

ВІБРОРЕЗОНАНСНА КАВІТАЦІЙНА ОБРОБКА РІДИННИХ СУБСТАНЦІЙ

*На прикладі дослідної установ-
ки наведено опис нового методу
віброрезонансної кавітаційної оброб-
ки рідинних субстанцій, у тому числі
питної води, відмінною особливістю
якого є поєднання високої інтенсивності
формованого кавітаційного поля із
значною (до 3 м³/год) продуктивністю
кавітаційної обробки*

*Ключові слова: кавітація, ультра-
звук, вібрації, вода, резонанс*

*На примере опытной установки при-
ведено описание нового метода вибро-
резонансной кавитационной обработки
жидкостных субстанций, в том числе и
питьевой воды, отличительной особен-
ностью которого является сочетание
высокой интенсивности формируемого
кавитационного поля со значительной
(до 3 м³/ч) производительностью кави-
тационной обработки*

*Ключевые слова: кавитация, ультра-
звук, вибрации, вода, резонанс*

*On the base of research settings
describes a new method of vibration
resonant cavitation processing of the liquid
substances, including drinking water,
which is different by the combination of
high-intensity of molded cavitation fields
with significant productivity (up to 3 m³/h)
of cavitation treatment*

*Keywords: cavitation, ultrasound,
vibrations, water, resonance*

Л.І. Шевчук

Кандидат технічних наук, докторант
Інститут хімії та хімічної технології

Кафедра технології органічних продуктів*

Контактний тел.: 067-750-38-33

E-mail: shevchuk_l@yahoo.com

І.С. Афтаназів

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри

Кафедра нарисної геометрії і інженерної графіки*

Контактний тел.: 050-944-86-31

E-mail: ivan.aftanaziv@gmail.com

І.З. Коваль

Науковий співробітник

Інститут хімії та хімічної технології

Кафедра загальної хімії*

Контактний тел.: 067-34-08-143

О.І. Строган

Інженер 1 категорії

Кафедра нарисної геометрії і інженерної графіки

*Національний університет «Львівська політехніка»

вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

Контактний тел.: 097-621-15-17

1. Вступ

Очевидно, саме завдяки усвідомленню виняткової вагомості води для подальшого існування людства невинно наростає кількість досліджень у галузях водопідготовки та водоочищення. Та це і зрозуміло, адже за останнє століття активної урбанізації суспільства на Земній кулі практично вичерпані запаси придатної для безпосереднього споживання легкодоступної поверхневої води, невинно зменшуються запаси глибинної артезійної води. Звичайно, певною мірою на цю малопривабливу ситуацію впливають глобальні зміни кліматичних умов, зумовлені, переважно, входженням Землі у природний десятитисячний період циклу зміни просторового розташування її геометричної осі, та спровоковані багатотонними викидами в атмосферу відпрацьованих газів парникові ефекти із супутньою їм різкою зміною у бік погіршення кліматичних умов. Та не менш відчутну лепту у забруднення питної води вносить безпосередньо і саме людство, хоч і вважає себе головним її споживачем.

Забруднені токсичними хімічними речовинами та солями важких металів стоки підприємств, нищівне вирубування лісів, непродумана меліорація – все це складові практично повної втрати поверхневих питних вод. Яскравий приклад цьому - територія України, яка завдяки розповсюдженій мережі річок та озер до недавнього часу вважалась у Європі невичерпним джерелом придатної до споживання легкодоступної питної поверхневої води. Промислове забруднення води великих та малих річок, на яке впродовж останніх п'яти-десяти років нашарувалась зміна клімату із засушливим спекотним літом, практично нівелювали тут запаси поверхневої питної води. Підтвердження цьому - повністю пересохлі криниці у приватних садибах, замулені джерела, змілілі і перетворені у болота із біологічно забрудненою водою дрібні річки, що колись невинно живили водою великі ріки.

Особливо показовою у цьому контексті є територія Західної України, а особливо її землі Поділля (Хмельницька, Волинська та Рівненська області), територія, яку в недалекому минулому називали краєм тисяч

озер. Водні запаси таких великих озер, як Свитязь (Волинська обл.) або Біле (Рівенська обл.), очевидно через сполучення крізь карстові породи із глибинними водами, суттєвих змін, поки що, не зазнали, а от дрібні озера, в основному через непередбачену в минулому політику осушення земель під посіви меліорацією, змінили і практично перетворились на болота. А саме вони підживлювали територію ґрунтовими водами, наповнювали джерела та криниці, що були і залишаються основними постачальниками питної води для місцевого населення. У літні та зимові дні криниці тут порожні, як до речі і на більшості земель південної частини Прикарпаття. Тут інша, проте за своєю природою, теж зумовлена діяльністю людини, проблема - через нищівну вирубку лісів весною запаси води талих снігів руйнівними повенями стрімко відносяться у море, а влітку пересихають навіть такі потужні в недалекому минулому ріки, як Прут та Черемош, не кажучи вже про джерела та криниці.

