

Шевчук Л.І., к. т. н.
Строган О.І., інж;
Баранецька О.Р., к. т. н.
Топчій В.І., к. т. н

ПРИСТРІЙ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ ТА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Наведено конструкцію нового вібраційного кавітатора, призначеного для ініціювання і активації хіміко-технологічних та очисних процесів, зокрема біологічного знезараження води. Одночасна дія магнітного та кавітаційного полів на шкідливі мікроорганізми ефективно руйнує їх оболонки, забезпечуючи високий ступінь очищення води. Робота кавітатора здійснюється у неперервному режимі подачі рідини із продуктивністю понад 5,5 м³/год.

The construction of a new vibratory cavitator intended for the initiate and activate of chemical and technological, and cleansing processes, in particular biological water disinfection has been resulted. The simultaneous action of magnetic and cavitation fields on the harmful microorganisms effectively destroys their shells, providing a high degree of water treatment. The work of cavitator is carried out in the continuous mode of serve the liquid with the productivity of over the 5.5 m³/h.

Незадовільний стан питної й технічної води на даний час являє собою неабияку екологічну проблему і загрозу для людства. Запаси придатної для споживання води з кожним роком зменшуються. Не зважаючи на доволі значний перелік фізико-хімічних методів очищення води від різноманітних забруднень досконалого, універсального і придатного для широкої розмаїтої гами можливих забруднень все ще не існує. Особливою мірою це стосується біологічного забруднення води, оскільки шкідливій мікрофлорі, як правило, притаманна репродуктивна здатність, до того ж швидкоплинна в часі.

Постановка проблеми. Тільки високий ступінь водоочищення мають забезпечувати сучасні очисні технології та реалізуюче їх обладнання, особливо коли мова йде про питну воду. Зрозуміло, що суттєво зменшити побутове та промислове забруднення води, як і промислові викиди в атмосферу, на даному етапі суспільного розвитку людству не реально, тому особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на вдосконалення існуючих та розробку новітніх технологій захисту і збереження довкілля, зокрема на вдосконалення технологій водопідготовки та водоочищення, на розробку обладнання для їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом із поміж різноманітних методів фізичних впливів на процеси водопідготовки та водоочищення широкого застосування набувають методи кавітаційної обробки води, в основу яких покладено ультразвукове [1] та гідродинамічне [2] збурення кавітації в рідинах.

Поряд із кавітаційним знезараженням води доречно і її активуюча обробка з метою підвищення розчинної здатності, для покращення споживчих властивостей тощо. Із відомих методів активації води найбільш зручним і простим в реалізації є вплив на воду магнітним полем. Суть методу полягає в тому, що при русі води в зоні великих градієнтів напруженості магнітного поля відбувається руйнування міжмолекулярних зв'язків в кластерних структурах, у наслідок чого утворюються вільні молекули води [3] .

Таким чином, пошуки новітніх технологій водопідготовки, спрямовані на створення нових більш досконалих із позицій забезпечення високої якості технологій водоочищення за умови їх придатності для промислового застосування, все ще залишаються вагомим як технічним завданням, так і суспільною проблемою. І доволі перспективним та доречним тут видається намір поєднати переваги окремих методів у новостворений більш досконалий.

Виклад основного матеріалу. Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії для збурення кавітації в рідинах може бути застосований, наприклад, для водоочищення, знезараження питної води, стоків хімічних, харчових та переробних підприємств від різноманітних забруднень, в тому числі і біологічних. Даний кавітатор належить до групи обладнання фізико-хімічних методів кавітаційного ініціювання та активації окиснювально-відновлювальних реакцій у рідинах енергією сплескування великої кількості самозароджуваних в рідині кавітаційних бульбашок.

Принципова схема вібраційного електромагнітного кавітатора резонансної дії зображена на рис.1. До його складу входять завантажувальна 6, робоча 9 та відвідна 14 камери, що з'єднані між собою із можливістю відносних переміщень через гнучкі гофри 8 та 12. На робочій камері закріплено набраний із листового заліза кільцевий якір 10, а камера та якір через циліндричні пружні стержні 5 з'єднані із закріпленими на трубах завантажувальної та відвідної камер реактивних масах 11. Співвісно якореві 10 через циліндричні пружні стержні 2 до реактивних масах прикріплено корпус 4 статора, у якому рівномірно по колу розташовані котушки електромагнітів 15 із обмотками 3. Обмотки шістьох рівномірно розташованих по колу електромагнітів з'єднано таким чином, що вони утворюють три зміщених між собою на 120° двотактних вібробудники. Співвісно розташовані статор із котушками і обмотками та якір з робочою камерою утворюють кільцевий електромагнітний вібробудник, який у поєднанні із прикріпленими до реактивної маси пружними стержнями формують трьохмасну резонансну коливну систему.

