

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ШВИДКИЙ МИКОЛА ІВАНОВИЧ

УДК 622.799.7 : 621.929.9 : 628.5 : 697.94

**НАУКОВІ ОСНОВИ, СПОСОБИ І СИСТЕМИ
КОМПЛЕКСНОГО ОЧИЩЕННЯ ПИЛОГАЗОВИХ
ВИКИДІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Спеціальність: 05.26.04 - “ Технічні засоби захисту
навколишнього середовища “

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

м. Кривий Ріг - 1997 р.

504

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00738128 (Т)

Дисертація є рукопис
Робота виконана в Українському державному науково-дослідному інституті безпеки праці та екології в гірничорудній і металургійній промисловості (НДІБПГ).

Науковий консультант,
доктор технічних наук

Гагауз Пилип Георгійович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, проф. Бересневич Петро Васильович

доктор технічних наук, проф. Голинько Василь Іванович

доктор технічних наук, проф. Крикунов Геннадій Миколаєвич

Провідна організація - Науково-дослідний та проектний інститут по збагаченню і агломерації руд чорних металів "Механобрчормет"

Захист відбудеться "26" червня 1997 р. о/4 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 16.01.03 в Криворізькому технічному університеті за адресою: 324002, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "26" травня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, професор

Фаустов Г.Т.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Рудопідготовчі та металургійні підприємства, що переробляють величезну кількість мінеральної сировини, є потужними джерелами пилових і газових забруднювань атмосфери. Шкідливі речовини в великій кількості викидаються також з відхідними газами підприємств кольорової металургії, хімічних заводів, теплових електростанцій та ін.

Особливо високий рівень пилогазових викидів характерний для агломераційних, окомкувальних фабрик гірничо-збагачувальних комбінатів, а також доменних, конверторних і мартенівських цехів металургійних заводів, де основними шкідливими речовинами є дрібнодисперсні аерозолі, оксиди вуглецю, азоту і сірки. Тільки підприємствами Мінпрому України щороку в атмосферу викидається більше п'яти мільйонів тонн пилогазових шкідливих речовин.

Високоєфективне очищення великих об'ємів технологічних і аспіраційних викидів від дрібнодисперсного пилу (менше 5 мкм) - складна технічна проблема, яка до цього часу поки що не вирішена в достатній мірі.

Раніше розроблені для окремих газоподібних шкідливих викидів абсорбційні, адсорбційні, каталітичні та термічні методи очищення - недостатньо ефективні, енергоємні і тому неекономічні.

Безперспективність цих напрямків пов'язана також і з тим, що, по-перше, самі процеси очищення різних газів, які містяться в такій складній суміші, в ряді випадків, несумісні, і, по-друге, практично неможливо розділити шкідливості на окремі складові.

Економічно і технічно виправданим є удосконалення озонних способів знешкодження пилогазових викидів шляхом одночасного їх очищення від дрібнодисперсного пилу, оксидів вуглецю, азоту і сірки.

Головними причинами, що перешкоджають використанню методів окислення озоном нижчих газоподібних шкідливостей до вищих для посилення їх реакційноздатності, є їх чутливість до складу домішок у відхідних газах, недостатні надійність, селективність процесів, стабільність роботи та значна енергоємність озонуючих установок, в яких використовуються відомі електричні розряди.

Тому процеси пилоочищення, генерації плазми, озону і знешкодження шкідливих речовин повинні здійснюватися комплексно з мінімальними енерговитратами, собівартістю і високою ефективністю.

Необхідні реагенти для очищення відхідних газів повинні бути не дорогими, а кінцеві продукти придатними до використання в народному господарстві і нешкідливими для людини та навколишнього середовища.

Мета роботи - зниження рівня шкідливих викидів в атмосферу шляхом створення систем комплексного очищення пилогазових шкідливостей.

Основна ідея полягає в використанні встановлених в роботі закономірностей впливу висококонцентрованих фізичних полів на шкідливі викиди для здійснення їх ефективного очищення від пилу з одночасним окисленням і нейтралізацією газоподібних домішок.

Наукові положення, які захищаються в роботі:

1. Глибоке очищення пилогазового потоку від шкідливих речовин в одній плазмоутворюючій установці досягається шляхом проведення послідовних процесів виділення пилу, утворення вищих оксидів і їх нейтралізації.

2. Рух уніполярного заряду великої потужності через пилогазовий потік створюється шляхом витягання зарядів з зони плазмоутворення в робочий канал апарата високовольтним електричним полем постійного потенціалу. Характер руху заряджених часток в зоні плазмоутворення визначається часом їх виникнення (іонізації) у змінному електричному полі, що зумовлює модуляцію їх швидкості і густини потоку в робочому каналі, при цьому параметри уніполярного заряду і густина часток визначаються умовами на границі зони плазмоутворення.

3. Закономірності процесів очищення пилогазових потоків від пилу визначаються конфігурацією суперпозиційних електричних (постійного і змінного) та магнітного полів, що зумовлюють створення магнітоелектричного уловлювача для утримання в ньому заряджених часток. Траєкторії пилових часток, інтенсивність їх коагуляції та умови утримання в магнітоелектричному уловлювачі цілком визначаються питомими силовими параметрами суперпозиційного поля.

4. Домінуючим фактором, який забезпечує інтенсивне виділення пилу в коаксіальній системі електродів, є зустрічне

закручення запиленого потоку і електричного поля, конфігурація котрого задається кроком внутрішнього гелікоїдального електрода, вміщеного в зовнішній циліндричний електрод.

5. Процеси інерційного осадження пилу в пиловиділяючих розетках, що мають сепараційні кармани попереднього відбору пилу, визначаються виключно їх глибиною, інерційним критерієм Стокса і розподілом часток пилу в поперечному перерізі потоку.

6. Система факелоутворюючих електродів забезпечує генерацію ствольно-дифузного розряду, стійкість якого у пилогазовому потоці визначається особливою формою анодів і способом їх живлення, оснований на стабілізації параметрів розряду за допомогою інерційних елементів.

7. Виключною особливістю встановленого ствольно-дифузного розряду є його вид, інтенсивна об'ємна іонізація газу, генерація озону і атомарного кисню. При цьому він забезпечує однапрямленість плазмохімічних реакцій утворення вищих оксидів з газоподібних шкідливих речовин.

Наукова новизна результатів роботи та їх значимість полягає в тому, що:

— розроблений і обґрунтований метод інтенсивної іонізації газу, де зона плазмоутворення, яка створена високовольтним полем змінного потенціалу, вміщена у високовольтне поле постійного потенціалу і є потужним джерелом уніполярних зарядів перетинаючих пилогазовий потік. Це дозволило одержати регульовану систему, в котрій необхідні параметри постійного електричного поля робочого каналу апарата забезпечуються через цілеспрямовану деформацію границі зони плазмоутворення;

— встановлені закономірності руху заряджених часток в суперпозиційних електричних і магнітних полях, в результаті чого розкриті як механізми гальмування, зупинення часток в напрямку початкового руху, так і цілеспрямованого їх виділення і утримання в магнітноелектричному уловлювачі для різних значень питомих силових параметрів полів;

— для коаксіальної системи електродів розкриті механізми процесу інтенсивного виділення пилу, що забезпечується зустрічним закрученням пилогазового потоку і електричного поля, конфігурація якого задається кроком внутрішнього

гелікоїдального електрода, вміщеного у зовнішній циліндричний електрод;

— сформульована і вирішена задача про обтікання запиленним потоком пиловідділяючого кармана сепараційної розетки, в результаті чого виявлені закономірності інерційної сепарації пилових часток, що дозволяють через цілеспрямоване регулювання параметрами процесу ефективно відділити пил від найбільш запиленої частини газового потоку;

— встановлені закономірності збудження нового високовольтного електричного розряду (ствольно-дифузного), визначені його місце у ряду відомих розрядів, область і умови стійкого його існування;

— розкритий механізм протікання плазмохімічних процесів при окисленні низчих оксидів вуглецю, азоту і сірки до вищих за участю озону і атомарного кисню при обробці пилогазового потоку ствольно-дифузним розрядом;

— розроблений і обґрунтований метод комплексного очищення пилогазових викидів в одній плазмоутворюючій установці шляхом послідовного проведення процесів виділення пилу, окислення газоподібних шкідливостей та їх нейтралізації.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій обґрунтована: вибором фізичних моделей, що базуються на фундаментальних положеннях з області плазмохімії, магнітно-електро-газодинаміки, механіки аерозолей, електротехніки; обсягом і сучасною методологією експериментів в лабораторних і промислових умовах; врахуванням реальних умов застосування аеродинамічних, електромагнітних і плазмохімічних процесів в дослідно-промислових газопилоочисних установках; порівнянністю результатів теоретичних досліджень з даними експериментальних вимірювань автора дисертації та інших авторів; даними промислових випробувань нової технології, засобів і систем комплексного очищення пилогазових викидів підприємств гірничометалургійного комплексу України.

Практичне значення роботи полягає в тому, що:

— розроблений комплекс нових технічних засобів для очищення пилогазових шкідливих речовин: магнітноелектрична система пилоуловлювання з суперпозиційним електричним і магнітним полями, апарат комплексного очищення газу,

дослідний зразок системи комплексного очищення пилогазових викидів;

— розроблена нова безвідхідна технологія і система комплексного очищення промислових викидів від пилу та газоподібних шкідливостей.

