

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу Макаренка Андрія Анатолієвича “Вплив гідродинамічної кавітаційної обробки гетерогенних систем на утворення ліпідних наноструктур”,

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

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Імпульсні енергетичні впливи на матеріал є актуальним напрямком інтенсифікації масообмінних і гідродинамічних процесів при обробленні рідких гетерогенних систем. До найбільш ефективних способів інтенсифікації хіміко-технологічних процесів є реалізація механізмів дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Одним з найбільш ефективних явищ для спрямованого впливу на перебіг нано- і мікропроцесів при диспергуванні складних гетерогенних системах є явища кавітації.

Явища кавітації використовуються у різних галузях промисловості 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 та ін.

Для застосування її впливу необхідно розуміння фізичної природи кавітаційних механізмів і можливості їх адекватного опису в просторовому та часовому наномасштабах.

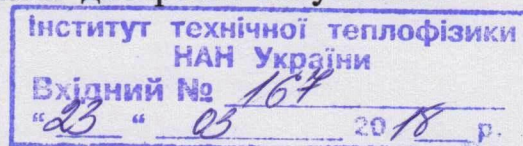
Робота А.А.Макаренка присвячена комплексному дослідженню впливу як геометричних характеристик профілю кавітаційного реактора на показники гідродинаміки потоку, так і раціональних теплотехнологічних режимів обробки з метою отримання ліпідних наноструктур із заданими властивостями, і є, безперечно, актуальною.

2. Структура та обсяг роботи

Дисертація має структуру завершеної науково-дослідної роботи. Текст дисертації складається зі вступу, 5 розділів, основних результатів, висновків, списку використаної літератури та додатків, які містять інформацію про практичне використання результатів. Загальний обсяг дисертаційної роботи складається з 159 сторінок основної текстової частини; 183 бібліографічних найменувань; 66 рисунків та 15 таблиць.

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 завдання інтенсифікації хіміко-технологічних процесів; загальні принципи і механізми дискретно-імпульсного



введення енергії, проаналізовані явища і ефекти кавітації для інтенсифікації хіміко-технологічних процесів; основні енергетичні аспекти; методи і апарати для створення кавітації, наведені приклади їх промислового застосування та зроблено висновок про можливість використання кавітації на інтенсифікацію процесу одержання ліпідних везикулярних наноструктур.

В результаті проведеного аналізу сформульовані мета та задачі дослідження.

У другому розділі обґрунтовано вибір напряму досліджень, 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); наведені методи дослідження властивостей фосфоліпідних везикулярних наноструктур (визначення розміру частинок методом лазерної кореляційної спектроскопії, визначення динамічної в'язкості водної дисперсії фосфоліпідів, визначення дійсної густини, описаний експериментальний стенд для дослідження впливу гідродинамічної кавітації на властивості складних гетерогенних систем при отриманні фосфоліпідних наносистем.

У третьому розділі наведено результати комплексних аналітичних і експериментальних досліджень впливу кавітаційних ефектів на процеси тепло масообміну і гідродинаміки в дисперсійному середовищі в гідродинамічних змішувачах статичного типу.

Проведено математичне моделювання зміни швидкості та зміни тиску при русі потоку рідини через сопла різних профілів; проведено математичне моделювання розподілу швидкості потоку рідини і тиску по довжині в сопловому апараті Вентурі; досліджено характеристику гідродинаміки потоку в кавітаційних реакторах різних профілів; досліджено вплив гідродинамічної кавітації на властивості дисперсійного середовища.

Теоретичним дослідженням показано, що при виборі оптимальних режимів кавітаційної обробки найбільш важливими характеристиками є діаметр горловини сопла, кут розкриття дифузору і площа внутрішнього прохідного перетину діафрагми.

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень впливу теплотехнологічних умов диспергування складних гетерогенних систем з фосфоліпідами під дією ефектів гідродинамічної кавітації.

