

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., с.н.с. Горобця Валерія Григоровича

на дисертаційну роботу Макаренка Андрія Анатолійовича

“Вплив гідродинамічної кавітаційної обробки гетерогенних систем на утворення ліпідних наноструктур”,

яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Сьогодні ліпосоми та везикулярні структури знаходять широке практичне застосування в медицині, фармакологічній і косметичній промисловості та переходять в розряд продуктів великомасштабного виробництва, що потребує застосування високопродуктивного енергоефективного обладнання. Існуючі на сьогодні методи диспергування фосфоліпідної суспензії і одержання ліпосом недостатньо розроблені для впровадження у широкомасштабне промислове виробництво через їх низьку продуктивність і надмірно високі енергетичні витрати.

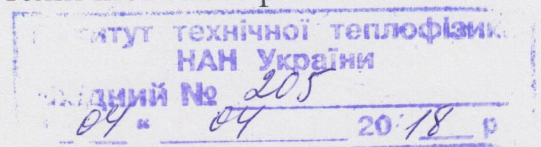
Для спрямованого керування технологічними операціями, а також для ефективного впливу на кінетику протікання хімічних та біохімічних реакцій в таких структурах доцільно застосовувати кавітаційні механізми, які по своїм енергетичним показникам є найбільш ефективними. Кавітація є одним з найбільш дієвих складових механізмів дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). З її допомогою можна в локальних зонах рідинного середовища створювати широкий спектр динамічної та термічної дії, починаючи від м'якого впливу, для проведення операції перемішування або розчинення, до надзвичайно жорстких, спроможних подолати високий рівень міжмолекулярних та внутрішньо молекулярних енергетичних зв'язків.

Явище кавітації, яка детально досліджена в дисертаційній роботі, широко використовуються у різних галузях народного господарства для інтенсифікації масообмінних і гідромеханічних процесів при обробленні рідких гетерогенних систем і створенні сучасних енергозберігаючих ефективних технологій. На сьогодні кавітаційні технології є актуальними для енергетики, машинобудування, будівельної, хімічної, харчової промисловості, сільського господарства та інших галузей.

Детальне знайомство з дисертацією, авторефератом та працями здобувача дозволяє визначити, що дисертація присвячена вирішенню актуальної проблеми сьогодення – розробці енергоефективних промислових технологій для виробництва препаратів з наноструктурами, що широко застосовуються в різних галузях народного господарства України.

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 держбюджетної науково-дослідної роботи «Дослідження мікромасштабних теплофізичних процесів в складних гетерогенних системах при впливі механізмів дискретно-імпульсного введення енергії з метою розробки нових технологій і продуктів» 2012-2016 рр. (№ державної реєстрації 0112U004700) та гранту для молодих вчених НАН України «Дослідження впливу кавітаційних ефектів в апаратах ДІВЕ на фізико-хімічні властивості водних систем» 2015-2016 рр. (№ державної реєстрації 0115U005178).

Структура та обсяг дисертації

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою. Роботу Макаренка А. А. виконано в Інституті технічної теплофізики Національної академії наук України. Дисертаційна робота викладена на 224 сторінках, складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний текст роботи викладений на 159 сторінках, має 15 таблиць, 66 рисунків та 5 додатків. Список використаних бібліографічних джерел містить 183 найменувань.

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. Автореферат дисертації повністю відображає основні положення роботи.

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 обґрунтована актуальність роботи, мета та задачі, наведені наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію результатів дисертації.

У першому розділі розглянуті основні способи інтенсифікації виробничих процесів та її завдання, основні принципи механізмів дискретно-імпульсного

введення енергії. Розглянуті явища і ефекти гідродинамічної кавітації як одного з ефективних способів інтенсифікації тепломасообмінних процесів, її основні енергетичні аспекти. Проаналізовані методи і апарати для створення кавітації та для отримання ліпідних наноструктур. Зроблений висновок про можливість використання гідродинамічної кавітаційної обробки для одержання енергоощадних технологій отримання ліпідних везикулярних наноструктур із заданими властивостями.

В результаті проведеного аналізу сформульовані мета та задачі дослідження.

У другому розділі обґрунтовано вибір напрямку досліджень, описаний експериментальний стенд для дослідження впливу гідродинамічної кавітації на властивості складних гетерогенних систем при отриманні фосfolіпідних наносистем, наведені методи дослідження властивостей фосfolіпідних везикулярних наноструктур (визначення розміру частинок методом лазерної кореляційної спектроскопії, визначення динамічної в'язкості водної дисперсії фосfolіпідів, визначення дійсної густини; викладено методологічні особливості проведення експериментальних досліджень тепломасообмінних і гідродинамічних процесів під впливом ефектів гідродинамічної кавітації на зміну властивостей дисперсійного середовища (методи визначення рН, електропровідності і окислювально-відновлювального потенціалу).

