

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Павленка Івана Володимировича

«Науково-теоретичні основи вібраційних процесів у гетерогенних системах»,

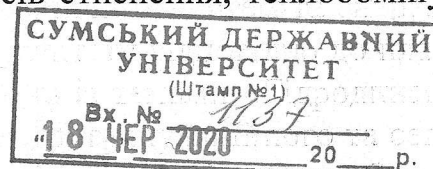
що представлено на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Актуальність теми. Одним з сучасних напрямків інтенсифікація основних технологічних процесів хімічних виробництв є застосування вібраційного впливу. Зокрема, цей засіб використовується в гетерогенних процесах, таких як екстракція, розчинення, сорбція, подрібнення. При цьому дослідження ефектів, пов'язаних з впливом вібрацій на процеси сепарації, класифікації, грануляції та фільтрації є недостатньо вивченими, а існуючі математичні моделі не враховують фазового стану та імовірного розподілу дисперсних частинок за їх розмірами. Таким чином, актуальною є тема дисертації І. В. Павленка, яка спрямована на розробку науково-теоретичних основ вібраційних процесів у гетерогенних системах, що потребує проведення ґрунтовних наукових досліджень з метою удосконалення існуючих та створення нових, більш ефективних вібраційних технологій для хімічної промисловості.

Актуальність тематики дисертаційної роботи підкреслює її відповідність Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2019 р., Положенням Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2020 рр., затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України № 243 від 01.03.2010 р., а також пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки в Україні відповідно до пп. 1, 3, 6 ст. 3 Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» і стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на період 2011–2021 рр.

Дисертаційна робота виконана на факультеті технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету відповідно до плану держбюджетних науково-дослідних робіт, пов'язаних із темами «Гідродинамічні показники двофазних потоків тепломасообмінного, грануляційного та сепараційного обладнання» (номер держреєстрації 0115U002551), «Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання» (номер держреєстрації 0117U003931), «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі» (номер держреєстрації 0120U102036) згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України; у рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт Сумського державного університету «Розробка підігрівача-деемультатора типу «Heater-Treater» установки підготовки нафти» (№ 51.18-04.15.СП; замовник – ПАТ «Укрхімпроект»), «Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і



сепарації в поршневіх компресорних машинах і установках» (№ 51.18-20196.СП/03; замовник – ТОВ «Пром-Енерго Продукт».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, базується на аналізі великої кількості закордонних і вітчизняних літературних джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, математичної обробки результатів і їх критичному аналізі, ґрунтовному формулюванні отриманих висновків.

На емпіричному рівні наукових досліджень застосовувались методи проведення фізичних експериментів та чисельного моделювання. Математичні моделі вібраційних процесів у гетерогенних системах на теоретичному рівні досліджували на основі методів розв'язання алгебраїчних і диференціальних рівнянь та їх систем. Аналіз одержаних закономірностей здійснювали із застосуванням методів математичного аналізу. Оцінювання параметрів математичних моделей за результатами чисельних та експериментальних досліджень виконували за допомогою регресійного аналізу.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректною постановкою та наступним вирішенням поставлених завдань із використанням апробованих фундаментальних положень гідромеханіки, тепломасообміну, теорії коливань та методів математичної статистики. Достовірність результатів дослідження також можна позитивно оцінити на підставі наявних даних щодо апробації основних положень дисертації на міжнародних науково-практичних конференціях, опублікуванні основних результатів дисертаційної роботи у рецензованих закордонних і вітчизняних наукових фахових виданнях, підтвердженому відповідними актами впровадженні розробок дисертанта у виробничу практику промислових підприємств та в навчальний процес.

Наукова новизна одержаних результатів.

У своїй дисертаційній праці здобувач зосередився на подальшому розвитку теорії сепарації та пневмокласифікації газодисперсних систем і грануляції плавів під дією керованого вібраційного впливу. На мою думку, з нових, вперше одержаних наукових результатів заслуговують на найбільшу увагу наступні:

- створення науково-теоретичних основ оцінювання параметрів моделі нестационарного руху рідини в каналі з вібрувальною стінкою із комплексним застосуванням регресійного аналізу та засобів штучного інтелекту;

- створення науково-теоретичних основи дослідження процесу стікання плівки вловленої рідини в сепараційному каналі з урахуванням конвективного теплообміну на охолоджуваних поверхнях;

- формулювання гіпотези щодо механізму процесу вторинного подрібнення краплинної рідини, створення на його основі математичної моделі та одержання аналітичного виразу для часу подрібнення залежно від числа Вебера;

- створення дискретної та квазіконтинуальної імовірнісної моделі теорії ґратчастих структур для моделювання процесу розподілу концентрації рідини за товщиною фільтрувального шару.

