

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 70.052.014
Хмельницького національного університету
доктору технічних наук, доценту
Харжевському В'ячеславу Олександровичу
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11

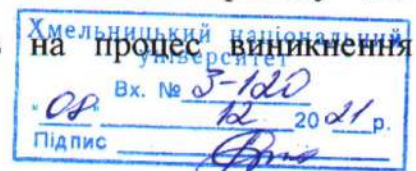
ВІДГУК

офіційного опонента, д. т. н., професора Ланця О. С.
на дисертаційну роботу Костюка Назара Олеговича «Обґрунтування параметрів вібраційної машини для знезаражування та зміни властивостей води», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Прикладна механіка

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

На теперішній час для знезаражування та зміни властивостей води з метою покращення її якості застосовують вібраційні гідромеханічні машини та пристрої. Для видозміни структури та покращення властивостей рідинних субстанцій (РС), що оброблюються, широко використовують явище кавітації, яке стало доволі потужним засобом енергетичного впливу на оброблюване середовище і яке активно застосовують у промисловості.

За останній період з'явився новий напрям – створення вібраційного обладнання для обробки води кавітацією, яке забезпечує надання воді нових властивостей і її знезараження. Однак цим установкам властиві деякі недоліки – незначний час одноразового перебування рідини в стані виникнення кавітаційної зони. Для збільшення кратності оброблення створено ряд вібраційних машин поршневого типу з ексцентриковим приводом для кавітаційної обробки води, з метою знезараження і зміни її властивостей, у яких вода піддається багаторазовому зворотно-поступальному проходженню (циклічної гідрокавітації) через отвір в поршні. Застосування такого приводу дає можливість здійснювати жорстке кероване вплив на процес виникнення



кавітаційних порожнин з утворенням кавітаційних бульбашок шляхом підбору конструктивних параметрів машини і режимів роботи приводу.

Створення нових конструкцій вібраційних машин та обґрунтування їх конструктивних параметрів і режимів роботи приводу, в яких рідина виступає як об'єкт, що піддається керованим вібраційним впливом та дослідження динаміки знезараження водного середовища з використанням кавітації при коливаннях рідини, є актуальним науково-технічним завданням, а дисертаційна робота Костюка Назара Олеговича присвячена дослідженню та розробленню вібраційного обладнання для кавітаційного знезаражування і зміни властивостей води з визначенням його конструктивних параметрів і раціональних режимів роботи приводу, є актуальною.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до державних і науково-технічних програм за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки України та відповідає положенням Закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» від 08.09. 2011р. № 3715-VI та постанови Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 р. №1056 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2017-2021 рр.».

Дисертаційна робота виконана у відповідності з планом кафедри технології машинобудування та тематиці держбюджетної теми «Обґрунтування конструктивних параметрів, режимів роботи приводу та дослідження працездатності вібраційної машини для знезаражування і зміни властивостей води» (№ державної реєстрації 0120U101484) де здобувач приймав участь у якості безпосереднього виконавця роботи, а також в рамках науково-дослідних робіт Хмельницького національного університету.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, як містить анотацію, зміст, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі наведена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність теми досліджень, розкритий зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформульована мета, завдання, об'єкт та предмет дослідження, вказана наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, визначений особистий внесок здобувача, наведені дані про апробацію, публікації, структуру та обсяг роботи.

У *першому* розділі здійснено системний аналіз методів знезаражування водних потоків, сучасних конструкцій машин та обладнання для знезаражування та зміни властивостей води, приведено порівняльний аналіз типів їхніх вібраційних приводів та обґрунтовано вибір ексцентрикового приводу для запропонованої машини.

