

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

МРНТИ 65.65.33

С. Алтайулы

Казахский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина,
г. Астана, Казахстан

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ РОТАЦИОННО-ПЛЕНОЧНОГО АППАРАТА

Аннотация. Разработана новая конструкция конического ротационно-пленочного аппарата для проведения процесса влагоудаления из фосфатидных эмульсий растительных масел, которые используются в масложировой промышленности и других отраслях промышленности, применяющих выпаривание влаги из термолабильных высоковязких концентратов. Установлено, что в коническом ротационно-пленочном аппарате внутренняя полость перфорированного ротора была разделена на зону подачи и распределения исходного продукта и зону удаления пара перегородкой, на которой размещена вставка сфероконической формы с обратным изгибом конической части, вершина которой направлена навстречу подаче исходного продукта. В полости ротора данной зоны установлены криволинейные лопасти, образующие которых имеют вид кривой, полученной аппроксимацией ломаной линии. Научной новизной инновационной конструкции аппарата является снижение амплитуды колебаний ротационно-пленочного аппарата путем уменьшения трения частиц суспензии о лопасти ротора. Применяется для влагоудаления из фосфатидных эмульсий растительных масел, значительно снижая энергозатраты.

Ключевые слова: ротационно-пленочный аппарат, влагоудаление, эмульсия.



Түйіндеме. Өсімдік майларын өндіру өнеркәсібінде өсімдік майы фосфатидтерінен ылғалды кетіру үдерістерін жүзеге асыру үшін және термолабильді жоғары тұтқырлы сұйық концентраттардан ылғалды буландыруға пайдаланатын басқа салаларында қолданылатын ротациялық жұқа пленкалы құрылғының жаңа конструкциясының жобасы жасалынды. Құрылғының ғылыми жаңалығы инновациялық жаңа конструкциясы ротационды

жұқа қабықшалы аппаратың корпусының ішінде бастапқы өнімнің бір қалыпты таралуын қамтамасыз етіп, динамикалық жүктеме ұлғаюына себеп болатын ротордың қалақтарына суспензия бөлшектерінің үйкелісін азайту арқылы тербеліс амплитудасын төмендетіп, энергия тұтынудың шығынын азайтып үнемду болып табылады.

Түйінді сөздер: ротационды-жұқа қабықшалы аппарат, ылғалды кетіру, эмульсия.



A new design of the conical rotary film apparatus has been developed for carrying out the process of removal moisture from phosphatidic emulsion of vegetable oils, which are used in the oil industry and other industries that use the evaporation of moisture from a thermolabile highly viscous concentrate. As a result of experimental studies it has been achieved that in the conical rotafilm apparatus, the inner cavity of perforated rotor is divided into a supply zone and distribution of original product and zone of removing of vapor by the barrier, where is placed the insert of sphere conical form with reverse band of conical portion, which top is directed towards the supply original product. Scientific novelty of the innovative construction of device is the reducing of the amplitude of vibrations of rotafilm apparatus by reducing the friction of suspension particles of the rotor blades, causing the higher dynamic loadings, providing of even equal distribution of the original product in the inner surface of the body, as well as the reducing of energy consumption.

Key words: rotafilm contactor apparatus, dehumidification, emulsion.

Введение. В настоящее время возрастает актуальность проблемы создания перспективных технологий и оборудования для производства высококачественных продуктов функционального назначения. В решении поставленных задач большая роль отводится биоинженерии, мембранной технологии и масложировой промышленности (эксплуатации вода-в-масле), развитие которой должно удовлетворить возрастающие потребности населения в продуктах их переработки [1-3]. Приготовление жирной кислоты или фосфолипидных везикул по тонкопленочной регидратации происходит с использованием метода мембранной технологии [4]. В масложировой отрасли промышленности производят фосфатидные концентраты, являющиеся одним из ценных побочных продуктов, которые широко применяются в кондитерской, хлебопекарной, комбикормовой и других отраслях про-

