

**Рішення**  
**разової спеціалізованої вченої ради**  
**про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії ВІТЕНЬКО Дмитро 1996 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2019 році Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя за спеціальністю Будівництво та цивільна інженерія, виконав акредитовану освітньо-наукову програму Галузеве машинобудування.

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом ректора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України, м. Тернопіль  
від 30 березня 2026 року № 4/7-139 у складі:

Голови разової

спеціалізованої вченої ради – Ігора СТАДНИКА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

Рецензента –

Офіційних опонентів –

Олега КРАВЦЯ, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедр Кирила САМОЙЧУКА, доктора технічних наук,

професора, завідувача кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного;

Ірини БЕРНИК, докторки технічних наук, доцентки, професорки кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Володимира АТАМАНЮКА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри хімічної інженерії, Інституту хімії та хімічних технологій Національного університету "Львівська політехніка",

на засіданні 04 червня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія

Дмитру ВІТЕНЬКУ

на підставі публічного захисту дисертації «Удосконалення конструкції кавітаційного апарата за результатами моделювання гідродинамічних параметрів потоку» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Дисертацію виконано у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, Міністерство освіти і науки України, м. Тернопіль.

Науковий керівник: Наталя ЗВАРИЧ, кандидатка технічних наук, доцент, доцент кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які вирішують нове науково-практичне завдання удосконалення конструкції кавітаційного апарата статичного типу на основі результатів чисельного моделювання гідродинамічних параметрів потоку з метою підвищення інтенсивності та енергоефективності кавітаційної обробки технологічних середовищ. Зокрема, розроблено раціональну конструкцію кавітаційного апарата статичного типу з можливими модифікаціями геометрії внутрішнього каналу, тривимірні (3D) геометричні моделі удосконаленого кавітаційного апарата та його модифікацій зі змінними вставками, сформовано постановку початкових умов та припущень розрахункової задачі та

виконано чисельні розрахунки у CFD-середовищі з використанням моделі турбулентності та гомогенної рівноважної моделі, що дозволило розрахувати розподіли тисків, швидкостей, об'ємної частки пари для запропонованих конфігурацій апарата та досліджуваних режимів роботи. На етапі експериментального порівняння отриманих результатів моделювання, що дозволяють прогнозувати активність кавітації та ефективність роботи досліджуваних конфігурацій апарата здобувач провів серію експериментальних досліджень щодо гомогенізації жирової фази молока та зміни рН і електропровідності дистильованої води як факторів оцінки механічного та фізико-хімічного впливу кавітаційних ефектів на технологічне середовище для різних модифікацій апарата. На основі отриманих наукових результатів дослідження здобувач розробив проєктні технічні пропозиції щодо удосконалення вузла карбонізації на лінії солодких напоїв для Тернопільської пивоварні "Опілля". Проєктний розрахунок карбонізатора та результати чисельного моделювання були передані на виробництво і впроваджені. Також здобувач розробив пропозиції для невеликих ферм щодо застосування модульної кавітаційної установки, яка дозволяє проводити попередню обробку молока. Всі запропоновані конструктивні і проєктні рішення підтверджені необхідними розрахунками. На конструктивні рішення отримано патенти України на корисні моделі, а експериментальний зразок апарата використовується у освітньому процесі ТНТУ.

Дисертаційну роботу виконано згідно наукового напряму кафедри обладнання харчових технологій «Інтенсифікація технологічних процесів харчових і хімічних виробництв шляхом використання гідродинамічних кавітаційних пристроїв» та пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки України, зокрема «Енергетика та енергоефективність» і «Раціональне природокористування», оскільки спрямована на підвищення енергоефективності керованої гідродинамічної обробки рідин та має прикладне значення для проєктування кавітаційного обладнання, що використовують для обробки технологічних середовищ та технологій водопідготовки.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку наукових підходів до вивчення механізмів впливу складної внутрішньої геометрії статичних апаратів на інтенсивність кавітаційного процесу.

*Вперше* на основі результатів CFD-моделювання гідродинаміки для досліджуваних конфігурацій апарата встановлено вплив конструктивних модифікацій внутрішнього каналу (зміна діаметра горловини, встановлення конусної або шнекової вставки) на параметри кавітаційної течії (максимальні швидкості, мінімальний тиск у зоні кавітації, об'ємну частку парової фази, протяжність кавітаційної ділянки, інтегральний об'єм парової фази);

-удосконалено методику порівняльного аналізу та вибору конструкцій кавітаційних апаратів шляхом введення інтегральних критеріїв, зокрема сумарного об'єму парової фази, як параметра активності кавітації та показника кавітаційної ефективності, що дозволяє оцінювати співвідношення "ефект - енерговитрати";

-набули подальшого розвитку закономірності гідродинаміки в апаратах типу труби Вентурі, зокрема в частині оцінки локалізації двофазної структури через введені коефіцієнти  $V_i(L)$  та  $k_{лок}$ , що дозволяє прогнозувати зони максимального впливу на робоче середовище.

