

Таблиця 4 – Результати досліджень

Вид стоку	Концентрація								
	нітритів, мг/л			нітратів, мг/л			амонійного азоту, мг/л		
	початкове	кінцеве	Е, %	початкове	кінцеве	Е, %	початкове	кінцеве	Е, %
ЗАТ «Бровари-молоко»	2,7	0,8	70,4	30	98	69,4	15	2,5	83,3
ВАТ «Яготинський маслозавод»	2	0,6	70,0	55	112	50,9	10	2,2	78,0

Зміна наведених показників характеризує ефективну роботу активного мулу, що приймає участь в процесі аеробної ферментації.

Проведені дослідження показали, що застосування анаеробно-аеробної технології очищення висококонцентрованих стоків молокопереробного виробництва та «традиційної» аеробної технології для малокоцентрованих стічних вод забезпечує практично повне вилучення забруднень за ХСК, динаміка якого є основною характеристикою процесу очищення стічних вод біохімічним способом. Таким чином, глибина очищення стічних вод ВАТ «Яготинський маслозавод» та ЗАТ «Бровари-молоко» складає 98,9 та 96,0 % відповідно.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баядер В., Доне Е., Бренндорфер М. Биогаз – теория и практика. – М.: 1982. – 148 с.
2. Никитин Г.А. Метановое брожение в биотехнологии. – М.: Стройиздат, 1990. – 207 с.
3. Сравнительный анализ аэробных и анаэробных процесов обработки СВ / Янко В.Г., Свительский В.П., Шуляк Е.В. // Наука и техника в гор. х-ве. – 1990. – № 74. – С. 80–84.
4. Дубровский В.С., Виестур У.Э. Метановое сбраживание с/хоз. отходов. – Рига: Знатье, 1988. – 204 с.
5. Животноводческие комплексы и охрана окружающей среды / Ворошилов Ю.И., Дурдыбаев С.Д., Ербанова Л.Н. и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 107 с.

УДК 534.29:66.084

**Шевчук Л.І., Афтаназів І.С., Строган О.І. (Україна, Львів)**

#### **ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВОДООЧИЩЕННЯ**

Із поміж різноманітних технологічних процесів водоочистки на особливу увагу заслуговують технологічні процеси очищення води від біологічного забруднення, як визначальні та відповідальні за збереження здоров'я як людей, так і всього тваринного світу. Адже саме біологічно забруднена вода може постати найнебезпечнішим джерелом зараження всього живого тяжковиліковними хворобами, що вже неодноразово траплялось в недалекому минулому під час нищівних епідемій чуми, холери, тифу, дифтерії тощо.

Не оминати увагою слід і той немаловажний чинник, що скажімо, на відміну механічному чи хімічному забрудненню води, де разове очищення чи пониження концентрації забруднення, як правило, може виявитись достатнім і завершальним етапом водопідготовки, через рекомбінаторну здатність до швидкоплинного в часі відновлення та розмноження бактерій, говорити про часткове біологічне водоочищення недоречно. Тільки високий ступінь водоочистки мають забезпечувати сучасні очисні технології та реалізуюче їх обладнання, особливо коли мова йде про питну воду.

Із поміж різноманітних методів фізичних впливів на процеси водопідготовки та водоочистки, у тому числі і від біологічного забруднення, широкого застосування набули методи кавітаційної обробки води, в основу яких покладено ультразвукове [1] та гідродинамічне [2] збурення кавітації в рідині. Поєднуючи доволі високі ступені хімічного очищення та біологічного знезараження завдяки ініціюванню та активації окисних реакцій у збуреному в рідині кавітаційному полі ці методи, поряд з тим, не піддають оброблювані рідини подеколи шкідливим потужним високоенергетичним впливам, не передбачають потреби у спеціальних підготівельних та заключних операціях, крім очищення рідин від механічних домішок, можуть органічно поєднуватись із подачею в зону кавітації додаткових газових активаторів та каталізаторів тощо. Однак і цим методам притаманні певні недоліки, зокрема дискретність обробки, незначна продуктивність та висока енергоємність для ультразвукового методу, недостатній ступінь очищення та рівномірності обробки тощо для гідродинамічного.

Тому актуальними залишаються дослідження, спрямовані на створення сучасних новітніх технологій водопідготовки та водоочистки, спроможних поєднувати високу ступінь очищення води із значною продуктивністю, та обладнання для їх реалізації.

Метою даного дослідження є створення нового ефективного вібраційного обладнання для збурення кавітації в рідині, дослідження особливостей його застосування для водоочистки та знезараження біологічного забруднення, розробка конструктивних та технологічних схем його промислового використання.

Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії для збурення кавітації відноситься до галузі обладнання кавітаційних хіміко-технологічних процесів. Він 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 кавітаційних бульбашок.