Реалізація роботи. На основі виконаних досліджень розроблена технічна і конструкторська документація для виготовлення і проектування систем очищення пилогазових викидів:

— Методичні вказівки щодо вибору оптимальних пилоуловлюючих апаратів для очищення повітря на гірничорудних підприємствах (інститут ВНДІБПГ, Мінчормет СРСР, Кривий Ріг, 1982 р.);

— Дослідно-конструкторська документація з розробки системи комплексного очищення вентиляційних викидів фабрик огрудкування залізних руд для поліпшення умов праці робітників Кривбасу (Д-787, ДКБ Київського НДІ ГП і ПЗ, МОЗ УРСР, Кривий Ріг, 1988 р.);

— Робоча документація на комплекс засобів для очищення пилогазових викидів гірничозбагачувальних комбінатів (Д-859, ДКБ Київського НДІ ГП і ПЗ, МОЗ УРСР, Кривий Ріг, 1989 р.);

— Робоча документація на систему комплексного очищення пилогазових викидів СКОГ (Д-859, ДКБ Київського НДІ ГП і ПЗ, МОЗ УРСР, Кривий Ріг, 1990 р.);

— Техніко-економічне обґрунтування промислової установки системи комплексного очищення аглогазів. Технічні заходи щодо пилоочищення, хімічного очищення і утилізації шламу аглокорпуса № 1 аглофабрики ПГЗК (Арх. № 31258-ПЗ, НВО “Енергосталь”, Мінмет СРСР, Харків, 1991 р.);

— Технологічне завдання на розробку технології комплексного очищення аглогазів (Арх. № 03037, НВО “Енергосталь”, Мінмет СРСР, Харків, 1991 р.);

— Проект системи комплексного очищення аглогазів від пилу і хімічних шкідливих речовин, що включає проекти: пилоочищення (Арх. № 31286-ТХ); газоочищення (Арх. № 31286-1); вапняного господарства і очищення шламових стоків (Арх. № 46019-ТХ); металоконструкцій (Арх. № 7807-КМ), а також пояснювальну записку (Арх. № 31286-1-ПЗ) і завдання на виконання суміжних частин (Арх. ІК-31286-1), (НВО “Енергосталь”, Мінмет України, Харків, 1993 р.).

Розроблені зразки магнітоелектричної системи (МЕС) пилоуловлювання з комплексним суперпозиційним електричним і магнітним полями МЕФ-1 і МЕФ-2 впроваджені і передані в експлуатацію для очищення аспіраційних викидів на дільниці грохотів холодного агломерату Новокриворізького ГЗК.

Розроблені експериментальні апарати комплексного очищення газу АКОГ і дослідний зразок системи комплексного очищення газу СКОГ пройшли приймальні випробування при очищенні агломераційних викидів Південного ГЗК.

Апробація роботи. Основні положення і результати дисертації викладені і позитивно оцінені на: Міжгалузевій науково-технічній конференції “Ефективні засоби контролю і очищення технологічних, вентиляційних і транспортних викидів в атмосферу” (м.Волгоград, 1976 р.), Республіканській науково-технічній конференції “Господарський механізм раціонального природовикористання при видобутку корисних копалин” (м.Кохтла-Ярве, 1980 р.), Всесоюзній конференції “Прискорення науково-технічного прогресу в промисловості будівельних матеріалів і будівної індустрії” (м.Белгород, 1987 р.), II Всесоюзній науково-технічній конференції “Аеродисперсні системи і коагуляція аерозолей” (м.Караганда, 1988 р.), Республіканській науково-технічній конференції “Проблеми і досвід охорони навколишнього середовища в республіці” (м.Дніпропетровськ, 1990 р.), Всесоюзному науково-технічному семінарі “Шляхи поліпшення охорони праці на металургійних підприємствах” (м.Челябінськ, 1990 р.), Всесоюзній науково-технічній конференції “Удосконалення технології гірничого підприємства для зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище” (м.Кривий Ріг, 1991 р.), Науково-практичній конференції “Екологія і здоров’я” (м.Кривий Ріг, 1991 р.), Міжрегіональній науково-практичній конференції “Проблеми охорони навколишнього середовища і шляхи їх вирішення” (м.Запоріжжя, 1991 р.), Міській конференції “Екологія Кривбасу - проблеми і перспективи” (м.Кривий Ріг, 1993 р.), 4-й Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми охорони праці і техногенноекологічної безпеки” (м.Севастополь, 1996 р.), засіданнях науково-технічної ради НДІБПГ (1976-1997 рр.), технічних нарадах підприємств.

Публікації. На тему дисертації опубліковано 46 наукових робіт і отримано 7 авторських свідоцтв на винахід.

Обсяг і структура дисертації. Робота складається з вступу, 8 розділів, висновку і додатку, викладена на 282 сторінках машинописного тексту і вміщує 118 рисунків, 20 таблиць, бібліографічний список з 204 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Стан питання і завдання досліджень

Сумарне надходження шкідливих речовин в атмосферу від всіх джерел в світі складає близько 1 млрд. т, а в Україні - 10 млн. т, до того ж 90 % з яких припадає на газоподібні компоненти і 10 % - на пил. Кожні 10 років рівень забруднювань повітряного басейну збільшується вдвічі, масштаби їх в ряді регіонів України досягли критичного рівня. Майже півтори тисячі підприємств в Україні перевищують гранично допустимі норми викидів.

Хімічний склад відхідних газів надто різноманітний: в повітряне середовище надходить до мільйона різних видів забруднювань. Основними домішками є оксид вуглецю (32 %), діоксид сірки (15 %), вуглеводні (12 %), пил (10 %) і оксиди азоту (5 %).

Потужними джерелами забруднення атмосфери є підприємства чорної металургії (20-25 %). Більше половини викидів припадає на оксид вуглецю, майже 20 % - на пил, по 10 % - на оксиди сірки і вуглеводні, решта - на оксиди азоту та інші домішки.

Агломераційне, окомкувальне, мартенівське і конверторне виробництва, а також ТЕС - одні з основних осередків забруднення повітряного басейну, викиди яких крім пилу, включають також оксид вуглецю, сірчистий ангідрид і оксиди азоту. Концентрація шкідливих викидів, наприклад, для агломераційного виробництва знаходиться в діапазоні 8-10 г/м³ при обсязі відхідних газів 2500 м³ на 1 т аглошихти.

Якщо проблема очищення виробничих викидів від крупнодисперсного пилу технічно вирішується, то питання вловлювання дрібнодисперсних частинок аерозолі та багатьох газів поки що залишається відкритим.

Як у вітчизняній, так і в зарубіжній практиці (Російської Федерації, США, ФРН, Франції, Японії) для очищення викидів, що мають багатокомпонентний склад шкідливих речовин, пропонується застосовувати електричні апарати

абсорбційним, або адсорбційним знешкодженням шкідливих газоподібних компонентів.

Однак остаточно питання вискоєфективного очищення технологічних і аспіраційних виробничих викидів, в тому числі агломераційних газів, від дрібнодисперсного пилу, оксидів вуглецю, азоту і сірки до цього часу не вирішена.

Застосування для очищення газоподібних компонентів термokatалітичних способів їх окислення ускладнюється тим, що вони вимагають, по-перше, глибокого очищення викидів від пилу (до 10-20 мг/м³). В протилежному разі, зерна каталізатора та проміжки між ними забиваються частками пилу і каталізатор різко знижує активність. По-друге, низький ступінь очищення газів, отруєння каталізаторів і їх закоксування, високий аеродинамічний опір (до 3000 Па і вище), а також вартість каталізаторів, виготовлених з платини, паладію і ванадію, великі енерговитрати на підігрів газу (до 300-600°C), висока вартість очищення, низька надійність пилогазоочисних установок роблять неекономічними каталітичні методи знешкодження.

В зв'язку з тим, що до цього часу відсутні освоєні промисловістю установки комплексного знешкодження пилогазових викидів, практично всі газоподібні шкідливості надходять в атмосферу без очищення, що примушує і зараз вирішувати проблеми щодо їх розсіювання в атмосфері.

Надзвичайно актуальна проблема знешкодження низькоконцентрованих викидів порівняно великих обсягів (близько 100-500 тис.м³/год.) в усіх галузях народного господарства, особливо, в гірничометалургійному комплексі.

Оцінка ефективності різних способів і засобів, з точки зору перспективності їх розвитку і застосування для комплексного очищення пилогазових викидів, показала, що існуюче уявлення щодо механізмів діяннн н. шкідливі компоненти і конфігурація силових полів, зумовлених конструкцією пилогазоочисних апаратів, не є оптимальними і достатньо ефективними.

По-перше, істотного підвищення вимагає рівень енергії поля для ефективного його діяннн на пилові і газоподібні шкідливості, по-друге, необхідна суперпозиція (накладення) декількох силових полів, що мають різну природу, і, по-третє, потрібна розробка механізмів діяннн сил не на весь пилогазовий потік, а тільки на шкідливості, котрі вміщуються в ньому.

Для досягнення поставленої в дисертації мети були сформульовані такі завдання досліджень:

- розробити і науково обґрунтувати принципи створення висококонцентрованих комплексних силових полів, що селективно впливають на тверді і газоподібні шкідливості, в напрямку ефективного їх знешкодження;

- розробити енергозберігаючі засоби для ефективного заряджання і виділення аерозольних часток із запилених потоків в суперпозиційних комплексних електричних і магнітних полях, а також розкрити і узагальнити основні закономірності цих процесів;

- розробити, дослідити і науково обґрунтувати закономірності існування принципово нового виду високовольтного електричного розряду, що стійко генерує плазму, озон і атомарний кисень у великих обсягах пилогазових потоків, малочутливого до дестабілізуючих його фізико-хімічних властивостей і складу викидів, для нейтралізації шкідливостей будь-якої концентрації в газовій фазі;

- створити нову технологію і розкрити механізми плазмохімічного окислення газоподібних шкідливих речовин шляхом їх обробки газовим розрядом великої потужності з подальшою нейтралізацією;

- розробити експериментальні, дослідні і промислові установки та системи для високоефективного комплексного очищення пилогазових викидів промислових підприємств.

