

В І Д Г У К

офіційного опонента

кандидата технічних наук, професора, завідувача кафедри
теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Національного
університету “Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка”

ГОЛІКА ЮРІЯ СТЕПАНОВИЧА

на дисертаційну роботу **Микитенко Максима Руслановича**
«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИСТКИ АСПІРАЦІЙНИХ
ВИКИДІВ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В СКРУБЕРАХ З
ДИСКОВИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора
філософії в галузі знань 19 «Архітектура та
будівництво»,

за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

1. Актуальність обраної теми

Зростання вимог до екологічної безпеки виробництва, підвищення нормативів охорони довкілля та необхідність зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу зумовлюють актуальність удосконалення технологій очищення газоповітряних потоків, зокрема в умовах аспіраційних процесів. Значна кількість пилових викидів утворюється внаслідок переробки сировини, транспортування сипких матеріалів і термічної обробки продуктів, що характерно для підприємств харчової, деревообробної, сільськогосподарської, хімічної та інших галузей промисловості.

У цих випадках часто мають місце викиди підвищеної температури, які складно очищуються традиційними пиловловлювачами через зниження ефективності осадження частинок, зміну властивостей пилу або несприятливі умови для нормальної роботи фільтраційних елементів. Водночас підвищена температура аспіраційного повітря відкриває

потенціал для інтенсифікації масообмінних процесів за рахунок впливу на властивості середовища та характер взаємодії фаз.

Скруберні системи з використанням дискових розпилювачів мають низку конструктивних і функціональних переваг, зокрема, можливість тонкого диспергування рідини, стабільну роботу при змінних витратах і температурі, відносну простоту обслуговування. Проте їхня ефективність значною мірою залежить від вибору конструктивних параметрів, режимів роботи та взаємодії гідродинамічних і тепломасообмінних процесів.

Наразі існує обмежена кількість досліджень, які комплексно враховують вплив температурного фактора на ефективність роботи скруберів із дисковими розпилювачами, а також не розроблено достатньо точних методик для прогнозування ступеня пиловловлювання в реальних умовах виробництва. Це ускладнює адаптацію скруберів до нових технологічних завдань та знижує їхню загальну ефективність.

Отже, підвищення ефективності очищення гарячих аспіраційних викидів у скруберах шляхом оптимізації режимів роботи та конструкції дискових розпилювачів є актуальною науково-технічною проблемою, вирішення якої дозволить зменшити негативний вплив виробництва на довкілля, покращити умови праці та забезпечити відповідність чинним екологічним нормам.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Для розв'язання поставлених у дисертаційній роботі задач було застосовано сукупність теоретичних і експериментальних методів дослідження. Зокрема, розроблено узагальнену математичну модель процесу очищення газового потоку у скрубері з дисковим розпилювачем, яка ґрунтується на рівняннях масообміну між диспергованою рідиною та газовим середовищем, а також враховує процеси інерційного осадження твердих частинок, гравітаційного стікання крапель, вторинного

випаровування та часткової рекомбінації аерозольних включень.

При моделюванні взаємодії потоку з дисковим розпилювачем було використано підхід до опису формування крапель та їхнього подальшого руху з урахуванням сили тяжіння, опору середовища та ефективного поперечного перерізу краплі. Обчислювальні експерименти доповнено експериментальними дослідженнями на створеній лабораторній установці, що дозволило здійснити верифікацію моделі.

У процесі експериментальних досліджень використовувалися сучасні методи оброблення результатів вимірювань, включаючи багатофакторний аналіз, статистичну обробку та апроксимацію емпіричних залежностей. Порівняння результатів із опублікованими у вітчизняних і зарубіжних джерелах дозволило підтвердити коректність використаних підходів і адекватність моделі. Запропонована узагальнена формула для визначення ефективності пиловловлювання у скрубєрі з дисковим розпилювачем може бути застосована як інженерний інструмент для оптимізації конструктивних рішень аспіраційних систем, що працюють з гарячими газовими потоками.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Уперше:

- отримано експериментальні залежності ефективності очищення гарячих аспіраційних викидів у скрубєрі з дисковими розпилювачами залежно від температури, витрати рідини та частоти обертання диска, що дало змогу виявити граничні умови переходу до режимів переоснащення апарата;

- запропоновано вдосконалену конструкцію дискового розпилювача з профільованими лопатями, яка забезпечує стабільне утворення дисперсного факела у високотемпературному середовищі.

