



Мельник В. М.,
Карачун В. В.,
Шибецкий В. Ю.,
Фесенко С. В.

ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО РЕЗОНАНСУ НА НИЗЬКИХ ЗВУКОВИХ ЧАСТОТАХ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

Вивчається можливість підвищення продуктивності і якості культивування мікроорганізмів в рідинних середовищах при виготовленні біологічно-активних речовин та вакцин. Розкривається природа виникнення комбінованого резонансу в сполучених камерах установки для культивування мікроорганізмів при опромінюванні звуковими хвилями нижчими за граничну частоту. Обчислені необхідні для виникнення хвильового співпадання куту випромінювання.

Ключові слова: комбінований резонанс, хвильове співпадання, гранична частота, кут випромінювання.

1. Вступ

Дослідження відносяться до мікробіології і можуть бути використаними для удосконалення процесу культивування мікроорганізмів в рідинних середовищах, зокрема, при виготовленні біологічно-активних речовин та вакцин.

Відсутність механічних перемішувачів пристроїв, висока стерильність технологічного процесу, досконалий тепломасообмін і аерація слугують підвищенню продуктивності і якості продукту, що підкреслює актуальність вивчаємої проблеми.

2. Постановка проблеми

Існує пристрій для культивування мікроорганізмів, який містить раму і обертаючу в похилій площині платформу з установленими в ній циліндричними посудинами для культивування. На платформі містяться штирьові держачки, які утворюють сотові вічка для посудин. Посудини в вічках розміщені вільно з утворенням зазору для струшування посудин у процесі обертання платформи [1].

Недоліком цього технічного рішення постає висока матеріалоемкість установки та певна незручність в експлуатації, оскільки потребує при використанні розфасовки робочої рідини. Крім того, струшування посудин у процесі обертання платформи не забезпечує якості тепломасообміну вмісту посудин і слугує піноутворенню.

Відома також установка для культивування мікроорганізмів, яка містить з'єднані між собою в нижній частині гнучким трубопроводом дві камери і пристрій для подачі в них через герметично закріплені в горловинах фільтруючі елементи стерильного повітря, а також механізм переміщення камер по вертикалі у вигляді з'єднаних з верхньою частиною камер підйомників [2].

Установка дозволяє вести процес культивування суспензійних культур клітин і мікроорганізмів за будь-яких режимів — накопичувальному, напівнеперервному, неперервному з обраною інтенсивністю масообміну, щільністю культури тощо, які можуть бути заданими у відомих апаратах для культивування.

Зберігається найбільш прийнятний режим перемішування і аерації та дотримання 100 %-ї стерильності процесу.

Робота установки здійснюється за сигналом командного пристрою, який приводить в роботу мотор-редуктор і тросами, перекинутими через блоки, по черзі, переміщує камери вздовж вертикалі, завдяки чому культуральна рідина перетікає з однієї камери до іншої згідно принципу сполучених посудин.

Недолік цього технічного рішення полягає у низькому рівні енергетичного стану робочої рідини, ламінарному процесі перетікання з камери в камеру, наявності застійних зон пасивної енергетики в проміжку між камерами, обмеженій поверхні аерації, окресленій тільки верхніми шарами поверхні робочої рідини, недостатньою якістю тепломасообміну по всьому об'єму робочої рідини, нарешті, породжену вищезначеними вадами низьку продуктивність і якість технологічного процесу.

Ставиться задача підвищення продуктивності і якості технологічного процесу шляхом активізації енергетичного стану робочої рідини і інтенсифікації тепломасообміну і аерації по всьому об'єму сполучених камер за допомогою штучного формування резонансного стану культурального середовища.

Вирішення її забезпечується технічними засобами, які усувають недоліки відомого рішення і пропонують нове ефективне технічне рішення з новим технічним результатом.

3. Аналіз літературних джерел

Відомий пристрій для культивування мікроорганізмів, який містить раму і обертаючу в похилій площині платформу з посудом для розміщення робочої рідини [1].

Конструкція перенасичена обладнанням, має велику матеріалоемкість, їй властива значна складність в обслуговуванні.

Відома також установка з двох сполучених посудин і пристрою переміщення вздовж вертикалі [2]. Ламінарний, з пасивною енергетикою, процес культивування обмежує можливості технологічного процесу.

