

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Філенко Олеся Миколаївна



УДК 66.0213:661.33

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ТА МАСООБМІННИХ
ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ СОДОВОГО
ВИРОБНИЦТВА У АПАРАТІ З КОМБІНОВАНИМИ КОНТАКТНИМИ
ПРИСТРОЯМИ**

05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі хімічної техніки та промислової екології Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, м. Харків

Науковий керівник кандидат технічних наук, професор
Моїсєєв Віктор Федорович,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», м. Харків, професор кафедри
хімічної техніки та промислової екології

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Фокін Віталій Сергійович,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», м. Харків, професор кафедри
теплотехніки

кандидат технічних наук, доцент
Якушко Сергій Іванович,
Сумський державний університет, м Суми,
доцент кафедри процесів та обладнання хімічних та
нафтопереробних виробництв

Захист відбудеться «12» травня 2011 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.05 у Національному технічному університеті «ХПІ» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «ХПІ» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розіслано «9» квітня 2011 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Тимченко В.К.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Кальцинована сода є одним із найважливіших продуктів хімічної промисловості України. Виробництво соди має ряд значних недоліків, зокрема, недосконалість технології та обладнання, що призводить до утворення великої кількості відходів, викидів в атмосферу та нераціональне використання сировини. З технологічного циклу содового виробництва виводяться газові потоки, які містять аміак, двоокис вуглецю, NO_x , SO_2 , пил. Щорічно содові заводи СНГ викидають до 178 млн м^3 забруднених газових потоків, тому, удосконалення технології, апаратури та виробництва з метою максимального використання сировини та енергоресурсів є питанням сьогодення.

Під час абсорбції у виробництві кальцинованої соди як промивач газів використовуються колонні апарати з простими та дешевими провальними тарілками, перфоровані крупними отворами. До недоліків тарілок слід віднести: нерівномірний розподіл рідини по перетину апарата і, як наслідок, нестійкий режим роботи, що призводить до проскоку неочищеного газу.

Удосконалення апаратного оформлення процесу поглинання газів під час абсорбції у промивачі повітря фільтрів із використанням нового комбінованого контактного пристрою дозволить уникнути проблеми нерівномірного розподілу рідини на контактній ступені і підвищити ефективність масопередачі при порівняно незначному збільшенні гідравлічного опору.

Враховуючи важливість апаратного оформлення для очистки газових викидів у содовому виробництві - розробка науково-практичних рекомендацій щодо удосконалення конструкції промивача повітря фільтрів для інтенсифікації процесу абсорбції на одній контактній ступені з метою поглинання аміаку та двоокису вуглецю є науково-практичною актуальною задачею, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ „ХПІ” згідно з науковим напрямком дослідження закономірностей гідродинамічних та масообмінних процесів в комбінованому контактному пристрої, зокрема у промивачах повітря фільтрів у відділенні абсорбції виробництва кальцинованої соди. Здобувач був відповідальним виконавцем договору про творчу співпрацю між НТУ „ХПІ” та Державним науково-дослідним та проектним інститутом основної хімії „НІОХІМ” (м. Харків).

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи – встановлення гідродинамічних та кінетичних закономірностей, що протікають на провальних тарілках із застосуванням регулярних насадок, та створення перспективного, надійного вискоефективного енерго- і ресурсозберігаючого обладнання.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити такі завдання:

– узагальнення науково-практичних даних щодо застосування провальних, сітчастих, струйних тарілок з різними насадковими елементами (регулярні рулонні, пластинчаті, не регулярні (зважені);

- розробка конструкції комбінованого контактної пристрою для колонних масообмінних апаратів;
- дослідження існування зон гідродинамічної системи в комбінованому контактному пристрої;
- аналіз впливу режимних та конструктивних параметрів на гідродинамічні та масообмінні характеристики комбінованого контактної пристрою (ККП);
- отримати залежності для розрахунку основних робочих параметрів досліджуваної конструкції ККП та вдосконалення розроблених конструкцій; видати рекомендації щодо конструктивного оформлення.
- розробити науково обґрунтовану методику розрахунку колонного апарату з використанням комбінованого пристрою в залежності від параметрів технологічного процесу;

Об'єкт дослідження – процеси гідродинаміки та масопередачі на комбінованому контактному пристрої в колонному апараті;

Предмет дослідження – режимні та конструктивні параметри комбінованого контактної пристрою.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи залучали сучасні фізичні та фізико-хімічні методи аналізу. Фізичний експеримент проведено шляхом експериментальних досліджень гідродинамічних та масообмінних характеристик на лабораторній моделі з ККП. В процесі експериментальних досліджень використовувалися методи візуального спостереження поведінки газорідної системи всередині ККП, визначення гідродинамічних характеристик газу та рідини методами інструментальних вимірювань, методи фізико-хімічного аналізу для якісного і кількісного складу сумішей. Графічна інтерпретація та статистична обробка результатів досліджень проводилася із застосуванням методів математичної статистики із застосуванням програмного пакету Statistica.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше встановлено закономірності гідродинамічних та масообмінних процесів абсорбції аміаку та двоокису вуглецю в колонному апараті з використанням ККП для поглинання газових викидів содового виробництва;
- вперше виявлено існування зон газорідної системи: рушення газових потоків, формування турбулізації в насадці при скручуванні і завихренні газорідного шару, однорідної високотурбулізованої піни, бризків в ККП;
- отримано функціональні залежності висоти пінного шару, гідродинамічного опору контактної ступені, коефіцієнта масовіддачі для розрахунку основних робочих параметрів досліджуваної конструкції колонного апарату з ККП;
- на основі отриманих емпіричних залежностей запропоновано науково обґрунтовану методику розрахунку колонного апарату із застосуванням ККП;

Практичне значення отриманих результатів. Для хімічної промисловості обґрунтовано рекомендації щодо удосконалення конструкції колонних апаратів з використанням нових комбінованих пристроїв. Результати експериментальних досліджень, що представлені у вигляді графічних

залежностей, регресійних рівнянь та методики розрахунку колонного масообмінного апарата і конструкцій нових комбінованих контактних пристроїв передано для впровадження в Державному науково-дослідному та проектному інституті основної хімії „НІОХІМ”, де використовуються під час проектування нового масообмінного обладнання для поглинання газових викидів содового виробництва.

Розроблено та захищено патентом України конструкцію колонного масообмінного апарату із використанням комбінованого контактного пристрою (№73238 С2 UA МПК (2005) B01D47/04.), що дозволяє забезпечити роботу апарату в пінному режимі при підвищенні ефективності масопередачі при порівняно незначному збільшенні гідравлічного опору.

Результати роботи використовуються на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ „ХПІ” при викладанні спеціальних дисциплін, у курсовому та дипломному проектуванні за спеціальністю 6.070220 – «Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів», 6.070221 – «Обладнання переробних та харчових виробництв».

Особистий внесок здобувача полягає в тому, що основні результати роботи що становлять її сутність, розроблено здобувачем особисто. Серед них: аналіз джерел літератури, патентний пошук, аналітичне дослідження, підбір і апробація методик дослідження, підготовка і виконання експериментального дослідження, узагальненні отриманих розрахункових та експериментальних результатів. Розробка нового ККП з застосуванням регулярної насадки, методика інженерного розрахунку колонного апарата з ККП та постановка задач дослідження виконані сумісно із науковим керівником..

