

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Тернопільського національного
технічного університету
імені Івана Пулюя
д.т.н., професору
Стаднику Ігореві Ярославовичу

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента **Кравця Олега Ігоровича**
на дисертаційну роботу **Вітенька Дмитра Олеговича**
«Удосконалення конструкції кавітаційного апарата за результатами моделювання
гідродинамічних параметрів потоку»,
подану до захисту на здобуття
наукового ступеня доктора філософії в галузі знань
13 «Механічна інженерія» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Тема дисертаційної роботи, присвяченої удосконаленню конструкції кавітаційного апарата на основі моделювання гідродинамічних параметрів потоку, є актуальною як з наукової, так і з прикладної точки зору. У сучасних умовах розвитку промисловості особливого значення набувають технології інтенсифікації тепломасообмінних, диспергувальних, емульгувальних, екстракційних та знезаражувальних процесів, що дозволяють підвищити продуктивність обладнання, знизити енерговитрати та покращити якість готової продукції. Одним із перспективних напрямів вирішення зазначених завдань є використання кавітаційних апаратів. Таке обладнання застосовують у харчовій, хімічній, фармацевтичній, біотехнологічній, нафтопереробній галузях. Підприємства зацікавлені у впровадженні обладнання, здатного забезпечити високу інтенсивність процесів за менших витрат енергії, скорочення тривалості технологічних операцій та зниження експлуатаційних витрат.

Апарати статичного типу забезпечують інтенсивне змішування багатокомпонентних середовищ, руйнування агломератів, одержання стійких емульсій, активацію рідин, очищення стічних вод та знезараження. Ефективність роботи таких апаратів значною мірою визначається їх конструктивними параметрами та гідродинамікою потоку в робочій зоні. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває застосування сучасних методів чисельного моделювання, які дають можливість досліджувати особливості гідродинаміки, умови виникнення та інтенсивність кавітації. Використання CFD-моделювання дозволяє прогнозувати робочі характеристики ще на стадії проектування обладнання.

Окремо слід відзначити наукову значущість теми, оскільки дослідження гідродинамічних параметрів потоку у кавітаційних пристроях сприяє розвитку теоретичних

основ кавітаційної багатофазної течії. Отримані результати можуть бути використані при створенні нових моделей та дослідження закономірностей гідродинамічної кавітації.

Таким чином, обрана тема дисертаційної роботи є своєчасною, науково обґрунтованою та практично значущою, а її результати мають перспективи широкого впровадження у виробництво й подальшого розвитку галузевого машинобудування.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у подальшому розвитку науково-методичних підходів до дослідження та вдосконалення кавітаційних апаратів на основі сучасного чисельного моделювання. Автором запропоновано новий підхід до кількісної оцінки двофазних потоків у робочих каналах кавітаційних пристроїв із використанням результатів CFD-моделювання та інтегральних критеріїв, що створює наукове підґрунтя для обґрунтованого вибору конструктивних параметрів обладнання.

До найбільш вагомих результатів, що характеризують наукову новизну роботи, слід віднести те, що автором уперше встановлено комплексний вплив особливостей геометрії внутрішнього каналу кавітаційного апарата. Це дозволило встановити закономірний взаємозв'язок між геометрією проточної частини та об'ємом парової фази на основі тривимірної CFD-моделі із використанням турбулентної моделі $k-\epsilon$ та гомогенної моделі рівноваги НЕМ.

Науково цінним є також удосконалення методики порівняльного аналізу та вибору раціональної конструкції шляхом введення інтегральних показників. Зокрема, використано критерій сумарного об'єму парової фази як міри інтенсивності кавітаційного процесу та показник кавітаційної ефективності, що характеризує співвідношення досягнутого ефекту до енергетичних витрат.

Подальшого розвитку набули закономірності гідродинаміки в апаратах типу труби Вентурі. Зокрема, розширено уявлення щодо локалізації двофазної структури потоку за рахунок введення відповідних коефіцієнтів, які дозволяють прогнозувати зони найбільш інтенсивного прояву кавітаційної дії залежно від конфігурації проточного каналу. Це підвищує точність оцінювання робочих процесів та створює передумови для цілеспрямованого керування параметрами апарата.

