

УДК 636.631.223.018

В.М. Мельник

ГАЗЛІФТНИЙ БАРБОТАЖНИЙ АПАРАТ

The purpose of research is to analyze the operation of gas-lift bubble-type vehicle and clarify the nature of energy concentration areas of working liquid fluctuation motion under the impact of external acoustic radiation. The effect of cultural liquid indignation inside the vehicle's working volume has an indisputable advantage. This effect can be achieved without mechanical mixing devices and technological deficiencies arising out of their use. The construction of areas of energy concentration as confocal cylindrical caustic surfaces to the internal surface of bubble-type vehicle is caused by the present aberration of sound-waves, generated in the casing, as well as by the construction of the proper wave-size vehicle. In addition, the amount of energy concentration areas of working liquid motion can be increased under certain conditions at the expense of additional flat radial caustic surfaces. Totally, the dynamic state created eliminates the stagnant areas presence, dramatically increases the heat-mass exchange efficiency and the produce quality. Therefore, the coincidence resonance is the operating element of gas-lift bubble-type vehicle.

Вступ

Газліфтний барботажний апарат (ГБА) є головним складником технологічних ліній для культивування мікроорганізмів у рідинних середовищах при виготовленні біологічно активних речовин і вакцин. З огляду на цей факт природно визначити ефективність процесу, спираючись на виробничі характеристики апарата.

Відомо, що якість і коефіцієнт корисної дії технологічного процесу виготовлення окреслюються станом температурної однорідності робочої рідини в барботажному апараті не тільки по рівнях, але і вздовж периферійної зони [1, 2]. Технічні рішення забезпечення тепломасообміну становлять досить широкий спектр [3, 4]. Вони дають можливість вирішувати багато питань інтенсифікації процесу, в той же час, природно, мають певні переваги і вади. Однією з найбільш небажаних вад є наявність механічних перемішувальних пристроїв з їх енергоєм-

ністю, підвищеною забрудненістю робочої рідини тощо.

Постановка задачі

Метою дослідження є аналіз роботи ГБА і пояснення природи виникнення резонансу збігу при формуванні бажаного хвильового розміру робочого об'єму.

Виникнення зон збурення робочої рідини барботажного апарата

Проаналізуємо роботу апарата, який містить вертикально розміщений циліндричний корпус із технологічними патрубками і розміщену в порожнині корпусу з радіальним зазором циркуляційну трубу, під якою встановлений аератор (рис. 1). Іззовні бічної поверхні, на спільній з корпусом рамі, встановлений ультразвуковий випромінювач.

Отже, ГБА містить вертикально розміщений циліндричний корпус 1 з патрубком 2 для введення живильної рідини і посівного матеріалу (робоча рідина), патрубком 3 для видалення культуральної рідини та патрубком 4 для відведення відпрацьованого газу. В порожнині корпусу 1, співвісно з ним, з радіальним зазором δ встановлена циркуляційна труба 5, під якою розміщується аератор 6. Від зміщень у корпусі 1 труба 5 забезпечена фіксуючими її положення, наприклад, радіально вгвинченими в неї шпильками 7 або іншими відомими способами (не показано). Корпус 1 ро-

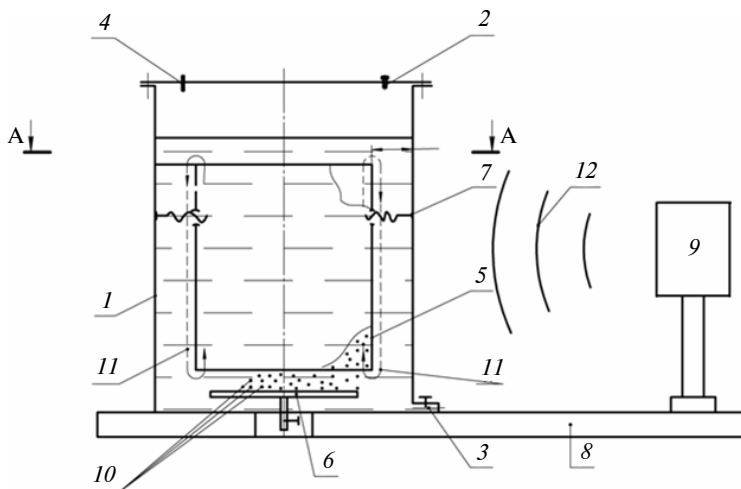


Рис. 1. Газліфтний барботажний апарат

зміщений на спільній рамі δ разом із ультразвуковим випромінювачем 9.