Не менш малоприваблива ситуація із проблемою водопостачання і у Європі. Країни західної та північної її частини давно вже змушені були відмовитись через її нестачу та надмірну забрудненість від поверхневої питної води, переорієнтувавшись, в основному, на глибинні артезійні свердловини. Та проблема у тому, що запаси цієї глибинної води тут, на противагу Україні, доволі незначні. За суттю, на Європейському континенті у недалекому майбутньому, як найвагоміша, цілком реально і гостро постає проблема питної води.

Вихід із даної крайньої небезпечної для людства ситуації практично єдиний – вдумливе водокористування у поєднанні із створенням новітніх засобів та методів водоочищення та водопідготовки. І якщо проблеми вдумливого водокористування у глобальних масштабах більшою мірою «лежать» у сферах соціології, економіки та політики і рано чи пізно, сягнувши критичної позначки, людство на найвищому політичному рівні змушене буде взятися і візьметься за її вирішення, то питання водоочищення «розчерком пера» не вирішити без ґрунтовних наукових досліджень і нерозривно пов'язаних із ними значних фінансових вкладень. Мабуть, саме це і лежить в основі все наростаючої в останні десятиліття кількості досліджень у галузі водоочищення. Незадовільний стан питної, відсутність досконалих технологій оновлення технічної води змушує науковий світ невпинно шукати шляхи до її відтворення, до покращення її споживчих властивостей.

Поряд із очищенням води від різнопланових забруднень, не менш вагомих завданням є і покращення її споживчих властивостей, для чого переважно використовують фізико-механічні методи.

2. Постановка проблеми

У загальному, всі фізико-механічні впливи на воду, у тому числі і її кавітаційна обробка, з метою покращення властивостей зводяться до так званого явища «активації» води, яке супроводжується, як правило, зміною її структури, підвищенням розчинної здатності тазумовленоїспроможностідоініціюванняхімічних реакцій, перш за все окиснювальних. Найяскравішим і легкодоступним методом активації води є її магнітна

обробка. Однак, магнітній обробці притаманний один, та надзвичайно вагомий недолік – покращення властивостей короткотривале в часі, що зумовлено, очевидно, впливом магнітного поля Землі. Переважно, це 3 – 4-ох годинний інтервал, що і обмежує промислове застосування цього методу активації води. Практично аналогічною за технологічними можливостями щодо активації води та її структурних перетворень до магнітної є кавітаційна обробка. Однак тут, на противагу магнітній активації, покращення властивостей та структурні перетворення залишаються незмінними впродовж суттєво триваліших часових проміжків.

Отже, і на даному етапі все ще актуальними залишаються дослідження, спрямовані на створення сучасних новітніх технологій водопідготовки та водоочищення, спроможних поєднувати високу ступінь очищення води із значною продуктивністю, та обладнання для їх реалізації. Певною мірою цим вимогам відповідає новостворений в НУ «Львівська політехніка» метод віброкавітаційної обробки рідинних субстанцій, у тому числі і води, характерними особливостями якого є органічне поєднання значної інтенсивності формованого кавітаційного поля із високою продуктивністю.

Метою даної роботи є дослідження технологічних можливостей методу віброрезонансної кавітаційної обробки рідин, визначення та оптимізація його основних технологічних та конструктивних параметрів, розроблення рекомендацій щодо доцільностей промислового застосування.

Об'єктом та предметом дослідження були технологічні операції водопідготовки та водоочищення, промислове та дослідне обладнання для збудження кавітації в рідинах, гідродинаміка в умовах кавітаційного перемішування, кінетичні закономірності енергетичного впливу на оброблювану рідину віброувачів кавітації.

Методики дослідження – мікроскопування зразків рідин, рН-метрія для визначення рН води та розчинів на її основі, швидкісна відеозйомка для дослідження динаміки резонансної пружної підвіски, елементів приводу та збудувачів кавітації віброрезонансного кавітатора.

Аналіз попередніх досліджень

Із досвіду промислового застосування кавітаційних явищ та літературних першоджерел відомо, що збудження гідродинамічної кавітації можливе виключно за наявності певних умов та параметрів рідинних потоків, зокрема тиску та швидкості самого потоку або форми і швидкостей рухомих у ньому твердих тіл, наявності в рідині зародків кавітації тощо. При цьому, визначальним чинником для стабільного підтримання кавітаційного процесу є кількість та енергетичний стан наявних у рідинній субстанції зародків кавітацій, якими переважно постають розчинені в рідині повітря та газу, та зважені у ній різноманітні домішки. Відомо також, що мінімальні енергозатрати на стабільне підтримання у рідині кавітаційного процесу витрачаються за умови забезпечення резонансу коливань зародків кавітації. Очевидним, при цьому, є і той факт, що для різноманітних рідин, та навіть і для однієї і тієї ж рідини із різними значеннями температури або кількістю домішок, частоти коливань зародків кавітації будуть різними. Як і різними будуть значення так ваго-

мих для стабільності кавітаційного процесу резонансних частот коливань зародків.

