

Корисна модель належить до екологічної безпеки урбанізованих територій, а саме до пристроїв мокрої очистки пилогазової суміші методом окиснення та знешкодження озоном і водного поглинання в скрубєрі з роздільними контурами обігу води, який може бути використаний для очищення забрудненого повітря урбанізованих територій, а саме вздовж автомагістралей, біля перехресть міських автошляхів, у підземних паркінгах тощо.

Відомий пристрій для мокрої очистки забрудненого повітря урбанізованих територій, який містить циліндричний корпус з газопідвідним та газовідвідним трактами, два яруси зрошувальних форсунок, шар насадки між ярусами форсунок, трубу Вентурі на газопідвідному тракті зі штуцером подачі води, витяжний вентилятор у газовідвідному тракті, краплевідбійник, систему подачі озону та систему водообігу з циркуляційним насосом [Патент України на корисну модель № 158610, 26.02.2025, бюл. № 9/2025]. Цей пристрій обраний за прототип.

Недоліками пристрою є недостатня ефективність вилучення дрібнодисперсного пилу та газових домішок; неможливість окремого здійснення різних фізико-хімічних процесів очищення (інерційне вловлювання, окиснення, абсорбція/хемосорбція) в оптимальних для цих процесів умовах, що веде до нестабільності ефективності очищення за рахунок зміни параметрів рідинної фази в одному контурі, а саме накопичення нітратної кислоти в єдиному об'ємі циркулюючої води призводить до зниження pH, це погіршує ефективність хемосорбції діоксиду азоту в середньому на 25 % порівняно з оптимальним pH 6,5-7,0, оскільки швидкість реакції $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ суттєво залежить від кислотності середовища; пил різного дисперсного складу накопичується у циркулюючому розчині, що призводить до швидкого забруднення всього об'єму і необхідності його повної заміни кожні 30 днів з вивезенням на станцію очистки стічних вод, що створює значні експлуатаційні витрати та екологічне навантаження.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення конструкції пристрою для мокрої очистки забрудненого повітря в мегаполісах від небезпечних пилових та газоподібних речовин шляхом створення двоконтурної коаксіальної системи водообігу з незалежними циклами циркуляції для роздільного проведення процесів уловлювання пилу і окиснення монооксиду азоту в малому об'ємі кислого середовища, та процесів хемосорбції діоксиду азоту і доочищення від дрібнодисперсного пилу в основному об'ємі нейтрального середовища, що забезпечить підвищення ефективності очищення повітря, зменшення об'ємів стічних вод, спрощення їх утилізації та подовження терміну служби води в системі.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для мокрої очистки забрудненого повітря урбанізованих територій, який містить циліндричний корпус з газопідвідним та газовідвідним трактами, два яруси зрошувальних форсунок, шар насадки між ярусами форсунок, трубу Вентурі на газопідвідному тракті зі штуцером подачі води, витяжний вентилятор у газовідвідному тракті, краплевідбійник, систему подачі озону та систему водообігу з циркуляційним насосом, згідно з корисною моделлю, система водообігу пристрою складається з двох незалежних контурів водообігу з окремими циркуляційними насосами, при цьому перший контур водообігу, де відбувається уловлювання з повітря крупнодисперсного пилу та окиснення монооксиду азоту озоном, утворюється в об'ємі внутрішнього циліндра з конічним днищем, який коаксіально установлений всередині зовнішнього циліндричного корпусу, має менший діаметр та верхній край якого розташований нижче першого ярусу зрошувальних форсунок, при цьому всередині внутрішнього циліндра розміщено трубу Вентурі зі штуцером подачі води у конфузور та барботер для подачі озону, при цьому з конічного днища внутрішнього циліндра через штуцер циркуляційним насосом відбирається вода та подається у конфузор труби Вентурі, у другому контурі водообігу пристрою, де відбувається хемосорбція діоксиду азоту та вловлювання дрібнодисперсного пилу, розміщено два яруси зрошувальних форсунок та кільцевий шар насадки, при цьому з конічного днища зовнішнього корпусу через штуцер циркуляційним насосом відбирається вода та подається у розподільний колектор обох ярусів форсунок, при цьому пристрій додатково споряджено системою автоматичного дозування луку для підтримування оптимального pH - 6,5-7,0, у другому контурі водообігу пристрою.

