

УДК 355.58

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОСАДЖЕННЯ ГАЗІВ

Мельниченко А.С.¹; Кустов М.В.¹, д.т.н., доц.

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Вступ. В багатьох галузях промисловості використовуються хімічні небезпечні речовини. При аваріях на таких підприємствах найбільшу загрозу становлять газоподібні небезпечні речовини. Це пов'язано із великою зоною хімічного забруднення атмосфери при їх викиді із технологічних апаратів. Якщо проаналізувати вміст небезпечних речовин на різних підприємства, то найбільшу кількість як раз становлять небезпечні гази аміак та хлор. Ці небезпечні речовини використовуються при виробництві добрив, очищення води та в якості хладоагентів. Такі галузі використання призводять до їх широкого територіального розповсюдження. Для локалізації викиду небезпечних газів та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій оперативно-рятувальні підрозділи використовують дрібнодисперсні розпилені струмені для осадження газу. Цей метод добре зарекомендував на практиці. Однак, для забезпечення безпеки роботи рятувальників в небезпечній зоні керівнику ліквідації аварії необхідно заздалегідь прогнозувати можливі сценарії розвитку аварії та зони хімічного забруднення.

Постановка проблеми. Так як процеси осадження газів дрібнодисперсними струменями відноситься до масообмінних процесів, то за основою для конструкції експериментальної установки повинна бути класична схема масообмінних апаратів. Однак необхідність паралельного дослідження просторової динаміки газів вимагає виконання установки відповідних габаритних розмірів.

Матеріали та методи. Відома зустрічнопоточна масо- та теплообмінна колона, яка представляє собою циліндричний корпус для взаємодії зустрічних потоків диспергованої рідини та газу, має штуцери підводу та відводу потоків, в корпусі розміщено розпилювач рідини [1]. Суттєвим недоліком цих абсорберів є зустрічно-поточна схема руху газу та рідини в середині корпусу апарату, що приводить до виносу рідинного аерозолю потоком газу, порушення рівномірності розподілу рідини по об'єму камери; також існують обмеження по дисперсності рідинного аерозолю.

Недолік виносу крапель рідини газовим потоком вирішено за рахунок використання прямоточного абсорберу, який складається з корпусу, штуцера входу та виходу газу та штуцера входу та виходу рідини (абсорбенту), розподілювача потоку рідини, масообмінної секції, каплевідбійника [2].

Недоліком цього пристрою є нерівномірність контакту газу з рідиною по об'єму камери за рахунок наявності масообмінних секцій, що ускладнює дослідження кінетики процесу масообміну. Крім того в абсорбері відсутня вимірювальна газоаналізуюча апаратура для контролю процесу абсорбції та відсутня можливість зміни дисперсності аерозолю. Також дана конструкція не дозволяє досліджувати процеси осадження твердих продуктів горіння.

Найбільш близьким до зазначених вище вимог є камера для дослідження процесів масообміну, яка складається з вертикального герметичного корпусу, вентилятору, запірної арматури, форсунок для подачі води, газоаналізаторів та відсіку для горіння [3].

Недоліком такої камери є її вертикальна конструкція, що не дозволяє проводити дослідження процесів сорбції газів при їх горизонтальному розповсюдженні, відсутня можливість моделювання різної швидкості повітряного потоку та відсутня можливість виміру горизонтального розповсюдження газу.

В основу розробленої експериментальної установки покладене завдання створення камери для дослідження процесів сорбції газів, яка дозволить моделювати умови контакту рідинних аерозолів та газів (парів) при різних фізико-хімічних умовах процесу, яка не матиме вищенаведених недоліків, тобто забезпечуватиме горизонтальне розповсюдження газів при різній швидкості повітряного потоку, забезпечить подачу рідинного аерозолу в довільному місці на шляху розповсюдження газу та надасть змогу виміру просторового розповсюдження газу за трьома координатами (рис. 1).

