РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Душенко Олександра Сергійовича** на тему «Обґрунтування параметрів кавітаційно-магнітного обладнання для водопідготовки котелень», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка

Актуальність теми дослідження та її зв`язок із планами наукових робіт університету.

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. Водопідготовка для котелень передбачає очищення води ще до її подачі в систему. Цей процес включає використання кількох фільтраційних блоків, завдяки яким із води видаляються як розчинені мінеральні солі, так і механічні домішки.

Початковий етап водопідготовки зазвичай не становить складностей і передбачає застосування стандартних фізичних методів, таких як механічна фільтрація. Однак другий етап вимагає більш ретельного підходу, оскільки передбачає видалення розчинених мінеральних солей. Найбільш сучасним і високоефективним методом тонкої очистки води для котелень сьогодні є мембранні технології, зокрема зворотний осмос і ультрафільтрація. Частими помилками у водопідготовці котелень є ігнорування або неналежне виконання попереднього очищення; недостатньо ефективне 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.

Найчастіше водопровідна вода подається до системи водопідготовки для живлення тепломереж і котлів без початкового очищення. 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 трубопровідних 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.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до державних і науково-технічних програм за пріоритетними напрямами 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 котелень» (№ державної реєстрації 0125U003531) у якості виконавця роботи, а також в рамках науково-дослідних робіт Хмельницького національного університету.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

До найбільш суттєвих і науково нових результатів дисертаційної роботи, на мою думку, можна віднести:

- вперше побудовано аналітичну модель для визначення максимального тиску у камері пульсації, що дало можливість визначати 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 А = 2 мм; діаметрі поршня Dп = 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 pH, зменшується коефіцієнт поверхневого натягу, зменшується вміст розчинених солей.

Практичне значення отриманих результатів.

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 створені 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.

Результати виконаних досліджень та окремі теоретичні положення прийнято до впровадження на КП «Тепловик» (м. Староконстянтнів) 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».

Структура дисертації, мова та стиль викладення результатів.

Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 191 сторінок друкованого тексту, з них анотація – на 18 стор., зміст – на 3 стор., основний текст – на 140 стор., список із 171 використаних джерел – на 17 стор., додатки – на 19 стор. Дисертація містить 81 рисунка та 2 таблиці.

Структура дисертації повністю узгоджується з її назвою, предметом та об`єктом дослідження, метою і завданнями дослідження.

Дисертаційна робота написана діловою українською мовою з науковим стилем викладення її змісту. Вона характеризується цілісною, змістовною завершеністю, логічною послідовністю розглянутих питань, чіткістю, ясністю та достовірністю викладення матеріалів дослідження. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації»

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

За результатами дисертації опубліковано 12 наукових праць у тому числі 4 статті у фахових виданнях України, що входять до переліку ДАК, 6 публікацій апробаційного характеру у матеріалах та тезах конференцій, одержано 1 патент України на корисну модель України, 1 свідоцтво на авторське право.

Основні результати роботи охоплюють усі положення, що виносяться на захист. Науковий рівень здобувача достатньо високий, особистий внесок має місце у кожній роботі. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Бажано було би провести моделювання кавітаційних процесів у SolidWorks, які виникають у насадках, з метою більш наближеного до реального стану вмісту розчинених газів у воді, зі зміною вмісту розчинених газів від 1 до 10%.

2. Перший розділ займає багато об'єму. Бажано було би навести більш лаконічний аналіз по пунктам.

3. На мою думку бажано будо би проаналізувати запропоновану модель вібраційної машини на виникнення резонансних явищ та встановити чи вона працює у до резонансному режимі коливань чи за резонансному.

4. Результати моделювання (Рис. 4.2) зміни розрахункового максимального миттєвого тиску для ідеальної рідини у камері пульсації від частоти значно різняться від

результатів (Рис. 4.3) експериментального визначення зміни тиску у камері пульсації від частоти. Чим це пояснюється?

5. Бажано більш чітко сформулювати висновки по розділах.

6. Виявлено наявні орфографічні помилки та недоречності у використанні розділових знаків.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

Загальний висновок.

Рецензована дисертаційна робота є самостійною, завершеною науковою працею, що містить наукові результати, яким властива наукова новизна, теоретичне та практичне значення, а отже, свідчить про особистий істотний внесок здобувача у розвиток науки в галузі механічної інженерії.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація цілком 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», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44. Здобувач Душенко Олександр Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Рецензент:
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології
машинобудування Хмельницького
національного університету Анатолій ГОРДЄЄВ

Підпис Анатолія ГОРДЄЄВА «Засвідчую»
Проректор з наукової роботи
Хмельницького національного університету Олег СИНЮК