Осинцев Алексей Михайлович
д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой физики, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-32, e-mail: osintsev@kemtipp.ru

Брагинский Владимир Ильич
канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-79, e-mail: brag1303@yandex.ru

Бабурчин Денис Сергеевич
аспирант, ведущий инженер Центра новых информационных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-87

Рынк Виталий Васильевич
аспирант, заведующий лабораторией кафедры физики, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-32

Aleksey M. Osintsev
Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Physics, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-32, e-mail: osintsev@kemtipp.ru

Vladimir I. Braginsky
Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Production Processes Automation and Automation Systems, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-79, e-mail: brag1303@yandex.ru

Denis S. Baburchin
Postgraduate Student, Leading Engineer, Center of New Information Technologies, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-87,
e-mail: bds_mail@list.ru

Vitaliy V. Rynk
Postgraduate Student, Head of Laboratory of the Department of Physics, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-32

УДК 664.22:542.816

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МЕМБРАННОГО АППАРАТА ПРИ КОНЦЕНТРИРОВАНИИ КРАХМАЛЬНОГО МОЛОКА

Л.Р. Хачатрян, Р.В. Котляров*, Б.А. Лобасенко

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: asu@kemtipp.ru*

Дата поступления в редакцию: 14.04.2015
Дата принятия в печать: 23.04.2015

Технологии разделения и очистки веществ нашли широкое применение во многих отраслях промышленности, где требуются выделение компонентов из смеси, концентрирование и получение высокочистых веществ, водоочистка и переработка отходов производства и т.д. Особое внимание при организации технологических процессов уделяется созданию безотходных технологий и замкнутых производственных схем. Одной из разновидностей технологии разделения и очистки жидких и газообразных сред являются мембранные методы. Переработка сырья мембранными методами в отличие от широко применяемых методов производится без фазовых превращений. Мембранные методы в ряде случаев оказываются не только более экономичными и менее энергоемкими по сравнению с другими методами, но часто позволяют полнее использовать сырье и энергию. Несмотря на преимущества мембранных методов, их использование в промышленности в настоящее время недостаточно. Это обусловлено невысокой производительностью мембранного оборудования вследствие образования в процессе переработки сред на поверхности мембраны слоя, содержащего задерживаемые вещества в концентрации выше, чем в основном потоке. В связи с этим разработка мембранного оборудования, в котором предусмотрено снижение толщины слоя задерживаемых веществ различными способами, является актуальной задачей. Разработана новая конструкция мембранного аппарата, включающая вставку, состоящую из несущего стрежня и конических элементов, в котором снижение толщины слоя задерживаемых веществ на мембране осуществляется гидродинамическим способом. Экспериментальные исследования мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока показали, что конструкция является работоспособной. Полученная регрессионная модель позволила определить рациональные значения параметров технологического режима работы мембранного аппарата (T = 45 °C, P = 0,25 МПа), при которых достигается максимально

возможная производительность, равная $490 \cdot 10^{-6}$ м^3/(м^2·с). В результате сравнительных экспериментальных исследований новой конструкции мембранного аппарата и прототипа установлено, что использование вставки в составе мембранного аппарата позволяет повысить его производительность по фильтрату в 1,6 раза.

Мембранный аппарат, концентрирование, крахмальное молоко, технологические режимы, регрессионный анализ.

Введение

Современная пищевая промышленность ориентируется на технологии глубокой переработки сырья. Одним из наиболее перспективных методов глубокой переработки жидких пищевых сред можно считать мембранные методы, позволяющие осуществлять концентрирование, очистку и фракционирование пищевых жидкостей с сохранением полезных свойств входящих в их состав компонентов. В частности, мембранные методы успешно применимы в процессе выработки крахмала на этапе рафинирования крахмального молока с целью более тонкой переработки крахмальной суспензии и снижения потерь крахмала [4, 7, 8].