Розробка і дослідження способу і засобів інтенсивної іонізації газу

В дисертації вперше розроблені і досліджені метод і пристрій, які забезпечують проведення цілеспрямованої суперпозиції силових полів, в результаті чого зона іонізації газу і зона витягнення уніполярного заряду (робочий канал) розділені. Для утворення зони інтенсивної іонізації газу суперпозиційного поля найбільш доцільно застосування бар'єрного іонізуючого розряду, що збуджується високовольтним змінним електричним полем. На рис.1 наведена схема такого пристрою, де показана зона 5 інтенсивної іонізації газу між круглими електродами 1 і 2, до яких підводиться змінна висока напруга, а також зона 4 спрямованого руху уніполярних зарядів між плазмою і пластиною 3 (осаджувальний електрод), що знаходиться під

високим і постійним потенціалом, розташовану на деякій відстані. Вказані системи утворення біполярних і уніполярних зарядів мають спільний вузол - заземлений оголений електрод 2. Під дією електричних сил змінного поля позитивні і негативні заряди в плазмі іонізуючого розряду коливаються між електродами 1, покритим діелектриком і заземленим електродом 2. В той же час на заряди діє сила від постійного поля, в результаті чого (при негативній полярності пластини 3) позитивні заряди витягаються з плазми і переміщуються через робочий проміжок, а негативні стікають на заземлений електрод 2 і нейтралізуються на ньому. Між електродами 1 і 2 протікає змінний струм, а в робочому проміжку 4 тече постійний струм, величина якого істотно залежить від співвідношення змінного і постійного потенціалів.

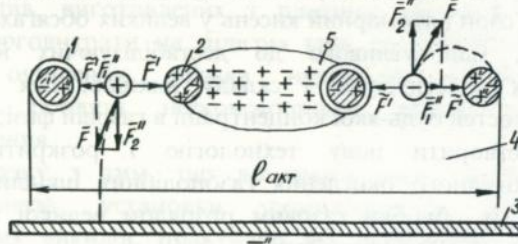


Рис. 1. Спосіб і пристрій виділення уніполярних зарядів з плазми іонізуючого розряду

Дослідженнями встановлено, що до виникнення іонізуючого розряду напруга на розрядному проміжку лінійно зростає із збільшенням сили струму, а розподіл напруги між діелектричними бар'єрами і розрядним проміжком визначається співвідношенням їх ємностей. Після виникнення розряду напруга на розрядному проміжку залишається постійною і не залежить від сили струму.

Після теоретичного і практичного вивчення статичних і динамічних вольтамперних характеристик зони плазмоутворення отримані залежності для визначення струму зміщення, що протікає через систему в моменти відсутності, і активного струму в моменти горіння розряду.

Встановлено, що при підвищенні напруги, яка подається на електроди для утворення плазми, розряд буде існувати більшу частину періоду. При зменшенні напруги функція, яка описує закономірності утворення розряду проходить через нуль і потім

приймає негативне значення, котре має фізичний смисл тільки до величини, що дорівнює мінус одиниці. В цьому випадку

$$U_0 = U_r \frac{C_6 + C_n}{C_6} \quad (1),$$

де U_0 , U_r — відповідно, амплітудна напруга і напруга на розрядному проміжку, В; C_6 і C_n — відповідно, ємності бар'єрів і розрядного проміжку, Ф.

Таке амплітудне значення U_0 є мінімальною напругою, при якій ще може відбуватися розряд і утворюватися плазмена зона.

Величина активної потужності розряду є функцією тільки амплітудного значення напруги і не залежить від закону її змінення, а значить, і від форми кривої напруги.

Знання цих закономірностей дозволяє згідно параметрів системи плазмоутворення розрахувати електричні характеристики бар'єрного розряду, що особливо важливо при конструюванні апаратів з інтенсивною зоною іонізації газу.

Дослідження закономірностей руху заряджених часток в зоні плазмоутворення та в основному каналі плазменої системи

Суть способу пилоуловлювання, що пропонується, полягає, власне, в зовсім новому підході до розглядання явищ утворення вільних біполярних носіїв зарядів (плазми) і уніполярного концентрованого потоку заряджених часток, а також виділення пилу з потоку в робочому каналі апарата. На відміну від традиційного способу електричного очищення газів в даному способі процеси іонізації газу і протягування уніполярного заряду через робочий канал здійснюється незалежно один від одного, відповідно, змінним і постійним електричними полями. За допомогою змінного поля створюється зона плазмоутворення через дію іонізуючого (бар'єрного) розряду, а за допомогою постійного поля з плазми цієї зони витягаються уніполярні заряди і протягуються через робочий канал системи (рис. 1).

Цілеспрямоване варіювання параметрами змінного електричного поля і геометрією системи призводить до утворення плазми будь-якої концентрації, яка рівномірно розосереджена в зарядній зоні робочого каналу, що неможливо здійснити при застосуванні коронного розряду. Знаючи загальні

закономірності основних фізичних процесів, і, настраюючи обидві системи на оптимальний режим, можна створити екстремальні умови виділення пилу в робочому каналі системи. При цьому висока концентрація зарядів в плазмі дозволяє шляхом підвищення постійної напруги досягти практично будь-якої густини електричного струму в основному каналі.

Вираз для визначення швидкості і шляху заряджених часток, вилучених із зони плазмоутворення постійним електричним полем після вирішення диференціальних рівнянь руху, має вигляд

$$v = \frac{Q E_0}{\beta^2 + \omega^2} [\beta (\cos \omega t - \cos \omega t_0) + \omega (\sin \omega t - \sin \omega t_0)], \quad (2)$$

$$x = \frac{Q E_0}{\beta^2 + \omega^2} \left\{ \frac{\beta}{\omega} [\sin \omega t - \sin \omega t_0 + (\omega t_0 - \omega t) \cos \omega t_0] + \right. \\ \left. + \cos \omega t_0 - \cos \omega t + (\omega t_0 - \omega t) \sin \omega t_0 \right\}, \quad (3)$$

де E_0 - амплітудне значення напруженості поля, В/м; β - коефіцієнт, характеризуючий в'язкостні властивості середовища, Гц; ω - частота струму, Гц; Q - питомий заряд часток, Кл/кг; t_0 - час утворення зарядженої частки, с.

Аналіз рівнянь (2) і (3) свідчить про те, що, по-перше, взаємодія заряджених часток з полем погіршується із збільшенням частоти і тиску газу, про що свідчить ω і β в знаменнику, і, по-друге, траєкторія часток залежить від фази змінної напруги ωt_0 в момент іонізації газу (утворення заряджених часток).

Розглянемо деякі характерні траєкторії, вибравши між електродами фіксовану площину. Частка, що утворилася біля площини при $\omega t_0 = 0$, прискорюється протягом позитивного напівперіоду напруги (до $\omega t = \pi$). Тут припускається, що частка має негативний заряд. Набравши швидкість, рівну

$$v = \frac{2 Q E_0 \beta}{\beta^2 + \omega^2}, \quad \text{вона продовжує рухатися в бік позитивно}$$

зарядженого електрода, уповільнюючись у гальмуючому полі протягом негативного напівперіоду. Коли гальмуючий імпульс стає рівним прискорюючому ($\omega t = 2\pi$), частка зупиняється,

досягнувши точки $x = \frac{2\pi Q E_0 \beta}{\omega (\beta^2 + \omega^2)}$. Такий рух повторюється до тих

пір, поки вона не досягне протилежного електрода. Якщо частка починає рухатися, коли прискорююче поле максимальне ($\omega t_0 = \pi/2$), то до зупинення вона летить чверть періоду в прискорюючому полі і стільки ж в гальмуючому. Після зупинення, вона повертається назад і при $\omega t = 5/2 \pi$ приходить на вихідну площину з нульовою швидкістю. Заряджені частки, що залишають площину в кінці прискорюючого напівперіоду ($\omega t_0 \leq \pi$), дуже швидко повертаються на фіксовану площину на самому початку зростання гальмуючого поля.

Таким чином, у всьому потоці часток можна виділити дві групи: коливні частки, які залишають вибрану вихідну площину при $0 \leq \omega t_0 < \pi/2$ і досягають протилежного електрода після одного чи декількох коливань, та ті частки, які повертаються на вихідну площину при $\pi/2 \leq \omega t_0 \leq \pi$.

Швидкість зарядженої частки v_2 на виході її з зони плазмоутворення в робочий (основний) канал апарата ($t = t_1$), дорівнює

$$v_2 = v_0 \left\{ \frac{v_m}{v_0} [\cos \omega t_1 - \cos \omega t_0 + \frac{\omega}{\beta} (\sin \omega t_1 - \sin \omega t_0)] + 1 \right\}, \quad (4),$$

де $v_m = \frac{QE_0 \beta}{\beta^2 + \omega^2}$ - амплітудне значення швидкості часток в змінному полі, м/с; $v_0 = \frac{QE}{\beta}$ - початкове значення швидкості в постійному полі, м/с; E - напруженість постійного електричного поля, В/м.

Подальша поведінка заряджених часток, швидкості яких модульовані за законом (4), наочно видна з графіків траєкторій, наведених на рис. 2. Рух частки, що підходить до ізолюваного електрода 5 з боку зони плазмоутворення між електродами 4 і 5 в позитивний напівперіод змінної напруги, прискорюється, а тієї, що виходить в той же напівперіод в основний канал, уповільнюється. Аналізуючи таким чином її рух в різні періоди змінної напруги, стає зрозуміло, що для конкретної частки поле іонізуючого розряду може бути прискорюючим або уповільнюючим в залежності від її положення відносно ізолюваного електрода при одному і тому ж значенні

потенціалу. Якщо розглядати колективний рух часток, то це явище призводить до модуляції густини їх потоку.

