

Відгук

офіційного опонента 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. Переважна більшість процесів хімічної, металургійної, гірничорудної промисловості, виробництва будівельних матеріалів супроводжуються утворенням різного виду неоднорідних систем (суспензії, пил, тумани, емульсії, піни), які найчастіше у вигляді відходів виробництва потрапляють в навколишнє середовище, забруднюючи воду і повітря. Як найважливішу проблему безпечного існування людського суспільства слід розглядати зменшення забруднення атмосферного повітря, яке є основним середовищем життєдіяльності людини, відходами її господарської діяльності.

У даний час у різних країнах постійно з'являються нові технічні засоби для запобігання забрудненню повітряного середовища і боротьби з ним, причому досконаліші і все складніші. Це відображається на їх вартості, яка складає від 10 до 40 – 50% вартості обладнання основного виробництва. При цьому розвиток пилоочисного обладнання йде як шляхом створення якісно нових типів апаратів, так і шляхом створення пиловловлювачів, у яких поєднуються принципи дії кількох уже відомих апаратів. Зважаючи на наявність стандартного та добре відпрацьованого у технологічному плані обладнання, у другому випадку вдається не лише підвищити ефективність очищення і знизити вартість його в порівнянні з використанням окремих апаратів, принципи дії яких поєднуються, але й скоротити виробничі площі, які займає це обладнання.

Тому актуальною є дана дисертаційна робота, в якій вирішується проблема створення нових ефективних пилоочисних апаратів, у яких поєднуються принципи дії найпоширеніших відцентрових пиловловлювачів – циклонів – і жалюзійних апаратів.

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. Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи «Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології», що відповідає науково-технічній програмі Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0194U29586).

Аналіз основного змісту, наукової новизни, практичного значення, оцінювання достовірності та обґрунтованості висновків

Об'єктом дослідження дисертаційної роботи автор визначає процес очищення запиленних потоків у створених відцентрово-інерційних пиловловлювачах з жалюзійним відведенням повітря. У рамках об'єкта

досліджувалися гідродинаміка апаратів та процес сепарації твердої фази із запиленого потоку.

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

У першому розділі розглянуто основи інерційного розділення неоднорідних систем у найпоширеніших пило вловлюваних апаратах – відцентрових (циклонах), жалюзійних, апаратах із зустрічними закрученими потоками (ЗЗП) і проведено критичний аналіз джерел літератури, в яких вирішуються питання пошуку можливих шляхів удосконалення їх з метою покращення основних показників роботи – підвищення ефективності пиловловлювання і зниження гідравлічного опору.

Зроблено висновок, що можливості покращення цих показників у вказаних пиловловлювачах лише внесенням змін в конструкцію їх окремих елементів практично вичерпані. Для досягнення відчутного покращення цих показників, а також зменшення енерго і металосмності потрібно шукати інші рішення.

Одним із таких рішень є створення пиловловлювачів, у яких були б поєднані принципи дії кількох апаратів, зокрема відцентрових і жалюзійних, що й вирішується в даній роботі.

Для досягнення поставленої мети вибрано й обґрунтовано напрями необхідних розробок і досліджень.

У другому розділі розкривається фізична суть процесів, які повинні протікати в кожному із трьох створених пиловловлювальних апаратів, показано, на усунення яких недоліків базових апаратів направлені ті чи інші конструкційні рішення і якою мірою вони зможуть покращити показники роботи в нових апаратах комбінованої дії.

Обґрунтування можливості й доцільності поєднання в одному апараті принципів дії кількох апаратів проведене на основі аналізу конструкцій і роботи апаратів, принципи дії яких поєднуються. Створення кількох конструкцій продиктоване прагненням усунути основні недоліки цих апаратів і покращити показники роботи – збільшити ефективність пиловловлювання і зменшити гідравлічний опір – у нових апаратах.

