АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМ-СУБЛИМАЦИОННОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Некрылова Т.И., Тарик Джуахра, Шахов А.С., Курнакова В.С., Колчина М.В.

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

Продукты сублимационной сушки имеют широчайшие возможности для использования их как в качестве готовых продуктов быстрого приготовления, детского и диетического питания, так и в качестве полуфабрикатов для дальнейшей промышленной переработки (кондитерская, пищеконцентратная, мясомолочная, парфюмерная и другие отрасли).

Основным методом подготовки жидких пищевых продуктов к сушке является удаление влаги с невысокой энергией связи ее с продуктом вакуумным испарением выше тройной точки, фильтрованием и баромембранным разделением. Развитие поверхности испарения может достигается измельчением структурных продуктов, а также гранулированием твердых, пастообразных и жидких материалов в виде замороженных дисперсных частиц. Применительно к вакуум-сублимационной сушке жидких и пастообразных продуктов высокая интенсивность процесса достигается в «тонком слое» на различных развитых носителях. Также известен способ интенсификации процесса сублимационной сушки жидких продуктов путем обновления раздела фаз за счет непрерывного или периодического разрушения и удаления высохшего слоя материала, имеющего низкую тепло- и паропроводность.

При организации процесса вакуум-сублимационной сушки продуктов, имеющих различную структуру, для интенсификации процесса особое значение имеет адаптированный к ним выбор способов подвода энергии. Основными способами подвода энергии при сублимационной сушке являются кондуктивный и терморадиационный. Работами российских и зарубежных исследователей доказано, что при сушке ряда пищевых продуктов значительно больший эффект может быть получен при использовании светлых излучателей, источников коротковолнового излучения. Значительно интенсифицировать процесс позволяет использование энергии электромагнитных колебаний сверхвысокой частоты для сублимации, особенно для продуктов с развитой и сложной структурой.

Не менее важным, аспектом является интенсификация внешнего массообмена. Установлено, что организация вынужденного движения среды в направлении от обезвоживаемого материала к десублиматору с помощью циркуляционного насоса интенсифицирует внешний тепло- и массообмен. Второй путь интенсификации внешнего массообмена – уменьшение гидравлического сопротивления на участке: продукт – десублиматор.

Актуальным направлением развития сублимационной является переход от периодического процесса к непрерывному. В настоящее время действующих промышленных установок непрерывного действия пока не существует, но работа по их созданию ведется как за рубежом, так и в России. Основным фактором, сдерживающим применение непрерывно действующих установок, является сложность осуществления непрерывного ввода продукта в рабочий объем сублимационной камеры.

ПОЛЕ СКОРОСТЕЙ ГАЗА В АППАРАТЕ С АКТИВНЫМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ

Прибытков А.В., Ткачев В.А., Малибеков А.А., Джунисбеков Т.М.

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

Определение поля скоростей в аппаратах со сложной геометрией и турбулентным потоком представляет собой сложную гидродинамическую задачу, на основе теоретических и экспериментальных исследований предложены следующие зависимости для расчета поля скоростей газа в аппарате:

$$V_{\phi} = \left(\hat{r} e^{\,1-\hat{r}} \right)^{k} \cdot V_{\phi m}; \quad (1)$$

$$V_{r} = 2\alpha^{2} \left(\hat{r} e^{\,1-\hat{r}} \right)^{k} \left[\left(1 + k - k\hat{r}\right)^{2} - kr \right] \cdot V_{\phi m}; \quad (2)$$

$$V_{z} = \left[-\frac{2\alpha^{2}}{\hat{r}} \left(\hat{r} e^{\,1-\hat{r}} \right)^{k} \left(\left(1 + k - k\hat{r}\right)^{3} - 3k\hat{r}\left(1 + k - k\hat{r}\right) - k\hat{r} \right) \right] \cdot \xi \cdot V_{\phi m} + c, \quad (3)$$

где V_{φ}, V_r, V_z – тангенциальная, радиальная и осевая составляющая вектора скорости сушильного агента; $\hat{r} = \frac{r}{r_{\phi m}}$ – безразмерный текущий радиус; $r_{\varphi m}$ – радиус, соответствующий максимальной тангенциальной скорости сушильного агента (совпадает с радиусом установки патрубка тангенциального подвода агента); k – показатель, характеризующий структуру закрученного потока сушильного агента; α – коэффициент, характеризующий турбулентную структуру потока агента; $V_{\varphi m}$ – максимальная касательная скорость в месте тангенциального ввода в потоке сушильного агента; $\xi = \frac{L}{r_{\phi m}}$ – безразмерная длина камеры; L – длина камеры; c – параметр, характеризующий среднюю осевую скорость потока сушильного агента.

$$k = \frac{\hat{r}_{я}^{2} + 3\hat{r}_{я}^{5/3} + 3}{\hat{r}_{я}^{2} + 3\hat{r}_{я}^{5/3} - 3}, \quad (4)$$

где $\hat{r}_{я} = \frac{\hat{r}_{я}}{\hat{r}_{\phi m}}$ – безразмерный радиус ядра потока сушильного агента.

