

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя  
доктору технічних наук, професору  
Стаднику Ігорю Ярославовичу

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, **Берник Ірини Миколаївни**,  
доктора технічних наук, доцента, професора кафедри процесів і  
обладнання переробки продуктів АПК Національного університету  
біоресурсів і природокористування України  
на дисертаційну роботу **Вітенька Дмитра Олеговича**  
на тему «Удосконалення конструкції кавітаційного апарата за  
результатами моделювання гідродинамічних параметрів потоку»,  
подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії  
у галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133  
«Галузеве машинобудування»

На розгляд подано дисертаційну роботу, що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії, яка складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 149 найменувань, 9 додатків. Матеріали дисертації викладено на 167 сторінках, в тому числі 75 рисунків, 19 таблиць.

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Сучасний стан розвитку харчових, хімічних та фармацевтичних виробництв вимагає впровадження високоефективних енергоощадних технологій та обладнання. Гідродинамічна кавітація є одним із найбільш перспективних інструментів для вирішення завдань гомогенізації,

диспергування та очищення середовищ. Проте ефективність таких апаратів критично залежить від геометрії їхньої проточної частини, що визначає стабільність та інтенсивність кавітаційного впливу.

Тема дисертації Вітенка Д. О. є актуальною, оскільки спрямована на вирішення науково-практичного завдання щодо удосконалення конструкцій кавітаторів статичного типу на базі труби Вентурі через дослідження гідродинамічних параметрів потоку методами комп'ютерного моделювання. Робота безпосередньо корелює з державними пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України в галузях енергоефективності та раціонального природокористування.

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

Наукові дослідження дисертаційної роботи виконувалися відповідно до напрямку “Інтенсифікація технологічних процесів харчових і хімічних виробництв шляхом використання гідродинамічних кавітаційних пристроїв” та пріоритетних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок України, насамперед у частині “Енергетика та енергоефективність” та “Раціональне природокористування”.

### **Достовірність і новизна результатів дослідження.**

Достовірність результатів дослідження підтверджуються коректним використанням методів досліджень, які базуються на класичних засадах гідромеханіки, теорії турбулентності та фізики кавітації. Автор використав сучасний інструментарій обчислювальної гідродинаміки (CFD), зокрема програмне середовище SolidWorks Flow Simulation, застосувавши адекватну для таких завдань двопараметричну  $k-\epsilon$  модель турбулентності та однорідну рівноважну модель суміші (НЕМ). Достовірність отриманих результатів підтверджується коректною постановкою граничних умов, верифікацією сіткових моделей та валідацією результатів моделювання за даними натурних експериментів. Збіг теоретичних розподілів тиску та витрат із показниками,

отриманими на експериментальному стенді, свідчить про високу надійність сформульованих у роботі висновків.

Наукова новизна роботи полягає у розширенні знань про механізми впливу складної внутрішньої геометрії кавітаційних апаратів на інтенсивність кавітаційного процесу. До найбільш вагомих здобутків автора слід віднести:

- Вперше встановлений комплексний вплив конструктивних модифікацій (зміни діаметра горловини, використання конусних та шнекових вставок) на просторову структуру кавітаційної течії та об'ємну частку парової фази.

- Удосконалений метод порівняльного аналізу конфігурацій апаратів шляхом впровадження інтегральних критеріїв: сумарного об'єму парової фази (як міри активності зони) та показника питомої кавітаційної ефективності, що дозволяє оцінювати енерговитрати на одиницю корисного ефекту.

- Подальший розвиток закономірностей гідродинаміки в апаратах типу труби Вентурі, що дозволило запропонувати коефіцієнти локалізації двофазної структури для прогнозування зон максимального впливу на робоче середовище.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- Розроблено та впроваджено модернізований вузол карбонізації солодких напоїв для Тернопільської пивоварні «Опілля», що дозволило підвищити інтенсивність розчинення CO<sub>2</sub>.

- Запропоновано модульну компоновку системи гомогенізації для малих фермерських господарств, що забезпечує високу якість обробки молока при зниженому енергоспоживанні.

