні шару піни, висота яких Δh викликає витікання рідини. Із збільшенням Δh відбувається уменшення слоя рідини, який затримується на тарілці h_0 . У певний момент збільшення Δh досягає таких розмірів, що починається розгойдування рідини на тарілці, стає вже очевидним хвильовий режим. Величина h_0 досягає при цьому мінімальних значень, тому можливі струменеві прориви газу, збільшується брызгоунос, можливо і зниження ефективності пиловловлення. На нестійкий характер перехідного режиму вказують наступні спостереження при експериментах. При $w_T > 2,0$ м/с, із зростанням швидкості газу іноді спостерігалось збільшення ІН, що супроводжується закономірним збільшенням шару піни на тарілці, як раптом несподівано без будь-яких змін w_T і щільності зрошення шар піни зменшувався. Значення ІН падало, виникав яскраво виражений хвильовий режим (рідина починала подбрасуватися над тарілкою, а в окремих ділянках тарілка практично оголювалася). Подібна ж картина спостерігалася і у зворотному порядку, при зменшенні w_T при хвильовому режимі. Очевидно, причина цих явищ у накладенні коливань, що мають місце в шарі піни. Якщо продовжити розгляд гідродинамічного процесу на тарілці з зростанням w_T , то, очевидно, в подальшому зменшення τ вже не може компенсуватися збільшенням w_i , починається різке збільшення шару рідини на тарілці і ІН, в кінці кінців приводить до захлебыванию. В роботі [10] опубліковані результати гідравлічних досліджень тарілки провального типу з вільним перетином $f = 20,7\%$, ширина щілини становила, $18 a = 0,00316$ м, товщина тарілки – $\delta = 0,002$ м. Тарілка була встановлена в колоні діаметром $D = 0,114$ м. Автори роботи [11], розглядаючи режими роботи тарілок провального типу, вказують на відмінність роботи тарілок провального типу з невеликим вільним перетином і з великим вільним перетином ($f \geq 30\%$). Вони пишуть, що на тарілках з великим вільним перетином не можна простежити зміну гідродинамічних режимів із зростанням швидкості газу. Практично аж до точки захлебывания на них утворюється невисокий газорідинної шар з тонкими постійно розриваючимися плівками рідини. Характерним для роботи

подібних тарілок, особливо при високих швидкостях газу в перерізі колони ($w > 1-2$ м/с), є інтенсивний брызгоунос, так як практично відсутня сепаруючий шар газорідинної піни. В роботі [12] автори також відзначають відмінність роботи тарілок провального типу різного вільного перерізу. Вони відзначають, що на тарілках з великим вільним перетином і значним еквівалентним діаметром отворів ($f \geq 30\%$ і $d_3 \geq 0,012$ м для дірчастих або $d_3 \geq 0,006$ м для ґратчастих тарілок) у всьому діапазоні швидкостей газу існував тільки режим погано структурованої піни. На тарілках з малим вільним перетином і невеликим еквівалентним діаметром отворів ($f < 15\%$, $d_3 < 0,006$ м) спостерігається тільки перехідний режим. В монографії [13] проведено огляд робіт по визначенню режимів роботи тарілок провального типу. Зазначається, що різні дослідники по-різному оцінюють візуальну картину, що спостерігається при тих чи інших режимах на тарілках провального типу, і дають різні назви цим режимам. Зазначається, що перехід від одного режиму до іншого визначається гідродинамічними факторами (швидкостями газу та рідини), а також властивостями фаз і геометрії тарілки. З розглянутих робіт можна зробити висновок, що різні автори по-різному оцінюють режими роботи тарілок провального типу. Немає єдиної термінології у визначенні режимів роботи тарілок. Необхідні подальші дослідження тарілок провального типу з метою уточнення гідродинамічних особливостей їх роботи. Колони з сітчатими тарілками. До їх числа відносяться ректифікаційні колони, забезпечені тарілками з отворами 2 діаметром 3-12 мм і відстанню між отворами, в 3,5-4 рази більшим їх діаметра (рис. 102). Шар рідини 1 висотою 25- 30 мм удерншвається на тарілках висхідним потоком парів, які проходять через отвори 2 і барботируют через шар рідини. Надлишок флегми перетікає вниз по зливним склянках 3. Якщо зливні стакани відсутні, то рідина перетікає на нижележашую тарілку через ті жо отвори, через які проходять пари. Площа перетину всіх отворів (ступінь перфорації) іноді досягає 40% від площі тарілки. При діаметрі отворів 6 мм їх число на 1 становить 2480, при 3 мм - 9860. Довжина кромки зливу флегми приймається рівною 0,75 діаметра колони.

Оснащення ректифікаційних колон сітчатими тарілками з відбійними елементами в комбінації з клапанними забезпечило більш чіткий поділ фракцій, зменшення діаметра вакуумних колон з 12 до 9 м, скорочення витрати металу на кожен колону з 360 до 215 т. З колонних тарілчастих апаратів, застосованих для ректифікації і абсорбції, в техніці рідинної екстракції знайшли застосування лише апарати з сітчатими тарілками. Специфічні особливості процесів рідинної екстракції (необхідність диспергування одного з взаємодіючих потоків і подальшого розшарування емульсії в кожній секції) зажадали розробки апаратів, в яких проводиться примусове розпилення з повідомленням взаємодіє потокам зовнішньої енергії.

1.5 Тарілки провального типу

Вони широко застосовуються в хімічній, нафто-хімічній та харчовій промисловостях. [1 – 6] Тарілки такого типу прості за конструкцією легкі у виготовленні, мають низьку металоємність, що дає можливість зменшити витрати на їх виготовлення. Вони зручні в експлуатації. Їх доцільно застосовувати на виробництвах з забрудненими середовищами. Це обумовлено тим, що в апаратах можна застосовувати крупно-дірчасті тарілки з діаметром отворів до 120 мм, що дозволяє усунути проблему з можливим забрудненням отворів. До недоліків тарілок провального типу відносять вузький діапазон їх роботи, однак цей недолік можна усунути, шляхом точної методики розрахунку. Рішенням цієї задачі і присвячена дана робота. 5 1 Опис тарілки провального типу За останні роки в хімічній технології для здійснення контакту газу (пари) з рідиною все більше застосування знаходять тарілки провального типу, без спеціальних переливних пристроїв, що значно спрощує конструкцію тарілки, і її площа використовується більш повно. Рис. 1 Решітчаста тарілка [7] Відмінною особливістю цих тарілок є схема протитоку, завдяки якому відбувається інтенсивне перемішування рідини по всій висоті контактної зони. Газ (пара) і рідина проходять протитечією через одні і ті ж отвори або щілини, при цьому місця стоку рідини і проходу парів випадковим чином переміщуються по всій площі тарілки, в результаті чого на тарілці утворюється дисперсна система,

характер якої залежить від ряду факторів: лінійної швидкості газу (пара), геометричних розмірів тарілки, а так само фізичних властивостей фаз. Рис. 2

Схема роботи тарілки провального типу 6 Колони, обладнані тарілками без переливних пристроїв, що володіють рядом переваг у порівнянні з колонами, в яких встановлені тарілки інших типів: більш високою продуктивністю, стійкою роботою при зміні навантажень в широких межах, більш високою ефективністю поділу, відносно низькою вартістю виготовлення і монтажу, меншими експлуатаційними витратами. Тарілка являє собою плоский лист товщиною 2,5—6 мм, що складається з окремих секцій укріплених на опорному кільці і балках каркаса перекриває весь переріз колони. Щілини тарілок виконуються штампуванням або фрезеруються, ширина щілини 3-8 мм і довжина 60 і 200 мм для проходу парової і рідкої фаз, площа яких становить від 10 до 30% площі всієї тарілки. На суміжних тарілках щілини розташовані взаємно перпендикулярно. Відстань між тарілками приймається від 300 до 600 мм.