В настоящее время существует разнообразное аппаратурное оформление мембранных процессов. Однако повышение производительности мембранного оборудования остается актуальной научной задачей.

Целью данной статьи является описание новой конструкции мембранного аппарата, а также экспериментальные исследования аппарата, позволяющие определить его работоспособность, выявить рациональные значения технологических режимов его работы и провести сравнительный анализ с существующим мембранным оборудованием.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является мембранный аппарат для переработки жидких пищевых сред (рис. 1), новизна которого защищена положительным решением о выдаче патента РФ на полезную модель [3]. Прототипом послужил классический мембранный аппарат [2], который был реализован на базе исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО «КемТИПП» для исследования процесса концентрирования жидких пищевых сред. Прототип содержит корпус 1, выполненный в виде цилиндра. С одной стороны корпуса располагается патрубок 2 для подачи исходного потока среды, с другой – патрубок 3 для отвода конечного продукта в виде концентрата, а также патрубок 4 для отвода фильтрата. Внутри корпуса располагается коаксиально полупроницаемая мембрана 5. Прототип характеризуется низкой производительностью по фильтрату, что обусловлено накоплением слоя задерживаемых веществ на поверхности мембраны. Новая конструкция мембранного аппарата отличается от прототипа тем, что в мембране располагается вставка, состоящая из несущего стержня 6, конических элементов 7 и фиксирующих колец 8. Каждый конический элемент позволяет локально повысить скорость потока перерабатываемой среды, что способствует уменьшению слоя задерживаемых веществ на поверхности мембраны и интенсифицирует мембранный процесс.

Основными параметрами конического элемента являются длина (L, м), диаметры большего (D'', м) и меньшего (D', м) оснований. На основе результатов практической реализации математической модели гидродинамических условий при обтекании жидкостью конической поверхности в цилиндрическом канале [6] выбраны следующие рациональные значения параметров: L = 0,004 м, D' = 0,001 м, D'' = 0,005 м.

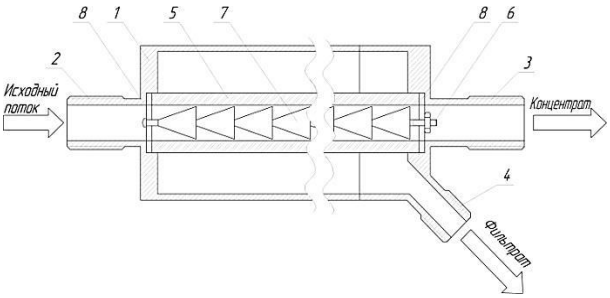

Рис. 1. Мембранный аппарат:
1 – корпус; *2* – патрубок для подачи исходного потока среды; *3* – патрубок для отвода конечного продукта в виде концентрата; *4* – патрубок для отвода фильтрата; *5* – полупроницаемая мембрана; *6* – несущий стержень вставки; *7* – конические элементы вставки; *8* – фиксирующие кольца

Экспериментальные исследования проводились на мембранной установке периодического действия, которая предусматривает циркуляцию всего концентрируемого раствора. Избыточное давление, необходимое для проведения процесса концентрирования, создавалось при помощи циркуляционного насоса и дросселирующего вентиля. Контроль давления осуществлялся при помощи манометра. Постоянная температура процесса поддерживалась термостатом.

В качестве перерабатываемой среды выбрано крахмальное молоко (крахмальная суспензия) с концентрацией сухих веществ С = 7 % масс.

