

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису

НЕСТЕРОВ Олександр Павлович

УДК 663. 63. 067

**КОАГУЛЯЦІЯ ДРІВНОДИСПЕРСНИХ
ФЕРОМАГНІТНИХ ЧАСТОК В АПАРАТІ
З ПУЛЬСУЮЧИМ ЗЕРНИСТИМ ШАРОМ**

Спеціальність 05.17.08 - Процеси, машини та апарати
хімічних та нафтопереробних виробництв.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996

АВ 34.906

Дисертація є рукописом

Робота виконана на кафедрі машин та апаратів хімічних виробництв Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Науковий керівник - доктор технічних наук
Павліцев Марат Іванович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук
Яхно Олег Михайлович
- кандидат технічних наук
Яцков Микола Васильович

Провідна організація - Інститут газу НАН України

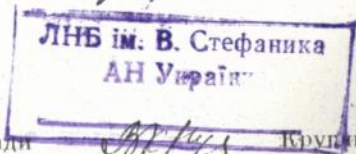
Захист відбудеться "20" червня 1996 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01. 02. 11 в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" за адресою: 252056, м. Київ - 56, проспект Перемоги, 37, ауд. 212, корп. 21.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"

Автореферат розісланий "19" червня 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради



Крупницька В.Я.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00754636 (V)

АНОТАЦІЯ

В роботі вивчено процес магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з пульсуючим зернистим шаром, який призначено для очистки газових викидів від частинок аерозолу в процесах хімічної технології, при виробництві магнітної плівки, магнітополімерів, порошкових полімерних красок, а також у зварювальному та ливарному виробництвах.

В роботі розроблена структура процесу магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок. Побудована математична модель процесу. Визначена функція розподілу розмірів скоагульованих частинок аерозолу. Розроблена методика, створені алгоритм та програма розрахунку магнітного коагулятора з поршневим псевдозрідженим зернистим шаром. Проведена ідентифікація параметрів та встановлена адекватність моделі магнітної коагуляції.

Створено спосіб та конструкцію магнітного коагулятора, що захищено патентом України та а.с. СССР.

Виготовлена та пройшла позавідомчі випробування установка продуктивністю 100 м³/г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність проблеми. Високі темпи розвитку виробництва супроводжуються забрудненням навколишнього середовища шкідливими речовинами, які є відходами виробництва. Це негативно впливає на біологічні умови існування людини, рослинність, визиває корозію матеріалів. Захист навколишнього середовища є актуальною науково-технічною та соціальною проблемою. Серед різних промислових газових викидів одними з найбільш шкідливих та найбільш складних з точки зору їх очистки є викиди з розмірами частинок від 0,1 до 1 мкм (тобто однодоменні). Вони є складовою частиною відходів у виробництві магнітної плівки, магнітополімерів, порошкових полімерних красок, зварювальному та ливарному виробництвах.

Одним з перспективних методів очистки газових викидів від високодисперсних частинок є метод магнітної коагуляції з використанням магнітних властивостей цих частинок.

Мета роботи є вивчення основних закономірностей та математичне моделювання процесу магнітної коагуляції високодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з поршне-

вим псевдозрідженим зернистим шаром, створення науково-обумовленого методу його розрахунку, розробка на цій основі апарату для його здійснення .

Для досягнення вище згаданої мети необхідно вирішити такі задачі:

1) провести системний аналіз структури процесу магнітної коагуляції високодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з поршневим псевдозрідженим зернистим шаром;

2) побудувати математичну модель процесу;

3) провести аналіз дисперсного складу скоагульованих частинок аерозолі;

4) провести ідентифікацію математичної моделі процесу;

5) розробити методику і скласти алгоритм розрахунку апарату для коагуляції високодисперсних феромагнітних частинок аерозолі;

6) розробити конструкцію апарату і визначити раціональні режими його роботи.

Робота виконувалась по завданню ДНТК України №02.03.00/010 - 95 "Розробка та впровадження в виробництво нового класу саморегенеруючихся магнітних фільтрів для вловлювання дрібнодисперсних твердих часток з газових викидів різних виробництв".

На захист виносяться наукові положення: а) структура процесу магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з пульсуючим зернистим шаром; б) математична модель процесу магнітної коагуляції; в) функція розподілу розмірів скоагульованих частинок зварювального аерозолі; г) методика, алгоритм та програма розрахунку магнітного коагулятора з поршневим псевдозрідженим зернистим шаром; д) спосіб та конструкція магнітного коагулятора для очистки газових викидів від дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок.