Перша з коливних мас – робоча камера із прикріпленим до неї якорем, друга – статор із котушками та обмотками, третя – реактивна маса із масивними трубами завантажувальної та відповідної камер.

До якоря та статора жорстко прикріплені деки-збурювачі кавітації 7 та 13 із рівномірно розташованими по всій їх площі отворами для протікання оброблюваної рідини. Пари прикріплених до якоря та статора дек розміщені симетрично на вході та виході робочої камери.

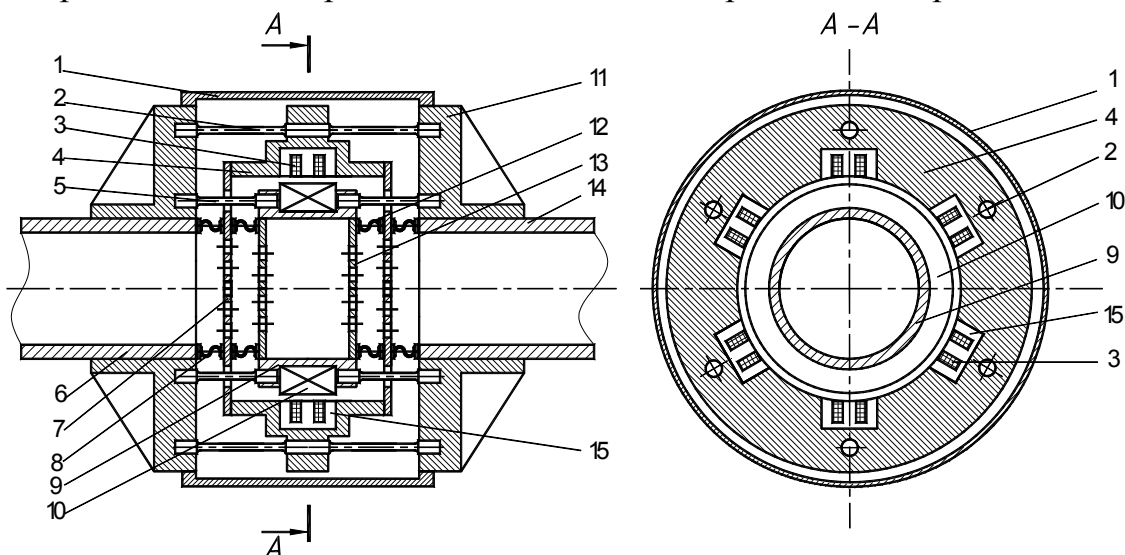


Рис. 1. Принципова схема вібраційного електромагнітного кавітатора резонансної дії

Від потрапляння сторонніх предметів до коливних систем електромагнітний віброзбудник захищено захисним кожухом 1.

Робота вібраційного електромагнітного пристрою для збурення кавітації в рідинах здійснюється наступним чином. По трубі завантажувальної камери 6 в робочу камеру 9 під незначним тиском або самотоком подають оброблювану рідину. Одночасно на обмотки 3 котушок 15 електромагнітів послідовно за або проти годинникової стрілки подають напругу. Електромагніти у цій же послідовності по чергово притягують до себе якор із наповненою оброблюваною рідиною робочою камерою, прогинаючи при цьому назустріч одні одним пружні циліндричні стержні 2 та 5. Прогин та пружність циліндричних стержнів 2 та 5 розраховано таким чином, що вони унеможливають співударення якоря та статора між собою. По чергове протягування якоря до поряд розташованих котушок статора трансформується у направлені кругові протифазні коливання двох пружно встановлених коливних мас, а саме якоря із робочою камерою та статора. Ці коливання відбуваються із певними розрахунковими амплітудами та частотою, рівною частоті подачі напруги на котушки кільцевого електромагнітного віброзбудника, як правило 50 гц.

Разом із коливними масами плоско паралельні кругові протифазні переміщення в робочій камері здійснюють і прикріплені до них деки 7 і 13 з отворами, пересікаючи потік неперервно поступаючої в цю камеру оброблюваної рідини. При рекомендованій амплітуді коливань дек 1,5-2 мм і частоті 50 Гц швидкість, з якою дека перетинає потік рідини,

становить 4,7--6,3 м/с, швидкість відносних переміщень двох сусідніх дек, що коливаються у протифазі, вдвічі більша, тобто 9,4 – 12,6 м/с. Цього достатньо для збурення загостреними кромками отворів у деках із завжди наявних в рідині зародків кавітації повітряних кавітаційних каверн. Тиск всередині каверн стрімко наростає, збільшуючи їх об'єм, в наслідок чого на виході із деки каверна створює в оброблюваній рідині імпульси ударних хвиль. Дія імпульсів ударних хвиль на наявні в рідині ядра кавітації супроводжується миттєвим зародженням, розширенням та подальшим сплескуванням кавітаційних бульбашок. Рівномірним розташуванням отворів в деках забезпечується рівномірність інтенсивності кавітаційного поля по всій площі поперечного перерізу робочої камери, тобто рівномірність обробки рідини.

