

**Бабанов Игорь Геннадиевич.** канд. техн. наук. доц., кафедра машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств. Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: 0975776670; e-mail: igbabanov@ukr.net.

**Babanov Igor,** Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Department of machines and apparatus of food and pharmaceutical productions, National University of Food Technologies. Address: Volodvmyska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel. 0975776670; e-mail: igbabanov@ukr.net.  
DOI: 10.5281/zenodo.1306590

УДК 542.816

## **СТВОРЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕМБРАННОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ РІДИН**

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, З.О. Мазняк,  
О.О. Удовенко, О.В. Омельченко**

*Обґрунтовано новий підхід до питання технічного оснащення процесу мембранної обробки харчових рідин. Подано результати патентного пошуку існуючого мембранного обладнання для проведення мембранного концентрування й очищення харчових рідин, описано його недоліки. Розроблено нову конструкцію промислового обладнання для мембранної обробки різних видів харчових рідин. Описано будову розробленого мембранного обладнання і його принцип роботи.*

**Ключові слова:** харчова рідина, процес, мембранна обробка, обладнання, ультразвук.

## **СОЗДАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕМБРАННОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ЖИДКОСТЕЙ**

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, З.А. Мазняк,  
О.А. Удовенко, А.В. Омельченко**

*Обоснован новый подход к вопросу технического оснащения процесса мембранной обработки пищевых жидкостей. Представлены результаты патентного поиска существующего мембранного оборудования для проведения мембранного концентрирования и очистки жидкостей, описаны его недостатки. Разработана новая конструкция промышленного оборудования*

---

© Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Мазняк З.О., Удовенко О.О., Омельченко О.В., 2018

для мембранної обробки різних видів жидкостей. Описано строение разработанного мембранного оборудования и его принцип работы.

**Ключевые слова:** пищевая жидкость, процесс, мембранная обработка, оборудование, ультразвук.

## CREATION OF RESOURCE-SAVING EQUIPMENT FOR THE MEMBRANE TREATMENT OF FOOD LIQUIDS

**G. Deynichenko, V. Guzenko, Z. Mazniak, O. Udovenko, A. Omelchenko**

*The article is devoted to a new approach to the issue of technical equipment for membrane treatment of food biological liquids and development of resource-saving equipment for its implementation. The role of equipment in the membrane treatment of food biological liquids, as well as the types of constructions for modern membrane installation for obtaining purified concentrates from various types of food liquids and the issues for their further improvement are described. The necessity of creating new industrial resource-saving membrane equipment with the purpose of increasing efficiency of obtaining purified concentrates from food raw materials is determined. The results of patent search of the existing membrane equipment for the membrane treatment of food liquids are presented and their essential shortcomings are described. A new design of an industrial plant for obtaining purified concentrates from various types of food biological liquids and their further use was developed. The device of the developed plant for the membrane treatment of food biological liquids and its operating principles are described. The developed device can be used in food, pharmaceutical and microbiological industries during the membrane treatment of high molecular biological liquids (albumen-carbohydrate milk raw material, juices, various extracts from vegetable raw materials, brine), water, that require the concentration and treatment from low molecular substances. The advantages of the proposed device for membrane treatment of food biological liquids are to facilitate its maintenance and ensure the continuity of operation, simplify the replacement of the stirring element, intensify the process of purified concentrates from various types of food biological liquids and reduce the working cycle, and reduce the resource costs.*

**Keywords:** food liquids, process, membrane treatment, equipment, ultrasonic.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Мембранні процеси обробки, зокрема ультрафільтрація, рідких високо-молекулярних полідисперсних систем належить до передових техно-логій сучасності. Висока ефективність використання ультрафільтрації в різних промислових технологіях, а також її екологічність сприяли стрімкому зростанню в останні десятиріччя наукових та прикладних досліджень [1].

