

**Волженцев Андрей Владимирович,**

*канд. техн. наук, заведующий кафедрой*

*«Механизация технологических процессов в агропромышленном комплексе»,*

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина,*

*г. Орёл, Россия*

## **ТИПЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕШЕТ ДЛЯ СУШИЛОК С КИПЯЩИМ ЗЕРНОВЫМ СЛОЕМ**

Проведен анализ влияния каналообразования на эффективность применения кипящего слоя. Рассмотрены необходимые условия при конструировании воздухораспределительных устройств в зерносушилках с кипящим слоем.

**Ключевые слова:** сушка; зерно; кипение; канал.

**Andrey V. Volzhentsev,**

*Candidate of Technical Sciences, Head of the Department*

*«Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex»,*

*Oryol State Agrarian University named after N.V. Parahin,*

*Oryol, Russia*

## **TYPES OF AIR SIEVES FOR DRYERS WITH A BOILING LAYER OF THE GRAIN**

The analysis of the influence of channel formation on the efficiency of the fluidized bed. The necessary conditions for the design of air distribution devices in grain dryers with a boiling layer are considered.

**Keywords:** drying; grain; boiling; channel.

Переход неподвижного слоя зерна в кипящее состояние осложнён выбросом некоторой части зерна на поверхность и образование канала, а не псевдооживление всего слоя. Данная аномалия объясняется образованием в слое зерна каналов, через которые проходит вверх непропорционально большое количество воздуха. Расширение слоя начинается обычно при несколько большем перепаде давления, чем это соответствует весу зерна, приходящемуся на единицу площади поперечного сечения слоя. Расширение слоя обычно начинается совершенно внезапно, и на «отрыв» зёрен друг от друга должно

быть затрачено определенное количество энергии, которое до настоящего времени не поддаётся расчёту. После того как слой расширится, перепад давления довольно резко падает. На рис. 1 приведены типичные случаи каналообразования: сквозное каналообразование, когда каналы пронизывают всю толщину слоя зерна и внутренне каналообразование, когда длина каналов составляет лишь часть высоты слоя. Внутреннее каналообразование сопровождается более высокими значениями перепада давления. При увеличении скорости воздуха тенденция к образованию каналов уменьшается.

Вследствие каналообразования слой становится по плотности неоднородным, тогда локальные объёмные скорости могут значительно отличаться от заранее заданной объёмной скорости. Это в свою очередь приведет к искажению температурных полей и неравномерному нагреву зерна агентом сушки.

Влияние каналообразования на эффективность применения кипящего слоя может быть очень сильным. В свою очередь на каналообразование в большей степени влияет конструкция воздухораспределительного устройства зерносушилок (рис. 2).

