

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВОСОДЕРЖАЩИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*Акимов М.М., канд. техн. наук, Тусипов Н.О., PhD докторант*

Государственный университет имени Шакарима города Семей,  
Республика Казахстан, г. Семей

**Аннотация.** В данной статье описываются конструктивные особенности сушилки псевдооживленного слоя для полидисперсных материалов. Получена зависимость для определения необходимой мощности привода вращающихся горизонтальных валов с учетом сопротивления и силы трения. Предложено конструктивное решение с целью снижения потерь высушиваемого материала и повышения качества готового продукта.

**Ключевые слова.** Сушка, пищевые продукты, сушилки, псевдооживленный слой, мощность привода, производительность, интенсивность процесса.

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF PROTEIN FOOD

*Akimov M.M., Cand. Sc. (Tech.), Tusipov N.O., PhD doctoral student*

Shakarim State University of Semey, Republic of Kazakhstan, Semey

**Abstract.** This article describes the design features of the fluidized bed dryer for polydisperse materials. The dependence for determining the required drive power of rotating horizontal shafts taking into account the resistance and friction force is obtained. A constructive solution is proposed to reduce the loss of the dried material and improve the quality of the finished product.

**Keywords.** Drying, food, dryers, fluidized bed, drive power, performance, process intensity.

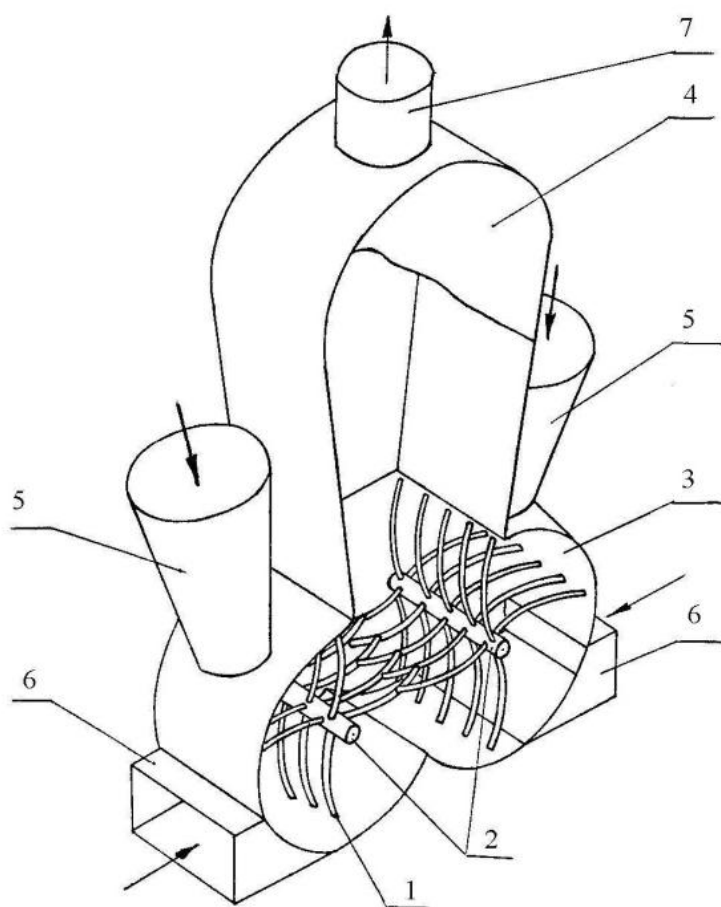
Евразийский экономический союз открывает для предпринимателей Казахстана рынки России и Беларуси, но вместе с тем возрастает и конкуренция. В условиях глобальной конкуренции на рынок необходимо выводить конкурентоспособные товары. Для этого необходимо применять инновационные подходы и технологии для разработки технологического оборудования для их эффективного производства, что позволит расширить ассортимент сухих комбинированных продуктов питания на основе белковых ингредиентов.

Проблема производства сухих белковосодержащих продуктов актуальна, поскольку доставка охлажденных продуктов питания в границах ЕАЭС в отдаленные районы затруднена. Консервирование пищевых продуктов сушкой позволяет сократить расходы на хранение продукции, транспорт, обеспечить длительную сохранность органолептических показателей, то есть обеспечить качество продукта [1].