Отримані результати свідчать про належний науковий рівень дисертаційного дослідження та його самостійність.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у створенні інженерно обґрунтованих рішень щодо вдосконалення конструкцій кавітаційних апаратів та розширення можливостей їх застосування у виробничих умовах. Отримані результати мають безпосередню

прикладну цінність для підприємств харчової, переробної та суміжних галузей промисловості, де використовуються процеси гомогенізації, карбонізації, змішування та інтенсифікації масообміну.

Автором запропоновано практичні рекомендації щодо вибору конструктивної модифікації апарата (базова, конусна або шнекова) на основі критеріїв інтегральної двофазності потоку та питомої енергоефективності. Такий підхід дозволяє здійснювати обґрунтоване техніко-економічне порівняння різних варіантів конструкцій і вибрати найбільш доцільне рішення залежно від умов експлуатації.

Суттєве практичне значення має запропонована модульна компоновка системи гомогенізації для невеликих фермерських господарств, яка передбачає паралельну роботу кількох кавітаційних апаратів. Наведені рекомендації щодо режимних параметрів та тривалості обробки створюють можливість адаптації технології до потреб малих виробників молочної продукції. У роботі також виконано інженерні розрахунки робочих режимів апаратів, зокрема встановлено залежності між витратою рідини, площею горловини та швидкістю потоку, а також наведено методику оцінювання перепаду тиску в системі. Зазначені результати можуть бути використані під час проектування обладнання та добору насосних агрегатів відповідно до заданої продуктивності технологічної лінії.

Окрему увагу приділено практичному ефекту впровадження результатів у вузлах карбонізації напоїв. Проведено розрахункову оцінку економічної доцільності використання удосконалених вставок, визначено очікуваний економічний ефект, що підтверджує доцільність застосування запропонованих технічних рішень у промисловості.

Практично цінним є також запропонований показник інтенсивності гомогенізації, який базується на використанні медіанного діаметра частинок, коефіцієнта k_{50} та нормування за кількістю циклів обробки. Це підвищує відтворюваність експериментальних результатів і спрощує порівняння різних режимів роботи та конструктивних схем у виробничих умовах.

Важливим є захист технічних рішень патентами України на корисні моделі №160839 U та №160838 U, що засвідчує технічну новизну запропонованих конструктивних рішень.

Результати дослідження передано до Тернопільської пивоварні «Опілля», де вони використані для удосконалення карбонізатора лінії виробництва солодких напоїв. Апарат працює зараз в технологічній лінії.

Одержані науково-практичні результати, методики розрахунку та дослідний зразок апарата впроваджено також у освітній процес Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, що додатково підтверджує їх актуальність і прикладну цінність.

Оцінка змісту роботи та повноти викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Зміст дисертаційної роботи є логічно структурованим, послідовним і повною мірою відповідає заявленій темі, меті та поставленим завданням дослідження. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, 9 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 233 сторінки, з яких основний зміст викладено на 167 сторінках.

Структура дисертації відображає завершений цикл наукового дослідження від аналізу сучасного стану проблеми й постановки завдань до побудови математичних моделей, проведення чисельного моделювання, експериментальної перевірки результатів та формування практичних рекомендацій щодо удосконалення конструкції кавітаційного апарата. У роботі послідовно розглянуто теоретичні основи процесів гідродинамічної кавітації, особливості роботи апаратів типу труби Вентурі, вплив геометричних параметрів проточної частини на структуру потоку, а також питання енергоефективності запропонованих технічних рішень.

Окремої позитивної оцінки заслуговує використання сучасних методів CFD-моделювання, що дозволило автору виконати глибокий аналіз гідродинаміки потоку та отримати нові науково обґрунтовані результати щодо закономірностей впливу змін геометрії внутрішнього каналу на розвиток кавітаційних явищ. Практична частина дисертації містить технічні рекомендації щодо вибору раціональних конструктивних схем, розрахунку та режимів роботи й можливостей впровадження результатів у виробничі процеси.