РАЗРАБОТКА МЕМБРАННОГО АППАРАТА С ПЛОСКИМИ ФИЛЬТРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

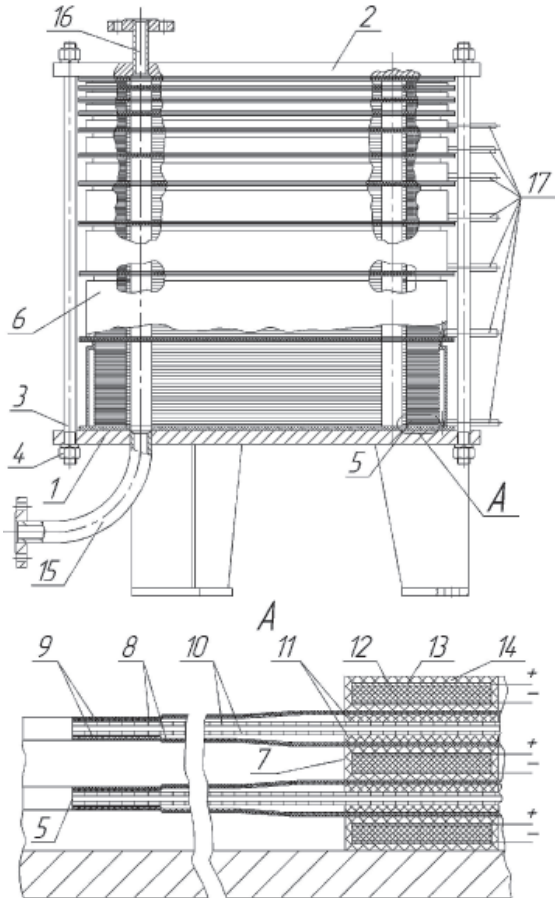
Торопцев В.В., Слюсаренко Е.А., Шахов С.В., Логинов А.В.

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

Недостатками известных ультрафильтрационных аппаратов плоскорамного типа являются их невысокая производительность и длительность процесса фильтрации.

В мембранном аппарате с плоскими фильтрующими элементами (рисунок), состоящем из секций, стянутых во фланцах 1 и 2 с помощью шпилек 3 и гаек 4 и представляющих собой расположенные в цилиндрических обечайках 6 и чередующиеся с уплотнительными прокладками 7 пакеты мембранных элементов 5 в виде двух мембран 8, уложенных на подложки из мелкопористого материала 9, опирающиеся в свою очередь на кольца 11 из тонкого жесткого материала с размещенным между ними

дренажным материалом 10, внутри уплотнительных прокладок 7 герметично размещены между двумя металлическими пластинами 13 тонкие кремниевые вставки 12, запаянные в резину 14 и соединенные с генератором колебаний ультразвуковой частоты. Исходный раствор поступает в аппарат через штуцер 15, параллельными потоками последовательно проходит все секции, двигаясь вдоль мембран 8 по всем межмембранным каналам. Концентрированный раствор уходит через штуцер 16, а фильтрат – через дренажные сетки 10 и отводные патрубки 17. Образующиеся в кремниевых вставках 12 под действием подводимого электрического тока колебания заданной частоты передаются на мембраны, что приводит к разрушению поляризационного слоя.



Мембранный аппарат с плоскими фильтрующими элементами

Преимущества данного аппарата заключаются в повышении производительности аппарата и интенсификации процесса фильтрации за счет снижения уровня концентрационной поляризации в результате вибровоздействия на мембрану.

ТЕПЛОВОЙ НАСОС – ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ В СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Чернопятова С.А., Дуванов Е.А., Сабиров А.А., Шахов С.В.

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

При производстве спирта основная часть энергоресурсов расходуется на измельчение зерна, получение замеса, его водно-тепловую и механико-ферментативную обработку, выработку пара в котельной, а также на брагоректификацию. Перечисленные участки спиртовых заводов являются наиболее перспективными для внедрения мероприятий по экономии энергоресурсов.

Перегонка и ректификация спирта являются заключительной технологической стадией спиртового производства, определяющей качество продукта. На этой стадии на спиртовых заводах расходуется большая часть тепловой энергии, потребляемой на технологические нужды, поэтому снижение энергопотребления на брагоректификационной установке наиболее существенно сокращает расход тепловой энергии по заводу в целом. Низкая энергоэффективность процесса ректификации в условиях промышленного производства обусловлена высоким расходом энергии на производство греющего пара, потерями энергии паров спирта с охлаждающими средами, необходимостью предварительного подогрева исходной смеси необоротными теплоносителями, которые отводятся вместе с тепловыми потерями в окружающую среду, неблагоприятно влияя на экологическую обстановку.

Теплонасосные системы представляются одним из наиболее эффективных альтернативных средств решения проблемы. Тепло-хладоснабжение с помощью тепловых насосов относится к области энергосберегающих экологически чистых технологий.

Наибольший энергетический и экономический выигрыш от тепловых насосов может быть, достигнут применением комплексных систем тепло- и хладоснабжения при получении холода на любом из возможных для данной системы температурном уровне. Они имеют различный качественный (температурный уровень, свойства теплоносителя) и количественный состав.

Тепловой насос в этом случае может выполнять функции теплоснабжения и обратного охлаждения воды, подаваемой в технологические аппараты. Такое совмещение выгодно с точки зрения экономии капитальных и эксплуатационных затрат, а также благодаря тому, что система водоснабжения становится замкнутой и резко сокращаются потери воды, испаряющейся в градирнях. Экономический эффект при охлаждении воды в тепловых насосах вместо градирен значительно возрастает при приближении температуры охлажденной воды к нижнему температурному пределу возможностей градирен.

Таким образом, применение систем на базе тепловых насосов – это во многих случаях экономически оправданное решение, ведущее как к сбережению невозобновляемых энергоресурсов и защите окружающей среды, так и к экономии низкопотенциальных возобновляемых энергетических ресурсов и природной теплоты.