

$$c_{20} = (y_{LC} \cdot f_{Lx} - x_{LC} \cdot f_{Ly}) / (y_{LC} - y_{CD} \cdot x_{LC} \cdot x_{CD}^{-1});$$

$$c_{21} = y_{CD} / x_{CD}.$$

Аналог угловой скорости звена с найдем по формуле $\Psi' = (x_{CD} \cdot y_C' - y_{CD} \cdot x_C') / c^2$.

Для определения аналогов ускорений предварительно вычислим переменные коэффициенты:

$$d_1 = (x_E' + y_B) \cdot x_E' + (y_E' - x_B) \cdot y_E' - (x_E' + y_B) \cdot (-y_B) - (y_E' - x_B) \cdot x_B; d_2 = (x_E' - x_G') \cdot x_E' +$$

$$+ (y_E' - y_G') \cdot y_E' + (y_E' - x_G') \cdot y_G' - (y_E' - y_G') \cdot y_G'; d_3 = x_G'^2 + y_G'^2; d_4 = x_L'^2 + y_L'^2;$$

$$d_5 = (x_L' - x_C') \cdot x_E' + (y_L' - y_C') \cdot y_L' - (x_L' - x_C') \cdot y_C' - (y_L' - y_C') \cdot y_C'; d_6 = x_C'^2 + y_C'^2; d_7 = d_6 / x_{CD};$$

$$d_8 = x_{LC} \cdot d_7 + d_5; d_9 = d_8 / (y_{LC} - y_{CD} \cdot x_{LC} \cdot x_{CD}^{-1}); d_{10} = (c_2 - d_1) / x_{EB};$$

$$d_{11} = (d_2 + x_{EG} \cdot d_{10}) / (y_{EG} - x_{EG} \cdot y_{EB} \cdot x_{EB}^{-1}); d_{12} = f_{Kx} \cdot (d_9 \cdot y_{CD} \cdot x_{CD}^{-1} + d_7) + d_9 \cdot (f_{Ky} - y_{CD} \cdot x_{CD}^{-1}) - d_7;$$

$$d_{14} = d_9 \cdot (1 - f_{Kx}) + f_{Ke} \cdot (d_9 \cdot y_{CD} \cdot x_{CD}^{-1} + d_7); d_{15} = (x_F' - x_K') \cdot x_F' + (y_F' - y_K') \cdot y_F' - (x_F' - x_K') \cdot y_F' -$$

$$- (y_F' - y_K') \cdot y_F'; d_{16} = f_{Fx} \cdot (d_{10} + d_{11} \cdot y_{EB} \cdot x_{EB}^{-1}) + d_{11} \cdot f_{Fy}; d_{17} = f_{Fy} \cdot (d_{10} + d_{11} \cdot y_{EB} \cdot x_{EB}^{-1}) + d_{11} \cdot f_{Fx};$$

$$d_{18} = x_{FK} \cdot (d_{16} - d_{12}) + y_{FK} \cdot (d_{17} - d_{14}) + x_{LG} \cdot (f_{Lx} - 1) + y_{LG} \cdot f_{Ly}.$$

Аналоги ускорений определяются из выражений:

$$\det(x_G'', y_G'') = b_3 \cdot b_4 - b_1 \cdot b_2; \det(x_G'') = (d_4 - d_3) \cdot b_4 - d_{18} \cdot b_2; \det(y_G'') = -b_3 \cdot d_{18} - b_1 \cdot (d_4 - d_3);$$

$$x_G'' = \det(x_G'', y_G'') / \det(x_G''); y_G'' = \det(x_G'', y_G'') / \det(y_G''); x_K'' = c_4 \cdot x_G'' + c_8 \cdot y_G'' + d_{12}; y_K'' = c_6 \cdot x_G'' +$$

$$+ c_{10} \cdot y_G'' + d_{14}; x_F'' = c_3 \cdot x_G'' + c_7 \cdot y_G'' + d_{16}; y_F'' = c_5 \cdot x_G'' + c_9 \cdot y_G'' + d_{17}; y_E'' = c_{14} \cdot x_G'' + c_{15} \cdot y_G'' - d_{11};$$