Працює ГБА таким чином. У попередньо простерилізований корпус 1 крізь патрубок 2 вводять робочу рідину, після чого в аератор 6 впускають стиснений газ (повітря) й одночасно включають ультразвуковий випромінювач 9. Стиснений газ у вигляді бульбашок 10 надходить у циркуляційну трубу 5 і утворює з робочою рідиною рідинно-повітряну суміш, яка набагато легша від робочої рідини, що міститься в зазорі δ між трубою і корпусом 1. Доки надходить повітря, різна щільність робочої рідини в середині циркуляційної труби і навколо неї породжує висотну циркуляцію 11 рідинного середовища в корпусі 1. Відпрацьоване повітря через патрубок 4 видаляється в навколишнє середовище. Одночасно з цим ультразвуковий випромінювач 9 починає опромінювати звуковими хвилями 12

$$P = P_0 \exp i[\omega t - \vec{k}_0 \vec{R}_0(z, \varphi)],$$

де $k_0 = \frac{\omega}{c_0}$ – хвильове число, R_0 – внутрішній радіус корпусу апарата, P_0 – звуковий тиск, бічну поверхню корпусу 1, генеруючи в матеріалі корпусу колові

$$U_\varphi = \sum_{k=2}^{\infty} \left[b_k^{(1)}(t) z^2 (1-z)^2 \sin k\varphi \cos z + b_k^{(2)}(t) z^2 (1-z)^2 \cos k\varphi \sin z \right];$$

і поперечні

$$W = \sum_{k=2}^{\infty} \left[c_k^{(1)}(t) z^4 (1-z)^4 \cos k\varphi \cos z + c_k^{(2)}(t) z^4 (1-z)^4 \sin k\varphi \sin z \right].$$

хвилі, які будуть випромінювати в рідину досить широкий пучок звукових хвиль, що викличе “резонанс збігу” в кількох видів звукових хвиль, внаслідок чого виникнуть зони збудження, де відбудеться різка концентрація енергії звукових хвиль на циліндричних поверхнях 13, 14 радіусом $r_1 = R_0 \cos \alpha$ і $r_2 = R_0 \cos \beta$ в проміжку δ між внутрішньою поверхнею корпусу і зовнішньою поверхнею циркуляційної труби, а також на циліндричних поверхнях 15, 16 радіусом r_3 і r_4 всередині циркуляційної труби (так звані зони каустик (рис. 2) (зображені фрагментарно, у вигляді обмежених дуг колових каустик)), яка збільшить амплітуди коли-

вань культуральної рідини, інтенсивно турбулізуючи її по всій висоті корпусу двома циліндричними каустиками, що виключає появу застійних зон [5]. Оскільки зони концентрації звукової енергії призведуть до інтенсивного просторового перемішування робочої рідини поряд із висотною циркуляцією 11 замість одновимірного руху, інтенсивність процесу перемішування і, відповідно, масообміну виросте, а це прискорить ріст мікроорганізмів і підвищить продуктивність.

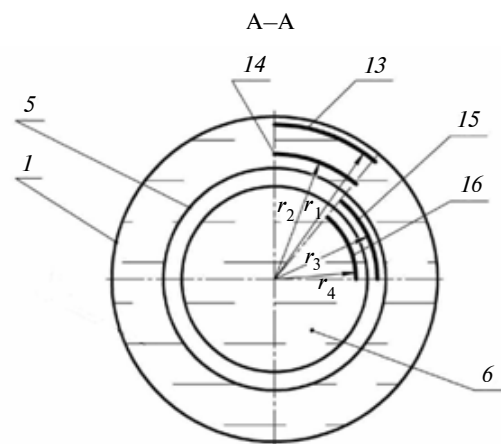


Рис. 2. Зони концентрації енергії

Висновки

Швидкість колової хвилі в корпусі, за умови значного перевищення швидкості звуку, буде випромінювати в робочу зону рідини звукову хвилю, яка напрямлена під кутом α до швидкості генерованої в корпусі хвилі. Це буде слугувати концентрації енергії по колу радіуса r_1 . З цієї самої причини згинна радіальна хвиля приведе до концентрації енергії поблизу кола радіуса r_2 .

Це явище можна розглядати як аберацію звукових хвиль. Наявність зон збурення породжене збігом швидкостей сліду падаючої хвилі зі швидкістю хвиль, які генеруються в корпусі апарата. Поверхні колових зон каустик у поперечній площині конфокальні внутрішній поверхні корпусу барботажного апарату.

До речі, за певних умов можна будувати також радіальні плоскі зони збурення робочої рідини. Перспективність пропонованого метода слугує його незаперечною життєздатністю.

1. *Газлифтний* барботажный аппарат: А.с. 1774654 Российская федерация, МПК 5. С12М1/04 / Б.А. Литманс, Е.Л. Листов, С.В. Кан и др. (РФ). – № 4888334/13; заявл. 04.12.90; опубл. 15.10.94., Бюл. 18. – 1 с.
2. *Газлифтний* барботажный аппарат: А.С. 1708829 СССР, МПК5, С12М1/04 / Ю.Г. Куляшев, В.И. Горячкин, С.П. Уткин и др. (СССР). – № 4612860; заявл. 01.12.1988; опубл. 30.01.92., Бюл. 4. – 1 с.
3. *Karachun V.V., Trivailo M.S., Mel'nick V.N.* Mass-Exchange and Aeration in Bioreactors. – К.: “ПП Корнійчук”, 2012. – 128 p.
4. *Мельник В.М., Тривайло М.С., Карачун В.В.* Газліфтний барботажний апарат для вирощування мікроорганізмів // *Materialy VII miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Nauka, i inowacia-2011”, 07–15 pazdziernika 2011 roku. Vol. 14. Chemia i chemiczne technologie.* – *Przemysl, Nauka i studia*, 2011. – S. 32–34.
5. *Шендеров Е.Л.* Волновые задачи гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1972. – 352 с.

Рекомендована Радою
факультету біотехнології і біотехніки
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
27 травня 2013 року