Незважаючи на те, що процеси мембранної обробки успішно використовуються в харчових галузях промисловості під час виробництва різних видів харчової продукції сьогодні технічне за

безпечення процесу ультрафільтрації для переробки харчових біологічних рідин має ряд складнощів [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні немає єдиної думки щодо способів ефективного впливу на інтенсивність прояву концентраційної поляризації. Багато авторів погоджуються з думкою, що найбільш перспективним напрямом усунення концентраційної поляризації є визначення гідродинамічних умов проведення баромембранного процесу, що сприяють зниженню інтенсивності формування шару на поверхні мембрани і, як наслідок – зменшенню забрудненості мембранної поверхні частинками дисперсної фази [3].

Розвиток нанотехнологій дозволив створити ряд мембран нового покоління, які мають широку сферу застосування. Це сприяло створенню нових технологій, у тому числі в умовах переробки харчових рідин [4; 5].

З усіх способів активного впливу на формування шару концентраційної поляризації найбільш прийнятними з точки зору збереження нативних властивостей компонентів сировини, що розділяється, є гідромеханічні способи [6]. Незважаючи на те, що в літературі описана значна кількість способів і пристроїв гідромеханічного запобігання утворенню поляризаційного шару на поверхні мембран, їх потенційні можливості далеко не вичерпані [7].

Сьогодні для одержання очищених концентратів часто використовуються такі апарати, що мають корпус, колектори для підведення та відведення сировини, напівпроникні мембрани, рельєфні елементи, розподільні камери, герметизуючий матеріал, патрубків для подачі рідини, патрубків для відведення концентрату та пермеату [1].

Недоліками таких апаратів є швидке утворення на поверхні напівпроникної мембрани поляризаційного шару високомолекулярних речовин, низька продуктивність модуля, його висока матеріалоемність.

Поширена також конструкція апарата для мембранної обробки біологічних рідин, що складається зі стискуючих та проміжних плит, колектора, мембранних елементів, дренажних рамок, ущільнюючих прокладок, патрубків введення та виведення рідини, що розділяється, патрубка виведення пермеату, шпильок для з'єднання [2]. Основними недоліками цього апарата є складність обслуговування, ремонту пристрою, заміни робочих елементів, швидке утворення поляризаційного шару на поверхні напівпроникних мембран та неможливість використання модуля для мембранної обробки багатьох видів сировини.

Найбільш близьким за технічним рішенням до винаходу є пристрій, що складається з основи, проміжних і опорних пластин, ущільнювачів проміжної та опорної пластин, напівпроникних

мембран, гнучкої гумової прокладки, манометра, ексцентрикового вібратора, що поєднаний із системою перфорованих пластин у вигляді дисків за допомогою порожнистого штока, де зроблені отвори для відведення пермеату, напірних каналів з отворами та вертикальними каналами для введення рідини, що розділяється, та відведення концентрату [3].

Недоліком цього пристрою є часткове утворення на поверхні напівпроникних мембран поляризаційного шару, зниження продуктивності, виникнення вібраційних напруг, підвищений знос деталей модуля, підвищені енерго- та матеріалоємність.

**Метою статті** є розробка нового мембранного обладнання для мембранної обробки харчових біологічних рідин.

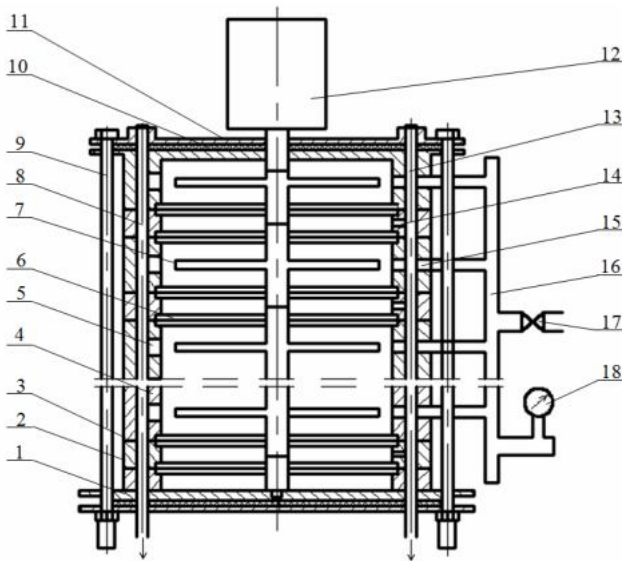
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Із метою підвищення енергоефективності мембранної обробки різних видів харчових біологічних рідин нами розроблено конструкцію пристрою для мембранної обробки біологічних рідин, що схематично зображено на рисунку.

