

УДК 66.081.6-7

Б.А. Лобасенко, Р.В. Котляров

РАЗРАБОТКА МЕМБРАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО ТИПА

Предложена классификация мембранного оборудования по отношению к явлению концентрационной поляризации. Рассмотрены некоторые конструкции мембранных модулей. Проведена их сравнительная оценка.

Мембранная технология, полупроницаемая мембрана, концентрационная поляризация, диффузионный слой.

На сегодняшний день мембранная технология остается наиболее перспективным способом очистки и концентрирования жидких пищевых продуктов, содержащих термолабильные компоненты. В этой связи ее использование в пищевой промышленности достаточно актуально.

Из литературных данных известно, что для мембранных процессов в большей или меньшей степени характерно явление концентрационной поляризации, которое заключается в накоплении частиц задерживаемого вещества у поверхности полупроницаемой мембраны и образовании диффузионного, а при определенных условиях гелеобразного слоя. Данное явление рассматривается как негативное с точки зрения влияния на производительность мембранного оборудования. Существуют различные методы борьбы с данным явлением: гидродинамические, механические, физические, химические и комплексные. Однако они носят временный характер и не способны предотвратить концентрационную поляризацию полностью.

Так как технические возможности усовершенствования стандартных способов практически исчерпаны и не приносят ощутимых результатов, необходимы нетрадиционные подходы.

Один из них основан на рассмотрении концентрационной поляризации не как негативного явления, а наоборот, как создающего дополнительные возможности для повышения полноты и скорости разделения путем отвода некоторой части диффузионного пограничного слоя и его использования в качестве готового продукта или исходного раствора в дальнейшей переработке.

Для организации устойчивого режима отвода слоя от поверхности мембраны целесообразно поддерживать ламинарный режим течения жидкости, причем минимальное отношение скоростей фильтрации и основного потока составляет не менее 5×10^{-4} .

Возникновение турбулентного режима течения среды вызывает снижение концентрации диффузионного слоя и, как следствие, снижает производительность оборудования [1].

С целью реализации данного способа концентрирования разработан ряд конструкций мембранных модулей.

Предложена классификация конструкций по признаку влияния на концентрационную поляризацию (рис. 1). В соответствии с ней мембранные модули можно разделить на три группы.

К первой группе относятся конструкции преимущественно первого поколения, в которых не предусматривается снижение концентрационной поляризации. Различают четыре основных типа мембранных модулей: с трубчатыми, плоскими, рулонными и мембранными элементами в виде полых волокон.

Ко второй группе относятся конструкции, в которых предусматривается снижение влияния концентрационной поляризации.

Для увеличения производительности действующего мембранного оборудования используются различные способы очистки, снижающие осадкообразование (концентрационную поляризацию) на поверхности мембран. Их можно разделить на четыре основные группы:

- механические;
- гидродинамические;
- физические;
- химические.

Механическая очистка заключается в воздействии на поверхность мембраны с помощью различных устройств, выполняющих сьем осадка.

Механические способы достаточно эффективны, но их применение приводит к усложнению конструкции и повышению ее стоимости.

Гидродинамические способы включают турбулизацию потока высокоскоростным течением, либо с помощью использования различных устройств, устанавливаемых в канале мембранного модуля.

Гидродинамические способы просты и дешевы. Однако при их использовании удаляются только осадки, непрочные связанные с мембраной.

Под физическими методами очистки понимается воздействие на мембрану различными полями: электрическими, магнитными, ультразвуковыми, центробежными и т.д.

Физические методы достаточно перспективны, так как их можно проводить одновременно с мембранной обработкой среды. Однако влияние многих видов полей на биологические среды мало изучено.

В группу химических методов входят:

- введение ингибиторов осадкообразования;
- подкисление среды перед подачей на мембрану или в процессе ее переработки;
- предмембранная обработка, предусматривающая удаление ионов-осадкообразователей традиционными методами.

Химические методы достаточно эффективны, но дороги и могут быть непригодны при работе с биологическими средами из-за внесения химических реагентов.