Повышенная адгезионная способность и высокая термочувствительность

белковосодержащих продуктов не допускают нагрев материала до температуры, превышающей предельно допустимую, и обуславливают необходимость применения процессов и установок, в которых обеспечиваются равномерный нагрев и сушка. При высушивании белковосодержащих продуктов имеется ряд трудностей, связанных с большой термолабильностью белков, что не дает возможности существенно увеличить термический КПД. Это препятствует созданию эффективного малогабаритного сушильного агрегата, с достаточной производительностью позволяющего обеспечить безотходное использование белковосодержащих пищевых продуктов.

Установка для сушки полидисперсных материалов (рисунок 1) позволяет решить задачи по повышению эффективности использования сушильного агента, устранению образования застойных зон внутри камеры, снижению удельных энергозатрат на единицу продукции и устранению агломерации частиц высушиваемого материала [2].



1 – серповидные насадки; 2 – валы; 3 – вихревая камера; 4 – верхняя часть вихревой камеры; 5 – устройства для загрузки материала; 6 – тангенциальные патрубки; 7 – патрубок

Рисунок 1. Сушилка для полидисперсных материалов

Конструктивными особенностями сушильной установки являются установленные в нижней части камеры, подсоединенные к приводу взаимопараллельные горизонтальные валы с насадками и тангенциальные патрубки ввода теплоносителя в сушильную камеру. Такая конструкция установки позволяет

интенсифицировать процесс сушки, регулировать порозность слоя, создать режим устойчивого псевдооживления, исключить образование застойных зон и каналов, предотвратить агломерацию частиц высушиваемого материала.

Наличие внутри камеры сушилки двух взаимопараллельных горизонтальных вращающихся валов с закрепленными на них насадками не создает само по себе значительного гидравлического сопротивления для прохождения теплоносителя и даже способствуют его уменьшению в случае применения процесса перемешивания высушиваемого материала. Перемешивание материала позволит создать мягкий гидродинамический режим, избежать явления каналообразования, создать развитую поверхность контакта материала с сушильным агентом и обеспечить постоянное ее обновление, а также обеспечит более полное использование энергии теплоносителя, что тем самым увеличивает производительность сушилки по испаряемой влаге и повышает интенсивность процесса сушки.

Применение насадок, закрепленных на вращающихся горизонтальных валах, позволяет непрерывно очищать стенки камеры от материала, дезинтегрировать продукт, предотвращая тем самым окомкование высушиваемого материала и исключает образование в камере застойных зон.

Радиальная скорость насадок  $w_p$ , обеспечивающая энергичное перемешивание и минимальное сопротивление псевдооживленного слоя, приравненная к критической скорости псевдооживления  $w_{кр}$  определялась по формуле О.М. Тодеса [3]:

$$Re_{кр} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (1)$$

где  $Re_{кр}$  - критерий Рейнольдса  $Re_{кр} = \frac{w_{кр} \cdot d}{\nu}$

$Ar$  - критерий Архимеда  $Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_{ч}}{\nu^2}$

Откуда

$$w_{кр} = \frac{Re_{кр} \cdot \nu}{d} \quad (2)$$

При движении радиальной насадки в перемешиваемом продукте ей приходится преодолевать сопротивление, вызываемое как силой тяжести и внутренним трением продукта, так и трением продукта о насадку. Радиальная сила сопротивления может быть определена из схемы (рисунок 2).

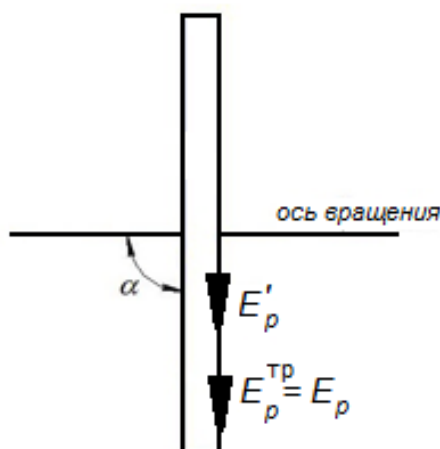


Рисунок 2. Расчетная схема для определения сил сопротивления, действующих на радиальную насадку