мышленности. Фосфатидные концентраты получают при первичной очистке растительных масел на стадии рафинации в результате их гидратации путем добавления воды в масло. В результате фосфатиды коагулируют в виде хлопьев, что основано на их коллоидно-гидрофильных свойствах. Масло с гидратированными хлопьями фосфатидов центрифугируется в сепараторах или отделяется на отстойниках непрерывного действия. Полученный в результате гидратации растительных масел гидрофильный осадок, имеющий высокую начальную влажность (50-70 % к общей массе), при хранении интенсивно окисляется. Для увеличения срока хранения и улучшения качества пищевых фосфатидных концентратов из гидратационных осадков удаляет влагу до содержания не более 1 % [1, 2]. Отсутствие научно обоснованных режимов процесса удаления влаги приводит к необратимым физико-химическим, физико-механическим изменениям в перерабатываемом материале, что делает процесс влагоудаления неэффективным. Изыскание путей интенсификации и повышения качества готового продукта, а также разработка высокопроизводительных конструкций выпарных ротационно-пленочных аппаратов являются актуальными задачами.

Разрабатываемый конический ротационно-пленочный аппарат относится к устройствам для проведения процесса влагоудаления из влажных фосфатидных эмульсий растительных масел и может быть использован в масложировой промышленности и других отраслях промышленности, применяющих выпаривание влаги из термолабильных высоковязких концентратов. Недостатком ротационно-пленочного аппарата является то, что при подаче в верхней части его корпуса фосфатидной эмульсии на лопасть ротора в результате трения возникают динамические нагрузки, вызывающие колебания ротационно-пленочного аппарата. При этом происходит неравномерное распределение фосфатидной эмульсии по внутренней поверхности корпуса. Кроме того, при работе аппарата требуются высокие энергозатраты.

Целью разработки новой конструкции является снижение амплитуды колебаний ротационно-пленочного аппарата путем уменьшения трения частиц суспензии о лопасти ротора, вызывающего повышенные динамические нагрузки, обеспечения равномерного распределения исходного продукта по внутренней поверхности корпуса, а также снижение энергозатрат.

Методы исследования. Ранее известны конструкции конического ротационно-пленочного аппарата, используемого в масложировой промышленности и других отраслях промышленности для выпаривание влаги из термолабильных высоковязких концентратов. Известен ротационно-пленочный аппарат [1, 2], который предназначен для проведения процесса выпаривания из фосфатидных эмульсий растительных масел.

Результаты исследования. В ходе экспериментальных исследований установлено, что в коническом ротационно-пленочном аппарате внутренняя полость перфорированного ротора разделена на зону подачи и распределения исходного продукта и зону удаления пара перегородкой, на которой размещена вставка сфероконической формы с обратным изгибом конической части, вершина которой направлена навстречу подаче исходного продукта. Причем в зоне подачи и распределения исходного продукта отверстия перфорации ротора имеют щелевидную форму и в полости ротора данной зоны установлены криволинейные лопасти, образующие которых имеют вид кривой, полученной аппроксимацией ломаной линии, описываемой уравнением:

$$\ddot{x} = \omega^2 x - f g - f \omega^2 \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \sin \beta_0 - 2 f \omega \dot{x},$$

где ω – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

x, y – координаты частицы продукта;

f – коэффициент трения продукта о поверхность криволинейной лопасти;

g – ускорение свободного падения, м/с² ($g = 9,81$ м/с²);

β_0 – угол наклона лопасти ротора относительно радиального направления с учетом условия:

$$\sin \beta_0 < \frac{2\dot{x}}{\omega \cdot r_0},$$

где r_0 – радиус вращения частиц, м.

При этом патрубок для ввода исходного продукта, имеющих с обоих концов тангенциально выполненные отверстия, установлен с возможностью вращения в центральной части конического корпуса по его оси, один конец которого размещен во внутренней полости перфорированного ротора в зоне подачи и распределения исходного продукта. Другой конец размещен в камере для исходного продукта, которая последовательно соединена с калорифером и насосом подачи исходного продукта. Исследование ранее известных конструкций ротационно-пленочных аппаратов позволило обнаружить взаимосвязи и закономерности производящихся в процессе выпаривания из высоковязких, жидких, высоковлажных, термолабильных эмульсий. Предлагаемая конструкция ротационно-пленочного аппарата более эффективна и имеет большое практическое значение для производства фосфатидных концентратов растительных масел.