Наукова новизна роботи. Побудована структура процесу магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з пульсуючим зернистим шаром, яка складається з розгляду наступних питань: 1) динаміка поршневого режиму псевдозрідження; 2) осадження дрібнодисперсних і скоагульованих феромагнітних твердих частинок на зерна насадки; 3) руйнування шару зерен насадки з утворенням скоагульованих частинок аерозолі;

Створена структура процесу осадження дрібнодисперсних і скоагульованих феромагнітних твердих частинок на зерна насадки, яка складається з трьох рівнів: 1) осадження частинок аерозолу в поперечному полідисперсному шарі насадки; 2) осадження частинок аерозолу в поршні (сукупності шарів); 3) осадження частинок аерозолу в апараті.

Побудована математична модель процесу магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з пульсуючим зернистим шаром з немагнітного матеріалу.

Визначена функція розподілу розмірів скоагульованих частинок аерозолу;

Розроблена методика, створені алгоритм та програма розрахунку магнітного коагулятора з поршнеvim псевдозрідженим зернистим шаром.

Визначені дотичні напруги тертя спокою зерна насадки з поверхнею стінки апарату і сили зчеплення між зернами насадки.

Створено спосіб та розроблена конструкція апарату призначеного для магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок.

Практичне значення. Отримані рівняння магнітної коагуляції і результати експериментальних досліджень процесу, дозволили розробити і провести випробування магнітного коагулятора, призначеного для очищення газових викидів від дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок.

Складено алгоритм та програму розрахунку магнітного коагулятора.

Реалізація роботи. Результати роботи стали складовою частиною комплексу заходів по розробці установки, призначеної для очищення газових викидів зварювального виробництва від дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок, яка включає в себе магнітний коагулятор та циклон. Виготовлена та пройшла позавідомчі випробування установка продуктивністю 100 м³/г.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідались і обговорювались: - на II звітній науково-технічній конференції з пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки "Охорона навколишнього природного середовища", яка проводилась Державним комітетом України з питань науки і технологій та Національною Радою з питань науки і технологій 17-18 грудня 1993 р. в Українському науковому гігієнічному центрі МОЗ

України, м. Київ; - на конференції "Проблеми якості атмосфери та охорона повітряного басейну" яка проводилась в Українському Домі економічних та науково-технічних знаній 27 - 29 квітня 1993 р. м. Київ; - на конференції "Захист повітряного середовища від забруднення промисловими викидами та покращення санітарно - гігієнічних умов праці на заводах УНК "Укрсільхозмаш" (м. Одеса, 1993 р.)

Публікації. Зміст дисертаційної роботи був опублікований в 9 друкованих працях, в їх числі авторське свідоцтво та патент України.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота викладена на 126 сторінках і складається з вступу, п'яти розділів, висновків та додатку, включає 17 малюнків та 7 таблиць. Список літератури складається з 83 найменування.

З М І С Т Р О Б О Т И

В роботі проведено аналіз літературних джерел про властивості вискодисперсних феромагнітних твердих частинок аерозолі, процесу очистки газових викидів від вищеназваних частинок, процесу поршнеутворення та процесу утворення скоагульованих частинок аерозолі при руйнуванні шару зерен насадки. Приведено обґрунтування вибору динамічної структури зернистого шару насадки, мета та задачі роботи.

Для опису процесу магнітної коагуляції запропоновано використати системно-структурний підхід, який дозволив виділити основні елементи процесу та побудувати його структуру, яка складається з динаміки поршневого режиму псевдозрідження, осадження дрібнодисперсних і скоагульованих феромагнітних твердих частинок на зерна насадки, руйнування шару зерен насадки з утворенням скоагульованих частинок аерозолі.

Процес осадження дрібнодисперсних і скоагульованих феромагнітних твердих частинок на зерна насадки складається з трьох рівнів: осадження частинок аерозолі в поперечному полідисперсному шарі насадки, осадження частинок аерозолі в поршні (сукупності шарів), осадження частинок аерозолі в апараті.

Для визначення умов, при яких утворюється поршневий режим псевдозрідження, було розглянуто умови рівноваги для шару зерен насадки (поршню) перед відривом від основної маси на висоті h від верхньої границі в апараті круглого перерізу з

діаметром D , коли знизу, крізь розподільну сітку рівномірно подавався газ для очищення з швидкістю U .