Використання коаксіальної двоконтурної конструкції дозволяє створити оптимальні умови для кожного процесу окремо: в першому контурі малого об'єму відбувається інтенсивне уловлювання крупнодисперсного пилу в трубі Вентурі та швидке окиснення монооксиду азоту озоном у газовій фазі, при цьому допускається накопичення нітратної кислоти та зниження pH до ~4, що сприяє стабілізації розчиненого озону (збільшення періоду напіврозпаду) та ефективному знезараженню патогенних мікроорганізмів; в другому контурі основного об'єму підтримується pH 6,5-7,0 за допомогою автоматичного дозування содового розчину, що забезпечує оптимальну швидкість хемосорбції діоксиду азоту та ефективне уловлювання дрібнодисперсного пилу.

Коаксіальне розміщення циліндрів зменшує габарити пристрою та забезпечує компактність конструкції.

Система автоматичного дозування луку в другий контур на основі показань pH-метра підтримує оптимальне значення pH 6,5-7,0, що підвищує ефективність хемосорбції діоксиду азоту на 10-15 %

порівняно з кислим середовищем, при цьому концентрація утвореного нітрату натрію у відпрацьованому розчині другого контуру через 60 днів інтенсивної роботи пристрою незначно перевищуватиме допустимі норми за нітрат-іоном для стічної води, тому при невеликому розведенні розчин може бути скинутий у комунальну систему каналізації населеного пункту.

Корисна модель пояснюється кресленням, де на фіг. 1 зображено схему пристрою для очищення забрудненого повітря в мегаполісах з двоконтурною коаксіальною системою водообігу, на фіг. 2 вигляд А-А фіг. 1.

Пристрій містить: зовнішній циліндричний корпус 1, в нижній частині якого розташовано газопідвідний тракт 2 для входу забрудненого повітря; внутрішній циліндр 3, коаксіально розміщений всередині зовнішнього корпусу 1 і утворюючий перший контур водообігу, всередині якого встановлено трубу Вентурі 4 з вбудованим штуцером 5 подачі води у конфузور та барботер 6 для подачі озону; штуцер відбору/зливу води 7, підключений через перемикач до циркуляційного насоса 8 першого контуру (робочий режим) або до лінії зливу (режим заміни води); штуцер 7а для заповнення першого контуру свіжою водою; перший ярус зрошувальних форсунок 9а для грубого зрошення, шар насадки 10 та другий ярус зрошувальних форсунок 9б для дрібного зрошення; штуцер відбору/зливу води 11; штуцер 11а для заповнення другого контуру свіжою водою; циркуляційний насос 12 другого контуру; газопідвідний тракт 13 з витяжним вентилятором 14; під вентилятором розташований двоступеневий краплевідбійник 15, що складається з жалюзійної та волокнистої секцій; поруч з пристроєм розташовано блок генерації озону 16, який подається у барботер 6 через штуцер 17; система автоматичного дозування лугу, що включає ємність для розчину соди 18 та дозуючий насос 19; перфоровані отвори 20 для переходу газового потоку з першого контуру в другий; пристрій обладнано штуцерами для контрольно-вимірювальних приладів (на схемі не показані).

Запропонований пристрій працює наступним чином. Забруднене повітря всмоктується витяжним вентилятором 14, розташованим у газопідвідному тракті 13, через газопідвідний тракт 2 і надходить всередину внутрішнього циліндра 3 (перший контур) до труби Вентурі 4. Одночасно циркуляційний насос 8 відбирає воду з конічного днища внутрішнього циліндра через штуцер 7 і подає її через вбудований штуцер 5 у конфузор труби Вентурі 4. В цій зоні відбувається інтенсивне уловлювання крупнодисперсного пилу за рахунок інерційного, дифузійного осадження та прямого перехоплення частинок краплями води. Ефективність уловлювання крупнодисперсного пилу досягає 85-95 %, дрібнодисперсного пилу – 70-85 %. Змочені частинки пилу під дією гравітації стікають вниз разом з краплями води та накопичуються в конічному днищі. Одночасно з промивкою повітря від пилу, в нижню частину внутрішнього циліндра 3 через штуцер 17 подається озон з блока генерації озону 16. Озон розподіляється через барботер 6 з множинними отворами, утворюючи дрібні бульбашки. Всередині внутрішнього циліндра 3 відбувається швидка реакція окиснення монооксиду азоту озоном $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ із ступенем окиснення монооксиду азоту 95-98 %. Тут же відбувається часткове поглинання діоксиду азоту водою з утворенням нітратної кислоти.