Обсуждение результатов. Конический ротационно-пленочный аппарат (рис. 1) содержит конический корпус 1 с крышкой 2 и обогреваемыми стенками, имеющими греющую рубашку 3 и патрубки 4, 5 соответственно для ввода исходного продукта, вывода готового продукта, а также патрубка 6 для присоединения к вакуумной системе. Подвод и отвод пара из греющей рубашки 3 осуществляется через патрубки 7 и 8.

Конический корпус 1 выполнен усеченным с углом раскрытия 18-22°, большее основание которого расположено в зоне ввода исходного продукта, а отношение диаметра большего основания корпуса к диаметру меньшего его основания равно 1,8-2,5.

Внутри корпуса размещен с возможностью вращения цилиндрический перфорированный ротор 9, внутренняя полость которого разделена на зону подачи и распределения исходного продукта и зону удаления пара перегородкой 10.

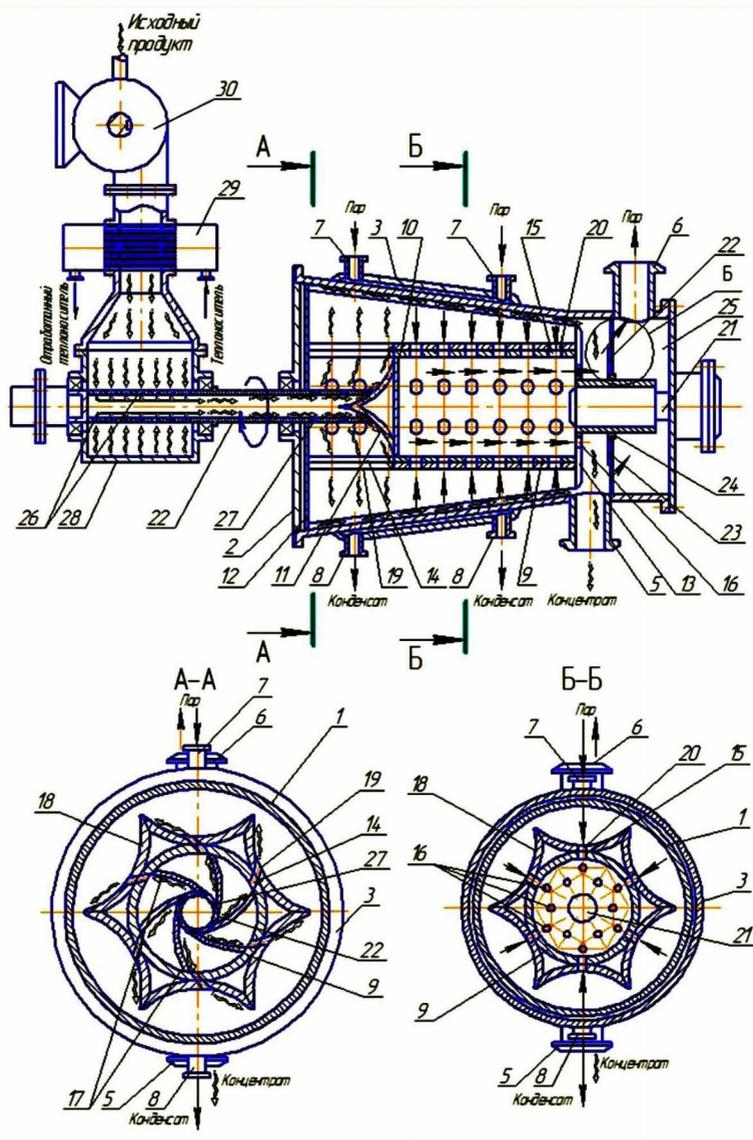


Рис. 1. Общий вид конического ротационно-пленочного аппарата

На перегородке 10 размещена вставка 11 сфероконической формы с обратным изгибом конической части (т.е. луковичной или шлемовидной формы), вершина которой направлена навстречу подаче исходного продукта. Использование вставки 11 позволяет исключить застойные зоны во внутренней полости ротора 9 и беспрепятственно и своевременно направлять исходный продукт в зону обработки.

Перфорированный ротор 9 ограничен дисками 12 и 13. В зоне подачи и распределения исходного продукта выполнены отверстия перфорации ротора щелевидной формы 14, а в зоне удаления пара – отверстия цилиндрической формы 15. На диске 13 ротора 9, расположенном в зоне выхода продукта, выполнены цилиндрические отверстия 16, отношение площади живого сечения которых к площади живого сечения отверстий 15 перфорированного ротора 9 не меньше 1.