Спроби формування в установці для культивування клітин замість ламінарного більш енергетично активного стану перетікання технічно вирішені, наприклад, в конструкції [3]. Питання інтенсифікації аерації певним чином налагоджені, наприклад, в установці [4].

Залишаючи притаманні конструкції із сполученими камерами переваги, певних недоліків технологічного процесу можна позбутися, якщо досягти активної енергетики робочої рідини. Наприклад, за допомогою зовнішнього опромінювання звуковим променем [5]. На частотах, нижчих за граничну $f_{гр}$, поздовжні (колові) хвилі при певному куті ψ напрямку опромінювання слугують прояву хвильового співпадання у формі комбінованого резонансу.

Структура зміни енергетичного стану при опромінюванні звуковими хвилями при великому хвильовому розмірі розглянута в роботі [6]. Питання виникнення зон каустик в рідині висвітлені в монографії [7]. Поява циліндричних каустик в рідині розглянута в роботах [8, 9]. Характер додаткового збурення рідини в акустичному полі вивчався в роботі [10].

4. Хвильове співпадання на низьких звукових частотах. Комбінований резонанс

Використання хвильового співпадання на низьких частотах звукового випромінювання розглянемо на прикладі установки для культивування мікроорганізмів, яка містить дві сполучені в нижній частині гнучким трубопроводом циліндричні камери (рис. 1).

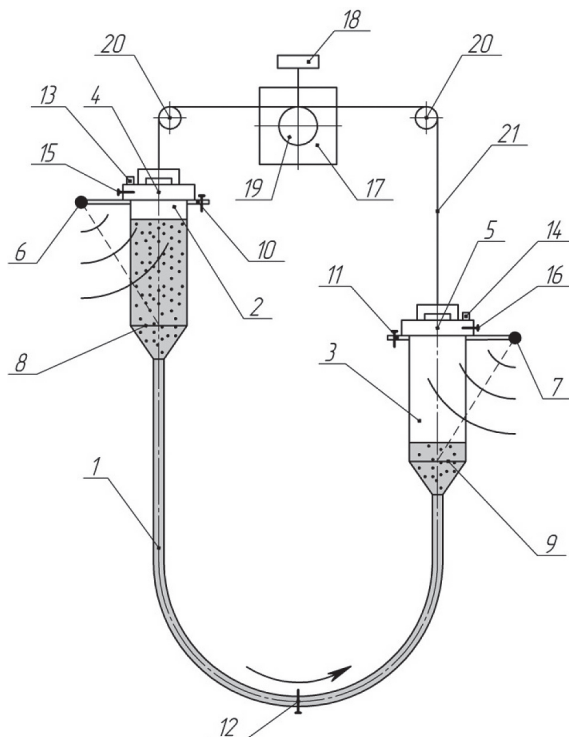


Рис. 1. Схематичне зображення установки для культивування мікроорганізмів

Установка для культивування мікроорганізмів використовується для культивування мікроорганізмів в рідинних середовищах при виготовленні біологічно-актив-

них речовин та вакцин і містить з'єднані між собою в нижній частині гнучким трубопроводом 1 дві камери 2 і 3 з пристроями 4 і 5 для подачі в них через герметично закріплені в горловинах фільтруючі елементи стерильного повітря. Камери 2 і 3 мають циліндричну форму і у верхніх своїх частинах на зовнішній стороні обладнані звуковими випромінювачами 6, 7 з регулюємим напрямом променя відносно центру нижнього шпангоута камер 8, 9 (рис. 2). Камери 2, 3 мають технологічні патрубки 10, 11 для виведення робочої рідини, а трубопровід 1 має кран 12 для зливу вмісту камер і технологічного перекриття трубопроводу. Пристрої 4, 5 для подачі стерильного повітря мають патрубки 13, 14 з кранами 15, 16 для відведення з камер відпрацьованого повітря в навколишнє середовище. Камери 2, 3 приєднані до механізму їх зворотно-поступального руху у вертикальній площині. Привод містить реверсивний мотор-редуктор 17 з блоком керування 18 та барабаном 19, який охоплений перекинутим через блоки 20 і приєднаним до камер 2, 3 тросом 21.

