



УДК 621.3.014.868

Шевчук Л.І., к.т.н., доц., Афтаназів І.С., д.т.н., проф., Строган О.І., асист.,
Національний університет «Львівська політехніка» м. Львів, Україна

РЕЗОНАНСНИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВІБРОКАВІТАТОР ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Специфікою стоків харчових виробництв та підприємств переробки сільськогосподарської продукції є переважаюча частка у обсязі їх забруднювачів органіки та мікроорганізмів у вигляді різноманітних бактерій та грибів. Це притаманно і переробці молочної продукції, і пивоварінню та виготовленню безалкогольних напоїв, і консервуванню продуктів харчування та цілому ряду споріднених виробництв.

Застосовувані у сьогоднішні на теренах України очисні технології стоків цих виробництв зорієнтовані, переважно, на морально застарілу технологію «розчинення стоків побутовими стічними водами» або ж на їх біологічне знезараження. У технології розчинення стоків, яку застосовують на переважаючій більшості мало потужних виробництв районного масштабу, стічні води після відстоювання змішують із побутовими стічними водами міських систем водовідведення та каналізації. Спрямовують їх на поля аерації і у подальшому скидають у природні відкриті водойми. Біологічні забруднювачі тут не те що не руйнуються, а навпаки, переважно активно розмножуються, пагубно впливаючи у подальшому на екологію довкілля.

Біологічне знезараження значно ефективніше та і йому притаманний ряд недоліків, найвідчутнішими із яких є складнощі вирощування та збереження активної біомаси, а також потреба в утилізації залишкових осадів та мулу.

Поряд з тим, експериментальними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних науковців [1, 2, 3] доволі переконливо доведена висока ефективність застосування кавітаційних процесів та явищ для біологічного



зnezараження та окиснення органічних домішок у розчинах на основі води. Міриади кавітаційних мікробульбашок активно руйнують оболонки бактерій та грибів, позбавляючи їх репродуктивної здатності, а сформовані в кавітаційному полі радикали OH^\cdot та пероксиду водню H_2O_2 , будучи активними окиснювачами, перетворюють органічні домішки у нейтральні водні сполуки та вуглекислий газ. При цьому ступінь очищення водних розчинів від органічних забруднювачів сягає 75-85%, від біологічних - 80-90%. До того ж, кількість осадів від зруйнованої біомаси мінімальна, бо і продукти життєдіяльності бактерій, і їх внутрішній вміст після руйнування як органічні складники тут теж піддаються нейтралізації окисними процесами.

Однак на заводі широкому промисловому застосуванню очисних кавітаційних технологій постає відсутність ефективного устаткування, спроможного забезпечувати якісну обробку значних обсягів стічних вод. Наявні ультразвукові кавітатори та пристрої на їх основі спроможні забезпечувати високу якість даних очисних процесів завдяки значній інтенсивності формованого в них кавітаційного поля. Однак вони мало продуктивні та енергозатратні [4]. Гідродинамічні кавітатори, навпаки, спроможні забезпечувати високу пропускну здатність, однак через незначну інтенсивність формованого кавітаційного поля не забезпечують необхідної якості очисної обробки. Обумовлено це, очевидно, тим що лівова частка енергії у гідрокавітаторах витрачається на формування так званої «кавітаційної каверни» і тільки її подальше сплескування формує безпосередньо кавітаційне поле.

У Національному університеті «Львівська політехніка» створено принципово новий різновид кавітаційного обладнання, спроможного, на наш погляд, усунути недоліки існуючого кавітаційного устаткування і придатного для промислового застосування, зокрема і очищення стоків. У його основу закладено збурення кавітаційних полів низькочастотними вібраціями, перемінні та регульовані частоти і амплітуда яких наближають до резонансу коливні



переміщення зважених у оброблюваній рідині зародків кавітації. Переважно у рідинах на основі води зародками кавітації постають невидимі оку мікропухирці розчинених в ній повітря та газів, механічні домішки тощо. Для біологічно забруднених стічних вод це ще і поверхні грибів та бактерій та продукти їх життєдіяльності.