Рассмотрим некоторые конструкции мембранных модулей, относящихся в соответствии с данной классификацией к группе модулей, использующих явление концентрационной поляризации.

Рис. 2. Мембранный модуль с отводом диффузионного слоя: 1 – корпус; 2 – конус; 3 и 9 – штуцеры для отвода концентрата; 4 и 5 – кольцевые щели; 6 – шток; 7 – резьба; 8 – трубчатая мембрана

Внутри корпуса находится полый шток 6, на конце которого выполнен конус. Его положение может регулироваться за счет резьбы 7. Устройство присоединяется к трубчатой мембране 8. Часть диффузионного слоя отводится из штуцера 3 за счет разности давлений в кожухе и кольцевой щели 4. Оставшаяся его часть удаляется из патрубка 9 за конусом. Основной поток с меньшим содержанием задерживаемых веществ, чем в концентрате, проходит через полость внутри штока 6 и выводится из модуля.

Ко 2-й группе модулей, использующих явление концентрационной поляризации, относится мембранный модуль с отводом диффузионного слоя и проведением промежуточной очистки мембраны [3] (рис. 3). Устройство состоит из кожуха 1 со штуцером 2 для

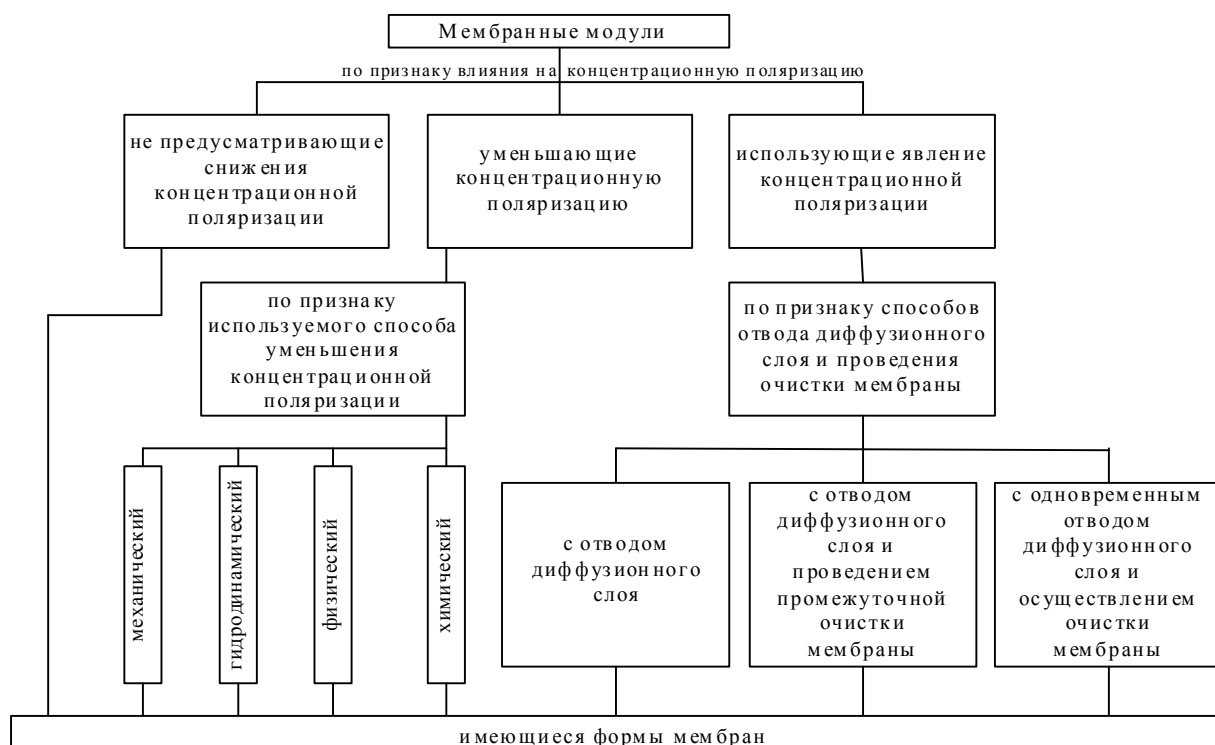


Рис. 1. Классификация мембранных модулей по признаку влияния на концентрационную поляризацию

Модуль с отводом диффузионного слоя [2] (рис. 2) относится к первой группе мембранных модулей, использующих явление концентрационной поляризации. Модуль состоит из корпуса 1 и кожуха 2. Отвод концентрата производится через кольцевую щель 4 и патрубок 3, а также через штуцер 9 на корпусе.