Газовий потік з NO_2 піднімається вгору всередині внутрішнього циліндра 3 та переливається через кільцевий зазор у кільцевий простір (другий контур). При переході через зазор площа перерізу для руху газу різко збільшується, внаслідок чого швидкість газу уповільнюється, і газовий потік рівномірно розподіляється по всьому кільцевому простору другого контуру.

У другому контурі газовий потік спочатку проходить через щільну завісу крапель води, що створюється першим ярусом зрошувальних форсунок 9а. Циркуляційний насос 12 відбирає воду з конічного днища зовнішнього циліндра через штуцер 11 і подає її до розподільного колектора обох ярусів форсунок. Форсунок першого ярусу 9а створюють краплі, які рухаються назустріч газовому потоку (протитечія), забезпечуючи інтенсивний масообмін. У цій зоні відбувається процес хемосорбції діоксиду азоту водою за реакцією: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$. Оптимальний рН води - 6,5-7,0, що підтримується системою автоматичного дозування лугу 18, забезпечує високу швидкість цієї реакції. рН-метр, встановлений у другому контурі, безперервно контролює кислотність води. При зниженні рН нижче 6,0 спрацьовує дозуючий насос 19, який подає розчин соди у другий контур. Від нейтралізації кислоти содою утворюється розчинний нітрат натрію, що залишається в циркуляції другого контуру.

Далі газовий потік надходить в шар насадки 10, яка постійно зрошується водою з верхнього ярусу форсунок, утворюючи на поверхні насадки тонку плівку, яка збільшує поверхню контакту газу і рідини з високою ефективністю хемосорбції діоксиду азоту. Одночасно відбувається уловлювання дрібнодисперсного пилу, що пройшов через перший контур.

Після насадки газовий потік проходить через другий ярус зрошувальних форсунок 9б, які створюють дрібні краплі, що забезпечує фінальне доочищення від залишків діоксиду азоту та найдрібнішого пилу. Вся вода після зрошення та промивки стікає вниз по стінках кільцевого простору та накопичується в конічному днищі.

Очищений газовий потік піднімається вгору і проходить через двоступеневий краплевідбійник 15. Уловлена вода стікає в кільцевий жолоб під краплевідбійником і повертається через дренажні трубки в

другий контур. Очищене повітря через газовідвідний тракт 13 викидається витяжним вентилятором 14 у навколишнє середовище на висоті ~3 м від землі.

Після відключення пристрою (при зниженні концентрації NO_2 нижче порогового значення) спочатку зупиняється вентилятор 14, потім через 30 секунд зупиняється генератор озону 16 (для повного окиснення залишків озону), потім зупиняються циркуляційні насоси 8 та 12. Вода в обох контурах зливається у відповідні конічні днища, де освітлюється за рахунок седиментації твердих частинок.

Періодично (приблизно раз на 25-30 днів для першого контуру) через штуцер 7 та триходовий кран зливають відпрацьовану воду з першого контуру, яка містить високу концентрацію пилу та має $\text{pH} \sim 4$, тому вивозиться на станцію очистки стічних вод. Після зливу перший контур заповнюється свіжою водою через штуцер 7а.

Періодично (приблизно раз на 55-60 днів для другого контуру) через штуцер 11 та триходовий кран зливають відпрацьовану воду з другого контуру. Ця вода містить низьку концентрацію пилу, має нейтральний pH , і після розбавлення водопровідною водою для зменшення концентрації нітрату натрію скидається у міську каналізацію. Після зливу другий контур заповнюється свіжою водою через штуцер 11а.

