

УДК 62-278:621.22

ББК 30.123

3-36

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

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

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

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

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

### ГИДРАВЛИКА РЕВЕРСИВНОГО ТЕЧЕНИЯ ВНУТРИ МЕМБРАНЫ КОНТАКТОРА

(рецензирована)

*В работе проведен анализ влияния реверсивного движения потока внутри мембраны.*

*Ключевые слова: мембрана, реверсивное движение, мембранный модуль, концентрация, эмульсия.*

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

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

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

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

### REVERSE FLOW HYDRAULICS INSIDE THE CONTACTOR MEMBRANE

(Reviewed)

*The article analyzes the effect of reversible flow movement inside the membrane.*

*Keywords: membrane, reversible movement, membrane module, concentration, emulsion.*

В процессе мембранного эмульгирования мелкие капельки формируются на границе мембрана/сплошная фаза при продавливании дисперсной фазы через поры мембраны [1, 2]. Чтобы обеспечить регулярное отделение капелек от выходов пор создается напряжение сдвига, произведенное на границе мембрана/ сплошная фаза за счет скорости потока сплошной фазы, создаваемым насосом [3]. Скорость потока должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить, необходимый тангенциальный сдвиг на мембранной поверхности, а это ведет к низкой концентрации получаемой эмульсии. Применяемый способ рециркуляции имеет существенные недостатки [4], поэтому в этой работе предпринят анализ влияния реверсивного движения потока внутри мембраны.

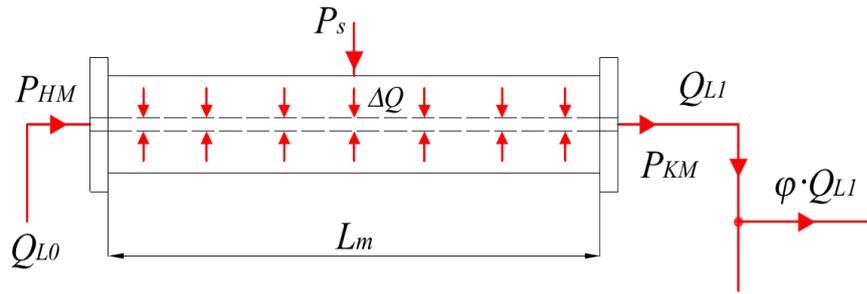
Для анализа влияния реверсивного движения потока внутри мембраны на процесс формирования капельных структур рассмотрим схему на рисунке 1. На рисунке объемная доля отводимой готовой эмульсии  $\varphi$ ; объемная доля количества замещаемой сплошной фазы  $\Psi$ . Материальный баланс для прямого движения дан-ной схемы будет аналогичен случаю с рециркуляционным движением.

На рисунке 2 представлена схема изменения объемной концентрации эмульсии по длине мембраны при реверсивном движении. Фаза 1 соответствует случаю, когда частота реверса соответствует  $1/t$ . Где  $t = \tau$  – время прохождения потока внутри мембраны расстояния  $L_m$ , при его

скорости  $u$ .

Если частота больше значения  $1/\tau$ , мы наблюдаем Фазу 2 и Фазу 3. При этом поток внутри мембраны будет проходить расстояние:  $dL = u / t$ .

### Прямое движение



### Обратное движение

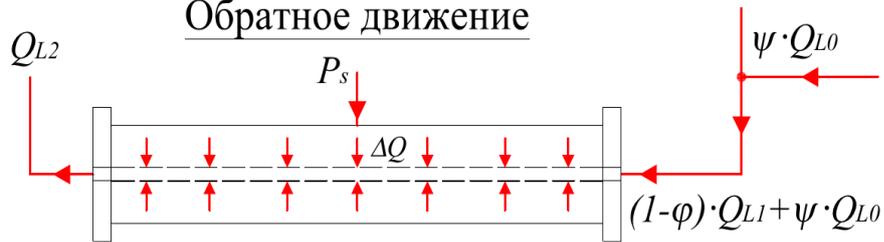
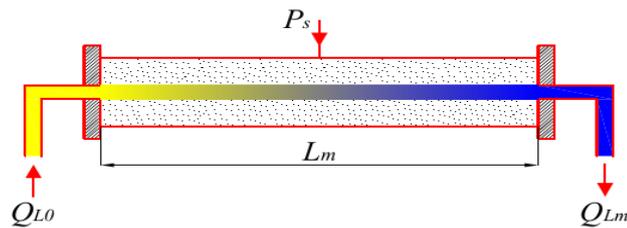
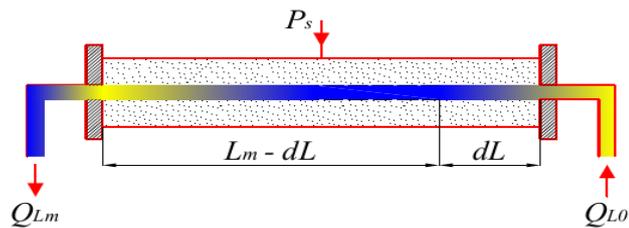


