

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., с.п.с. Горобця Валерія Григоровича
на дисертаційну роботу **Гоженко Любові Петрівни**

«Інтенсифікація тепломасообмінних та гідродинамічних процесів при екстрагуванні рослинної сировини із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії», яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Актуальність теми дисертаційної роботи

Екстрагування цінних компонентів із рослинної сировини є важливою технологічною операцією, яка застосовується в різних галузях промисловості, насамперед в харчовій, хімічній, фармацевтичній, тощо. Для інтенсифікації процесів екстрагування на сьогодні застосовують апарати, в яких реалізуються методи імпульсної та вібраційної обробки, зокрема, різного типу кавітаційні реактори, що дозволяє активно впливати на кінетику протікання внутрішніх процесів переносу в клітинному і міжклітинному просторі всередині сировини. Важливою проблемою є пошук і обґрунтування шляхів підвищення ефективності методів екстрагування за рахунок посилення потужності динамічного імпульсного впливу при зменшенні енергетичних витрат з метою покращення техніко-економічних показників виробництва.

Детальне знайомство з дисертацією, авторефератом та працями здобувача дозволяє визначити, що дисертація присвячена вирішенню актуальної проблеми сьогодення – розробці та проектуванню нових енергоефективних екстракторів, в яких застосовується метод дискретно-імпульсного введення енергії. (ДІВЕ)

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в Інституті технічної теплофізики НАН України у відповідності з науковою тематикою інституту в рамках виконання держбюджетних науково-дослідних робіт: 1.7.1.852 «Розробка способів інтенсифікації процесів гідратації, гідролізу і екстракції на основі використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії» (2011-2014 рр., №0715U004286); 1.7.1.856 «Наукові основи комплексної переробки торфу на паливо з вилученням гумінової складової для використання в сільському господарстві» (2011-2014 рр., №0112U001931); НДР молодих вчених НАН України за договором №55/2015 «Дослідження впливу кавітаційних ефектів в апаратах ДІВЕ на фізико-хімічні властивості водних систем» (2015-2016 рр., №0115U005178).

Структура та обсяг дисертації

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою. Роботу

Гоженко Л. П. виконано в Інституті технічної теплофізики Національної академії наук України. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку літературних джерел – 138 найменувань, додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 158 сторінок, 42 рисунки, 2 таблиці та 2 додатки на 6 сторінках. Додатки містять акти впровадження основних результатів експериментальних досліджень дисертаційної роботи.

Оформлення дисертації

Дисертаційна робота оформлена відповідно до стандарту ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки й техніки. Структура і правила оформлення».

Матеріал дисертації викладено в послідовності, що відповідає поставленим в роботі завданням, текст дисертаційної роботи написано у науковому стилі.

Обсяг і структура роботи відповідають вимогам, які встановлено АК МОН України.

Анотування дисертації повністю відображає основні положення роботи, складає 0,9 умовного друкованого аркуша, розісланий 22 грудня 2016 року.

Зміст дисертації, об'єкт і предмет дослідження відповідають паспорту спеціальності 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика як за формулою спеціальності, так і за напрямками досліджень.

Основний зміст роботи

У **вступі** дисертаційної роботи висвітлено стан проблеми, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання досліджень, відображено загальну характеристику роботи, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, наведено основну інформацію про апробацію роботи та публікації, що повністю відображають основну суть виконаних в роботі досліджень та зв'язок з науковими програмами.

У **першому розділі** представлено літературний огляд сучасного стану проблеми інтенсифікації процесу екстрагування з рослинної сировини. Встановлено, що для інтенсифікації екстракції використовуються методи застосуванням кавітаційних механізмів. Розглянуто умови ініціювання кавітації як найпотужнішого динамічного механізму методу ДІВЕ. Проаналізовано переваги та недоліки застосування існуючих кавітаційних екстракторів в процесі обробки сировини. За результатами детального аналізу принципу дії апаратів із знакоперемінним тиском запропоновано створення принципово нового кавітаційного реактора пульсаційного типу.

У **другому розділі** описано принципову схему, принцип роботи пульсаційного апарата і динамічні ефекти, які мають місце в цьому апараті.

Запропонована конструкція пульсаційного апарата дозволяє розглядати модифікований пульсаційний апарат як кавітаційний реактор принципово нового типу, який може застосовуватись для інтенсифікації процесів диспергування, гомогенізації та екстракції. На основі запропонованої схеми кавітаційного реактора пульсаційного типу створено лабораторний стенд, на базі якого визначається раціональна конструкція апарата. Представлено розроблену методику проведення досліджень та наведено оптимальні режими роботи, які відпрацьовані на модельних об'єктах.

