

## ВИСНОВОК

### про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

на тему «Обґрунтування параметрів кавітаційно-магнітного обладнання для  
водопідготовки котелень»

*(назва роботи)*

здобувача наукового ступеня доктора філософії

Душенко Олександра Сергійовича

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

з галузі знань 13 – Механічна інженерія

*(шифр, назва галузі знань)*

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

*(шифр, назва спеціальності)*

Публічна презентація проведена на кафедрі технології машинобудування

*(назва)*

«26» лютого 2026 року, протокол №1.

### **1. Актуальність теми дослідження.**

Термін експлуатації обладнання котелень значною мірою залежить від фізико-хімічних властивостей води. Низька якість води, разом із відсутністю належного контролю та хімічної регуляції у тепломережах, пароконденсатних системах і котлах, сприяє утворенню накипу, а також розвитку кисневої й вуглекислотної корозії. У результаті знижується теплопередача, відбувається засмічення обладнання та скорочується його строк служби. Це, у свою чергу, призводить до зниження рентабельності, зменшення потужності та збільшення частоти простоїв.

Для котельного обладнання особливу небезпеку становить вода з високим вмістом розчинених забруднень, зокрема кальцієвих і магнієвих солей жорсткості. Ці солі мають властивість осідати на внутрішніх поверхнях обладнання, формуючи шар накипу. Накопичення такого шару значно погіршує теплопровідність металевих поверхонь, що змушує підвищувати витрати електроенергії для досягнення необхідних показників ефективності котельні. На сьогодні єдиним дієвим методом запобігання утворенню накипу залишається попереднє очищення води від розчинених домішок. Частими помилками у водопідготовці котелень є ігнорування або неналежне виконання попереднього очищення; недостатньо ефективного налаштування пом'якшувальних установок; відсутність деаераторів або їх неправильна експлуатація; і фактична відсутність корекційної обробки води. Основними джерелами водопостачання для котелень є міські водопровідні системи, артезіанські свердловини та відкриті водойми. Якщо така вода хлорується, то перед використанням у процесах зворотного осмосу чи хімічного знесолювання її потрібно повністю дехлорувати, оскільки хлор руйнує аніонні смоли і мембрани зворотного осмосу. Для води з підземних джерел характерний підвищений вміст іонів заліза. Однак така проблема нерідко зустрічається й у водопровідній воді через корозію трубопроводних систем. Надмірна концентрація заліза сприяє утворенню осадів на мембранах, що потребує частішого кислотного промивання та скорочує термін їхньої експлуатації.

Отже підвищення якості та складу води, яка поступає з муніципального водопостачання, артезіанських свердловин і водойм, шляхом створення обладнання для попереднього оброблення гідрокавітацією та магнітним полем з метою пом'якшення та зміни її властивостей є актуальним науково-технічним завданням.

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

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до державних і науково-технічних програм за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки України та відповідає Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та інноваційної діяльності» від 13 січня 2024р. № 3534-IX.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з планом кафедри технології машинобудування та тематикою держбюджетної теми «Обґрунтування параметрів кавітаційно-магнітного обладнання для водопідготовки котельень» (№ державної реєстрації 0125U003531) у якості виконавця роботи, а також в рамках науково-дослідних робіт Хмельницького національного університету.

**3. Наукова новизна** отриманих результатів полягає у створенні, теоретичному обґрунтуванні та експериментальному дослідженні обладнання комплексного кавітаційно-магнітного впливу і вібраційної машини для очищення та зміни властивостей водного середовища з обґрунтуванням режимів роботи приводу.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- вперше побудовано аналітичну модель для визначення максимального тиску у камері пульсації, що дало можливість визначити продуктивність вібраційної машини очищення та зміни властивостей води в залежності від конструктивних параметрів та режимів роботи приводу.

- результати проведених досліджень із застосуванням швидкісної відеоз'ємки дозволили визначити реальні режими роботи вібраційної машини, що дозволило встановити оптимальну продуктивність вібраційної машини очищення та зміни властивостей води яка знаходиться при наступних параметрах роботи приводу та конструктивних співвідношеннях: частота коливань приводу 19-21 Гц при амплітуді  $A = 2$  мм; діаметрі поршня  $D_p = 100$  мм та діаметрі насадка 10 мм.;

- у результаті проведених досліджень моделювання кавітаційних процесів у SolidWorks в різних, за конструктивними особливостями, статичних кавітаторів було отримано траєкторії руху шарів рідини при проходженні крізь кавітатори та картину розподілу величини тиску у різних точках кавітаторів, що дало можливість визначити оптимальну конструкцію статичного кавітатора – ступінчастого на вході та виході;

- одержав подальший розвиток метод оцінки зміни основних властивостей води та експериментально підтверджено, що магнітні і кавітаційні процеси у статичному кавітаторі та вібраційній машині покращують основні характеристики водного середовища, а саме: зростає рН, зменшується коефіцієнт поверхневого натягу, зменшується вміст розчинених солей.