Для відриву шару зерен насадки (поршня) від основної маси на висоті h від верхньої границі за рахунок динамічної дії газового потоку потрібно подолати силу ваги зерен насадки, силу зчеплення між зернами по перерізу апарату, а також дотичні напруги тертя спокою зерен насадки з поверхнею стінки апарату. Умова рівноваги в даному випадку буде мати такий вигляд:

$$\Delta P * \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * D^2}{4} * \rho * h + \rho_n * g * \frac{\pi * D^2}{4} * h + \pi * D * h * \tau \quad (1)$$

Для визначення гідравлічного опору використовуємо залежність:

$$\Delta P = K_a * K_c * \frac{\rho * U^2}{2} * \frac{h}{d_k} \quad (2)$$

$$K_c = 1.53 * \frac{E}{30} \quad (3)$$

$$K_a = 0,3 + \frac{4,2}{Re} + \frac{1}{Re^{0,7}} \quad (4)$$

Середній діаметр каналу між зернами насадки виражаємо через пористість шару E та кількість зерен в одиниці об'єму N_v :

$$d_k = \frac{E^{0,5}}{N_v^{(1/3)}} \quad (5)$$

При зростанні швидкості потоку газу U вище критичної U_k відбувається відрив шару зерен насадки. Утворюється поршень з висотою h_k , яку можна визначити з рівняння (1), якщо облічити значення ΔP з формули (2)

$$h_k = \frac{D * \rho * \left(\frac{K_a * K_c * \rho * U_k^2 * D}{2 * d_k} - 4 * \tau - \rho_n * g * D \right)}{\rho} \quad (6)$$

Після відриву першого поршня з верхньої частини насадки частина зерен насадки що залишилася опиниться у такому ж стані, що було описано вище, і буде утворено ще один поршень,

а за ним і наступний, доки уся система не перетвориться в багатопаровий "сандвіч", який буде мати вигляд поршнів насадки розділених газовими "пробками".

Під час переміщення поршнів відбувається осипання зерен насадки з нижніх шарів кожного поршня. Швидкість падіння зерен насадки відносно стінки апарату визначимо по залежності:

$$U_z = \frac{2 * \mu * V}{9 * a * \rho_r * (1 + 0,0955 * V^{0,5})} - U_s, \quad (7)$$

$$V = \frac{a^3}{\mu^2} * \rho_r * (\rho_n - \rho_r) * g * E^{(19/4)}$$

Швидкість переміщення границі поршня відносно стінки апарату:

$$U_s = \frac{si}{\rho_n * V * (1 - E_0)}, \quad (8)$$

$$(1 - E_0) = \frac{si * (1 - E_0)}{si + \rho_n * V^2 * (1 - E_0)} \quad (9)$$

Залежності (1) - (9) описують динаміку поршневого режиму псевдозрідження. При цьому висота кожного поршня знаходиться по формулі (6), а рух поршня починається при швидкості $U > U_k$.

Для розгляду питання про осадження частинок аерозолу на зерна насадки було розділено кожний поршень насадки на i_n горизонтальних шарів , при чому висота кожного шару дорівнює середньому діаметру зерен насадки $d_{зр}$.

Кількість горизонтальних шарів у поршні визначимо по формулі :

$$i_n = h_k / L_s \quad (10)$$

В процесі фільтрування газу, який містить в собі частинки аерозолу з магнітною компонентою, відбувається осадження частинок аерозолу на зерна насадки. Основними механізмами осадження є: інерція, зачеплення, дифузія та дія магнітних сил. При чому осадження дрібнодисперсних феромагнітних частинок відбувається переважно за рахунок магнітних сил, що генеруються самими дрібнодисперсними феромагнітними частинками.

Сумарна ефективність вловлювання частинок аерозолію під дією різних механізмів осадження описується рівнянням:

$$N = 1 - (1 - N_{stk}) * (1 - N_R) * (1 - N_D) * (1 - N_M) * \dots \quad (11)$$

Для розрахунку сумарного впливу трьох механізмів осадження інерції, зачеплення та дифузії використовуємо рівняння:

$$N_Q = \frac{6}{Sc^{(2/3)} * Re_c^{(1/2)}} + \frac{3 * R^2}{Re_c^{(1/2)}} \quad (12)$$

$$R = d_c / (2 * a) \quad (13)$$

Враховуючи (12) формула (11) матиме вигляд:

$$N = 1 - (1 - N_Q) * (1 - N_M) \quad (14)$$

Коли розмір частинок аерозолію більше середнього шляху пробігу молекул газу, коефіцієнт дифузії в критерії Шмідта виражаємо як функцію розміру частинок:

$$D_c = \frac{CK * k_b * T_r}{3 * \Pi * \mu * d_c} \quad (15)$$

При $d_c < l_i$ коефіцієнт дифузії розраховуємо по рівнянню, запропонованому Лангмюром:

$$D_c = \frac{4 * k_b * T_r}{3 * \Pi * d_c^2 * \rho_r} * \left(\frac{8 * P_r * T_r}{\Pi * M_r} \right)^{0,5} \quad (16)$$

Поправка Кеннінгема-Міллікена розраховується по рівнянню:

$$CK = 1 + \frac{2 * l_i}{d_c} * \left(1,257 + 0,4 * e^{(-1,1 * \frac{d_c}{2 * l_i})} \right) \quad (17)$$