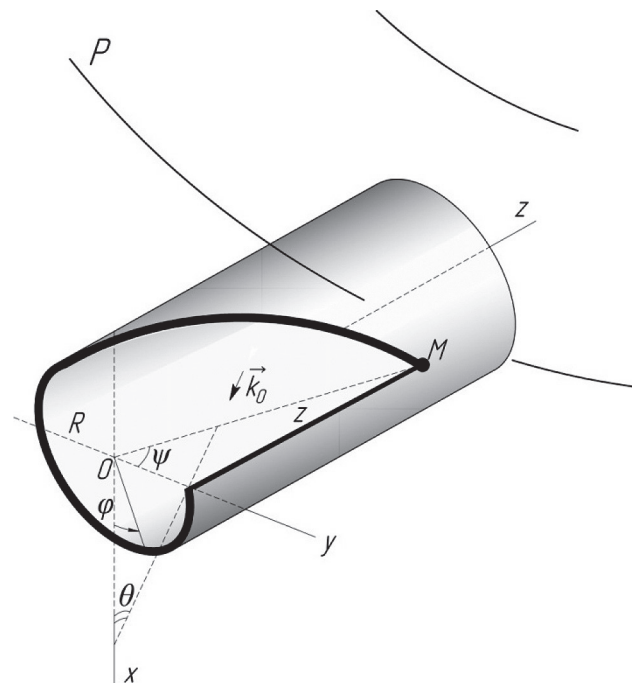


Рис. 2. Дія акустичного випромінювання на камеру

Одну з попередньо простерилізованих камер, наприклад, в показаному на кресленні в верхньому положенні камеру 2, заправляють живильною рідиною з інокулятором (робоча рідина), після чого вмикають попередньо налаштовані звукові випромінювачі 6 і 7 і відкривають кран 12 на трубопроводі 1, що призводить до перетікання робочої рідини з камери 2 до камери 3 по трубопроводу 1. Після заповнення робочою рідиною камери 3 до необхідного рівня, блок керування 18 вмикає мотор-редуктор 17 і змінює положення камер у вертикальній площині — камеру 2 переводить у нижнє положення, а камеру 3 — у верхнє, в якому вона утримується на визначений для переливання час. Перетікання робочої рідини між камерами із нового положення, тобто з камери 3 до камери 2, відбувається в зворотному напрямку у раніше описаний спосіб.

Таблиця 1

Кути ψ виникнення хвильового співпадання

$f, \text{Гц}$	Скло	Сталь	Алюміній, органічне скло
	$f_{\text{гр}} = 9,012 \text{ кГц}$	$f_{\text{гр}} = 9,713 \text{ кГц}$	$f_{\text{гр}} = 10,191 \text{ кГц}$
100	6°05'	5°50'	5°40'
500	13°30'	13°05'	12°45'
1000	19°20'	18°45'	18°15'
2000	28°05'	27°00'	26°20'
3000	35°15'	33°50'	32°50'
6000	54°40'	51°45'	50°10'
7000	61°50'	58°05'	56°00'
8000	70°25'	65°10'	62°20'
9000	87°40'	74°15'	69°00'

Налагодження звукових випромінювачів на резонансний режим у вигляді хвильового співпадання для різного матеріалу камер, частоти f випромінювання і напрямку ψ звукового променя можна виконати, наприклад, за допомогою наведеної далі табл. 1.

Створення турбулентного стану робочої рідини по всьому її об'єму, формування активної енергетики всіх шарів, інтенсифікація тепломасообміну і аерації забезпечать якісно нову структуру перетікання.

Технічний результат від використання установки для культивування мікроорганізмів забезпечується тим, що обидві камери мають циліндричну форму і у верхніх своїх частинах на зовнішній стороні обладнані звуковими випромінювачами з регульовим напрямом ψ променя відносно центру нижнього шпангоута камер (рис. 3). Ці випромінювачі генерують в матеріалі камер поздовжні хвилі на частотах f , нижчих за граничну $f_{\text{гр}}$, внаслідок чого виникає хвильове співпадання (резонанс співпадання), яке породжує ефект «акустичної прозорості» поверхні камер і, практично без втрат, забезпечує трансляцію енергії випромінювання в робочу рідину, внаслідок чого вона глибоко турбулізується по всім шарам, набуває енергетичної активності турбулентної структури, втрачає зони пасивної енергетики і інтенсифікує процес аерації.