$$x_E'' = d_{10} - c_{18} \cdot y_E''; y_C'' = c_{19} \cdot x_G'' + c_{20} \cdot y_G'' + d_9; x_C'' = -c_{21} \cdot y_C'' - d_7; x_L'' = f_{Lx} \cdot x_G'' - f_{Ly} \cdot y_G'';$$

$$y_L'' = f_{Ly} \cdot x_G'' + f_{Lx} \cdot y_G''.$$

Тогда формула для вычисления аналога углового ускорения будет иметь вид:

$$\Psi'' = (x_{CD} \cdot y_C'' - y_{CD} \cdot x_C'') / c^2.$$

Поставленная задача получению аналитических зависимостей аналогов скоростей и ускорений рычажного механизма IV класса выполнена полностью.

Построенные по результатам расчета диаграммы, представленные на рис. 2, полностью отражают характер изменения кинематических параметров рычажного механизма IV класса с выстоем выходного звена.

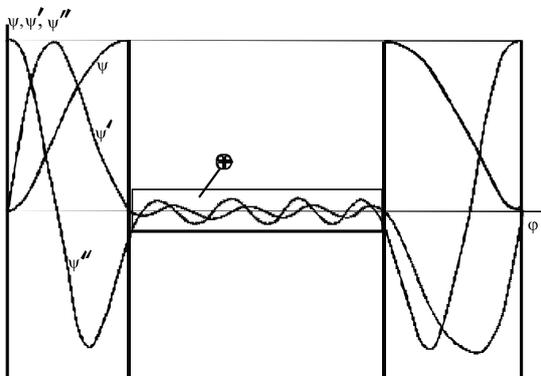


Рис.2. График перемещения, аналог скорости и ускорения выходного звена с увеличенным фрагментом скоростей и ускорений на участке выстоя

Список литературы

1. Численный метод кинематического анализа рычажных механизмов с выстоем выходного звена на основе уравнений связи / В.Г. Хомченко, Е.С. Гебель, Е.В. Солонин, А.А. Бурлаков // Динамика систем, механизмов и машин: Материалы VI междунар. науч.-техн. конф. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – Рн. 1. – С. 92-97.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МЕМБРАННОГО АППАРАТА НОВОГО ТИПА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Шушпанников А.С.

ФБГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Кемерово,
e-mail: antt_sh@mail.ru

В современном мире остро стоит проблема полного использования пищевого сырья и, в частности, проблема разделения компонентов пищевого сырья для последующего синтеза на их основе разнообразных пищевых продуктов. В связи с этим в последние десятилетия особое внимание на себя обратили мембранные технологии, которые по сравнению с традиционными методами разделения обладают рядом преимуществ (энергоэффективность, отсутствие воздействия высоких температур и т. д.). Однако есть у них и недостатки. Наиболее существенным является образование на мембране слоя с повышенной концентрацией задерживаемых веществ (явление концентрационной поляризации), что в дальнейшем приводит к образованию слоя геля на её поверхности. Именно в нём сосредоточено основное сопротивление массопереносу.

Способам снижения концентрационной поляризации и увеличению производительности действующего мембранного оборудования посвящено значительное количество теоретических и экспериментальных исследований. Возможности усовершенствования стандартных способов практически исчерпаны и не приносят ощутимых результатов, поэтому целесообразно использовать иной подход и рассмотреть концентрационную поляризацию не как негативное явление, а наоборот, как создающее дополнительные возможности для повышения полноты и скорости разделения.

Согласно классификации [1], предложенной авторами, мембранные аппараты разделяют на конструкции, не предусматривающие снижение концентрационной поляризации, уменьшающие концентрационную поляризацию и использующие это явление. Наиболее перспективными являются аппараты, относящиеся к третьей группе. В них производится отвод части слоя, имеющего повышенную концентрацию задерживаемых веществ (диффузионного слоя).

Одной из первых конструкций данной группы был аппарат, изображенный на рис. 1 [2].