Науковці-практики в галузі гідродинаміки у минулому доволі успішно використовували супутне резонансам явище пониження енергозатрат на стабільне підтримання активних просторових переміщень домішок та молекул розчинених газів. Окрім масообмінних [1], його доволі успішно застосовували і для гідродинамічних кавітаційних процесів, зокрема дослідники Київського політехнічного інституту Федоткін І.М. та Немчин А.Ф. [2]. Ними для інтенсифікації супутніх кавітаційній обробці фізико-хімічних процесів запропоновано нашарування на збурюючу кавітацію обертової крильчатку із лопатями поздовжніх осевих вібрацій, що не тільки покращило якість вихідного продукту, а і понизило енергозатрати на кавітаційну обробку [2].

З-поміж іншого, ними було встановлено, що суттєва інтенсифікація кавітаційного поля, сформованого віброуючою крильчаткою, спостерігалась у діапазоні частот вібрацій 44 – 55 Гц. Дослідники Хмельницького Національного університету «Поділля» Сілін Р.І. та Гордєєв А.І. схожі явища стрибкоподібної інтенсифікації кавітаційної обробки спостерігали при підведенні до резонансних частот в діапазоні від 160 Гц до 175 Гц формованих вібраціями кавітаційних каверн при віброкавітаційній обробці рідин для промивки та просякання тканин [3]. Тут необхідно відзначити, що резонанс коливань кавітаційних каверн в діапазоні частот від 160 Гц до 175 Гц – явище цілком реальне. А от в інтенсифікації кавітаційного поля при накладанні на обертові лопаті вібрацій в діапазоні частот 44 – 55 Гц закладено дещо інший, проте надзвичайно цікавий і як засвідчили подальші дослідження, вельми корисний механізм. Адже відомо, що інтенсивність кавітаційного поля, з-поміж іншого, залежна від інтенсивності просторових переміщень в рідинному потоці зародків кавітації, якими і постають зважені в рідинах включення, домішки та скупчення молекул розчинених газів. Частоти їх власних коливань, як відомо із теоретичних досліджень, доволі високі і знаходяться, залежно від фізичних параметрів рідин, в діапазонах кілогерц, а то і десятків та сотень кілогерц. Тому ввести зародки кавітації в стан резонансу безпосередньо низькочастотними вібраціями неможливо, проте енергетично вплинути на відчутне зростання амплітуди коливних переміщень – цілком реально! Неодмінною передумовою цього є, хоч і незначний за абсолютною величиною, та стабільний і тривалий у часі зовнішній енергетичний вплив на рідину в, так званих, діапазонах частот, кратних резонансним. Кратні резонансам частоти, так звані другі-треті та подальші їх гармоніки, добре відомі в теорії та практиці динаміки механічних коливних систем, і доволі широко застосовуються, зокрема в технологічних вібромашинах [4] та транспортних вібропристроях [5] із планетарними віброзбудниками.

3. Виклад основного матеріалу

Саме явище штучного підведення до резонансу частот коливань наявних в оброблюваних рідинах зародків кавітації і покладено в основу новоствореного методу віброрезонансної кавітаційної оброб-

ки рідинних субстанцій [6,7]. Твердотільна модель дослідної установки для його реалізації відображена на рис.1, система подачі та відводу оброблюваної рідини -- на рис. 2.

Основними складовими установки для дослідження віброкавітаційних процесів є робоча ділянка віброзбурення кавітації, електромагнітні приводи коливних рухів збурювачів кавітації, система підводу та відбору оброблюваного рідинного середовища із приладами гідровимірної апаратури та система керування віброприводом із елементами зворотніх зв'язків регулювання та вимірювання вібрацій, а також пульт керування установкою із приладом моделі AFC - 120 регулювання частоти живлення електромагнітних приводу.

Робоча ділянка віброзбурення кавітації є найвідповідальнішим вузлом дослідної установки, на функції якого і покладено основне завдання – збурення кавітаційного процесу в оброблюваних рідинних субстанціях.

До її складу (рис.1) включено подаючу оброблювану рідину трубу та оснащену фрагментом прозорої вставки відвідну трубу 1, між якими розташовано блок збурювачів кавітації. Внутрішні діаметри труб 1 подачі і відводу оброблюваної рідини рівні 4 дюймам, що дозволяє здійснювати обробку досліджуваних рідинних субстанцій із регульованою продуктивністю від 0 до 3 м³/год. Регулювання подачі та відбору оброблюваної рідини здійснюють встановленими на трубах 1 вентилями. Між трубами 1 розміщено блок збурюючих кавітацію дек 3 із отворами для перетікання оброблюваної рідини, які з'єднано із приводами їх коливних рухів.