отвода диффузионного слоя. Внутри кожуха находится втулка 3, которая имеет две кольцевые щели 4 и 5. Внутри втулки находится конус 6. К торцу конуса крепится «ерш» 7 из полимерного материала.

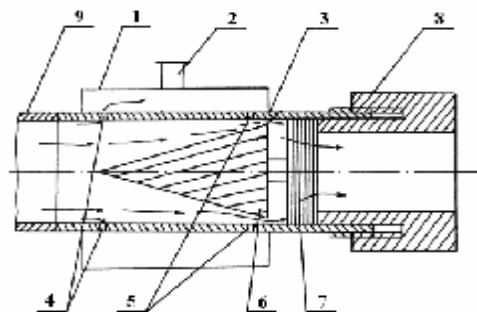
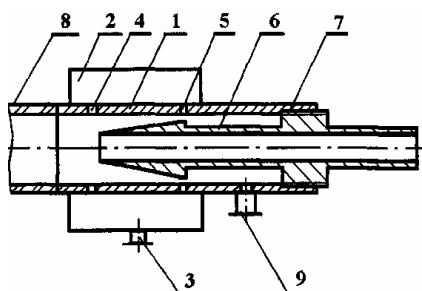


Рис. 3. Модуль для мембранного концентрирования с промежуточной очисткой мембраны устройством типа «ерш»:

- 1 – кожух; 2 – штуцер для отвода диффузионного слоя;
3 – втулка; 4 и 5 – кольцевые щели; 6 – конус; 7 – «ерш»;
8 – гайка; 9 – трубчатая мембрана

Для стабилизации осевого положения в потоке конус выполнен с каналами, расположенными под углом к оси конуса. Положение конуса внутри втулки регулируется с помощью гайки 8. Устройство присоединяется к трубчатой мембране 9. В номинальном режиме работы модуль функционирует аналогично модулю (рис. 2), т. е. диффузионный слой отводится из штуцера 2, а основной поток проходит между обшивкой конуса и втулкой 3, далее сквозь «ерш» 7 и отводится через отверстие в гайке 8. Поскольку конус выполнен из легкого материала, он плавает в потоке продукта. Стабильное положение конуса поддерживается за счет его вращения, вызванное движением среды по специальным каналам. Через некоторый интервал времени изменяют направление движения потока. При этом конус 6 перемещается из правого положения в левое, снимая «ершом» 7 слой с поверхности мембраны 10. После прохода конуса 6 вдоль мембраны 10 направление движения потока вновь меняют, и конус возвращается в исходное положение. При необходимости операцию повторяют, пока не будет достигнута необходимая степень очистки поверхности мембраны.

К третьей группе модулей, использующих явление концентрационной поляризации, можно отнести мембранный модуль с отводом диффузионного слоя и постоянной очисткой поверхности мембраны [4] (рис. 4). Основным элементом модуля является устройство для отвода диффузионного слоя, которое состоит из корпуса 6 и кожуха 8. Внутри корпуса находится полая штанга переменной конфигурации 7, на конце которой выполнен конус. Положение конуса относительно кольцевых щелей 4 и 5 может регулироваться. В корпусе и кожухе имеются отверстия для отвода концентрата продукта. Устройство присоединяется к трубчатой мембране 2. Внутри полости мембраны находится подвижная спираль 1 с регулируемой частотой вращения, предназначенная для продвижения диффузионного слоя к месту его отвода. Сетка 3 предотвращает размытие диффузионного слоя по сечению мембранного канала, сохраняя его концентрацию на выходе из модуля.