#### 4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень реалізовано у новому технічному рішенні обладнання і конструкції вібраційної машини, що захищено патентом на корисну модель України (№126495). При цьому найбільшу практичну цінність мають наступні одержані результати:

- у створенні технологічного обладнання для підвищення якості та складу води, яка поступає з муніципального водопостачання, артезіанських свердловин і водойм, для попереднього оброблення гідрокавітацією у вібраційній машині із застосуванням додаткового статичного кавітатора та магнітного поля;

- вплив звукової гідрокавітації та змінного за напрямом магнітного поля на воду зводиться до єдиного процесу – розщепленню молекул води у кавітаційній порожнині на активні радикали, що зменшує вміст солей жорсткості та накипоутворення, підвищує строк роботи блоку зворотного осмосу, збільшує термін його регенерації та експлуатації;

- результати аналітичних та експериментальних досліджень дозволили створити методологію проектування насадків статичних кавітаторів та визначати проектну продуктивність запропонованого обладнання.

*Пояснення: дисертація повинна містити наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та/або експериментальні результати проведених досліджень, що мають істотне значення для певної галузі знань та підтверджуються документами, які засвідчують проведення таких досліджень, а також свідчити про особистий внесок здобувача в науку та характеризуватися єдністю змісту.*

**5. Використання результатів роботи.** Результати виконаних досліджень та окремі теоретичні положення прийнято до впровадження на КП «Тепловик» (м. Старокостянтинів) та на ПФКФ «БДЖІЛКА» (м. Хмельницький).

Наукові положення та практичні здобутки, отримані в дисертаційному дослідженні, впроваджені у навчальний процес кафедри технології машинобудування Хмельницького національного університету для підготовки магістрів і докторів філософії у матеріалах методичних розробок при викладанні дисципліни «Інженерне моделювання та проектування технологічних процесів і конструкцій в машинобудуванні».

**6. Особиста участь автора** в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі. Усі наукові результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, належать особисто здобувачу. Постановка задачі, формулювання завдань досліджень дисертаційної роботи та аналіз результатів виконано спільно з науковим керівником. Автору належать основні ідеї застосування пропонованої методології для визначення масових і динамічних характеристик складних рухомих об'єктів.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі технології машинобудування Хмельницького національного університету

(назва кафедри (відділу), назва установи)

науковий керівник К.Т.Н., доцент, завідувач кафедри технології машинобудування Ткачук В. П.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище, ініціали)

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, встановлено, що дисертаційна робота Душенко О. С.

(прізвище, ініціали здобувача)

є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових праць, у тому числі — монографій, 4 статті у наукових фахових виданнях України, що входять до переліку ДАК, одержано 1 патент України на корисну модель України, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір, 6 матеріалів та тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

**Статті у журналах, що включені до переліку фахових видань України:**

1. Душенко О. С., Ткачук В. П. Обладнання вхідної магнітно-кавітаційної підготовки води для тепломереж. Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки. №3, Т.2. 2024 С. 73-80. *Особистий внесок здобувача: розроблення конструкції обладнання для попереднього оброблення гідрокавітацією у вібраційній машині із застосуванням додаткового статичного кавітатора та магнітного поля.*

2. Душенко О. С., Ткачук В. П. Обґрунтування параметрів продуктивності вібраційної машини зміни складу та властивостей води для тепломереж. Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки. №6, Т.1. 2024 С. 340-347. *Особистий внесок здобувача: побудова математичної моделі вібраційної машини з визначенням її продуктивності.*

3. Душенко О. С., Ткачук В. П. Дослідження впливу магнітного поля із змінною індукцією по довжині осі потоку на склад та властивості води для тепломереж. Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки. №6, Т.1. 2025 С. 272-280. *Особистий внесок здобувача: розроблення конструкції блоку омагнічування та експериментальні дослідження впливу магнітного поля на властивості води.*

4. Душенко О. С., Ткачук В. П., Марченко М. В. Дослідження конструктивних параметрів кавітаційних насадків та режимів роботи обладнання водопідготовки для тепломереж у Solidworks і практичне використання. Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки. №6.2, 2025 С. 286-297. *Особистий внесок здобувача: побудова моделей насадків у Solidworks та аналіз інтенсивності кавітаційних процесів з визначенням числа кавітації та експериментальне визначення показників зміни складу водопровідної води після оброблення в обладнанні.*