Проведений аналіз стану наукових досліджень застосування вібраційних технологій у процесах знезаражування та зміни властивостей води показав, що кавітаційна обробка рідин, має різноманітні технологічні можливості в біологічному знезаражуванні води і постає доцільність не лише у поглибленому вивченні та дослідженнях технологічних можливостей кавітаційної обробки, а і у напрямі створення конструкцій вібраційних машин, що реалізують її можливості, спроможних органічно поєднати ефективність способів збурення кавітації. Аналіз сучасних конструкцій обладнання та машин для кавітаційного впливу на рідинне середовище показав переваги і недоліки різних конструкцій обладнання і вібраційних приводів. При аналізі експериментальних досліджень кавітації в низькочастотних звукових полях була виявлена аналогія з фізико-хімічними ефектами між низькочастотній і ультразвуковій кавітації, а основними параметрами, які впливають на інтенсивність процесу є значення максимального тиску P_{max} в порожнині бульбашки та значення частотного характеру коливань рідини. Результати аналізу літературних джерел і патентного огляду дали можливість сформулювати мету та задачі для досягнення поставленої мети.

У *другому* розділі описана загальна методологія досліджень, проведених в роботі, що базується на застосуванні системного підходу для вирішення поставленого науково-технічного завдання. В основі системного підходу лежать відомі принципи: цілеспрямованості, моделювання фізичних процесів,

визначення процедури основних системних досліджень, змістовний аналіз, моделювання дослідження, вибір раціональних конструктивних рішень. У процесі виконання дисертаційного дослідження розроблено оригінальну установку для моделювання фізичних процесів, що проходять у вібраційній машині для знезаражування та зміни властивостей води та установку для фотофіксації процесів, які проходять у камері пульсації вібраційної машини. Описані прилади та їх характеристики, які застосовуються для проведення вимірювань параметрів, що контролюються. Приведена методика запропонованого способу фіксації зміни властивостей водних потоків після оброблення у вібраційній машині для знезаражування та зміни властивостей води та методика визначення ступеня знезаражування водних потоків після вібраційної кавітації.

У *третьому* розділі представлено аналітичну модель коливального процесу робочого середовища у вібраційній машині та отримано рівняння залежності максимального тиску у камері пульсації від конструктивних параметрів та режимів роботи приводу машини. У результаті проведених експериментальних досліджень сили удару струменю з отвору у поршні, встановлено залежності впливу амплітуди та частоти на силу удару струменя в камері пульсації розміром 0,1 м. За умови збереження максимального перемішування водного середовища у ємкості машини та продуктивності рекомендовано використовувати амплітуду коливань 0,002 м. З аналізу величини максимального тиску у камері пульсації при ході поршня уверх встановлено, що тиск досягає величини 0,0048 МПа і значно менше тиску насичених парів 0,0012 МПа (при даних умовах) тому можна зробити висновок, що отримано першу стадію кавітації – газову. Результати досліджень по візуалізації процесу зворотно-поступального протікання рідини крізь отвір у поршні показали, що вже при незначних частотах його коливань від 10 Гц проявляється ефект появи кавітаційних каверн у отворі, кавітаційного росту та сплескування парогазових пухирців у камері пульсації вібраційної машини.

З аналізу експериментальних та аналітичних витрат енергії приводу вібраційної машини поршневого типу встановлено напрями розподілу витрат

потужності приводу машини при зміні частоти коливань приводу за основними видами: механічні, теплові та кавітаційні реакції. Отримані залежності витрат потужності привода робочого органа вібраційної машини для знезаражування води від частоти коливання поршня показали, що енерговитрати на процес знезаражування та зміни властивостей потребують від 100 до 175 Вт, що говорить про енергощадність в порівнянні з іншими видами обладнання, призначеного для знезаражування. Експериментальні та аналітичні дослідження підтвердили можливість проходження кавітаційних хімічних реакцій та зміни складу водного середовища при використанні вібраційної машини поршневого типу. Отримані результати можуть бути враховані при розробленні технологій та конструкцій вібраційного обладнання для очищення стічних вод промислових, комунальних підприємств, тваринницьких комплексів тощо.

У четвертому розділі розглянуто працездатність вібраційної машини для знезаражування та зміни властивостей води та запропоновано методику проектного розрахунку основних вузлів вібраційної машини.

Висновки по роботі сформульовані чітко, вони повністю висвітлюють отримані в роботі результати. За своїм рівнем висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури достатньо повно охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості патентних матеріалів та іноземних джерел.