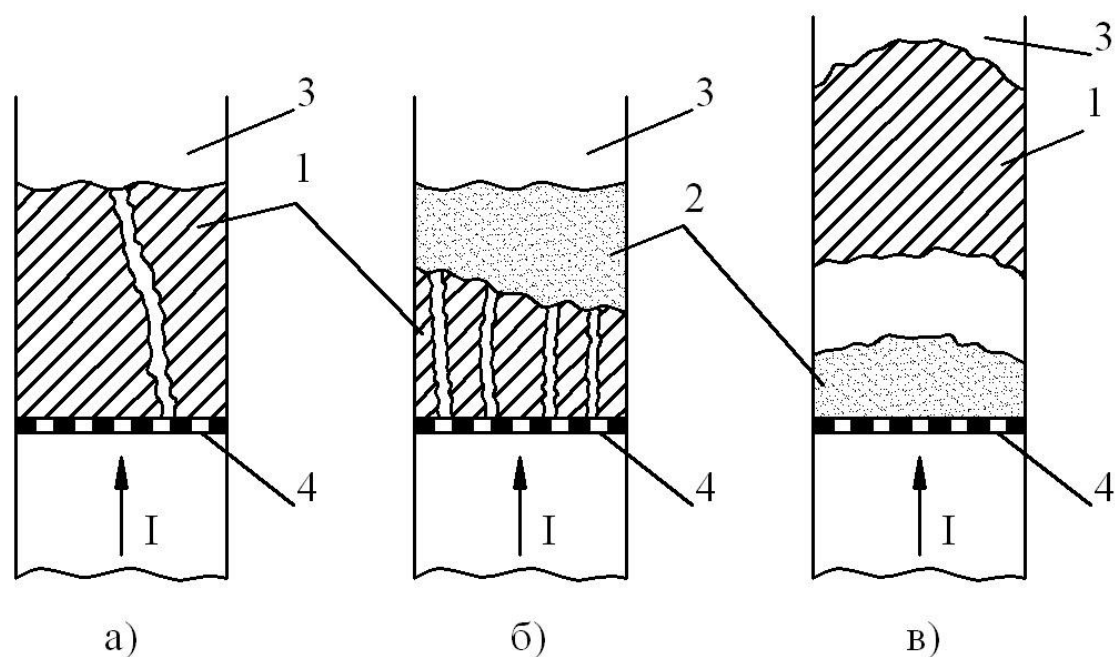


Рисунок 1 – Неоднородные кипящие слои

а – сквозное каналообразование; б – внутреннее каналообразование;

в – поршневой режим; 1 – зона неподвижного плотного слоя;

2 – псевдооживленная зона; 3 – рабочая камера;

4 – воздухораспределительная решетка; I – вход воздуха

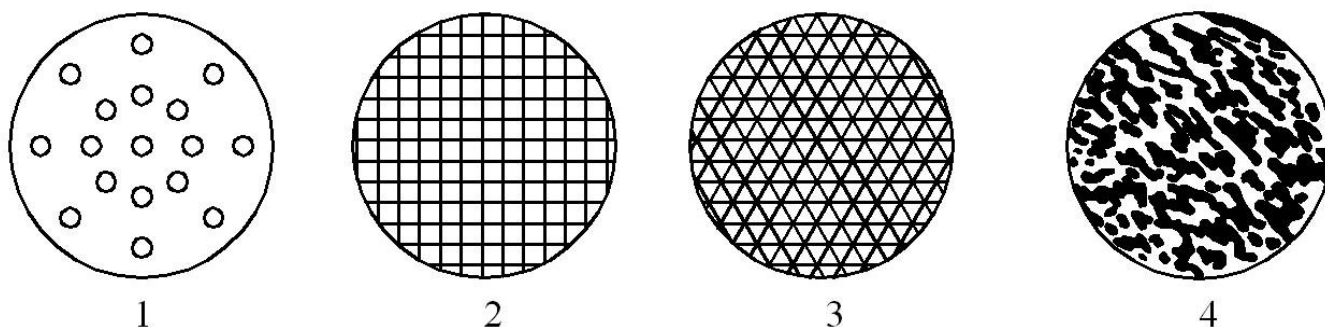


Рисунок 2 – Типы воздухораспределительных устройств

1 – металлический лист с отверстиями; 2 – сетка;

3 – сетка с ячейками, расположенными по треугольнику;

4 – пористая металлическая плита, полученная спеканием

Так, при применении пористых плит, обеспечивающих равномерное распределение воздуха по сечению слоя, склонность к каналообразованию всегда меньше, чем при применении распределительных перфорированных решёток, при помощи которых воздух вводится в слой через относительно небольшое число отверстий, размещенных в определённом порядке. Поэтому выбор типа газораспределительного устройства и обоснование его параметров имеет существенное практическое значение.

Другой часто встречающейся аномалией в псевдооживлении является поршневой режим, который зависит в большей степени от конструкции рабочей камеры. Под поршневым понимается режим, при котором пузыри газа сливаются до размера, близкого к величине диаметра сушильной колонки. Слои частиц или «поршни» зернового материала, между которыми движутся вверх подобно поршням большие воздушные «мешки», достигают определенной высоты и затем распадаются. Зерновой материал затем просыпается через

поднимающиеся воздушные поршни либо небольшими агрегатами, либо отдельными зёрнами. Зерновой слой при поршневом режиме крайне неоднороден по распределению воздуха и зерна. Как и при каналобразовании, локальные значения скоростей могут значительно отличаться от средней скорости, вычисленной для равномерного распределения зерна и воздуха во всем объеме слоя. Все это будет негативно сказываться на температурном режиме зерна и качестве сушки.

Нами был сделан вывод, что необходимым условием при конструировании воздухораспределительных устройств в зерносушилках является невозможность образования прорывов воздушного потока в свободных местах решётки и глухих зон в загороженных местах решётки в местах расположения дефектных структурных образований слоя зерна.

