

УДК 621.22-278

ББК 31.56

Г-46

Заславец Александр Алексеевич, соискатель кафедры машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета, т.: (861)2752279;

Схаляхов Анзаур Адамович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет», т.: (8772)570412;

Кошевой Евгений Пантелеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета, т.: (861) 2752279;

Косачев Вячеслав Степанович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета, т.: (861) 2752279;

Кошевая Софья Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики Кубанского государственного технологического университета, т.: (861) 2752279.

ГИДРАВЛИКА ТЕЧЕНИЯ ВНУТРИ МЕМБРАНЫ И ФОРМИРОВАНИЯ КАПЕЛЬНЫХ СТРУКТУР

(рецензирована)

В работе описан процесс получения капелек эмульсий с использованием мембраны, определялось влияние положения патрубка на картридже для подвода исходной дисперсной фазы на расход фильтрации.

Ключевые слова: эмульсия, мембрана, патрубок, фильтрация, проницаемость, гидравлика течения.

Zaslavets Alexander Alexeevich, seeker of the Department of Machines and Equipment for Food Production, Kuban State Technological University, tel.: (861) 2752279;

Skhalyakhov Anzaur Adamovich, Doctor of Technical Sciences, associate professor, professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production of FSBEI HPE "Maikop State Technological University", tel.: (8772) 570412;

Koshevoy Eugeniï Panteleevich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Machines and Equipment for Food Production, Kuban State Technological University, tel.: (861) 2752279;

Kosachev Vyacheslav Stepanovich, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Machines and Equipment for Food Production, Kuban State Technological University, tel.: (861) 2752279;

Koshevaya Sophia Eugeniievna, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Computer Science of the Kuban State Technological University, tel.: (861) 2752279.

FLOW HYDRAULICS INSIDE THE MEMBRANE AND FORMATION OF DROP STRUCTURES

(Reviewed)

The article describes the process of obtaining emulsion droplets using the membrane, the effect of the position of the socket on cartridge for supplying original dispersed phase on filtration flow has been determined.

Keywords: emulsion, membrane, membrane tube, filtration, permeability, hydraulic of the flow.

Мембранное эмульгирование – процесс получения капелек эмульсий с использованием мембраны [1]. Метод для производства эмульсий, используя мембраны, формирует капельки дисперсной фазы продавливанием через поры в мембранной поверхности и капельки отделяются поперечной текущей сплошной фазой [2]. Рассмотрим гидравлику течения внутри мембраны при формировании капельной структуры.

Объемная доля фильтрата по длине мембраны:

$$\varepsilon(x) = \frac{\Delta Q(x)}{Q_{L0}} \quad (1)$$

где $\Delta Q(x)$ – количество фильтрата по длине мембраны, м³/с; Q_{L0} – количество сплошной фазы,

подаваемой на мембрану, м³/с.

Объёмная доля дисперсной фазы эмульсии по длине:

$$\delta(x) = \frac{\Delta Q(x)}{Q_{L0} + \Delta Q(x)} \quad (2)$$

Учитывая (1), выражение (2) можно представить:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \quad (3)$$

График зависимости доли эмульсии от доли фильтрата представлен на рисунке 1.