Тарілки діаметром до 800 мм виготовляються з цілого листа. Тарілки великого діаметру виготовляються з секцій, ширина яких приймається такою, щоб монтаж тарілок здійснювався через люк. Тарілки не мають спеціальних переливних пристроїв, рідина стікає з тарілки на тарілку через ті ж щілини, через які проходить пар. При нормальній роботі тарілки місця стоку рідини і барботажа пара розташовуються рівномірно по всьому перерізу тарілки. Область стійкої роботи тарілки чутливості до коливань навантаження, а також забруднень і опадом, які швидко забивають отвори тарілки, відповідає таким навантаженням пара і рідини, при яких здійснюється найбільш інтенсивний контакт і висока ефективність поділу. 7 2 Застосування тарілок провального типу

Тарілки провального типу застосовуються в різних виробництвах, зокрема на виробництвах соди, мокрої очистки газів від пилу, а так само в коксової промисловості. Вони прості у виготовленні і надійні в експлуатації. Гратчасті тарілки при невеликих діаметрах щілин, мають деякі недоліки. До таких недоліків відносяться: можливість забивання щілин, недостатня стійкість роботи поза оптимальних режимів. Для виключення забивання щілин застосовують круп-

нодырчатые тарілки Приміром на заводах синтетичного каучуку, була проведена заміна тунельних колпачкових тарілок на гратчасті з шириною щілини 4 мм. Живе перетин в одній колоні було взято 16,5%, в інший 13,4% при тому ж числі тарілок, що було до реконструкції. В результаті заміни тарілок продуктивність їх зростає в 2,25—2,5 рази при однаковій чіткості поділу. На абсорбції аміаку і діоксиду вуглецю з газів содового виробництва в останні роки для поглинання аміаку і діоксиду вуглецю розроблений абсорбер з противоточного трубно-гратчастими і гратчастими контактними елементами. Верхня частина абсорбера забезпечена чотирма противоточного сітчастими тарілками з вільним з вільним перетином 0,15–0,25 м²/ м² (15-25% вільного перетину) і однієї типової розподільної тарілкою, призначеної для рівномірного розподілу рідини по всьому перетину апарату. На виробництві карбонізації амонізованого розсолу в даний час розроблений і знайшов застосування на содових заводах високоефективний трубно-гратчастий ПГКЛ-1 для здійснення процесу попередньої карбонізації амонізованого розсолу. ПГКЛ-1 цієї конструкції являє собою вертикальний циліндричний апарат висотою 20,5 м. Верхня частина апарату обладнана дев'ятьма царгами з трубно- гратчастими противоточного контактними елементами, аналогічними застосовуваним в абсорбері, з вільним перетином 0,194 м²/ м². На цих тарілках 8 здійснюється процес карбонізації з відведенням тепла із зони контакту фаз. Через кожні три царги встановлені протиточні щілинні тарілки з вільним перетином 0,39 м²/ м², призначені для перерозподілу рідини по перерізу колони. Ці тарілки встановлюються на кільцевому переливі царг.

Для руху потоків пари і рідини тарілки повинні мати канали відповідних розмірів. За способом передачі рідини з тарілки на тарілку розрізняють тарілки зі спеціальними перетічними пристроями і тарілки провального типу.

Тарілки провального типу перекривають всі перетин колони і складаються з окремих секцій, укріплених на опорному кільці і балках каркаса. Для проходу парової і рідкої фаз виконані отвори або прорізи, площа

яких становить від 10 до 30% площі всієї тарілки. На тарілках провального типу парова і рідка фази контактують за схемою протитечії, завдяки чому відбувається інтенсивне перемішування рідини по всій висоті контактної зони. Тарілки провального типу, тобто не мають спеціальних переливних пристроїв, відрізняються тією особливістю, що рідина і пар (газ) рухаються в протivotо-ке через один і той же перетин тарілки), створюючи гідродинамічні умови, які істотно відрізняються від умов для тарілок зі спеціальними переливними пристроями. Для провальних тарілок характерно почергове проходження пара і рідини через отвори. При цьому через одні отвори в даний момент часу проходить пар, а через інші зливається рідина. Розподіл потоків пари і рідини по площі тарілки носить випадковий характер і змінюється в часі. Рідина зливається з отворів, статичний тиск стовпа рідини над якими вище, ніж над іншими, через які проходить пар.

1.6 Принцип роботи провальних 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. В роботі ці режими залежності гідравлічного опору тарілок провального типу від швидкості газу (пари) в перерізі колони і визначені наступним чином: – режим змоченою тарілки (I) існує при малих швидкостях пари (газу). Контакт пари і рідини відбувається на поверхні, що стікають з тарілок крапель і струменів рідини. Цей режим не є робочим; – барботажний режим (II) спостерігається при збільшенні швидкості пара. На тарілці існує шар світлої рідини, через який барботирует пар і шар піни. При подальшому збільшенні швидкості пара висота шару світлої рідини зменшується, а висота шару піни збільшується; – режим емульгування або аерації (III) характеризується тим, що шар світлої рідини майже повністю зникає. Натарелке з'являється сильно турбулізований

шар піни. Цей режим також, як і режим (II), є робочим; – хвильовий режим (IV) спостерігається при подальшому збільшенні швидкості пара. Рідина і піна на тарілці приходять в хвилеподібний рух; «Захлебывание» настає при збільшенні швидкості пара, коли рідина і піна не стікають з тарілки, а викидаються на вышележащую тарілку.

У ємності зрошення 5 верхній продукт колони 2 розділяється на три фази рідку нижню, що складається переважно з НР, рідку середню, що містить головним чином до-гексан, і верхню газоподібну, утворену трехфтористого бором. Колона 2 обладнана 20-30 тарілками провального типу. Тиск в колоні 2 розкладання комплексу підтримується вищим, ніж в екстракційній колоні. У зв'язку з цим НР і ВРЗ можуть бути повернуті в екстрактор 1 без спеціальних засобів рециркуляції, що дещо спрощує апаратне оформлення вузла розкладання комплексної сполуки. Температура в колоні 2 не повинна бути вище 170 ° С (тиск 0,6 МПа, або 6 кгс / см), так як в протилежному випадку починають протікати реакції диспропорціонування і ізомеризації Л1-ксилолу. У процесі виділення вуглеводнів з екстракту при 150 ° С і тиску 0,5 МПа (5 кгс / см) ізомеризація майже не протікає. Тарілки провального типу. Ці тарілки відрізняються простотою конструкції, так як не мають переливних пристроїв. При дуже малих швидкостях газу рідина повністю протікає через отвори. З підвищенням швидкості газу рідина починає затримуватися на тарілці і газ барботує через рідину. Барботає на провальних тарілках відбувається нерівномірно через частину отворів рухається газ, а через інші отвори протікає рідина при цьому газ і рідина поперемінно проходять через одні й ті ж отвори.

За способом передачі рідини з тарілки на тарілку розрізняють тарілки зі спеціальними перетічними пристроями і тарілки провального типу. У тарілок першого типу рідина перетікає з тарілки на тарілку через спеціальні канали, які не призначені для потоку парів. Залежно від навантаження по рідині її перетікання з тарілки на тарілку може здійснюватися одним, двома, трьома і більше потоками.

Тарілки провального типу. Для тарілок цього типу основним і розмірами є діаметр тарілки (колони), відстань між тарілками, вільний перетин тарілок і розміри отворів, причому всі вони дуже жорстко взаємопов'язані. Тому при розрахунку доводиться одночасно враховувати всі зазначені фактори.

Гратчаста тарілка представляє собою плоский лист, який перекриває всі перетин колони, з виштампуваними в ньому прямокутними щілинами. Тарілки не мають спеціальних переливних пристроїв, рідина стікає з тарілки на тарілку через ті ж щілини, через які проходить пар. При нормальній роботі тарілки місця стоку рідини і барботажа пара розташовуються рівномірно по всьому перетину тарілки. Область стійкої роботи тарілки відповідає таким навантаженням пара і рідини, при яких здійснюється найбільш інтенсивний контакт і висока ефективність поділу. Верхня межа навантаження по пару для колони з гратчастими тарілками провального типу визначається таким витратою однієї з фаз, при якому спостерігається захлинання апарату. Зовнішніми ознаками захлебівання є: різке збільшення опору тарілок, різкі коливання тиску в колоні. Нижня межа навантаження по пару відповідає освіті спіненого шару рідини на тарілках і визначається початком стійкої і ефективної роботи всього апарату в цілому.

При малих навантаженнях по рідини спостерігається прорив парами шару рідини, а при великих - незалежний рух пара і рідини через різні ділянки тарілки.

Тарілки цього типу перекривають всі перетин колони і складаються з окремих секцій, укріплених на опорному кільці і балках каркаса. Для проходу парової і рідкої фаз виконані отвори або прорізи, площа яких становить від 10 до 30% площі всієї тарілки. На тарілках провального типу парова і рідка фази контактують за схемою протитечії, завдяки чому відбувається інтенсивне перемішування рідини по всій висоті контактної зони. Пар і рідина проходять

через одні й ті ж канали, при цьому місця стоку рідини і проходу парів випадковим чином потрапляють по всій площі тарілки.

Тарілки цього типу набагато більш чутливі до зміни навантажень по рідині і пару і мають більш вузький діапазон робочих навантажень n , ніж тарілки зі спеціальними переливними пристроями. При невеликій паровій навантаженні натиск парів недостатній для утворення шару рідини на тарілці. При великих парових навантаженнях опір через отвори тарілки стає настільки значимим, що піна заповнює практично все межтарельтатое простір і нормальний перетікання рідини з тарілки на тарілку порушується. При цьому різко зростає гідравлічний опір потоку парів. Такий режим роботи називається захлебівання і визначає граничні парову і рідинну навантаження колони.

Для збільшення продуктивності і ефективності провальних тарілок за рахунок більш рівномірного розподілу потоків по перетину колони застосовують сітчасті хвилясті тарілки, ґратчасті тарілки з відігнутими крайками щілин.

