

ВІДГУК

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора Ульєва Леоніда Михайловича на дисертаційну роботу Куца Віктора Петровича «Науково-практичні основи створення високоефективного пилоочисного обладнання комбінованої дії», поданої до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.08 Процеси та обладнання хімічної технології

Актуальність теми зумовлена необхідністю розділяти неоднорідні системи, що у великих обсягах утворюються в хімічній, гірничорудній, металургійній промисловості, промисловості будівельних матеріалів, і які в більшості випадків у вигляді відходів із-за недосконалості ряду технологій та недостатньої ефективності очисного обладнання викидаються в навколишнє середовище, забруднюючи воду і повітря.

Зниження рівня забруднення газових викидів від твердої фази можна досягти шляхом удосконалення існуючих і розроблення нових високоефективних методів розділення газових неоднорідних систем і створення на їхній основі удосконаленого пиловловлюючого обладнання. Одним із можливих шляхів удосконалення й підвищення ступеня очищення пиловловлюючого обладнання є органічне поєднання переваг окремих апаратів і створення на основі результатів наукових досліджень конструкцій пиловловлювачів зі значно кращими технічними характеристиками, ніж в існуючих. Це дозволяє не лише суттєво підвищити ступінь очищення, але й зменшити енергетичні затрати на процес розділення, збільшити продуктивність і зменшити виробничі площі для їх розміщення.

Створення пиловловлювачів, у яких поєднані принципи дії найпоширеніших апаратів від центрального розділення – циклонів – і жалюзійних апаратів є одним з найперспективніших шляхів удосконалення пилоочисного обладнання.

Повною мірою використати потенційні можливості такого шляху вдосконалення пилоочисного обладнання, обґрунтувати його доцільність, узагальнити

існуючі рішення у цьому напрямку, тобто вирішити науко-прикладну проблему створення нового виду пилоочисного обладнання підвищеної ефективності з незначними енерго-і металоємними затратами є актуальною проблемою сучасності. В цьому плані актуальною є дана

дисертаційна робота, в якій вирішується проблема вдосконалення пилоочисного обладнання саме таким шляхом.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Дисертацію виконано в межах науково-дослідної роботи «Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології», що відповідає науково-технічній програмі Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0194u029586).

Основною метою роботи є розроблення науково-практичних основ, створення високоефективних пилоочисних апаратів, у яких поєднані принципи відцентрового й жалюзійного розділення запиленних потоків, визначення й обґрунтування раціональних режимів роботи, розроблення методик розрахунку конструкцій і основних техніко-економічних показників роботи.

Наукова новизна отриманих результатів

Дисертаційна робота є узагальненням досліджень і розроблень автора й спрямована на вирішення науково-прикладної проблеми, що має важливе народногосподарське значення для технологічних процесів розділення неоднорідних систем і зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище шляхом створення високоефективного обладнання для очищення промислових і вентиляційних газів від пилу.

Основні наукові результати роботи:

1. Теоретично обґрунтовано можливість підвищення ефективності пиловловлювання шляхом створення апаратів, в яких поєднані принципи дії відцентрових і жалюзійних пиловловлювачів.

2. Встановлено аналітичні залежності для розрахунку гідравлічного опору створених пиловловлювачів від режимних і конструкційних параметрів, визначені коефіцієнти опору.

3. Отримано аналітичні залежності для розрахунку ефективності пиловловлювання згідно з математичною моделлю процесу сепарації в них.

4. Вперше запропоновано аналітичні залежності для визначення ефективності пиловловлювання від основних визначальних критеріїв.

5. Вперше на основі математичних моделей процесу сепарації запиленних потоків у трьох різних за конструкцією відцентрово-інерційних пиловловлювачах з жалюзійним відводом повітря запропоновано методики розрахунку ефективності пиловловлювання в них.

6. На основі здійснених технічних рішень і проведених досліджень розроблено науково-практичні основи створення серії пиловловлювачів, в яких поєднані принципи дії відцентрових і жалюзійних апаратів.

7. Розроблено рекомендації щодо раціонального використання пиловловлювачів в конкретних умовах виробництва і адаптований до цих умов метод техніко-економічної оптимізації очисних систем із використанням створених апаратів.