Апробація результатів дисертації. Основні положення і матеріали дисертації доповідалися і обговорювалися на: Наукова конференція молодих вчених, аспірантів та студентів "Розроблення, дослідження, створення продуктів функціонального харчування, обладнання і нових технологій для харчової та переробної промисловості" (Київ, 2003 р.); "Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки" (Перспективи формування Пан'європейської Екологічної мережі) (Чернівці, 2004, 2005, 2006 рр.); Конференція молодих вчених "Сучасні проблеми екології" (Запоріжжя, 2004 р.); Международная научно-практическая конференция „Экология: образование, наука, промышленность и здоровье” (Россия., Белгород 2004 р.); XIII международная научно-практическая конференция «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (Харьков, 2005 г.), I Міжнародній (III Всеукраїнській) конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології (Київ, 2008 р.), XIII Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів, та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 2010) та на науково-технічних семінарах викладачів, співробітників, аспірантів, студентів на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ „ХПІ” (2003-2010 рр.).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 13 наукових публікаціях, з них: 4 статті у наукових фахових виданнях ВАК України, 1 патент України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, 4 додатків, списку літератури. Загальний обсяг дисертації становить 153 сторінок; з них 56 рисунків по тексту; 2 таблиць за текстом; 5 додатків на 17 сторінках; списку використаних літературних джерел з 102 найменувань на 9 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність та доцільність дисертаційної роботи, сформульовано її мету і задачі, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичну значущість роботи.

У першому розділі наведено результати патентного пошуку та аналітичний огляд існуючих конструкцій колонних апаратів із застосуванням комбінування різних масообмінних елементів: провальних та сітчастих тарілок з регулярними (пакетними) та нерегулярними (насипаними валом) насадками та ін., а також наведено апаратне оформлення відділення абсорбції виробництва кальцинованої соди. Узагальнено розглянуто питання гідродинаміки та масопередачі для різних масообмінних тарілок, насадок, та комбінованих контактних пристроїв, визначено напрямки вивчення гідродинаміки і масообміну. Розглянуто вимоги та тенденції створення нових комбінованих контактних пристроїв, які можуть працювати за інтенсивних режимів.

На підставі комплексного підходу проведено постановку завдання дослідження: виявити закономірності гідродинамічних та масообмінних процесів у комбінованому контактному пристрої (ККП) з використанням провальної тарілки та регулярної насадки; в результаті досліджень розробити методику розрахунку основних параметрів промивача повітря фільтрів із застосуванням ККП для процесу абсорбції виробництва кальцинованої соди. Це дозволить отримати науково обґрунтовані розрахункові залежності для визначення гідродинамічних параметрів, величини бризковіднесення, коефіцієнтів масопередачі, що враховують особливості нового комбінованого контактного пристрою.

У другому розділі описано експериментальні установки, конструкції досліджуваних контактних елементів, методики проведення експерименту та первинна обробка експериментальних даних.

Дослідження проводилися на лабораторному стенді кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ „ХПІ” (рис.1), який складається з царги бази, встановленого на неї циліндричного апарату, діаметром 0,25 м і висотою 2,0 м (нижня царга, дві змінні царги та верхня царга-ковпак). Діаметр колони вибрано, виходячи з мінімального впливу пристінного ефекту на закономірності роботи комбінованого контактного пристрою. До нижньої царги на опорний диск із середини кріпляться три штанги довжиною 1,5 м в отвори, що розташовані на площині диску з кроком 120°. Між другою змінною царгою та царгою-ковпаком передбачено притисне кільце із заглибленнями 5 мм, які розташовані з кроком 120° відповідно до опорного диску нижньої царги для закріплення штанг. Всі контактні елементи, в тому числі і стабілізатор

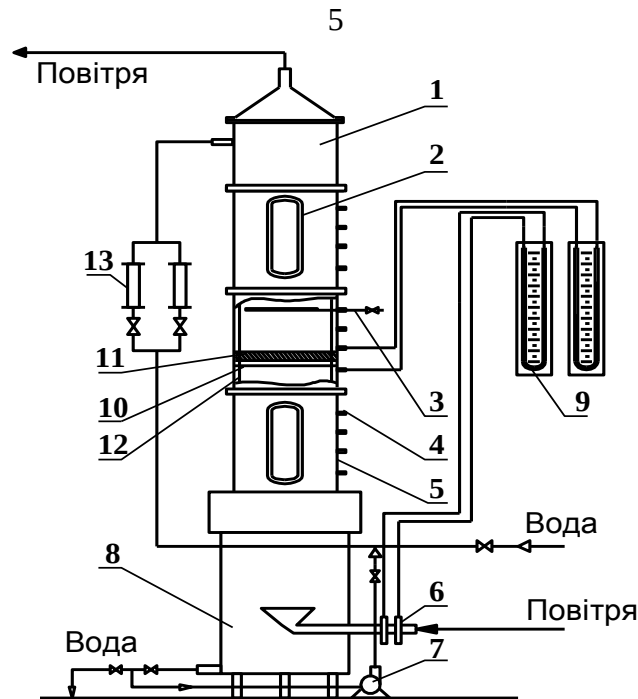


Рис.1 – Принципова схема лабораторного стенду:

1 – царга-ковпак; 2 – оглядові вікна; 3 – пробовідбірник; 4 – штуцер для підключення дифманометру або пробовідбірника; 5 – нижня царга; 6 – камерна діафрагма; 7 – насос; 8 – царга-база; 9 – V-подібні дифманометри, що заповнені водою; 10 – провальна тарілка; 11 – стабілізатор пінного шару – регулярна насадка; 12 – штанги з закріплюючими трубками; 13 – ротаметри.

одягаються на штанги. Для закріплення тарілок на штангах знизу та зверху передбачено трубки. Така конструкція колони, а також пристроїв дозволяє заміряти міждіафрагмову відстань і робити заміну контактних пристроїв без розбирання апарату.

Досліджувані контактні пристрої представляли собою комбінування дірчастих провальних тарілок та двох типів регулярних насадок, загальний вигляд та конструктивні параметри яких приведено на рис. 2, 3.

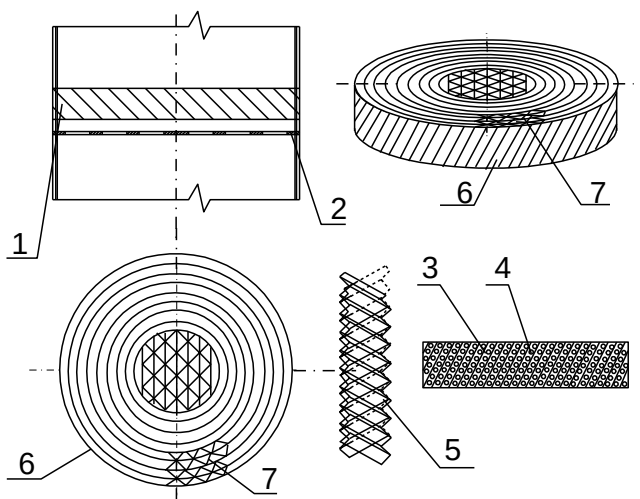


Рис. 2. Загальний вигляд ККП з насадкою Н1:

1 – регулярна насадка; 2 – дірчаста провальна тарілка;
3 – гофрована перфорована смуга; 4 – отвори; 5 – фрагмент розташування ламелей в насадці; 6 – регулярна насадка;
7 – фрагмент розташування закручених ламелей.

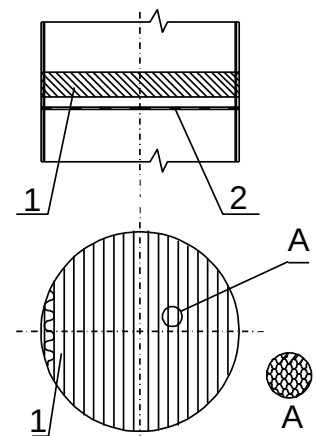


Рис. 3. Загальний вигляд ККП з насадкою Н2:

1 – регулярна сітчаста насадка;
2 – дірчаста провальна тарілка.