В свою чергу l_i можна знайти по формулі:

$$l_i = \frac{\mu}{\rho_r} * \left(\frac{\Pi * M_r}{2 * R_r * T_r} \right)^{0,5} \quad (18)$$

В залежності (12) критерій Рейнольдса для частинки аерозолію обчислюємо по формулі:

$$Re_c = \frac{d_c * \rho_n * W}{\mu * E_o * 2} \quad (19)$$

Пористість шару насадки.

$$E = (V_0 - (V_{\text{ч}} + V_{\text{аэр}})) / V_0 \quad (20)$$

Загальний об'єм шару.

$$V_0 = \pi * D^2 * L_s / 4 \quad (21)$$

Об'єм зерен насадки

$$V_{\text{ч}} = 4 * \pi * a^3 * n / 3 \quad (22)$$

$$n = V_0 * N_v \quad (23)$$

Об'єм осаджених частинок аерозолю за час t_c

$$V_{\text{аэр}} = M_a / \rho_a \quad (24)$$

Маса осадженого аерозолю за час t_c

$$M_a = (C_n - C_k) * W_{\Gamma} \quad (25)$$

Об'єм газу очищеного в шарі насадки за час t_c

$$W_{\Gamma} = \pi * D^2 * U * t_c / 4 \quad (26)$$

Час існування поперечного шару насадки

$$t_c = L_s / U_z \quad (27)$$

Ефективність осадження частинок аерозолю під дією магнітних сил обчислюємо по залежності:

$$NM-1-EXP(-L_s * (\frac{0,00434 * m_0 * K_1 * d^2 * N_k^{(2/3)} * G_a}{\mu * U_{\phi} * a^{(2/3)}})^{(3/2)}) \quad (28)$$

Формули (10) - (28) дають повний математичний опис процесу осадження феромагнітних твердих частинок на поверхню зерен поперечного шару насадки висотою L_s і можливість розрахувати коефіцієнт коагуляції для кожної фракції частинок аерозолю, пористість та гідравличний опір для кожного шару насадки.

Ефективність вловлювання при очищенні потоку газу в поршні визначається як сума ефективностей осадження на кожному поперечному шарі:

$$N_p = \sum_{i=1}^{i_k} (C(i) / C_n(i)), \quad (29)$$

Необхідно відзначити, що при розрахунку ефективності осадження на кожному поперечному шарі, концентрація частинок аерозолю на вході в наступний шар буде дорівнювати концентрації на виході з попереднього шару.

$$C_n(i) = C_k(i - 1) \quad (30)$$

При руйнуванні попереднього шару насадки концентрація на вході в наступний шар визначається по формулі:

$$C_n(i) = C_k(i-1) + C_r(i-1) \quad (31)$$

Концентрація частинок аерозолі при руйнуванні попереднього шару

$$C_{r(i-1)} = M_{a(i-1)} / W_r, \quad (32)$$

Маса частинок аерозолі $M_{a(i-1)}$, осаджених на шарі насадки визначається по формулі (25).

В наслідок руйнування нижніх шарів поршню відбувається процес відділення від зерен насадки скоагульованих частинок аерозолі.

Визначено, що функція розподілу скоагульованих частинок аерозолі підпорядковується закону

$$P(d) = A * d^{K_s} \quad (33)$$

Максимальний розмір частинок аерозолі d_{max} , утворених при руйнуванні шару насадки, можна визначити, якщо припустити, що d_{max} прямо пропорційний масі осадженого аерозолі:

$$d_{max} = K * M_a, \quad (34)$$

Доказ вірності цього припущення обґрунтовується в розділі 4.

При побудові математичної моделі були використані залежності авторів: Галин Л.А., Гупало Ю.П., Черепанов Г.П. -(7-9); Степанюк А.Р. -(2, 28).

На основі математичної моделі процесу магнітної коагуляції складено методику, алгоритм та програму розрахунку магнітного коагулятора з поршнеvim псевдозрідженим зернистим шаром. Метою розрахунку магнітного коагулятора є знаходження по відомим величинам НДВ і НДК, початкової концентрації частинок аерозолі, геометричних властивостей насадки, - конструктивних розмірів апарату.