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе определено влияние скорости потока перерабатываемой среды в канале мембраны на производительность аппарата. Здесь и далее указана скорость потока среды на входе в канал мембраны, т.е. в сечении меньшего основания конического элемента. В соответствии с расчетами [6] по длине конического элемента происходит увеличение скорости потока. Кроме того, результаты расчета показали, что при скорости потока более 0,7 м/с значение критерия Рейнольдса не опускается ниже 2300, что свидетельствует о переходном режиме течения жидкости, когда турбулентное течение более вероятно. Максимальная скорость потока v = 1 м/с обусловлена техническими возможностями оборудования мембранной установки. Экспериментальные исследования проводились при температуре крахмального молока Т = 25 ºС, избыточном давлении в канале аппарата Р = 0,25 МПа. Поскольку опыты в каждой точке повторялись не менее десяти раз, результаты ис-

следований (рис. 2) представлены в виде диаграмм «box-and-whiskers» («ящик с усами»), характеризующих разброс экспериментальных данных.

Экспериментально доказано, что увеличение скорости потока перерабатываемой среды приводит к повышению степени турбулизации потока, что, в свою очередь, снижает толщину слоя задерживаемых веществ на поверхности мембраны и повышает производительность мембранного аппарата. В нашем случае можем принять в качестве рекомендуемого при дальнейших исследованиях максимально возможное значение скорости потока, т.е. v = 1 м/с.

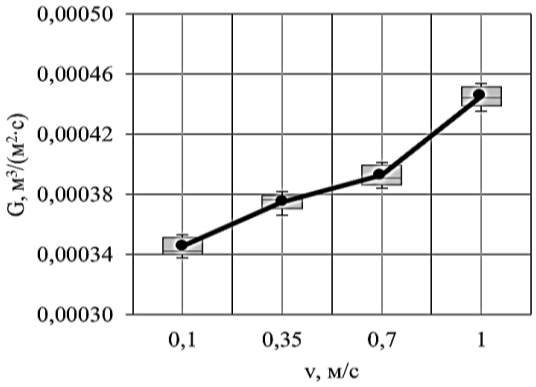

Рис. 2. Влияние скорости потока среды на производительность мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока (С = 7 % масс.) Т = 25 ºС, Р = 0,25 МПа

На следующем этапе определено влияние давления в канале мембраны на производительность аппарата. Экспериментальные исследования проводились при температуре крахмального молока Т = 25 ºС, скорости потока среды v = 1 м/с. Результаты исследований представлены на рис. 3.

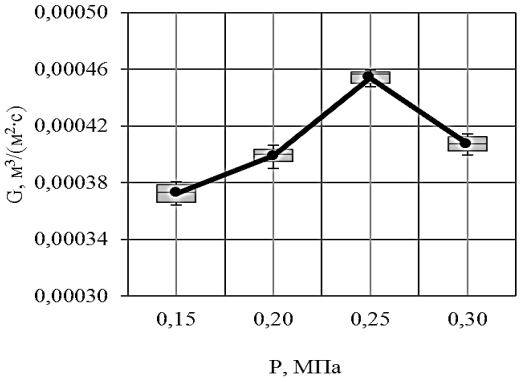

Рис. 3. Влияние давления в канале мембраны на производительность мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока (С = 7 % масс.) Т = 25 ºС, v = 1 м/с

Максимальная производительность мембранного аппарата наблюдается при Р = 0,25 МПа. Именно в этой точке достигается равновесие двух противодействующих факторов. С одной стороны, повышение давления приводит к увеличению движущей силы процесса и, следовательно, способствует образованию фильтрата. С другой стороны, под действием давления происходит уплотнение слоя задерживаемых мембраной веществ, что приводит к увеличению его сопротивления и, следовательно, снижению образования фильтрата. До указанной точки перевес имеет первый фактор, после – второй. Таким образом, рациональным значением давления в канале мембраны предварительно можно считать Р = 0,25 МПа.

На следующем этапе определено влияние температуры перерабатываемой среды на производительность аппарата. Экспериментальные исследования проводились при ранее установленных значениях избыточного давления в канале мембраны и скорости потока среды. Результаты исследований представлены на рис. 4.