В основу розробки покладено завдання створення вдосконаленої конструкції пристрою для мембранної обробки біологічних рідин шляхом установлення ультразвукового генератора з дисковими п'єзоелектричними випромінювачами, що забезпечить видалення поляризаційного шару з поверхні напівпроникних мембран, полегшення обслуговування пристрою, зменшення тривалості процесу, енерго- та матеріалоємності, а також інтенсифікацію процесу мембранної обробки сировини різного походження загалом.

Запропонований пристрій для мембранної обробки харчових біологічних рідин (рис.) складається з основи 1, опорної пластини 2, ущільнювачів проміжної та опорної пластин 3, проміжної пластини 4, напівпроникних мембран 6, розташованих у напірних каналах пристроїв для ультразвукової обробки рідини 7. Напірні канали з'єднані отворами 5 та 14 із вертикальними каналами для відведення концентрату 8 та пермеату 13. У верхній частині пристрою розташований ущільнювач 10 між корпусом та кришкою 11, до якої вмонтовано ультразвуковий генератор 12 із дисковими п'єзоелектричними випромінювачами 7. Канал уведення рідини, що розділяється, 16 поєднаний за допомогою отворів 15 із напірними каналами (робочою камерою пристрою). Тиск у каналі подачі сировини регулюється за допомогою реле тиску 17 і контролюється манометром 18. Для щільної герметизації пристрою використовується стяжка 9.

Пристрій для мембранної обробки харчових біологічних рідин працює таким чином. Під час збирання пристрою напівпроникні мембрани 6 монтують до основи 1 між опорною 2 та проміжною 4 пластинами з ущільнювачами 3. Для герметизації кришки 11 пристрою

встановлюють ущільнювач 10 та стяжку 9. Вихідна рідина, що подається через канал 16 та отвори 15, потрапляє до напірних каналів (робочої камери пристрою), де проходить процес мембранної обробки. Потрібний тиск в ультрафільтраційному модулі (0,01–1,00 МПа) створюють за допомогою реле тиску 17 та контролюють манометром 18.



**Рис. Пристрій для мембранної обробки харчових біологічних рідин:**  
 1 – основа; 2 – опорна пластина; 3 – ущільнювач проміжної та опорної пластин; 4 – проміжна пластина; 5, 14, 15 – отвори напірних каналів; 6 – напівпроникна мембрана; 7 – дискові п’єзоелектричні випромінювачі; 8 – канал для відведення концентрату; 9 – стяжка; 10 – ущільнювач; 11 – кришка; 12 – ультразвуковий генератор; 13 – канал відведення пермеату; 16 – канал уведення рідини, що розділяється; 17 – реле тиску; 18 – манометр

Після заповнення напірних каналів вихідною сировиною та створення необхідного тиску вмикають ультразвуковий генератор 12, який утворює ультразвукову хвилю, що потрапляє до напірних каналів через дискові п’єзоелектричні випромінювачі 7 певної інтенсивності. При цьому потік ультразвукової хвилі спрямований до поверхні мембран 6, де відбувається руйнування поляризаційного шару в високомолекулярних речовин. Утворені під час мембранної обробки концентрат і пермеат відводяться крізь отвори 5, 14 та вертикальні канали 8, 13.