Рішення застосувати жалюзійне відведення повітря в одних із найефективніших на сьогодні пиловловлювачах – апаратах із зустрічними закрученими потоками (ЗЗП) повинно забезпечити не лише підвищення ефективності пиловловлювання, а й усунути утворення в цих апаратах так званого «осьового джгута», зумовленого тим, що в безпосередній близькості від осі апарата відцентрова сила, що діє на частинки пилу при обертанні пило повітряного потоку, незначна й недостатня для відкидання цих частинок до периферії пиловловлювача, де вторинним потоком газу, що опускається зверху вниз, відкинуті частинки транспортуються у бункер. Тому частинки, які знаходяться у центрі потоку, безперешкодно виносяться потоком очищеного газу, який піднімається знизу вгору. Внаслідок цього знижується ефективність.

Для досліджень були виготовлені три апарати з різним діаметром корпусу. Крім того, була передбачена можливість досліджувати ці апарати без

решіток та з решіткою, що обертається. Корпуси апаратів були виготовлені зі скла, що давало можливість візуально спостерігати за процесом, який протікає в них.

Створення батарейного циклона, в якому замість звичайних циклонних елементів використовуються елементи з жалюзійними решітками, аналогічними тим, що використовуються в пиловловлювачах з жалюзійним відведенням повітря, продиктоване, в першу чергу, прагненням усунути основний недолік цих апаратів – зменшення ефективності пиловловлювання зі збільшенням діаметра. З іншого боку, таке рішення повинно усунути й основний недолік циклонних елементів – турбулізацію повітряного потоку при зміні напрямку його руху і винесення ним частини вже виділеного пилу.

У корпусі апарата розміщено 8 циклонних елементів у два ряди по чотири в кожному. Діаметр циклонних елементів 0,1 м. Розрахункова оптимальна продуктивність 0,035 м³/с (125 м³/год) кожного. Загальна продуктивність циклона 0,28 м³/с (1000 м³/год). Циклони мають закручуючі елементи. Передбачено дослідження апаратів зі ступеневим відведенням пилу.

Теоретичні викладки і конструкційні рішення, прийняті при створенні наведених вище пиловловлювачів, логічні, достатньо обґрунтовані необхідними розрахунками і посиланнями на необхідні джерела. Перевірити їх достовірність передбачається проведенням комплексу експериментальних досліджень за загальноприйнятою для такого класу обладнання методикою.

У **третьому розділі** обґрунтовано вибір методики експериментальних досліджень створених. Ця методика передбачає проведення експериментальних досліджень пиловловлювачів у два етапи: спочатку на не запиленому повітрі визначається гідравлічний опір і досліджується вплив на його величину режимних і конструкційних параметрів, а після цього визначається ефективність пиловловлювання і досліджується вплив на її величину тих же параметрів.

Методика регламентує вимоги як до обладнання стендів, на яких досліджуються пиловловлювачі, так і до експериментального пилу, який використовується для штучного запилення повітряного потоку із заданою концентрацією.

Визначення дисперсного складу експериментального пилу як початкового, так і вловленого в апаратах, є важливим етапом при визначенні ефективності вловлювання. Запропоновані автором два нові пристрої дозволяють значно скоротити цей час, а, отже, і загальну тривалість досліджень. У першому дисперсний склад визначається за швидкістю осадження частинок у рідині, в другому – за швидкістю витання частинок у повітрі. Для проведення експериментів використовувався кварцовий пил густиною $\rho = 2650 \text{ кг/м}^3$ з медіанним діаметром $\delta_{50} = (8 \pm 0.5) \text{ мкм}$. Регламентована величина початкової концентрації пилу $C_0 = 3 \text{ г/м}^3$.

Для проведення експериментальних досліджень автор використав досконалу методику, в якій узагальнені кращі положення методик організацій – розробників пиловловлювального обладнання. Тому результати досліджень наведені у відповідності з вимогами цієї методики для можливості порівняння їх з такими ж показниками інших пиловловлювачів.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень основних показників роботи створених пиловловлювачів.

Основними залежностями при визначенні гідравлічного опору є залежності втрат тиску від швидкості газового потоку в апараті, а при визначенні ефективності пиловловлювання – її залежності від швидкості пилового потоку.