Приведені результати дослідження впливу кавітаційної обробки на структурно-механічні властивості дисперсної системи з фосфоліпідами, результати дослідження впливу тепломасообмінних параметрів обробки при диспергуванні матеріалу та вплив зміни геометричних показників конструкції в кавітаційних змішувачах на властивості утворених систем.

Показано, що посилення інтенсивності впливу за рахунок підвищення циклічності обробки призводить до поступового зменшення середнього діаметра

частинок для всіх дослідних зразків, що пояснюється збільшенням тривалості обробки.

Було досліджено вплив діафрагм, що встановлювались в потоці після кавітаційного змішувача на інтенсивність кавітаційних ефектів в складних гетерогенних системах з фосфоліпідами.

На підставі результатів проведених у роботі комплексних експериментальних і теоретичних досліджень було встановлено раціональні умови проведення кавітаційної обробки дисперсної системи з фосфоліпідами.

У п'ятому розділі визначено ефективність застосування розробленої технології для одержання наночастин препаратів у сільському господарстві.

В результаті проведення робіт було доведено, що використання створеного кавітаційного апарату з визначеними раціональними геометричними характеристиками сопла і діафрагми, а також встановленими теплотехнологічними режимами обробки при виробництві добрив у наночастині для сільського господарства дозволяє зменшити питомі витрати енергії на одиницю готової продукції у 3-5 разів у порівнянні з РПА і збільшити продуктивність в 3 рази.

Ефективність використання розробленої технології і кавітаційного апарату була апробована і для косметичної промисловості при виробництві засобів догляду за шкірою.

3. Наукова новизна одержаних результатів:

Отримані вперше результати, а саме:

- доведено ефективність використання ефектів гідродинамічної кавітації для утворення ліпідних везикулярних наноструктур із заданими властивостями;
- 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;
- 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;
- науково обґрунтовані конструктивні рішення (геометричні характеристики) і діапазони гідродинамічних режимів роботи проточного кавітаційного змішувача для одержання мікро- і наночастин із заданими властивостями, є науково новими результатами.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих в роботі результатів та висновків забезпечується коректністю, повнотою та адекватністю фізичних припущень в постановці задач, застосуванням сучасних методів математичного моделювання, сучасних методів експериментальних досліджень з використанням сучасних засобів вимірювального комплексу. Винесені на захист наукові

положення базуються на сучасних теплофізичних уявленнях про механізм гідродинамічної кавітації та сучасних методів експериментальних досліджень.

5. Практичне значення одержаних результатів

Запропонований спосіб використання гідродинамічної кавітації для виробництва ліпідних наноструктур став основою для створення енергоефективної промислової технології виробництва препаратів добрив з ліпідними наноструктурами в сільському господарстві для цільової доставки активних речовин до клітин насіння та вегетуючих рослин, в косметичній промисловості при виробництві бальзамів для догляду за тілом і є перспективним для енергетики, машинобудування, будівельної, хімічної, харчової промисловості та ін.

Визначені конкретні раціональні конструктивні параметри кавітаційного реактора для ефективного розвитку гідродинамічної кавітації, а також встановлені раціональні теплотехнологічні параметри та режими обробки водних дисперсій фосфоліпідів для утворення ліпідних наноструктур з розміром до 500 нм, що має практичне значення.

6. Повнота викладення наукових положень, висновків, рекомендацій.

Основні положення роботи, висновки та рекомендації знайшли адекватне відображення 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, тобто апробацію роботи можна вважати достатньою.

7. Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України стосовно наявності результатів проведених досліджень та отриманих науково-обґрунтованих рішень. Автореферат та основні положення дисертації ідентичні за змістом.

8. Оформлення дисертації.

Дисертація акуратно оформлена згідно вимогам МОН України; в роботі наведена достатня кількість ілюстративного матеріалу.

9. Зауваження по роботі.