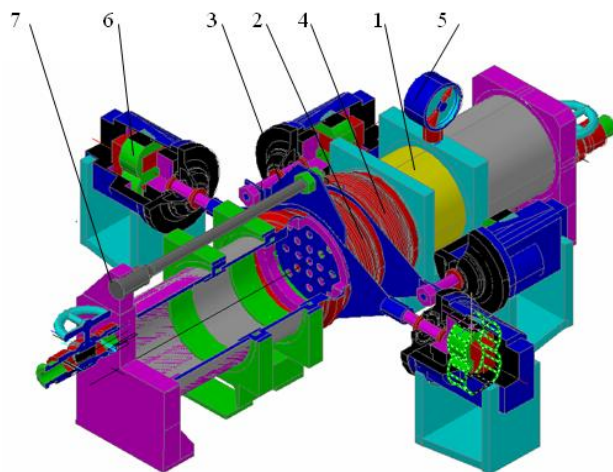


Рис.1. Твердотільна модель віброрезонансного кавітатора

Між собою та із трубами подачі та відводу оброблюваної рідини коливні дека 3 з'єднані кільцевими пружними гумовими елементами 4, формуючи герметично замкнутий від доступу атмосферного повітря трубний циліндричний простір робочої ділянки віброкавітатора. Для подачі у робочу ділянку необхідних газів або речовин на трубі 1 встановлено кілька входних штуцерів, які трубопроводами з'єднано із відповідними балонами-накопичувачами (на рис. не відображені). Відпрацьовані гази та новоутворені в результаті кавітаційної обробки газові суміші, у випадку потреби, можна видаляти із робочої ділянки через розміщені на відвідній трубі шту-

цери, з'єднані трубопроводами із накопичувальними ємностями (на рис. не відображені). Для фіксації тисків у робочій ділянці дослідного віброкавітатора на трубах перед і після коливних дек встановлені манометри 5.

Коливних рухів декам-збурювачам кавітації 3 надають від жорстко з'єднаних із ними електромагнітів приводу 6, які залежно від необхідних в експерименті напрямів коливань дек, можуть розташовувати поздовж чи поперек оброблюваного рідинного потоку. Окрім того, залежно від необхідної для збурення та стабільного підтримання кавітації потужності, а також для забезпечення бажаних режимів роботи, передбачена можливість приєднання дек-збурювачів кавітації 3 до одного або одночасно до двох електромагнітів приводу 6.

Для забезпечення енергоощадних резонансних режимів коливань збурюючих кавітацію дек до них приєднано пружні металеві стержні 7, протилежні кінці яких жорстко зафіксовано на нерухомій трубі 1. Міняючи зміною діаметра та довжини жорсткість цих стержнів, механічну коливну систему віброкавітатора можна наблизити до резонансного режиму, якому властиве мінімальне споживання енергії на забезпечення стабільного і тривалого в часі коливного процесу.

Система керування електромагнітами приводу коливних рухів дек-збурювачів кавітації включає пульт керування установкою із регулювальним електротаймером тривалості обробки, приладом моделі AFC - 120 регулювання частоти живлення електромагнітів приводу, електричною мережею фіксації споживаної електромагнітами приводів потужності та елементами-давачами зворотніх зв'язків регулювання та вимірювання вібрацій, з'єднаних із відтворюючим аналоговим осцилографом.

Система подачі та відводу оброблюваної рідини відображена на рис. 2 і включає безпосередньо робочу ділянку 4 кавітатора із деками-збурювачами кавітації та електромагнітами приводів, ємність 1 із підлягаючою кавітаційній обробці рідиною, насос 2 для її подачі трубопроводом 1 на ділянку обробки. При неперервному режимі кавітаційної обробки оброблена рідина через відповідний патрубок робочої ділянки 4 трубопроводом 3 відводиться у накопичувальну ємність 5, де або відстоюється для подальших замірів та обстежень, або відразу по завершенню обробки насосом подається для

подальших досліджень. Відстояна і вивільнена від супутніх обробці газів та повітря оброблена рідина самотоком трубопроводом 4 поступає у розподільну ємність 8, у якій або зберігається для подальших досліджень, або із якої самотоком трубопроводом 8 розливається у вимірні ємності. Величини подачі та розходів рідини у трубопроводах системи регулюються регулювальними вентилями 9.