Досліджено вплив співвідношення між первинним і вторинним потоками; можливого обертання жалюзійної решітки і швидкості обертання; кількості лопатей завихрювачів первинного потоку; рівномірність відведення очищеного повітря за висотою жалюзійної решітки. За результатами зроблені висновки щодо доцільності тих чи інших рішень в його конструкції і режимах експлуатації.

Визначено певний діапазон (1,5 – 2) співвідношення вторинного і первинного потоків повітря в апараті, при якому втрати тиску мінімальні. Оскільки витрата вторинного потоку доволі значна, то для роботи пиловловлювача з повним навантаженням цей потік доцільно подавати теж запитаним. Це дозволяє використовувати один вентилятор, а, отже, проводити процес очищення з меншими енергетичними затратами, що знижує його вартість.

Встановлено, що обертання жалюзійної решітки на втрати тиску в апараті практично не впливає і конструкція пиловловлювача значно спрощується.

Збільшення числа лопатей завихрювача сприяє зниженню втрат тиску, забезпечуючи плавніше введення потоку в апарат. Оптимальними прийнято завихрювачі з 4 лопатями.

Однакові значення перепаду тиску за висотою жалюзійної решітки свідчать про рівномірне відведення повітря через бокову поверхню її, що є важливою умовою ефективної роботи пиловловлювача.

Порівняння величин гідравлічного опору батарейного циклону з жалюзійними елементами із закручуючими (направляючими) апаратами типу «гвинт» і направляючими апаратами типу «розетка» свідчить, що направляючі типу «гвинт» створюють менший опір у циклонних елементах. При оптимальній швидкості повітряного потоку $w=3,5$ м/с коефіцієнт гідравлічного опору пиловловлювача з апаратами типу «гвинт» складає 68, а з апаратами типу «розетка» – 102.

За результатами дослідження гідравлічного опору циклону зі ступеневим відведенням побудовано ряд графічних залежностей: гідравлічного опору від вхідної швидкості газового потоку; гідравлічного опору від фіктивної швидкості газового; гідравлічного опору від швидкості проходження газу через жалюзійну решітку; гідравлічного опору від швидкості газу у вихлопній трубі; гідравлічного опору від продуктивності.

Такі ж залежності встановлені й побудовані також для пиловловлювача діаметром 0,1 м та досліджені три конструкції конічного днища під жалюзійною решіткою з кутом при вершині 60° , 90° і 120° відповідно, а також три конструкції відведення очищеного газу із апарата: вихлоп в атмосферу, відведення через коліно, відведення через дифузор. Цей апарат, як і апарат діаметром 0,4 м, досліджувався в двох режимах: під тиском і під розрідженням.

Побудовано й проаналізовано відповідні залежності, зроблено певні висновки про доцільність тих чи інших рішень, прийнятих при створенні апаратів.

У п'ятому розділі викладено методи теоретичного визначення основних показників роботи створених пиловловлювачів: гідравлічного опору й ефективності пиловловлювання, наведено результати розрахунків й оцінювання придатності їх порівнянням з даними експериментальних досліджень.

Визначення гідравлічного опору апаратів за кількома різними методиками показано, що універсальної, придатної для всіх апаратів, не виявилось. Для кожного з них рекомендована індивідуальна методика. Про результати проведених розрахунків і їх порівняння з експериментальними даними можна судити за порівняльними таблицями, наведеними в дисертації й авторефераті.

Різним був підхід і до питання теоретичного визначення ефективності пиловловлювання в створених пиловловлювачах. Зумовлене таке рішення як прагненням найповніше врахувати конструкційні й режимні особливості кожного з них, так і виявити найпридатнішу для практичної реалізації, і, в міру можливості, універсальну для апаратів цього типу.

Для розрахунку ефективності пиловловлювання в ЖВП використано метод, вперше розроблений автором і застосований для двох конструкцій раніше створених апаратів з жалюзійним відведенням повітря.

Розв'язок системи рівнянь руху частинок на ЕОМ дозволяє побудувати траєкторії руху частинок пилу в апараті, що достатньо для розрахунку ефективності відцентрової (циклонної) сепарації. Розраховувались траєкторії руху частинок діаметром від 1,0 до 63 мкм, які входили в пиловловлювач на різних відстанях від решітки.