Використовувалися регулярні насадки двох типів: перший тип Н1 - виконана із смуг гофрованого перфорованого матеріалу, причому сусідні смуги розташовано так, що перехрещуються. Висота блоку насадки $h_{\text{бл}} = 0,05\text{ м}$, кут нахилу гофри в ламелі до горизонту $\alpha = 45^\circ$, кут гофрування $\beta = 90^\circ$, висота гофри $h=0,04\text{ м}$. Другий тип Н2 представляє собою регулярну сіткову насадку. Висота блоку насадки $h_{\text{бл}} = 0,05\text{ м}$, кут нахилу гофри в ламелі до горизонту $\alpha = 45^\circ$, кут гофрування $\beta = 90^\circ$, висота гофри $h=0,0032\text{ м}$. В якості провальних тарілок використовувалися дрібнодірчасті тарілки з отворами $d_e = 0,005\text{ м}$, S_0 від $0,18\text{ м}^2/\text{м}^2$ до $0,50\text{ м}^2/\text{м}^2$, та крупнодірчасті $d_e = 0,012\text{--}0,07\text{ м}$, S_0 від $0,2\text{ м}^2/\text{м}^2$ до $0,49\text{ м}^2/\text{м}^2$. Розташування насадки над полотном тарілки міняли в діапазоні від $0,05$ до $0,90\text{ м}$.

Фіксувалися наступні параметри режиму: витрати води і газу в установці – нормальним камерними діафрагмами в комплекті з дифманометрами; тиск газу перед діафрагмою і під тарілкою та насадкою – скляними V-подібними манометрами з водяним наповненням; гідравлічний опір сухого контактного пристрою – мікроманометром і гідравлічний опір контактного пристрою (провальна тарілка з регулярною насадкою та без неї) – скляними V-подібними дифманометрами з водяним заповненням. Візуально визначали висоту газорідинного шару на тарілці.

Дослідження гідродинаміки було проведено в системі повітря-вода в широкому інтервалі зміни навантажень, витрати рідини міняли від $3,5$ до $20\text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ за умови швидкості газу в повному перетині від $1,0$ до 5 м/с .

Бризовіднесення визначали за допомогою трасера (NaOH). Дослідження процесу масовіддачі в рідкій фазі проводили при абсорбції двоокису вуглецю водою, по газовій фазі – абсорбцією аміаку.

Описано методики первинної та завершальної обробки експериментальних даних на ПЕОМ. Обробка даних проводилася шляхом лінійної апроксимації логарифмічних залежностей та регресійного аналізу. Проведено оцінку похибки експериментальних даних.

В третьому розділі наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень процесу гідродинаміки у ККП різних модифікацій (провальні тарілки з регулярними насадками розташованими безпосередньо на полотні тарілки та в міжтарілчастому просторі у верхній зоні коливання пінного шару). Описано режими взаємодії фазових потоків та характер їх розподілу по висоті контактної пристрою. Визначені оптимальні конструктивні параметри ККП. Наведено рівняння що описують поведінку пінного шару у вигляді мікроскопічних рівнянь безперервності, Нав'є-Стокса, кутових витрат та завихрення для течії.

Газова фаза надходить до ККП знизу (рис.4), проходить через отвори 1 провальних тарілок, взаємодіючи з рідкою фазою і потрапляє у вигляді постійно руйнуючих та оновлюючих пухирців та плівок в регулярну насадку 2, де приймає направлений під кутом рух. При цьому, завдяки конструкції насадки в центрі насадки, відбувається різнонаправлений до площини насадки рух всієї газорідинної фази з утворенням вихрів, а в основному об'ємі – за

рахунок нахилених ламелей – обертальних рух навколо осі апарату різнонаправлено для кожної наступної ламелі.

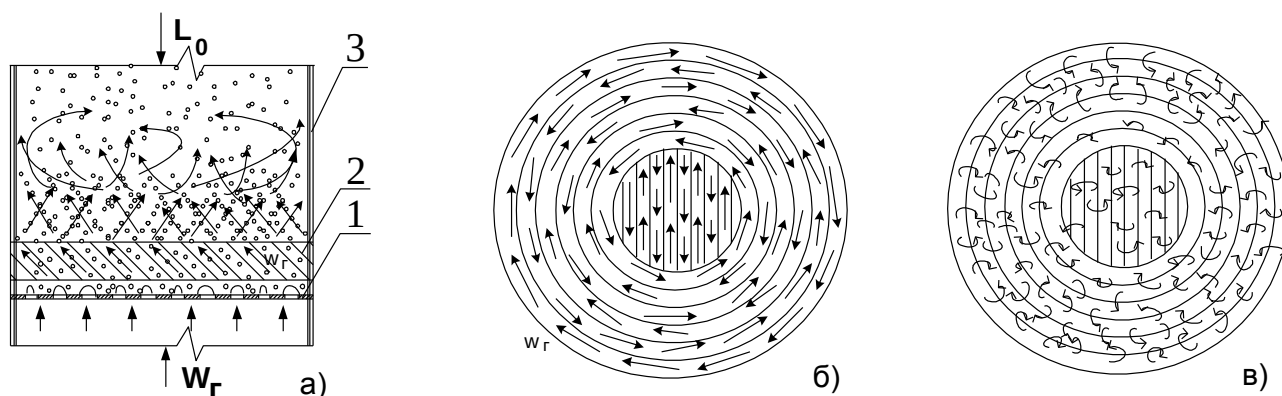


Рис. 4. Схема руху фаз у ККП:

- а) загальний вигляд ККП: 1 – провальна тарілка, 2 – насадка, 3 – колона;
б) скручування газорідних потоків, в) завихрення газорідних потоків.

Пінний шар в комбінованому контактному пристрої складається із газової та рідинної фаз, що задовольняють рівнянню руху і може розглядатися як суцільне середовище.

Дослідження структури пінного шару показало, що його структура у значній мірі залежить та змінюється від параметрів гідродинамічного режиму. Відомо, що в пінному режимі та в режимі вторинного піноутворення потоки, що взаємодіють знаходяться у вигляді різних комбінацій структурних елементів – пухирців, струменів і крапель, а при використанні насадки – і у вигляді плівки.

Під час проведення досліджень встановлено наступні зони газорідного шару комбінованого контактного пристрою (рис.5): для газорідної системи без використання насадки при роботі дрібнодірчастих тарілок газорідний шар не однорідний, включає в себе пустоти (великі газові пухирці), канали, мішки та факели, спостерігається також сильне розгойдування газорідного шару, що призводить до оголення полотна тарілки в деяких місцях і сприяє проскакуванню газу.

При застосуванні насадки Н1 (рис. 6,7) отримано однорідну газорідну високоструктуровану турбулізовану структуру. За допомогою насадки Н1 вдалося досягти скручування газових та рідинних потоків і відповідно рівномірного розподілу по всій площі перетину апарату, нівелювання байпасування та розгойдування газорідного шару, збільшити висоту піни, зменшити зону бризків та збільшити тим самим поверхню масообміну.

Застосування насадки Н2 обумовило значне зменшення зони бризків, оскільки ця насадка за рахунок своєї конструкції та входних ефектів, що в ній створюються на кінці кожної ламелі та нитки сітки, розподіляє захоплені бризки по всій геометричній поверхні і створює додаткову поверхню масообміну. Виявлено, що насадка Н2 повністю руйнує пінний шар, який потрапляє всередину, тому краще встановлювати її як бризковловлювач (рис.8).