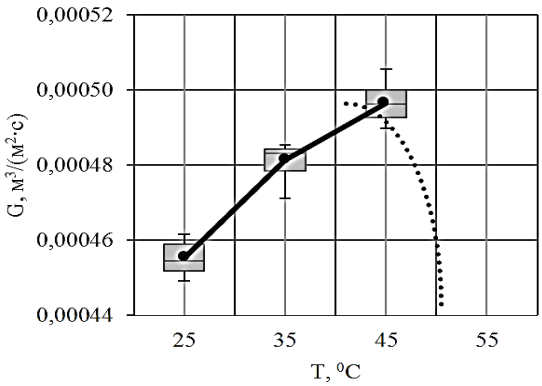

Рис. 4. Влияние температуры среды на производительность мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока (С = 7%масс.) Р = 0,25МПа, v = 1м/с

Повышение температуры крахмального молока вызывает снижение вязкости воды и, следовательно, снижение вязкости суспензии, что способствует образованию фильтрата. При температуре до 40–45 °С зерна крахмала в составе крахмального молока набухают ограниченно, его вязкость практически не меняется [4, 5]. При температуре выше указанных значений зерна крахмала поглощают больше воды, увеличивается вязкость крахмального молока, что приводит к снижению образования фильтрата. При нагревании крахмального молока выше 50–55 °С зерна крахмала поглощают значительное количество воды, увеличиваются в объеме в несколько раз. При этом происходит разрушение нативной структуры зерна, крахмальная суспензия превращается в клейстер. Экспериментально доказано, что при температуре 50–55 °С в крахмальном молоке начинается образование сгустков крахмала, имеющих вязкую структуру. Повышение температуры до 60 °С сопровождается увеличением количества сгустков, а также ростом объема отдельного сгустка. При температуре выше 60 °С образование сгустков носит массовый характер. Процесс мембранного концентрирования практически останавливается, так как образованные сгустки полностью закупоривают внутренний канал мембраны. Поэто-

му при температурах выше 50–55 °С производительность мембраны по фильтрату определить практически невозможно.

Далее проведены исследования влияния температуры перерабатываемой среды на производительность аппарата при различных давлениях в канале мембраны. Результаты исследований представлены на рис. 5.

В каждом случае повышение температуры крахмального молока в известных диапазонах ведет к повышению производительности мембранного аппарата.

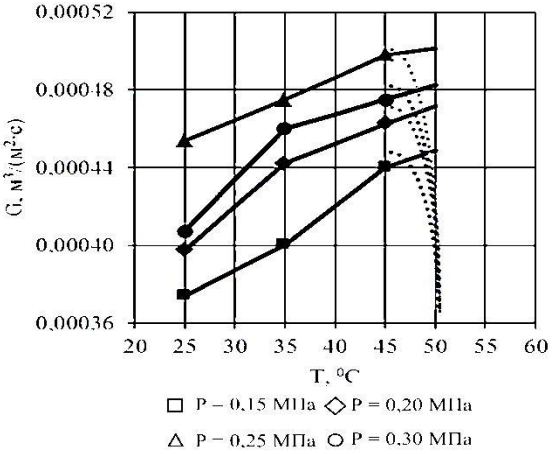

Рис. 5. Влияние температуры среды на производительность мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока (С = 7 % масс.) v = 1 м/с

Взаимное влияние температуры среды ($X_1 = T$) и давления в канале мембраны ($X_2 = P$) на производительность мембранного аппарата ($Y = G$) может быть отражено регрессионной моделью второго порядка (1).

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{11} \cdot X_1^2 + \\ + b_{22} \cdot X_2^2 \,. \qquad (1)$$

Для построения регрессионной модели проведены активные эксперименты на основе матрицы планирования ортогонального плана второго порядка для двух факторов (табл. 1), составленной в соответствии со стандартной методикой [1].

