

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., проф. Атаманюка Володимира Михайловича
на дисертаційну роботу **Артюхової Надії Олександрівни**
**«Сушіння дисперсних матеріалів у багатоступеневих поличних апаратах
з активним гідродинамічним режимом»,**
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Актуальність роботи. Конвективне сушіння дисперсних матеріалів в апаратах зваженого шару є одним з найбільш ефективних способів зневоднення, який широко застосовується у хімічному, харчовому та сільськогосподарському виробництвах. На сьогодні актуальним питанням, що постає перед проектувальниками сушильних установок, є пошук способів зменшення енергетичних і матеріальних витрат під час сушіння у зваженому шарі та удосконалення апаратів для його здійснення.

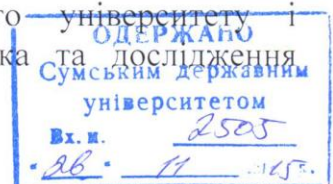
Процеси зневоднення дисперсних матеріалів досить ефективно можна здійснювати в апаратах з активним гідродинамічним режимом, який істотно інтенсифікує технологічний процес без зниження економічної ефективності роботи обладнання. При цьому забезпечується висока якість готового продукту з необхідною залишковою вологістю.

Створення умов для багатоступеневого контакту дисперсного матеріалу з сушильним агентом (зокрема, при вертикальному секціонуванні робочого простору сушарки поличними контактними елементами) також є одним зі шляхів вирішення проблеми підвищення енергетичної ефективності процесу зневоднення.

Теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження можливості здійснення протитечійного контакту потоків в багатоступеневих поличних апаратах в застосуванні до процесу сушіння (на відміну від таких процесів, як знепилювання, пневмокласифікація, охолодження тощо), зокрема, гідродинамічних умов та кінетики зневоднення дисперсного матеріалу на даний час не знайшло широкого висвітлення у сучасній науковій літературі, тому виникає необхідність у більш глибокому дослідженні даного процесу та удосконаленні існуючих апаратів.

На основі вищесказаного виникає доцільність ґрунтовного дослідження гідродинаміки руху потоків дисперсного матеріалу та сушильного агента, кінетики видалення вологи з матеріалу та ефективності процесу зневоднення у багатоступеневих поличкових апаратах з активним гідродинамічним режимом. Саме вирішенню цих питань і присвячується представлена дисертаційна робота, яка є в даний час своєчасною і актуальною, оскільки вирішує одну із важливих задач хімічної промисловості на сучасному етапі.

Тема дисертаційної роботи Артюхової Н.О. безпосередньо пов'язана з науковим напрямом досліджень кафедри процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв Сумського державного університету і виконувалась відповідно державних тематик «Розробка



високоєфективних апаратів для процесів масообміну, кристалізації та класифікації» (номер державної реєстрації 0110U001953) та «Дослідження гідродинаміки та процесів тепло- масообміну в апаратах з дисперсними фазами» (номер державної реєстрації 0115U002551) на замовлення МОН України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наведені в дисертаційній роботі наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації викладені в логічній послідовності, є достатніми і належним чином обґрунтованими. Для їх отримання автором розроблено математичну модель, здійснено фізичне моделювання, розроблені методики досліджень та проведенні експериментальні дослідження, проаналізовано відповідну кількість (169 позицій) вітчизняних та іноземних літературних джерел за останні роки.

Науковою новизною дисертаційної роботи є наступні результати, які одержані на основі аналізу теоретичних та експериментальних даних:

- визначено гідродинамічні характеристики руху потоків та тепломасообмінні параметри процесу сушіння у поличковій сушарці;
- досліджено гідродинамічні режими роботи сушарки;
- одержано критеріальну залежність для визначення коефіцієнта масовіддачі для поліпропілену;
- встановлено вплив конструкції поличкового контакту та організації руху сушильного агента на гідродинамічні параметри та інтенсивність зневоднення дисперсного матеріалу;
- проведено оцінку ефективності процесу сушіння на ступенях багатоступеневої поличкової сушарки.

Достовірність результатів дисертаційної роботи підтверджується використанням здобувачем науково обґрунтованих методик досліджень та обробки експериментальних даних. Основні наукові положення та теоретичні висновки у своєму логічному викладенні не суперечать основним положенням теорії гідрогазодинаміки та тепломасообміну в газодисперсних системах.

Повнота викладу основних наукових положень дисертації в опублікованих працях. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 13 статтях в наукових фахових виданнях України та іноземних держав, у тому числі 1 стаття – у виданні, яке входить до наукометричної бази даних Scopus. Практичні результати підтверджені 3 патентами України на корисну модель та авторським свідоцтвом на комп'ютерну програму «Multystage heat treatment». Апробація результатів роботи проводилась на 20 наукових конференціях. Рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації відповідають вимогам Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України.

Ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації підтверджується у повній мірі, автореферат містить тільки ті положення, які мають місце у тексті рукопису дисертації.

Структура та зміст роботи. Дисертаційна робота Артюхової Н.О. є завершеною науковою працею і складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (169 найменувань) та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 165 сторінок, серед яких 129 сторінок основного тексту.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан та перспективи розвитку технології конвективного сушіння дисперсних матеріалів у зваженому шарі та апаратів для здійснення вказаного процесу, особливості гідродинаміки руху потоків та закономірностей тепломасообміну під час процесу сушіння дисперсних матеріалів у зваженому шарі. Також проаналізовано шляхи інтенсифікації процесу сушіння та розглянуто питання щодо енергозбереження під час здійснення даного процесу в апаратах зваженого шару. На основі літературного аналізу проведено огляд та здійснено класифікацію існуючих сушарок зваженого шару за їх конструктивними та функціональними особливостями.

Необхідно відзначити, що автором достатньо аргументовано проаналізовані вищезазначені питання, кожне положення аналізу містить посилання на літературне джерело.

На підставі літературного аналізу, автором виділено основні недоліки різних конструкцій сушарок зваженого шару та переваги багатоступеневих полицьових сушарок. Сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи, необхідні для вирішення поставленої мети.

Другий розділ присвячується висвітленню загальної методики та основних методів дослідження, які застосовувались в дисертаційній роботі. Описано основні методи і засоби математичного моделювання. Докладно подана методика проведення експериментальних досліджень, показана схема експериментальної установки для сушіння дисперсних матеріалів, наведено методи контролю і вимірювання гідродинамічних і температурно-вологісних характеристик під час проведення експерименту. Представлено методику обробки результатів експериментальних досліджень та оцінювання впливу похибок вимірів їх результатів.

У третьому розділі подано результати теоретичних досліджень гідродинамічних та кінетичних закономірностей зневоднення дисперсних матеріалів в багатоступеневому полицьовому апараті зваженого шару. Розроблена математична модель характеризується наявністю окремих блоків, які змістовно пов'язані один з одним.

У першому блоці розробленої математичної моделі запропоновані рівняння для визначення часу прогріву та сушіння дисперсних матеріалів у полицьовій сушарці. Другий блок моделі присвячено дослідженню гідродинамічних закономірностей руху однофазного і двофазного потоків з подальшим визначенням часу перебування частинки на полиці та в об'ємі полицьового апарату в режимі її вільного та стисненого руху. Наведено рівняння для розрахунку середньої швидкості вертикального потоку над отворами перфорації. У третьому блоці приведено рекурентний розрахунок процесу видалення вологи з дисперсного матеріалу у всьому об'ємі апарата,

визначено ефективність сушарки і оптимальні конструктивні параметри контакту з поличкою.

Четвертий розділ висвітлює наступні результати експериментальних досліджень: встановлено вплив конструкції поличкових контактів та витрат газового потоку на характер розподілення швидкості руху газового потоку; визначено основні режими руху дисперсного матеріалу; визначено час перебування частинки поліпропілену на полиці в режимі її одиночного та стисненого руху залежно від кута нахилу полиці та різниці швидкостей; отримано критеріальну залежність коефіцієнта масовіддачі для досліджуваного матеріалу; встановлено характер впливу зміни кожного конструктивного елемента поличної сушарки на характер зміни температурно-вологісних характеристик дисперсного матеріалу та сушильного агента, а також на ефективність кожного ступеню.

П'ятий розділ присвячений порівнянню результатів математичного моделювання та експериментальних досліджень. Враховуючи задовільне відхилення результатів теоретичного моделювання та експериментальних досліджень, підтверджено адекватність запропонованої математичної моделі. За результатами даного зіставлення наведено порівняльні графічні залежності: зокрема, закону розподілення швидкості руху газового потоку по довжині апарата залежно від конструктивних параметрів контактів з поличкою; часу перебування частинки на полиці в режимі стисненого руху залежно від кута нахилу полиці і різниці швидкостей; інтенсивності зневоднення дисперсного матеріалу. Результати аналізу даних математичного моделювання та експериментальних досліджень дали змогу побудувати кінетичну криву сушіння для поліпропілену. Автором запропоновано способи вдосконалення конструкцій ступенів сушарки та розроблено методики оцінювання енергетичної ефективності і інженерного розрахунку процесу сушіння дисперсних матеріалів.

У висновках викладено основні результати досліджень.

У додатках наведені числові дані для визначення кінетичних параметрів за формулами (3.13) і (3.16), блок-схема інженерного розрахунку гравітаційних поличних сушарок з вертикальним секціонуванням робочого простору, програма для розрахунку процесів термообробки та зневоднення в багатоступеневих сушильних апаратах зваженого шару, а також акт про впровадження науково-технічних результатів дисертаційної роботи у фермерське господарство «Яковлева».