- Результати досліджень захищені патентами України на корисні моделі №160839 U та №160838 U, що підтверджує технічну новизну та готовність розробок до промислового тиражування.

– Наукові методики та дослідні зразки інтегровані в освітній процес ТНТУ імені Івана Пулюя при викладанні технічних дисциплін.

### **Повнота викладення основних результатів дисертації.**

Основні наукові результати дисертації викладено в 11 публікаціях, з яких: 4 статті - у наукових фахових виданнях України, включених до переліку МОН України (категорія «Б»); 2 патенти України на корисну модель; 5 тез доповідей у матеріалах науково-практичних конференцій. Список публікацій здобувача за темою дисертації відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами). Опубліковані праці повною мірою відображають основний зміст, наукову новизну та результати проведених досліджень.

### **Оцінка мови та стилю дисертації.**

Дисертаційна робота «Удосконалення конструкції кавітаційного апарата за результатами моделювання гідродинамічних параметрів потоку» написана українською мовою, має змістовну цілісність, послідовність та завершеність. Текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

### **Характеристика основних результатів роботи.**

Дисертаційна робота Вітенька Д. О. відзначається логічною побудовою, чіткою структурою та взаємопов'язаністю всіх етапів наукового пошуку - від аналізу проблеми до впровадження інженерних рішень у виробництво.

**У першому розділі** проведено критичний аналіз та систематизацію науково-технічних джерел, присвячених використанню гідродинамічної кавітації. Автор розглянув фізичні передумови кавітації у звужувально-розширювальних каналах та проаналізував сучасні підходи до їх математичного опису. Критичну оцінку недоліків апаратів типу труби Вентурі

використано як умову для формулювання наукової гіпотези. Це слугувало підґрунтям для методологічно обґрунтованого та чіткого формулювання мети і завдань дисертаційного дослідження.

**Другий розділ** присвячено методологічному обґрунтуванню теоретичних та експериментальних досліджень. Наведено теоретичне обґрунтування вибору математичних моделей для реалізації CFD-аналізу, зокрема поєднання моделі (k-ε) та моделі НЕМ у програмному комплексі SolidWorks Flow Simulation. Технічна реалізація дослідження підтверджена розробкою експериментальної установки та верифікованим переліком методик контролю параметрів стабільності та якості модельних середовищ (дисперсність, рН, електропровідність), що свідчить про комплексний підхід до вирішення поставлених задач.

**У третьому розділі** автором реалізовано 3D CFD-моделі для різних конфігурацій внутрішнього каналу апарата та отримано просторові розподіли тиску, швидкості й об'ємної частки парової фази. Наукову цінність розділу суттєво підвищує запропонований автором підхід до визначення інтегральних характеристик двофазності, що дозволило кількісно порівнювати різні геометрії. Важливо відзначити, що результати віртуальних експериментів пройшли успішну валідацію шляхом порівняння з реальними гідравлічними та візуальними даними стендових випробувань.

**У четвертому розділі** виконано комплексний енергетично-кавітаційний аналіз. Здобувач запропонував критерій - показник питомої кавітаційної ефективності, який пов'язує витрати енергії з об'ємом згенерованої парової фази. Це дало змогу об'єктивно оцінити доцільність застосування конусних та шнекових вставок. Обґрунтованість висновків розділу підкріплена результатами прикладних експериментів. Доведено, що використання розроблених кавітаційних апаратів дозволяє досягти стабільно високих показників гомогенізації молока та зміни фізико-хімічних характеристик рідких технологічних середовищ.

**П'ятий розділ** демонструє прикладну спрямованість дисертації. На основі отриманих фундаментальних закономірностей здійснено модернізацію промислового вузла карбонізації солодких напоїв для Тернопільської пивоварні «Опілля» та розроблено компоновку модульного кавітатора для фермерських господарств. Підтвердженням технічного рівня розробок є отримання двох патентів України на корисні моделі (№160839 U та №160838 U) та наявність розрахунків їхньої економічної окупності.

Взаємозв'язок і логічна послідовність викладу матеріалу у всіх п'яти розділах свідчать про завершеність дослідження.