Набули подальшого розвитку:

- механізм вібраційного впливу на основні та вторинні процеси сепарації газокраплинних систем в апаратах з поєднанням вібраційного та фільтруючого принципів розділення та створена на його основі математична модель;

- математичне моделювання подрібнення краплинної рідини, яке дозволило встановити критичне значення характеристик вібраційного впливу на дисперсний склад крапель у процесі диспергування.

Практичне значення одержаних результатів.

Створено методологію проектування апаратів хімічної технології на основі комплексного застосування методів аналітичної та обчислювальної механіки рідини і газу, засобів штучного інтелекту та теорії ідентифікації параметрів. На основі розробленої теорії запропоновано нові енергоефективні модульні сепараційні пристрої для вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідинного потоку, що реалізують вібраційно-фільтрувальний принцип розділення. Створено методику розрахунку вібраційно-фільтрувальних сепараційних блочно-модульних пристроїв та оцінювання критичних швидкостей газорідинного потоку і відповідних частот флатера відбійних елементів динамічних сепараційних пристроїв. Удосконалено методику визначення поверхні контакту фаз у процесах сепарації, грануляції розпилюванням і тепломасообміну. Запропоновано узагальнену методику визначення ефективності сепарації газодисперсних систем, що об'єднує існуючі підходи до визначення параметрів ефективності процесу.

Розроблені наукові положення та практичні рекомендації впроваджено за госпдоговірними науково-дослідними роботами «Гідродинамічні показники двофазних потоків тепломасообмінного, грануляційного та сепараційного обладнання» (ДР № 0115U002551) та «Розробка підігрівача-деемультатора типу «Heater-Treater» установки підготовки нафти» (договір № 51.18-04.15.СП) на замовлення ПАТ «Укрхімпроект» у виробничу діяльність ТОВ «Пром-Енерго Продукт». Результати дисертаційної роботи також використовуються у навчальному процесі Сумського державного університету,

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основний зміст дисертації відображено в 45 наукових працях, з яких 2 монографії; 24 статті, зокрема, 7 статей у наукових фахових виданнях із переліку МОН України, 17 статей у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами Scopus та/або Web of Science Core Collection; 14 публікацій у матеріалах та працях міжнародних конференцій; 3 патенти

України на корисну модель; 2 авторські свідоцтва.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 476 сторінок, з яких основного тексту – 311 сторінок. Дисертаційна робота містить 2 таблиці, 47 рисунків, 616 найменувань списку використаних джерел на 61 сторінці та 26 додатків на 72 сторінках.

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами і темами, наукова новизна та практичне значення одержаних результатів дослідження, а також особистий внесок здобувача у проведення дослідження та публікації.

У першому розділі «Аналіз теоретичних та практичних проблем дослідження гідродинамічних, тепломасообмінних і вібраційних процесів у гетерогенних системах» наведено інформацію щодо літературних джерел, яка характеризує сучасний стан проблем, пов'язаних із дослідженням вібраційного впливу на гетерогенні системи в процесах гідромеханіки, фільтрування, грануляції, класифікації тощо, сформульовані мета й завдання дослідження, а також обрані об'єкт та предмет дослідження. Значна частина прореферованих робіт представляє дослідження після 2000 року.

У другому розділі «Методологія наукових досліджень» наведено методики теоретичних та експериментальних досліджень. Для виконання дисертаційної роботи обрано сучасні методи аналітичного й імітаційного моделювань та експериментальних досліджень. За основу створення математичних моделей обрано методи теоретичної та обчислювальної гідродинаміки, теорій тепломасообміну, коливань і гідроаеропружності в поєднанні з методами теорії оцінювання параметрів. Для підтвердження достовірності результатів дослідження використовувались методи оцінювання параметрів за результатами експериментальних досліджень із застосуванням регресійного аналізу та засобів штучного інтелекту.

Третій розділ «Науково-теоретичні основи вібраційних процесів сепарації газодисперсних систем» представлені результати дослідження процесів вібраційно-фільтрувальної сепарації газодисперсних систем і віброгрануляції плавів. Досліджується гідродинаміка газорідного потоку в плоскому каналі з вібральною стінкою, у результаті чого підтверджено можливість застосування накладених вібрацій для коагуляції краплинної рідини у процесі сепарації. У результаті запропоновано спосіб оцінювання пульсаційних характеристик потоку за компонентами пульсаційного кроку дисперсних частинок. Одержано аналітичний вираз для визначення сили Бассе та запропоновано безрозмірний крите-

рій, що визначає ступінь впливу цієї сили на частинки дисперсної фази, а також уточнено значення вібраційної сили. Аналітично визначено закон руху частинок дисперсної фази у газовому потоці. Розглянуто можливість застосування аеропружних ефектів для забезпечення віброкоагуляції краплинної рідини. Розроблено уточнену математичну модель нестационарного капілярного підйому рідини, достовірність якої підтверджена. Створено науково-теоретичні основи теорії гратчастих структур для дослідження процесів відведення краплинної рідини з фільтрувальних елементів. У результаті встановлено закон розподілу концентрації рідини по товщині фільтрувального пакету.

