

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ
РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
ВАКУУМ-СУБЛИМАЦИОННОГО
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ**

Некрылова Т.И., Тарик Джуахра, Шахов А.С.,
Куракова 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, пищевая концентратная, 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 достигаться 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 высокого 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 терморadiационный. Работами российских и зарубежных исследователей доказано, что при сушке ряда пищевых продуктов значительно больший эффект может быть получен при использовании светлых из-

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

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; $r_{\phi m}$ – 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; $V_{\phi m}$ – 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.

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

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

лучателей, 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:

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

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

**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