### **Зауваження і побажання по дисертаційній роботі.**

1. Як побажання до стилістичного оформлення вступу, варто звернути увагу на рівень узагальнення завдань роботи. Пункти 3, 4 і 5 наразі містять занадто детальну інформацію щодо методичних кроків віртуального експерименту (підготовка розрахункових областей, сіткові налаштування, вказування конкретної версії комерційного ПЗ). Роботі пішло б на користь об'єднання цих етапів в одне комплексне наукове завдання, тоді як методичні подробиці налаштування CFD-розрахунків доречніше було б розкрити у розділі «Матеріали та методи досліджень».

2. У підрозділі 1.1.2 автор наводить різноманітні напрями практичного використання гідродинамічної кавітації у водоочищенні, харчовій та фармацевтичній промисловості. Здобувач слушно акцентує увагу на тому, що ключовим фактором ефективності процесу є геометрія апарата. Водночас, у порядку дискусії хотілося б побажати більш глибокого порівняльного аналізу будови існуючих конструкцій з виокремленням їхніх недоліків. Наявність такого матеріалу зробила б висновок роботи щодо важливості математичного моделювання ще більш аргументованим.

3. У порядку побажання до розділу матеріалів та методів (стор. 66) хотілося б звернути увагу на необхідність більш ґрунтовного опису експериментальної бази. Робота виглядала б переконливіше, якби автор навів

конкретні технічні характеристики використаних манометрів і витратомірів, зазначив параметри оптичної реєстрації кавітаційної хмари, а також обґрунтував необхідну кількість повторів експерименту для досягнення достовірних результатів. Здобувачеві доцільно розкрити ці деталі під час прилюдного захисту.

4. У тексті роботи виявлено розбіжності щодо кількісних меж варіювання об'ємної витрати робочої рідини. На стор. 66 зазначено діапазон 20–70 л/хв, тоді як у підрозділі 3.1.2 (стор. 78) вказано межі 40–90 л/хв. Водночас на графіку (рис. 3.2.1, стор. 82) розмірність витрати подано в л/с, а наведений робочий діапазон (до 1,0 л/с) еквівалентний 60 л/хв, що не повною мірою корелює з попередніми твердженнями. Для кращого сприйняття матеріалу автору було б бажано прокоментувати ці неузгодженості.

5. У підрозділі 3.2 (зокрема в табл. 3.2.2) під час проведення чисельного моделювання гідродинаміки апарата обрано значення вхідного тиску 0,27; 0,40 та 0,60 МПа. При цьому інтервал варіювання досліджуваного фактору є нерівномірним (крок становить 0,13 МПа та 0,20 МПа відповідно). У тексті роботи відсутнє обґрунтування такого вибору дискретних точок. Здобувачу доцільно пояснити, чим зумовлена така несиметричність кроку (зокрема, чи є значення 0,27 МПа розрахунковим порогом початку кавітації).

#### **Висновок щодо дисертації вцілому.**

Дисертаційна робота Вітенька Дмитра Олеговича на тему «Удосконалення конструкції кавітаційного апарата за результатами моделювання гідродинамічних параметрів потоку» є самостійною, завершеною кваліфікаційною науковою працею, не порушує принципів академічної доброчесності.

Результати дисертаційного дослідження засвідчили вирішення поставлених завдань, а сформульовані наукові положення мають наукову новизну, теоретичну цінність і практичну значущість. У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладну задачу удосконалення конструкції кавітаційного

апарата статичного типу на базі труби Вентурі на основі результатів чисельного моделювання гідродинамічних параметрів потоку, встановлення кавітаційних параметрів та їх експериментальної перевірки.

Відмічені недоліки і зауваження не знижують цінність, науковий та практичний рівень роботи.

Загалом, дисертаційна робота та висвітлені в ній результати дослідження відповідають спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та вимогам відповідно до «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року та чинним вимогам Міністерства освіти і науки України, а її автор - Вітенько Дмитро Олегович - заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

**Офіційний опонент:**

професор кафедри процесів і  
обладнання переробки продуктів АПК  
Національного університету  
біоресурсів і природокористування  
України,  
доктор технічних наук, доцент



Ірина БЕРНИК

