

10.31653/smf45.2022. 103-108

Афтанюк В.В., Кіріс О.В., Даниленко Д.В., Афтанюк А.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СКРУБЕРА ДЛЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Постановка проблеми і її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Вимоги екологічності та економічності стосуються як окремих елементів суднових систем так і всього судна у цілому. На підставі цього можна вважати, що розробка більш досконалих суднових систем знешкодження газів є актуальним завданням [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз існуючих установок знешкодження газів показує, що у морській галузі використовується декілька типів схемних рішень [2, 3]. Основними забруднюючими речовинами є хімічні сполуки, що утворюються при горінні (оксиди азоту, сірки та ін.) та тверді частинки (сажа) [4].

Основним елементом в установці є скруббер. Конструктивно скруббер може виконуватися одноступеневим або багатоступеневим.

Аналіз досвіду експлуатації таких апаратів свідчить, що більш доцільним є використання багатоступеневих скрубберів (рис. 1). Ці апарати використовують декілька способів очищення газу, що забезпечує більш високу ступінь очистки. Так в наведеному на рис. 1 скруббері газ спочатку проходить крізь трубу Вентурі, в якій відбувається розпорошення рідини та видалення твердих частинок. Далі газ повертається на кут 180° та проходить крізь насадку, що зрощується. Тобто в цьому апараті фактично використано три способи очистки інерційний, гравітаційний та фільтраційний [5].

Для підвищення ефективності експлуатації та ресурсу скрубберів, що використовують у суднових системах знешкодження газів необхідно розробити моделі гідродинамічного режиму, які дозволяють аналізувати вплив змін в конструкції та визначити найбільш раціональне рішення.

Сучасні можливості комп'ютерної техніки дозволяють виконувати моделювання складних технічних апаратів за допомогою спеціального програмного забезпечення, що імітує течії рідин.

Це дає можливість комбінувати в одному апараті нові рішення та аналізувати доцільність їх впровадження.

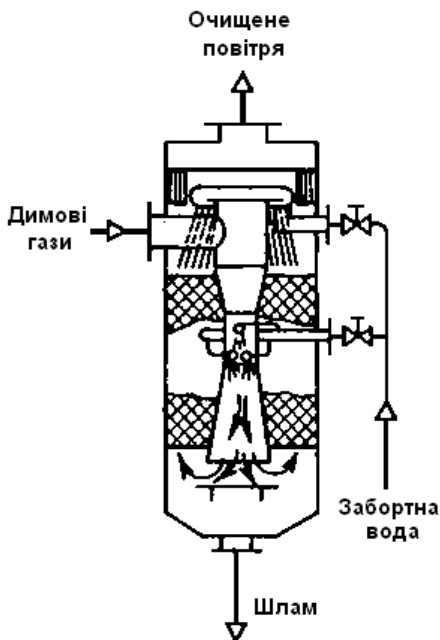


Рис. 1. Багаторівневий скрублер [5]

Метою роботи є розробка інтегрованих рішень щодо конструкції скрубера який забезпечує очищення газу від декількох джерел, на підставі комп'ютерного моделювання гідродинамічного режиму роботи.

Викладення основного матеріалу дослідження. Як було сказано вище для забезпечення високого ступеню очистки в скрубелі доцільно використати декілька способів очищення газу та підтримувати сталий гідродинамічний рух газу в апараті. Інтегроване рішення щодо конструкції скрубера можливо виконати на підставі об'єднання вже перевірених на моделях додаткових пристроїв.

Для забезпечення роботи скрубера, при приєднанні декількох джерел викидів, апарат повинен мати входи що забезпечують рівномірний розподіл газу, що подається на очистку.

Таке конструктивне виконання входів досліджено на моделі в роботі [6]. На підставі моделювання доведено, що найбільш раціональним розташуванням вхідних патрубків є розміщення їх під кутом 120° (рис. 2). Це технічне рішення дозволяє забезпечити рівномірну

подачу забрудненого газу у центр апарату при будь-яких комбінаціях в роботі джерел викидів.

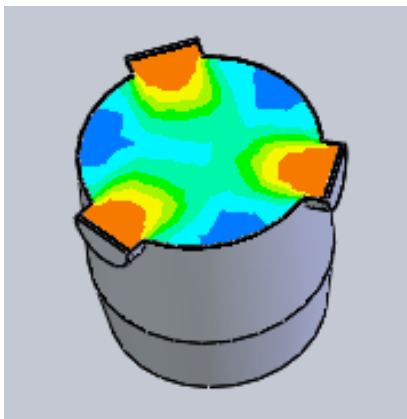


Рис. 2. Моделювання течій при розташуванні вхідних патрубків в скрубєрі під кутом 120° [6]

Аналіз течій в перерізі показує наявність зон підвищеної швидкості біля стінок між патрубками (синій колір). В цих зонах можливо проскакування забрудненого газу без належного очищення. Тому для вирівнювання полів швидкості доцільно розташувати між патрубками спеціальний додатковий місцевий опір у вигляді напівциліндру, причому цей опір повинен бути двохрядним (рис. 3) [7].

З огляду течій в перерізі видно що встановлення двохрядного опору забезпечує гальмування потоку, тобто вирівнює загальне розподілення швидкостей в скрубєрі.

Для використання в скрубєрі ще одного способу очистки газу («мокрої фільтрації») доцільно установити в апараті пінну тарілку.

Для збільшення ефективності апарату за рахунок поліпшення газонасиченості пінного прошарку, збільшення висоти динамічної пини на тарілці та зменшення забивання отворів, тарілку доцільно виконати у вигляді отворів оснащених пелюстками (рис. 4), відігнутими під кутом до площини диска, що утворюють щілинні отвори в формі хреста із загнутими під прямим кутом кінцями. Це дозволяє збільшувати закручування потоку і забезпечити більш повне використання робочого об'єму апарата.