Особливості конструкції присторою для мембранної обробки біологічних рідин захищено патентом на корисну модель № 117240 від 26.06.17. Запропонований пристрій для ультрафільтрації біологічних рідин дозволяє усунути утворення на поверхні напівпроникних мембран поляризаційного шару високомолекулярних речовин і значно збільшити проникнення (продуктивність) мембран та швидкість процесу ультрафільтрації.

Промисловий ультрафільтраційний модуль із перфорованими вібруючими пластинами може бути використаний для підприємств малої, середньої і великої потужності. Продуктивність модуля можна регулювати, збільшуючи або зменшуючи в ньому кількість напірних каналів.

**Висновки.** Після ретельного дослідження конструкцій існуючого обладнання для мембранної обробки харчових рідин запропоновано пристрій, який може бути використаний у харчовій, фармацевтичній, мікробіологічній промисловості для проведення мембранної обробки рідких високомолекулярних полідисперсних систем.

Застосування розробленого пристрою для мембранної обробки харчових біологічних рідин має низку переваг: полегшене його обслуговування, зменшення тривалості процесу, енерго- та матеріалоемності, запобігання утворенню поляризаційного шару на поверхні напівпроникних мембран, інтенсифікація процесу мембранної обробки біологічних рідин різного походження.

#### Список джерел інформації / References

1. Мазняк З. О. Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин та його апаратурне оформлення : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Мазняк Захар Олександрович. – Х., 2003. – 660 с.

Maznyak, Z.O. (2003), *Research of process of ultrafiltration concentration of whey and its equipment decision: dissertation [Doslidzhennya protsesu ul'trafil'tratsivnoho kontsentruvannya skolytyn ta yoho aparaturne oformlennya: dis. ... kand. tech. nauk]*, Kharkiv, 660 p.

2. Audenhaege, M., Belmejdoub, J., Dupont, D., Chalvin, A., Pezennec, S. (2010), "Methodology for monitoring globular milk protein changes induced by ultrafiltration: a dual structural and functional approach", *Journal of Dairy Science*, No. 93 (9), pp. 3910-3924.

3. Свитцов А. А. Снижение влияния концентратной поляризации с помощью турбулизирующих элементов, выполненных в виде дисковых мешалок / А. А. Свитцов, Р. А. Одинцов // Крит. технологии. Мембраны. – 2001. – № 13. – С. 33–36.

Svitcov, A., Odincov, R. (2001), "Decline of influence of концентратной polarization by means of the turbulization elements executed as disk mixers", *Critical technologies. Membranes* ["Snizhenie vliyanija koncentratnoj poljarizacii s

pomoshh'ju turbulizuijushhijh jelementov, vypolnennyh v vide diskovyh meshalok", *Krit. Tehnologii. Membrany*], No. 13, pp. 33-36.

4. Мирончук В. Г. Мембранні процеси в технології комплексної переробки сироватки : монографія / В. Г. Мирончук, Ю. Г. Змієвський. – К. : НУХТ, 2013. – 153 с.

Myronchuk, V., Zmiyevskij, Yu. (2013), *Membrane processes in technology of whey processing complex* [*Membrani procesy` v tehnologii kompleksnoyi pererobky` sy`rovatky`*], NUHT, Kyiv, 153 p.

5. Енциклопедія мембран : в 2. Т. 1 / [упоряд. М. Т. Брич]. – К. : Києво-Могилянська академія, 2005. – 658 с.

*Encyclopaedia of membranes*: in 2 p. P. 1. (2005), Kievo-Mohylanska academiya, Kyiv, 658 p.

6. Cheng, T.-W., Li, L.-N. (2007), "Gas-sparging cross-flow ultrafiltration in flat-plate membrane module: Effects of channel height and membrane inclination", *Separation and Purification Technology*, Vol. 55, pp. 50-55.

7. Lobasenko, B., Semenov, A. (2013), "Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer", *Foods and Raw Materials*, Vol. 1, No. 1, pp. 74-81.