В полости ротора 9 зоны подачи и распределения исходного продукта установлены криволинейные лопасти 17, образующие которых имеют вид кривой, полученной аппроксимацией ломаной линии.

На наружной поверхности цилиндрического перфорированного ротора 9 расположен полый барабан 18 со звездообразным сечением, вершины которого являются его лопастями (рис. 2). Кромки лопастей барабана 18 расположены параллельно образующей внутренней поверхности конического корпуса 1 с постоянным зазором, и выполнены винтообразно по всей своей длине.

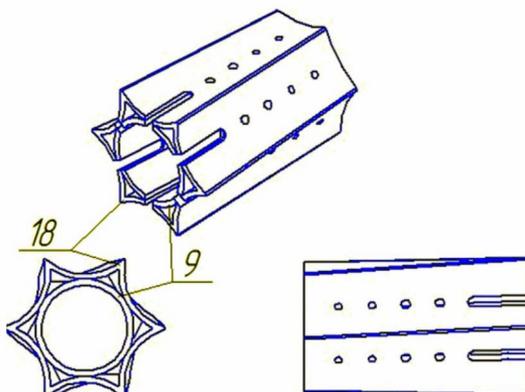


Рис. 2. Полый барабан со звездообразным сечением и его трехмерная модель

В месте контакта с цилиндрическим перфорированным ротором 9 полый барабан 18 также имеет отверстия щелевидной формы 19 и цилиндрической формы 20, выполненные соосно с отверстиями 14 и 15 цилиндрического перфорированного ротора 9.

Живое сечение отверстий 15 (или 20) перфорации и по длине ротора 9 изменяется. Отношение площади живого сечения отверстий 15 перфорации ротора 9 (или отверстий 20 перфорации полого барабана 18) в месте ввода исходного продукта, к площади живого сечения перфорации в месте выхода готового продукта составляет 1,4-1,8.

Ротор 9 установлен в корпусе 1 с помощью полуоси 21 и патрубка 22. На полуоси 21 установлен сепарационный отбойник 22, который неподвижно закреплен на корпусе 1 посредством радиальных опор с образованием отверстий в виде кольцеобразных сегментов, причем на поверхности сплошной части сепарационного отбойника 22, обращенной к ротору 9, установлены вертикальные направляющие 23 и уплотняющая втулка 24 (рис. 3). Между сепарационным отбойником 23 и крышкой 2 корпуса 1 расположена сепарационная камера 25.

Патрубок 22 (рис. 4) служит для ввода исходного продукта и имеет с обоих концов тангенциально выполненные отверстия 26 и 27. Патрубок 22 для ввода исходного продукта установлен с возможностью вращения в центральной части конического корпуса 1 по его оси. Один конец патрубка 22 для ввода исходного продукта размещен во внутренней полости перфорированного ротора 9 в зоне подачи и распределения исходного продукта, а другой конец размещен в камере 28 для исходного продукта, которая последовательно соединена с теплообменником 29 и насосом 30 для подачи исходного продукта.

Предлагаемый конический ротационно-пленочный аппарат работает следующим образом:

Исходный обрабатываемый продукт посредством насоса 30 через рекуперативный теплообменник 29, где он с целью снижения вязкости подогревается теплоносителем (в качестве которого может использоваться отработанный конденсат из гре-