Розташування щілин на тарілці має дуже важливе значення. Зі збільшенням діаметра колони на тарілках привального типу з'являється тенденція до нерівномірного розподілу потоків. Таким чином для ефективної і продуктивної роботи тарілок провального типу важливо забезпечити рівномірний розподіл потоків по перетину колони. Для цієї мети застосовують удосконалені конструкції тарілок провального типу.

2 Методика проведення експерименту

Рідина за допомогою насосу 8 подається у верхню частину, по перерізу колони 1, для досягнення більш рівномірного розподілу рідини й тим самим зменшенням гідравлічного опору газу після тарілки рідина подається на стінку колони. Установлюємо по ротаметру 4,5 витрату рідини, якій відповідає певна щільність зрошування.

Знизу під тарілку 9 за допомогою газодувки 6 подаємо повітря. Його витрату встановлюємо по ротаметру 3, й для певної щільності зрошування змінюємо витрату повітря від початку роботи тарілки до її верхньої межі.

Для кожного співвідношення навантажень по газу й рідини вимірюємо гідравлічний опір дифманометром 2 і висоту піни лінійкою. Особливу увагу приділяємо зміні режимів на тарілці: від режиму рівномірного барботажу до режиму не рівномірного газо-рідинного шару (точка біфуркації). Гідравлічний опір тарілки вимірюємо за допомогою дифманометра, вхід якого з'єднаний з точкою відбору гідравлічного тиску, що розташовуються під масообмінною тарілкою. Вихід манометра з'єднаний з атмосферою. Висоту піни вимірюємо за допомогою сантиметровою лінійки.

Для отримання більш точніших дослідних даних для кожного співвідношення навантажень по газу й рідині проводимо по декілька експериментів, навантажень по газу й рідині проводимо по декілька експериментів, після чого підраховується середня величина для гідравлічного опору та висоти піни.

3 Експериментальна частина

3.1 Опис експериментальної установки з колоною

Опис експериментальної установки з колоною наведено на рис.3.1

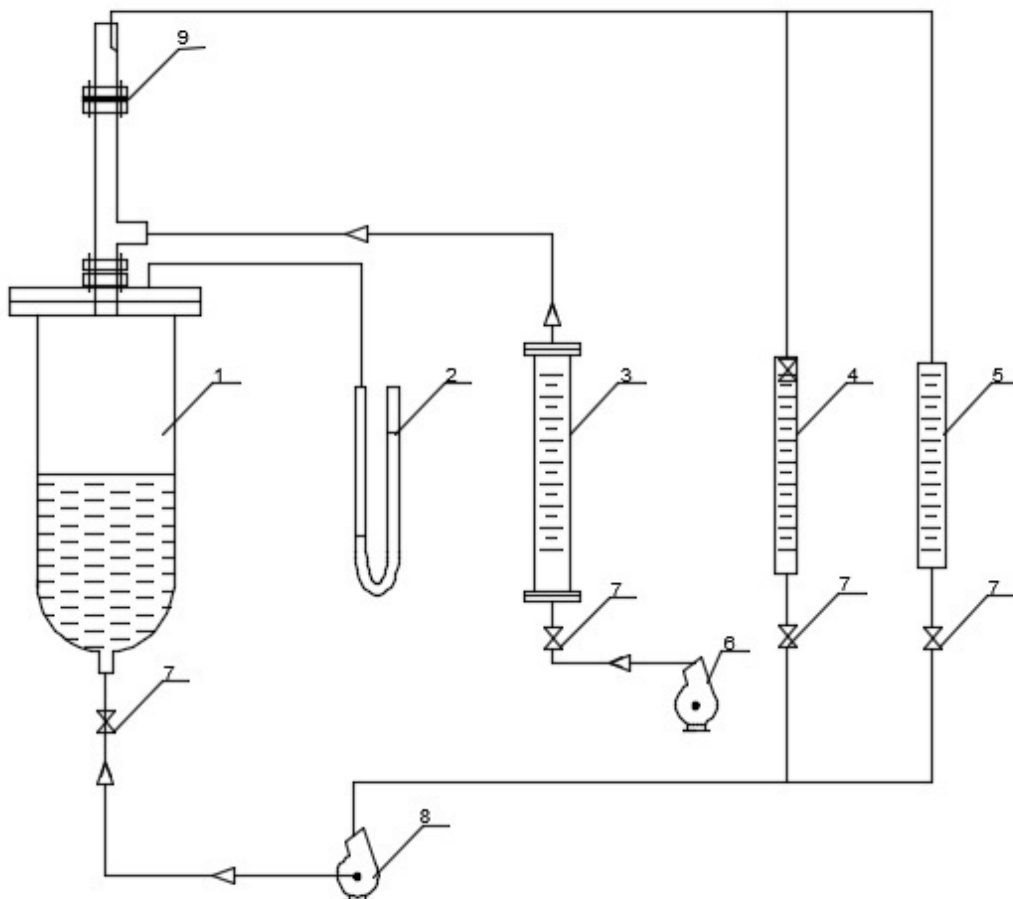


Рисунок 3.1 - Схема експериментальної установки

1 – куб колони; 2 – дифманометр ; 3 – ротаметр РС7; 4 – ротаметр РС3; 5 – ротаметр РС5; 6 – газодувка; 7 – вентері; 8 – насос; 9 – тарілка.

Установка уявляє собою колону 1, з установленою в ній тарілкою провального типу 9. За допомогою насосу 6 вода подається через вентиль ВЗ₁ та ротаметр 4 (РСПЗ СК №134) у верхню частину колони на внутрішню стінку. Пройшовши через тарілку, вона потрапляє в куб колони 1. Повітря за допомогою газодувки 8 через вентиль ВЗ₂ і ротаметр 5 (ТЛП №9101) подається у колону в місці, що розташовано нижче тарілки для забезпечення протитоку й

тим самим утворення барботажного шару. Гідравлічний опір вимірюємо манометром 8.

Вихідні дані:

1. Суміш, що розділяється: вінілацетат - оцтова кислота.
2. Продуктивність по вхідної суміші 8300 кг/год.
3. Масовий склад: вхідної суміші 62,7%, дистилляту 96,46%, кубового залишку 1,43%
4. Тип колони - тарілчаста з ковпачковими тарілками.

4 Визначення мінімального флегмового числа

Мінімальна флегмове число визначаємо графоаналітичним способом. Для реалізації цього способу необхідно побудувати фазову діаграму $x - y$ за експериментальними даними по пружності парів компонентів.

Перераховуємо масові концентрації в молярній за формулою:

$$X = \frac{Q/M_A}{Q/M_A + (1-Q)/M_B} \quad (4.1)$$

де x – мольна концентрація;

a – масова концентрація;

M_A - молекулярна маса вінілацетату, кг/моль;

M_B - молекулярна маса оцтової кислоти, кг/моль;

$M_A = 86$ кг/моль; $M_B = 60$ кг/моль.

Вінілацетат – оцтова кислота

$C_4H_6O_2$ - $C_2H_4O_2$

НКК - ВКК

A - R

Таблиця 4.1 – Залежність складу суміші (вінілацетата – оцтова кислота) від температури

x, %	y, %	t, °C	P, мм рт. Ст.
0,05	0,065	107,8	760
0,11	0,16	101,2	
0,245	0,337	90,5	
0,375	0,51	79,2	
0,514	0,676	60,8	
0,63	0,78	55,0	
0,746	0,857	46,1	
0,861	0,922	38,2	
0,95	0,97	32,6	

$$x_f = \frac{0,627 / 86}{0,627 / 86 + (1 - 0,627) / 60} = 0,54$$

$$x_w = \frac{0,0143 / 86}{0,0143 / 86 + (1 - 0,0143) / 60} = 0,01$$

Підставивши в рівняння вихідні дані отримаємо :

$$x_p = \frac{0,9646 / 86}{0,9646 / 86 + (1 - 0,9646) / 60} = 0,95$$

$$R_{\min} = \frac{0,95}{0,39} - 1 = 1,436$$

При розрахунку ректифікаційної колони робоче число флегми визначаємо за формулою

$$R=1,3 \times R_{\min} + 0,3 \quad (4.2)$$

Підставляючи в формулу (3.8) значення R отримаємо:

$$R_{\text{роб}} = 1,3 \times 1,436 + 0,3 = 2,167$$

4.1 Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізико-хімічних і термодинамічних констант фаз.