8. Пат. 2409413 РФ МПК В01 D63/14, А61 M1/34. Мембранный модуль (варианты) и мембранное устройство (варианты) / Басин Б. Я., Басин А. Б., Вотяков А. А., Швыркин А. А. – № 2009106027/05 ; заявл. 24.02.09 ; опубл. 20.01.11, Бюл. № 2. – 27 с.

Basin, B., Basin, A., Votjakov, A., Shvvrkin. A. (2009). *Membrane module(variants) and membrane device(variants)* [*Membrannyiy modul (variantyi) i membranoe ustroystvo (variantyi)*], Russian Federation. Pat. 2409413.

9. Пат. 14520 Україна, МПК В 01 D 63/08. Мембранный аппарат / Бадеха В. П.; заявник і патентовласник Бадеха В. П. – № 96072867 ; заявл. 17.06.96 ; опубл. 15.05.02, Бюл. № 5. – 3 с.

Badekha, V. (2002), *Membrane apparatus* [*Membrannyi aparat*], Ukraine. Pat. 14520.

10. Пат. 54980 Україна, МКВ В 01 D 61/00. Пристрій для ультрафільтрації біологічних рідин / Черевко О. І., Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Поперечний А. М., Юдіна Т. І. ; заявник і патентовласник Харківський держ. ун-т харч. та торг. – № 2002064643 ; заявл. 06.06.02 ; опубл. 17.03.03, Бюл. № 3. – 3 с.

Cherevko, O., Deinychenko, H., Mazniak, Z., Poperechnyi, A., Yudina T. (2003), *Device for ultrafiltration of biological fluids* [*Prystii dlia ultrafiltratsii biolohichnykh ridyn*], Ukraine. Pat. 54980.

**Дейниченко Григорій Вікторович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вл. Ключівська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkov@rambler.ru.

**Дейниченко Григорій Вікторович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: вл. Ключковская. 333. г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkov@rambler.ru.

**Deynichenko Gregory**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

**Гузенко Василь Володимирович**, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56, e-mail: kp87vasil@ukr.net.

**Гузенко Василий Владимирович**, канд. техн. наук, ст. науч. сотруд., кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: kp87vasil@ukr.net.

**Guzenko Vasiliy**, Cand. Sci. (Tech.), senior researcher of Scientific and research sector KhSUFTT, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: kp87vasil@ukr.net.

**Мазняк Захар Александрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: mzakhar@yahoo.com.

**Мазняк Захар Александрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: mzakhar@yahoo.com.

**Mazniak Zakhar**, Cand. Sci. (Tech.), docent, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: mzakhar@yahoo.com.

**Удовенко Олег Александрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0671472630; e-mail: Udoleg@mail.ru.

**Удовенко Олег Александрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Островского, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0671472630; e-mail: Udoleg@mail.ru.



**Udoenko Oleg**, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Department of general engineering disciplines and equipment. Address: Ostrowski str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0671472630; e-mail: Udoleg@mail.ru.

**Омельченко Олександр Володимирович**, канд. техн. наук, доц., кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання. Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0972958852; e-mail: omelchenko84@ukr.net.

**Омельченко Александр Владимирович**, канд. техн. наук, доц., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования. Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Островского, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0972958852; e-mail: omelchenko84@ukr.net.

**Omelchenko Aleksandr**, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Department of general engineering disciplines and equipment. Address: Ostrowski str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0972958852; e-mail: omelchenko84@ukr.net.  
DOI: 10.5281/zenodo.1306602

УДК 641.5

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ КІНЕТИКИ ІНФРАЧЕРВОНОГО ЖАРЕННЯ М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ**

**В.О. Потапов, С.М. Костенко**

*Проведено імітаційне моделювання кінетики температури м'ясних напівфабрикатів під час інфрачервоного жарення. Створена модель дозволяє визначати середню температуру внутрішніх шарів продукту відповідно до зміни типу м'ясної сировини та потужності випромінювача апарата.*

***Ключові слова:** імітаційна модель, інфрачервоне жарення, кінетика температури, м'ясний напівфабрикат.*