Розрахунки проводились при середній швидкості повітря в каналі в межах від 16,0 до 30 м/с. Для кожного інтервалу часу визначались координати частинок, швидкість і зміщення частинок за висотою апарата.

Розділяюча здатність жалюзійної решітки оцінювалась як різниця між показниками загального ступеня очищення і розрахованим ступенем циклонної сепарації. Справедливість такого оцінювання перевірялась шляхом порівняння ефективності пиловловлювання апарата з решіткою з ефективністю його ж апарата без решітки.

Розрахунок ефективності пиловловлювання в батарейному циклоні з жалюзійними елементами проводився за двома методиками.

За першою з них розрахунки узагальнені у вигляді рівняння для визначення критичного розміру частинок, що вловлюються в ньому.

За другою методикою порівнювався час перебування частинки в апараті з часом, необхідним для досягнення нею корпусу апарата, де вона вважалась вловленою.

За іншим варіантом розрахунок зводився до визначення критичного розміру частинок, які можуть досягти стінки корпусу, та повинні бути вловлені. При відомому значенні критичного діаметра за графіком інтегральної функції розподілу пилу визначається ефективність пиловловлювання.

Для всіх пиловловлювачів проведено оцінювання ефективності пиловловлювання і за стохастичною моделлю. Наведено порівняльну таблицю показників роботи всіх пиловловлювачів.

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

Для всіх створених пиловловлювачів розроблено методики розрахунку показників їх роботи і конструкційних розмірів. Розраховані розміри пиловловлювачів і їх елементів наведено в долях внутрішнього діаметра корпусу.

Побудовано графіки залежностей цих розмірів від продуктивності, що в комплексі з методами розрахунку гідравлічного опору й ефективності пиловловлювання дозволяють вже на стадії проектування очисних систем оцінити придатність запропонованих пиловловлювачів як з точки зору показників роботи, так і з точки зору розмірів у місцях їх встановлення.

З метою прискорення впровадження запропонованих пиловловлювачів в конкретних умовах виробництва на заключних етапах експериментальних досліджень на експериментальному стенді проводились дослідження зі вловлювання в них пилу, що утворюється в виробничих умовах.

Важливим показником при оцінюванні доцільності застосування пилоочисного обладнання є питомі затрати на очищення. Для запропонованих апаратів ці дані також наводяться.

Практичне застосування пиловловлювачі знайшли на шести промислових підприємствах. Сумарний економічний ефект від застосування, розрахований за методикою інституту «Ленгипрогазоочистка» з урахуванням особливостей виробництв і компоновок очисного обладнання, склав 1628,7 тис. грн/рік.

На основі аналізу умов раціонального використання близьких за принципами дії апаратів, результатів проведених досліджень і досвіду експлуатації створених раніше пиловловлювачів з жалюзійним відведенням у реальних умовах виробництв, розроблені рекомендації щодо їх раціонального застосування й експлуатації.

Досліджені пиловловлювачі можуть використовуватись як самостійні очисні агрегати, однак в більшості випадків раціональніше використовувати їх на попередніх ступенях перед апаратами тонкого очищення: електрофільтрами, рукавними фільтрами, мокрими пиловловлювачами. Тут потрібно проводити оптимізацію, суть якої полягає в найвигіднішому розподілі технологічного навантаження між ступенями і забезпеченні проведення процесу з максимальною ефективністю й мінімальними затратами.

Вирішується ця проблема шляхом побудови в математичній формі техніко-економічних моделей об'єктів, які оптимізуються, тобто рівнянь, в яких були б зв'язані конструкційно-технологічні й техніко-економічні параметри.

Для всіх запропонованих пиловловлювачів така оптимізація була проведена за методикою інституту «Ленгипрогазоочистка».

Як апарати тонкого очищення в очисних системах після запропонованих пиловловлювачів можна використати апарати мокрого очищення чи магнітний пиловловлювач, запропоновані автором. Конструкції цих апаратів і способи очищення в них захищені патентами України на корисні моделі.