Практичне значення результатів полягає в:

- теоретичному обґрунтуванні, конструюванні, дослідженні й упровадженні у виробництво нових конструкцій пиловловлювачів. Новизна конструкцій підтверджена патентами України на винаходи;
- підвищенні ефективності пиловловлювання в створених апаратах у порівнянні з існуючими апаратами такого ж класу;
- отриманні загальних розрахункових залежностей, інженерних методик розрахунку й оцінюванні ефективності пиловловлювання, режимів роботи і критеріїв їх оптимального вибору;
- зниженні гідравлічного опору систем пилоочищення за рахунок застосування створених пиловловлювачів в порівнянні з використанням окремих апаратів, принципи дії яких поєднані в створених апаратах;

- зменшенні виробничих площ, що займаються системами пилоочищення з використанням запропонованих апаратів;
- підвищенні ефективності пиловловлювання в системах пилоочищення, в яких застосовані створені апарати;
- оптимізації роботи цих систем;
- можливості вибору необхідної системи очищення, виходячи із вимог конкретного виробництва.

Інженерно-конструкторські розробки автора передані для впровадження шістьом підприємствам, що підтверджено відповідними документами.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, зокрема при вивченні навчальної дисципліни «Процеси і апарати харчових виробництв». Будова, принципи дії й основи розрахунку запропонованих пиловловлювачів викладаються в лекційному матеріалі, основні показники роботи визначаються в процесі виконання лабораторних робіт, розроблення конструкцій окремих апаратів і систем пилоочищення з їх використанням виконуються в курсовому і дипломному проектуванні.

Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні доцільності й створенні всіх конструкцій пиловловлювачів, що досліджувались у даній роботі, розробленні математичних моделей процесів, які протікають у них, участі в експериментальних дослідженнях, опрацюванні отриманих результатів. Автор дисертації брав безпосередню участь у конструюванні й упровадженні створених апаратів на промислових підприємствах.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується значним обсягом експериментальних даних, отриманих на основі сучасних методів аналізу, правильно вибраною стандартною методикою, вдалим узагальненням експериментальних даних, відсутністю розходжень основних положень і висновків з теорією гідромеханічних процесів, даними тривалої практичної експлуатації подібних апаратів.

Апробація роботи. Основні результати й положення дисертації, включаючи питання їх наукової і практичної цінності доповідались і отримали позитивну оцінку на 19 міжнародних і всеукраїнських конференціях, щорічних науково-технічних конференціях Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (1992 – 2015).

Публікації та автореферат. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 68 основних наукових працях, у тому числі: 34 статтях у наукових фахових виданнях України, 8 – у зарубіжних періодичних фахових виданнях, які входять до міжнародних науково-метричних баз даних, 10 патентах України на винаходи й корисні моделі, 16 матеріалах і тезах доповідей конференцій.

В опублікованих у співавторстві роботах дисертанту належать основні результати досліджень. Вимоги Департаменту атестації кадрів Міносвіти України щодо публікацій матеріалів дисертації повністю дотримані. В них висвітлено основні наукові положення, висновки й рекомендації.

Обсяг рукопису не перевищує встановлених норм. Зміст автореферату не має розбіжностей зі змістом дисертації.

Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 “Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення” та вимогам ДАК МОН України, висвітленими у Бюлетені ВАК України за №2 2000 року та у Бюлетні ВАК за №9-10 2011 року.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, основних висновків, списку використаних джерел, який містить 299 найменувань, додатків. Роботу викладено на 311 сторінках основного тексту, вона містить 89 рисунків, 24 таблиці та додатки на 32 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, яка вирішується, сформульовано мету і завдання дослідження, охарактеризовано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості щодо апробації роботи.

У першому розділі розглянуто основи інерційного розділення неоднорідних систем у найпоширеніших пиловловлюючих апаратах – відцентрових (циклонах), жалюзійних, апаратах із зустрічними закрученими потоками (вихрових). Наведено найважливіші характеристики пилу, показано, як ті чи інші властивості його зумовлюють вибір типу пиловловлювача для його осадження.

Подано класифікацію неоднорідних систем і методів їхнього розділення, обґрунтовано роль і місце в ній пиловловлювачів, конструкції яких взято до уваги при створенні запропонованих у дисертаційній роботі апаратів.

На основі проведеного аналізу робіт з удосконалення пилоочисного обладнання зроблено висновки про те, що домогтися відчутного покращення основних показників їх роботи - ефективності пиловловлювання і гідравлічного опору - лише вдосконаленням окремих його елементів мало ймовірно, необхідні інші, радикальніші рішення.