Додаючись що миттєво між собою ударні хвилі сусідніх сплеснутих кавітаційних бульбашок формують у невеликому об'ємі доволі потужне енергетичне поле. Як наслідок – забезпечення суттєвої інтенсифікації окисних реакцій і, відповідно, пов'язаних з цим очисних процесів, в тому числі і водоочищення та знезараження води від біологічних забруднень в наслідок руйнування оболонки мікроорганізмів.

Одночасно із збуренням кавітаційного поля змінна напруга сердечниками електромагнітів трансформується у перемінне магнітне поле. Завдяки тому, що діаметрально протилежні електромагніти попарно електрично з'єднані між собою, в перший півперіод змінної напруги магнітне поле із замкнутими силовими лініями формує одна пара електромагнітів, а в другий півперіод – інша пара електромагнітів і так далі. Перемінне магнітне поле, пронизуючи неперервний потік оброблюваної води, призводить до змін в електронній структурі її молекул, які проявляються у гальмуванні протонів у поперечному магнітному полі, що й зумовлює послаблення водневих зв'язків між молекулами води, причому, протон, об'єднуючись з гідроксильною групою OH^- , утворює молекулу води з іншим енергетичним станом в магнітному полі, ніж без поля. Механізм руйнування міжмолекулярних зв'язків обумовлений короткочасним перетворенням молекул води при їхньому русі в зоні великих градієнтів магнітних полів зі стану «правова» у «ортовода», тобто змінами напрямку спинів атомів водню у молекулі води, що призводить до розриву зв'язків у структурі кластерів. При цьому, завдяки потужному енергетичному впливу на воду, зумовленому одночасній дії на неї в зоні обробки магнітного та кавітаційного полів, формується нова її структура, в якій міститься переважна більшість молекул у вільному (незв'язаному) стані, тобто мономолекул. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність.

Магнітно-кавітаційний вплив на рідинне середовище за рахунок описаних ефектів дозволяє досягнути суттєвої інтенсифікації хімічних перетворень у водних потоках. Так проведені дослідження на модельній установці показали зниження вмісту солей кальцію та магнію в технічній забрудненій воді на 22 відсотки. Аналіз води, обробленої впродовж 20 хв.

на магніто-кавітаційному пристрої, показав зростання її окиснюваності до 180 відсотків та зменшення швидкості зростання колоній хвороботворних бактерій у 20 раз [3].

Висновки.

Поєднання двох взаємозалежних, але одночасно спрямованих на видозміну структури і властивостей оброблюваних рідин, фізичних впливів, а саме кавітаційного та магнітного полів, забезпечує інтенсифікацію окиснювально-відновлювальних процесів та ініційованих ними хімічних реакцій в рідинах.

У порівнянні з проточними ультразвуковими апаратами та гідродинамічними кавітаторами енергозатрати на обробку рідини тут обумовлені лише в'язкістю оброблюваної рідини та її опором плоско-паралельним переміщенням коливних дек, що суттєво менший за гідродинамічний опір традиційних кавітаторів при обтіканні їх обертових елементів.

Перспективи подальших досліджень.

Відзначені переваги відкривають перспективи для широкого промислового застосування магніто-кавітаційної активуючої обробки води не тільки від біологічного забруднення, а і від інших забруднювачів, що піддаються знешкодженню окисними процесами. При цьому, подальші дослідження даного методу доречно скерувати в руслі вивчення кінетики формування кавітаційного поля підвищеної інтенсивності, аналізу превалюючого впливу на знезараження води технологічних параметрів процесу (частоти та амплітуди коливань, частоти пульсацій та градієнтів напруженості магнітного поля, величини напору та швидкості подачі забрудненої води тощо), підборі для конкретного різновиду біологічного забруднення оптимального за ефективністю знешкоджуючого середовища та газу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маргулис М.А. *Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях)*. – М., Высш. шк., 1984. – 272 с., ил.
2. Вітенько Т.М. *Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія / Т.М. Вітенько*. – Тернопіль, в-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 224с.
3. Сілін Р.І., Баран Б.А., Гордєєв А.І. *Властивості води та сучасні способи її очищення: монографія – Хмельницький: ХНУ 2009. - 254 с.*