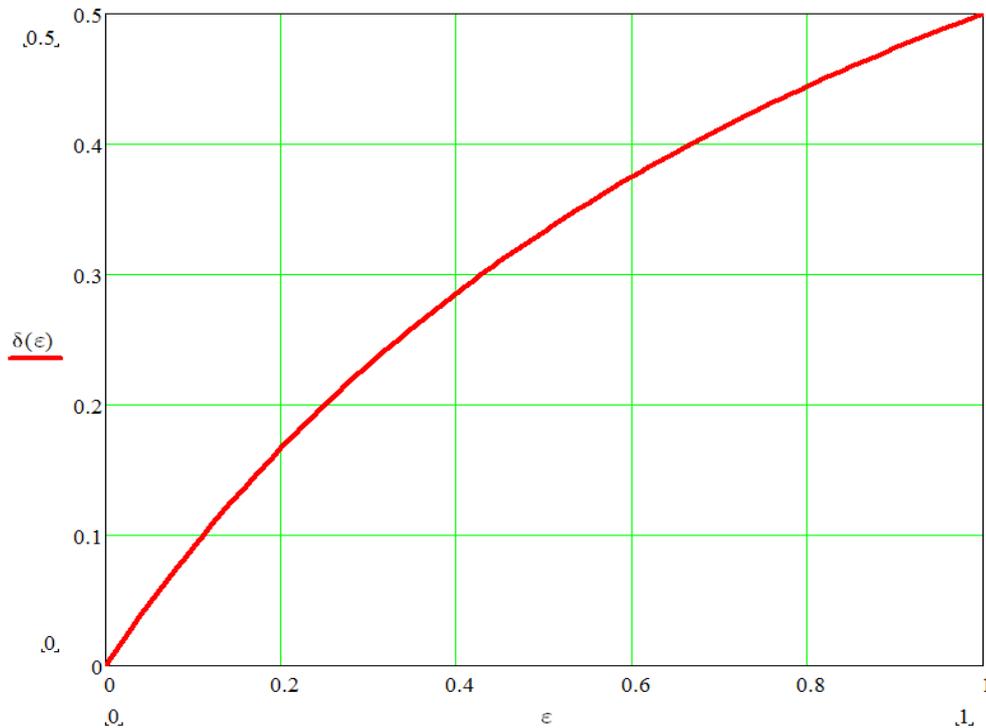
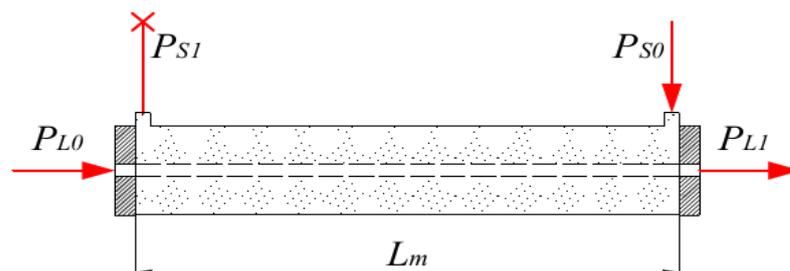


Рис. 1. Зависимость доли эмульсии от доли фильтрата

Рассмотрим различные случаи приложения давления к мембранному картриджу и определим для каждого из случаев значения коэффициентов B_1 , B_2 , B_3 и B_4 . Для этого воспользуемся формулами из [3] и решим систему уравнений при различных граничных условиях.

Расчётная схема №1 (рисунок 2а)



Расчётная схема №2 (рисунок 2б)

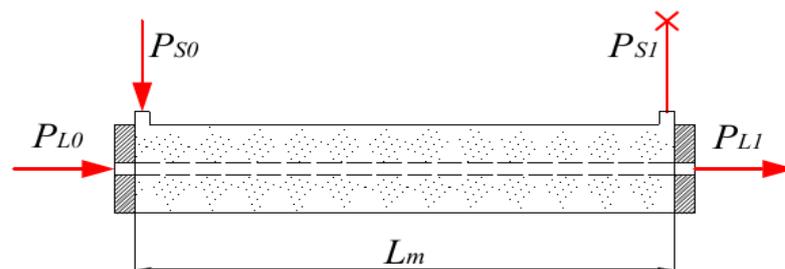


Рис. 2. Расчётные схемы приложенных давлений к мембранному картриджу

$$B_1 = \frac{\gamma^2 \cdot (P_{L1} - P_{S0} - P_{L0} \cdot ch(\lambda)) + \gamma \cdot (P_{L1} \cdot ch(\lambda) - P_{L0} \cdot ch(\lambda))}{(\lambda \cdot ch(\lambda) + \gamma \cdot sh(\lambda)) \cdot (\gamma + 1)} \quad (4)$$

$$B_2 = - \frac{P_{L0} - P_{L1} + B_1 \cdot \left(sh(\lambda) + \frac{\lambda}{\gamma} \right)}{ch(\lambda) - 1} \quad (5)$$

$$B_3 = B_1 \cdot \frac{\lambda}{\gamma} \quad (6)$$

$$B_4 = P_{L0} - B_2 \quad (7)$$

$$B_1 = \frac{\gamma^2 \cdot [P_{L1} - P_{S0} - P_{L0} \cdot ch(\lambda) + P_{S0} \cdot ch(\lambda)]}{\lambda \cdot ch(\lambda) + \gamma \cdot sh(2 \cdot \lambda) + \gamma^2 \cdot sh(\lambda) + 2 \cdot \gamma \cdot \lambda - \gamma \cdot sh(\lambda) - \gamma \cdot \lambda \cdot ch(\lambda)} + \frac{\gamma \cdot [P_{L1} \cdot ch(2 \cdot \lambda) - P_{L0} \cdot ch(2 \cdot \lambda) + P_{L0} \cdot \lambda \cdot sh(\lambda) - 2 \cdot P_{L1} \cdot \lambda \cdot sh(\lambda) + P_{S0} \cdot \lambda \cdot sh(\lambda)]}{\lambda \cdot ch(\lambda) + \gamma \cdot sh(2 \cdot \lambda) + \gamma^2 \cdot sh(\lambda) + 2 \cdot \gamma \cdot \lambda - \gamma \cdot sh(\lambda) - \gamma \cdot \lambda \cdot ch(\lambda)} \quad (8)$$