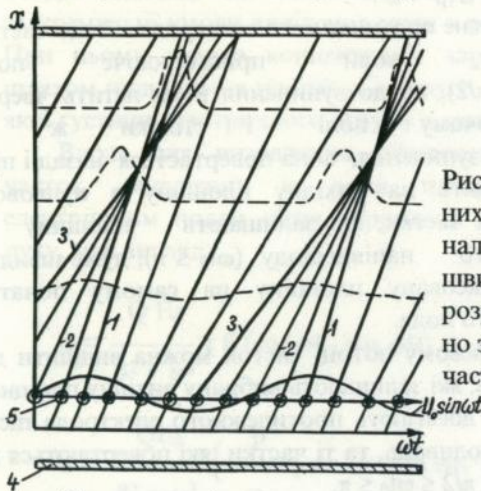


Рис. 2. Траєкторія заряджених часток в основному каналі апарата при модуляції швидкості полем бар'єрного розряду (пунктиром показано змінення густини потоку часток по висоті каналу)

Так як розміри зони плазموутворення незначні, то можна прийняти, що кожна частка дрейфує в ній з постійною швидкістю (що дорівнює нахилу прямої), яка залежить від фази змінної напруги в момент її вилітання t_0 з фіксованої площини. З рис.2 видно, що швидкі частинки 1, що пройшли зону плазموутворення при прискорюючій напрузі здоганяють в робочому каналі апарата повільні частки 3, що раніше вийшли, і всі вони групуються біля частки 2, яка пройшла зону в момент переходу від негативного напівперіоду до позитивного. Таким чином, утворюються згустки часток (пакети) і густина їх потоку стає пульсуючою.

При малій амплітуді змінної напруги закон модуляції густини струму, що переноситься зарядженими частками, має вигляд:

$$j(x) = \frac{j_0}{1 + x \frac{v_m}{v_0} \left(\sin \omega t_1 - \frac{\omega}{\beta} \cos \omega t_1 \right)}, \quad (5)$$

де $x = \frac{\omega x_0}{v_0}$ - поточне безрозмірне значення початкової відстані x_0 від рядів ізолюваних електродів до точки в основному (робочому) каналі; j_0 - початкова густина струму, А/м².

За рахунок різниці в часі t_1 , модульованих за швидкістю часток в робочому каналі, утворюються потоки іонів зі змінною густиною, в результаті чого відбувається механічний вплив зарядів на пилові частки, їх електричне зарядження, що призводить (в сукупності з електричною коагуляцією) до інтенсивного утворення конгломератів часток і їх форсованому виділенню під дією постійного електричного поля.

Напруженість поля в робочому каналі апарата являє собою монотонно зростаючу функцію, яка істотно залежить від рівня струму, що витягається різницею потенціалів з плазми.

Вольтамперна характеристика складається з трьох зон: початкова омична ділянка; ділянка, що являє собою струм насичення і перехідна ділянка, причому робочий струм, який протікає через робочий канал апарата, складає близько 10 % від струму в зоні плазмоутворення.

Підвищення частоти струму дозволило при одному і тому ж значенні змінної напруги одержати плазму з більш високою концентрацією зарядів, ослабити електричний зв'язок цих зарядів зі змінним полем і підвищити кількість витягнення з плазми уніполярних зарядів постійним полем робочого каналу.

Значне збільшення електричного струму (в 2-3 рази) в робочому каналі досягається шляхом додаткової деформації суперпозиційного поля на межі зони плазмоутворення за допомогою розміщення тут перфорованої діелектричної пластини.

Дослідження процесів виділення аерозольних (пилових) часток з потоку в суперпозиційних комплексних полях

Застосовуючи метод ссуперпозиції (накладення) полів в робочому каналі апарата, були створені сприятливі умови для інтенсивного зарядження пилових часток, їх транспортування в певну зону і ефективного виділення з потоку. На відміну від традиційного способу електричного очищення газу, вказане суперпозиційне поле запобігає також заростанню осаджувальних електродів і створює електромагнітний уловлювач для виділення і удержання в ньому пилових часток. Це завдання вирішує змінена конструкція робочого каналу апарата, схема якого наведена на рис. 1. Всередину ізольованих

електродів 1 вміщені постійні магніти, система електродів 1 і 2 вміщена в пилоприймальний бункер, а осаджувальний електрод 3 перетворений в коронуючий шляхом установлення на ньому голок.

В полі коронного розряду (робочий канал), що розташоване між коронуючими 3 і осаджувальними 1 і 2 електродами, відбувається зарядження часток і їх транспортування в напрямку магнітного і змінного електричного полів, що створюються за допомогою електродів 1 і 2. В цій зоні магнітне поле орієнтоване таким чином, щоб градієнт його напруженості був спрямований із зони робочого каналу всередину бункера. В результаті цього на частку, що рухається вздовж поверхні електродів, діє сила магнітного поля, спрямована також в бік пилоприймального бункера.

В напівперіод негативної напруги змінного електричного поля на електроді 1, в робочому каналі виникає потенційний бар'єр, що перешкоджає руху негативно зарядженої частки за потоком. Протягом близько 0,01 с (при частоті струму 50 Гц) частка відчуває гальмування відносно потоку повітря, і тим самим збільшується сумарний час її знаходження в робочому каналі апарата, і таким чином, створюється більш сприятливі умови для подальшого зарядження пилу та виділення його в бік пилоприймального бункера.

У випадку позитивного напівперіоду змінної напруги на електроді 1, негативно заряджена частка відчуває гальмування в результаті її притягання до цього електрода під дією електричних сил. Внаслідок перемінного розташування струмозмінних електродів поле робочого каналу деформується відповідним чином, що призводить до уповільнення руху частки за потоком газу і навіть її зупинення.

Частка, що вийшла з потоку в зону між електродами 1 і 2, здійснює коливально-вільний рух, котрий утруднює осадження її на електродах, тим самим запобігає їх заростанню, а у випадку осадження відбувається регенерація осаджувальних електродів змінним електричним полем.

В результаті розв'язання диференціального рівняння руху часток при наявності потенціальних бар'єрів вздовж робочого каналу апарата з урахуванням відповідних граничних умов, одержані залежності для визначення швидкості, шляху і часу зупинення часток

$$v_r = v_n - \frac{\beta_0}{\gamma} (1 - e^{-\gamma t}), \quad (6)$$

$$x = (v_n - \frac{\beta_0}{\gamma}) t + \frac{\beta_0}{\gamma^2} (1 - e^{-\gamma t}), \quad (7)$$

$$t = -\frac{1}{\gamma} \ln(1 - \frac{\gamma v_n}{\beta_0}), \quad (8)$$

де v_r і v_n - відповідно, швидкість частки пилу і потоку, м/с;

$\gamma = \frac{3\pi\mu d}{m}$ - питомий силовий параметр гідродинамічного опору,

Гц; $\beta_0 = \frac{qE_0}{m}$ - силовий параметр електричного поля, м/с²;

q - заряд частки пилу, Кл; E_0 - напруженість електричного поля, В/м; μ - динамічна в'язкість серед, Па·с; d - діаметр частки пилу, м; m - маса частки пилу, кг.

При певних співвідношеннях питомих силових параметрів одні частки, гальмуючись потенціальним бар'єром, продовжують рухатися крізь нього в напрямку потоку газу, другі зупиняються, треті змінюють напрямок свого руху на протилежне, відбиваючись від потенціального бар'єра.

Критичне значення фізичних параметрів, для яких можливе зупинення часток потенціальним бар'єром, визначається

умовою $v_n = \frac{\beta_0}{\gamma}$. Наприклад, при $\beta_0 = 6 \cdot 10^3$ м/с², $\gamma = 5 \cdot 10^4$ Гц, $v_n = 0,09$ м/с, час, за який частка зупиняється, складає $2,6 \cdot 10^{-5}$ с. В той же час здійснюється її дрейф під дією електричного і магнітного полів в напрямку бункера.

Магнітне поле впливає на пилові частки, що мають магнітну сприйливість, на порівняно невеликій відстані від полюса магніту, тому ефект його впливу в значній мірі залежить від величини сили суперпозиційного електричного поля, що транспортує заряджені частки в зону електромагнітного уловлювача (пилоприймального бункера).

Розв'язання диференціальних рівнянь руху заряджених пилових часток в зазначених полях з урахуванням основних сил: змінного і постійного електричних полів, Лоренца, магнітної і аеродинамічної дало системи рівнянь для визначення траєкторій і швидкостей різних за початковою швидкістю, крупністю,

заряду пилових часток, що влітають в суперпозиційне поле під різними кутами до силових електричних і магнітних ліній

$$\begin{cases} x = R e^{-\gamma t} \sin(\xi t + \varphi) + kt + L, \\ y = R e^{-\gamma t} \cos(\xi t + \varphi) + \Phi e^{-\gamma t} + Mt + Z, \end{cases} \quad (9)$$

$$z = -R_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + S e^{-\gamma t} + \frac{\xi_1}{\gamma} t + C_1.$$

$$\begin{cases} \dot{x} = \dot{x}_0 - \frac{\beta_0}{\gamma} (1 - e^{-\gamma t}), \\ \dot{y} = \dot{y}_0 + \frac{\gamma \xi \beta_0}{\gamma} t e^{-\gamma t} - \frac{\xi}{\gamma} (\dot{x}_0 - \frac{\beta_0}{\gamma}), \end{cases} \quad (10)$$

$$\dot{z} = -R_1 \omega \cos(\omega t + \varphi_1) + \left(\frac{\beta_0 \omega}{\gamma^2 + \omega^2} - \frac{\xi_1}{\gamma} \right) e^{-\gamma t} + \frac{\xi_1}{\gamma}.$$

Тут $\xi = \frac{q B}{m}$, $\xi_1 = \frac{\chi B^2}{l \mu_0}$, $\beta_1 = \frac{q E_0 \sin \omega t}{m}$ - параметри, що

характеризують, відповідно, силу Лоренца, магнітну силу і силу змінного електричного поля (параметр ξ має розмірність Гц, а параметри β_1 і ξ_1 - м/с²); B - магнітна індукція поля, Тл; χ - питома магнітна сприйнятливості частки пилу, м³/кг; l - відстань, на якій діє магнітне поле, м; $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м - магнітна проникність середовища; $R, R_1, \varphi, \varphi_1, k, L, \Phi, Z, S, C_1$ - функції вищевказаних силових параметрів; $\dot{x}_0$ і $\dot{y}_0$ - проекції швидкості потоку на вісі координат, м/с.