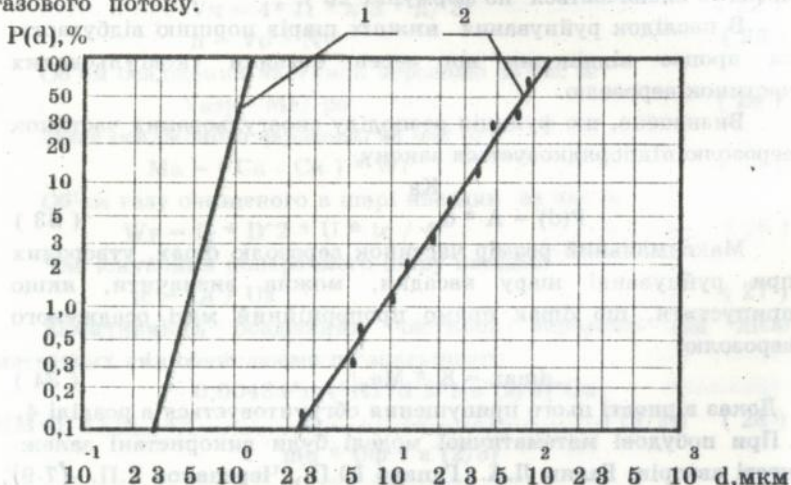
Проведена ідентифікація параметрів та встановлена адекватність математичної моделі. Приведено схеми та опис установок, викладено методику проведення досліджень.

Встановлено, що для розрахунку процесу справедливі математичні формули (2, 7-9, 11, 12, 15-18, 28).

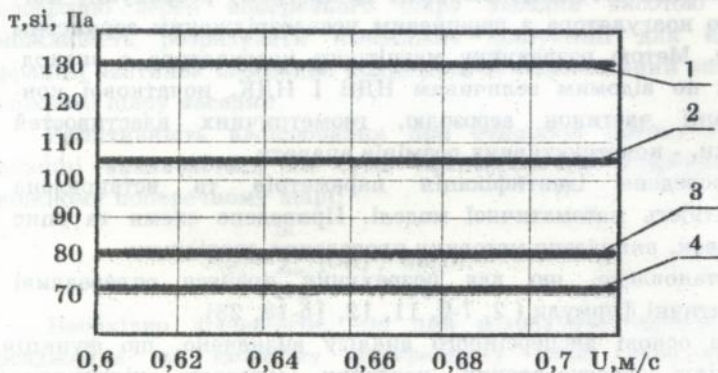
На основі дисперсійного аналізу визначено, що функція розподілу скоагульованих частинок аерозолі підпорядковується закону (33), для частинок зварювального аерозолі коефіцієнти мають таке значення $K_s = 1,80$, $A = 0,021$ (мал. 1). Визначені дотичні напруги тертя спокою зерен насадки з поверхнею стінки апарату і сили зчеплення між зернами

насадки (мал. 2) та залежність висоти поршнів h_k , які утворюються, від швидкості газового потоку U (мал. 3).

Встановлено, що дотичні напруги тертя спокою та сила зчеплення між зернами насадки не залежать від швидкості газового потоку.

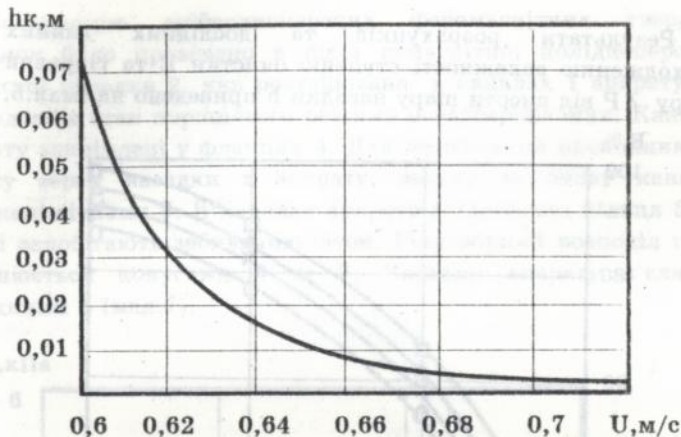


Мал.1. Розподіл розмірів d частинок зварювального аерозолі. (1 - до коагуляції; 2 - після коагуляції)



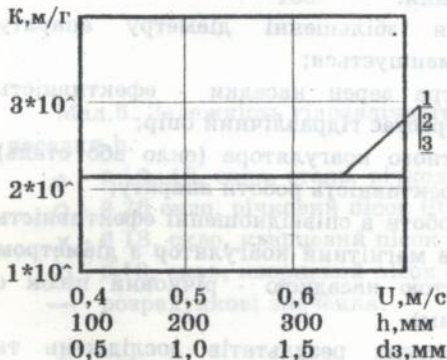
Мал. 2. Залежність дотичних напруг тертя спокою зерен насадки τ з поверхнею стінки апарату та сили зчеплення між зернами насадки si від швидкості газу U .

1 - $\tau = f(U)$ - без частинок аерозолі; 2 - $\tau = f(U)$ - з частинками аерозолі; 3 - $si = f(U)$ - без частинок аерозолі; 4 - $si = f(U)$ - з частинками аерозолі;



Мал. 3. Залежність висоти поршнів h які утворюються від швидкості газового потоку U .