Рис. 1. Схема потоков мембранного модуля при реверсивном движении

### Фаза 1



### Фаза 2



### Фаза 3

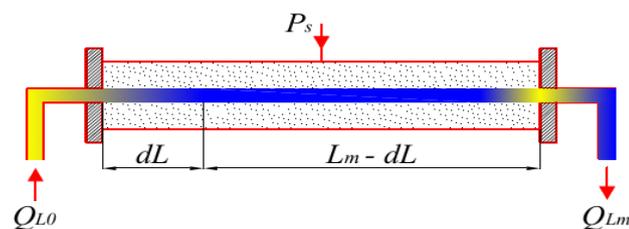


Рис. 2. Схема изменения объёмной концентрации эмульсии по длине мембраны при реверсивном движении

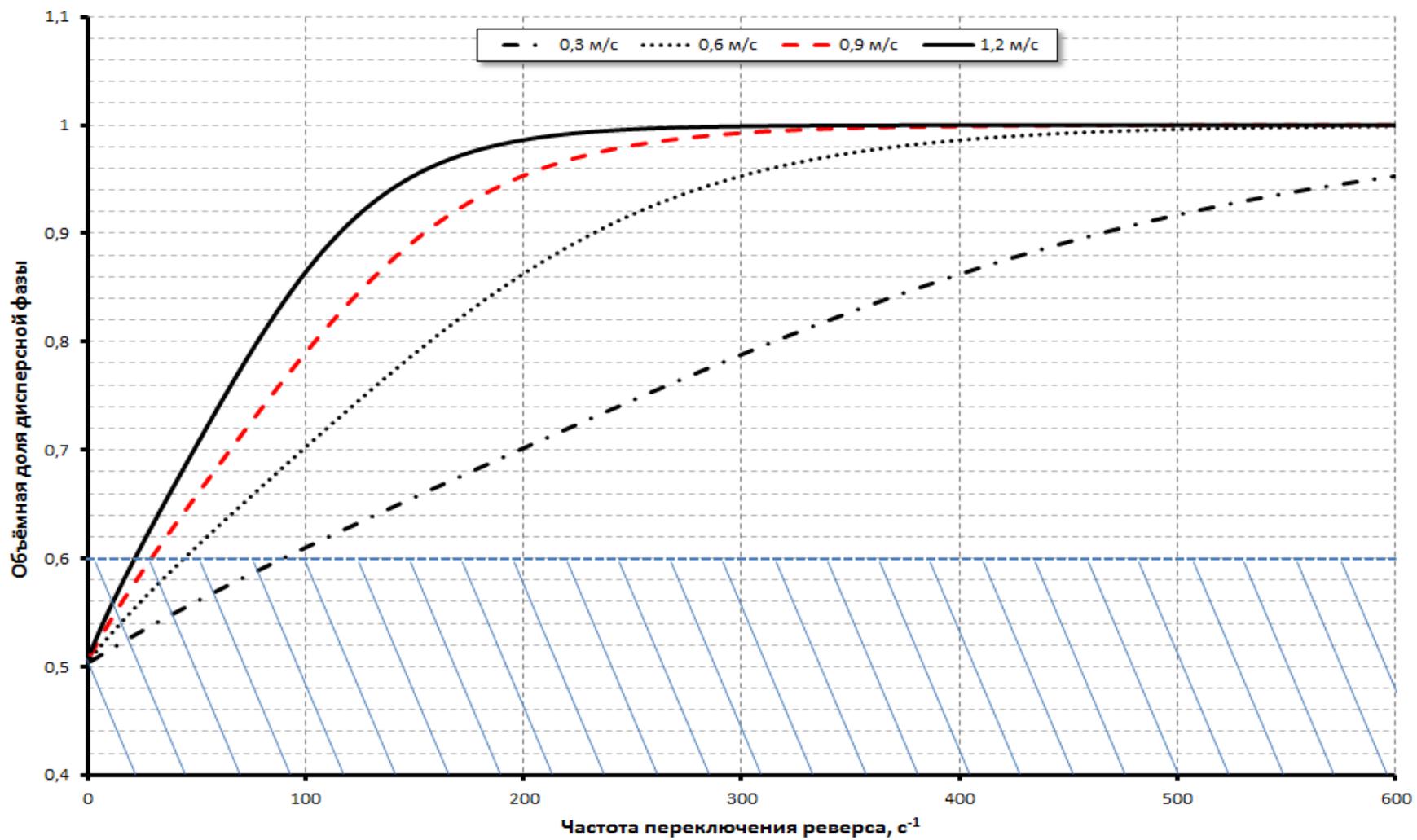


Рис. 3. Зависимость объёмной доли дисперсной фазы в эмульсии от частоты переключения реверса при различных скоростях внутри мембраны с обозначенной зоной реальных значений