Однако

$$\begin{aligned}
 \bar{E}_p &= \bar{E}'_p + \bar{E}_p^{\text{тр}} \\
 E'_p &= E \cdot \cos \alpha = 0 \\
 E_p^{\text{тр}} &= E_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha = E \cdot \mu \cdot \sin \alpha = E \cdot \mu \\
 E_p &= E \cdot \mu = \mu \cdot \gamma \cdot h_{\text{ср}} \cdot f \cdot tg^2 \left( 45^\circ + \frac{\rho}{2} \right)
 \end{aligned} \tag{3}$$

$\alpha$  - угол наклона, в угловых градусах;

$\mu$  - коэффициент трения продукта о насадку;

$\gamma$  - сила тяжести продукта, Н/м;

$\rho$  - угол внутреннего трения продукта, в угловых градусах;

$h_{\text{ср}}$  - средняя глубина погружения данной насадки в продукт, м.

Определив равнодействующие силы сопротивления продукта по формуле (3) и подставив вместо радиальной скорости рабочую скорость сушильного агента  $w_{\text{кр}}$ , определяем необходимую мощность.

Необходимая мощность привода для вращения горизонтальных валов рассчитывается в соответствии с типовым расчетом смесителя непрерывного действия и определяется по формуле:

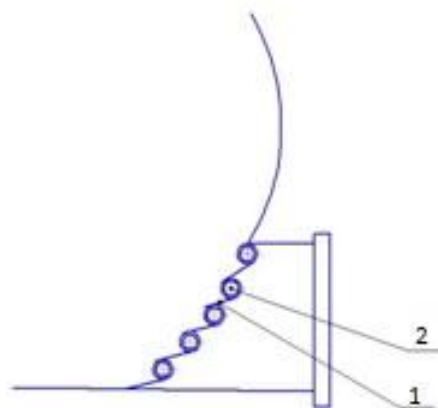
$$N = \sum_1^z \frac{E_p \cdot w_p}{1000} \tag{4}$$

где  $E_p$  - радиальная составляющая равнодействующей силы сопротивления продукта, действующая на вертикальную насадку погруженную в продукт, Н;

$w_p$  - радиальная скорость насадки, м/с;

$z$  - число вертикальных насадок, одновременно погруженных в продукт, шт.

Также с целью снижения потерь высушиваемого материала, повышения качества готового продукта сушилка дополнительно снабжена поворотными пластинами типа жалюзи, установленными внутри тангенциальных патрубков (рисунок 3). Пластины изготавливаются из легкосплавных материалов и закрепляются в тангенциальных патрубках на осях по касательной к нижней части вихревой камеры с возможностью открывания под напором (теплоносителя) сушильного агента [4].



1 – поворотные пластины; 2 – ось

Рисунок 3. Тангенциальные патрубки сушилки для полидисперсных материалов

Поворотные пластины – жалюзи открываются в момент подачи сушильного агента при этом способствуют его равномерному распределению по всему объему вихревой камеры и закрываются при прекращении подачи сушильного агента, перекрывая вход нижней части вихревой камеры и тем самым предотвращают провал частиц высушиваемого материала в тангенциальные патрубки. При этом поворотные пластины не оказывают какого-либо существенного гидравлического сопротивления для прохождения сушильного агента.

Как показали результаты исследований, подобная конструкция сушильной установки позволяет достичь значительного экономического эффекта вследствие сокращения в 1,5-2 раза расхода сушильного агента и потребления энергии, а так же свести до минимума потерю высушиваемого материала.

### Литература

1. Буянов О.Н., Расщепкин А.Н., Ермолаев В.А. Определение оптимальных режимов вакуумной сушки обезжиренного творога // Хранение и переработка сырья. 2009. №6. С. 26
2. Авторское свидетельство №12476. 16.12.96
3. Тодес О.М. Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем (гидравлические и тепловые основы работы). Л.: Химия, 1981. 296 с.
4. Инновационный патент РК №29537. Бюллетень №2, 16.02.2015