Он состоит из гайки 1, которая с помощью резьбы 2 присоединяется к дренажной трубке 3, на которой находится мембрана 4. Внутри гайки находится коническая втулка 5, имеющая прорези 6 для прохода разделяемого раствора. Между внешней стороной конической втулки и гайкой имеются зазор 11, каналы и отводные каналы 7 и 8 соответственно для прохода и отвода слоя концентрата, имеющего повышенное содержание задерживаемых веществ. Крепление устройства осуществляется с помощью фланца 9, в котором имеется выходное отверстие 10.

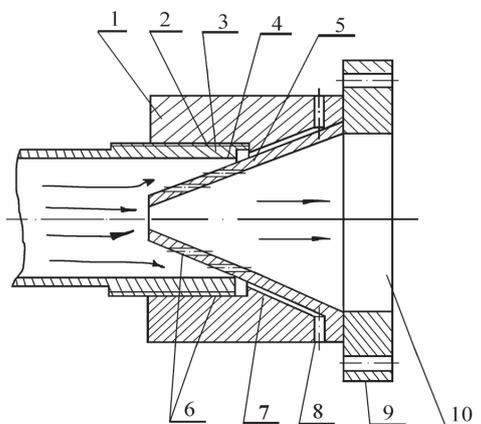


Рис. 1. Аппарат для мембранного разделения:
1 – гайка; 2 – резьба; 3 – дренажная трубка; 4 – мембрана;
5 – втулка; коническая; 6 – прорези; 7, 8 – переточные и отводные каналы; 9 – фланец; 10 – выходное отверстие; 11 – зазор

Аппарат работает следующим образом. В процессе фильтрования на поверхности мембраны происходит образование слоя с повышенным содержанием задерживаемых веществ. Высота слоя концентрата достаточно мала. Поворачивая гайку 1 можно добиться, чтобы величина зазора между мембраной 4 и внешней поверхностью конической втулки 5 была минимальной и сопоставимой с толщиной концентрата. После этого открывают канал 8 и добиваются устойчивого отвода концентрата. Оставшаяся часть раствора проходит через внутреннюю часть конуса и далее через выходное отверстие 10. Для предотвра-

щения образования застойных зон между конической втулкой и мембраной, а также возможной турбулизации потока в конической втулке предусмотрены кольцевые прорези 6.

Основным недостатком данного аппарата является образование застойных зон, вследствие чего снижается производительность.

Дальнейшие работы были направлены на увеличение производительности. В связи с чем была предложена конструкция, изображенная на рис. 2 [3].

Она состоит из корпуса 1 и кожуха 2. Отвод продукта осуществляется через кольцевые щели 4 и 5 и патрубок 3. Внутри корпуса находится полый шток 6, на конце которого выполнен конус, положение которого может регулироваться за счет резьбы 7. Устройство присоединяется к трубчатой мембране 8. На корпусе имеется штуцер 9 для отвода диффузионного слоя. Устройство работает следующим образом. Исходный раствор под давлением, проходя по трубчатой мембране 8, фильтруется. При этом на ее внутренней поверхности образуется слой с повышенным содержанием растворенных веществ. Поток и слой устремляются в корпус 1, в котором выполнены две кольцевые щели 4 и 5. При этом давление, возникающее в первой из них, будет больше чем во второй. Это происходит за счет перемещения конуса штока 6.

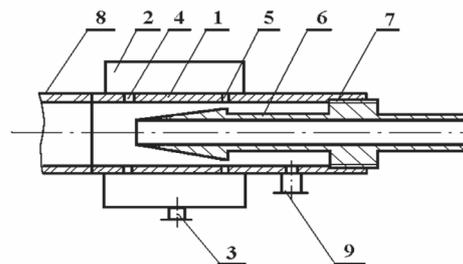


Рис. 2. Аппарат для мембранного концентрирования: 1 – корпус; 2 – конус; 3 – штуцер; 4, 5 – щели; 6 – шток; 7 – резьба; 8 – трубчатая мембрана; 9 – штуцер

Основная часть потока разделяется полым конусом на две части: диффузионный слой с более высокой концентрацией и основной поток. Диффузионный слой проходит по кольцевому пространству между поверхностями штока 6 и корпуса 1, и отводится из штуцера 9, имеющего вентиль для плавной регулировки. Оставшаяся часть потока (с меньшей концентрацией) выводится через отверстие в полом штоке.