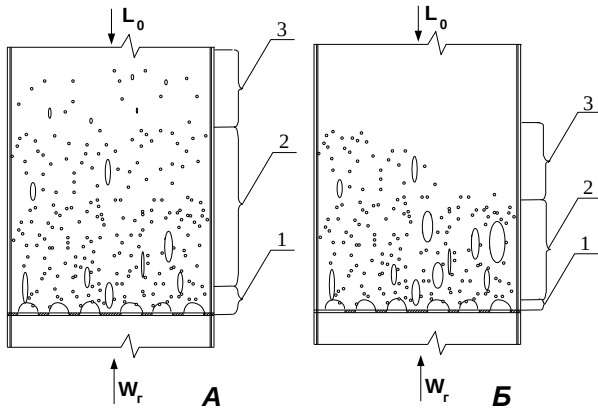


Рис.5. Газорідинний шар без використання насадок на крупнодірчастих тарілках:

А – звичайний режим; Б – розгойдування газорідинного шару. 1 – зона рушення газових потоків; 2 – зона газорідинного шару; 3 – зона бризків.

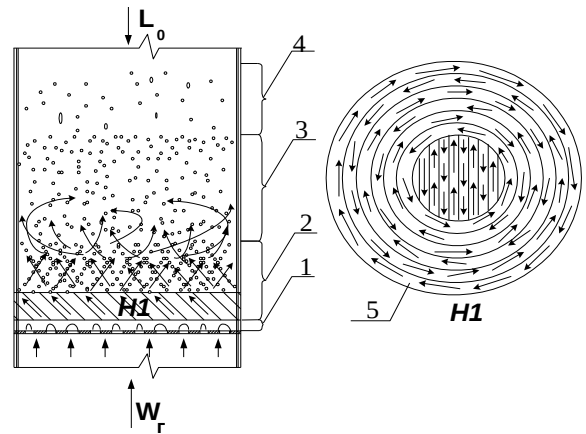


Рис.6. Газорідинний шар в ККП з використанням насадки Н1 (дрібнодірчасті тарілки): 1 – зона рушення газових потоків; 2 – зона турбулізації газорідинного шару; 3 – зона однорідного газорідинного шару; 4 – зона бризків; 5 – формування зони турбулізації газорідинного шару в регулярній насадці (вигляд зверху).

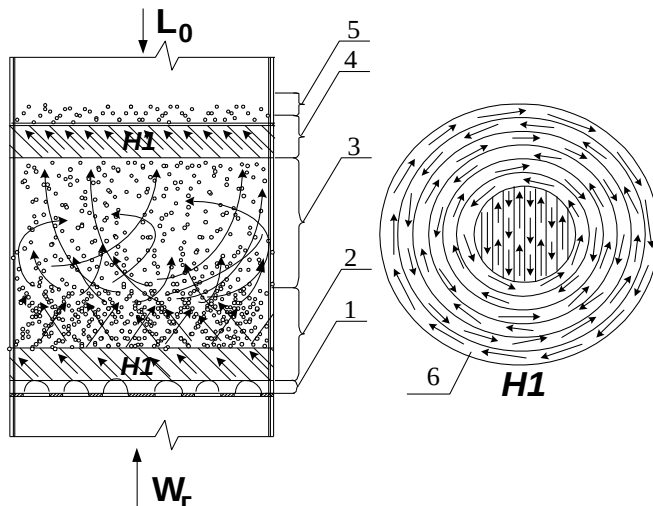


Рис.7. Газорідинний шар в ККП з використанням насадки Н1 (крупнодірчасті тарілки): 1 – зона рушення газових потоків; 2 – зона турбулізації газорідинного шару; 3 – зона однорідного газорідинного шару; 4 – зона другої турбулізації шару; 5 – зона бризків; 6 – формування зони турбулізації газорідинного шару в регулярній насадці (вигляд зверху)

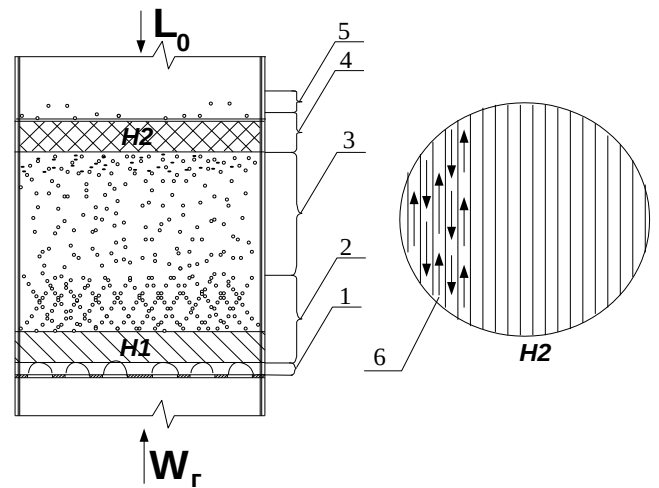


Рис.8. Газорідинний шар в ККП з використанням насадок Н1+Н2 (крупнодірчасті тарілки): 1 – зона рушення газових потоків; 2 – зона турбулізації газорідинного шару; 3 – зона однорідного газорідинного шару; 4 – зона другої турбулізації шару; 5 – зона бризків; 6 – формування зони турбулізації газорідинного шару в регулярній насадці Н2, гасіння піни (вигляд зверху)

Для досягнення найбільшої висоти газорідинного шару та однорідної піни у вигляді сот були проведено дослідження щодо визначення основних конструктивних параметрів комбінованого контактного пристрою з використанням насадки Н1 (рис. 9, 10, 11, 12). В результаті досліджень було встановлено, що оптимальними є такі параметри: висота блоку 30-60 мм, кут нахилу гофри до вертикальної осі 20-45°, кут між гранями гофри 80-100°, висота грані гофри 15-60 мм, ламель перфорована отворами 2-3 мм з кроком 6-9 мм в залежності від технологічних умов процесу.

Газовміст і поверхня контакту фаз грають найбільш важливу роль при вивченні процесів що відбуваються в системах газ-рідина, та визначають ефективність роботи контактного ступеня масообмінного апарату.

З досліджень багатьох авторів відомо, що зростання газовмісту до $\varphi_a=0,9$ призводить до „захливання” апарату. Це можна пояснити тим, що при досягненні критичного значення газовмісту $\varphi_a=0,75-0,8$ відбувається інтенсивне злиття пухирців, що чинить зміну режиму протитечійного руху, та зменшення поверхні контакту фаз. Під час застосування насадки Н1 в пінному шарі відбувається секціонування апарату, що призводить до затримування росту газовмісту.

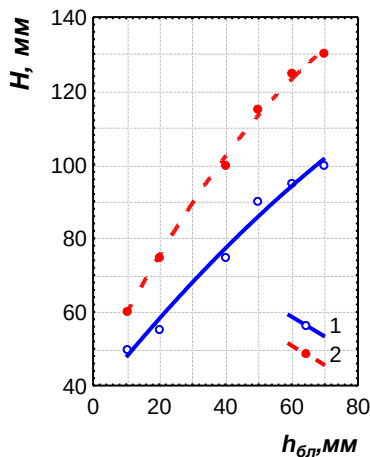


Рис. 9. Залежність висоти газорідинного шару від висоти Н1 ($h_{ол}$), мм : $S_o=0,18 м^2/м^2$, $d_o=5мм$, $L_o=5 м^3/м^2год$, 1 - $w_r=2,5м/с$; 2 - $w_r=3,0м/с$.