Додатки до роботи містять список публікацій здобувача, акти впровадження результатів дисертації та матеріали досліджень, що не увійшли в основну частину роботи.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Костюка Назара Олеговича обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією технології кавітаційного знезаражування у конструкціях вібраційних машин, практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чітких викладок з коректним використанням принципів системного аналізу, методів аналізу та моделювання процесів, принципів побудови баз знань та формування логічного висновку.

Відзначаю, що наукові положення та рекомендації висновків до розділів дисертаційної роботи (с. 66-68, с. 73, с. 108-109, с. 135-136) та загальних висновків до дисертаційної роботи (с. 137-140) сформульовано науково обгрунтовано і логічно за результатами аналізу, узагальнення відомих та отриманих результатів, теоретичних та експериментальних досліджень.

3. Наукова новизна одержаних результатів

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

- *вперше* побудовано аналітичну модель коливального процесу робочого середовища у вібраційній машині поршневого типу та отримано рівняння залежності максимального тиску у камері пульсації від конструктивних параметрів та режимів роботи приводу машини;

- *вперше* запропоновано критерій оптимальності параметра максимальної продуктивності вібраційної машини поршневого типу, а саме: наявності максимального тиску робочого тіла у камері пульсації при максимальному тиску рідини на виході з отвору у поршні $G_{\max} = F(P_{\max \text{ роб.т.}} \Rightarrow P_{\max \text{ стр.}})$;

- *вперше* експериментально обгрунтовано раціональні частотні границі роботи вібраційного приводу машини, які лежать у межах від 18 до 23Гц при амплітуді коливань 0,002м, та визначено співвідношення її конструктивних параметрів: при діаметрі поршня 0,1м рекомендовано застосовувати діаметр отвору у поршні від 0,006 до 0,008 м.;

- *одержав подальшого розвитку* метод оцінки зміни основних властивостей води та експериментальне підтвердження, що кавітаційні процеси у вібраційній машині поршневого типу покращують основні характеристики

водного середовища, а саме зростає рН, зменшується коефіцієнт поверхневого натягу, зменшується вміст сольових домішок.

- експериментально досліджено процес інактивації патогенної флори води вібраційною кавітаційною обробкою та встановлено зниження росту колоній бактерій до 80%.

Вважаю, що наукові результати здобувача є вагомим внеском у розвиток створення, теоретичного обґрунтування та експериментальному дослідженні нового різновиду вібраційних машин поршневого типу для кавітаційного знезаражування та зміни властивостей водного середовища.

4. Достовірність отриманих результатів і висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректною постановкою задачі, мети та завдань дисертаційного дослідження, які розв'язуються послідовно та аргументовано. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується відповідністю методології дослідження поставленої науково-технічної задачі, повнотою розгляду на теоретичному та експериментальному рівнях об'єкта дослідження, застосуванням комплексу методів, адекватних предмету дослідження.

Формування аналітичних залежностей для встановлення параметрів вібраційної машини здійснювалось шляхом розв'язування системи диференціальних рівнянь за умови, що перехідні процеси пройшли і рух встановлений.

Дослідження динаміки робочого тіла у робочому органі здійснювалися шляхом фізичного і математичного моделювання динамічної системи руху робочого тіла на основі положень теорії математичного моделювання і математичної статистики, теорії коливань, гідромеханіки із застосуванням обчислювальної техніки. Експериментальні дослідження динамічних та кінематичних характеристик руху робочого тіла в обладнанні проведено на спеціально розроблених експериментальних установках з використанням тензометричних засобів реєстрування даних вимірювань.

Достовірність теоретичних положень роботи підтверджена результатами експериментальних досліджень динамічних характеристик вібраційної машини і

практикою працездатності використання виконаних розробок. Також достовірність результатів базується на обґрунтованості припущень, результатах експериментальних досліджень, правильному аналізі отриманих результатів, а також на успішній їх апробації на науково-технічних конференціях.

5. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень реалізовані в нових технічних рішеннях і конструкціях вібраційних машин, що захищені патентами на корисні моделі України (№126495, №140291). При цьому найбільшу практичну цінність мають наступні одержані результати:

1) розроблено концепцію побудови та методикау інженерних розрахунків вібраційної машини поршневого типу для знезаражування і зміни властивостей РС, завдяки якій інженери та науковці, які працюють у цій галузі, матимуть можливість впроваджувати у виробництво високоефективні та надійні зразки вібраційних машин.