В данной конструкции увеличение производительности процесса концентрирования предусмотрено за счет одновременного отвода диффузионного слоя через кольцевое сечение и зазор между полым конусом и втулкой.

Недостатком данного аппарата является сложность изготовления.

Основной целью при разработке конструкции мембранного аппарата, изображенного на рис. 3 [4] было увеличение производительности по отводимому диффузионному слою и простота изготовления.

Устройство состоит из корпуса 1, на котором находится кожух 2 со штуцером 3. Корпус имеет конические отверстия 4. Внутри корпуса находится коническая втулка 5 с проточкой. Положение втулки регулируется при помощи резьбы 6. Устройство присоединяется к трубчатой мембране 7.

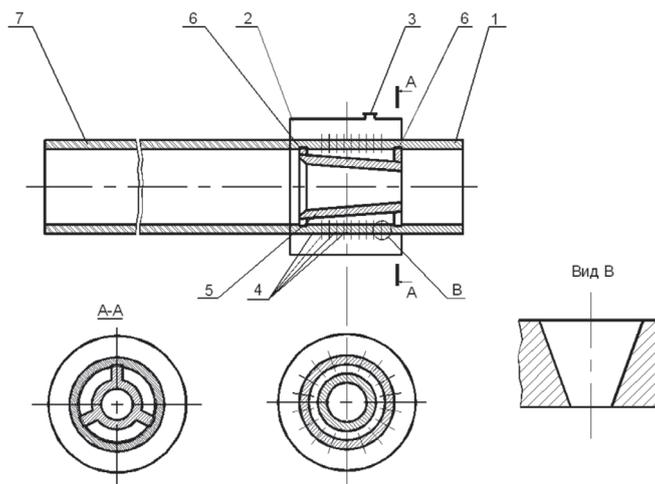


Рис. 3. Аппарат для мембранного концентрирования: 1 – корпус; 2 – кожух; 3 – штуцер; 4 – отверстия; 5 – коническая втулка; 6 – резьба; 7 – трубчатая мембрана

Устройство работает следующим образом. Исходный раствор под давлением, проходя по трубчатой мембране 7, фильтруется. При этом на внутренней поверхности мембраны образуется подвижный диффузионный слой с повышенным содержанием растворенных веществ (явление концентрационной поляризации). Диффузионный слой, за счет разности давлений, устремляется в зазор между наружной поверхностью конической втулки 5 и корпусом 1 и, проходя через отверстия 4, попадает в кожух 2, а затем отводится через штуцер 3. Коническая форма отверстий предусматривает более интенсивный отвод через них диффузионного слоя. За счет изменяющейся геометрии конуса (уменьшения внешнего диаметра) происходит увеличение давления среды при движении вдоль его образующей. Это позволяет отвести большую часть слоя, находящегося в зазоре. Основная часть потока (с меньшей концен-

трацией) направляется во внутреннюю полую область конической втулки 5, не создавая застойных зон. Этому способствует как проточка на входе в конус, так и изменяющийся внутренний диаметр.

Предложенная форма конической втулки и конические отверстия в корпусе позволяют увеличить концентрацию и количество отводимого диффузионного слоя по сравнению с аналогичными конструкциями.

Проанализировав существующие конструкции мембранных аппаратов и результаты их исследований, было определено, что отводится лишь часть диффузионного слоя. С целью увеличения его количества была предложена конструкция мембранного аппарата (рис. 4), в которой за счет создания оптимальных условий работы осуществляется интенсификация процесса мембранного концентрирования [заявка на изобретение № 2012138966 от 11.09.2012].