Дана задача розв'язана в тримірному вимірі як для робочого каналу при вилученні часток з потоку в магнітно-електричний уловлювач за допомогою потенціальних бар'єрів, так і для процесу удержання пилу магнітоелектричним уловлювачем. Вісі координат x, y і z спрямовані: x і z - відповідно, впоперек і вздовж робочого каналу; y - вздовж трубчастих електродів.

Характер траєкторій заряджених часток (9) в магнітно-електричному уловлювачі (пилоприймальному бункері) показує, що суперпозиційне електричне і магнітне поля робочого каналу є захисними, що перешкоджають проникненню часток з бункера в робочий канал апарата. Заряджена частка буде знаходитися в уловлювачі магнітного і електричного полів при виконанні умови

$$\alpha \geq \arccos \frac{\beta_0}{v_r \gamma}, \quad (11)$$

де α - кут затримки, утворений швидкістю частки з силовими лініями поля (з вектором напруженості постійного електричного поля, який співпадає з напрямком вісі x), рад.

Наприклад, при швидкості частки 0,5 м/с і реально можливих питомих силових параметрах $\gamma = 5 \cdot 10^4$ Гц; $\beta_0 = 6 \cdot 10^3$ м/с², що відповідає напруженості постійного електричного поля $2 \cdot 10^5$ В/м, діаметру часток $3 \cdot 10^{-6}$ м, критичний кут затримки рівний 76° . Зона, що знаходиться всередині такого кута, утвореного швидкістю входження частки в зону концентрованого поля є конусом втрат часток. Частка пилу, вектор швидкості якої спрямований під кутом до осі x більшим, ніж 76° , обов'язково буде при вказаних параметрах затримана магнітоелектричним уловлювачем.

Експериментальними дослідженнями на багатьох моделях магнітоелектричних фільтрів встановлено, що оптимальною є швидкість фільтрації 5 м/с. При подальшому її зростанні для всіх видів пилу відбувається помітне зниження ступеня очищення як в моделі без магнітів, так і в моделі з постійним магнітним полем. Ступінь очищення суттєво залежить від рівня напруженості магнітного, постійного і змінного електричних полів. Наприклад, при швидкості потоку 5 м/с накладення змінного електричного поля на постійне поле робочого каналу призводить до підвищення ступеня очищення агломераційних викидів від пилу з 92 % до 96 %, а накладення магнітного поля - з 96 % до 99 %.

В дисертації на великій серії експериментів показано, що в суперпозиційному полі інтенсивно протікає електромагнітна коагуляція пилу з утворенням крупних конгломератів часток, розмір яких в 10-100 разів більший за вхідний.

Розробка і дослідження нових способів і засобів підвищення ступеня очищення газу

Для теоретичних досліджень (із застосуванням конформних відображень) закономірностей виділення пилу з закрученого потоку при заданому зміні напруженості електричного поля вздовж коаксіального каналу апарата, що складається з двох електродів, один з яких має форму циліндра, а другий -

гвинтової поверхні і розміщеного коаксіально циліндру, вперше складені та числовими методами розв'язані системи диференціальних рівнянь руху часток пилу.

Закономірності руху заряджених пилових часток і їх траєкторії в закрученому потоці і закрученому електричному полі встановлені з урахуванням інерційних, аеродинамічних і електричних сил, що визначаються складовими напруженості електричного поля вздовж і впоперек робочого каналу апарата.

В результаті розв'язання рівнянь нерозривності руху двофазних газових і пилових потоків одержана залежність розподілення концентрації і ефективності виділення часток від радіуса і довжини робочого каналу апарата.

Аналіз результатів розрахунку показав, що ступінь очищення запиленого газу істотно залежить від конфігурації і рівня енергії електричного поля, а також від взаємного напрямку закручення поля і потоку.

Радіальна і тангенційна швидкості пилу мають пульсуючий характер, що визначається положенням вістря гвинтової поверхні гелікоїдального електрода відносно частки. Найбільш раціональною є зустрічне закручення поля і потоку з мінімальним кроком гвинта, що дозволяє при високій ефективності очищення до 25 % зменшити довжину робочого каналу, а значить габарити апарата.

Досвід застосування пилоуловлюючих апаратів на промислових підприємствах і дослідження процесів осадження пилу під дією різних фізичних сил показав, що якість очищення запиленого газу істотно залежить від ступеня стійкості процесів очищення.

В дисертації проведені дослідження щодо вивчення стійкості електричного розряду при дестабілізуючих коливаннях параметрів пилогазового потоку, що призводить до флуктуацій струму і напруги.

На основі законів електротехніки розглянуті всі рівноважні стани електричних кіл, що містять інерційні елементи і розрядний проміжок. Якщо електричне коло складено з послідовно з'єднаних між собою джерела живлення, з вихідною напругою U_0 , лінійного опору R і розрядного проміжку з негативною (падаючою) вольтамперною характеристикою, тоді стійким буде стан, коли пряма опору перетинає характеристику при переході з позитивної зони в негативну. Розряд в цьому разі горить стійко, не припиняючись. Умова стійкості розряду

впливає з вимоги перевищення абсолютної величини нахилу прямої опору над нахилом падаючої характеристики.

Граничний стан стійкості розряду (розряд обривається, гасне) реалізується, коли пряма опору є дотичною до характеристики, при зниженні напруги джерела живлення або збільшенні міжелектродної відстані. Нестійкий режим приводиться до стійкого стану шляхом одночасного підвищення напруги в електричному колі і збільшення опору. Таким чином, робоча точка падаючої характеристики розрядного проміжку може бути стабілізована шляхом добору досить великого R і U_0 .

Розгляданням різних способів стабілізації електричного режиму, дестабілізованого флуктуаціями параметрів пилогазового потоку в каналі апарата доведено, що за допомогою активного опору, введеного в електричну схему, забезпечується стійкість розряду і суттєво поліпшуються енергетичні показники джерела живлення. Застосуванням реактивних елементів системи досягається стабільність горіння розряду. Розряди ж із зростаючою характеристикою завжди стійкі, так як в цьому випадку є тільки одна точка перетину її з прямою опору.

В результаті проведених досліджень і застосування розроблених способів стабілізації електричного струму в розряді, створена раніше невідома форма самостійного електричного розряду. Він характеризується: високими значеннями різниці потенціалів на розрядному проміжку; позитивною зростаючою вольтамперною характеристикою; утворенням в міжелектродному просторі двох різних зон іонізаційних процесів; утворенням значної кількості озону.

Встановлено, що електричний розряд в газі при атмосферному тиску і постійній напрузі може приймати особий вигляд і при відомих границях змінення геометричних параметрів і конструкції електродів, а також параметрів електричного кола, цей вид розряду може бути стійким, стабільним. В однорідних електричних полях він збуджується в зоні електричних параметрів між несамоствійним тихим розрядом та іскровим пробоем проміжку, в неоднорідних полях - в зоні переходу від коронного розряду до іскрового пробоем.

На відміну від відомого коронного розряду, для якого характерним є протікання іонізації в малій зоні поблизу коронуючого електрода (в чохлі корони), в установленому виді розряду утворення заряджених часток здійснюється у всьому

міжелектродному просторі.

На відміну від відомих форм тліючого розряду при атмосферному тиску, величина струму в створеному розряді на два порядки нижче, а різниця потенціалів на розрядному проміжку приблизно на три і більше порядки вище.

В порівнянні з іскровим розрядом в новому розряді величина струму зберігається незмінною протягом необмеженого проміжку часу з протіканням процесу іонізації в великих об'ємах газу без помітного змінення його температури.

На відміну від відомого дугового розряду, самостійний характер існування якого зумовлений термоіонізаційними процесами на електродах, в створеній формі розряду для їх протікання температура електродів недостатня.

В загальному випадку слід вважати цей розряд не перехідною стадією від корони до іскри, а одним з невідомих раніше видів самостійного високовольтного розряду в газі при постійній напрузі. На це вказують також його незвичайна форма і структура, що складається зі ствола, прилягаючого до анода, і дифузної частини, яка розповсюджується через весь міжелектродний (розрядний) проміжок. Враховуючи ці особливості, він умовно названий в дисертації ствольно-дифузним.

В результаті досліджень встановлено, що основними умовами для збудження ствольно-дифузного розряду, який не переривається і не переходить в пробій, є: режимні - спосіб підключення джерела напруги до іонізуючого електрода, оснований на стабілізації параметрів розряду шляхом застосування інерційних елементів; стійке горіння ствольно-дифузного розряду можливо лише у випадку малої приелектродної ємності розрядного проміжку; на іонізуючий електрод повинна бути подана позитивна полярність живильника, тобто іонізуючий електрод повинен бути анодом; конструктивні - особлива форма іонізуючого електрода; збудження розряду в багатьох осередках можливо лише у випадку, коли кожний електрод ізольований від решти і електрично зв'язаний зі струмопроводом через інерційні елементи.

Інерційними елементами можуть служити електричні ланцюжки, що згладжують імпульси струму, плазма бар'єрного або ковзного розрядів, а також високоомна рідина. Для встановлення закономірностей збудження ствольно-дифузного

розряду і його стійкого існування розроблено спеціальний пристрій, схема якого наведена на рис. 3.

Розряд збуджується в системі електродів, що складається з заземленого циліндричного корпусу 1 - катода і анода - герметичного балона 2 з діелектрика. Анод має струмопровідний дрітний електрод 3 і факелоутворюючі електроди 4. Зазор між внутрішньою поверхнею анода 2 і дрітним електродом 3 заповнений високоомною рідиною 5, що забезпечує роздільний електричний його зв'язок з кожним окремо факелоутворюючим електродом 4.