У четвертому розділі «Розвиток науково-теоретичних основ вібраційних процесів грануляції плавів» проаналізовано складні гідромеханічні процеси вібраційної грануляції плавів. За результатами експериментальних досліджень виявлено різні режими диспергування краплинної рідини. Також описано процес передавання енергії від механічного збудника коливань до корзини обертового віброгранулятора. Викладено теоретичні основи моделювання динамічного стану ротора обертового віброгранулятора.

У п'ятому розділі «Наукові основи супутніх процесів при сепарації гетерогенних систем» досліджено процеси, що супроводжують основні гідромеханічні та тепломасообмінні процеси, зокрема вторинні процеси сепарації багатокомпонентних гетерогенних систем. Також досліджено процес стікання плівкової рідини у тривимірній постановці. Створено науково-теоретичні основи дослідження поверхні розділення/контакту фаз у процесах хімічної технології та інженерії, у результаті чого уточнено аналітичний вираз для площі поверхні контакту фаз залежно від об'єму середовища та концентрації дисперсної фази. Досліджено процес вторинного подрібнення.

У шостому розділі «Інтеграція науково-теоретичних основ із теоріями нестационарних гідромеханічних і тепломасообмінних процесів хімічної технології» викладено науково-теоретичні та практичні результати, пов'язані з поширенням одержаних закономірностей на методи теоретичних та експериментальних досліджень процесів хімічної технології. Запропоновано математичну модель для оцінювання параметрів процесу вимивання поживних речовин з капсульованих органо-мінеральних добрив.

У сьомому розділі «Практична реалізація результатів дисертаційного дослідження» наведено результати практичної реалізації результатів дисертаційного дослідження. Зокрема, на підставі розгляду способів і пристроїв для розділення багатозфазних гетерогенних систем запропоновано нові, енергоєфективні пристрої та способи сепарації краплинної рідини з газорідного потоку. Також запропоновано використання модульного підходу при проектуванні обладнання хімічної технології. Запропоновано аналітичний вираз для визначення необхідної кількості блоків сепараційного пристрою.

Додатки, зокрема, містять список публікацій здобувача за темою дисертації, а також акти впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво та навчальний процес.

Зв'язок докторської дисертації з кандидатською.

Положення та висновки, попередньо захищені здобувачем у кандидатській дисертації, не виявлено в тексті докторської дисертації.

Автореферат є ідентичним за змістом із основними положеннями рукопису дисертації та у повній мірі відображає основні наукові результати, одержані здобувачем.

Мова та стиль роботи.

Стиль і викладення дисертаційної праці є логічним, послідовним і таким, що відповідає усім вимогам до наукових праць. При викладенні тексту застосовується сучасна наукова та лексична термінологія. Літературні джерела оформлені згідно вимог ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Дуже великий, цікавий і досить повний огляд літератури по темі дисертації, на мою думку, все ж виглядає недостатньо структурованим і містити в основному констатацію існування певних досліджень без їх критичного аналізу. В результаті цілі і завдання дослідження формулюються тільки на останніх сторінках огляду і не виглядають такими, що логічно з нього випливають.
2. Підрозділ 2.1 «Обґрунтування вибору напряму наукового дослідження» розміщено в розділі 2 («Методологія наукових досліджень»). Цей підрозділ, як видно з назви, не стосується методології та, окрім дуже загальних міркувань, значною мірою повторює анотацію роботи. До того ж зазвичай підрозділ з такою назвою розміщується в огляді літератури (тобто у розділі 1.), як висновок.
3. Структура системи дослідження, що дозволила досягнути цілей дисертації, не описана, а концептуальна логіко-структурна схема проведення дисертаційного дослідження, що наведена у додатку як щось вторинне, дуже узагальнена та не коментована.
4. У розвиток попереднього зауваження слід відмітити, що не завжди зрозуміло чому для вирішення проблеми інтенсифікації процесів у сепараційних, класифікаційних і грануляційних пристроях, яка вирішується у дисертації, вибрано ті, чи інші задачі. Наприклад, незрозуміло, як з цією проблемою співвідноситься зміст пункту 6.2.2 «Оцінювання параметрів процесу вимивання поживних речовин з ґрунту за результатами експериментальних досліджень» або підрозділ 7.1 «Розроблення методики класифікації сепараційного обладнання за конструкторсько-технологічними ознаками».
5. Автором наведено надто скорочений вербальний опис математичних моделей. Декілька схематичних зображень, які цього стосуються (наприклад рис. 3.8, 3.10, 3.17, 4.3, 5.1 та ін.), недостатньо коментовані.
6. У ряді випадків знаходження значень коефіцієнтів розроблених математичних моделей автор використовує так званий метод найменших квадратів. Цей метод, звичайно, забезпечує найкращу відповідність моделі експериме-