Знайдено коефіцієнт пропорційності максимального розміру частинок аерозолю, утвореного при руйнуванні шару насадки до маси осадженого аерозолю. Для коагуляції частинок зварювального аерозолю він становить $K = 2069$ г/м (мал. 4). Встановлено, що коефіцієнт пропорційності K - не залежить від швидкості газового потоку U , висоти шару h , діаметра зерен насадки d_z .



Мал.4. Залежність коефіцієнта пропорційності K від швидкості газового потоку U , висоти шару h , діаметра зерен насадки d_z .

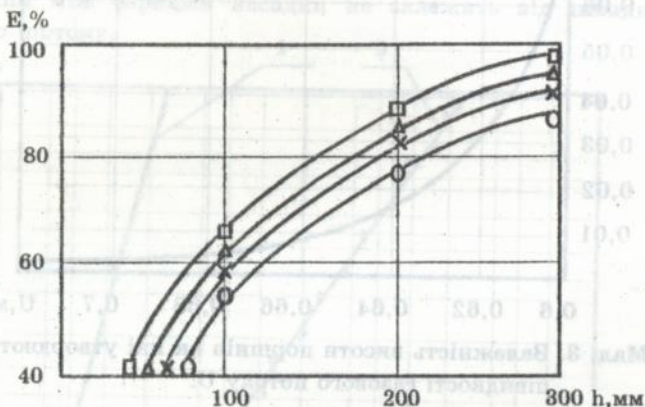
1 - $K = f(U)$;

2 - $K = f(h)$;

3 - $K = f(d_z)$;

Проведено перевірку адекватності математичної моделі.

Результати розрахунків та дослідних даних по знаходженню залежності ступеню очистки E та гідравлічного опору ΔP від висоти шару насадки h приведено на (мал.5, 6).



Мал.5. Залежність ефективності роботи установки E від висоти шару насадки h .

△ - \varnothing 16, 18, скло, сталь, річковий пісок (0,5 - 1,6 мм);

○ - \varnothing 26 скло, річковий пісок (0,5 - 1,6 мм);

× - \varnothing 18, скло, кварцевий пісок (1 - 2 мм);

□ - \varnothing 18, скло, кварцевий пісок (0,5 - 1 мм);

— - розрахункові значення.

Встановлено що: при збільшенні діаметру апарату ефективність його роботи зменшується;

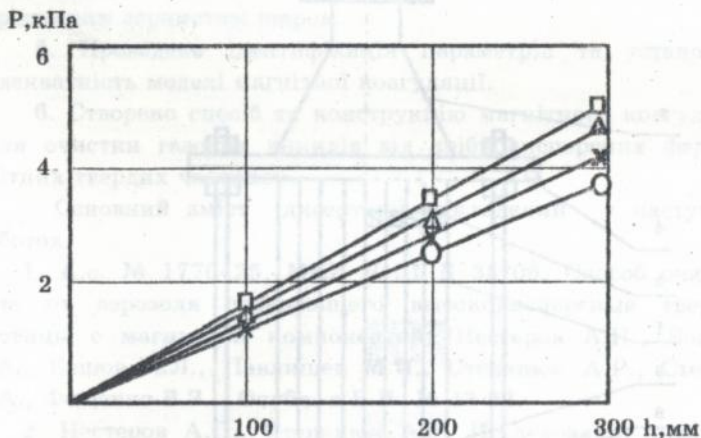
при зменшенні діаметра зерен насадки - ефективність збільшується, но набагато зростає гідравлічний опір;

матеріал стінки магнітного коагулятора (скло або сталь) практично не впливає на ефективність роботи апарату;

найкращі результати роботи в співвідношенні ефективність - гідравлічний опір показав магнітний коагулятор з діаметром каналу - 16 мм і зернистою насадкою - річковий пісок с розмірами зерен (0,5 - 1,6 мм).

На основі вищеприведених результатів досліджень та розрахунків розробленого способу коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в магнітному коагуляторі з поршневим псевдозрідженим зернистим шаром, створена конструкція апарату для його здійснення.

Коагуляцію дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок було проведено в шарі немагнітної полідисперсної зернистої насадки 2, яка розташована в каналах 1 апарату та приведена в стан поршневого режиму цсевдозрідження. Канали апарату закріплені у фланцях 4. Для запобігання висипання та виносу зерен насадки з апарату, зверху та знизу канали обмежені сітками 3. В каналах апарату встановлені кільця 5 та 9, які запобігають забиванню сіток. Рівномірний розподіл газу здійснюється конусами 6 та 7. Частина апарату з'єднані стержнями 8 (мал.7).



Мал.6. Залежність гідралічного опору ΔP від висоти шару насадки h .