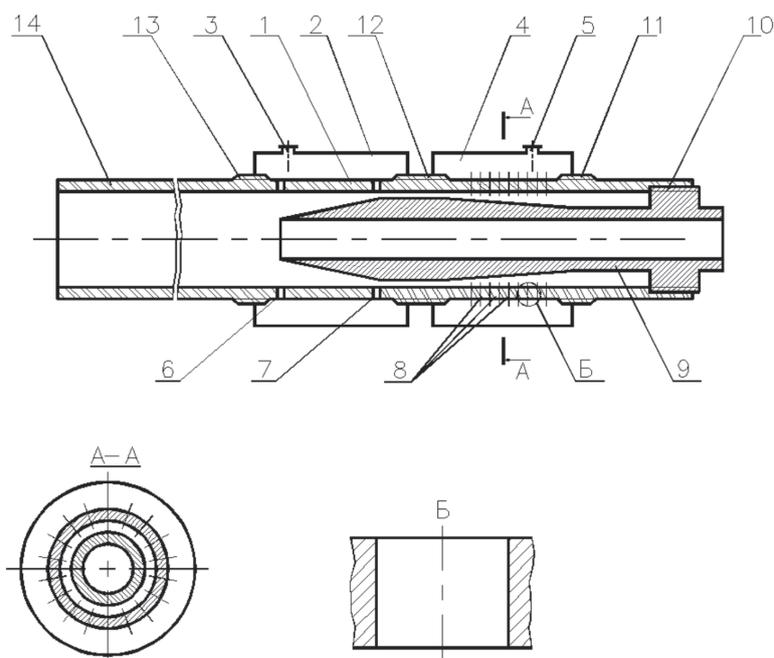


Рис. 4. Аппарат для мембранного концентрирования: 1 – корпус; 2,4 – кожухи; 3,5 – штуцеры; 6,7,8 – кольцевые щели; 9 – подвижный шток; 10, 11, 12, 13 – резьбы; 14 – трубчатая мембрана

Устройство состоит из корпуса 1, на котором находится кожух 2 со штуцером 3 и кожух 4 со штуцером 5. Корпус имеет кольцевые щели 6, 7 и 8. Внутри корпуса находится подвижный шток 9 переменной конфигурации. Положение штока регулируется при помощи резьбы 10, а положение кожухов при помощи резьбы 11, 12 и 13. Устройство присоединяется к трубчатой мембране 14.

Устройство работает следующим образом. Исходный раствор под давлением подается по трубчатой мембране 14. Происходит мембранная фильтрация, при этом на внутренней поверхности мембраны образуется слой с повышенным содержанием растворенных веществ (явление концентрационной поляризации). Поток и слой устремляются в корпус 1, где концентрат с большим содержанием растворенных веществ через щели 6 засасывается в кожух 2. Для отвода более концентрированного диффузионного слоя предусмотрено перемещение кожуха 2, которое позволяет создать большую разность давлений в кожухе и в области щели, через которую производится его отвод. Концентрат отводится из кожуха 2 через штуцер 3.

Слой концентрата, не попавший в кожух 2, движется дальше по внутренней поверхности корпуса 1

и в конически сужающейся области штока 9 за счет разности давлений засасывается в кожух 4 через щели 8. Для создания большей разности давлений предусмотрено перемещение кожуха 4. Концентрат отводится из кожуха 4 через штуцер 5.

Таким образом, использование удлиненного штока с переменной конфигурацией, двух зон отвода и подвижных кожухов позволяет существенно увеличить количество отводимого диффузионного слоя и тем самым интенсифицировать процесс мембранного концентрирования.

Список литературы

1. Лобасенко Б.А. Ультрафильтрация молока и молочных продуктов: монография / Б.А. Лобасенко, Р.Б. Лобасенко; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2006. – 117 с.
2. Лобасенко Б.А., Иванец В.Н., Космодемьянский Ю.В. и др. Аппарат для мембранного разделения: Патент № 2119378. – Оpubл. 27.09.98 в Б.И. № 27.
3. Лобасенко Б.А., Сафонов А.А., Лобасенко Р.Б., Черданцева А.А. Аппарат для мембранного концентрирования: Патент № 2181619.- Оpubл. 27.04.2002 в Б.И. № 12.
4. Лобасенко Б.А., Пашкевич А.А., Семенов А.Г. Аппарат для мембранного концентрирования: Патент № 2006126272. – Оpubл. 10.03.2008 в Б.И. № 7.