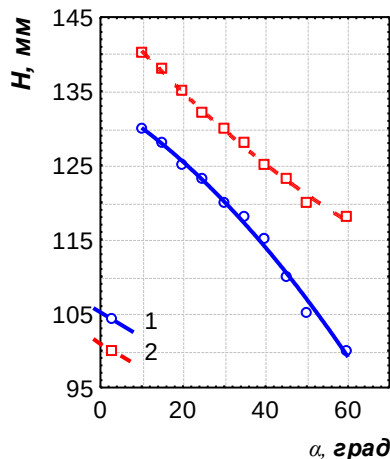


Рис. 10. Залежність висоти газорідинного шару від кута нахилу гофра Н1 (α), °: $S_o=0,18 м^2/м^2$, $d_o=5мм$, $L_o=5 м^3/м^2год$, 1 - $w_r=2,5м/с$; 2 - $w_r=3,0м/с$

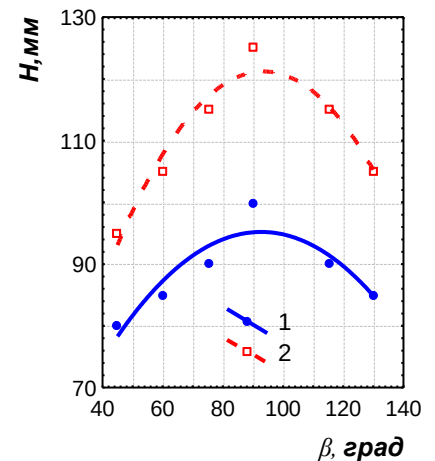


Рис. 11. Залежність висоти газорідинного шару від кута гофрування Н1 $\beta, °$: $S_o=0,18 м^2/м^2$, $d_o=5мм$, $L_o=5 м^3/м^2год$, 1 - $w_r=2,5м/с$; 2 - $w_r=3,0м/с$

При дослідженні висоти газорідинного шару в ККП з'ясувалось (рис. 9), що висота газорідинного шару зростає зі зростанням висоти блоку регулярної листової насадки Н1. Це обумовлено тим, що при використанні насадки вдалося досягти рівномірного розподілу турбулізованої піни завдяки вирівнювання концентраційних профілів, закручування газорідинних потоків, і тим самим уникнути масштабних пульсацій шару піни та утворення проскоку газу без взаємодії з рідиною. Подальше зростання висоти насадки приводить до пропорційного зростання гідравлічного опору, а підвищення ефективності роботи відбувається повільніше.

Із зростанням кута нахилу гофри насадки до горизонту (рис. 10.) – висота газорідинного шару поступово зменшується а гідродинамічний опір ККП зростає. Це зумовлено тим, що відбувається різке спрямування напрямку руху газорідинної системи під кутом до горизонту та часткове руйнування пінного шару.

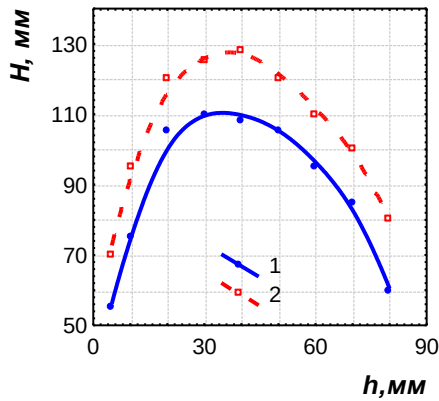


Рис. 12. Залежність висоти газорідного шару від висоти грані гофри Н1 h : $S_0=0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $d_0=5\text{мм}$, $L_0=5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{год}$, 1 - $w_r=2,5\text{м/с}$; 2 - $w_r=3,0\text{м/с}$

При визначенні співвідношення між вільним перетином провальної тарілки S_0 та вільним перетином стабілізатору ε виходили із необхідності досягти максимальної продуктивності контактного пристрою. Численні дослідження показали, що цій меті в найбільшій мірі відповідає значення співвідношення $\varepsilon/S_0 = 1,5$ (для насадки Н1).

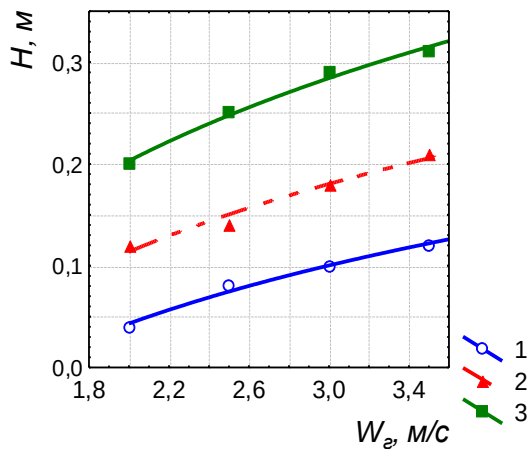
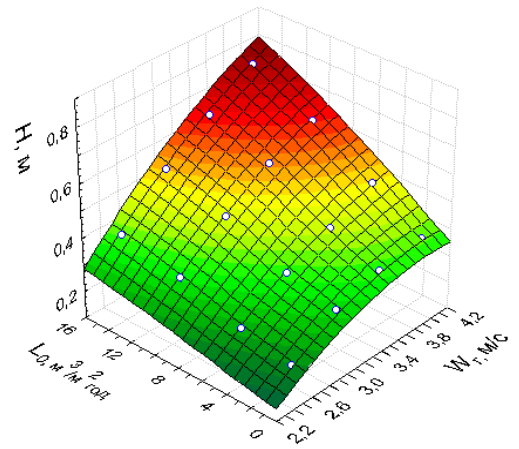


Рис. 13. Залежність висоти газорідного шару від швидкості газу в повному перетині апарата: $S_0 = 0,26 \text{ м}^2/\text{м}^2$; $d_e = 0,005 \text{ м}$; L_0 : – $10 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{год}$; 1 – без стабілізатору, 2 – із стабілізатором стільникового типу, 3 – ККП із насадкою Н1

Рис.14. Залежність висоти газорідного шару від швидкості газу в повному перетині апарата із насадкою Н1: $S_0=0,33 \text{ м}^2/\text{м}^2$; $d_e=0,04 \text{ м}$.



Дослідження технологічних факторів, які визначають висоту газорідного шару в комбінованому контактному пристрої показало, які найбільш характерними параметрами що впливають на висоту газорідного шару є швидкість газу, діаметр отворів тарілки, та вільний перетин апарата.

В результаті проведених досліджень та обробки експериментальних даних було отримано регресійну залежність для визначення висоти

газорідинного шару в комбінованому контактному пристрої з використанням дрібнодірчастих H_1 та крупнодірчастих H_2 тарілок (1), (2) відповідно:

$$H_1 = 1,68 W_{\bar{a}}^{0,75} \cdot L_0^{0,25} \cdot S_0^{-1,65} \cdot d_e^{-0,14} \cdot \rho_{\bar{a}}^{-1}, \text{ м}; \quad (1)$$

$$H_2 = 470,3 \cdot 10^{-4} \cdot W_{\bar{a}}^{1,5} \cdot L_0^{0,35} \cdot d_y^{0,8} \cdot S_0^{-2,15}, \text{ м}; \quad (2)$$

де, $W_{\bar{a}}$ - швидкість газу у вільному перетині апарату, м/с; S_0 - вільний перетин ККП, $\text{м}^2/\text{м}^2$; $d_{\bar{a}}$ - діаметр отвору тарілки ККП, м; L_0 - щільність зрошення, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$;

Відхилення розрахункових значень висоти газорідинного шару від експериментальних за формулами (1), (2) не перевищують 11% і 7% відповідно.

Гідравлічний опір комбінованого контактної пристрою та газорідинного шару, що створюється в ККП, залежить від режимних параметрів, зокрема від діаметру провальних тарілок, вільного перетину пристрою, масових витрат рідини та газу. Загальний вигляд гідравлічного опору контактної ступеня ККП із шаром піни визначається у вигляді рівняння:

$$\Delta P = P_{c\bar{e}\bar{m}} + P_{\sigma} + P_{\sigma}. \quad (3)$$

Де, $P_{c\bar{e}\bar{m}} = \zeta \frac{W_{\bar{a}}^2 \rho_{\bar{a}}}{2S_0}$ - опір сухого ККП; $P_{\sigma} = g \rho_{\sigma} \frac{W_{\bar{a}}^{\bar{a}} L_0^k}{S_0^n d_{\bar{a}}^m}$ - опір пінного шару в ККП; $P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{1,3d_{\bar{a}} + 0,06d_{\bar{a}}^2}$ - опір що виникає в результаті дії сил поверхневого натягнення.