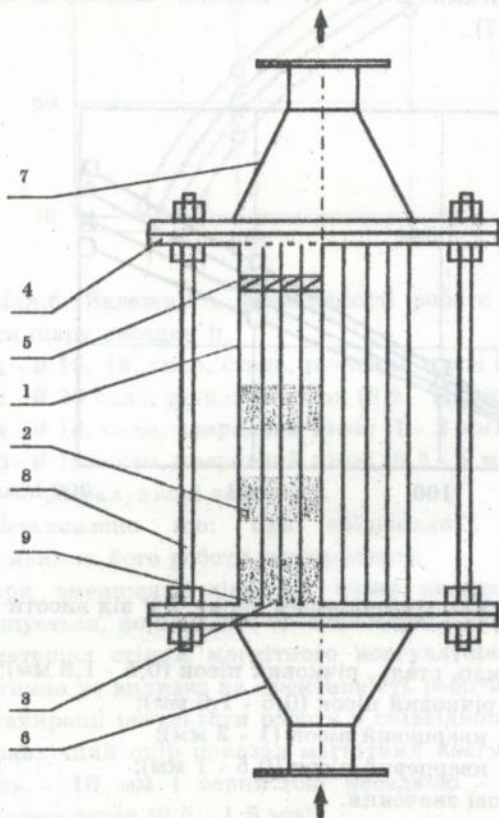
- △ - \varnothing 16, 18, скло, сталь, річковий пісок (0,5 - 1,6 мм);
- - \varnothing 26 скло, річковий пісок (0,5 - 1,6 мм);
- x - \varnothing 18, скло, кварцевий пісок (1 - 2 мм);
- - \varnothing 18, скло, кварцевий пісок (0,5 - 1 мм);
- - розрахункові значення.

Розроблена конструкція магнітного коагулятора має такі переваги: відсутність зовнішнього джерела магнітного поля та рухомих частин, безперервність в роботі, простота конструкції, відсутність рухомих частин, низькі капітальні та експлу-

таційні витрати, надійність, висока питома продуктивність, вловлює високодисперсні частинки.

На спосіб очистки газу від високодисперсних частинок аерозолі який вміщує високодисперсні тверді частинки з магнітною компонентою отримано патент України та а.с. СРСР.

Виготовлена та пройшла позавідомчі випробування установка продуктивністю $100 \text{ м}^3/\text{г}$.



Мал.7. Магнітний коагулятор.

- 1 - канал; 2 - насадка; 3 - сітка; 4 - фланець; 5 - кільце;
6, 7 - конуси; 8 - стержні; 9 - кільце.

В И С Н О В К И

1. Розроблена структура процесу магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з пульсуючим зернистим шаром.

2. Побудована математична модель процесу магнітної коагуляції дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок в апараті з пульсуючим зернистим шаром.

3. Визначена функція розподілу розмірів скоагульованих частинок аерозолю.

4. Розроблена методика, створені алгоритм та програма розрахунку магнітного коагулятора з поршневим псевдо-зрідженим зернистим шаром.

5. Проведена ідентифікація параметрів та встановлена адекватність моделі магнітної коагуляції.

6. Створено спосіб та конструкцію магнітного коагулятора для очистки газових викидів від дрібнодисперсних феромагнітних твердих частинок.

Основний зміст дисертації викладений у наступних роботах.

1. А.с. № 1776425, МКИ В 01 Д 35/06. Способ очистки газа от аэрозоля содержащего высокодисперсные твердые частицы с магнитной компонентой /Нестеров А.П., Вознюк Т.А., Ершов А.Л., Павлицев М.И., Степанюк А.Р., Степура В.А., Феценко В.З. - Опубл. в Б.И. № 43-92.

2. Нестеров А.П., Степанюк А.Р. Исследование процесса улавливания высокодисперсных частиц в зернистом слое. Киев. политех. ин-т.- Киев, 1994 - 7с.: ил. - Деп. в ГНТБ Украины № 390-Ук95 от 16.02.95 г.

3. Нестеров А.П., Павлицев М.И. Определение эффективности работы магнитного коагулятора с поршневым псевдооживленным зернистым слоем.- Киев. политех. ин-т.- Киев, 1995 - 8с.: ил.- Библиогр. 6 назв. - Деп. в ГНТБ Украины № 419-Ук95 от 17.02.95 г.

4. Нестеров А.П., Павлицев М.И. Математическая модель процесса магнитной коагуляции высокодисперсных ферромагнитных твердых частиц. - Нац. техн. ун-т Украины "Киев. политех. ин-т".- Киев, 1996 - 12с.: ил.- Библиогр. 7 назв. - Деп. в ГНТБ Украины № 239-Ук96 от 10.01.96 г.