**Патент України на корисну модель:**

5. Кавітаційно-магнітний пристрій зміни властивостей та складу води для котелень. №161692. МПК F25B 15/02 / Душенко О. С., Ткачук В. П. u202406294. Заявл.30.12.24. Опубл. 02.10.25. *Особистий внесок здобувача: ідея розробки конструкції пристрою зміни властивостей та складу води для котелень та її опис; частка кожного з авторів є рівною.*

**Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір:**

6. Визначення параметрів продуктивності вібраційної машини зміни складу та властивостей води для тепломереж. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №

*Особистий внесок здобувача: побудова математичної моделі вібраційної машини з визначенням її продуктивності, частка кожного з авторів є рівною.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Душенко О. С., Ткачук В. П. Обладнання зміни властивостей та складу води для тепломереж. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference «X Ukrainian-Polish scientific dialogues» Actual problem of modern science. (June 11-15, 2024). Khmelnytsky-Bydgoszcz. С. 145-149. *Особистий внесок здобувача: розроблення конструкції обладнання для попереднього оброблення гідрокавітацією у вібраційній машині із застосуванням додаткового статичного кавітатора та магнітного поля.*

8. Душенко О. С., Ткачук В. П. Обладнання зміни властивостей та складу води для тепломереж. Abstracts of the conference 10th International Scientific and Practical Conference «X Ukrainian-Polish scientific dialogues» Actual problem of modern science. (June 11-15, 2024). Khmelnytsky-Bydgoszcz. P. 26. *Особистий внесок здобувача: запропоновано основні напрямки досліджень обладнання для попереднього оброблення гідрокавітацією у вібраційній машині із застосуванням додаткового статичного кавітатора та магнітного поля.*

9. Ткачук В. П. Душенко О. С. Конструкція обладнання вхідної підготовки води для тепломереж. Proceedings of the IVth International Scientific and Practical Conference. «Diversity and inclusion in scientific area» (Marh 28-29, 2024). Warchav. Poland. С. 417-422. *Особистий внесок здобувача: розроблення конструкції обладнання для попереднього оброблення гідрокавітацією у вібраційній машині із застосуванням додаткового статичного кавітатора та магнітного поля.*

10. Душенко О. С., Ткачук В. П. Дослідження параметрів вібраційної машини для підготовки води для котельень. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції: "Сучасні технології промислового комплексу" (17-19 вересня 2024 року). Херсон- Хмельницький. С. 143-148. *Особистий внесок здобувача: математична моделі вібраційної машини з визначенням її продуктивності.*

11. Душенко О. С., Ткачук В. П. Вплив магнітного поля змінної індукції по довжині осі потоку на склад та властивості води для тепломереж. II International scientific conference of students and young scientists «problems and innovations in the development of engineering, technologies and transport». : Collection of scientific works of the International Scientific Conference of Students and Young Scientists, April 24-26, 2025 – Khmelnytskyi: KhNU, 2025. С.135-146. *Особистий внесок здобувача: розроблення конструкції блоку омагнічування та експериментальні дослідження впливу магнітного поля на властивості води.*

12. Душенко О. С., Ткачук В. П. Модельовання кавітаційних процесів у насадках в обладнанні водопідготовки для тепломереж у SolidWorks Flow Simulation. International Scientific and Practical Conference “Current Issues and Prospects for the Development of Science, Education, Technology and Society in the Era of Digital Transformations”: Conference Proceedings (Austin, USA, July 31, 2025). Austin, USA: Golden Quill Publishing, 2025. P. 99-104. *Особистий внесок здобувача: побудова моделей насадків у SolidWorks Flow Simulation та аналіз інтенсивності кавітаційних процесів.*

**ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Душенко О. С.**

*(прізвище, ініціали здобувача)*

**«Обґрунтування параметрів кавітаційно-магнітного обладнання для водопідготовки котельень»,**

*(назва)*

яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р.

№ 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Хмельницького національного університету зі спеціальності 131 – Прикладна механіка.

*(шифр, назва)*

**РЕКОМЕНДУВАТИ:**

Дисертаційну роботу «Обґрунтування параметрів кавітаційно-магнітного обладнання для водопідготовки котелень»?

*назва роботи*

подану Душенко Олександром Сергійовичем

*прізвище, ім'я, по батькові*

на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Головуючий публічної презентації:

Д.Т.Н.

*(науковий ступінь,*

професор, професор кафедри

галузевого машинобудування

та агроінженерії

*(вчене звання, посада)*



В'ячеслав ХАРЖЕВСЬКИЙ

*Ім'я ПРИЗВИЩЕ*