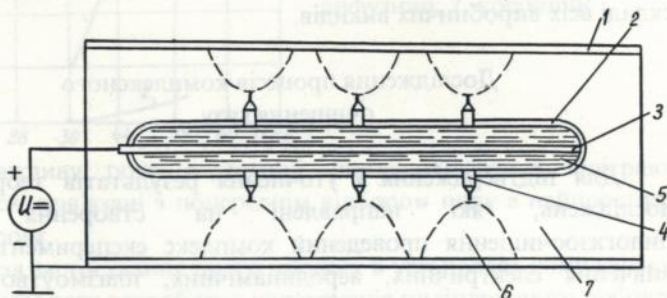


Рис. 3. Спосіб і пристрій для збудження ствольно-дифузного розряду в багатьох осередках

Під час подачі позитивної полярності від високовольтного джерела на дрітний електрод, що забезпечує напруженість електричного поля між катодом 1 і факелоутворюючими електродами 4 на рівні $(5-6) \cdot 10^5$ В/м, загоряється розряд 6 в робочому каналі 7. В результаті цього робочий канал заповнюється плазмою з густиною струму 0,01- 0,5 А/м². Незалежність процесів створення ствольно-дифузних розрядів в багатьох осередках забезпечується тим, що факелоутворюючі електроди 4 ізолювані один від одного відрізками діелектричної трубки 2 і відділені від струмопроводу високоомною рідиною 5, яка служить буферним опором в електричному колі розряду, що виключає утворення пробою проміжку між дрітним і факелоутворюючими електродами. Це дозволяє одержати багатофакельний розряд з широкою зоною стійкого існування (по підводжувальній напрузі) і розвинутою дифузною частиною. Як високоомна рідина в пристрої застосовується феромагнітна рідина з питомим електричним опором $10^3 \div 10^7$ Ом·м.

Встановлено, що при кутах конусності факелоутворюючих електродів $80 \div 100^\circ$ діаметр дифузної частини розряду максимальний і дорівнює 0,5 величини міжелектродної відстані.

В дифузній зоні ствольно-дифузного розряду, де температура газу близька до температури навколишнього середовища, утворюється значна кількість озону. При цьому зі збільшенням струму концентрація озону в розряді зростає лінійно, досягаючи $2-3 \text{ г/м}^3$ і більше.

Утворення озону за допомогою ствольно-дифузного розряду можливо без будь-яких додаткових добавок до газу, безпосередньо з кисню, що міститься в природних умовах в складі всіх виробничих викидів.

Дослідження процесів комплексного очищення газу

Для підтвердження і уточнення результатів теоретичних досліджень, які направлені на створення систем пилогазоочищення проведений комплекс експериментів щодо вивчення електричних, аеродинамічних, плазموутворюючих, озонуючих і пилогазоочисних характеристик процесів і пристроїв, призначених для комплексного очищення газу.

Встановлено, що феромагнітну рідину доцільно застосовувати при температурах газу, що очищається, до 80°C . При температурах вище 80°C і швидкості потоку газу менше 5 м/с - застосовувати плазму ковзного розряду, або ж згладжувальні індукційні чи ємнісні фільтри.

При збудженні ствольно-дифузного розряду на водну поверхню виявлений ряд нових особливостей цього процесу. Якщо максимально досяжний струм в коронному розряді при ідеально виконаних електродах (наприклад, гладкий циліндр і ніхромовий дріт діаметром $0,3-0,5 \text{ мм}$) на одному метрі довжини дорівнює 1 мА , то з одного тільки точкового факелоутворюючого електрода, при розряді на пластину, його величина досягає $1,5 \text{ мА}$, а при розряді на поверхню води - $2,5 \text{ мА}$. Це дозволило в $10-100$ разів збільшити електричну потужність розряду і забезпечити густину струму в робочому каналі більше 300 мА/м^2 (рис. 4).

Встановлено, що на відміну від коронного розряду із зростанням швидкості потоку в робочому каналі зменшується електричний струм ствольно-дифузного розряду, що пов'язано зі

зміною складу газу в його стволі. Однак ствольно-дифузний розряд не був погашений навіть при швидкості газу 30 м/с.

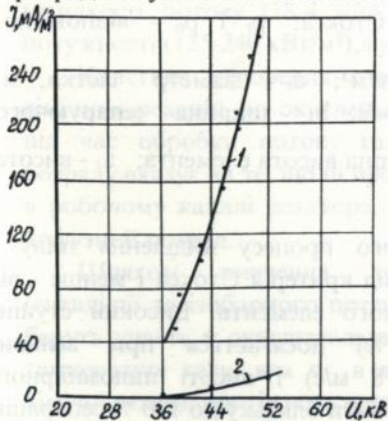


Рис. 4. Вольтамперні характеристики розрядів: 1 - ствольно-дифузний; 2 - коронний

Важливу роль в техніці пилоуловлювання відіграють процеси, пов'язані з попереднім відбором пилу в найпростіших пристроях.

Для застосування цього процесу в установках комплексного очищення газу розроблена конструкція циліндричного робочого каналу апарата з неоднорідним розподілом пилу по його перетину. В нижній частині робочого каналу встановлена пиловідділяюча розетка, що вміщує ряд сепаруючих елементів (пилозбірних карманів). Зміщення максимуму кривої розподілення пилу до стінки каналу по всій його довжині досягається через дію на частки електричного поля коаксимальної системи електродів. Сепараційний процес відбувається в результаті обтікання пилозбірного кармана розетки пристінковою частиною потоку з підвищеною концентрацією пилу. Внаслідок різкої зміни напрямку руху газу, пил в сепараційній зоні відділяється від потоку газу і зсипається по нахилій площині в нижню частину П-подібного пилозбірного кармана.

Шляхом застосування конформних відображень, складанням диференціальних рівнянь руху пилу і числового їх розв'язання, вивчено поле швидкостей потоку в кармані пиловідділяючої розетки, визначені траєкторії часток пилу, в тому числі і критичні, що розділяють потоки уловлених і неуловлених часток, а також пофракційна ефективність сепараційного процесу

$$\eta = 1 - \exp(-0,5 \text{ stk}^{0,8} a^{0,2}), \quad (12)$$

де $\text{stk} = \frac{\rho_r d_r^2 v_n}{\rho_n b_1}$ - критерій Стокса; ρ_r і ρ_n - відповідно, густина частки і потоку, кг/м^3 ; d_r - діаметр частки, м ; v_n - швидкість потоку газу, м/с ; b_1 - ширина сепаруючого елемента, м ; $a = \pi \frac{a_1}{b_1}$ - безрозмірна висота елемента; a_1 - висота сепаруючого елемента, м .

Ефективність сепараційного процесу виділення пилу з потоку газу значно залежить від критерія Стокса і менше - від висоти перегородки сепаруючого елемента. Високий ступінь передочищення (до 80-90 %) досягається при великих швидкостях потоку (більше 8 м/с) і висоті пилозабірного кармана $a = 5 \div 8$. Щоб забезпечити близьку до 100 % сепарацію пилу, необхідно за допомогою аеродинамічних, електричних або магнітних сил змістити всі частки до стінки сепаруючого елемента на відстань від неї, що не перевищує 1-3 мм , тобто створити з них "поземок" вздовж стінки робочого каналу.

На випробувальному стенді експериментального зразка апарата комплексного очищення газу встановлено, що ефективність пилоуловлювання в інтенсивних аеродинамічних і електричних полях істотно залежить від потужності ствольно-дифузного розряду, і при її значенні 1,5 кВт досягає 99 %.

Концентрація і інтенсивність утворення озону у ствольно-дифузному розряді, наприклад, при питомій енергії 0,378 $\text{Вт}\cdot\text{год/м}^3$ складають, відповідно, 2,4 мг/м^3 і 1,6 мг/с . Для негативної корони ці величини більш, ніж на порядок нижчі - 0,1 мг/м^3 і 0,05 мг/с . При цьому із зростанням питомої енергії в розряді зростає концентрація озону, а енерговитрати на його синтез практично не залежать від швидкості потоку. При досягнутих концентраціях озону в ствольно-дифузному розряді можливо ефективне проведення плазмохімічних реакцій по окисленню шкідливих речовин в газовій фазі.

При густині енергії розряду, що перевищує 50 $\text{Вт}\cdot\text{год/м}^3$ і концентрації шкідливих газів близько 1 г/м^3 80 % і більше окислення оксиду азоту в діоксид відбувається в робочому каналі реактора за 1 с, а діоксиду азоту в пентоксид за 10 с. В таких умовах сірчистий ангідрид за 4 с окислюється до сірчаного на 74 %.

Ступінь окислення оксиду вуглецю до діоксиду може змінюватися в широких межах від 23 до 92 % в залежності від швидкості потоку (18-4 м/с), температури (10-48°C), густини потужності (125-240 кВт/м³), густини енергії (0,5-12 Вт-год/м³).

Кинетика утворення озону і закономірності протікання хімічних реакцій по окисленню оксидів вуглецю, сірки і азоту під час обробки потоку газу плазмою ствольно-дифузного розряду вказує на те, що ці процеси інтенсивно протікають лише в робочому каналі реактора, в зоні, де збуджується ствольно-дифузний розряд.

Шляхом вивчення термодинамічних характеристик (ентальпії та ізобарного потенціалу) газоподібних речовин, які беруть участь в окислювальних реакціях, встановлено, що при температурі газу, яка є в виробничих умовах, 50-250°C всі хімічні реакції протікають в напрямку утворення вищих оксидів.

Промислові дослідження систем очищення пилогазових викидів. Розробка і впровадження в проект промислової системи комплексного очищення пилогазових викидів.

За результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень розраховані оптимальні конструктивні і режимні параметри, створена і впроваджена магнітноелектрична система (МЕС) для комплексного уловлювання пилу з викидів промислових підприємств продуктивністю 10 тис.м³/год.

Очисна система МЕС складається з трьох незалежних пилоуловлюючих вузлів, що створюють суперпозиційне електромагнітне поле, складовими якого є постійне і змінне електричні поля, а також постійне магнітне поле. Робочий канал апарата МЕС створюють ряди вертикально розташованих в перемінному порядку металічних і скляних трубчастих осаджувальних електродів, на які подається високовольтна напруга. Постійна напруга подається на коронуючі електроди, зібрані в рамки.