Висновки є повною мірою обґрунтованими і підсумовують результати виконаної роботи.

Найсуттєвіші наукові результати, які отримав здобувач особисто:

- теоретично обґрунтовано можливість підвищення ефективності пиловловлювання шляхом створення апаратів, в яких поєднані принципи дії відцентрових і жалюзійних пиловловлювачів;
- встановлено математичні залежності для розрахунку гідравлічного опору створених пиловловлювачів від режимних і конструкційних параметрів, визначено коефіцієнти опору;
- отримано аналітичні залежності для розрахунку ефективності пиловловлювання згідно з математичною моделлю процесу сепарації в них;
- вперше запропоновано аналітичні залежності для визначення ефективності пиловловлювання від основних визначальних критеріїв;
- вперше на основі математичних моделей процесу сепарації запилених потоків у трьох різних за конструкцією відцентрово-інерційних пиловловлювачах запропоновано методики розрахунку ефективності пиловловлювання в них;
- на основі запропонованих технічних рішень і проведених досліджень розроблено науково-практичні основи створення серії пиловловлювачів, в яких поєднані принципи дії відцентрових і жалюзійних апаратів;
- розроблено рекомендації щодо раціонального використання пиловловлювачів у конкретних умовах виробництва й адаптований до цих умов метод техніко-економічної оптимізації очисних систем із використанням створених пиловловлювачів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у:

- теоретичному обґрунтуванні, конструюванні, дослідженні й упровадженні у виробництво нових конструкцій пиловловлювачів, новизна яких підтверджена патентами України на винаходи;
- підвищенні ефективності пиловловлювання в створених апаратах у порівнянні з існуючими апаратами такого ж класу;
- зниженні гідравлічного опору систем пилоочищення із застосуванням створених пиловловлювачів в порівнянні з використанням окремих апаратів, принципи дії яких поєднані у створених апаратах;
- зменшенні виробничих площ, що займаються системами пилоочищення з використанням запропонованих апаратів;
- отриманні загальних розрахункових залежностей, інженерних методик розрахунку й оцінювання ефективності пиловловлювання, режимів роботи і критеріїв їх оптимального вибору.

Інженерно-конструкторські розробки автора передані для впровадження шістьом підприємствам. Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, зокрема при вивченні навчальної дисципліни «Процеси і апарати харчових виробництв».

Оцінювання достовірності та новизни отриманих результатів наукових досліджень

Дослідження виконані на високому науковому рівні, отримані результати базуються на великому об'ємі теоретичного та експериментального матеріалу. Достовірність та новизна отриманих результатів обумовлені новими підходами, досконалими методиками та приладами. Достовірність підтверджується визначенням похибок вимірювань, що лежать у допустимих границях.

Аналіз публікацій

Основні положення дисертаційної роботи знайшли своє відображення у 68 наукових працях, з них 34 статті у наукових фахових виданнях України, 8 статей у зарубіжних періодичних фахових виданнях, 10 патентів України на винаходи і корисні моделі, 16 матеріалів і тез доповідей конференцій.

В опублікованих у співавторстві роботах автору дисертаційної роботи належать основні результати досліджень. Вимоги Департаменту атестації кадрів МОН України щодо публікацій матеріалів дисертації повністю дотримані. В опублікованих працях висвітлено основні наукові положення, висновки і рекомендації.

Робота викладена грамотно, логічно завершена. Оформлення роботи відповідає вимогам ДАК МОН України. Назва роботи цілком відповідає її змісту.

Обсяг рукопису не перевищує встановлених норм. Зміст автореферату не має розбіжностей зі змістом дисертації. Реферат вдало ілюстрований, якісно оформлений.

Апробація результатів дисертаційної роботи

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

Зауваження по дисертаційній роботі

Дисертаційну роботу оцінено позитивно, принципів зауважень, які б ставили під сумнів її достовірність, немає. Однак під час аналізу матеріалів дисертації виникло ряд дискусійних зауважень.