Характеристика змісту та рукопису дисертації. Дисертаційна робота Артюхової Н.О. по своєму змісту характеризується логічним та послідовним розв'язуванням комплексу питань, поставлених у меті та задачах дослідження. Оформлення дисертаційної роботи в цілому відповідає вимогам, які пред'являються до текстової документації. Всі позиції списку використаних літературних джерел мають відповідні посилання у тексті рукопису. Запозичення з чужих праць без відповідних посилань на ці наукові праці у тексті рукопису не виявлено.

Важливість отриманих результатів дисертаційної роботи для науки та практики.

Застосування запропонованої організації руху потоків в конвективних сушарках установок середньої потужності досі не було описано на системному рівні і дана дисертаційна робота є першою спробою дати комплексний опис механізмів протікання процесу сушіння в умовах створення оптимальних гідродинамічних умов зневоднення в межах кожного ступеню сушарки за критерієм мінімізації питомих енерговитрат на видалення одиниці вологи з дисперсного матеріалу.

Досліджені здобувачем гідродинамічні та кінетичні закономірності зневоднення дисперсного матеріалу в багатоступеневих полицьових апаратах зі зваженим шаром мають наукове значення, бо вони дають змогу створити фізичну та математичну модель та встановити ступінь впливу на інтенсивність сушіння конструктивних і технологічних параметрів здійснення процесу та спрогнозувати характер зміни температурно-вологісних характеристик матеріалу, який висушується, залежно від початкових умов здійснення процесу.

Результати дисертаційної роботи Артюхової Н.О. мають також практичне значення бо вирішують важливе питання підвищення швидкості та ефективності видалення вологи при незмінних енерговитратах і збереженні якісних показників готового продукту, внаслідок проведення диференційованого режиму зневоднення на кожному ступені каскаду полиць в багатоступеневій сушарці. Практичне значення дисертаційної роботи підтверджується ще й тим, що отримані нові наукові результати використані під час розробки технології процесу сушіння та створення конструкції полицьової сушарки для сушіння зерен соняшника і пшениці та впроваджені у виробництво на фермерському господарстві «Яковлева» (м. Мелітополь).

Разом із цим до дисертаційної роботи Артюхової Н.О. є наступні зауваження:

1. В чому полягає оригінальність експериментальних досліджень гідродинаміки руху потоків на полиці, адже ця проблема вже раніше розглядалась в працях інших науковців?

2. З тексту дисертації незрозуміло, за якими критеріями було обрано модельний матеріал для дослідження кінетики процесу сушіння.

3. В роботі немає обґрунтування необхідності застосування аміачної селітри для проведення експериментальних досліджень. Чому при експериментальних дослідженнях гідродинаміки руху потоків застосована суміш поліпропілену і аміачної селітри, а при дослідженні кінетики – лише поліпропілен?

4. Які особливості застосування запропонованої математичної моделі сушіння для термолабільних матеріалів?

5. Математична модель не враховує зміну фракційного складу дисперсного матеріалу внаслідок його руйнування під час контакту окремих частинок між собою та зі стінками сушарки.

6. З яких міркувань відбувався вибір діапазону витрат сушильного агента та взагалі співвідношення витрат сушильного агента до дисперсного матеріалу?

7. Під час визначення коефіцієнту масовіддачі за формулою 4.1 не надано пояснень стосовно методики обчислення поверхні масопередачі F .

8. Яким чином експериментально визначалась максимальна ефективність ступенів поличної сушарки (таблиця 4.1)?

9. Які результати, отримані особисто автором, використані під час розробки методики інженерного розрахунку?

10. Відомо, що зерна соняшника після збирання мають середню вологість близько 15-16%. Чому процес сушіння зерен соняшника в дослідно-промисловій установці поличкової сушарки відбувався за початкової вологості матеріалу 13%?

11. Бажано було б дослідити вплив гідродинамічного режиму роботи сушарки на вміст пилу та дрібної фракції у сушильному агенті, що виходить з сушарки (екологічної безпечності сушильної установки).

Вказані зауваження не мають принципового характеру та не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи Артюхової Н.О., а є лише дорадчими або дискусійними.

Висновок.

Дисертаційна робота Артюхової Надії Олександрівни «Сушіння дисперсних матеріалів у багатоступеневих поличних апаратах з активним гідродинамічним режимом» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову задачу, суть якої полягає у створенні наукового підґрунтя для розвитку технології конвективного сушіння в багатоступеневих апаратах. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а здобувач Артюхова Надія Олександрівна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

Офіційний опонент
завідувач кафедри хімічної інженерії
Національного університету
«Львівська політехніка»
доктор технічних наук, професор

Атаманюк В.М.

Підпис проф. Атаманюка В.М.
засвідчую:
Вчений секретар
Національного університету
„Львівська політехніка”



Брилинський Р.Б.