нтальним даним, але не гарантує її адекватність та статистичну значимість розрахованих коефіцієнтів. Ці параметри розраховуються багатьма сучасними програмами регресійного аналізу, які, як свідчить дисертація, використовувались автором. Однак знайти результати цих розрахунків у тексті роботи не вдалося. На підтвердження адекватності моделей лише у декількох випадках у додатках наведено графіки кореляції експеримент – розрахунок, що на мою думку є недостатнім.

7. Експериментальна частина підрозділу 6.1 виконувалась на установці, рисунок та схема якої наведені у додатку Л (рис 1а та 1б, відповідно) з посиланням на дисертацію на здобуття ступеню кандидата наук Литвиненко А.В. захищену у 2017 р. У тому ж додатку на рис. Л.3 а та б наведено графіки експериментальних даних з дисертації Литвиненко А.В. (рис 7 та 9 автореферату дисертації Литвиненко, відповідно). Але ці рисунки за межами додатку Л у тексті дисертації не згадуються. Запозиченим з дисертації Литвиненко також є рис 6.1, а рис. 6.3 б дуже схожий на об'єднані рис 12 та 13 з автореферату дисертації Литвиненко. Відмінність рис 6.3 б тільки в параметрі, що відкладений по осі ординат. У Литвиненко це висота розрахункової точки над рівнем входу газу, а у рецензованій роботі на рис. 6.3 – параметр γ з розмірністю метр, фізичний смисл якого ані в рефераті, ані в дисертації знайти не вдалось. Збіги рисунків Л.3, 6.1 та 6.3 б з відповідними рисунками з дисертації Литвиненко А.В. потребують пояснень. У той же час збігів у тексті та методах побудови математичних моделей не знайдено.
8. На графіку рис. 6.3 б, зображено розрахункові траєкторії потоку газу та частинок у пневмосепараторі. Потребує пояснень, що має на увазі автор під цими траєкторіями, якщо рух як газу, так і твердих частинок в апараті має хаотичні складові.
9. На багатьох графіках та у деяких таблицях текст написано англійською мовою. Зрозуміло, що вони були підготовлені для публікації в іноземних виданнях, але для розміщення в дисертації треба було б зробити переклад на українську.
10. Дисертація перевантажена додатками, зміст значної частини яких ніяк не коментується у основному тексті (є тільки посилання). Це робить мету їх розміщення незрозумілою.
11. Зауваження до автореферату.
 - 11.1. Винесення умовних позначень у кінець автореферату дуже утруднює розуміння великої кількості достатньо складних математичних формул.
 - 11.2. Майже всі рисунки не супроводжуються поясненнями, що за умов значної складності робить їх розуміння майже неможливим.
 - 11.3. Зважаючи на те, що автор розмістив рисунки 1 – 4 та 14 у додатках дисертації, ймовірно вважаючи що вони другорядні, незрозуміла мета розміщення їх у авторефераті до того ж без будь яких пояснень.
 - 11.4. Рисунок 27 б відсутній у тексті самої дисертації та за виключенням незначних деталей співпадає з Рис. 3.1 наведеним у дисертації Литвиненко А.В.

Зазначені зауваження не носять принципового характеру, тому, за умови переконливих пояснень по п. 7 та 11.4, не порушують позитивної в цілому оцінки роботи.

Висновок.

Кваліфікаційна наукова праця Павленка Івана Володимировича на тему «Науково-теоретичні основи вібраційних процесів у гетерогенних системах», подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології є завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана автором самостійно на високому науковому рівні. В ній знайшла розв'язання важлива науково-практична проблема створення науково-теоретичних основ вібраційних процесів сепарації газокраплинних систем, віброгрануляції плавів, а також гідромеханічних процесів фільтрації та класифікації.

Наведені у дисертації результати можна класифікувати, як нові, обґрунтовані, достовірні і такі, що мають практичне і наукове значення. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації і в достатній мірі відтворює структуру та обсяг роботи.

Дисертаційна робота за змістом та оформленням відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 "Порядку присудження наукових ступенів" затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 №567. Зміст роботи відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

На підставі цього вважаю, що Павленко Іван Володимирович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри хімічної техніки
та промислової екології Національного
технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»