$$B_2 = - \frac{\gamma \cdot (P_{L0} - P_{L1}) + B_1 \cdot (\gamma \cdot sh(\lambda) + \lambda \cdot ch(\lambda))}{\lambda \cdot sh(\lambda) - \gamma + \gamma \cdot ch(\lambda)} \quad (9)$$

$$B_3 = P_{L1} - P_{L0} - B_1 \cdot sh(\lambda) + B_2 \cdot (1 - ch(\lambda)) \quad (10)$$

$$B_4 = P_{L0} - B_2 \quad (11)$$

Таблица 1 - Данные для сравнительного анализа влияния движения в контакторе на процесс формирования капельных структур

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Число волокон мембраны в картридже	n	1
Проницаемость мембраны, м	K	$2,319 \times 10^{-13}$
Внутренний радиус мембраны, м	R_L	0,002
Вязкость масла, Па·с	$\mu_{\text{масла}}$	0,045
Начальное давление внутри мембраны, кПа	P_{HM}	122
Конечное давление внутри мембраны, кПа	$P_{KM} = P_{\text{атм}}$	101,3
Давление снаружи мембраны, кПа	P_S	588,4

Используя данные таблицы 1, вычислим численные значения коэффициентов $B_1 \dots B_4$, которые для схемы №1 и №2 имеют одинаковые численные значения:

$$\begin{aligned} B_1 &= -1,195 \times 10^6 \\ B_2 &= -4,663 \times 10^5 \\ B_3 &= -2,473 \\ B_4 &= 5,883 \times 10^5 \end{aligned} \quad (12)$$

Тогда расход фильтрата по длине мембраны, учитывая выражения [3]:

$$\Delta Q(x) = Q_L(x) - Q_L(0) = - \frac{n \pi R_L^4}{8 \mu L_m} \left(2 \cdot B_1 \cdot \lambda \cdot sh \left(\frac{\lambda \cdot x}{2 \cdot L_m} \right)^2 + B_2 \cdot \lambda \cdot sh \left(\frac{\lambda \cdot x}{2 \cdot L_m} \right) \right) \quad (13)$$

Значение расходов для нашей экспериментальной установки по длине мембраны:

$$Q_L(x) = \frac{1,096 \times 10^{-6}}{e^{0,022x}} + 2,499 \times 10^{-6} \cdot e^{0,022x} + 4,316 \times 10^{-10}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (14)$$

$$\Delta Q(x) = \frac{1,096 \times 10^{-6}}{e^{0,022x}} + 2,499 \times 10^{-6} \cdot e^{0,022x} - 3,595 \times 10^{-6}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (15)$$

Таким образом, положение патрубка на картридже для подвода исходной дисперсной фазы не влияет на расход фильтрации.

Литература:

- Charcosset C. Membrane processes in biotechnology: an overview // Biotechnol. Adv. 2006. №24. P. 482-492.
- Моделирование мембранного процесса формирований нано - и миниэмульсий / Х. Р. Блягоз [и др.] // Новые технологии. 2011. №2. С. 15-17.
- Labecki M., Piret J.M., Bowen B.D. Two-dimensional analysis of fluid flow in hollow-fibre modules // Chem. Engng Sci. 1995. №50. P. 3369-3384.

References:

1. Charcosset C. *Membrane processes in biotechnology: an overview*// *Biotechnol. Adv.* 2006. Vol. 24. P. 482-492.
2. *Simulation of the membrane process of formation of nano-and mini emulsions* / H.R. Blyagoz [and oth.]// *New Technologies.* 2011. № 2. P. 15-17.
3. Labecki M., Piret J. M., Bowen B. D. *Two-dimensional analysis of fluid flow in hollow-fibre modules* // *Chem. Engng Sci.* 1995. Vol. 50 .P. 3369-3384.