Нами експериментально встановлено, що змінюючи частоту та амплітуду коливань занурених у рідину твердих тіл-збурювачів кавітації можна суттєво збільшити інтенсивність просторових переміщень наявних в рідині зародків кавітації. Це стрімко понижує міцність рідини, формуючи в ній кавітаційне поле. Для запобігання супроводжуючої кавітацію дегазації рідини у зону обробки дозовано подають повітря чи інші гази, бульбашки яких постають джерелами поповнення зародків кавітації. Даний спосіб збурення кавітаційних полів захищено патентом України на корисну модель [5]. Основна його перевага – пониження енергозатрат на стабільне підтримування кавітаційного поля завдяки підведенню до резонансних режимів коливань наявних у рідині зародків кавітації.

На рисунку відображено принципову схему одного із розроблених нами вібраційного електромагнітного кавітатора резонансної дії, конструктивну новизну якого підтверджено патентом України на корисну модель [6].

Робота вібраційного електромагнітного кавітатора 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 електромагнітів із зміщенням по фазі подають напругу. Електромагніти по чергово притягують до себе якір 10 із наповненою оброблюваною рідиною робочою камерою 9, прогинаючи при цьому пружні циліндричні стержні 5. Прогин та пружність циліндричних стержнів 5 розраховано таким чином, що вони забезпечують резонансні коливні режими

робочої камери 9 та унеможливають співвдарання якоря 10 та статорів 15 між собою.

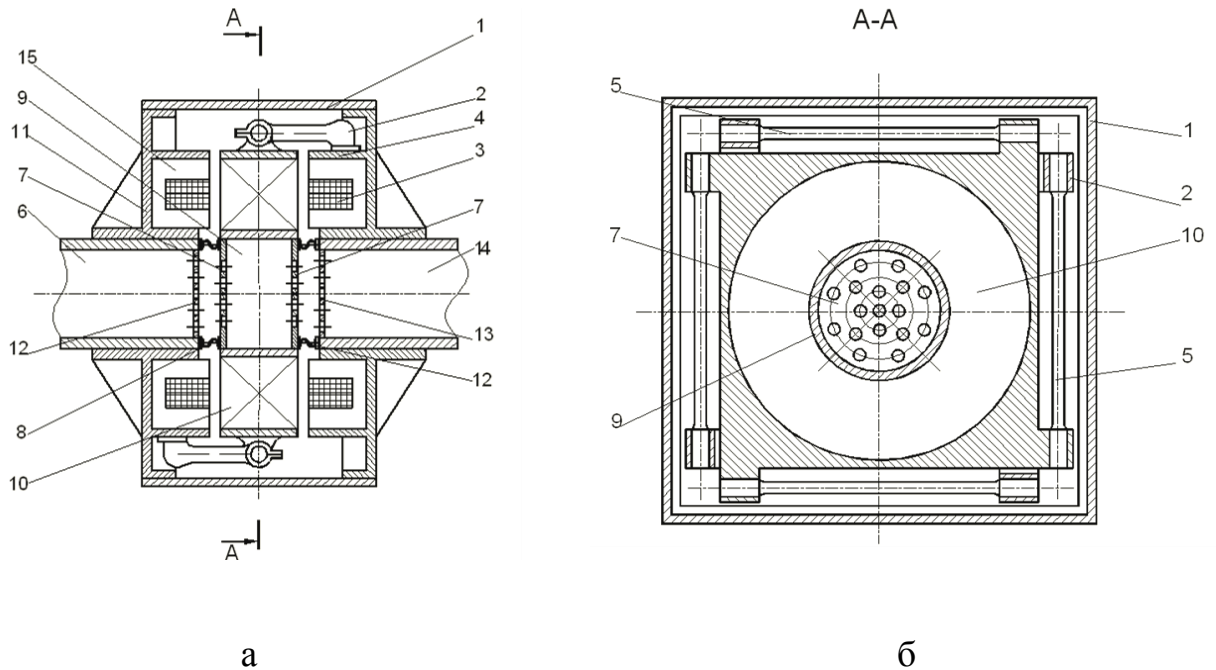


Рис.1 - а, б. Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії:

1- захисний кожух, 2- кронштейн, 3- котушка обмотки, 4- корпус електромагніта, 5- пружні стрижні, 6- завантажувальна камера, 7,13- деки –збурювачі кавітації, 8,12- герметизуючі еластичні гофри, 9- робоча камера, 10- якір електромагніта, 11- реактивна маса, 14- відвідна камера, 15- статор електромагніта.