Принципова схема двотактного вібраційного електромагнітного кавітатора та його поперечний переріз відображені на рис.1. До складу двотактного вібраційного електромагнітного кавітатора входять два діаметрально протилежно розташовані електромагніти із статором та якорем. Один із них розміщений на трубі 1 подачі води, інший – на трубі 5 відводу очищеної води. Для кріплення електромагнітів на трубах 1 та 5 вони оснащені корпусом 2, в якому і зафіксовані статор 3 з котушкою обмотки 4, та клемовим затискачем 6 із кронштейном 7. Під статорами з боку труб подачі та відводу води із зазором розміщені прикріплені до плоских дек 8 та 9 набрані із листового заліза якорі 10. Статор 3 з котушкою обмотки 4 спільно із якорем 10 власне і формують електромагніт, а два діаметрально протилежно розташовані електромагніти утворюють двотактний електромагнітний віброзбудник. Прикріплені до якорів 10 деки 8 та 9 розташовані перпендикулярно потоку оброблюваної рідини і з'єднані між собою та із трубами 1 і 5 через еластичні гофри 11. В деках по всій їх розташованій в трубному просторі площині рівномірно виконано отвори для перетікання оброблюваної рідини. Діаметр  $D_0$  отворів в деках 8 та 9 рівний амплітуді  $A$  їх коливань, тобто  $D_0 = A$ , а віддаль між сусідніми отворами  $l_0$  рівна подвійному розмаху коливань, тобто  $l_0 = 4A$ . Від осьових зміщень та повертання кожна із дек 8 та 9 утримується двома консольними стержневими стабілізаторами 12, один фланець яких прикріплено до корпусу 2, а другий – до виведених за площину труб фрагментів дек. Спільно із гнучкими гофрами 11 стабілізатори 12 виконують функцію пружної системи електромагнітних віброзбудників, тому їх жорсткість розраховують і приймають такою, щоб власна частота коливань прикріплених до них дек 8 та 9 була максимально наближеною до частоти подачі напруги на котушки електромагнітів, тобто робота двотактного електромагнітного віброзбудника здійснювалась у резонансному чи наближеному до нього режимі. Саме у цьому режимі забезпечуються максимальний коефіцієнт корисної дії та мінімальні втрати енергії при роботі двотактного електромагнітного віброзбудника.

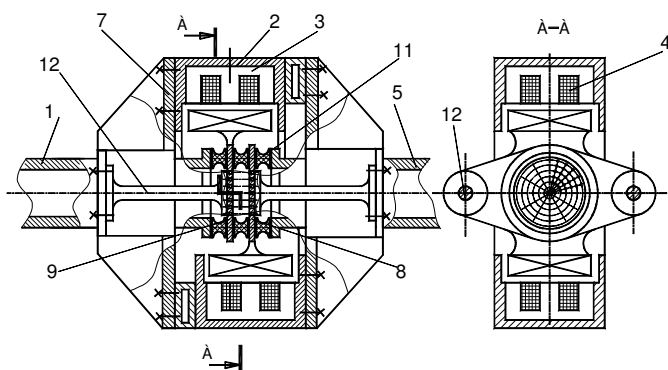


Рис. 1. Принципова схема двотактного електромагнітного віброкавітатора

Робота двотактного електромагнітного віброкавітатора здійснюється наступним чином. По завантажувальній трубі 1 на позицію водоочищення під незначним тиском або самотоком подають оброблювану рідину. Одночасно на обмотки 4 котушок 3 електромагнітів подають змінну напругу. При цьому електромагніти одночасно притягують до статорів свої якорі із прикріпленими до них деками 8 чи 9 з отворами, прогинаючи при цьому пружні стержні стабілізаторів 12 та гнучкі гофри 11, що спільно формують пружну систему.

В перший півперіод змінної напруги живлення котушок електромагнітів якорі 10, долаючи сили опору пружних систем, притягуються до відповідних статорів 3, а в другий, при подачі на обмотки 4 котушок змінної напруги протилежного знаку, під дією пружних сил максимально віддаляються від статорів. При цьому, прогин та пружність стабілізаторів 12 та гнучких гофр 11 розраховано таким чином, що вони унеможливають співвдаряння якоря 10 та статора 3 між собою. Почергове притягування якорів до котушок статорів трансформується у направлені плоско паралельні протифазні коливання двох пружно встановлених коливних мас, кожна з яких сформована із деки 8 чи 9 та якоря 10. Ці коливання відбуваються із певними розрахунковими амплітудами та частотою, рівною частоті подачі напруги на котушки двотактного електромагнітного віброзбудника, як правило 50 Гц.