4.1 За рідкій фазі

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^H = \frac{x_w + x_f}{2} \quad (4.3)$$

$$X_{cp}^H = \frac{0,01 + 0,54}{2} = 0,275$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^B = \frac{x_f + x_p}{2} \quad (4.4)$$

$$X_{cp}^B = \frac{0,54 + 0,95}{2} = 0,745$$

Середня мольна концентрація по колоні :

$$X_{cp} = \frac{x_{cp}^H + x_{cp}^B}{2} \quad (4.5)$$

$$X_{cp} = \frac{0,275 + 0,745}{2} = 0,51$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$a_{cp} = \frac{x_{cp} \times M_A}{x_{cp} \times M_A + (1 - x_{cp}) \times M_B} \quad (4.6)$$

$$a_{cp} = \frac{0,51 \times 86}{0,51 \times 86 + (1 - 0,51) \times 60} = 0,6$$

Середня температура в нижній частині колони :

$$t_{xcp}^H = \frac{t_{xw} + t_{xf}}{2} \quad (4.7)$$

$$t_{xcp}^H = \frac{109,8 + 59,4}{2} = 84,6^\circ C$$

Середня температура у верхній частині колони :

$$t_{x\text{ cp}}^B = \frac{t_{xf} + t_{xp}}{2} \quad (4.8)$$

$$t_{x\text{ cp}}^B = \frac{59,4 + 32,6}{2} = 46^0\text{C}$$

Середня температура по колоні:

$$t_{x\text{ cp}} = \frac{t_{x\text{ cp}}^H + t_{x\text{ cp}}^B}{2} \quad (4.9)$$

$$t_{x\text{ cp}} = \frac{84,6 + 46}{2} = 65,3^0\text{C}$$

Середня молекулярна маса:

$$M_{x\text{ cp}} = M_A \times x_{cp} + M_B \times (1 - x_{cp}) \quad (4.10)$$

$$M_{x\text{ cp}} = 86 \times 0,51 + 60 \times (1 - 0,51) = 73,26 \text{ (кг/моль)}$$

Средня щільність:

$$\rho_{x\text{ cp}} = \frac{\rho_A - \rho_B}{\rho_B \times a_{cp} + \rho_A \times (1 - a_{cp})} \quad (4.11)$$

де ρ_A - щільність вінілацетата, кг/м³;

ρ_B - щільність оцтової кислоти, кг/м³;

При $t_{cp} = 65,3^0\text{C}$, $\rho_A = 934\text{кг/м}^3$, $\rho_B = 997,905 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{x\text{ cp}} = \frac{934 \times 997,905}{997,905 \times 0,6 + 934 \times (1 - 0,6)} = 958,55 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

4.2 За парової фази

Середня мольна концентрація в нижній частині колоні:

$$y_{cp}^H = \frac{y_w + y_f}{2} \quad (4.12)$$

$$y_{cp}^H = \frac{0,01 + 0,67}{2} = 0,34$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони :

$$y_{cp}^B = \frac{y_f + y_p}{2} \quad (4.13)$$

$$y_{cp}^B = \frac{0,67 + 0,95}{2} = 0,81$$

Середня мольна концентрація по колоні :

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^H + y_{cp}^B}{2} \quad (4.14)$$

$$y_{cp} = \frac{0,34 + 0,81}{2} = 0,575$$

Середня температура в нижній частині колони :

$$t_{y_{cp}}^H = \frac{t_{yw} + t_{yf}}{2} \quad (4.15)$$

$$t_{y_{cp}}^H = \frac{109,9 + 60,8}{2} = 85,35^\circ C$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^B = \frac{t_{yf} + t_{yp}}{2} \quad (4.16)$$

$$t_{y_{cp}}^B = \frac{60,8 + 34,8}{2} = 47,8^\circ C$$

Середня температура по колоні :

$$t_{y_{cp}} = \frac{t_{y_{cp}}^H + t_{y_{cp}}^B}{2} \quad (4.17)$$

$$t_{y_{cp}} = \frac{85,35 + 47,8}{2} = 66,6^\circ C$$

Середня мольна маса :

$$M_{y_{cp}} = M_A \times y_{cp} + M_B \times (1 - y_{cp}) \quad (4.18)$$

$$M_{y\text{cp}} = 86 \times 0,575 + 60 \times (1 - 0,575) = 74,95(\text{кг} / \text{моль})$$

Середня щільність :

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{M_{y\text{cp}}}{22,4} \times \frac{T_0}{T} \quad (4.19)$$

$$T = t_{y\text{cp}} + 273 \quad (4.20)$$

$$T = 66,6 + 273 = 339,6^0 \text{ K}$$

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{74,95}{22,4} \times \frac{273}{339,6} = 2,69(\text{кг} / \text{м}^3)$$

5 Визначення основних геометричних параметрів колони

Діаметр колони

$$D_K = \sqrt{\frac{V_Y}{0,785 \cdot \omega_Y}} \quad (5.1)$$

V_Y – об'ємна витрата пари, м³/сек

ω_Y – швидкість пари, віднесена до повного перерізу колони, м/сек

$$V_Y = \frac{G_Y}{\rho_{Ycp}} \quad (5.2)$$

G_Y – кількість пари, що піднімається по колоні, кг/сек

$$G_Y = G_p (R_{omn} + 1) \quad (5.3)$$

$$G_Y = 3,445 \cdot (1,373 + 1)$$

$$G_Y = 8,175 \text{ ,кг/сек}$$

$$V_{Ycp} = \frac{8,175}{0,916} = 8,924 \text{ , м}^3/\text{сек}$$

Рекомендована швидкість пари у колоні

$$W = 1 \text{ м/с}$$

$$0,785 D^2 = \frac{V}{w} \quad (5.4)$$

Приймаємо діаметр колони $D = 1$ м,

тоді швидкість пари, що розраховується на повний переріз колони, буде складати

$$w = \frac{V}{0,785 \cdot D^2} = 1 \text{ м/с}$$

5.1 Розрахунок вільного перерізу тарілки провального типу $D=1$ м

Визначаємо вільний переріз тарілок провального типу в колонні

$$D = 1 \text{ м}$$

Розрахунок проводиться за формулою

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

$$X = \left(\frac{G_p}{G_n}\right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_p}\right)^{1/8} \quad (5.5)$$

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g}\right)^{0,16} \quad (5.6)$$

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

$$G_{\text{рід}} = G_{\text{рід}} = (G_{\text{ф}} + G_{\text{н}})/2$$

$$G_{\text{рід}} = (29516 + 44344)/2 = 10,258 \text{ кг/с.}$$

$$G_{\text{п}} = G_y = 8,175 \text{ ,кг/сек}$$

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

$G_{\text{ф}}$ – кількість вихідної суміші, 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;

Σ – площа суми отворів, м²;

S_0 – площа отвору, м²;

N – кількість отворів, шт;

Π – периметр отворів, м

T – коефіцієнт

Розрахунок кількості кубового залишку

$$G_w = G_f - G_p \quad (5.7)$$

$$G_w = 4,116 - 3,445 = 0,671 \text{ кг/с}$$

$$V = 8,924 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$a = -1,68;$$

Щільність зрошення, $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{год})$;

(5.8)

$$L = 8,6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ год})$$

Розрахунок кількості флегми

$$R = (F - G_p) \quad (5.9)$$

$$R \cdot G_p = F - G_p \quad (5.10)$$

$$R \cdot G_p + G_p = G_\phi \quad (5.11)$$

$$1,373 \cdot 3,455 + 3,455 = 8,2 \text{ кг/с}$$

Кількість флегми, кг/год ;

$$G_\phi = 8,199 \text{ кг/с} = 29516 \text{ кг/год}$$

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

$$G_n = G_\phi + G_f \quad (5.12)$$

де G_f – кількість вихідної суміші, кг/год ;

$$G_f = 4,116 \text{ кг/сек}$$

$$G_n = 8,199 + 4,116 = 12,32 \text{ кг/с} = 44344 \text{ кг/год}$$

Розраховуємо вагові швидкості рідини, кг/год ;

$$G_{\text{рід}} = (G_\phi + G_n) / 2 \quad (5.13)$$

$$G_{\text{рід}} = (29516 + 44344) / 2 = 10,258 \text{ кг/с.}$$

Визначаємо розрахункові параметри

Вагова швидкість рідини розраховується за рівнянням

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

$$Lg(Y / T^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.14)$$

де Y розраховується за формулою

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g} \right)^{0,16} \quad (5.15)$$

де w – рекомендована швидкість пари у колоні

$$w = 1 \text{ м/с}$$

ρ_p – питома вага рідини, кг/м^3 ;

$$\rho_p = 768 \text{ кг/м}^3;$$

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

$$\rho_z = 0,916 \text{ кг/м}^3;$$

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, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

$$\mu_p = 0,3467 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

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

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,06^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 2,837$$

T – коефіцієнт, який розраховується за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.16)$$

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

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.17)$$

де Π – периметр отворів, м

$$\Pi = \pi \cdot d_0 \quad (5.18)$$

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

Розраховуємо площу всіх отворів, м^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.19)$$