Для здійснення кавітаційної обробки рідин у середовищі газів у дослідній установці передбачений контр подачі та відводу відпрацьованих газів, до складу якого входять оснащений редуктором та манометром наповнений необхідним газом балон 3, з'єднаний із робочою ділянкою кавітатора трубопроводом 2 подачі газу. Для відводу відпрацьованих газів із накопичувальної ємності 5 передбачено з'єднаний з нею трубопроводом 5 збірник газу 6.

Для забезпечення дискретної, як правило, довготривалої циклічної обробки рідинних субстанцій, в системі передбачено незалежний циркуляційний контур із циркуляційним насосом 7, дроселями 9 та зливним патрубком, з'єднаним трубопроводом 3 із накопичувальною ємністю 5.

Основними регульованими технологічними параметрами дослідної установи віброкавітаційної обробки рідинних субстанцій є:

- ** залежна від амплітуди та частоти їх коливань швидкість просторових переміщень дек-збурювачів кавітації у оброблюваному рідинному потоці;
- ** потужність електромагнітів приводу коливних рухів збурювачів кавітації;
- ** тиск та швидкість потоку оброблюваної рідини;
- ** наявність, різновид та кількість поданого на ділянку обробки супутнього газу;
- ** тривалість перебування оброблюваної рідини на ділянці кавітаційної обробки.

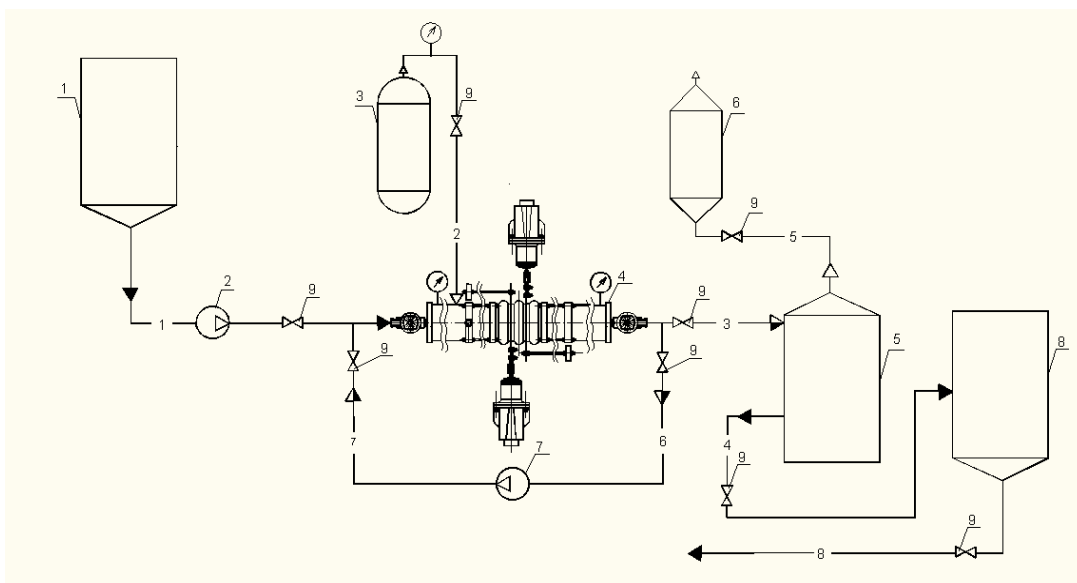


Рис. 2. Принципова схема установки досліджень віброрезонансних кавітаційних процесів

відводиться у накопичувальну ємність 5, де або відстоюється для подальших замірів та обстежень, або відразу по завершенню обробки насосом подається для

Кожен із цих параметрів легко піддається регулюванню регулюючою електро-, гідро- або пневмоапаратурою, надаючи можливість за кінцевими параме-

трами обробки та енергозатратами на її здійснення обрати оптимальні режими кавітаційної обробки певних рідинних субстанцій.

Обробку рідин на дослідній установці здійснюють у наступній послідовності. Здійснивши заміри необхідних і передуючих обробці показників оброблюваної рідини, провівши її очищення осадженням та фільтруванням від механічних домішків та забруднювачів підлягаючої кавітаційній обробці рідиною заповнюють ємність 1 її накопичення (рис.2). При закритому зливному патрубку робочої ділянки 4 кавітатора насосом 2 по трубопроводу 1 підлягаючу обробці рідину подають у робочу ділянку та циркуляційний контур. Подають напругу на встановлений у пульті керування перетворювач частоти напруги живлення електромагнітних приводів, встановлюють на ньому необхідні частоти коливань дек і вмикають електромагнітні приводи коливань рухів дек блоку 3 збурення кавітації (рис. 1). Насосом 2 (рис.2) у робочій ділянці 4 кавітатора нагнітають необхідний тиск оброблюваної рідини, відкривають дроселі зливного трубопроводу 3 та трубопроводу 2 подачі на ділянку обробки газу із балона 3 і здійснюють обробку рідини у неперервному режимі. При цьому оброблена кавітаційним полем рідина і сформована із неї тут газорідинна суміш, витікаючи зливним трубопроводом 3, накопичується у ємності 5. По мірі відстоювання обробленої газорідинної суміші із неї випаровуються відпрацьований газ та повітря, які трубопроводом 5 поступають у збірник 6 відпрацьованих газів. Відстоюана і вивільнена від газів оброблена рідина самотоком трубопроводом 4 відводиться у розподільну ємність 8, із якої нею наповнюють вимірну тару для подальших досліджень.