Для реалізації поставлених у дисертаційній роботі таких рішень вибрано й обґрунтовано напрями необхідних розроблень і досліджень.

У другому розділі наведено опис конструкцій і принципів дії трьох пиловловлюючих апаратів, в яких поєднані принципи дії відцентрових і жалюзійних пиловловлювачів, обґрунтовано доцільність і можливість таких рішень, викладено передумови розроблення й особливості конструкцій.

Обґрунтування можливості й доцільності такого поєднання проведено на основі аналізу конструкцій і принципів дії апаратів, принципи дії яких поєднуються. Створення кількох конструкцій продиктоване прагненням усунути основні недоліки цих апаратів і покращити основні показники роботи – ефективність пиловловлювання і гідравлічний опір у створених пиловловлювачах.

У третьому розділі обґрунтовано вибір застосованої методики для проведення порівняльних випробувань пиловловлювачів і наведено основні її положення й вимоги.

Згідно з методикою експериментальні дослідження повинні проводитися у два етапи: спочатку на незапиленому повітрі визначаються гідродинамічні характеристики (гідравлічний опір) пиловловлювачів і досліджується вплив на

його величину режимних і конструкційних параметрів. На другому етапі визначається ефективність пиловловлювання і досліджується вплив на її величину тих же параметрів.

Методика регламентує обладнання експериментального стенда, на якому проводяться дослідження.

Методика регламентує і вимоги до експериментального пилу, який використовується для штучного запилення повітряного потоку, який подають у пиловловлювачі, його концентрацію в потоці.

Для прискорення проведення аналізу дисперсного складу пилу, що подається в апарати, і пилу, що вловлюється в них, автор запропонував два нових пристрої, які дозволяють значно скоротити цей етап досліджень.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень створених пиловловлювачів. Вони представлені у вигляді рекомендованих методикою графіків, а для порівняння зведені у відповідні таблиці.

Слід відзначити, що обсяг результатів значний, наведено не лише залежності, рекомендовані методикою. Все це дає підстави стверджувати, що показники роботи створених пиловловлювачів кращі за відповідні показники апаратів, принципи яких у них поєднані, а, отже, обраний шлях удосконалення пилоочисного обладнання доцільний і перспективний.

У п'ятому розділі розкрито суть методів теоретичного визначення основних показників роботи створених пиловловлювачів, наведено результати розрахунків і оцінювання придатності їх внаслідок порівняння з даними експериментальних досліджень.

Для розрахунку як гідравлічного, так і ефективності пиловловлювання для кожного із пиловловлювачів використано різні методи. Це дало змогу оцінити й запропонувати найпридатніший з них для кожного з апаратів. Слід зауважити, що універсальних методів, придатних для всіх трьох апаратів, не виявилось ні при розрахунку гідравлічного опору, ні при розрахунку ефективності пиловловлювання. Це свідчить про те, що у використаних методиках розрахунку враховуються індивідуальні властивості конструкцій кожного з апаратів.

У шостому розділі розкрито суть рішень з практичного застосування результатів розроблень і досліджень запропонованих пиловловлювачів.

Для всіх трьох типів створених апаратів розроблено методики розрахунку їх роботи і конструкційних розмірів.

Викладено методику розрахунку економічної ефективності застосування пиловловлювачів у конкретних умовах виробництва.

Розроблено рекомендації щодо сфер раціонального використання досліджених пиловловлювачів.

Запропоновано пиловловлювачі тонкого очищення (мокрі, магнітний), які можуть бути використані як наступний ступінь у системах пилоочищення після пиловловлювачів з жалюзійним відведенням повітря. Такі системи здатні забезпечити необхідні норми чистоти газів, що викидаються в атмосферу.

Викладено суть техніко-економічної оптимізації систем пилоочищення, яка полягає в раціональному розподілі пилового навантаження між пиловловлювачами, що застосовуються.

Висновки дисертаційної роботи ґрунтуються на аналізі отриманих результатів і відображають суть проведених розробок досліджень. Їх наведено в кінці кожного розділу і в узагальненому вигляді в кінці дисертації.

Список літературних джерел налічує 299 найменувань. Дисертант виявив ґрунтовне опанування наявної інформації з обраної тематики, вміння користуватися нею й аналізувати її.