де – S площа колони, м^2

$$S = 0,785 \cdot D^2 \quad (5.20)$$

$$S = 0,785D^2 = 0,785 \cdot 1^2 = 0,785 \text{ м}^2$$

$$S_0 = 0,06 \cdot 0,785 = 0,0471, \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу одного отвору, м²

$$S'_0 = \pi \cdot R^2 \quad (5.21)$$

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

Розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.22)$$

$$n = \frac{0,0471}{0,000113} = 416,81 \text{ шт.}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 416,81 = 16,67 \text{ м}$$

$$T = \frac{16,67}{0,57} = 29,245$$

За рівнянням розраховуємо x

$$X = \left(\frac{G_\phi}{G_n} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_p} \right)^{1/8} \quad (5.23)$$

$$X = \left(\frac{10,258}{8,175} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{0,916}{768} \right)^{1/8} = 0,431$$

$$Lg(2,837 / 37,608^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-0,334 = -0,64$$

$$\Delta = 0,305$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.24)$$

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,08^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 1,596$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.25)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.26)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.27)$$

$$S_0 = 4,521 \cdot 0,08 = 0,361, \text{ м}^2$$

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'} \quad (5.28)$$

$$n = \frac{S_0}{S_0'} = \frac{0,361}{0,000113} = 3200,707 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 3200,707 = 120,346 \text{ м}$$

$$T = \frac{120,346}{2,4} = 50,144$$

$$Lg(1,596 / 50,144^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-0,647 = -0,64$$

$$\Delta = 0,00706$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.29)$$

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,1^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 1,021$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.30)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.31)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f$$

$$S_0 = 4,521 \cdot 0,1 = 0,452, \text{ м}^2$$

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.32)$$

$$n = \frac{S_0}{S'_0} = \frac{0,452}{0,000113} = 4000,884 \text{ шт.}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 4000,884 = 150,433 \text{ м}$$

$$T = \frac{150,433}{2,4} = 62,68$$

$$Lg(1,021 / 62,68^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-0,889 = -0,64$$

$$\Delta = 0,249$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.33)$$

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,16^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,399$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.34)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.35)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.36)$$

$$S_0 = 4,521 \cdot 0,16 = 0,723, \text{ м}^2$$

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.37)$$

$$n = \frac{S_0}{S'_0} = \frac{0,1256}{0,000113} = 1111,504 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 6401,415 = 240,693 \text{ м}$$

$$T = \frac{240,693}{2,4} = 100,288$$

$$Lg(0,399 / 100,288^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-1,399 = -0,64$$

$$\Delta = 0,759$$

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

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

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,2^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,255$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.38)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.39)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.40)$$

$$S_0 = 4,521 \cdot 0,2 = 0,904, \text{ м}^2$$

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.41)$$

$$n = \frac{0,904}{0,000113} = 8001,769 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 8001,769 = 300,866 \text{ м}$$

$$T = \frac{300,866}{2,4} = 125,361$$

$$Lg(0,255 / 125,361^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-1,642 = -0,64$$

$$\Delta = 1$$

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

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

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,25^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,163$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.42)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.43)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.44)$$

$$S_0 = 4,521 \cdot 0,25 = 1,13, m^2$$

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.45)$$

$$n = \frac{1,13}{0,000113} = 10002,212 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 10002,212 = 376,083 \text{ м}$$

$$T = \frac{376,083}{2,4} = 156,701$$

$$Lg(0,163 / 156,701^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-1,885 = -0,64$$

$$\Delta = 1,245$$

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

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

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,3^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,113$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.46)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.47)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.48)$$

$$S_0 = 4,521 \cdot 0,3 = 1,356, m^2$$

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.49)$$

$$n = \frac{1,356}{0,000113} = 12002,654 \text{ шт}$$

$$\sum \Pi = 0,0376 \cdot 12002,654 = 451,299 \text{ м}$$

$$T = \frac{451,299}{2,4} = 188,041$$

$$Lg(0,113 / 188,041^{0.5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,431$$

$$-2,084 = -0,64$$

$$\Delta = 1,444$$

Таблиця 5.1 – Залежність величин Δ від вільного перетину f ($D=1\text{м}$)

f	0,06	0,08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,3
Δ	0,305	0,00706	0,249	0,759	1	1,245	1,444

Графік залежності Δ від вільного перетину f ($D=1\text{м}$) наведено на рис.

5.1.

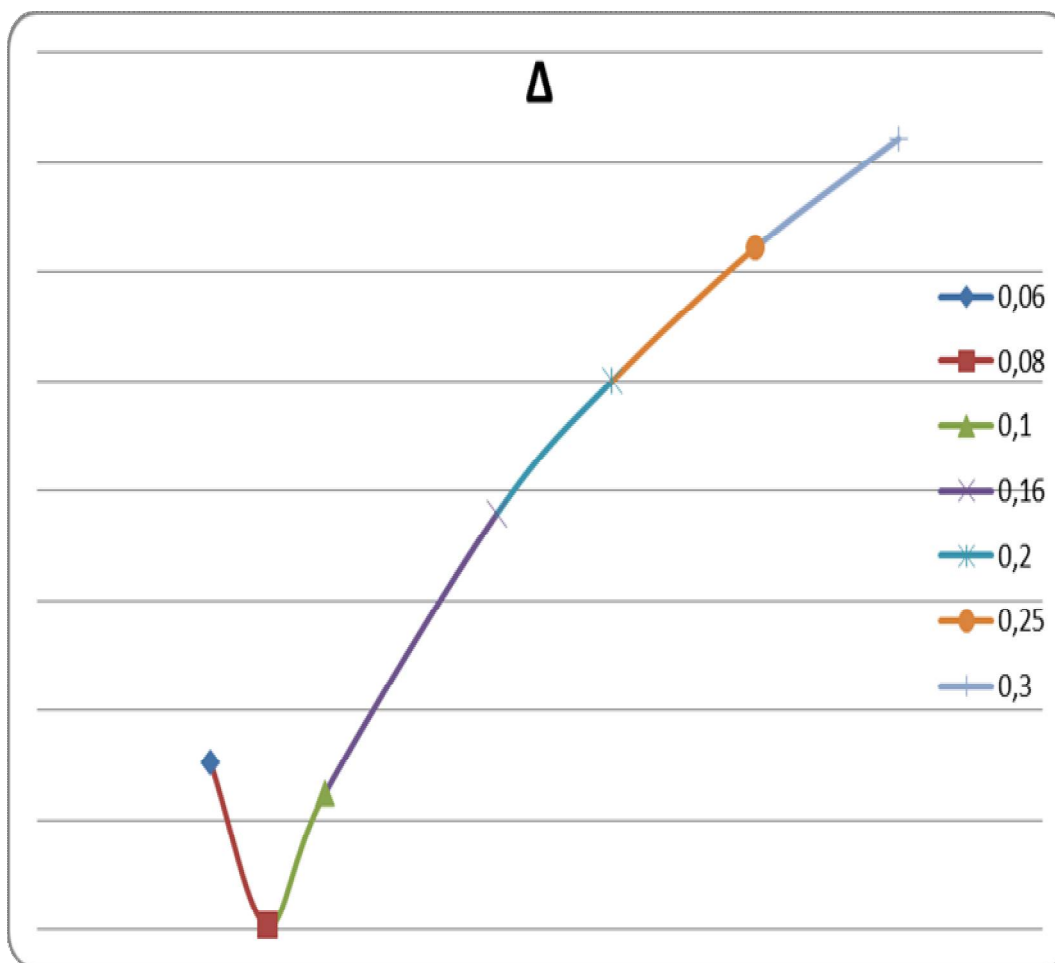


Рисунок 5.1 Графік залежності Δ від вільного перетину f ($D=1\text{м}$)

5.2 Розрахунок вільного перерізу тарілки провального типу D=0,057 м

Приймаємо діаметр колони $D = 0,057$ м. та рекомендована швидкість пари у колоні $W = 1,9$ м/с

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

тоді

$$V = w \cdot 0,785 D^2 = 1,9 \cdot 0,785 \cdot 0,057^2 = 0,004845 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$G_n = V \cdot \rho_n \quad (5.50)$$

$$G_n = 0,004845 \cdot 0,916 = 0,004438 \text{ кг/с}$$

Приймаємо щільність зрошування

$$L = 10,63, \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{год});$$

тоді кількість рідини в модельній колоні

$$G_p = L \cdot S$$

$$G_p = 10,63 \cdot 0,00255 = 0,027106 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 768 = 20,817 \text{ кг/год} / 3600 = 0,005782 \text{ кг/с}$$

$$\rho_p = 768 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_n = 0,916 \text{ кг/м}^3;$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

$$d_0 = 0,012 \text{ м};$$

$$\mu_p = 0,3467 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

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

$$V = 0,004845 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$a = -1,68;$$

$$B = 1,188;$$

$$D = 0,057 \text{ м};$$

Розраховуємо витрату пари, кг/с

$$V_n = S \cdot W$$

$$V_n = 0,00255 \cdot 1,9 = 0,004845 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 0,916 \text{ кг/м}^3 = 0,004438 \text{ кг/с}$$

$$V_n = 0,004438 \text{ кг/с}$$

Розраховуємо витрату рідини, кг/с

$$V_p = L \cdot S$$

$$V_p = 10,63 \cdot 0,003825 = 0,04065 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 768 \text{ кг/м}^3 = 31,226 \text{ кг/год} / 3600 = 0,005785 \text{ кг/с}$$

$$V_p = 0,005785 \text{ кг/с}$$

За рівнянням 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

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

де w – декомендована швидкість пари у колоні

$$w = 1,9$$

ρ_p – питома вага рідини, кг/м^3 ;

$$\rho_p = 768 \text{ кг/м}^3;$$

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

$$\rho_z = 0,916 \text{ кг/м}^3;$$

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, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

$$\mu_p = 0,3467 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

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

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,06^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 2,837$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.51)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.52)$$