У випадку потреби довготривалої обробки рідини на пульті керування електротаймером встановлюють необхідну тривалість кавітаційної обробки рідини і після наповнення нею робочої ділянки 4 кавітатора та підключення системи подачі газу із балона 3, перекривають дросель зливного трубопроводу 3, відкривають дроселі циркуляційного контуру та вмикають циркуляційний насос 7. Оброблювана рідина, у цьому випадку, завдяки неперервній роботі насоса 7, циркулює у замкнутому колі робочої ділянки 4 кавітатора, насоса 7 та трубопроводів 6 та 7 циркуляційного контуру. Насосом 2, при цьому, можна підтримувати та регулювати необхідний тиск, та кількість оброблюваної рідини на ділянці збурення кавітації, регулюванням дроселем 9 трубопроводу 2 подачі газу відкореговувати кількість насичуючої рідини газу або повітря. Після завершення заданої тривалості обробки електротаймер вимикає живлення електроприводів, вимикають насос 2 та перекривають трубопроводи 1 і 2 подачі рідини та газу. Дроселем 9 відкривають зливний трубопровід 3 і зливають оброблену рідину в накопичувальну ємність 5. Знову наповнюють оброблюваною рідиною циркуляційний контур і цикл кавітаційної обробки повторюють у вищеписаній послідовності. Робоча ділянка кавітаційної обробки у сумі із обсягом циркуляційного контуру тут розрахована на тривалу одночасну обробку 10 літрів рідини.

Експериментальні дослідження впливу віброкавітаційної обробки на показники якості оброблюваних рідинних субстанцій, як правило, здійснюють у два етапи. Метою першого етапу є підбір, залежно від

фізичних показників (густини, в'язкості, температури, насиченості зародками кавітації тощо) оброблюваної рідини, конструктивно-технологічних параметрів дослідної установки, за яких існує стабільний кавітаційний режим. Тут, нехтуючи тривалістю кавітаційної обробки і навіть її якісними показниками, зміною швидкості просторових переміщень дек, залежною від амплітуди та частоти їх коливань, тиску рідинного потоку та наявності (за технологічної потреби), кількості та тиску супутнього обробці газу визначають діапазон збурення, стабільного та тривалого у часі підтримування безпосередньо самого кавітаційного процесу. Здійснюють його, переважно у режимі замкнутого циркуляційного контуру.

Визначивши режими роботи дослідної установки, при яких для конкретної досліджуваної рідини забезпечується кавітаційне поле достатньої інтенсивності, здійснюють другий етап експериментального дослідження, метою якого, як правило, є вибір оптимальних технологічних параметрів обробки, спроможних за мінімальних енергозатрат забезпечити максимально досяжний ступінь певних попередньо обумовлених показників якості та споживчих властивостей оброблюваних рідинних субстанцій.

Перемінними параметрами кавітаційної обробки на другому етапі постають її характер (дискретний або неперервний), залежна від тисків, швидкостей та потужностей інтенсивність формованого кавітаційного поля, тривалість обробки та питомі енергозатрати на її здійснення.

Таким чином, дослідна установка віброрезонансної кавітаційної обробки рідинних субстанцій передбачає дві групи перемінних параметрів регулювання забезпечуваних нею показників якості кавітаційної обробки, а саме групу конструктивних та групу технологічних параметрів регулювання. До групи конструктивних тут належать :

- частота коливань дек-збурювачів кавітації, яку регулюють встановленим у пульті керування регулятором частоти моделі AFC - 120;
- амплітуда коливань дек-збурювачів кавітації, яку регулюють потужністю та конструктивними параметрами (проміжком між якорем та статором) електромагнітних приводів та жорсткістю пружної системи (стержнів 7, рис.1) підвіски дек;
- напрям коливань дек-збурювачів кавітації (поздовж або поперек оброблюваного рідинного потоку), який обумовлений розташуванням електромагнітних приводів.

Основним завданням зміни конструктивних параметрів тут є зміна швидкості та напрямів просторових переміщень дек-збурювачів кавітації у рідинному потоці, що у кінцевому, впливає на діапазон віброрезонансного збурення кавітації.