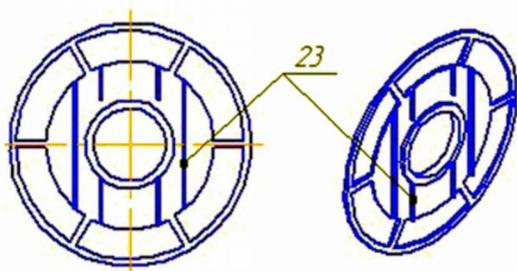


Рис. 3. Сепарационный отбойник

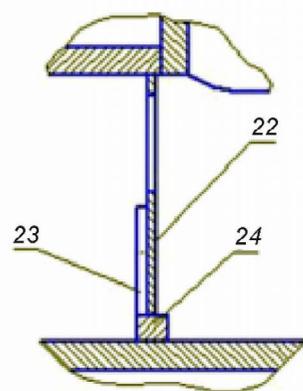


Рис. 4. Увеличенный выносной элемент Б

ющей рубашки 3) поступает через патрубок 22 во внутреннее пространство корпуса 1, где через отверстия 27 попадает на криволинейные лопасти 17 вращающегося ротора 9. При движении по криволинейной поверхности лопастей 17 за счет энергии потока продукта и давления, оказываемого на них, происходит вращение ротора 9. Затем продукт через отверстия 14 и 19 поступает на лопасти полого барабана 18 и под действием центробежных сил наносится на внутреннюю поверхность корпуса 1, обогреваемого через греющие рубашки 3 паром, подаваемым и отводимым патрубками 7 и 8. Обрабатываемый продукт поступательно перемещается вместе с выпаренными из продукта парами влаги вдоль корпуса 1 за счет винтообразных лопастей с высокой скоростью движения вдоль аппарата к выходу и выводится из него через патрубок 5. Образовавшаяся в результате выпаривания парогазовая смесь отсасывается вакуумной системой (не показана) через отверстия 15 и 20 перфорированного полого барабана 18 и ротора 9 и отверстия 16 диска 13, а также через зазор между корпусом 1 и диском 13. После чего вступает в контакт с сепарационным отбойником 22, где из нее выделяются жидкая фаза готового продукта, которая посредством на-

правляющих 23 перемещается в патрубок вывода готового продукта 5. Затем парогазовая смесь поступает в сепарационную камеру 25 и через патрубок 6 для присоединения к вакуумной системе выводится из устройства.

Выводы. Таким образом, в результате снижения амплитуды колебаний ротационно-пленочного аппарата путем уменьшения трения частиц суспензии о лопасти ротора, вызывающего повышенные динамические нагрузки, обеспечивается равномерное распределение исходного продукта по внутренней поверхности корпуса, и снижаются энергозатраты.

Преимущества нового ротационно-пленочного аппарата:

- Разделение внутренней полости перфорированного ротора на зону подачи и распределения исходного продукта и зону удаления пара перегородкой, на которой размещена вставка сфероконической формы с обратным изгибом конической части, вершина которой направлена навстречу исходному продукту. Отверстия перфорации ротора щелевидной формы в зоне подачи и распределения исходного продукта и установка в полости ротора данной зоны криволинейных лопастей позволяют беспрепятственно доставлять на внутреннюю поверхность корпуса исходный продукт путем уменьшения трения продукта о поверхности аппарата, вызывающего повышенные динамические нагрузки и, как следствие, к снижению амплитуды колебаний ротационно-пленочного аппарата.

- Установка патрубка для ввода исходного продукта, имеющего с обоих концов тангенциально выполненные отверстия, с возможностью вращения в центральной части конического корпуса по его оси, один конец которого размещен во внутренней полости перфорированного ротора в зоне подачи и распределения исходного продукта, а другой – размещен в камере для исходного продукта, позволяет осуществить равномерное распределение исходного продукта по внутренней поверхности корпуса.

- Последовательное соединение с теплообменником и насосом подачи исходного продукта способствует снижению энергозатрат.

Список литературы

1 *Алтайулы С.* Извлечение фосфолипидов из сырого растительного масла с последующим получением фосфатидного концентрата // *Масла и жиры.* – 2010. – № 11 (117). – С. 20-22.

2 *Алтайулы С., Антипов С.Т.* Конический ротационно-плечной аппарат для сушки фосфолипидных эмульсий подсолнечных масел // *Изв. вузов. Пищ. технология.* – 2011. – № 4 (322). – С. 92-93.

3 *Spencer A.C., Torre P., Mansy S.S.* The Encapsulation of Cell-free Transcription and Translation Machinery in Vesicles for the Construction of Cellular Mimics // *J. Vis. Exp.* (80), e51304, 2013.

4 *Ting F. Zhu, Itay Budin, Jack W. Szostak.* Preparation of Fatty Acid or Phospholipid Vesicles by Thin-film Rehydration Department of Molecular Biology, Howard Hughes Medical Institute, Massachusetts General Hospital, Boston, MA, USA/ *Methods in Enzymology.* – 2013. – Vol. 533. – P. 267-274.

Алтайулы Сагымбек, доктор технических наук, доцент,
e-mail: sagimbek@mail.ru