За формулою розраховуємо периметр отворів, м

$$\Pi = \pi d_0 = 3,14 \cdot 0,012 = 0,0376, \text{ м} \quad (5.53)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.54)$$

За формулою розраховуємо площу колони, м²

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

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

За формулою розраховуємо площу одного отвору, м²

$$S'_0 = \pi \cdot R^2 \quad (5.55)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.56)$$

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

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

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

X – комплекс нанесений на осі абсцис

$$X = \left(\frac{G_p}{G_n} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_p} \right)^{1/8} \quad (5.57)$$

$$X = \left(\frac{0,005782}{0,004438} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{0,916}{768} \right)^{1/8} = 0,4604$$

$$Lg(2,837 / 0,892^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$0,477 = -0,698$$

$$\Delta = 1,175$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.58)$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,08^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 1,596$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.59)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.60)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.61)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.62)$$

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

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

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

$$Lg(1,596 / 1,191^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$0,165 = -0,698$$

$$\Delta = 0,863$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.63)$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,1^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 1,02$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.64)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.65)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.66)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S_0'} \quad (5.67)$$

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

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

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

$$Lg(1,02 / 1,489^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$-0,077 = -0,698$$

$$\Delta = 0,6206$$

За рівнянням розраховується динадцята інтеграція при $f = 0,16\%$

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.68)$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_c}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_c} \right)^{0,16} \quad (5.69)$$

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,16^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,339$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.70)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.71)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м²

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.72)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.73)$$

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

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

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

$$Lg(0,339 / 2,382^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$-0,658 = -0,698$$

$$\Delta = 0,0401$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.74)$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_s} \right)^{0,16} \quad (5.75)$$

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,2^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,255$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.76)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.77)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.78)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.79)$$

$$n = \frac{0,0005102}{0,000113} = 4,515 \quad \text{т.}$$

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

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

$$Lg(0,255 / 2,978^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$-0,83 = -0,698$$

$$\Delta = 0,1316$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.80)$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

$$Y = \frac{w^2}{g \cdot d_0 \cdot f^2} \cdot \frac{\rho_z}{\rho_p} \cdot \left(\frac{\mu_p}{\mu_g} \right)^{0,16} \quad (5.81)$$

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,25^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,163$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.82)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.83)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, м^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.84)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.85)$$

$$n = \frac{0,00063775}{0,000113} = 5,643 \quad \text{т.}$$

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

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

$$Lg(0,163 / 3,719^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$-1,072 = -0,698$$

$$\Delta = 0,374$$

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

$$Lg(Y / T^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot X \quad (5.86)$$

де Y – комплекс нанесений на осі ординат

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

$$Y = \frac{1,9^2}{9,81 \cdot 0,012 \cdot 0,3^2} \cdot \frac{0,916}{768} \cdot \left(\frac{0,3467 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,113$$

Розраховуємо коефіцієнт T за формулою

$$T = \frac{\sum \Pi}{D} \quad (5.87)$$

Розраховуємо сумарний периметр отворів за формулою

$$\sum \Pi = \Pi \cdot n \quad (5.88)$$

За формулою розраховуємо площу всіх отворів, m^2

$$S_0 = S \cdot f \quad (5.89)$$

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

За формулою розраховуємо кількість отворів на тарілці, шт.

$$n = \frac{S_0}{S'_0} \quad (5.90)$$

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

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

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

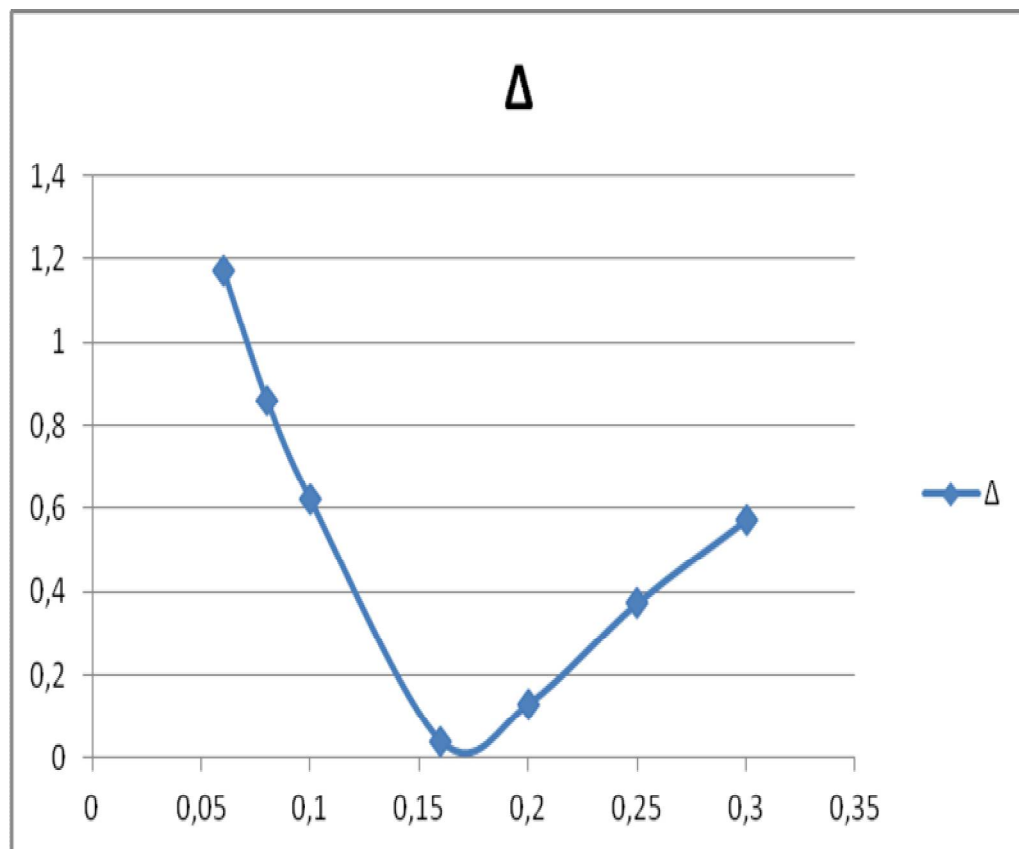
$$Lg(0,113 / 4,467^{0,5}) = 0,0751 - 1,68 \cdot 0,4604$$

$$-1,271 = -0,698$$

$$\Delta = 0,573$$

Таблиця 5.1 – Залежність величин Δ від вільного перетину f ($D=0,57\text{мм}$)

f	0,06	0,08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,3
Δ	1,175	0,863	0,6206	0,0401	0,1316	0,374	0,573

Рисунок 5.2 - Графік залежності Δ від вільного перетину f ($D=0,57\text{мм}$)

Експериментальні дані на таблиці 5.2

P	H	W
28	100	1,27
32	110	1,44
36	130	1,625
40	140	1,83
50	170	1,96
56	190	2,09
62	240	2,22
70	300	2,35

Таблиця 5.2 – Експериментальні дані

P - гідравличний опір (кг/м^2)

H – висота піни (мм)

W – швидкість газу (м/с)

Залежність гідравлічного опору газорідного шару від швидкості пари на рисунку 5.3