Удосконалено:

- математичну модель процесів інерційного та дифузійного

осадження пилу в зрошуваному скрубєрі, адаптовану до умов підвищених температур і турбулентних режимів, що дозволяє прогнозувати ефективність пиловловлювання за заданих конструктивних і експлуатаційних параметрів;

- уявлення про гідродинамічні режими диспергування рідини в зоні розпилу при роботі з гарячими газовими потоками, що дозволяє уточнити межі стабільної роботи скрубєра без втрати ефективності.

Набула подальшого розвитку:

- методика комплексної експериментальної оцінки ефективності очищення газів із підвищеною температурою в апаратах з обертальними розпилювачами, що дозволяє оперативно визначати вплив ключових технологічних параметрів;

- підхід до вибору оптимального діапазону температур, у якому забезпечується максимальна ефективність пиловловлювання при мінімальному витрачанні рідини та енергії.

Практичне значення роботи:

- вдосконалено конструкцію та технологію застосування скрубєрів з дисковими розпилювачами для очищення аспіраційних викидів з температурою до 180 °С;

- запропоновано рекомендації щодо підбору та налаштування режимів роботи зрошувальних систем для різних категорій пилу;

- створено передумови для впровадження результатів досліджень на підприємствах харчової, деревообробної та будівельної промисловості, де мають місце гарячі аспіраційні викиди;

- розроблено інженерну методику визначення ефективності очищення за результатами промислових випробувань.

4. Загальнонаціональне та світове значення роботи.

В умовах поступової гармонізації екологічного законодавства України з нормами Європейського Союзу, особливо у сфері промислових викидів, надзвичайно актуальним є зменшення рівня забруднення повітря, зокрема

аспіраційними викидами з підвищеною температурою. Нині в Україні гранично-допустимі концентрації пилу в аспіраційних викидах є суттєво вищими, ніж ті, що дозволені в країнах ЄС. Це становить серйозну екологічну загрозу та перешкоджає інтеграції у європейський екологічний простір.

Розробка та впровадження нових високоефективних методів очищення газів, зокрема шляхом удосконалення конструкцій скрубєрів з дисковими розпилювачами, спрямована на істотне зниження концентрацій пилу у викидах до рівнів, що відповідають сучасним європейським вимогам. Такі технології дозволяють забезпечити не лише екологічну безпеку виробництв, але й виконання майбутніх норм законодавства.

Крім того, технології очищення аспіраційних газів із використанням енергоощадних рідинних апаратів сприяють скороченню втрат теплоенергії та води, що є важливим фактором в умовах підвищення вартості енергоресурсів. Запропоновані рішення можуть бути використані для модернізації очисних систем на промислових підприємствах України, а також можуть зацікавити міжнародну спільноту як приклад ефективної адаптації до жорсткіших екологічних стандартів.

Таким чином, виконана дисертаційна робота має не лише наукову, але й практичну та стратегічну вагу — як для забезпечення екологічної безпеки всередині країни, так і для підвищення конкурентоспроможності українських технологій на міжнародному ринку.

5. Повнота викладення здобувачем основних результатів у наукових публікаціях.

Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 8 друкованих роботах, серед яких одна стаття в закордонному виданні держави, яка входить до ОЕСР та ЄС, чотири статті в наукових фахових виданнях категорії «Б» (одноосібні або у співавторстві з науковим керівником) та 3

тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій які додатково відображають наукові результати дисертації.

6. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

У роботі не виявлено академічного плагіату. Усі використані дані, ідеї та методи інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні літературні джерела. Наукові результати та положення, що захищаються, належать особисто автору. Зокрема:

- проведено критичний аналіз сучасних способів очищення аспіраційних викидів, зокрема високотемпературних, із фокусом на рідинно-фазні методи пило- й газоочищення;
- уточнено класифікацію мокрих газоочисних апаратів на основі механізмів взаємодії рідини й газу, з окремим виділенням апаратів з дисковими розпилювачами;
- запропоновано узагальнену структурну схему скрубера з дисковим розпилювачем для очищення високотемпературних викидів, а також сформульовано вимоги до його роботи з урахуванням українських екологічних норм;
- розроблено математичну модель взаємодії крапельного потоку з потоком газу, що містить пил, з урахуванням процесів диспергування, інерційного захоплення та тепломасообміну;
- виконано серію чисельних розрахунків, які дозволили встановити оптимальні параметри дискового розпилу, що забезпечують підвищену ефективність пиловловлювання в умовах високих температур газу;
- експериментально досліджено роботу лабораторної установки з дисковим розпилювачем, перевірено гіпотези математичного моделювання, встановлено залежності ефективності очищення від частоти обертання диска, витрати рідини та температури газу;
- розроблено рекомендації щодо апробації результатів дослідження

на підприємствах із високотемпературними аспіраційними потоками, зокрема в галузі переробки сировини, харчовій промисловості та виробництва будматеріалів.