До групи технологічних тут віднесено:

* -- тиск та швидкість оброблюваної рідини на ділянці кавітаційної обробки, які регулюють величинами витрат (насос 2) та розходів (дросель 9 подаючого трубопроводу 1, рис.2) подачі оброблюваної рідини на робочу ділянку;

* -- різновид, кількість та тиск супутнього обробці газу або повітря, які регулюють дроселюванням трубопроводу 2 подачі газу;

* -- кількість наявних в оброблюваній рідині зародків кавітації, яку регулюють кількістю поданого на ділянку обробки газу.

Основним завданням зміни технологічних параметрів тут є вплив на енергетичний стан оброблюваної рідини на тривалість її обробки.

Як наслідок, зміни конструктивних та технологічних параметрів тут забезпечують ефективний вплив на міцність оброблюваної рідини, її спроможність до збурення та стабільного існування в ній кавітаційних явищ, на інтенсивність формованого в ній кавітаційного поля, що у кінцевому, і обумовлює якість кавітаційної обробки рідинних субстанцій.

Ефективність віброрезонансної кавітаційної обробки оцінювали на підставі порівняльних досліджень впливу кавітації на зміни структурної будови води. Для порівняння ефективності було обрано ультразвукову кавітаційну обробку, яка на даний час залишається еталонною із позицій максимальної інтенсивності забезпечуваного кавітаційного поля. У якості досліджуваної рідини використовували водопровідну воду Львівського водогону, яку впродовж однакового часу (20 хвилин) піддавали ультразвуковій та віброрезонансній кавітаційним обробкам. Ультразвукову обробку проб досліджуваної води об'ємом 150 мл здійснювали на УЗ-

кавітаторі із інтенсивністю кавітаційного поля $1,65 \text{ Вт/см}^3$ при частоті ультразвукових випромінювань магнітостріктора 22 кГц. Одночасну віброкавітаційну обробку 10 літрів води здійснювали на вищеописаній дослідній установці в діапазоні частот 50-150 Гц при амплітудах коливань декзбурювачів кавітації 0,5-2,5 мм.

Вплив кавітаційних обробок на структурні зміни оброблюваної води здійснювали методом мікроскопування зразків води на біологічному мікроскопі Prolab 100. Дана методика використовується переважно для мікробіологічних досліджень. Для цього стерильною мікробіологічною петлею на предметне скельце наносили досліджувану рідину, накривали покривним скельцем, підготовлюючи, таким чином, препарат «роздавлена капля». Відмінністю нами застосовуваної методики від традиційної є те, що скельця із «роздавленою каплею» охолоджували до замерзання проб досліджуваної води і при 600-кратному збільшенні заморожені кристали води аналізували під мікроскопом.

Мікрофотографії зразків заморожених «роздавлених крапель» проб води подано на рис. 3 а-в.

Аналіз зразків вихідної (рис. 3а) та кавітаційно обробленої води відображає наявність певних змін у її структурі. Зокрема, ці зміни проявляються у змінах об'ємів та розмірів кристалів заморожених крапель. Так, розміри кристалів обробленої ультразвуком води (рис. 3б) приблизно вдвічі перевищують розміри кристалів вихідної води. Віброкавітаційна обробка, судячи із розмірів кристалів (рис. 3в), дещо поступається за своєю інтенсивністю ультразвуковій, однак і тут розміри кристалів на 75% перевищують розміри кристалів вихідної води.

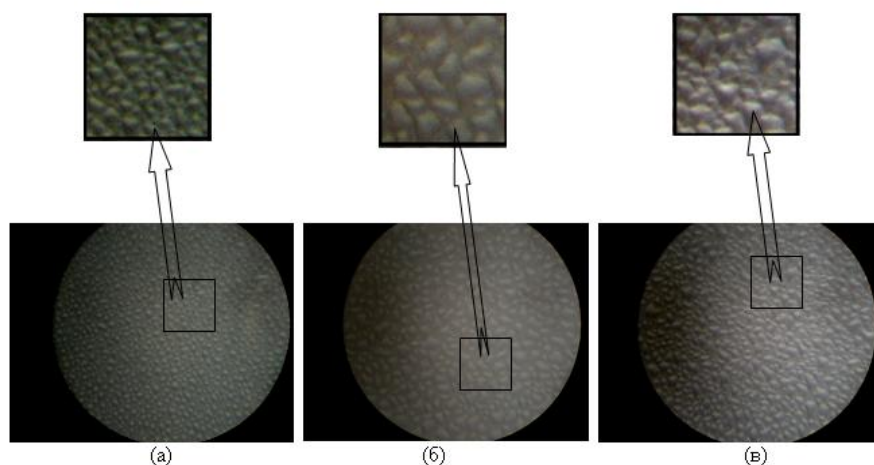


Рис. 3. Мікрофотографії кристалів проб водопровідної води Львівського водогону у її вихідному стані (а), підданій ультразвуковій (б) та віброрезонансній (в) кавітаційним обробкам впродовж 20 хвилин

На нашу думку, першопричиною збільшення розмірів кристалів у результаті кавітаційних обробок є переструктуризація води із дрібнозернистої кластерної будови до крупнозернистої мономолекулярної. А переваги води у мономолекулярному структурному стані порівняно із кластерною загальновідомі, особливо із позицій її споживчих властивостей, зокрема придатності до засвоєння живими організмами та рослинами.