У третьому розділі на основі проведеного математичного моделювання зміни швидкості та зміни тиску при русі потоку рідини через сопла було вибрано типи профілів кавітаторів для наступного дослідження.

Наведено результати дослідження характеристики гідродинаміки потоку в кавітаційних реакторах різних профілів. Визначено вплив гідродинамічної кавітації на властивості дисперсійного середовища.

На основі комплексних аналітичних і експериментальних досліджень показано, що при виборі оптимальних режимів кавітаційної обробки найбільш важливими характеристиками є діаметр горловини сопла, кут розкриття дифузору і площа внутрішнього прохідного перерізу діафрагми. Проведені дослідження дозволили охарактеризувати зміни властивостей середовища під впливом гідродинамічної кавітації.

Четвертий розділ присвячений експериментальним дослідженням особливостей впливу ефектів гідродинамічної кавітації на складні гетерогенні системи з фосfolіпідами.

Встановлені показники гідродинаміки потоку течії через кавітаційні реактори I і II типу при різних діаметрах горловини сопла і використання додаткового опору у вигляді діафрагми різного перерізу. Приведені

результати дослідження впливу тепломасообмінних параметрів кавітаційної обробки на реологічні властивості та середній умовний діаметр утворених частинок системи з фосфоліпідами. Досліджено вплив геометрії соплового пристрою та використання діафрагми на ефективність диспергування системи з фосфоліпідами

Показано високу стабільність утвореної дисперсної системи з ліпідними везикулярними наноструктурами, що підтверджує високу ефективність запропонованої обробки.

Встановлено раціональні умови проведення кавітаційної обробки дисперсної системи з фосфоліпідами для одержання ліпідних наноструктур із заданими властивостями.

У п'ятому розділі автор наводить обґрунтування енергоефективності використання кавітаційних апаратів при виробництві препаратів з ліпідними наноструктурами і показує ефективність застосування розробленої технології для одержання наноформ препаратів у сільському господарстві і в косметичній промисловості.

Доведено, що використання створеного кавітаційного апарату з визначеними раціональними геометричними характеристиками сопла і діафрагми, а також встановленими теплотехнологічними режимами обробки при виробництві добрив у наноформі для сільського господарства дозволяє зменшити питомі витрати енергії на одиницю готової продукції у 2,5 разів у порівнянні з роторно-пульсаційним апаратом і збільшити продуктивність в 3 рази .

При використанні гідродинамічного кавітаційного змішувача проточного типу в косметичному виробництві було доведено, що запропонована обробка дозволяє отримати якісні, стійкі у зберіганні препарати нанодіапазону.

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;
2. експериментальні дослідження базуються на використанні сучасних методів дослідження з використанням відповідних ДСТУ і приладів для

фізико-хімічних вимірів, статистичною обробкою та підтверджена адекватність результатів лабораторних досліджень;

3. точність і надійність результатів експериментів зумовлена використанням сучасних прецизійних приладів і відтворенням результатів;
4. ефективність технології виробництва ліпідних наноструктур і продуктів з їх використанням підтверджена актами напрацювання і передачі дослідно-промислової партії і протоколом апробації результатів експериментальних досліджень. Результати апробації показали, що розроблена промислова технологія і обладнання може використовуватися в сільському господарстві і в косметичній промисловості.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в реалізації системного науково обґрунтованого підходу щодо розроблення наукових засад вдосконалення обладнання для отримання ліпідних наноструктур із заданими властивостями під впливом гідродинамічної кавітації.

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

1. вперше доведено ефективність використання ефектів гідродинамічної кавітації для утворення ліпідних везикулярних наноструктур із заданими властивостями;
2. вперше на основі експериментального і аналітичного дослідження проведений вибір та обґрунтування раціональних режимів кавітаційної обробки в соплах Вентурі по критеріям інтенсивності кавітаційної дії та мінімізації енерговитрат;
3. вперше на основі експериментального і аналітичного дослідження отримані нові наукові дані, що характеризують фізичний механізм і закономірності впливу гідродинамічної кавітації на утворення ліпідних наноструктур з заданими характеристиками;
4. науково обґрунтовані конструктивні рішення (геометричні характеристики) і діапазони гідродинамічних режимів роботи проточного кавітаційного змішувача для одержання мікро- і наноемульсій із заданими властивостями.
5. в цілому, отримані автором результати є новим науковим знанням у галузі технічної теплофізики та промислової теплоенергетики, зокрема стосовно дослідження впливу гідродинамічної кавітаційної обробки на утворення ліпідних наноструктур з заданими властивостями, а також визначення раціональних теплофізичних параметрів для кавітаційної обробки.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