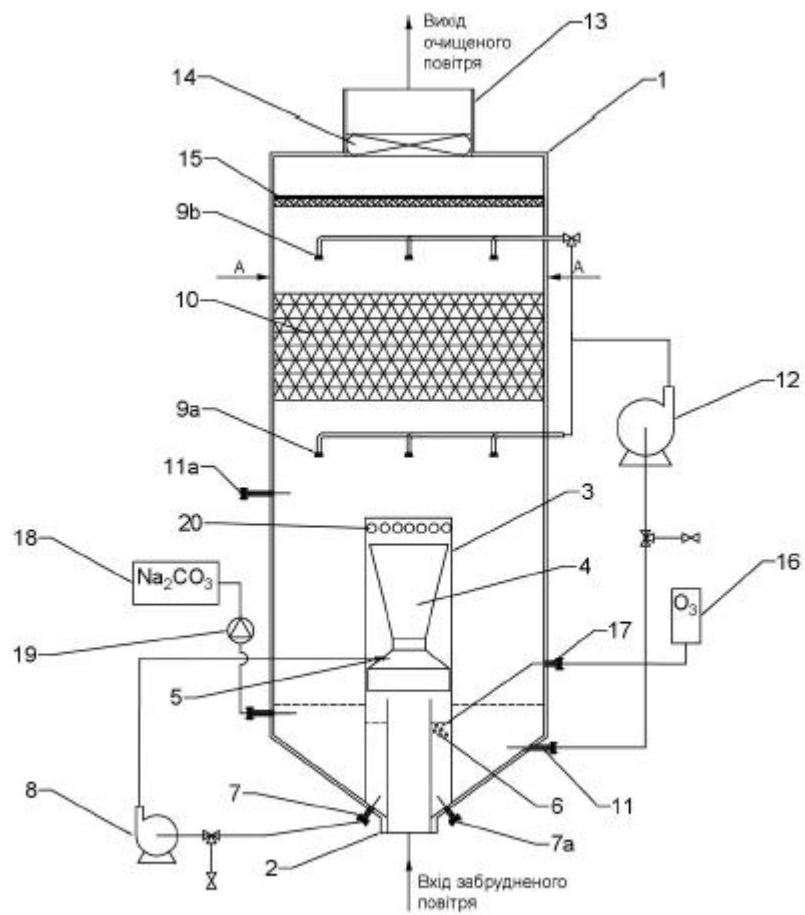
Оснащення пристрою двоконтурною коаксальною системою водообігу з незалежними циклами циркуляції створює оптимальні умови для кожного процесу окремо: в першому контурі малого об'єму відбувається інтенсивне уловлювання крупнодисперсного пилу та швидке окиснення монооксиду азоту озоном у кислому середовищі, що стабілізує озон та підвищує ефективність окиснення до 95-98 %; в другому контурі основного об'єму підтримується оптимальний $\text{pH} - 6,5-7,0$ за допомогою автоматичного дозування соди, що підвищує ефективність хемосорбції діоксиду азоту на 10-15 % порівняно з кислим середовищем прототипу та забезпечує загальну ефективність очищення повітря 87-95 % замість 80-85 % як в одноконтурній системі.

Незалежні системи циркуляції води забезпечують концентрування основної маси пилу (85-90 %) у малому об'ємі першого контуру, що змушує замінювати забруднену воду кожні 25-30 днів, в той час як більш чиста вода другого контуру може циркулювати 55-60 днів, що зменшує загальний об'єм стічних вод на 35 % на місяць, а спеціального очищення потребує лише об'єм рідини з першого контуру.

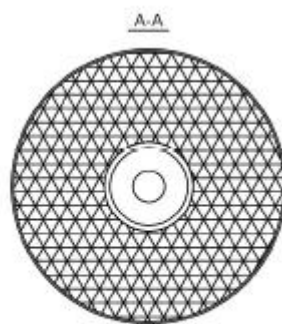
Перехід газового потоку з першого контуру в другий через кільцевий зазор забезпечує уповільнення швидкості газу та рівномірний розподіл по кільцевому простору другого контуру, що збільшує час контакту діоксиду азоту з водою та підвищує ступінь хемосорбції.

Незалежні системи циркуляції з окремими насосами для кожного контуру забезпечують оптимальні режими зрошення та дозволяють обслуговувати один контур без зупинки роботи другого, підвищуючи загальну надійність системи.

Проходження повітря через озонований розчин першого контуру забезпечує додаткову дезінфекцію та знезараження від патогенних мікроорганізмів, вірусів та бактерій, що особливо актуально для підземних паркінгів та закритих просторів з великим скупченням людей.



фiг. 1



фiг. 2