Таблица 1

Матрица планирования ортогонального плана второго порядка

№ п/п	Факторы		Производительность по фильтрату
	T, °C	P, МПа	$G \cdot 10^6$, м³/(м²·с)
1	25	0,20	397
2	45	0,20	462
3	25	0,30	407
4	45	0,30	475
5	25	0,25	454
6	45	0,25	498
7	35	0,20	442
8	35	0,30	460
9	35	0,25	475

Результаты параметрической идентификации и статистической оценки параметров уравнения регрессии приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты параметрической идентификации и статистической оценки параметров уравнения регрессии

Параметр		Значение параметра
Безразмерные коэффициенты	b_0	482,37
	$b`_0$	452,39
	b_1	29,46
	b_2	6,70
	b_{12}	0,62
	b_{11}	–10,07
	b_{22}	–34,89
Дисперсия воспроизводимости	$S^2_{восп}$	21,48
	$f_{восп}$	9
Расчетный критерий Стьюдента	t_0	312,23
	t_1	15,57
	t_2	3,54
	t_{12}	0,27
	t_{11}	2,29
	t_{22}	7,93
Критический критерий Стьюдента	$t_{кр}$	2,26
Дисперсия адекватности	$S^2_{ад}$	75,83
	$f_{ад}$	4
Критерий Фишера	$F_{расч}$	3,53
	$F_{крит}$	3,60

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии позволила исключить незначимый коэффициент уравнения (b_{12}). Адекватность уравнений подтверждена оценкой по критерию Фишера ($F_{крит}$ = 3,6; $F_{расч}$ = 3,53; $F_{крит} > F_{расч}$). Таким образом, зависимость производительности мембранного аппарата по фильтрату от параметров технологического режима может быть описана регрессионной моделью в безразмерном (2) и натуральном (3) масштабах.

$$G \cdot 10^6 = 482{,}37 + 29{,}46 \cdot T + 6{,}70 \cdot P - \\ - 10{,}07 \cdot T^2 - 34{,}89 \cdot P^2 \,, \qquad (2)$$

$$G \cdot 10^6 = -6{,}498 \cdot 10^2 + 9{,}95 \cdot T + 7{,}114 \cdot 10^3 \cdot P - \\ - 0{,}1 \cdot T^2 - 1{,}396 \cdot 10^4 \cdot P^2 . \qquad (3)$$

В результате анализа уравнения регрессии (3) в диапазоне изменения параметров $T \in [25;\ 45]$ и $P \in [0{,}20;\ 0{,}30]$ выявлены их рациональные значения T = 45 °С, P = 0,25 МПа, при которых достигается максимально возможная производительность мембранного аппарата, равная $490 \cdot 10^{-6}$ м³/(м²·с). Максимум производительности явно просматривается на поверхности (рис. 6).

Экспериментально установлена максимально возможная производительность прототипа при концентрировании крахмального молока, которая составляет в среднем $300 \cdot 10^{-6}$ м³/(м²·с).

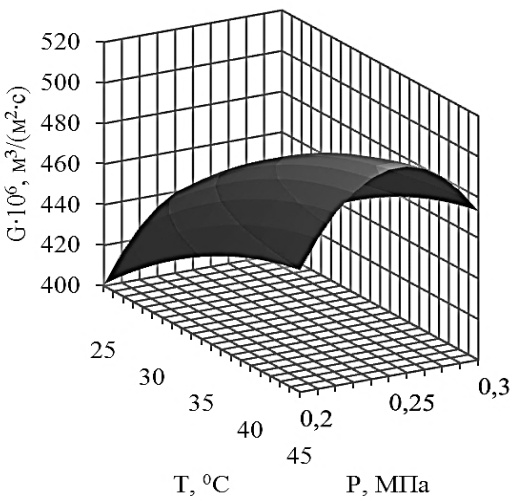

Рис. 6. Зависимость производительности мембранного аппарата по фильтрату от параметров технологического режима при концентрировании крахмального молока
T = 45 ºC, P = 0,25 МПа, v = 1 м/с

Таким образом, использование вставки, состоящей из несущего стержня конических элементов, в составе мембранного аппарата позволило повысить его производительность в 1,6 раза. Это объясняется тем, что гидродинамический элемент конической формы позволяет локально повысить скорость потока перерабатываемой среды. При этом происходит уменьшение слоя задерживаемых веществ на поверхности мембраны, что приводит к повышению скорости образования фильтрата и интенсифицирует мембранный процесс в целом.