Дисертація виконана державною мовою та оформлена згідно вимог, встановлених МОН. Дисертаційна робота викладена на 233 сторінках. Текст основної частини дисертації становить 167 сторінок (7,5 авторських аркушів).

Результати дисертаційного дослідження висвітлено у 11 наукових працях, зокрема опубліковано 4 статті у наукових фахових періодичних виданнях України, 5 тез доповідей на науково-практичних конференціях, 2 деклараційних патенти на корисну модель:

1. Вітенько Д. О., Вітенько Т. М. Аналіз та порівняння гідродинаміки потоку у кавітаційних апаратах. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. Т. 14, № 2. С. 1-15. DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-9. (Здобувач розробив 3D модель, виконав постановку моделі, провів розрахунки та експериментальні дослідження, підготував основний текст статті).

2. Вітенько Д. О. Зношування в гідродинамічних апаратах по типу труби Вентурі. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2025. № 1(116). С.48-55. DOI:10.37128/2306-8744-2025-1-6.

3. Вітенько Д. О., Зварич Н. М. Гідродинамічні та кавітаційні характеристики статичних моделей апаратів зі змінною конфігурацією вхідного каналу. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2025. Т. 9, № 1(104). С. 7-82. DOI: [https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.1\(104\).318233](https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.1(104).318233) (Здобувач реалізував CFD моделі, провів аналіз результатів підготував текст статті).

4. Вітенько Д., Зварич Н. Оцінка енергоефективності гідродинамічного апарата. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Т. 353, № 3.2. С. 365-369. DOI: 10.31891/2307-5732-2025-353-51. URL: <https://heraldts.khmnu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/1934>. (здобувач виконав дослідження та узагальнення результатів щодо процесу гомогенізації молока, зміни фізико-хімічних властивостей води під час кавітаційної обробки та розрахував енергетичні показники кавітаційного апарата і підготував текст публікації).

5. Вітенько Д. О. Дослідження робочої ділянки кавітаційного модуля з активатором складної форми. *Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 29-30 верес. 2022 р. Тернопіль, 2022. С. 62.*

6. Вітенько Д. О., Зварич Н. М. Гідродинамічна кавітація в масообмінних процесах. Аналіз парогазової фази. *Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів, м. Тернопіль, 6-7 груд. 2023 р. Тернопіль, 2023. С. 273-274* (Здобувач провів аналіз літератури, та виконав статистичну обробку експериментальних даних, підготував матеріали для публікації).

7. Vitenko D. O., Zvarych N. M., Vitenko T. M. Static Cavitation Module: A Numerical Modeling Approach. *Youth Scientific Achievements to the 21st Century Nutrition Problem Solution: book of abstracts. Part 2 : 89th International Scientific Conference of Young Scientist and Students, Kyiv, April 3-7, 2023 р. Kyiv : NUFT, 2023. P. 19* (Здобувач реалізував CFD модель та виконав перевірку на адекватність).

8. Вітенько Д. О. Порівняння гідродинамічних параметрів у кавітаційних апаратах з різними конфігураціями звужувальних каналів. *Гідроаеромеханіка в інженерній практиці (Форум інженерів-механіків): матеріали XXVIII Міжнар. наук.-техн. конф. Секція «Технічна гідромеханіка». Т. 28, № 1. Київ, 2024. С. 60-62.*

9. Vitenko D. O., Vitenko T. M. Comparative analysis of energy consumption estimation methods for Venturi-type hydrodynamic apparatus. *Fundamental and Applied Problems of Modern Technologies: proc. Int. Sci.-Tech. Conf. Ternopil, May 28-29, 2025. Ternopil : PE Palianytsia V. A., 2025. P. 117. (Modern technologies in machine and instrument engineering)* (Здобувач виконав розрахунки енергетичних показників для модифікації досліджуваного кавітаційного апарата, підготував матеріал для публікації).

10. Кавітаційний змішувач: пат. 160839 Україна: МПК В01F23/00, № u202406247; заявл. 27.12.2024; опубл. 15.10.2025, Бюл. № 42/2025. 4 с. (Здобувач запропонував геометрію труби Вентурі та вставки, виконав креслення моделі).

11. Кавітаційний апарат: пат. 160838, Україна, МПК В01F 23/00, № u202406241; заявл. 27.12.2024 ; опубл. 15.10.2025; Бюл. № 42/2025. 4 с. (Здобувач розробив геометрію конусної вставки та виконав креслення і розрахунки).

У дискусії взяли участь голова, рецензент та офіційні опоненти:

Ігор СТАДНИК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (голова разової спеціалізованої вченої ради) відмітив належний науковий рівень дисертаційного дослідження та дав позитивну оцінку отриманим результатам, які вирішили важливе науково-практичне завдання обґрунтування вибору конструктивних параметрів статичних кавітаційних апаратів проточного типу на підставі комплексної кількісної оцінки впливу геометрії проточної частини на розподіл тиску і швидкості, формування парової фази, гідравлічні втрати та енергетичну доцільність.