Постійні магніти вмонтовані всередину скляних електродів, а простір між ними і стінками заповнено порошкоподібним графітом, що проводить електричний струм. Ізольовані і коронуючі електроди за допомогою рамок закріплюються кожна на свої струмоведучі шини, встановлені на ізоляторах.

Металічні трубчасті електроди закріплюються через пластини до плоских перегородок корпуса і разом з ними утворюють пилоприймальні бункери (електромагнітні уловлювачі).

Випробування МЕС на аглофабриці НКГЗК при очищенні аспіраційних газів грохотів холодного агломерату від пилу показали стало високий ступінь (98-99 %) при аеродинамічному опорі 150 Па.

Ряд експериментальних зразків апаратів комплексного очищення газу продуктивністю 1000-2000 м³/год (з анодом, що містить феромагнітну рідину, з анодом - гелікоїдом, з ковзним розрядом, смуговим анодом) піддавалися випробуванням в промислових умовах аглофабрики Південного ГЗКа. Для очищення високотемпературних газів (більше 100°C) найбільш прийнятими є апарати зі смуговими анодами, що забезпечує густину струму 15 мА/м і анодом - гелікоїдом з густиною струму 3 мА/м. При більш низькій температурі відхідних газів краще застосовувати стержньовий анод, наповнений феромагнітною рідиною, який характеризується густиною струму 25 мА/м.

Результати випробувань показали, що ці апарати забезпечують високий (98-99 %) ступінь очищення викидів від пилу, знешкодження від оксиду вуглецю на 70 %, сірчистого ангідриду і оксидів азоту на 80 % при густині потужності в ствольно-дифузному розряді 100-200 кВт/м³.

На основі одержаних результатів була розроблена і виготовлена дослідна система комплексного очищення газу (СКОГ), продуктивністю 2 тис.м³/год.

СКОГ складається з пилоуловлювача, 15 реакторних блоків, нейтралізатора, системи підвідних, перехідних і відвідних газоходів, запірних і прив'язувальних вузлів. Вона вміщує також систему шламовидалення з відстійником і шламовим насосом, високовольтне джерело живлення, високонапірний вентилятор та автоматичний пульт керування процесом газоочищення.

В результаті приймальних випробувань, проведених на аглофабриці ПГЗК, встановлено, що ступінь очищення газу від пилу в СКОГ забезпечується на 99 %, а ефективність знешкодження оксиду вуглецю, сірчистого ангідриду і оксидів азоту - до 80 % при аеродинамічному опорі 3,5 кПа і собівартості очищення пилогазових викидів в 2-3 рази меншій, ніж при використанні каталізаторів.

Розроблена нова технологія і конструкція промислової установки знешкодження пилогазових викидів, яка включає блоки пилоочищення, окислення газоподібних шкідливих речовин, їх нейтралізації, вузли підготовки реагентів, очищення шламових стоків і зворотного водопостачання. Розрахунок матеріального балансу реагентів для нейтралізації шкідливостей, кількісного і якісного складу шламу, а також його утилізації показав можливість здійснення безвідхідної технології очищення пилогазових викидів при застосуванні СКОГ шляхом виробництва з шламу будівельних матеріалів.

Розроблений проект промислової системи комплексного очищення викидів продуктивністю 400-500 тис.м³/год відповідає обсягу відхідних газів від однієї агломашини.

Промислова система забезпечує комплексне очищення викидів фабрик огрудкування залізних руд, конверторних, мартенівських цехів ТЕС від пилу на 99 %, від газоподібних шкідливостей (оксидів вуглецю, азоту і сірки) - 80 % при собівартості очищення 1000 м³ газу - 0,36 грн. При цьому скорочується викид до водоймища 43 тис.м³/рік стічних вод і 1,5 тис. т/рік шламу, який іде на виготовлення шлакоблоків (600 шт. за робочу зміну). Річний економічний ефект при застосуванні системи комплексного очищення пилогазових викидів складає 1,5 млн.грн.

ВИСНОВКИ

В дисертації подається теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної наукової проблеми захисту навколишнього природного середовища шляхом встановлення закономірностей процесів в пилогазовому потоці, що протікають в суперпозиційних електричних і магнітних полях, і розробці на їх основі ефективних систем комплексного очищення промислових викидів від пилу і шкідливих газів, що має важливе соціальне і народногосподарське значення.

Основні наукові і практичні висновки полягають в тому, що:

1. Розроблені новий спосіб і пристрій, що дозволяють утворювати потужний потік уніполярного заряду в робочому каналі апарата.

При цьому іонізація газу здійснюється змінним електричним полем іонізаційного бар'єрного розряду, з котрого

витається уніполярний заряд високовольтним електричним полем постійного потенціалу.

В зоні плазмоутворення бар'єрний розряд горить при постійному падінні напруги на електродах незалежно від величини струму; в зоні уніполярного заряду (робочий канал апарата) напруженість поля являє собою монотонно зростаючу функцію, яка істотно залежить від рівня струму, що вилучається з плазми.

2. Доведено, що в зоні плазмоутворення в залежності від часу утворюються дві групи часток: коливні, що залишають вихідну площину і частки, які повертаються на неї, що призводить до модуляції швидкості і густини їх потоку. Електричний струм в робочому каналі апарата суттєво збільшується (до 50 % від струму в бар'єрному розряді) при підвищенні частоти змінної напруги в зоні плазмоутворення і через деформацію її границі діелектричною перфорованою пластиною.

3. Розроблений метод гальмування заряджених часток в робочому каналі апарата, відбивання їх від зони сильного поля і удержання в магнітоелектричному уловлювачі шляхом застосування цілеспрямованої суперпозиції змінного і постійного електричних полів, а також магнітного поля. Визначений конус втрат часток, що встановлює умови, при яких вони можуть бути затримані захисним полем магнітоелектричного уловлювача.

Доведено, що ступінь очищення газу від пилу в суперпозиційному магнітоелектричному полі істотно залежить від швидкості потоку газу та складових полів. При оптимальній швидкості фільтрації 5 м/с накладення змінного електричного поля на постійне призводить до підвищення ефективності очищення з 92 до 96 %, а накладення додатково магнітного поля - з 96 до 99 %, в тому числі і для дрібних фракцій пилу (нижче 4мкм).

Встановлено, що в робочому каналі такого пилоуловлювача інтенсивно протікає процес електромеханічної і магнітної коагуляції пилу з утворенням великих ланцюжкових агрегатів часток.

4. Встановлені закономірності змінення напруженості електричного поля і швидкості руху часток вздовж коаксialного робочого каналу апарата газоочищення з урахуванням інерційних, аеродинамічних і електричних сил.

Доведено, що застосування гвинтоподібних електродів, розміщених співвісно всередину циліндричних електродів, дозволяє скоротити на 20-25 % довжину робочого каналу апарата з ефективністю очищення 99 %. При цьому потрібне зустрічне закручення запиленого потоку газу і електричного поля.

5. Вперше встановлені закономірності збудження нового електричного високовольного розряду в газі (ствольно-дифузного) за допомогою активних, смісних та індукційних елементів електричної схеми, що стабілізують і підвищують стійкість його горіння по відношенню до дестабілізуючих флуктуацій фізико-хімічних властивостей пилогазових викидів.

В робочому каналі апарата досягнута потужність електричного поля на один - два порядки вище, ніж в коронному розряді електрофільтра. При напруженості поля 5-6 кВ/см, густина току ствольно-дифузного розряду досягає 100 мА/м² і вище, а концентрація атомарного кисню і озону - 2-3 г/м³.

6. Визначена ефективність сепараційного процесу, що полягає у відділенні пилу із збагаченої ним частини потоку пиловідділяючою розеткою з пилозабірними карманами.

Доведено, що ефективність сепараційного процесу істотно залежить від інерційного критерію Стокса і висоти пилозабірного кармана, досягаючи 99 %.

7. Розкриті механізми синтезу озону в ствольно-дифузному розряді і особливості кінетики хімічних реакцій. Встановлено, що озон і атомарний кисень витрачаються в основному на окислення шкідливих газів з високою швидкістю протікання хімічних реакцій, причому процес найбільш інтенсивно відбувається тільки в робочому каналі реактора, де збуджується ствольно-дифузний розряд. Показано, що термодинаміка плазмохімічного процесу при обробці плазмою ствольно-дифузного розряду оксидів вуглецю, азоту і сірки характеризує інтенсивне протікання окислювальних хімічних реакцій з утворенням вищих оксидів в широкому діапазоні температур, які є в виробничих умовах промислових підприємств (50-250°C).

8. Експериментально встановлено, що інтенсивність утворення озону в плазмі ствольно-дифузного розряду на порядок перевищує її значення в коронному розряді. Доведено, що метод плазмохімічної обробки шкідливих газів в ствольно-дифузному розряді є досить ефективним для застосування його при знешкодженні газоподібних викидів промислових

підприємств. При оптимальних значеннях густини енергії в розряді 80 % окислення оксиду азоту в діоксид відбувається за 1 с, діоксиду азоту в пентоксид за 10 с, а сірчастого ангідриду в сірчаній за 4 с. На реальному газі аглофабрики ступінь окислення оксиду вуглецю в ствольно-дифузному розряді при підвищених значеннях густини енергії, досягає 92 %.

9. Розроблений і апробований ряд технічних засобів:

- магнітноелектрична система пилоуловлювання МЕС з суперпозиційним електричним і магнітним полями;

- експериментальні і дослідні зразки системи комплексного очищення газу (СКОГ), що характеризуються ступенем очищення викидів від пилу - 99 % і знешкодження газоподібних шкідливостей на 80 %.

10. Розроблена нова безвідхідна технологія і промислова система комплексного газоочищення СКОГ продуктивністю 400-500 тис.м³/год, що вміщує установки пилоочищення, плазмохімічного окислення і нейтралізації шкідливих речовин, а також вузли приготування вапняної суспензії, хімічних реагентів, систему зворотнього водопостачання, очищення і збезводнювання шламів та їх утилізації.