В результаті обробки даних отримано емпіричне відношення для визначення середнього гідравлічного опору контактної пристрою:

$$\Delta \bar{P} = 6,8 W_{\bar{a}}^{0,75} \cdot L_0^{0,35} \cdot d_{\bar{a}}^{0,8} \cdot S_0^{-2,75}, \text{ Па}. \quad (4)$$

Величина середнього значення $\Delta \bar{P}$, що розрахована за формулою (4) відрізняється від експериментальних значень не більше ніж на 15%. Аналізуючи формулу (4), можна стверджувати, що на $\Delta \bar{P}$ найбільший вплив мають вільний перетин та швидкість газу в повному перетині апарату, що підтверджується залежністю на рис. 15.

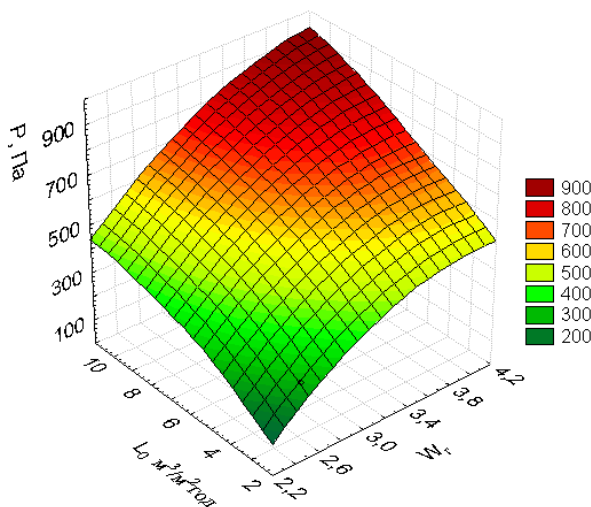


Рис. 15. Залежність гідравлічного опору від швидкості газу:
 $S_0 = 0,33 \text{ м}^2/\text{м}^2$; $d_e = 0,04 \text{ м}$.

Важливою характеристикою для колонних апаратів є бризковіднесення. Оскільки в ККП досягалися режими високотурбулізованої газорідинної піни, спостерігалось явище бризковіднесення. За результатами досліджень було визначено кількісну величину бризковіднесення, яка описується наступною емпіричною залежністю:

$$L_{\bar{a}} = 0,12 W_{\bar{a}}^{2,25} \cdot d_e^{0,36} \cdot S_0^{-0,18}, \text{ г/м}^3. \quad (5)$$

При встановленні регулярної насадки в верхній частині шару, заглибленої на 7-15 см, спостерігалось значне скорочення бризків.

Величина бризковіднесення на крупнодірчастих решітках з використанням двох насадок Н1 описується наступною регресійним рівнянням:

$$L_{\dot{a}(2)} = 0,18W_{\dot{a}}^{1,65} \cdot d_e^{0,45} \cdot S_0^{-0,20}, \text{ г/м}^3; \quad (6)$$

Отже, проаналізувавши залежності (5,6) можна зробити висновок, що найбільший вплив на бризковіднесення в ККП має швидкість газу у вільному перетині, навіть при подвійній стабілізації пінного шару.

У четвертому розділі представлено результати вивчення закономірностей кінетики масопередачі в рідкій і газових фазах у ККП.

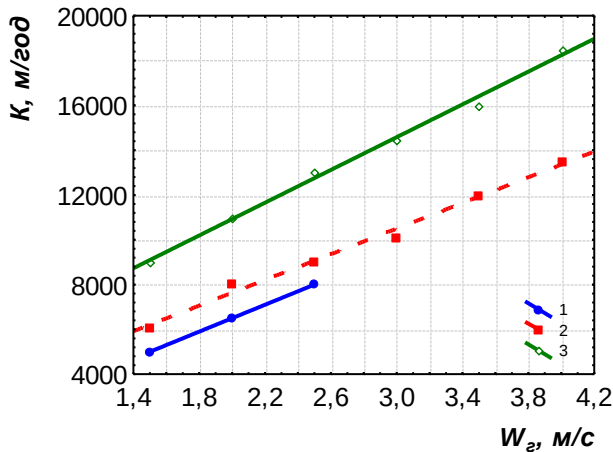


Рис. 15. Залежність коефіцієнта масо передачі в системі аміак–вода у комбінованому контактному пристрої від швидкості газу.: $L_0 = 5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$; 1 – $d_e = 0,005 \text{ м}$, $S_0 = 0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – без насадки Н1 2 – $d_e = 0,005 \text{ м}$, $S_0 = 0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – із насадкою Н1 3 – $d_e = 0,05 \text{ м}$, $S_0 = 0,20 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – із насадкою Н1

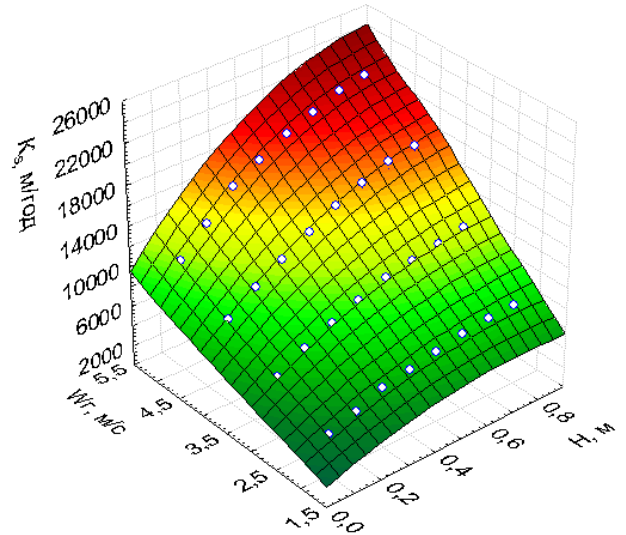


Рис 16. Залежність коефіцієнта масопередачі, віднесеного до площі тарілки від висоти газорідинного шару при різних швидкостях газу. Система аміак–вода; $d_e = 0,05 \text{ м}$, $S_0 = 0,20 \text{ м}^2/\text{м}^2$

В результаті обробки експериментальних даних було отримано залежність для визначення коефіцієнта масопередачі в газовій фазі K_s , м/год:

$$K_s = 4853W_{\dot{a}} \cdot H^{0,33}. \quad (7)$$

Як видно із рис 15, 16, швидкість газу має суттєвий вплив на висоту газорідинного шару та коефіцієнт масопередачі в ККП. Розбіжність в розрахункових та експериментальних даних за рівнянням (7) склала $\pm 15\%$.

Отже, ефективність процесу масообміну в ККП що працює в режимі високотурбулізованої піни підтверджує, що його конструкція призводить до інтенсивного перемішування взаємодіючих потоків, стримування газомісту і росту величини поверхні контакту фаз та швидкості їх оновлення.

У п'ятому розділі наведено рекомендації щодо удосконалення апаратурного оформлення для процесу абсорбції двоокису вуглецю та аміаку в промивачі повітря фільтрів у виробництві кальцинованої соди відділення абсорбції. Представлено вдосконалену конструкцію промивача повітря фільтрів з використанням нового комбінованого контактного пристрою. Обґрунтована методика розрахунку колонного апарату з використанням отриманих залежностей.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної задачі інтенсифікації процесу масопереносу при використанні турбулентної взаємодії фаз у процесі абсорбції. Процес абсорбції реалізовано в колонному апараті з використанням комбінованого контактного пристрою. У процесі досліджень отримані наступні висновки:

1. Аналіз літературних джерел показав, що принцип комбінування провальних, сітчастих, струйних тарілок із різними насадковими елементами (регулярні рулонні, пластинчаті, не регулярні (зважені) в колонних апаратах все частіше використовується для різних масообмінних процесів.