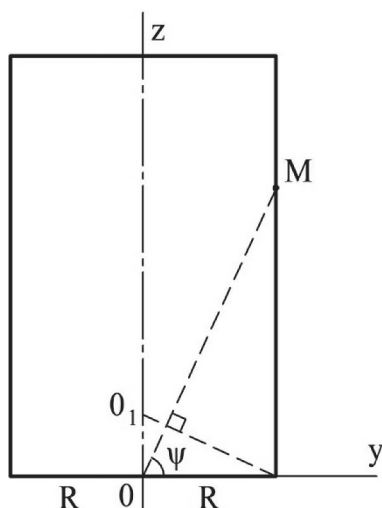


Рис. 3. Умови виникнення низькочастотного резонансу генеруємих в камері поздовжніх (колових) хвиль

Це явище слід розглядати як рівність сліду довжини кола шпангоута $2\pi R$ і сліду поздовжньої хвилі $\lambda_{\text{п}}$ на площину, паралельну до фронту падаючої хвилі [3]:

$$\frac{2\pi R}{\sin \psi} = \lambda_{\text{п}} \sin \psi.$$

Кожній частоті f випромінювання відповідає свій кут ψ , за якого настає резонанс співпадання, в свою чергу, матеріал камер окреслює граничну частоту $f_{\text{гр}}$. Наприклад, для камер радіуса $R = 0,1$ м, зроблених із скла, низькочастотний резонанс співпадання, зокрема, на 1000 Гц проявляється при куті $\psi = 19^\circ 20'$, для камер із сталі – при $\psi = 18^\circ 45'$, для алюмінія чи органічного скла – при $\psi = 18^\circ 15'$ (табл. 1).

Таким чином, формування хвильового співпадання для штучно генеруємих звуковим випромінюванням поздовжніх хвиль в камерах установки для культивування мікроорганізмів приводить до резонансного стану культуральної рідини, збуджує її по всьому об'єму, турбулізує на всіх шарах, надає енергетичної активності і ліквідує зони пасивної енергетики, а також інтенсифікує аерацію і тепломасообмін. В своїй сукупності, ці прикмети призведуть до росту продуктивності і якості технологічного процесу.

Сукупність наведених ознак установки для культивування мікроорганізмів забезпечує досягнення нового технічного результату.

5. Апробація результатів досліджень

Побудовані розрахункові схеми і аналітичний опис явища дозволяє практично підтвердити доцільність використання хвильового співпадання для потреб виробництва. Переваги запропонованої технології полягають у відсутності механічних перемішувачів пристроїв для тепломасообміну і, породжених ними змінами вимагаємої стерильності процесу.

Завдяки новим властивостям установки із сполученими камерами, забезпечується висока енергетична активність робочої рідини, ліквіднуються застійні зони, підвищується продуктивність і якість виготовлення продукту.

6. Висновки

Хвильове співпадання (або комбінований резонанс) зазвичай вивчається як збуджуючий чинник в механічних системах приладів, пристроїв тощо, які працюють в акустичних полях, з метою рішучого зменшення його негативного впливу на динаміку конструкції. Вивчається один і варіантів використання потужності цього явища на користь, замість шкоди.

Штучне формування низькочастотних колових хвиль в матеріалі камер установки для культивування мікроорганізмів надає можливість без додаткових ускладнень конструкції активізувати робочу рідину, створити сприятливий режим тепломасообміну культуральної рідини.

Не зайвою уявляється можливість всебічної автоматизації технологічного процесу.