Была проведена оценка эффективности работы рассмотренных выше конструкций. Для этого были проведены их экспериментальные исследования при рациональных значениях технологических параметров: давление среды в канале мембраны $P = 0,15 \text{ МПа}$, тем-

пература концентрируемого раствора $T = 20^\circ \text{C}$, скорость движения перерабатываемой среды $v = 0,4 \text{ м/с}$.

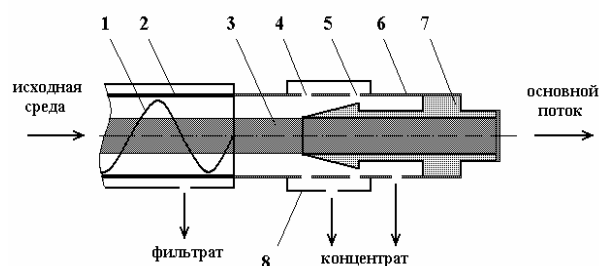


Рис. 4. Мембранный модуль с отводом диффузионного слоя с постоянной очисткой мембраны:

- 1 – подвижная спираль; 2 – полупроницаемая мембрана;
3 – цилиндрическая сетка; 4 и 5 – кольцевые щели;
6 – корпус устройства для отвода диффузионного слоя;
7 – полая штанга с конусом; 8 – кожух

В ходе экспериментальных исследований определялось содержание растворенных веществ в концентрате в процессе переработки молочной сыворотки с исходной концентрацией растворенных веществ 4% масс. Для оценки эффективности предложенных конструкций мембранных модулей представлен график, отражающий динамику концентрации раствора молочной сыворотки при переработке на мембранном оборудовании, входящем в одну из рассмотренных выше групп (рис. 5).

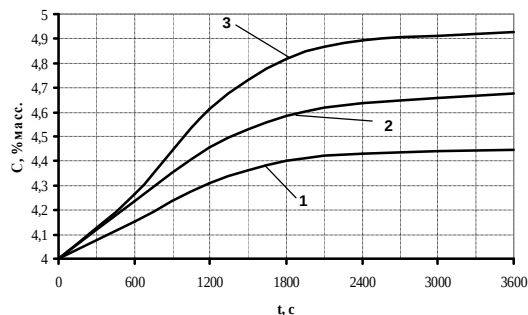


Рис. 5. Динамика изменения концентрации раствора молочной сыворотки на мембранном оборудовании с отводом диффузионного слоя (1), с отводом диффузионного слоя и промежуточной очисткой поверхности мембраны (2), с отводом диффузионного слоя и постоянной очисткой поверхности мембраны (3)

Как видно из графиков (рис. 5), содержание растворенных веществ в концентрате по сравнению с исходным раствором возрастает на 11, 17 и 23% соответственно. Таким образом, наиболее перспективной является третья группа мембранных модулей.

Список литературы

1. Лобасенко Б.А., Иванец В.Н., Космодемьянский Ю.В. Способ мембранного разделения жидких сред: Патент № 2094100. – Оpubл. 27.10.97 в Б.И. № 30.
2. Лобасенко Б.А., Сафонов А.А., Черданцева А.А. Аппарат для мембранного концентрирования: Патент № 2181619. – Оpubл. 27.04.02 в Б.И. № 12.
3. Лобасенко Б.А., Иванец В.Н., Космодемьянский Ю.В. Аппарат для мембранного концентрирования: Патент № 2164168. – Оpubл. 20.03.01 в Б.И. № 8.
4. Лобасенко Б.А., Котляров Р.В., Истратова Е.Е. Аппарат для мембранного концентрирования: Патент № 2285556. – Оpubл. 20.10.06 в Б.И. № 29.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47.
Тел./факс: (3842) 74-42-32

SUMMARY

Developing of the membrane equipment of new type

Kemerovo Technological Institute of Food Industry 650056, Kemerovo City, Bulvar Stroiteley, 47

The membrane equipment classification based on the concentrated polarization using is offered. Some constructions of the membrane modules are considered. The comparative estimation of these modules is carried out.