У **третьому розділі** сформульовано основні положення моделювання кавітаційних процесів у трубі пульсаційного апарата. Представлено результати чисельного розрахунку за рівняннями розробленої математичної моделі. Встановлено, що в кожному перерізі труби пульсатора виконуються умови виникнення кавітації – швидкий спад тиску нижче тиску насиченої пари для ініціювання процесів формування і зростання бульбашкового кластеру і наступне різке збільшення тиску вище значення $p_{sat}(T_l)$, що веде до колапсу бульбашок із створенням потужних динамічних ефектів.

Проведено аналіз ефектів кавітації в пульсаційному реакторі для вибору раціональної конструкції апарата і оптимальних режимних параметрів.

У **четвертому розділі** описано методику попереднього лабораторного визначення вихідних даних, необхідних для оптимального проведення процесів екстрагування з конкретного виду рослинної сировини, а також представлено виведення моделі кінетики екстрагування на основі даних за розробленим алгоритмом.

Наведено результати експериментальних досліджень по встановленню максимального ступеня вилучення цільових речовин з вибраних об'єктів дослідження для подальшого порівняння енергоефективності кавітаційного впливу в пульсаційних апаратах при екстрагуванні.

У **п'ятому розділі** проведено аналіз результатів експериментальних досліджень по визначенню енергоефективності кавітаційного методу вилучення цільових речовин з рослинної сировини на прикладі плодів шипшини, кореневищ з коренями валеріани, насіння льону.

Сумісне проведення процесів диспергування та екстрагування реалізовано в створеному кавітаційному реакторі пульсаційного типу на прикладі вилучення гумінової складової з торфу низинного типу.

Висновки включають найбільш важливі наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються:

1. положення та висновки дисертаційної роботи базуються на фундаментальних фізичних законах, для підтвердження достовірності

проведено порівняння основних результатів розрахунків та експериментальних досліджень з експериментальними даними інших авторів;

2. експериментальні дослідження визначення ступеня екстрагування рослинної сировини виконано із застосуванням стандартної методики фізико-хімічного методу аналізу та програмного забезпечення для їх обробки;

3. експериментальні дослідження кавітаційного впливу на властивості торфу низинного типу, як одного з об'єктів рослинної сировини, а також обробку результатів досліджень проведено за стандартними методиками;

4. точність і надійність результатів експериментів зумовлена використанням сучасних прецизійних приладів і відтворенням результатів;

Наукова новизна отриманих результатів полягає в реалізації системного науково обґрунтованого підходу щодо розроблення наукових засад вдосконалення обладнання для екстрагування цінних компонентів із рослинної сировини.

В роботі отримано нові науково обґрунтовані результати, до яких можна віднести:

1. Вперше розроблено фізичну та математичну моделі, які адекватно відображають кавітаційні ефекти, що виникають в трубі пульсатора після миттєвого перекриття мембраною каналу, які застосовуються при розрахунку апаратів та оптимальних режимів обробки залежно від продуктивності та виду рослинної сировини.

2. На базі створеної моделі вперше розглянуто характер просторової та часової зміни тиску в трубі пульсатора і проходження в ній затухаючої хвилі розрідження-стиснення після миттєвого перекриття каналу.

3. Вперше створено дослідно-промисловий зразок кавітаційного реактора пульсаційного типу для проведення операцій диспергування та екстрагування, на якому отримано результати експериментальних досліджень, що дозволяє підвищити енергетичну ефективність реактора в результаті ініціювання кавітаційних ефектів при вилученні цільових речовин.

4. Запропоновано алгоритм проведення необхідних лабораторних досліджень по визначенню ступеня екстрагування з даної рослинної сировини.

5. Виведено рівняння кінетики екстрагування, яке дозволяє із застосуванням запропонованого алгоритму розрахувати ефективні коефіцієнти масопереносу і порівняти швидкість екстрагування в залежності від методу обробки.

6. На основі експериментальних та теоретичних досліджень визначено оптимальні режими кавітаційного впливу при екстрагуванні залежно від виду рослинної сировини та екстрагенту для підвищення

енергоефективності кавітаційного апарата і забезпечення високої якості отриманого продукту.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

1. На основі створеної математичної моделі для енергоефективного використання механізмів ДІВЕ розроблено алгоритм та комп'ютерну програму розрахунку гідродинамічних і тепломасообмінних процесів в пульсаційному апараті.