Література

1. А. с. 1731801 А1 СССР, С12М1/10. Устройство для культивирования микроорганизмов [Текст] / Самойлов Ю. К., Пивоваров В. И., Иванов В. А., Алексеев А. В. (СССР). — № 4844876/13; заявл. 22.05.90; опубл. 07.05.92, Бюл. № 7. — 1 с.
2. А. с. 1131899 А СССР, С12М1/00. Установка для культивирования микроорганизмов [Текст] / Данилина А. Н., Данилов А. В., Александрова И. В., Складнев А. А., Ромазанов В. С., Туков И. А. (СССР). — № 3226238/30-15; заявл. 25.12.80; опубл. 30.12.84, Бюл. № 48. — 1 с.
3. Пат. 75093 на корисну модель, Україна, МПК (2012.01) 7С12М 1/00. Установка для культивирования микроорганизмов [Электронный ресурс] / Тривайло М. С., Мельник В. М., Карачун В. В., Фесенко С. В. — № u201204123, заявл. 03.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 20. — Режим доступа: \www/URL: http://uapatents.com/5-75093-ustanovka-dlya-kultivuvannya-mikroorganizmiv.html.
4. Пат. 69337 на корисну модель, Україна, МПК С12М 1/10 (2006.01). Установка для культивирования микроорганизмов [Текст] / Карачун В. В. — № u201112208; заявл. 18.10.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. — Режим доступа: \www/URL: http://uapatents.com/4-69337-ustanovka-dlya-kultivuvannya-mikroorganizmiv.html.
5. Заборов, В. И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций [Текст]: моногр. / В. И. Заборов. — М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. — 185 с.
6. Cremer, L. Theorie der Schalldämmung dünner Wände bei schrägem Einfall [Text] / L. Gremer // Akust. Zeitschrift. — 1942. — Vol. 7. — P. 3–7.
7. Шендеров, Е. Л. Волновые задачи гидроакустики [Текст]: моногр. / Е. Л. Шендеров. — Л.: Судостроение, 1972. — 352 с.
8. Gösele, K. Zur Körperschallausbreitung in Wohubauten [Text] / K. Gösele. — Körperschall in Gebäuden. Berlin, 1960. — P. 24–24.
9. Heckl, M. Die Schalldämmung von homogenen Einfachwänden endlicher Fläche [Text] / M. Heckl // Acustica. — 1960. — Vol. 10. — P. 17–21.
10. Junger, M. C. Letter to the editor [Text] / M. C. Junger, P. W. Smith // Acustica. — 1955. — Vol. 5, 1. — P. 43–46.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО РЕЗОНАНСА НА НИЗКИХ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТАХ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Изучается возможность повышения производительности и качества культивирования микроорганизмов в жидких средах при получении биологически-активных веществ и вакцин.

Раскрывается природа возникновения комбинированного резонанса в сообщающихся камерах установки для культивирования микроорганизмов при облучении звуковыми волнами ниже граничной частоты. Рассчитаны необходимые для возникновения волнового совпадения углов излучения.

Ключевые слова: комбинированный резонанс, волновое совпадение, граничная частота, угол излучения.

Мельник Вікторія Миколаївна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біотехніки та інженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Карачун Володимир Володимирович, доктор технічних наук, професор, кафедра біотехніки та інженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: karachun11@i.ua.

Шибецький Владислав Юрійович, асистент, кафедра біотехніки та інженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: sjavva@mail.ru.

Фесенко Сергій Вікторович, кафедра біотехніки та інженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: illusionfes@mail.ru.

Мельник Виктория Николаевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехники и инженерии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Карачун Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, кафедра биотехники и инженерии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Шибецкий Владислав Юрьевич, ассистент, кафедра биотехники и инженерии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Фесенко Сергей Викторович, кафедра биотехники и инженерии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Mel'nick Viktorij, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine.

Karachun Volodimir, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: karachun11@i.ua.

Shybetskij Vladislav, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: sjavva@mail.ru.

Fesenko Sergei, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: illusionfes@mail.ru

УДК 620.92

Іщук Я. О.,
Сандюк А. П.,
Тодорцев Ю. К.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОГЕНЕРАТОРА ТА СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ, ЯК ДОПОМІЖНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Представлено аналіз економічної ефективності та можливої економії при використанні різних видів допоміжних джерел електричної енергії, таких як сонячні батареї і вітрогенератори — найпопулярніші нетрадиційні джерела енергії. Дослідження проводиться на прикладі окремо взятого будинку, який знаходиться в місті, з урахуванням поточних цін на електроенергію і цін на купівлю та встановлення необхідного обладнання на червень 2014 року.

Ключові слова: вітрогенератор, сонячна батарея, генератор, електроенергія, струм, енергія.

1. Вступ

По всьому світі використовуються нетрадиційні джерела енергії. Проблема використання гостро постає зараз,

коли через невизначений час іншого джерела енергії може і не бути. Сучасний розвиток вимагає оптимізації та автоматизації процесів, що є підґрунтям для дослідження того, як відобразиться комбінування різних