5. Нестеров А.П., Павлицев М.И., Вознюк Т.А. Экспериментальные исследования процесса поршнеобразования в

магнитном коагуляторе с зернистым слоем. - Нац. техн. ун-т України "Київ. політех. ін-т".- Київ, 1996 - 9с.: іл.-Бібліогр. 2 назв. - Деп. в ГНТБ України № 815-Ук96 от 01.04.96 г.

6. Нестеров А.П., Павлицев М.И., Вознюк Т.А. Испытания магнитного коагулятора. - Нац. техн. ун-т України "Київ. політех. ін-т".- Київ, 1996 - 6с.: іл. - Деп. в ГНТБ України № 814-Ук96 от 01.04.96 г.

7. Патент України № 95031134, МКИ В 01 Д 35/06.Спосіб очистки газу від частинок аерозолі який вміщує високодисперсні тверді частинки з магнітною компонентою/ Нестеров О.П., Павлицев М.І., Вознюк Т.А., Феценко В.З.

8. Нестеров А.П., Павлицев М.И., Вознюк Т.А. Очистка сварочных выбросов производств цветных металлов от аэрозолей./ Тезисы докладов семинара " Проблемы качества атмосферы и охрана воздушного бассейна".- Київ.- 1993 г.

9. Нестеров А.П., Павлицев М.И., Вознюк Т.А., Гладкий В.Н. Очистка газовых выбросов производств цветной металлургии от жидких и твердых аэрозолей./ Тезисы доклада семинара "Защита воздушной среды от загрязнения промышленными выбросами и улучшение санитарно-гигиенических условий труда на заводах УНК "Укрсельхозмаш"- г. Одесса.- 1993г.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Rz - радіус зерна насадки, м; Ra - радіус частинки аерозолі, м;
d₀ - діаметр частинки аерозолі, м; D - діаметр апарату, м;
h - висота шару зерен насадки, м; Ls - довжина шару, м;
C - концентрація частинок аерозолі, кг/м³; E - пористість шару;
E₀ - локальна пористість; g - прискорення сили тяжіння, м/с²; l - середня довжина пробігу молекул газу, м;
Ma - маса аерозолі, кг; m₀ - магнітна стала, Гн/м; N - координатне число; η - ефективність осадження; N_v - кількість зерен в одиниці об'єму, 1/м³; n - кількість зерен насадки; ΔP - гідравличний опір, Па; P - тиск, Па; ρ - щільність, кг/м³; R - відношення діаметрів частинок аерозолі та зерна насадки; si - сила зчеплення зерен насадки, Па; T - температура, К; t - час, с; U - швидкість, м/с; V - об'єм, м³; A - стала; D_c - коефіцієнт дифузії, м/с²; K - коефіцієнт пропорційності; K₁ - магнітний фактор; K_s - показник ступіня; m_и - динамічний коефіцієнт вязкості, Па*с; τ - дотичні напруги тертя спокою, Па.

Нестеров А.П. Коагуляция высокодисперсных ферромагнитных частиц в аппарате с пульсирующим зернистым слоем. Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 - процессы, машины и аппараты химических и нефтеперерабатывающих производств. Национальный технический университет Украины "КПИ", Киев, 1996.

В работе исследован процесс магнитной коагуляции высокодисперсных ферромагнитных твердых частиц в аппарате с поршневым псевдооживленным зернистым слоем. Разработан способ и структура процесса. Построена математическая модель. Установлена функция распределения размеров скоагулированных частиц аэрозоля. Разработана методика, составлены алгоритм и программа расчета магнитного коагулятора с поршневым псевдооживленным зернистым слоем. Разработана конструкция и определены рациональные режимы работы магнитного коагулятора, предназначенного для использования в процессах химической технологии, сварочном и литейном производствах.

Nesterov A.P. The high-dispersion ferromagnetic solid particles magnetic coagulation process in apparatus with piston fluidized grain bed. Manuscript. Dissertation for degree competition of technical science candidate on speciality 05. 17. 08. - process, machines and apparatus of chemical and oil refining productions. National technical university of Ukrain "KPI", 1996.

The present work considers the high-dispersion ferromagnetic solid particles magnetic coagulation process in apparatus with piston fluidized grain bed. You can find here the mathematic model, the structure and the method of the process. Also, the size distribution function of the coagulated aerosol particles is established. Besides this the methodic, the algoritm and the programme of the magnetic coagulator with piston fluidized grain bed computing are desinged. The construction and the optimal work conditions of the coagulator are developed in this paper. The magntic coagulator with puston fluidized grain bed is applied to chemical technology processes, welding and casting industry.

Ключові слова: коагуляція, дисперсність, ферромагнетик, псевдозрідження, частинка, зерна, шар.



447690