2) запропоновано нові співвідношення конструктивних параметрів вібраційної машини поршневого типу та визначено раціональні частотні границі роботи вібраційного ексцентрикового приводу машини;

3) для визначення та оцінки змін властивостей води запропоновано спосіб кристалооптичного аналізу структурної будови РС та ступеню її активації (пат. України № 128630), який дає можливість оперативно оцінювати енергетичний стан води та зміну її основних показників.

4) технологію кавітаційної обробки водних середовищ низькочастотними коливаннями, конструктивні схеми вібраційних машин, оптимальні співвідношення конструктивних параметрів та рекомендації по вибору раціональних режимів роботи приводу передано Хмельницькому НДЕКЦ та Надвірнянському «Коопзаготпромторг» до впровадження.

5) 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. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 167 сторінок друкованого тексту, з них анотація - на 17 стор., зміст - на 3 стор., основний текст - на 122 стор., список із 114 використаних джерел - на 14 стор., додатки - на 14 стор. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Проведено перевірку дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Усі основні положення та найбільш важливі результати дисертації, подані до захисту, опубліковані в необхідному обсязі у фахових наукових виданнях України та закордонних виданнях, пройшли відповідну апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. Основні результати дисертації опубліковані у 17 наукових працях (одна з яких опублікована у закордонному періодичному виданні, що входить до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus), у тому числі 4 статті у фахових виданнях України, що входять до переліку ДАК, одна стаття, що додатково відображає наукові результати дисертації, 8 публікацій апробаційного характеру у матеріалах та тезах конференцій, одержано 3 патенти України на корисні моделі України. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано. Вимогам п.11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167 (із змінами) відповідає 6 публікацій.

7. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У першому розділі (рис.1.17, стор. 60) та у другому розділі (рис.2.1. та 2.2.) використано подібні схеми вібраційної машини. Бажано було би її навести тільки у другому розділі.

2. Бажано було у дослідженнях визначити у якому режимі працює вібраційна машина у до резонансному або за резонансному.

3. При побудові аналітичної моделі руху робочого середовища враховані не усі явища, що породжуються в процесі руху середовища, тому при аналізі аналітичних і експериментальних результатів спостерігається розбіжність.

4. У підрозділі 4.6. при визначенні потужності електродвигуна вібраційної машини, як приклад, бажано було би навести чисельний розрахунок потужності та вибір марки двигуна.

5. У третьому розділі (п.3.2, стор. 95) наведено (за текстом) "... рекомендується вибирати раціональний діапазон частот коливань робочого органу вібраційного машини від 18 до 23 Гц". Виникає питання про те, які саме параметри запропонованого технічного рішення обумовлюють вказаний діапазон частот і чому саме мова йде про діапазон а не про одну визначену частоту?

6. У четвертому розділі (п. 4.4, стор.122) не вдале позначення змінних у виразі (4.9), а саме F – сила, яка діє від ексцентрика, оскільки у попередньому описі (стор.85, ф. 3.1) застосовано F , як позначення сили, що діє на шток робочого органу.

7. У розділі 2 у п.2.7 говориться про підрахунок кількості колоній хвороботворних бактерій, а у висновках до розділу 4 наводиться результат у вигляді зменшення загальної кількості колоній бактерій до 80%. Виникає питання, як проводився підрахунок кількості колоній бактерій?

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

8. Висновки

Представлена дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обгрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу створення нових конструкцій вібраційних машин для кавітаційного знезаражування і зміни властивостей води з обгрунтуванням їх конструктивних параметрів і раціональних режимів роботи приводу та створенню методики їх розрахунків.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі 13 – Механічна інженерія у розвитку проектування та створення нових вібраційних машин. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 131 – Прикладна механіка.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обгрунтованість 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. 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167 (із змінами), а її автор, Костюк Назар Олегович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Офіційний опонент – доктор технічних наук
професор, директор Інституту механічної
інженерії та транспорту Національного
університету «Львівська політехніка»

 О.С. Ланець

Особистий підпис Ланця О.С. засвідчує

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Р. Б. Брилинський