1. В математичній моделі відсутня оцінка впливу утвореної в результаті кавітаційного скипання парової фази на опір двофазового потоку в сопловому елементі.
2. Математична модель визначає лише втрати тиску в елементах кавітаційного пристрою, в той час, як сам процес “зхлопування” парових бульбашок в зоні

зростання тиску, за якого і відбувається утворення ліпідних наноструктур, не знайшов відображення в математичній моделі.

3. В роботі відсутні оцінка впливу на процеси утворення наноструктур відцентрового насосу та підірної діафрагми, як самостійних елементів контуру, що можуть самостійно впливати на якісні характеристики утворених ліпідних наноструктур. Було б доцільно перед проведенням серії експериментів з кавітатором протестувати систему без кавітатора на предмет впливу дії відцентрового насоса на утворення певних ліпідних структурних форм.

4. В розділі №3 надані результати досліджень характеристик кавітаторів з різними діаметрами соплових елементів. Але, оскільки зі зміною діаметра змінюється гідравлічний опір системи, насос прокачує більше, або менше рідини залежно від гідравлічної характеристики циркуляційного контура. За даних умов проблематично виділити окремо вплив геометричних характеристик сопла на параметри кавітації, оскільки швидкість не залишається постійною.

Було б доцільно, наприклад, зміною частоти обертання колеса насоса, підтримувати швидкість постійною для серії дослідів з певним діаметром сопла кавітатора, що дало б можливість конкретизувати вплив геометрії сопла на параметри кавітації.

5. В роботі надані графіки залежності температури рідини від кількості циклів її проходження через кавітаційне сопло. Але, оскільки експериментальна установка є циркуляційним контуром з ємністю, темп зростання температури рідини в процесі гідродинамічної кавітації залежить від повної масової теплоємності рідини в циркуляційному контурі, тобто від ємності системи, тому наведені графіки коректні лише для наявної експериментальної установки з конкретною ємністю.

6. В роботі наведені рекомендації щодо оптимальних параметрів проведення режиму кавітаційної обробки розчину фосfolіпідів концентрацією 5%, відповідно до яких рекомендується розмір сопла в 10 - 12 мм, при кількості циклів обертання – 11 за температури 40 С. Але, оскільки, циркуляційний контур містить 20 літрову ємність, 11 циклів відповідає певному часу оброблення. Зі зміною об'єму за ті самі 11 циклів зміниться і час оброблення. А отже, оскільки ємність працює не в режимі реактора ідеального витіснення, а ближче відповідає реактору ідеального змішування, різні частинки наносупензії матимуть різну кількість циклів обертання, а надані гістограми щодо розподілу розмірів частинок відповідатимуть лише умовам наявності в контурі ємності в 20 л.

Було б доцільно використовувати 2 ємності – з однієї відкачувати рідину, а в іншу зливати після оброблення. Після спустошення першої та наповнення другої, перемикає патрубки входу та виходу рідини. У цьому випадку визначений вплив кількості циклів проходження рідини через сопла на якісні показники оброблювальної рідини був би більш коректним.

7. В роботі має місце зайва деталізація та пояснення деяких загальновідомих понять, наприклад, на стр. 87 розділ №3 роз'яснюється за якого рН середовище стає кислим, лужним, або нейтральним

8. В роботі зустрічаються граматичні помилки.

10. Висновки.

Дисертаційна робота Макаренко А.А. є завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові науково обгрунтовані результати, що розширюють сучасні уявлення про нове вирішення наукової проблеми при використанні ефектів гідродинамічної кавітації для підвищення енергоефективності промислової технології виробництва ліпідних наноструктур для різних галузей промисловостей.

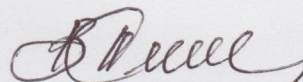
Одержані результати мають важливе практичне значення в технології отримання ліпідних наноструктур із заданими властивостями.

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

За напрямком обраних та вирішених питань дисертаційна робота відповідає 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 МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент,
доцент кафедри теплоенергетики
та холодильної техніки Національного університету
харчових технологій МОН України,
кандидат технічних наук, доцент

 В. П. Петренко