Фабрикації або фальсифікації даних у роботі не виявлено.

7. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації.

Дисертаційна робота має анотацію, вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 128 найменувань та два додатки. Робота викладена на 175 сторінках друкованого тексту, зокрема 148 сторінок основного тексту, 41 рисунки і 19 таблиць.

Робота викладена грамотною українською мовою, а застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і експериментальних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їхнього сприйняття. Оформлення дисертації відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

8. Аналіз основного змісту роботи.

Всі розділи дисертаційної роботи змістовно підпорядковані меті дослідження та логічно взаємопов'язані.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення дисертаційна робота відповідає вимогам, що передбачені пп. 5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки №759 від 31.05.2019 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», освітньо-наукової програми

«Будівництво та цивільна інженерія» третього рівня вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», затвердженої Вченою радою КНУБА, протокол № 37 від 29 січня 2021 р.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету та завдання досліджень, викладено наукову новизну та практичну цінність роботи, особистий внесок автора, відомості про апробацію досліджень та публікації.

У першому розділі проаналізовано конструкції пиловловлювачів та обґрунтовано доцільність використання мокрих апаратів для аспіраційних викидів. Виявлено переваги таких систем і їх обмеження. Узагальнено теоретичні підходи до осадження аерозолів краплями. Визначено завдання дослідження щодо покращення ефективності дискових пиловловлювачів за умов запиленості й домішок у воді.

У другому розділі теоретично обґрунтовано взаємодію крапель із пилом і закономірності диспергування рідини. Встановлено, що ефективність пиловловлення залежить від дисперсності крапель, яку визначають конструкція розпилювача, властивості рідини й домішки. Виведено формулу для ефективності захоплення пилу. Обґрунтовано потребу експериментів для кількісної оцінки впливу параметрів зрошення на очищення при високих температурах і вдосконалення конструкцій апаратів.

У третьому розділі проведено комплексні експериментальні дослідження роботи пиловловлювача циклонного типу з дисковим розпилювачем, що диспергує оборотну воду з механічними домішками. Вивчено вплив гідродинамічних параметрів, конструкції розпилювача та властивостей рідини на формування крапельного факела. Побудовано

математичну модель процесу очищення та визначено оптимальні умови роботи апарата для підвищення ефективності пиловловлення.

У четвертому розділі наведено результати експериментального та аналітичного дослідження нового циклонного пиловловлювача з дисковим розпилювачем для очищення аспіраційних викидів підвищеної температури. Встановлено, що введення вискодиспергованої рідини в обортовий пилогазовий потік забезпечує інтенсивну коагуляцію пилу й ефективність очищення до 98,5%, навіть при механічних домішках до 2,5 кг/м³. Досліджено вплив домішок на дисперсність крапель, що підвищує пиловловлення. Побудовано математичну модель, враховано фізичні властивості рідини, дисперсність пилу, вологість і гідродинаміку. Результати підтверджено промисловими випробуваннями на Київському заводі скловиробів з досягненням економічного ефекту.

9. Зауваження та дискусійні питання

1. У розділі 1 недостатньо розкрито вплив температури газового потоку на кінетику коагуляції та агломерації частинок пилу, що могло б суттєво вплинути на оптимізацію режимів роботи апарату.

2. Порівняння експериментальних результатів із даними інших дослідників подане обмежено та без належного аналізу причин виявлених розбіжностей.

3. У розділі з розрахунковими залежностями не наведено прикладу повного розрахунку для конкретного набору вхідних параметрів, що ускладнює відтворення результатів іншими дослідниками.

4. При описі конструкції промислового пиловловлювача відсутні деталізовані креслення або 3D-візуалізації, які б дозволили повніше оцінити конструктивні особливості та ергономіку пристрою.

5. У роботі не враховано вплив зношування дискового розпилювача на стабільність дисперсності крапель та ефективність роботи апарата

протягом тривалого періоду експлуатації.

Зроблені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Микитенко Максима Руслановича «Підвищення ефективності очистки аспіраційних викидів підвищеної температури в скруберах з дисковими розпилювачами» є завершеною науковою роботою, що містить нові наукові положення та відповідає вимогам освітньо-наукової програми «Будівництво та цивільна інженерія» третього рівня вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Вона відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до дисертацій докторів філософії, затверджених наказом Міністерства освіти і науки від 12 січня 2017 р. №40 зі зміною від 31 травня 2019 р. №759 та пп. 5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, а її автор – Микитенко Максим Русланович – заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, професор,
завідувач кафедри теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики Національного
університету «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»



Юрій ГОЛІК