Для случая реверсивного движения потока выражение для объёмной доли дисперсной фазы эмульсии по длине:

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

можно записать в виде:

$$\delta = \frac{(Q_{L0} - Q_{dL}) + 2 \cdot (Q_{Lm,dL} - Q_{Lm})}{Q_{L0} + [(Q_{L0} - Q_{dL}) + 2 \cdot (Q_{Lm,dL} - Q_{Lm})]} \quad (2)$$

где  $Q_{L0}$  – поток на входе в мембрану, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{dL}$  – поток на участке длиной  $dL$ , м<sup>3</sup>/с;  $Q_{Lm,dL}$  – поток на участке длиной  $(L_m - dL)$ , м<sup>3</sup>/с;  $Q_{Lm}$  – поток на участке длиной  $L_m$ , м<sup>3</sup>/с.

Здесь

$$dL = L_m \cdot \tau \cdot f, \text{ м} \quad (3)$$

где  $f$  – частота реверса, с<sup>-1</sup>.

Зависимость объёмной доли дисперсной фазы от частоты переключения реверса при различных скоростях потока внутри мембраны представлена на рисунке 3.

Обработка представленных данных позволили получить зависимость частоты переключения реверса  $f$  для достижения необходимой объёмной доли дисперсной фазы  $\delta$  при заданной скорости поперечного потока внутри мембраны  $u$ :

$$f = \frac{(-637,87 \cdot \delta^2 + 1022 \cdot \delta - 356,99)}{u^{1,168}}, \text{ с}^{-1} \quad (4)$$

Рассмотрев различные случаи движения потока внутри мембраны, можно сделать следующие выводы:

- направление подачи дисперсной фазы в мембранный картридж не оказывает влияние на значения давлений и расходов внутри и снаружи мембраны;
- при увеличении скорости потока внутри мембраны и частоты переключения реверса происходит повышение объёмной доли дисперсной фазы эмульсии;
- в отличие от процесса с включенным в схему рециркуляционным насосом, схема с реверсивным движением потока внутри мембраны позволяет получить более высокие концентрации эмульсии и при этом не происходит разрушения капелек и не снижается выход готового продукта.

#### **Литература:**

1. Charcosset C. Membrane processes in biotechnology: an overview. *Biotechnol. Adv.* 2006, 24. – С. 482-492.
2. Блягоз Х.Р. Моделирование мембранного процесса формирования нано- и миниэмульсий / Х.Р. Блягоз, А.А. Схалыхов, А.А. Заславец, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев // *Новые технологии.* – 2011, №2. – С. 15-17.
3. Vladisavljevic G.T., Williams R.A. Recent developments in manufacturing emulsions and particulate products using membranes, *Adv. Colloid Interface Sci.* 113 (2005) 1.
4. Заславец А.А. Гидравлика рециркуляционного течения внутри мембраны контактора / А.А. Заславец, А.А. Схалыхов, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев, С.Е. Кошевая // *Новые технологии.* – 2013, №1. – С. 15-17.

#### **References:**

1. Charcosset C. *Membrane processes in biotechnology: an overview. Biotechnol. Adv.* 2006. 24. P. 482-492.
2. Blyagoz Kh. R. *Simulation of a membrane process of formation of nano-and miniemulsions / H.R. Blyagoz, A.A. Skhalyakhov, A.A. Zaslavets, E.P. Koshevoi, V.S. Kosachev // New Technologies. 2011. № 2. P. 15-17.*
3. Vladisavljevic G.T., Williams R.A. *Recent developments in manufacturing emulsions and particulate products using membranes, Adv. Colloid Interface Sci. 113 (2005) 1.*
4. Zaslavets A.A. *Hydraulics of recirculating flow inside the contactor membrane / A.A. Zaslavets, A.A. Skhalyakhov, E.P. Koshevoi, V.S. Kosachev, S.E. Koshevaya // New Technologies. 2013. № 1. P. 15-17.*