4. Висновки

Таким чином, експериментально підтверджено, що:

- дослідна установка для віброрезонансної кавітаційної обробки рідинних субстанцій, на порядок-півтора перевершуючи за продуктивністю ультразвуковій кавітаторі, забезпечує кавітаційну обробку води, наближену за показниками якості до ультразвукової;
- перевагами даної дослідної установки для віброрезонансної кавітаційної обробки є значний перелік перемінних конструктивних та технологічних параметрів, видозміни яких дозволяють не тільки ґрунтовно оцінити та дослідити технологічні можливості кавітаційної

обробки рідинних субстанцій, а що не менш вагомо, обрати оптимальні із позицій забезпечуваних показників якості режими роботи, до того ж при її мінімальних енергозатратах;

- експериментально підтверджено, що запропонована методика мікроскопування замороженої «роздавленої каплі» може із успіхом застосовуватись для якісної оцінки ефективності обробок рідинних субстанцій, зокрема порівняльної оцінки структурних перетворень, що супроводжують обробку води з метою її активації.

Перспективи подальших досліджень як даної дослідної установки, так і новоствореного методу віброрезонансної кавітаційної обробки нами вбачають-

ся у визначенні переліку рідин та високопродуктивних процесів їх перетворень, для яких доцільне застосування віброрезонансної обробки, оптимізація режимів водопідготовки із використанням даного обладнання залежно від параметрів вихідної води (її солевмісту, твердості, рівня рН тощо), створення промислових зразків віброкавітаторів резонансного типу для конкретних виробничих потреб. Найперспективнішими галузями використання даного новоствореного методу, на наш погляд, видаються штучні водойми громадського використання для знезараження води, наприклад, басейни, акваріуми та аквапарки, переробні галузі харчової промисловості, пивоваріння, комплекс вирощування риби, птиці та тварин тощо.

Література

1. Аксельруд, Г.А. Массобмен в системе твердое тело – жидкость / Г.А. Аксельруд. – Л.: Университет, 1970. – 210 с.
2. Федоткин И.М. Использование кавитации в технологических процессах / И.М. Федоткин, А.Ф. Немчин. – К.: Вища школа, 1984. – 68 с.
3. Сілін Р.І. Вібраційне обладнання на основі гідропульсатора / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – 386 с.
4. Афтаназів І.С. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням / І.С. Афтаназів. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 516с.
5. Блехман І.І. Синхронізація динамічних систем / І.І. Блехман. – М.: Машинобудування, 1971. – 896 с.
6. Пат. України №66323. Пристрій для магнітокавітаційної обробки рідин / Старчевський В.Л., Шевчук Л.І., Афтаназів І.С. Строган О.І., заявл. 11.07.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. №24.
7. Пат. України №66550. Вібраційний електромагнітний пристрій для збурення кавітації / Старчевський В.Л., Шевчук Л.І., Афтаназів І.С., Строган О.І., заявл. 06.06.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. №1.

Наведено відомості про закономірності синтезу наповнювачів на основі силікатів кальцію, призначених для сухих будівельних сумішей. Визначено основні властивості синтезованих наповнювачів. Встановлено гідравлічна активність наповнювачів при взаємодії з мінеральними в'язучими

Ключові слова: силікати кальцію, синтез, наповнювач, сухі будівельні суміші

Приведены сведения о закономерностях синтеза наполнителей на основе силикатов кальция, предназначенных для сухих строительных смесей. Определены основные свойства синтезируемых наполнителей. Установлена гидравлическая активность наполнителей при взаимодействии с минеральными вяжущими

Ключевые слова: силикаты кальция, синтез, наполнитель, сухие строительные смеси

The information about the patterns of synthesis of fillers based on calcium silicates, designed for dry building mixes is presented. The basic properties of the synthesized fillers are defined. The hydraulic activity of the fillers in the interaction with mineral binders is installed

Keywords: calcium silicates, synthesis, filler, dry building mixes

УДК 691.328

ТОНКОДИСПЕРСНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

В. И. Логанина

Доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой
Кафедра стандартизации, сертификации и аудита качества

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
ул. Г.Титова, 28, г. Пенза, 440028, Россия
Контактный тел..(8412) 92-94-78
E-mail:loganin@mail.ru