2. Експериментально та теоретично обґрунтовано та розроблено конструкцію комбінованого контактного пристрою, яка складається із провальної тарілки та регулярної листової насадки Н1.

3. Виявлено та досліджено існування різних зон газорідинної системи: рушення газових потоків, турбулізація газорідинних фаз в насадці Н1 при скручуванні і завихренні газорідинного шару, однорідної високотурбулізованої піни, бризків в комбінованому контактному пристрої.

4. Досліджено гідравлічний опір комбінованого контактного пристрою у широкому діапазоні навантажень по фазах і від конструктивних параметрів. Визначено граничні навантаження й області роботи комбінованого контактного пристрою. Виявлено кореляційну залежність що дозволяє розрахувати гідравлічний опір та сумарне віднесення рідини комбінованого контактного пристрою за різних робочих параметрах.

5. Виявлено закономірності переносу маси для газової та рідкої фаз при абсорбції добре і важкорозчинних газів водою в комбінованому контактному пристрої. Отримано залежність для визначення коефіцієнту масовіддачі від основних режимних і конструктивних параметрів: швидкості газу у вільному перетині апарату, щільності зрошення, вільного перетину ККП, діаметру отворів дірчастої провальної тарілки та фізико-хімічних властивостей системи.

6. Визначені області роботи та конструктивні характеристики комбінованого контактного пристрою: швидкість газу в апараті 1 – 4 м/с, навантаження по рідині 1 – 15 м³/м²·год, вільний перетин 0,18-0,30 м²/м², діаметр отворів провальної тарілки 0,005 – 0,04 м, висота блоку насадки Н1 – 30-60 мм, кут нахилу грані гофри до вертикальної осі 20-45 град, кут між гранями гофри – 95 град, висота грані гофри 30-60 мм, гофрована ламель перфорована отворами діаметром 2-3 мм з кроком 6-9 мм в залежності від параметрів технологічного процесу. Висота розташування насадки Н1 над полотном тарілки: для дрібно дірчастих тарілок Н_{ст} - 10-35 мм, для крупно дірчастих Н_{ст} - 60-80 мм.

7. Обґрунтовану методику розрахунку колонного апарату з використанням нового комбінованого пристрою в залежності від параметрів технологічного процесу, яка відрізняється врахуванням конструктивних особливостей ККП;

8. На основі отриманих даних в роботі обґрунтовано рекомендації що до удосконалення конструкції колонних апаратів новими комбінованими пристроями. Результати експериментальних досліджень, що представлені у вигляді графічних залежностей, отриманих регресійних відношень та методику розрахунку колонного массообмінного апарата із конструкцією ККП передано для впровадження в Державному науково-дослідному та проектному інституті основної хімії „НІОХІМ”, а також використовуються при проведенні навчального процесу на кафедрі ХТПЕ в НТУ „ХПІ”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Филенко О.Н. Улавливание компонентов газовых смесей на трубчатых решетках / В.Ф. Моисеев, О.Н. Филенко // Вісник Національного технічного університету ”Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ”ХПІ”, 2003.– № 13 – С. 78-85.

Здобувачем проведено дослідження роботи комбінованого контактного пристрою при вловлювання важко розчинних газів.

2. Филенко О.Н. Структурные параметры пенного слоя на мелкодырчатых противоточных решетках со стабилизатором / В.Ф. Моисеев, О.Н. Филенко, П.В. Кузнецов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: Технологічний центр, 2004. – № 4(10) – С. 84-88.

Здобувачем поведено дослідження структурних параметрів пінного шару. Вивчені закономірності газовмісту і параметри поверхні контакту фаз.

3. Филенко О.Н. Закономерности гидродинамики пенного слоя со стабилизатором / В.Ф. Моисеев, О.Н. Филенко, П.В. Кузнецов // Вісник Національного технічного університету ”Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ”ХПІ”, 2004.– № 39 – С. 64-71.

Здобувачем виявлено основні закономірності гідродинаміки пінного шару із стабілізатором на дрібнодірчатих протитечійних тарілках. Вивчено коливання газорідинного шару, встановлено функціональні залежності основних параметрів процесу.

4. Филенко О.Н. Взаємний вплив гідродинамічних і структурних параметрів на висоту газорідинного шару в комбінованому контактному пристрої. / В.Ф. Моисеев, О.М. Філенко, А.Ю. Масікевич. // Вісник Національного технічного університету ”Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ”ХПІ”, 2010.– № 44 – С. 78-82.

Здобувачем зроблено експеримент по дослідженні роботи комбінованого контактного пристрою що працює в режимі підвищеної турбулізації. Виведені розрахункові формули.

5. Пат. №73238 С2 Україна, МПК 7 B01D47/04. Пінний апарат / Шапоров В.П., Моисеев В.Ф., Бубликова Є.В., Філенко О.М.; заявник та власник патенту Шапоров В.П., Моисеев В.Ф., Бубликова Є.В., Філенко О.М.- № 2003109590; заявл. 24.10.2003 ; опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6, 2005 р.

Здобувачем запропоновано колонний пінний апарат із використанням комбінованого контактного пристрою та його варіанти конструкцій.

6. Філенко О.М. Створення ефективних малогабаритних установок для очистки технологічних рідин. /В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко. // Тези доп. Наукової конференції молодих вчених, аспірантів та студентів „Розроблення, дослідження, створення продуктів функціонального харчування, обладнання і нових технологій для харчової та переробної промисловості ” (Київ 22-24 квітня 2003р.) / Національний університет харчових технологій. – Київ: НУХТ, 2003. – С. 139.

Здобувачем представлено можливість створення малогабаритних установок з використанням комбінованого контактного пристрою.

7. Філенко О.М. Перспективы разработки современного оборудования с учетом экологической направленности / Є.В. Бубликова, В.І. Сіренко, В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко. // Тез. доп. II Міжнародної науково-практичної конференції “Екологія: освіта, наука, промисловість і здоров’я”. – Белгород. – 2004. – с. 131-132.

Здобувачем проаналізовано екологічні недоліки діючого обладнання для масообмінних процесів та запропоновано методи підвищення його ефективності зі збільшенням екологічної безпеки.

8. Філенко О.М. Очистка стічних вод в лакофарбовій промисловості при виробництві фенол-формальдегідних смол/ В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко. // Тези доп. Третьої міжнародної наукової конференції "Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки". Перспективи формування Пан'європейської Екологічної мережі / (Чернівці 21-26 травня 2004) Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці: Зелена Буковина, 2004. – С. 375-377.

Здобувачем запропоновано замінити тарілки ковпачкового типу комбінованими контактними елементами, що дасть змогу інтенсифікувати процес очистки та зменшити металоємність колони.

9. Філенко О.М. Развитие техники пинных абсорбционных аппаратов для пиловловливания и газоочистнения./ В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко, А.Ю. Масікевич, С.П. Негода. // Тези доп. четвертої міжнародної наукової конференції "Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки", / (Чернівці 5-6 травня 2005) Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці: Зелена Буковина, 2005. – С. 325-330.

Здобувачем проведено аналіз основних конструкцій стабілізаторів пінного шару. Запропоновано використовувати в якості стабілізатора пінного шару регулярну насадку, яка виготовлена із перфорованого листового матеріалу.