Зауваження щодо змісту, оформлення дисертації та автореферату:

Дисертаційну роботу оцінено позитивно, але є низка зауважень:

1. На сторінці 75 рівномірність розподілу потоку по всьому перерізу батарейного циклону визначається, насамперед, перепадом тиску в жалюзійних елементах і в розподільній камері. Основні закономірності цих розподілів, можливо визначити лише за допомогою чисельного моделювання руху повітряно-дисперсної середовища у даних елементах. Тому оптимальність розташування верхньої решітки на рисунку 2.2, викликає сумніви. В роботі взагалі відсутнє чисельне моделювання течій з розподіленими параметрами в елементах облад-

нання, а це дозволило б більш глибоко зрозуміти і проаналізувати процеси сепарації.

2. Для розрахунку руху дисперсних частинок в закручених потоках у главі 5 використовується спрощена модель (рівняння 5.25), яка записана без оцінки значимих членів рівнянь. Зазвичай, у наближенні, яке використовується для руху частинок записують найбільш загальне рівняння – рівняння Чена, а потім аналізують його складові. Силу Бассе можна не враховувати, але необхідно оцінити величини сил Коріоліса, Магнуса, ефекту «приєднаної маси».

3. Не враховано також вплив молекул на частинку, який зазвичай вводиться поправкою Деві. І в нормальних умовах для частинок ~ 1 мкм становить значення $\sim 17\%$ від усієї сили, яка діє на частинку.

4. В таблицях 5.2, 5.3 глави 5 видно, що існуючі методики оцінки гідравлічного опору пиловловлювачів дають більше наближення до експериментальних значень, ніж методика, яка розроблена здобувачем. У чому сенс створення менш точної методики?

5. В роботі не показана тонкість очищення, яку дозволяють досягти апарати, які розроблені автором. При цьому декларується теоретична величина критичного діаметра частинки, яка вловлюється в циклонний елемент ~ 1.8 мкм (стор 237). На практиці така тонкість очищення досягається у вихрових апаратах з мембранними фільтрами. Такі апарати дорогі в обслуговуванні, і якби зазначена тонкість очищення досягалася жалюзійно-вихрових циклонах, то від апаратів з фільтрами давно б відмовилися, чи не так?

Також існують зауваження до стилю викладу дисертаційної роботи.

6. Початкові та граничні умови (умови однозначності) накладаються не на постійні інтегрування, а на залежну змінну (шукану функцію) (стор 26).

7. Третій абзац на 15 стор. починається як: «До найважливіших властивостей пилу відносять його дисперсний склад...». Далі початок четвертого абзацу «В комплексі фізико-хімічних властивостей пилу його дисперсний склад є однією з найважливіших характеристик». У чому різниця?

Зазначені зауваження не знижують наукової цінності й не викликають сумніву у вірогідності, науковому значенні, результатах практичного використання проведених дисертантом розроблень і досліджень.

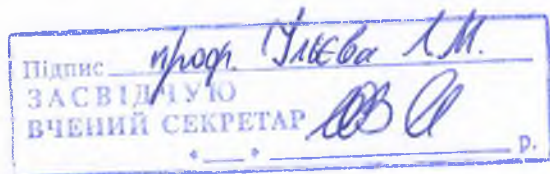
Загальний висновок

Дисертаційна робота Куца В.П. є завершеним науковим дослідженням, виконаним на актуальну тему. Дисертантом отримано нові науково-обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують важливу для народного господарства проблему створення високоефективного пилоочисного обладнання, яке дозволить проводити процес розділення неоднорідних систем, зокрема запиленних газових потоків, з вищою ефективністю і меншими енергетичними затратами.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 Процеси та обладнання хімічної технології.

За актуальністю, науковою новизною, практичною значущістю та сформульованими науковими положеннями дисертаційна робота Куца В.П. «Науково-практичні основи створення високоефективного пилоочисного обладнання комбінованої дії» виконана на рівні вимог до докторських дисертацій у відповідності з п.п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. за №567, а її автор, Куц Віктор Петрович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.17.08 Процеси та обладнання хімічної технології.

Офіційний опонент професор кафедри інтегрованих технологій, процесів і апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»
д.т.н., професор



ЗАЙЦЕВ Ю.І.