На рис. 7 приведены экспериментальные кривые производительности по фильтрату новой конструкции мембранного аппарата и прототипа при рациональных значениях параметров технологического режима, наглядно подтверждающие преимущество разработанной конструкции.

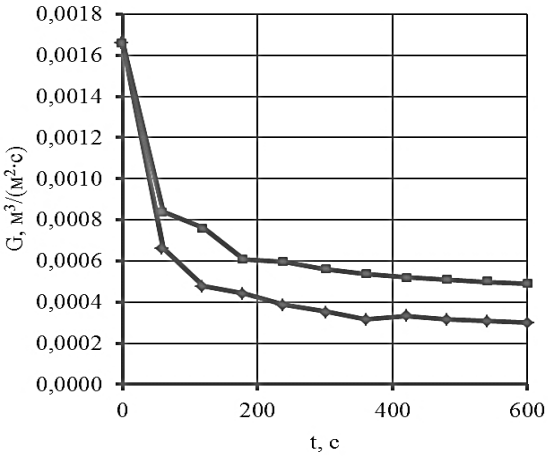

Рис. 7. Производительность мембранного аппарата без вставки и со вставкой при концентрировании крахмального молока (C = 7 % масс.)
T = 45 ºC, P = 0,25 МПа, v = 1 м/с

Список литературы

1. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи Принт, 2005. – 296 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 ч. Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 368 с.
3. Патент РФ № 152744 (Полезная модель) МПК B65D88/68 от 13.02.2014. Мембранный аппарат / Л.Р. Хачатрян, Р.В. Котляров; заявитель и патентообладатель Федеральной государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». Заявка № 2014105407/05(008622), заявлено 13.02.2014, опубликовано 28.05.2015.
4. Технология переработки продукции растениеводства / под ред. Н.М. Личко. – М.: Колос, 2000. – 552 с.
5. Технология пищевых производств / под ред. А.П. Нечаева. – М.: КолосС, 2005. – 768 с.
6. Хачатрян, Л.Р. Математическая модель гидродинамических условий при обтекании жидкостью конической поверхности в цилиндрическом канале / Л.Р. Хачатрян, Р.В. Котляров, А.А. Крохалев // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 1. – Т. 36. – С. 92–96.
7. BeMiller, J.N. Starch – Chemistry and Technology / J.N. BeMiller, R.L. Whistler. – Academic Press, 2009. – 894 p.
8. LeCorre, D. Ceramic membrane filtration for isolating starch nanocrystals / D. LeCorre, J. Bras, A. Dufresne // Carbohydrate Polymers. – 2011. – Vol. 86. – P. 1565–1572.