2. Розроблено нове енергоефективне обладнання для інтенсифікації процесів диспергування, гомогенізації та екстрагування в рідинних багатокомпонентних дисперсних середовищах з покращеними технічними показниками у порівнянні з існуючими апаратами аналогічного призначення. За результатами досліджень створено дослідно-промисловий зразок кавітаційного екстрактора пульсаційного типу.

3. На створеному кавітаційному екстракторі напрацьовано дослідні партії концентрованого продукту з насіння льону, який включено в рецептуру хліба. Якісні показники покращеної рецептури, одержаним продуктом, підтверджено відповідним актом пробної випічки хліба, проведеної в спеціалізованій лабораторії кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ. Розроблений склад напою на основі насіння льону захищено патентом України на корисну модель.

4. На створеному кавітаційному апараті напрацьовано дослідні партії розчинів гумінових речовин з фрезерного та сушеного торфу низинного типу, отримані кавітаційною обробкою лужним розчином, які досліджено за стандартними методиками в хімічній лабораторії відділу нестационарного тепломасопереносу в процесах сушіння (НТПС) ІТТФ НАН України. На основі проведених досліджень визначено оптимальні режими вилучення гумінової складової для подальшого використання одержаного продукту в сільському господарстві при комплексній переробці торфу на паливо, що підтверджено відповідним актом в НТУУ «КПІ».

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи у наукових працях

За матеріалами дисертації опубліковано 17 друкованих праць, з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України, в т. ч. 4 – у науковому виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою даних WorldCat; 1 стаття у закордонному науковому фаховому виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою даних РІНЦ; 9 тез і матеріалів, що представлені на міжнародних науково-практичних конференціях; 1 патент на корисну модель.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертаційної роботи

Автореферат розкриває основні положення дисертації, у достатній мірі відтворює структуру і обсяг роботи. Дисертація та автореферат оформлені у відповідності до вимог оформлення кандидатських дисертацій.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

При загальній позитивній оцінці одержаних в роботі результатів і зроблених дисертантом висновків вважаю за необхідне зробити наступні зауваження.

1. В роботі не приведена схема експериментальної установки та вимірювальних приладів, що в ній використовуються, відсутня інформація про обробку експериментальних даних при вимірюванні параметрів та не наведено значення отриманих похибок в експериментальних дослідженнях.

2. На стор. 82 вказано, що рух рідини в трубі пульсаційного екстрактора є турбулентним, але рівняння переносу в математичній моделі записані для ламінарного режиму течії. Неясно як визначались теплофізичні параметри рідин з різними рослинними наповнювачами, які використовуються в математичній моделі.

3. Результати, які отримані в математичних моделях, базуються на ряді спрощуючих припущень і носять якісний характер. Відсутнє порівняння результатів чисельного моделювання з експериментальними даними.

4. У розділі 4 при викладенні методики визначення ступеня вилучення цільової речовини за розробленим алгоритмом попередніх лабораторних досліджень властивостей рослинної сировини нечітко викладено перехід від досліджень кінетики набухання сировини до досліджень процесу екстрагування.

5. При викладенні експериментальних досліджень вилучення гумінової складової з торфу на створеному кавітаційному апараті пульсаційного типу не вказано конкретний екстрагент (водний розчин якого луку).

6. В роботі є граматичні неточності, наприклад, слід писати замість «жидкість» - рідина (стор. 27), «розвиваючихся бульбашок» - бульбашок, що розвиваються (стор. 28), «кавітаційні» - кавітаційні (стор. 42), «змінення» - зміна (стор. 74, 78), тощо.

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку результатів дисертаційних досліджень та практичну цінність роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Гоженко Л.П. є завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові обґрунтовані результати, які розширюють сучасні уявлення про гідродинамічні та тепломасообмінні процеси із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії при екстрагуванні рослинної сировини. Одержані результати мають

важливе практичне значення для розвитку та вдосконалення енергоощадних теплотехнологій.

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації характеризуються високим ступенем обґрунтованості, а їхня вірогідність і новизна не викликає сумнівів.

За напрямком обраних та вирішених завдань дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика і профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.224.01.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота Гоженко Любові Петрівни “Інтенсифікація тепломасообмінних та гідродинамічних процесів при екстрагуванні рослинної сировини із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії” відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – Гоженко Л. П., заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Завідувач кафедри теплоенергетики
Національного університету біоресурсів
і природокористування України
д.т.н., с.н.с.

В. Г. Горобець

Підпис засвідчує
Т.в.о. начальника
кадрів



В. М. Шабан