10. Філенко О.М. Гидродинамика высокоэффективного экологически-безопасного комбинированного контактного устройства для очистки отходящих газов./ В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко, Ю.В. Сиренко, П.В. Кузнецов. // Тезисы док. XIII международная научно-практическая конференция „Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”. /(Харьков 19-20 мая 2005) Національний технічний університет ”ХПІ”.– Харків: НТУ”ХПІ”, 2005. – С. 541.

Здобувачем проведено аналіз та дослідження основних гідродинамічних характеристик, запропоновано ряд емпіричних рівнянь.

11. Філенко О.М. Апаратура для очистки технологічних газів від аміаку та вуглекислого газу у виробництві кальцинованої соди. / О.М. Філенко, В.Ф. Моїсєєв, П.В. Кузнєцов. // Тези доп. п'ятої міжнародної наукової конференції "Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки", / (Чернівці 5-6 травня 2006) Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. – Чернівці: Зелена Буковина, 2006. – С. 311-313.

Здобувачем було запропоновано встановити в якості промивача повітря фільтрів відділення абсорбції новий пінний апарат з комбінованими контактними пристроями.

12. Філенко О.М. Вловлювання аміаку та парникових газів із застосуванням комбінованого контактного пристрою./ В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко. // Тези доп.: Першої Міжнародної (III Всеукраїнської) конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології, присвячена 11-річчю ХТФ, / (Київ, 23-25 квітня 2008), Національний технічний університет України «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2008. – С. 318.

Здобувачем представлено узагальнені дані по поглинанню аміаку та двоокису вуглецю у виробництві кальцинованої соди..

13. Філенко О.М. Вплив конструктивних та режимних параметрів на роботу комбінованого контактного пристрою при вловлюванні парникових газів./ В.Ф. Моїсєєв, О.М. Філенко. // Тези доповідей: XIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів, та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство». / (Київ, 19-23 травня 2010), Національний технічний університет України «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2010. – С. 270.

Здобувачем представлено результати дослідження поглинання двоокису вуглецю в залежності від швидкості газу, кількості зрошувальної рідини та вільного перетину апарату.

АНОТАЦІЇ

Філенко О.М. Закономірності гідродинамічних та масообмінних процесів очищення газових викидів содового виробництва у апараті з комбінованими контактними пристроями. – Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 2011 р.

Дисертаційну роботу присвячено виявленню основних закономірностей гідродинамічних та масообмінних процесів, що відбуваються в колонних апаратах, виявленню шляхів підвищення ефективності обладнання, виходячи з аналізу стадій і явищ, що лімітують процес. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень і виявлених закономірностей запропоновано науково-обґрунтовану конструкцію комбінованого контактної пристрою (ККП), що складається з дірчастої провальної тарілки та регулярної листової насадки. Розроблений ККП призначено для колонного апарату для здійснення процесів масообміну у системах газ-рідина.

Виявлено зони газорідного шару в ККП. Отримано емпіричні залежності для розрахунку гідродинамічних параметрів, ефективності роботи апарату від геометричних параметрів нового комбінованого контактної пристрою а також залежності для визначення параметрів процесу взаємодії систем газ-рідина, інтенсивності масопередачі. Запропоновано науково-обґрунтовану методику для розрахунку масообмінного колонного апарату із застосуванням комбінованого контактної пристрою.

Ключові слова: масообмін в газових і рідких системах, гідродинаміка, комбінований контактний пристрій, абсорбція, кальцинована сода, загальні основи розрахунку колонних апаратів.

Филенко О.Н. Закономерности гидродинамических и массообменных процессов очистки газовых выбросов содового производства в аппарате с комбинированными контактными устройствами. – Рукопись

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 - процессы и оборудование химической технологии. - Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", г. Харьков, в 2011 г.

Диссертационная работа посвящена выявлению основных закономерностей гидродинамических и массообменных процессов, которые происходят в колонных аппаратах, выявлению путей повышения эффективности оборудования, исходя из анализа стадий и явлений, которые лимитируют процесс. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований и обнаруженных закономерностей предложена научно-обоснованная конструкция комбинированного контактного устройства (ККП), которое состоит из дырчатой провальной тарелки и

регулярной листовой насадки. Разработан ККП предназначено для колонного аппарата для осуществления процессов массообмена в системах газ-жидкость.

Обнаружены зоны газожидкостного слоя в ККП. Получены критериальные зависимости для расчета гидродинамических параметров, эффективности работы аппарата от геометрических параметров нового комбинированного контактного устройства а также зависимости для определения параметров процесса взаимодействия систем газ-жидкость, интенсивности массопередачи. Предложена научно-обоснованная методика для расчета масообменного колонного аппарата с применением комбинированного контактного устройства.

Ключевые слова: массообмен в газовых и жидких системах, гидродинамика, комбинированное контактное устройство, абсорбция, кальцинированная сода, общие основы расчета колонных аппаратов.

Olesya M. Filenko Conformities to law of hydrodynamic and mass-transfer them processes of cleaning of gas extrass of soda production in a vehicle with the combined pin devices. - Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences on speciality 05.17.08 - processes and equipments of chemical technology. - National technical university the "Kharkiv polytechnic institute", Kharkiv, 2011.

Dissertation work is sanctified to the exposure of basic conformities to law of hydrodynamic and the mass-transfer processes of absorption that takes place in columnar vehicles, exposure of ways of increase of efficiency of equipment, coming from the analysis of the stages and phenomena that limit a process. It is in-process worked out and the new construction of the combined pin device that consists of hole failure dish and regular roll sheet attachment for a columnar vehicle during realization of processes of mass-transfer in the systems gas-liquid is comprehensively investigational.

The calcinated soda is one of major foods for chemical industry of Ukraine. Simultaneously with that, the production of soda has a row of considerable defects : in particular, imperfection of technology and equipment, that results in formation of plenty of wastes, extrass in an atmosphere and inefficient use of raw material. Gas streams, that contain an ammonia, dioxide of carbon, NO_x , SO_2 , dust, hatch from the technological cycle of soda production. Annually the soda plants of SIG throw out to 178 million, volumes meter cube of muddy gas streams, actual tasks are improvements of technology, apparatus and production with the aim of the maximal use of raw material.

In the separation of absorption of production of the calcinated soda as washer of gases the columnar vehicles with failure piattis, perforated by the large opening, are used. Their advantages: simplicity and cheapness of construction. To the defects it follows to take: uneven distribution of liquid on crossing of vehicle, as a result are unsteady office that results in прорыву of unrefined gas hours.

Improvement of apparatus registration of process of absorption of gases in the separation of absorption in washer of air of filters with the offered new construction of the combined pin device will allow to avoid the problems of uneven distribution of

liquid on pin degrees and to promote efficiency of mass-transfer at the comparatively insignificant increase of hydraulic resistance.

The combined pin device is a failure dish with set above her by regular sheet attachment that comes forward as a stabilizer of foamy layer. The stabilizer of foamy layer creates directed streams and tabbed environment on a dish, that intensifies mass-transfer and promotes the productivity of vehicle due to smoothing of concentration profiles, turbulization of gas-liquid environment on piattis, creation of additional surface of contact of phases and organization of transversal interfusion of environment on them.

Found out the zones of gas-liquid layer in CPD. Dependences are got for the calculation of hydrodynamic parameters, efficiency of work of vehicle from the geometrical parameters of the new combined pin device and also dependence for determination of parameters of process of co-operation of the systems gas-liquid, intensities of mass-transfer. A scientifically-reasonable mathematical-empiric model is offered for the calculation of mass-transfer of columnar vehicle with application of the combined pin device.

Keywords: mass-transfer in the gas and liquid systems, hydrodynamics, combined pin device, absorption, calcinated soda, general bases of calculation of columnar vehicles.