RESEARCH ON TECHNOLOGICAL MODES OF OPERATING OF MEMBRANE APPARATUS FOR STARCH MILK CONCENTRATION

L.R. Hachatrjan, R.V. Kotlyarov*, B.A. Lobasenko

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: asu@kemtipp.ru*

Received: 14.04.2015
Accepted: 23.04.2015

Technologies of separation and purification of substances are widely used in those branches of industry where separation of components from a mix, concentration and obtaining of high-pure substances, water purification and production waste treatment, etc. are required. When organizing a production process special attention is paid to the creation of waste-free technologies and closed production schemes. Membrane methods are one of the separation and purification technologies for gas and liquid products processing. No phase changes occur when raw materials are processed using membrane methods unlike the cases when widely applied methods are used. Sometimes the membrane methods are not only economic and less power-intensive in comparison with other methods, but often allow a full use of raw materials and energy. Despite their advantages, membrane methods are not widely used in the industry now. The reason is low productivity of the membrane equipment owing to the layer formed on a surface of a membrane, and which contains detained substances, their concentration being higher than that in the main stream. In this regard, the development of the membrane equipment with a decreased layer of the detained substances is an actual task. A new construction of the membrane apparatus having an insert consisting of a bearing rod and conic elements has been developed. The thickness of the detained substance layer on the membrane is decreased by a hydrodynamic way. Experimental studies of the membrane apparatus when concentrating starch milk show that the new construction is efficient. The created regression model allowed defining the rational values of the technological mode parameters (T = 45 °C, P = 0.25 MPa) for the greatest possible productivity ($490 \cdot 10^{-6}$ $m^3/(m^2 \cdot s)$) of the membrane apparatus. It is experimentally determined that the efficiency of the developed membrane apparatus has increased by 1.6 times in comparison with that of a prototype.

Membrane apparatus, concentration, starch milk, technological modes, regression analysis.

References

1. Grachev Ju.P., Plaksin Ju.M. *Matematicheskie metody planirovanija jeksperimentov* [Mathematical methods of planning of experiments]. Moscow, DeLee Print, 2005. 296 p.
2. Dytnerskij, Ju.I. *Processy i apparaty himicheskoj tehnologii. In 2 v. V. 2. Massoobmennye processy i apparaty* [Processes and apparatus of chemical technology. In 2 v. V. 2. Mass transfer processes and apparatus]. Moscow, Himija Publ., 1995. 368 p.
3. Hachatrjan L.R., Kotljarov R.V. *Membrannyj apparat* [Membrane apparatus]. Patent RF, no. 152744, 2015.
4. Lichko N.M. *Tehnologija pererabotki produkcii rastenievodstva* [Technology of processing of plant growing]. Moscow, KolosS, 2000. 552 p.
5. Nechaev A.P. *Tehnologija pishhevyh proizvodstv* [Technology of food industries]. Moscow, KolosS, 2005. 768 p.
6. Hachatrjan L.R., Kotlyarov R.V., Krohalev A.A. Matematicheskaja model' gidrodinamicheskih uslovij pri obtekanii zhidkost'ju konicheskoj poverhnosti v cilindricheskom kanale [Mathematical model of hydrodynamic conditions at the liquid flow round the conic surface in the cylindrical channel]. *Tekhnika i tekhnologiia pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2015, no.1, pp. 92-96.
7. BeMiller J.N., Whistler R.L. *Starch – Chemistry and Technology*. Academic Press, 2009. 894 p.
8. LeCorre D., Bras J., Dufresne A. Ceramic membrane filtration for isolating starch nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 2011, no. 86, pp. 1565-1572.

Дополнительная информация / Additional Information

Хачатрян, Л.Р. Исследование технологических режимов работы мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока / Л.Р. Хачатрян, Р.В. Котляров, Б.А. Лобасенко // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37. – № 2. – С. 61–66.

Hachatrjan L.R., Kotlyarov R.V., Lobasenko B.A. Research on technological modes of operating of membrane apparatus for starch milk concentration. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 61–66. (In Russ.)

Хачатрян Левон Рубикович
аспирант кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-35

Котляров Роман Витальевич
канд. техн. наук, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: kotliarov_rv@mail.ru

Лобасенко Борис Анатольевич
д-р техн. наук, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-67-38

Levon R. Hachatrjan
Postgraduate of the Department of Production Processes Automation and Automation Systems, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-35

Roman V. Kotlyarov
Cand.Tech.Sci., Head of the Department of Production Processes Automation and Automation Systems, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia,
phone: +7 (3842) 39-68-35,
e-mail: kotliarov_rv@mail.ru

Boris A. Lobasenko
Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Technological Design for Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-67-38