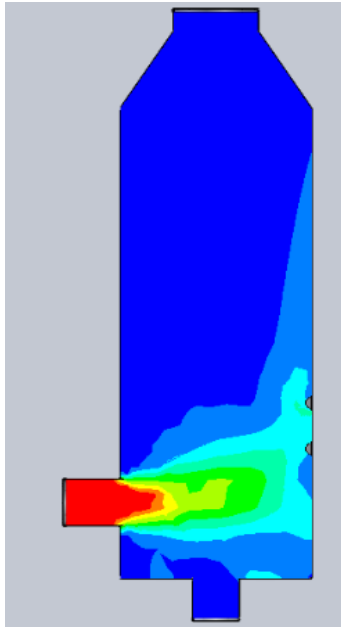


Рис. 3. Моделювання течій при встановленні в скрубєрі додаткового двохрандного місцевого опору [7]

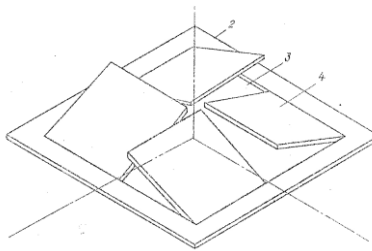


Рис. 4. Загальний вигляд елемента тарілки [5]

Моделювання руху газу у вихровому елементі показало, що найбільш раціональною швидкістю газу в елементі є 10 м/с. Завихрувач (рис. 5) в цілому забезпечує високий ступінь закручування потоку та у центрі елемента спостерігається зона знижених швидкостей газу та «горизонтальної» циркуляції, що сприяє утворенню пінного шару на поверхні тарілки при подачі на неї рідини, тобто виникає стійкий пінний прошарок який забезпечує ефективну абсорбцію шкідливих компонентів із газоповітряної суміші.

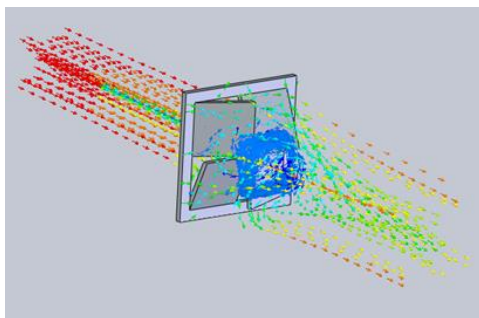


Рис. 5. Моделювання руху потоку повітря при початковій швидкості 10 м/с [8]

Принципова схема розробленого інтегрованого скрубера наведена на рис. 6.

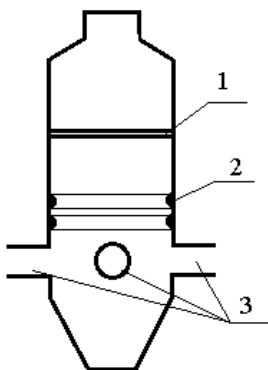


Рис. 6. Принципова схема інтегрованого скрубера для суднових енергетичних установок 1 – вихрова тарілка; 2 – двошаровий місцевий опір; 3 – входи розташовані під кутом 120°

Висновки

В результаті аналізу комп'ютерних CFD-моделей визначені раціональні технічні рішення, які інтегровані в конструкції скрубера для суднових систем знешкодження газів.

До цих технічних рішень віднесені:

- встановлення пінної тарілки з завіхрувачами;
- підтримка швидкості в завіхрувачі на рівні 10 м/с.
- обладнання скрубера додатковим двошаровим місцевим опором;

- розташування вхідних патрубків під кутом 120° ;

Для подальшого дослідження течій доцільно розробити збірну твердотільну модель інтегрованого скрубера та провести оптимізацію течій газу в апараті за допомогою комп'ютерного моделювання потоків – CFD моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Jan Babicz. Wärtsilä encyclopedia of ship technology. URL: <https://www.wartsila.com/docs/default-source/marine-documents/encyclopedia/wartsila-o-marine-encyclopedia.pdf> (дата звернення: 30.12.2022).
2. Emission Project Guide MAN B&W Two-stroke Marine Engines. URL: https://man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/special_pg/PG_7020-0145.pdf. (дата звернення: 30.12.2022).
3. Wartsila scrubber: product guide. URL: <https://studylib.net/doc/18628090/w%C3%A4rtsil%C3%A4-scrubber-product-guide> (дата звернення: 30.12.2022).
4. Хвиля екологічних рішень. Міжнародний журнал компанії «Альфа Лаваль». 2012. № 30. С. 6 -15. URL: <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/media/here-magazine/30/here-no-30.pdf> (дата звернення: 30.12.2022).
5. Афтанюк В.В., Спінов В.М., Даниленко Д.В. Інтенсифікація скруберної технології очищення викидних газів суднових енергоустановок: монографія. Одеса: НУ«ОМА», 2019. 136 с.
6. Афтанюк В.В., Коровайченко Е.М. Розробка моделі multi-скрубера для очистки викидних газів суднових двигунів. Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., м. Одеса 25–26 берез. 2021 р.: НУ«ОМА», 2021. С. 86 - 89.
7. Aftaniuk V.V., D. Danylyenko, A. Shalyov, V. Spinov Simulation of gas velocity distribution in a scrubber for ship exhaust gas cleaning systems. Transport means 2019. Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means 2019. P. 675 – 679. PART II. October 02-04. 2019, Palanga, Lithuania.
8. Афтанюк В.В., Даниленко Д.В., Афтанюк А.В. Моделювання гідродинаміки вихрових елементів комбінованого скрубера. Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Одеса, 2019. Вип. 38. С. 15-25.