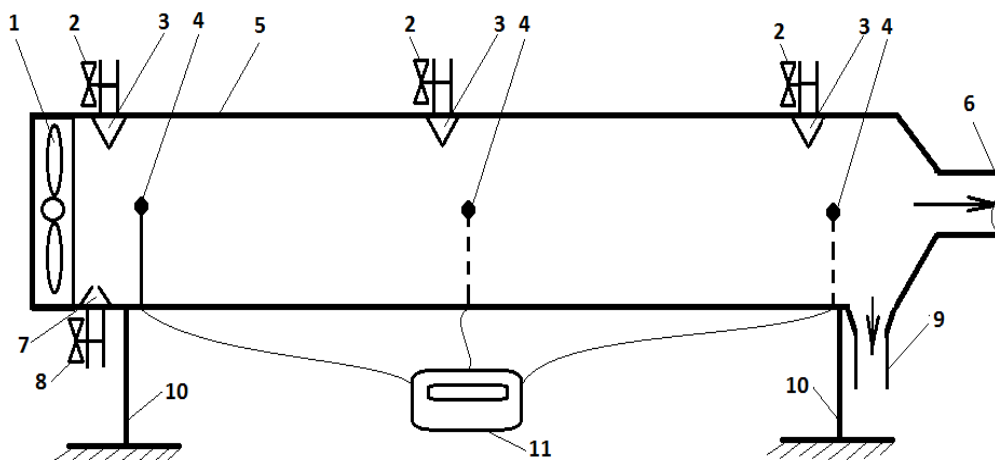


Рисунок 1 – Схема камери для дослідження процесів сорбції газів: 1 – вентилятор; 2 – рідинні запірні крани; 3 – рідинні форсунки; 4 – газоаналізатори; 5 – корпус; 6 – відвідний газовий патрубок; 7 – газова форсунка; 8 – газовий запірний кран; 9 – відвідний рідинний патрубок; 10 – кріплення; 11 – блок індикації газоаналізаторів.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що камера для дослідження процесів сорбції газів, яка має циліндричну форму та виконана в герметичному виконанні, розміщена у вигляді горизонтальної труби. В якості розпилювачів використовуються з'ємні цільнофакельні форсунки з регулюванням інтенсивності та дисперсності потоку. З одного боку камера додатково обладнується вентилятором для руху газового середовища, з протилежного боку камера обладнана патрубком для виводу газового середовища у безпечне місце та зливним патрубком для відведення рідини. [4]

Для візуального контролю процесу абсорбції камера (рис. 1) герметичного циліндричного корпусу 5 виконана з прозорою стінкою. Корпус камери 5 розміщено на кріпленнях 10. В верхній частині камери розміщені з'ємні цільнофакельні рідинні форсунки 3 з можливістю регулювання інтенсивності та дисперсності потоку. З'ємне виконання рідинних форсунок дозволяє змінювати місце розташування та їх кількість, що дає змогу досліджувати процеси сорбції газів рідинними аерозолями різної інтенсивності на різних етапах розповсюдження газової хмари. Рідинні форсунки 3 обладнані рідинними запірними кранами 2 для регулювання потоку рідини. Для моделювання газового потоку по об'єму камери з одного боку корпусу 5 встановлено повітряний вентилятор 1 зі змінною інтенсивністю обер-

тання. Протилежний бік корпусу 5 обладнано патрубком 6 для відведення газового середовища із камери до небезпечного місця. Встановлені в довільному місці корпусу 5 газоаналізатори 4 дозволяють контролювати концентрацію газу в об'ємі камери. Кількість та місце розміщення газоаналізатору може змінюватись. Дані від мережі газоаналізаторів поступають до блоку індикації 11, де вони обробляються та візуалізуються. З одного боку корпусу 5 розміщено газову форсунку 7 для подачі газу в об'єм камери. Для регулювання інтенсивності подачі газу крізь форсунку 7 на її вході розміщено газовий запірний кран 8. Відпрацьована рідина зливається з камери крізь відвідний рідинний патрубок 9.

Методика проведення експериментальних досліджень на установці (рис. 1) полягає у наступному. Крізь форсунку 7 в камеру 5 подається газ, що досліджується. Інтенсивність подачі газу регулюється газовим запірним краном 8. Швидкість руху газу вздовж камери 5 регулюється обертами вентилятора 1, який ініціює рух газу від форсунки 7 до патрубку 6 для відведення газового середовища із камери в небезпечне місце, наприклад під витяжну шафу. Горизонтальний розподіл концентрації газу вимірюється газоаналізаторами 4, розміщеними уздовж камери 5. Дані вимірів газоаналізаторів 4 виводяться до блоку індикації 11. Вздовж корпусу 5 встановлені рідинні форсунки 3, крізь які подається рідинний потік в об'єм камери. За допомогою форсунок 3 змінюється дисперсність потоку, а інтенсивність рідинного потоку регулюється запірними кранами 2. Відпрацьована рідина стікає по нижній частині камери до відвідного рідинного патрубку 9. При проході газової хмари крізь рідинний аерозольний потік відбувається сорбція газу, інтенсивність процесу сорбція визначається порівнянням розподілу концентрація газової хмари при всіх рівних умовах окрім відсутності та наявності рідинного потоку.

Висновки. Розроблена камера дозволяє імітувати розповсюдження газів в повітрі технологічного апарату та довільне розповсюдження в атмосфері. При виборі граничних значень швидкості нагнітання повітря та інтенсивності подачі рідини слід звертати увагу на габаритні властивості розробленої установки. Зазначені вище параметри обираються з урахуванням інертності спрацювання газоаналізаторів. Тобто динаміка просторової зміни концентрації газу в камері не повинна перевищувати інерційності роботи газоаналізаторів. Відповідно збільшення розмірів експериментальної камери дозволить розширити граничні значення досліджуємих параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bell K. J. Heat Exchanger Design for the Process Industries. *ASME. Journal Heat Transfer*. 2004. V. 126(6). P. 877–885. doi: 10.1115/1.1833366
2. Tang L., Cao F., Li Y., Bao J., Ren Z. High performance mid-temperature selective absorber based on titanium oxides cermet deposited by direct current reactive sputtering of a single titanium target. *Journal of Applied Physics*. 2016. V. 119. P. 045102. doi: 10.1063/1.4940386
3. Merentsov N. A., Golovanchikov A. B., Topilin M. V., Persidskiy A. V., Tezиков D. A. Mass transfer apparatus for a wide range of environmental processes. *IOP Publishing. Journal of Physics: Conference Series*. 2019. V. 1399. P. 055028. doi: 1088/1742-6596/1399/5/055028
4. Hua, A. K., Lakey, P. S., Shiraiwa, M. Multiphase Kinetic Multilayer Model Interfaces for Simulating Surface and Bulk Chemistry for Environmental and Atmospheric Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Education*, 2022, 99(3), 1246–1254. doi: 10.1021/acs.jchemed.1c00931