Секция «Системное развитие техники и технологии пищевых производств», научный руководитель – Шахов С.В., д-р техн. наук, доцент

**РАЗРАБОТКА ПЕЛЛЕТ НА ОСНОВЕ ОТРУБЕЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕПЛОЙ ЭКСТРУЗИИ**
Абрамов О.В., Пустовалова Л.Е., Еремеев А.Б., Ткачев О.А.
Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, e-mail: luckyshax@mail.ru

В рационе питания современного человека продукты функциональной направленности приобретают все большее значение. Это во многом связано с активным пропагандированием здорового образа жизни потребителей в нашей стране. Созданию продуктов на основе отрубей, обладающих сбалансированным составом и хорошими органолептическими свойствами, традиционно уделяется повышенное внимание.

Интенсивно развивающиеся экструзионные технологии являются, с одной стороны эффективными методами преобразования свойств растительного сырья с целью получения продуктов и полуфабрикатов с программируемыми характеристиками и составом, а с другой – они высоко экономичны и кратковременны, что, несомненно, важно для сохранения функциональных свойств используемого сырья. Производство чипсов и снеков из пеллет – новое, но очень быстро развивающееся направление, которое дает ряд преимуществ, связанных не только с удобством хранения полуфабрикатов (до 1 года) и транспортировкой, но и с получением продуктов разных форм и потребительских свойств.

Целью нашей работы было изучение перспективы создания пеллет из отрубей методом тепловой экструзии, а также нахождение оптимального состава экструдированных пеллет, имеющего повышенную биологическую и пищевую ценность и способствующего полноценному снабжению организма человека всеми необходимыми микронутриентами: витаминами и жизненно важными минеральными веществами.

При тепловой экструзии в крахмалосодержащем сырье происходит желатинизация крахмала. Однако вспучивания с образованием пористой структуры на выходе из экструдера не наблюдается. Это связано с температурным режимом – 80...100 °С, что недостаточно для резкого превращения воды в пар. В ре-

зультате теплой экструзии и последующей сушки экструдатов получают полуфабрикаты, которые при дальнейшей кратковременной тепловой обработке вспучиваются с образованием структуры, которая подобна текстуре продуктов горячей экструзии.

Руководствуясь принципами рационального питания, рекомендациями ФАО/ВОЗ и получением продуктов с хорошими органолептическими свойствами, нами разработана рецептура пеллет на основе отрубей. В их состав входят отруби пшеничные и овсяные, кукурузная мука, картофельные хлопья и горчичный порошок.

В соответствии с теорией рационального питания принято считать, что наиболее правильным соотношением белков, жиров и углеводов будет соотношение, близкое к 1:1,2:4 (если рассматривать суточный рацион здорового человека). На основании проведенной оптимизации по биологической ценности продукта, а также соотношений углеводы/белки и белки/жиры, было предложено следующее соотношение компонентов рецептурной смеси: отруби пшеничные 30%, отруби овсяные 30%, кукурузная мука 15%, картофельные хлопья 20%, горчичный порошок 2% и соль поваренная пищевая 3%.

Таким образом, предложен новый вид полуфабрикатов из отрубей сбалансированного состава с программируемыми, лечебно-профилактическими свойствами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ

Барыкин Р.А., Суханова Н.В., Бокадаров С.А.,
Берестовой А.А.

Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, e-mail: luckyshax@mail.ru

Экстракт левзеи сафлоровидной представляет собой раствор экстрактивных веществ в воде, представляющих собой комплекс биологически активных веществ, включающий 52 фитостероидов, включая экидистерон (0,44%); 18 витаминов и витаминоподобных веществ; 47 микроэлементов, в том числе