1. На с.8 вказано, що треба «...розробити і обґрунтувати єдиний підхід до можливостей підвищення ефективності пиловловлювання за рахунок поєднання принципів дії відцентрових і жалюзійних апаратів» та не вказано, яких показників це стосується, що у подальшому ускладнює сприймання матеріалу.
2. У роботі відсутні узагальнюючі висновки щодо впливу на експериментально отримані характеристики та на розроблені автором методи розрахунку нових апаратів урахування властивостей газів та часток пилу з різними фізичними властивостями.
3. На с. 17 вказано на адгезійні властивості частинок, які визначають їх здатність до злипання, та на питомий електричний опір шару пилу (с.19), але у подальшому не пояснюється чому вплив цих властивостей на роботу апаратів не досліджувався.

4. У роботі зустрічаються описки, наприклад у формулі (1.9) у другому рівнянні у лівій частині пропущено значення маси частки.
5. При описі формул 1.10 ... 1.13 не вказано чи є це результатом аналізу автора.
6. Для аналізу ефективного відцентрового розділення автор приводить критерій Фруда (с.41, ф.1.42), але не вказує чи визначено подібний узагальнюючий критерій для жалюзійного уловлювача.
7. Бажано отримати пояснення чи впливають вторинні потоки на зниження закрутки основного потоку уздовж вісі апарату.
8. Не вказано, чи проводився аналіз розподілу тиску по елементам пиловловлювача, що важливо для визначення найбільш енерговитратних конструктивних частин апарату.
9. З тексту роботи не зрозуміло (с.116) чи проводилася автором перевірка розподілу пилу по перетину апарата та як цей розподіл визначався розрахунковими методами.
10. На с. 120 дисертації вказано що «однією із особливостей розробленого пиловловлювача є завихрювачі як первинного, так і вторинного потоків» та недостатні пояснення у чому ці особливості полягають з точки зору впливу на гідродинаміку апарата.
11. На с. 121 вказано, що треба «...встановити залежність між ефективністю пиловловлювання і гідравлічним опором апарата» та у подальшому цей зв'язок складно відслідкувати.
12. На с. 132 вказано, що «...перевага віддана визначенню ефективності за відношенням мас вловленого пилу до поданого як простішому, так і точнішому» але це ствердження не підкріплено чисельними порівняннями.
13. У розділі 4 викладено дослідження гідравлічного опору та впливу на нього жалюзійної решітки, але не зрозуміло чи впливає (окрім (с.258) коефіцієнта живого перерізу решітки) на цей показник різний профіль лопатей.
14. У розділі 5 при теоретичному описі показників роботи апарата використовуються інтегральні характеристики і критеріальні залежності та не обґрунтовується чому зроблено такий вибір, та з якими складнощами зіткнувся автор при спробі рішення диференціальних рівнянь руху газу для визначення полів швидкості та тиску, які потім впливають на рух часток пилу, або при виборі сучасних методів чисельного розрахунку цих характеристик.
15. При описі та розрахунку експлуатаційних властивостей нового циклона, що буде працювати у реальних умовах (с.231), не показано, як методика перерахунку даних, які отримано на стенді, обґрунтовується загально відомою теорією моделювання.

Зазначені зауваження не знижують наукової цінності роботи і не викликають сумніву у вірогідності, науковому значенні, результатах практичного використання проведених автором 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 прикладну

проблему розділення неоднорідних систем шляхом застосування пилловловлювачів нових конструкцій, що дозволяють проводити ці процеси з вищою ефективністю й меншими енергетичними затратами.

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

За актуальністю, науковою новизною, практичною значущістю, ступенем опублікування результатів та сформульованими науковими положеннями дисертаційна робота Куца В.П. «Науково-практичні основи створення вискоелективного пилоочисного обладнання комбінованої дії» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», 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:

Завідувач кафедри процесів
та обладнання хімічних і
нафтопереробних виробництв
Сумського державного університету,
доктор технічних наук, професор

В.І. Склабінецький

Підпис професора Склабінецького В.І. засвідчую:

Вчений секретар СумДУ



А.І.Рубан