1. Отримані раціональні теплотехнологічні параметри та режими обробки водних дисперсій фосфоліпідів для утворення ліпідних наноструктур з розміром до 500 нм були використані для створення енергоефективної промислової технології виробництва препаратів добрив з ліпідними наноструктурами, одержаних методом гідродинамічної кавітації, в сільському господарстві для цільової доставки активних речовин до клітин насіння та вегетуючих рослин.
2. За результатами роботи запропоновано використанням ліпідних везикулярних наноструктур, одержаних методом гідродинамічної кавітації в косметичній промисловості при виробництві бальзамів для догляду за тілом.
3. Отримані в дисертації результати використані у сільському господарстві для виробництва добрив з фосфоліпідними наноструктурами для кореневої і некореневої підкормки рослин на підприємстві по вирощуванню рослин Компанія “Zelenkray”, а також у косметичній промисловості для одержання мікроемульсії β-каротинового бальзаму на підприємстві ТОВ “Альтерпром ЛТД”.
4. Практичне значення результатів дисертаційної роботи і ефективність обладнання та технології виробництва ліпідних наноструктур підтверджується актами напрацювання і передачі дослідно-промислової партії, протоколами апробації результатів експериментальних досліджень і патентом України на кавітаційний пристрій для одержання мікроемульсій і патентом на спосіб одержання наноформи фосфоліпідного препарату.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи у наукових працях.

Основний зміст дисертаційної роботи та її положення достатньо повно викладені у 22 наукових працях: у тому числі у 11 статтях (з них 7 у фахових та наукометричних виданнях, 3 в зарубіжних виданнях), у 9 тезах міжнародних та всеукраїнських конференцій, у 1 патенті України на корисну модель і 1 патенті України на винахід. Рівень, кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації повністю відповідає існуючим вимогам, що їх пред'являють до дисертацій.

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 розділі 3 наведені результати математичного моделювання зміни швидкості та зміни тиску при русі потоку рідини через сопла різних профілів використовуючи програмний комплекс ANSYS CFD. З тексту дисертації незрозуміло які теплофізичні властивості рідини закладені в математичну модель. Розподіли швидкостей і тисків наведені на рис. 3.3 і 3.4 відносяться до гомогенних рідин і не відображають складні процеси кавітації гетерогенних рідин в трубках Вентурі. Висновки по результатам моделювання носять лише якісний характер.
2. В розділі 3 викладено також методику і результати аналітичного дослідження розподілу швидкості потоку рідини і тиску в трубках Вентурі. Виконані дослідження носять спрощений характер і не відображають, наприклад, наявність відривних течій при переході від проточної камери, де швидкість течії складає 30-40 м/с, до дифузорного каналу. Відривні течії також мають місце біля дросельної шайби, що не враховується в наведеній методиці розрахунку. Таким чином, отримані при цьому результати носять оціночний характер.
3. При виборі геометричних розмірів двох профілів трубок Вентурі, які використовуються в експериментальних дослідженнях, розглядається лише одна їх геометрична конструкція. Залишається відкритим питання чи являються вибрані конструкції оптимальними для процесів кавітації для отримання ліпідних наноструктур.
4. В дисертаційній роботі відсутнє порівняння отриманих експериментальних даних з результатами математичного моделювання або результатами, які отримали інші автори.
5. В роботі є граматичні неточності, наприклад, слід писати замість «вихреобразование» - вихроутворення (стор. 61), «частота току» - частота струму (стор. 72) та інші неточності.

Висновок.

В цілому, зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Макаренка А.А., яка виконана на достатньо високому рівні, безсумнівно є актуальною та має значну практичну цінність. Новизна роботи, обґрунтованість наукових положень та висновків, в цілому не викликає сумнівів.

Дисертаційна робота Макаренко А.А. є завершеним науковим дослідженням, в якій на підставі виконаних автором на сучасному рівні експериментальних і теоретичних досліджень вирішено важливі наукові і практичні задачі створення енергозберігаючої промислової технології для отримання ліпідних наноструктур із заданими властивостями для різних галузей народного господарства.

За напрямком обраних та вирішених питань дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 – „Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика” та профілю спеціалізованої вченої ради Д26.224.01.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота Макаренка Андрія Анатолієвича “Вплив гідродинамічної кавітаційної обробки гетерогенних систем на утворення ліпідних наноструктур” відповідає вимогам п. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016), що їх пред’являють до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 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