Почергове протягування якоря 10 до електромагнітів 15 трансформується у направлені плоскопаралельні коливні переміщення наповненої оброблюваною рідиною робочої камери 9. Ці коливання відбуваються із певними розрахунковими амплітудами та частотою, рівною подвоєній частоті подачі напруги на котушки кільцевих електромагнітних вібробудників. Разом із коливною робочою камерою 9 плоскопаралельні переміщення здійснюють і прикріплені до камери деки 7 із отворами, пересікаючи потік неперервно поступаючої в цю камеру оброблюваної рідини. По мірі наближення коливних



дек 7 до нерухомих дек 14 тиск рідини між деками наростає, що сприяє проштовхуванню оброблюваної рідини крізь отвори у нерухомих деках 14 із швидкістю, рівній швидкості переміщень дек 7. При рекомендованій амплітуді коливань дек 1,5-2 мм і частоті 100 Гц швидкість, з якою дека перетинає потік рідини, сягає 3 м/с. У наслідок цього струмені рідини втрачають щільність та міцність, а із завжди наявних у рідині зародків кавітації лавиноподібно зароджуються, збільшуються у своєму об'ємі та сплескують кавітаційні мікробульбашки, які і формують кавітаційне поле високої інтенсивності. Рівномірним розташуванням отворів в деках 7 та 14 забезпечується рівномірність інтенсивності кавітаційного поля по всій площі поперечного перерізу робочої камери 9, тобто рівномірність обробки рідини.

Завдяки симетричному розташуванню дек-збурювачів кавітації протікаючи через робочу камеру 9 рідина двічі піддається кавітаційній обробці. Після проходження в робочій камері подвійної кавітаційної обробки рідина через відвідну камеру 14 подається для подальшого цільового використання.

Основною перевагою вібраційного електромагнітного кавітатора, порівняно із відомими, є висока продуктивність, придатність для обробки значних обсягів рідин в неперервному їх потоці у поєднанні із забезпеченням високої якості та рівномірності обробки рідин.

Експериментальні дослідження технологічних можливостей віброкавітаторів резонансної дії, проведені на стічних водах пивоварні та молокозаводу, засвідчили забезпечувану ними ступінь біологічного знезараження води в межах 90-95% від бактерій різновиду *Bacillus* та *Sarcina*, а також 80-90% від органічних забруднень стоків.

Висновки

Розроблені в НУ «Львівська політехніка» конструкції вібраційних електромагнітних кавітаторів базуються на резонансному збуренні кавітаційних полів у рідинах, забезпечуваному тривалими енергетичними впливами



вібруючих збудувачів кавітації на зародки кавітації із частотами, що кратні власним частотам їх коливань. Енергозатрати на резонансне низькочастотне вібраційне збурення кавітаційних полів, при цьому, суттєво поступаються енергозатратам ультразвукових пристроїв, а продуктивність очисної обробки на порядок її переважає.

Окрім ефективного використання віброкавітаторів для очищення стоків харчових та переробних підприємств, вони придатні і для таких великотоннажних операцій, як водо підготовка басейнів та аквапарків водою громадського використання, їх водоочистка від сечовини та біологічних забруднювачів.

Список літератури

1. *Эльпинер И.Е.* Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие / И.Е. Эльпинер. – М.: Физматгиз, 1963.
2. *Вітенько Т.М.* Механізм та кінетичні закономірності інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у хіміко-технологічних процесах: дис. д-ра техн. наук. – Львів, 2010.
3. *Шевчук Л.І.* Низькочастотні віброрезонансні кавітатори: монографія / Л.І. Шевчук, І.С. Афтаназів, О.І. Строган, В.Л. Старчевський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. -176с.
4. *Маргулис М.А.* Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях) / М.А. Маргулис. – М.: Высш. школа, 1984. – 272 с.
5. Пат. на корисну модель **94991** UA Україна МПК В01J 19/00 Спосіб віброрезонансної кавітаційної очисної обробки від біологічних забруднень /Шевчук Л.І., Старчевський В.Л., Афтаназів І.С., Строган О.І., Предзимірська Л.М.; заявник і платник національний університет «Львівська політехніка» (Україна); №u201406230; заявл.05.06.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. №23.



Міжнародна науково-технічна конференція "Гідроаеромеханіка в інженерній практиці"
Секція I
"Технічна гідромеханіка"

6. Пат. на корисну модель **107769** UA Україна МПК В01J 19/00 Вібраційний електромагнітний кавітатор /Старчевський В.Л., Шевчук Л.І., Афтаназів І.С., Строган О.І.; заявник і платник національний університет «Львівська політехніка» (Україна); №а201400823; заявл.29.01.2014; опубл. 10.02.2015, Бюл. №3.