Условие качественного кипения зерна по поверхности решётки:

$$P_{o.реш.} = P_{з.реш.} = P_{реш.} + P_{слоя.}, \quad (1)$$

где  $P_{o.реш.}$  – гидравлическое сопротивление решётки в свободном месте;

$P_{з.реш.}$  – гидравлическое сопротивление решётки в загороженном месте;

$P_{реш.}$  – гидравлическое сопротивление решётки в закрытом материалом месте;

$P_{слоя.}$  – гидравлическое сопротивление слоя зерна над закрытым материалом месте.

Скорость прохождения воздушного потока через свободное отверстие:

$$\omega' = \varphi_1 \sqrt{\frac{2gP_{o.реш.}}{\gamma_{г}\xi'}}, \quad (2)$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент истечения;

$\gamma_{г}$  – удельный вес газа;

$\xi'$  – коэффициент сопротивления.

Скорость прохождения воздушного потока через закрытое слоем отверстие:

$$\omega'' = \varphi_2 \sqrt{\frac{2gP_{РЕШ}}{\gamma_T \xi''}} \quad (3)$$

Соотношение скоростей прохождения воздушного потока через закрытую и свободную части решётки:

$$\frac{\omega_\phi''}{\omega_\phi'} = \frac{\omega''}{\omega'} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \sqrt{\frac{\xi'}{\xi''} \left( \frac{P_{О.РЕШ} - P_{СЛОЯ}}{P_{О.РЕШ}} \right)}, \quad (4)$$

или

$$\frac{\omega_\phi''}{\omega_\phi'} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \sqrt{\frac{\xi'}{\xi''} \left( 1 - \frac{P_{СЛОЯ}}{P_{О.РЕШ}} \right)}. \quad (5)$$

Скорость прохождения воздушного потока возрастает при обнажении решётки в  $n$  раз, т.е.:

$$\omega_\phi' = n\omega_\phi, \quad (6)$$

где  $n > 1$  (при обычном для сушилок с кипящим слоем центробежном типе вентиляторов).

Отсюда, считая сопротивление решётки квадратичным, определим:

$$P_{О.РЕШ} = n^2 P_{РЕШ}, \quad (7)$$

где  $P_{РЕШ}$  – сопротивление решётки при нормальной рабочей скорости прохождения воздушного потока.

Обозначив через  $P_{РЕШ} / P_{СЛОЯ} = x$  отношение сопротивления решётки при рабочей скорости воздушного потока к сопротивлению кипящего зернового слоя и рассмотрим предельный случай существования кипения, когда  $\omega_\phi'' = \omega_{П.У.}$ , где  $\omega_{П.У.}$  – скорость воздуха при пределе устойчивости.

В результате получим:

$$\frac{\omega_{п.у.}}{n\omega_{\phi}} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \sqrt{\left(1 - \frac{1}{n^2 x}\right) \frac{\xi'}{\xi''}}, \quad (8)$$

откуда

$$x = \frac{1}{n^2 - \left(\frac{\omega_{п.у.}\varphi_1}{\omega_{\phi}\varphi_2}\right)^2 \frac{\xi''}{\xi'}} \quad (9)$$

В случае небольшой высоты кипящего слоя, когда сопротивление его составляет лишь небольшую часть общего сопротивления системы,

$$\omega_{\phi} \approx \omega'_{\phi}, \text{ т.е. } n \approx 1.$$

При работе со скоростями воздушного потока  $\omega_{\phi} \gg \omega_{п.у.}$  для достижения кипения над отверстиями, закрытыми слоем зерна, потребуется  $x \approx 1$ , т.е. гидравлическое сопротивление решётки должно быть не меньше, чем сопротивление самого кипящего слоя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашикова, Н.В. Совершенствование технологического процесса сушки зерна пшеницы с обоснованием параметров сушилки с псевдооживленным слоем [Текст] / Н.В. Калашикова, А.В. Волженцев // Вестник ФГОУ ВПО ОрелГАУ. – 2009. – №1(16). – С. 44-45. – ISSN 1990-3618.
2. Калашикова, Н.В. Оптимальные конструктивные параметры сушилок с псевдооживлением зернового материала [Текст] / Н.В. Калашикова, А.В. Волженцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – №3. – С. 6-7. – ISSN 0206-572X.
3. Сидорчук, А. П. Совершенствование технологического процесса сушки зерна гречихи с обоснованием параметров сушилки с псевдооживленным слоем [Текст]: дис....канд. тех. наук: 05.20.01 / Сидорчук Анатолий Павлович. – Кинель, 2001. – 161 с.