Основні положення та результати дисертаційної роботи пройшли належну апробацію. Зокрема, результати досліджень доповідалися на 5 міжнародних науково-практичних і науково-технічних конференціях.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях є достатньою та відповідає чинним вимогам. Основні наукові здобутки автора відображено в 11 публікаціях, з яких 4 статті, опубліковано у фахових наукових виданнях, та 2 патенти України на корисну модель.

Публікації охоплюють ключові аспекти виконаного дослідження, зокрема, моделювання двофазних потоків, оцінювання ефективності кавітаційних апаратів, удосконалення конструктивних схем та практичне використання удосконаленого апарату технологічних процесах. Це дає підстави стверджувати, що результати дисертаційної роботи належним чином апробовані та достатньо повно висвітлені у наукових працях автора.

Загалом зміст дисертації характеризується науковою завершеністю, належною глибиною опрацювання тематики та прикладним спрямуванням, а рівень публікаційної

активності здобувача відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Зауваження та дискусійні питання

Поряд із загальною позитивною оцінкою дисертаційної роботи слід відзначити окремі зауваження та дискусійні аспекти, які не впливають на загальну наукову цінність результатів, однак можуть становити інтерес для подальших досліджень у даному напрямі.

1. У розділі «Об'єкти та методика проведення досліджень» доцільним виглядало б більш розгорнуте пояснення вибору CFD-моделювання як основного інструменту дослідження гідродинамічних процесів у кавітаційному апараті. Хоча застосування цього підходу є обґрунтованим, поглиблене порівняння з альтернативними методами дозволило б ще чіткіше підкреслити його переваги в контексті поставлених задач.

2. У дисертаційній роботі не наведено детального опису методики визначення електропровідності води, яка використовується як один із допоміжних параметрів аналізу. Це не знижує достовірності отриманих результатів, однак ускладнює відтворення окремих етапів експериментальної частини та може бути предметом подальшого уточнення в продовженні досліджень.

3. У тексті роботи трапляються окремі стилістичні та редакційні неточності, які не впливають на зміст і наукові висновки, однак дещо ускладнюють сприйняття окремих фрагментів викладу.

Зазначені аспекти мають переважно дискусійний характер і не зменшують загальної наукової та практичної значущості дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота є завершеним, цілісним науковим дослідженням, виконаним на актуальну для галузевого машинобудування тему, що пов'язана з удосконаленням конструкції кавітаційного апарата на основі моделювання гідродинамічних параметрів потоку. Отримані результати характеризуються науковою новизною, достатнім рівнем теоретичного обґрунтування та мають чітко виражену практичну спрямованість.

Робота виконана на належному науково-методичному рівні із застосуванням сучасних підходів до чисельного моделювання та аналізу двофазних потоків, що дозволило отримати обґрунтовані висновки щодо впливу конструктивних параметрів апарата на ефективність кавітаційних процесів. Основні положення дисертації логічно узгоджені між собою, а висновки випливають із проведених досліджень та не викликають принципових заперечень.

Результати роботи достатньо повно апробовані на наукових конференціях і відображені у наукових публікаціях, що підтверджує їх достовірність та визнання науковою спільнотою. Практичне значення отриманих результатів підтверджується можливістю їх використання у

проектуванні та вдосконаленні кавітаційного обладнання, а також впровадженням на виробництві і використанням у освітньому процесі.

З огляду на викладене, дисертаційна робота на тему «Удосконалення конструкції кавітаційного апарата за результатами моделювання гідродинамічних параметрів потоку» відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», а її автор, Вітенько Дмитро Олегович, заслуговує на присудження відповідного наукового ступеня.

Рецензент,
доцент кафедри
обладнання харчових технологій
Тернопільського національного технічного
університету ім. І. Пулюя,
кандидат технічних наук, доцент

 Олег КРАВЕЦЬ



Підпис: *Олег Кравець*
васильчук:
начальник: *Вітенько Дмитро*