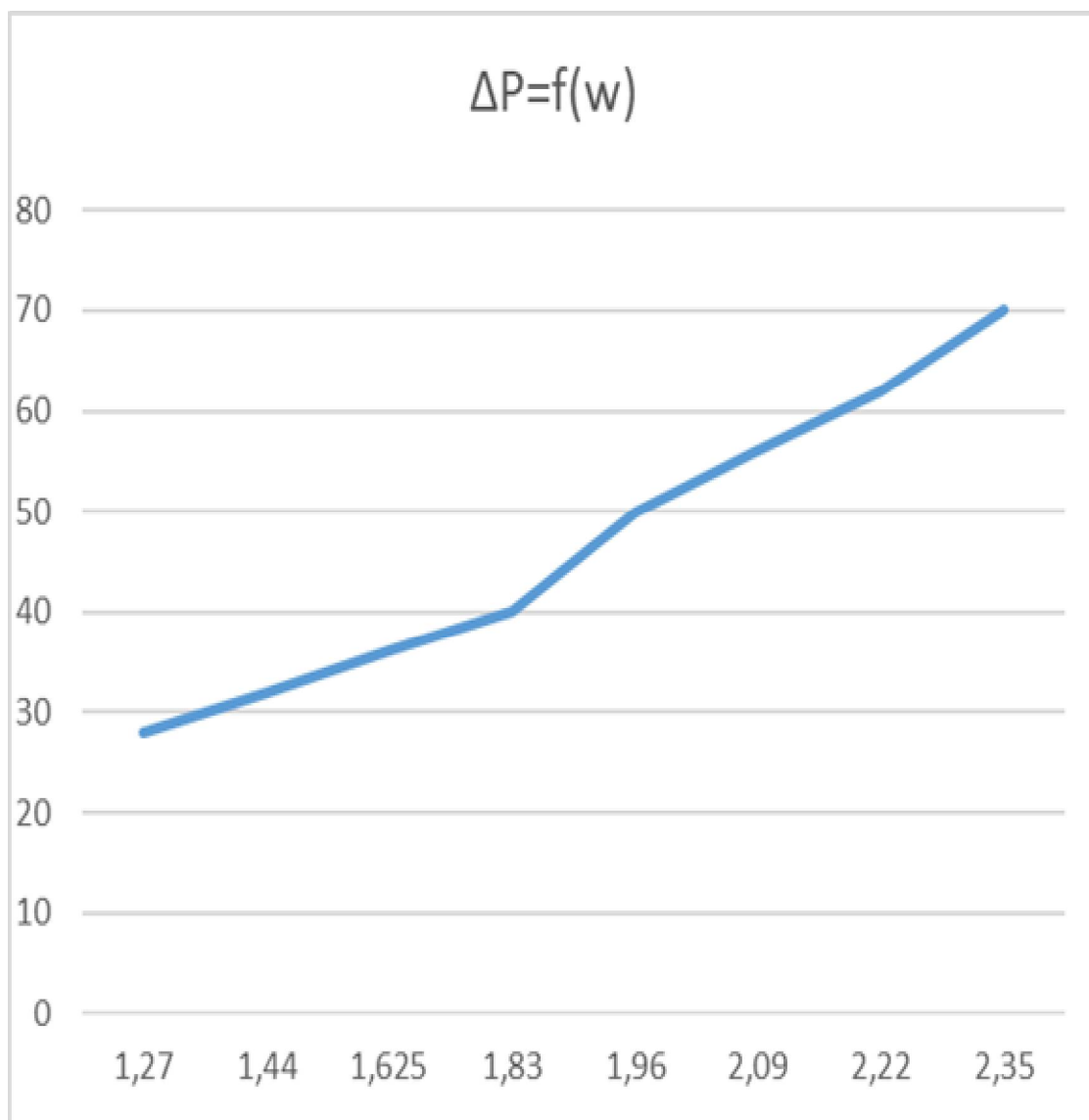


Рисунок 5.3 – Залежність гідравлічного опору газорідного шару від швидкості пари

Залежність висоти газорідного шару від швидкості пари на рисунку 5.4

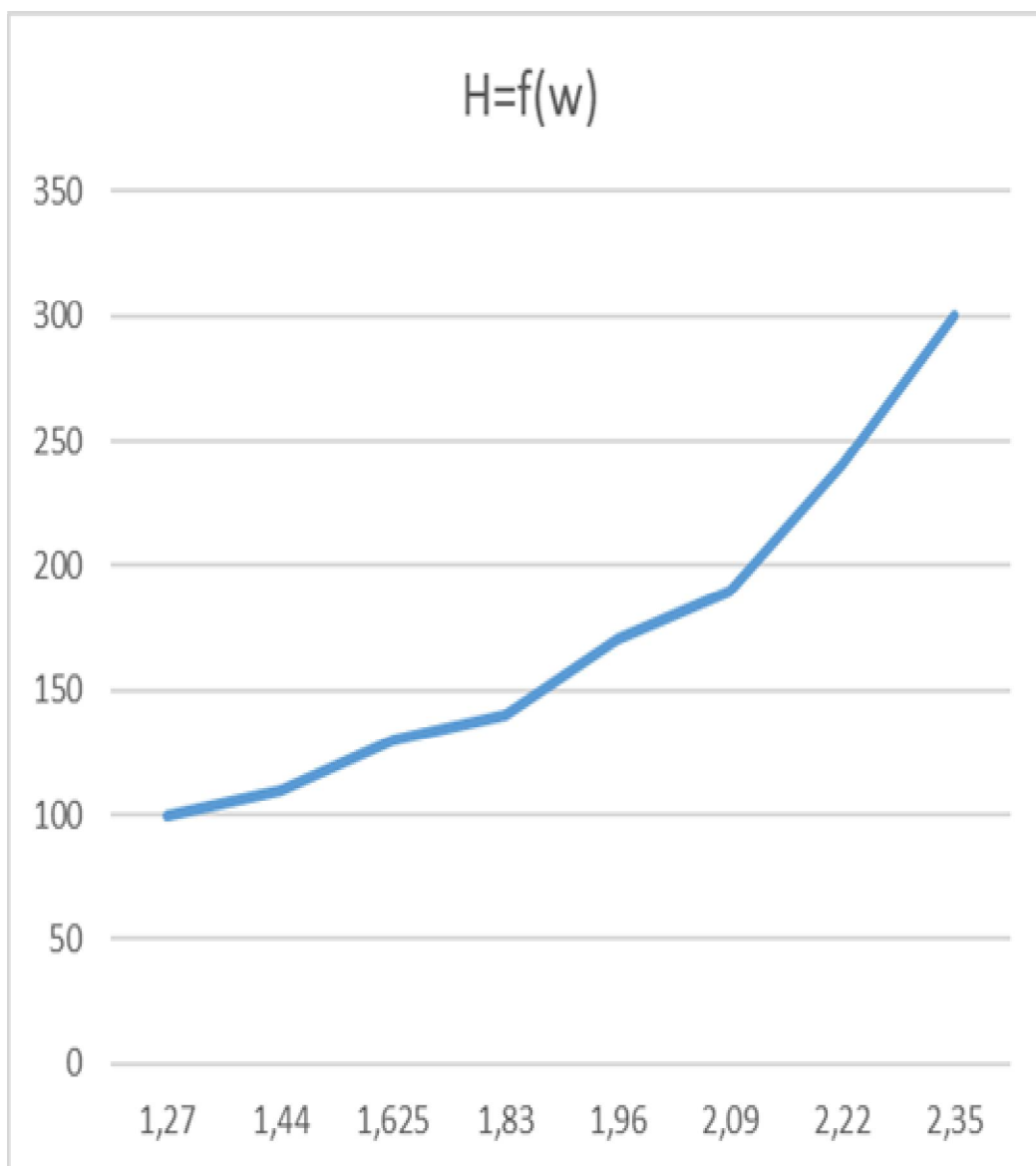


Рисунок 5.4 – Залежність висоти газорідного шару від швидкості пари

7 Техніка безпеки при роботі в лабораторії

1 Вимоги безпеки під час виконання експериментів

У лабораторіях кафедри устаткування хімічних підприємств ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

1) включати і вимикати випробувальне устаткування без дозволу викладача або інженера кафедри;

1.1) торкатися до струмопровідних частин установок, електроприводів, електропроводів і кабелів;

1.2) торкатися до рухомих частин випробувальних машин і лабораторних установок;

1.3) відгвинчувати, загвинчувати вентилі, рукоятки, маховики, сигнальні лампи, електрозапобіжники лабораторного устаткування;

1.4) збірка і розбирання установок, що знаходяться під електронапругою;

1.5) залишати працюючі (включені) установки без нагляду;

1.6) знаходитися в лабораторіях у верхньому одязі, складати верхній одяг на лабораторному устаткуванні;

1.7) захарашувати проходи між лабораторними установками особистими речами (портфелями, сумками);

1.8) знімати захищаючі кожухи деталей або електричних пускорегулюючих пристроїв, що обертаються.

1.9). у приміщеннях лабораторій забороняється приймати їжу.

2) Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1) перед початком роботи необхідно надіти спецодяг;

2.2) перевірити з'єднання електроустаткуванні з контуром захисного заземлення /занулення/, його справність, полягання інструменту, автоматичних вимикачів, розеток, вилок, освітлення, а також наявність первинних засобів пожежогасіння;

2.3) при експлуатації електроустаткування необхідно суворо керуватися правилами, висловленими в техпаспорті;

2.4) при виявленні несправностей електроустаткування, приладів, стендів, захисного заземлення негайно повідомити про це зав. кафедрою або зав.лабораторією.

3) Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1) студентам дозволяється працювати тільки на справному електроустаткуванні;

3.2) відключення від мережі проводити, тільки узявшись за роз'єм, вилку або фішку щоб уникнути короткого замикання і можливого при цьому нещасного випадку /опіку/;

3.3) забороняється виймати штепсельні роз'єми, вилки, фішки, узявшись за дрiт;

3.4) забороняється працювати на електроустаткуванні у вологому одязі, вологими руками;

3.5) забороняється залишати без нагляду, ремонтувати і переносити включене в мережу електроустаткування;

3.6) забороняється підключати декілька споживачів електричної енергії до

однієї штепсельної розетки щоб уникнути перевантаження електричної мережі і виникнення загоряння;

3.7) забороняється заміна запобіжників, що перегоріли, "жучками". Необхідно застосовувати тільки запобіжники заводського виготовлення, що калібруються;

3.8) забороняється захарашувати підступи до електричних пристроїв, шафам, автоматичним вимикачам, розеткам, а також відкривати їх;

3.9) при раптовому припиненні подачі електроенергії всі вимикачі і важелі повинні бути негайно вимкнені;

3.10) не допускається залишати неізольованими оголені дроти, перенавантажувати електромережу, користуватися розбитими вилками, розетками, вимикачами;

3.11) роботи по ремонту апаратури і проведення експериментів на відкритих схемах з небезпечною для життя напругою виконувати тільки удвох;

3.12) робоче місце тримати в сухому і чистому стані;

3.13) при виявленні несправностей електроустаткування, вимірювальних приладів, стендів, за відсутності їх заземлення, а також при появі іскріння або характерного запаху перегрітої ізоляції, негайно знеструмити їх і повідомити про це керівника робіт або обслуговуючий персонал;

3.14) приступати до роботи дозволяється тільки після усунення помічених несправностей електроустаткування, вимірювальних приладів і стендів.

4) Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1) після закінчення роботи вимкнути електроприлади, відключити відмережі лабораторні стенди;

4.2) вимкнути всі автоматичні вимикачі, відключити подовжувачі мережі 220 V, що використовуються;

4.3) один раз в квартал проводити очищення від пилу і бруду за допомогою пилососа або щітки вузлів персональних комп'ютерів;

4.4) забороняється проводити очищення від пилу і бруду включене в мережу електроустаткування;

4.5) після закінчення роботи зняти спецодяг і помістити його в спеціально відведене місце;

4.6) при відході з приміщення необхідно вимкнути всі споживачі електроенергії;

4.7) привести в порядок робоче місце;

4.8) здати ключі від лабораторії на вахту.

4.9) Про знайдені під час роботи і після закінчення роботи несправності і негаразди електроустаткування повідомити керівника занять або обслуговуючий персонал.

Висновки

1. На розрахунок за рівняннями меж режимів роботи тарілок провального типу значно впливає діаметр отворів, що не підтверджується нашими експериментальними даними. Тому необхідні подальші дослідження з метою вдосконалення методики розрахунку тарілок провального типу.

2. За допомогою рівняння можна здійснювати гідродинамічне моделювання роботи тарілок провального типу, використовуючи параметр T , який представляє відношення суми периметрів усіх отворів плато тарілки до її діаметру.

3. Показаний приклад розрахунку швидкості газу в точці біфуркації тарілок провального типу з діаметром $D = 1$ м, з використанням даних отриманих при дослідженні тарілок провального типу в колоні з діаметром $D = 0,057$ м.

4. Для моделювання швидкості в точці біфуркації необхідно в колоні діаметром $D = 0,057$ м встановити тарілки провального типу з вільним перерізом $f = 0,16$, при цьому швидкість розрахована на повний переріз колони складе $w = 1,9$ м/с, і щільність зрошення буде $L = 10,634$ м³/(м² год).

5. Проведені в роботі дослідження підтвердили розрахункові дані. При щільності зрошення $L = 10,634$ м³/(м² год), в колоні діаметром $D = 0,057$ м, швидкість повітря в точці біфуркації склала $w = 1,9$ м/с. Вільний переріз тарілки становив $f = 0,16$.

6. Таким чином, за допомогою рівняння (2), можна здійснювати гідродинамічний моделювання газорідного шару на тарілках провального типу великого діаметру ($D = 1$ м), використовуючи експериментальні дані отримані на колоні діаметром модельного розміру ($D = 0,057$ м.)

Перелік джерел посилання

1. Зайцев И. Д. Производство соды / Зайцев И. Д Ткач Г. А., Строев Н. Д.; М.: Химия, 1986. 312 с.
2. Стабников В. Н. Провальные тарелки ректификационных аппаратов и их применение на предприятиях спиртовой промышленности : обзор / Стабников В. Н., Штромило М. И. – М. : ЦНИИТЭИ – пищепром, 1971. – 20 с.
3. Стабников В. Н. Применение решетчатых провальных тарелок в процессе перегонки ацетоно–бутиловых бражек / Стабников В. Н., Штромило М. И., Н. Г. Бойченко [и др.] // Пищевая промышленность. – 1972. – Вып. 6. – 38–39. – (Реферативная информация о законченных научно–исследовательских работах в вузах УССР).
4. Опыт внедрения на предприятиях ацетоно– бутиловой и спиртовой промышленности ректификационных колонн с решетчатыми провальными тарелками / Стабников В. Н., Штромило М. И., Сергеев А. Д., Беспалько А. П., Бойченко Н. Г. // III Всесоюзная конференция по теории и практике ректификации. – Северодонецк, 1973.– Ч. II. – С. 99 – 100.
5. Интенсификация процесса перегонки в аппаратах с решетчатыми провальными тарелками / Стабников В. Н., Штромило М. И., Сергеев А. Д. // V Всесоюзная конференция по теории и практике ректификации. – Северодонецк, 1984. – Ч. II. – С. 49 – 50.
6. Опыт использования тарельчатого абсорбера для улавливания бензольных углеводородов из коксового газа / Кузнецов В. Я., Шебастюк И. М., Большакова Л. Н., Конкина И. Н. – Кокс и Химия. –2005. – № 2. – С. 22–23.
7. Стабников В.Н. «Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных колонн» «Техника», 1970, 208 стр.
8. Зайцев И.Д. Производство соды / Зайцев И.Д Ткач Г.А., Строев Н.Д.; М.: Химия, 1986. 312 с.

9. Тарат Э. Я. О гидравлическом сопротивлении «провальных» решеток при пенном режиме / Тарат Э. Я., Вальберг А. Ю. – Журнал прикладной химии. – 1970. – Т. 43, №8. – С. 1706 – 1711.

10. Вальберг А. Ю. К вопросу о предельных параметрах пенного режима в аппаратах с полным протеканием жидкости через отверстия решеток / Вальберг А. Ю., Тарат Э. Я. – Журнал прикладной химии. – 1970. – Т. 43, №8. – С. 1712 – 1715.

11. Пенный режим и пенные аппараты / Тарат Э. Я, Мухленов И. П., Туболкин А. Ф. [и др.] ; под ред. И. П. Мухленова, Э. Я. Тарата. – Л. : Химия, 1977. – 303 с.

12. Ткач Г. А. Моделирование десорбционных процессов содового производства / Ткач Г. А., Смоляк В. Д. – Л. : Химия, 1973.

13. Рамм В. М. Абсорбция газов / Рамм В. М. – Изд. 2–е. – М. : Химия, 1976. – 655 с.

14. Лоскутов А. Ю. Введение в синергетику: учеб. рук. / Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. – М.: Наука. Гл. ред. физ.–мат. лит., 1990. 272 с.

15. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учеб. для машиностроит. вузов/ Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.]– 2–е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с. : ил.

16. Зелинский Ю. Г. Кафаров В. В., «Химическая промышленность», 1961, №2.

17. Касаткина А. Г., Дытнерский Ю. И. и др., «Химическая промышленность», 1958, № 3.

18. Касаткин А. Г., Дытнерский Ю. И. и др., Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, вып. XXXIII, 1961.

19. Тараненко Г. В. Гидравлические и массообменные характеристики тарелок провального типа с различным диаметром отверстий: монография. – Луганск: изд–во ВНУ им. В. Даля, 2013. – 174 с.

20. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты, «Химия», М.— Л., 1965.

21. Касаткин А. Г. К расчету колонн с провальными тарелками // Касаткин А. Г., Дытнерский Ю. И., Умаров С. У. – Химическая промышленность. – №3. – 1958. – С. 38 – 45.

22. Взаимодействие газов с жидкостями в пенном режиме / [И.П. Мухленов, Г. А. Ткач, И. Д. Зайцев и др.]; – Химическая промышленность. 1983. № 3 С. 38–41.

23. Рузинов Л. П. Статистические методы оптимизации химических процессов – М. Химия, 1972, 200 с.

24. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования / Розен А. М., Мартюшин Е. И., Олевский В. М. [и др.] ; под ред. А. М. Розена. – М. : Химия, 1980. – 320 с. : ил.

25. Kato Y. e. a. — Chem. Eng. Japan, 1972, v. 5, № 2, p. 112—118.

26. Goto /., Okomoto T., Terakata T. Preprint of the 34th Annual Meeting of the Soc. Chem. Eng., Japan, № C101, 1969.

27. Aogama Y. e. a. – Chem. Eng. Japan, 1968, v.1, №2, p.158–163.

28. Mashelkar R. A. – Brit. Chem. Eng., 1970, v. 15, № 10, p. 1297–1304.

29. Chia–San Shyu, Miyachi T. – Kagaku–Kogaku, 1971, v.35, №6, p.663–668.

30. Kato Y., Nishiwaki A – Kagaku–Kogaku, 1971, v.35, №8, p.912–915.