Застосування СКОГ для однієї агломашини дозволяє знизити надходження в атмосферу більше, ніж на 99 % пилу і до 80 % газоподібних шкідливостей, а до водоймища - 43 тис. м³/рік стічних вод і 1,5 тис. т/рік шламу з річним економічним ефектом 1,5 млн.грн., без застосування каталізаторів і утворення побічних шкідливих елементів для людини і навколишнього середовища.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Швидкий Н.И., Янов А.П., Стуканов В.И. Ударно-инерционный пылеуловитель с плавающим фильтрующим слоем //Горный журнал. - М.: Недра, 1976. - № 9.С.70-72.

2. Швидкий Н.И. Натекание струи на поверхность жидкости //Охрана труда и техника безопасности в горнорудной промышленности. - М.: Недра, 1976. - № 2.С.89-93.

3. Швидкий Н.И., Стуканов В.И., Иванов В.Н., Шпилька М.Ф. Способы интенсификации пылеулавливания в современных фильтрах// Охрана труда и техника безопасности в горнорудной промышленности. - М.: Недра, 1978. - № 3.С.54-57.

4. Швидкий Н.И., Стуканов В.И., Егоров А.А., Нелипа В.И., Хорошко В.А., Романенко А.Ф. Очистка технологических

и аспирационных выбросов в пылеуловителях с плавающим фильтрующим слоем// Промышленная и санитарная очистка газов. - М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1980. - № 4.С. 46-49.

5. Швидкий Н.И., Шпилька М.Ф., Прохорова Н.Ю., Чуйко В.В. Изыскание новых способов концентрации энергии и применения интенсивных физических полей для выделения аэрозольных частиц из потока// Повышение безопасности труда на горнорудных предприятиях. - М.: Недра, 1982, С.74-77.

6. Швидкий Н.И., Шпилька М.Ф., Кохан Л.Н., Чуйко В.В. Теоретические и экспериментальные исследования осаждения пыли в плазменном пылеуловителе// Защита рабочих горнорудной промышленности от производственных опасностей и вредностей. - М.: Недра, 1983, С.73-78.

7. Швидкий Н.И. Гидрообеспыливание рудничной атмосферы. - В кн.: Борьба с пылью и вредными газами в железорудных шахтах. - М.: Недра, 1984, С.198-207.

8. Швидкий Н.И., Супруненко Л.В. Теоретические исследования электрических характеристик плазменного пылеуловителя // Снижение уровня производственных вредностей на горнорудных предприятиях. - М.: Недра, 1985, С.68-78.

9. Швидкий Н.И., Старосек Б.Г. Разработка и исследование магнитно-электрического пылеуловителя МЭФ-1// Повышение безопасности при добыче и переработке железных руд. - М.: Недра, 1985, С.63-65.

10. Швидкий Н.И. Исследование закономерности движения заряженных частиц в канале аппарата с концентрированным электрическим и магнитным полями// Техника безопасности в горнорудной промышленности. - М.: Недра, 1986, С.66-69.

11. Швидкий Н.И., Кириосов К.Э. К вопросу о выделении пылевых частиц из потока в коаксиальном канале электрического пылеуловителя// Безопасность труда в горнорудной промышленности. - М.: Недра, 1987, С.63-68.

12. Швидкий Н.И. Исследование устойчивости и стабилизации процессов электрической очистки запыленного газа// Борьба с опасными и вредными производственными факторами на горнорудных предприятиях. - М.: Недра, 1988, С.71-77.

13. Швидкий Н.И., Колесник И.Я., Гридасов В.В. Аэродинамика и закономерности инерционной сепарации пыли из потока// Повышение безопасности труда на горнорудных

предприятиях. - М.: Недра, 1989, С. 70-78.

14. Швидкий Н.И. Очистка от пыли технологических и вентиляционных выбросов. - В кн.: Улучшение условий труда на горнообогатительных комбинатах. - М.: Недра, 1990, С.132-154.

15. Швидкий Н.И., Киринос К.Э. Экспериментальные исследования новых способов комплексной очистки пылегазовых выбросов// Защита рабочих горнорудной промышленности от производственных опасностей и вредностей. - М.: Недра, 1990, С.62-65.

16. Швидкий Н.И. Исследование особенностей возбуждения ствольно-диффузного разряда и его практического применения// Охрана труда на горнорудных предприятиях. - М.: Недра, 1991, С.76-84.

17. Швидкий Н.И., Дорошенко В.И. Результаты промышленных испытаний и технико-экономический расчет системы комплексной очистки газа// Металлургическая и горнорудная промышленность. - Днепропетровск: НИИ Укрметаллургинформ, 1991, № 4, С.45-46.

18. Швидкий Н.И., Наливайко В.Г. Оценка количества вредных выбросов горнообогатительными предприятиями и эффективные способы и средства по их снижению// Повышение безопасности при добыче и переработке железных руд. - М.: Недра, 1992, С.67-68.

19. Швидкий М.І. Нова технологія і високоефективна система комплексного очищення викидів від пилу та хімічних шкідливих речовин// Відомості Академії гірничих наук України. - Кривий Ріг.: Мінерал, 1997, № 2, С.16-18.

20. А.с. № 956019. Электрический пылеуловитель/ Швидкий Н.И., Кохан Л.Н. - Оpubл. в Б.И., 1982, № 33.

21. А.с. № 963565. Способ очистки газа/ Швидкий Н.И., Прохорова Н.Ю. - Оpubл. в Б.И., 1982, № 37.

22. А.с. № 1398172. Способ комплексной очистки агломерационного газа/ Швидкий Н.И., Прохорова Н.Ю.

23. А.с. № 1422436. Реактор-пылеуловитель/ Швидкий Н.И., Прохорова Н.Ю.

24. А.с. № 1478447. Аппарат для очистки газа/ Швидкий Н.И., Киринос К.Э.

25. А.с. № 1635378. Аппарат для очистки газов/ Швидкий Н.И., Прохорова Н.Ю.

26. А.с. № 1667929. Аппарат для очистки газов/ Швидкий Н.И., Прохорова Н.Ю. - Оpubл. в Б.И., 1991, № 29.

27. Швидкий Н.И. Опыт применения струйных пылеуловителей для очистки загрязненного воздуха// Хозяйственный механизм рационального природопользования при добыче полезных ископаемых: (Тез.докл.Республ.науч.-техн. конф.). - Кохтла-Ярве; 1980. - С. 63-64.

28. Швидкий Н.И. К вопросу о взаимодействии заряженных частиц в сильных электрических полях с интенсивной областью ионизации газа// Аэродисперсные системы и коагуляция аэрозолей: (Тез.докл. на Всесоюзной науч.-техн.конф.). М.: 1982. - С.51-58.

29. Швидкий Н.И. Магнитно-электрический фильтр с концентрированным электрическим и магнитным полями// Ускорение научно-технического прогресса в промышленности строительных материалов и строительной индустрии: (Тез.докл. на Всесоюзной конф.). - Белгород, 1987, С.10-12.

30. Швидкий Н.И., Кириосов К.Э., Гридасов В.В. Методы интенсивного воздействия сильных электрических и магнитных полей на аэрозольные частицы и их выделение из потока// Аэродисперсные системы и коагуляция аэрозолей: (Тез.докл. на II Всесоюзной науч.-техн.конф.). - М.: 1988. - С.22-23.

31. Швидкий Н.И., Наливайко В.Г., Юрко В.Г. Новые методы оценки уровня пылегазовых выбросов горнорудных предприятий. Высокоэффективные способы и средства по защите атмосферы от загрязнений// Пути улучшения охраны труда на металлургических предприятиях: (Тез.докл. на Всесоюзном семинаре). - Челябинск, 1990, С.61-62.

32. Швидкий Н.И., Малец В.З. Высокоэффективная система комплексной очистки пылегазовых выбросов промышленных предприятий // Проблемы охраны и техногенноэкологической безопасности: (Сб.науч.тр. 4-ой Международной науч.-техн.конф.) - Севастополь, 1996, С.98-99.

ANNOTATION

N.I.Shvidky. The scientific fundamentals, means and systems of the complex purification of the manufacturing dust and gas exhausts.

The dissertation for the degree of Doctor of technical sciences on a speciality 05.26.04 - "Technical means of the environment protection". The Krivoy Rog technical university, Krivoy Rog, 1997.

46 scientific works, including 7 author's certificates in which the scientific fundamentals of the wasteless technology and complex purification of the manufacturing enterprises dust and gas exhausts creation are described, are being represented.

Strong superpositional electric and magnetic fields for the intensive dust collection and a new high-voltage discharge for the plasma-chemical oxidation of the harmful gases with their subsequent neutralization have been elaborated and studied.

The experimental industrial testing and inculcation of the results have been carried out and their technical and economical effectiveness has been evaluated.

Keywords

Dust and gas exhausts, technology and complex purification systems, superpositional fields, plasma-chemical oxidation, neutralization.

АННОТАЦИЯ

Швидкий Н.И. Научные основы, способы и системы комплексной очистки пылегазовых выбросов промышленных предприятий.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.04 - "Технические средства защиты окружающей среды". Криворожский технический университет, Кривой Рог, 1997 г.

Защищаются 46 научных работ, в том числе 7 авторских свидетельств, в которых изложены научные основы создания безотходной технологии и систем комплексной очистки пылегазовых выбросов промышленных предприятий.

Разработаны и исследованы сильные суперпозиционные электрические и магнитные поля для интенсивного улавливания пыли и новый высоковольтный разряд для плазмохимического окисления вредных газов с последующей их нейтрализацией.

Выполнены опытно-промышленная проверка и внедрение результатов работы и определена их технико-экономическая эффективность.

Ключові слова:

Пилогазові викиди, технологія та системи комплексного очищення, суперпозиційні поля, плазмохімічне окислення, нейтралізація.

113 28 211

433444

AB 38.211