При протифазних плоско паралельних переміщеннях дек 8 та 9 гострі кромки їх отворів невинно пересікають потік неперервно поступаючої на позицію обробки рідини. При рекомендованій амплітуді коливань дек 2,5-3 мм і частоті 50 Гц швидкість, з якою дека перетинає потік рідини, становить 8 – 9,5 м/с, швидкість відносного переміщення двох сусідніх дек, що коливаються у протифазі, вдвічі більша, тобто 16 –19 м/с. Цього достатньо для збурення загостреними кромками отворів у деках із завжди наявних в рідині зародків кавітації повітряних кавітаційних каверн. При переміщенні повітряних каверн в сформованому гідродинамічному кавітаційному полі оброблюваної рідини тиск всередині каверн стрімко наростає, збільшуючи їх об'єм, внаслідок чого за коливною декою каверна створює в оброблюваній рідині імпульси ударних хвиль. Дія імпульсів ударних хвиль на завжди 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 труби подачі рідини, тобто рівномірність її кавітаційної обробки.

Завдяки симетричному розташуванню дек-збурювачів кавітації протікаюча через них рідина двічі піддається кавітаційній обробці. Після проходження подвійної кавітаційної обробки рідина через відвідну трубу 5 відводиться для відстоювання, очищення від інактивованого мулу-осаду та подальшого цільового використання.

Регулювання якості оброблених у двотактному вібраційному електромагнітному кавітаторі рідин здійснюють регулюванням інтенсивності формованого ним в рідинах кавітаційного поля, яка залежна від амплітуди  $A$  коливань дек-збурювачів кавітації та діаметра отворів  $D_0$  для перетікання рідини. Амплітуду коливань дек регулюють зміною величини струму живлення котушок електромагнітів.

Розрахунок пружності коливних систем, потужності електромагнітів приводу та їх конструктивних елементів (форму та розміри електромагнітів, поперечний переріз та кількість витків обмоток тощо) здійснюють по загальноприйнятих методиках розрахунків резонансних вібраційних машин із електромагнітним приводом [4].

Механізми впливу та анаеробна дія кавітаційного поля на забруднюючі воду бактерії при застосуванні електромагнітного віброкавітатора аналогічні пристроям гідродинамічної дії. Тут вивільнена при сплескуванні кавітаційних бульбашок енергія приводять до різкого розширення клітин мікроорганізмів і розриву їх мембран, тобто до руйнування оболонок мікроорганізмів, внаслідок чого забруднена вода очищується від біологічного забруднення. Поряд з тим, як відомо, сплескування кавітаційних бульбашок активізує окисні реакції в рідині, що додатково сприяє очищенню забрудненої води, підвищуючи її фізико-хімічні показники [3]. Таким чином, завдяки тому, що ефекти, які супроводжують кавітацію, також впливають і на оброблюване середовище, змінюючи його фізико-хімічні властивості, крім біологічного знезараження води появляється і можливість її додаткового очищення, що є важливим для процесів водопідготовки. Практично виникає можливість технологічно цілеспрямовано і ефективно використовувати кавітаційну дію у виробничих процесах.

Лабораторні дослідження технологічних можливостей двотактного електромагнітного вібраційного кавітатора здійснювали на технологічних операціях очищення води від біологічних забруднень. При його використанні для знезараження води від бактерій різновиду *Pseudomona* у середовищі вуглекислого газу  $CO_2$  за неперервної подачі води у робочу зону в обсязі 0,5—1 л/с забезпечувалась ступінь очищення води 70-75%. За використання даного кавітатора для очищення води від бактерій *Sarcina* доречно застосовувати середовище інертного газу аргону Ar. Ступінь очищення води в цих випадках сягає 75-80%.

При аналогічній величині подачі води, забрудненої дріжджами виду *Saccharomyces* у середовищі озону  $O_3$ , ступінь очищення води сягає 85%. Продуктивність технологічного процесу водоочищення при цьому становила 1,8—3,5 м<sup>3</sup>/год.

#### Висновки

Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії для збурення кавітації в рідинах має суттєві переваги над традиційними гідродинамічними кавітаційними пристроями, основними з яких є висока продуктивність, придатність для обробки значних обсягів рідин в неперервному їх потоці у поєднанні із забезпеченням рівномірності обробки рідин.

У порівнянні з проточними 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 кавітаторів при обтіканні їх обертових елементів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. Вітенько Т.М. Механізм та кінетичні закономірності інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у хіміко-технологічних процесах. Дис. на здоб. наук. ступ. док. техн. наук, -Львів, 2010.
4. Ланець О.С. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення): Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. -324с.

УДК 66. 081. 2(045)

**Шмандий В.М., Безденежных Л.А., Харламова Е.В. (Україна, Кременчуг)**

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ РАФИНАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА**

Одним из приоритетных направлений развития современной технологии очистки водных сред от токсичных и вредных веществ является создание новых дешевых и эффективных адсорбентов. Анализ литературных данных показал, что используемые в настоящее время адсорбенты для очистки сточных вод от жиров, нефтепродуктов и органических веществ имеют высокую стоимость, сложные технологии получения и регенерации [1]. Поэтому поиск и создание новых, дешевых и эффективных адсорбентов, в особенности на