Кирило САМОЙЧУК, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

(офіційний опонент), вказав на обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, представлених у дисертаційній роботі та зазначив важливість прогнозування перебігу процесів. Опонент висловив наступні зауваження:

- Слід уточнити вибір об'єкту та предмету досліджень, адже предмет – це область всередині об'єкта. З цієї точки зору «закономірності впливу геометрії» доцільно віднести до об'єкту досліджень, а «конструкцію кавітаційного апарату» - до предмету.

- Пункт 6 практичного значення отриманих результатів потребує корекції: публікація патенту на корисну модель не є підтвердженням практичної готовності до впровадження.

- На с. 36 (рисунок 1.1.3) замість струминного гомогенізатора показана машино-апаратурна схема гомогенізації молока з роторно пульсаційним апаратом.

- В останньому абзаці підрозділу 1.1.2 (с. 38) зроблено висновок про актуальність розвитку технології гідродинамічної кавітації. Але описані вище приклади застосування гідродинамічної кавітації в різних галузях промисловості не підтверджують отриманий висновок (потребують аналізу недоліків наведених технологій та апаратів).

- Слід уточнити висновок про те, що експериментальні витрати «добре корелюються з теоретичними даними» (с. 83): конкретизувати який саме параметр обрано для визначення ступеня кореляції і чому дорівнюють його значення.

- У розділі 5 при обґрунтуванні удосконаленої конструкції карбонізатора введено конусну вставку з 10 тангенційними каналами прямокутного перерізу (3×8 мм), однак не наведено обґрунтування вибору саме цієї геометрії. Зокрема, відсутній аналіз впливу кількості каналів, їх глибини та ширини на ефективну площу прохідного перерізу, рівень турбулізації потоку та інтенсивність диспергування газової фази.

- Оскільки наразі відсутній затверджений стандарт визначення якості гомогенізації молока, то для цього доцільно використати порівняння дисперсних показників молочного жиру після обробки в клапанних гомогенізаторах (при встановлених технологією режимах його роботи) та розробленому кавітаційному апараті.

- Основним показником, який характеризує енергоефективність гомогенізатора є питомі енерговитрати, тому слід навести їх значення при промисловому використанні запропонованих кавітаційних апаратів.

Ірина БЕРНИК, докторка технічних наук, доцентка, професорка кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України (офіційний опонент), позитивно оцінивши загальний науковий рівень дисертації та виокремивши комплексність досліджень наукову та практичну цінність результатів дослідження, зауважила:

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).

Володимир АТАМАНЮК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної інженерії, Інституту хімії та хімічних технологій Національного університету "Львівська політехніка" (офіційний опонент), висловивши загальне позитивне враження від дисертаційної роботи та відмітивши високий рівень наукової компетентності автора та його спроможності вирішувати складні науково-практичні завдання, вказав на деякі аспекти, які потребують уточнення, подальших досліджень та розвитку, зокрема:

– У роботі використано однорідну рівноважну модель, яка є виправданою для інженерних оцінок, однак вона не враховує інерційність росту та колапсу кавітаційних бульбашок. З огляду на наявність зон інтенсивного прискорення потоку в горловині, доцільно було б оцінити вплив нерівноважних ефектів або хоча б окреслити межі застосовності НЕМ для даних умов.

– У моделюванні використано k-ε модель турбулентності, яка є стандартною для внутрішніх течій, однак відомо, що вона може недостатньо точно відтворювати структуру потоку в зонах різких градієнтів тиску та прискорення. Доцільно було б обґрунтувати вибір цієї моделі або оцінити можливий вплив альтернативних моделей (наприклад, k-ω SST) на результати.

– Отримані результати показують локалізацію мінімального тиску та максимальних швидкостей у горловині, однак бажано було б більш детально проаналізувати можливу наявність відривних зон у дифузорі чи вплив градієнтів тиску на стабільність кавітаційної області. Такий аналіз дозволив би глибше пояснити механізми формування та затухання кавітації.

– Використаний параметр середньої об'ємної частки пари потребує уточнення фізичного змісту, оскільки його значення перевищують одиницю.

– У розрахунках робочих режимів як карбонізатора, так і модуля гомогенізації потік розглядається як однофазний, що не враховує вплив двофазності (наявності газу або дисперсної фази) на густину, втрати тиску та реальні умови гідродинамічного впливу, що може впливати на точність отриманих результатів.

– Порівняння з результатами інших дослідників носить обмежений характер і могло б бути розширене.

– Подальших досліджень потребують питання довготривалої експлуатації запропонованих конструкцій, зокрема з урахуванням впливу кавітаційного зношування та зміни режимів роботи.

Олег КРАВЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (рецензент), не применшуючи наукового здобутку дисертації та підкресливши важливість отриманих результатів для промисловості, зауважив:

– 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.

– 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.

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

Результати відкритого голосування:

«За» п'ять членів ради,

«Проти» німає членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Дмитру ВІТЕНЬКУ ступінь доктора філософії з галузі знань 13 Механічна Інженерія за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради



(підпис)

Ігор СТАДНИК  
(власне ім'я та прізвище)