

Введение

Контейнерная сушка семенного материала – важнейший этап его послеуборочной обработки. Основным элементом любого сушильного агрегата является емкость, в которой непосредственно происходит процесс сушки. Конструкция контейнера должна обеспечивать максимальную загрузку зерна при соблюдении равномерности и требуемой скорости сушки, а также возможность быстрой и тщательной очистки от остатков семян при переходе на другой сорт или культуру. Несмотря на наличие общих элементов конструкций, выбор геометрических размеров и формы контейнера для сушки конкретного зернового материала не всегда очевиден.

Основная часть

Целью данной работы является теоретическое обоснование оптимальной конструкции контейнера для зерна при соблюдении условия эффективной выгрузки высушенного зернового материала.

Расчет вместимости контейнера для низкотемпературной сушки и активного вентилирования зерна рекомендуется выполнять по его максимально допустимой загрузке [1]. Это обеспечивает высокую производительность и, как следствие, снижение затрат на обработку зернового материала. Как правило, максимальная емкость контейнера определяется по показателю вместимости тяжелого зерна – озимой пшеницы. При расчете учитываются такие параметры, как объемная масса, влажность и засоренность зернового материала. Для озимой пшеницы – $0,75 \text{ т/м}^3$, 14 %, 2 % соответственно.

Величина емкости для обработки (сушки) зерна ($J_3, \text{ т}$) будет равна [1]:

$$J_3 = \frac{\rho_{\text{нп}} \cdot b_{\text{кт}}^2}{3} (H_{\text{сн1}} + 2H_{\text{сн2}}), \quad (1)$$

где $\rho_{\text{нп}}$ – насыпная плотность зерновой массы, кг/м^3 ;

$b_{\text{кт}}$ – ширина контейнера, м ;

$H_{\text{сн1}}$ – высота зернового слоя в центре контейнера, м ;

$H_{\text{сн2}}$ – высота зернового слоя у боковины (стенки) контейнера, м .

Большое значение для контейнеров зерносушилок имеет минимизация поверхности при заданном объеме емкости для зерна. Это позволяет обеспечить минимальные тепловые потери при сушке и свести к

минимуму неконтролируемый солнечный нагрев поверхности. Условие минимальной поверхности находится из равенства нулю производной от объема контейнера V по его характерному размеру. Высота H_k контейнера с квадратным основанием и шириной стороны $b_{кт}$, исходя из условия минимума поверхности известного объема, равна: $H_k = b_{кт}/2$ [1].

Особое значение при выборе эффективной конструкции емкости для зерна имеет обеспечение оптимальных условий его выгрузки.

Как известно, существует три вида истечения сыпучих материалов из выпускных отверстий бункеров: гидравлический, нормальный и смешанный [1, 2]. В первом случае свободная поверхность сыпучего материала в процессе истечения не претерпевает существенных изменений и нет интенсивного перемещения промежуточных слоев. Сам процесс соответствует обычному истечению невязкой жидкости из отверстия сосуда. Нормальный вид истечения практически аналогичен гидравлическому, в этом случае частицы скользят не по стенкам емкости, а по поверхности, образованной неподвижными частицами самого сыпучего материала. Смешанный вид истечения является промежуточным между первыми двумя и включает признаки обоих. При определенных условиях он может перейти или в гидравлический, или в нормальный. Такие переходы связаны как с физико-механическими свойствами сыпучих материалов, так и с формой и геометрическими параметрами емкостей [1].

Анализ показывает, что движение потока сыпучего материала при любом виде истечения происходит по поверхности скольжения (при гидравлическом – по стенкам емкостей, при нормальном – по поверхности, образованной неподвижными частицами сыпучего материала) [1]. Эти поверхности скольжения для одного и того же сыпучего материала пропорционально равновелики и эквидистантны, независимо от размера

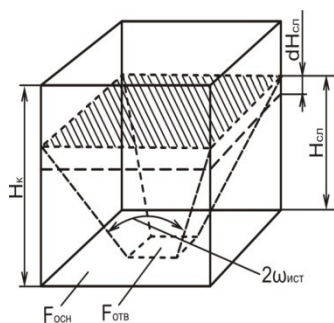


Рисунок 113 – Схема для расчета истечения зерна из контейнера с квадратным отверстием

отверстия истечения. Образующиеся поверхности скольжения являются поверхностями предельного равновесия сыпучего материала в объеме контейнера или бункера.

Расчет процесса истечения сыпучего материала из емкости аналогичен расчету процесса истечения жидкости (гидравлическое истечение). При расчете времени опорожнения зерновой емкости конкретного вида следует учитывать образующийся при истечении зерновой конус (рисунок 113).

Известно [1], что скорость гидравлического истечения v_3 (м/с) из емкости с высотой насыпи $H_{сл}$ определяется формулой:

$$v_3 = \sqrt{2g \cdot H_{\text{сл}}}, \quad (2)$$

где g – ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Поскольку высота уровня насыпи с течением времени изменяется, то изменяется и скорость истечения зернового материала из контейнера. В течение бесконечно малого промежутка времени $d\tau$, когда уровень зернового материала в контейнере понизится на величину $dH_{\text{сл}}$, скорость может считаться постоянной величиной. Тогда объем зерна, вытекающий из контейнера за время $d\tau$, будет равен:

$$dV_3 = F_{\text{отв}} \cdot v_3 \cdot d\tau = F_{\text{отв}} \cdot \sqrt{2g \cdot H_{\text{сл}}} \cdot d\tau,$$

где $F_{\text{отв}}$ – площадь отверстия, m^2 .

За временной интервал $d\tau$ высота слоя зерна в контейнере уменьшится пропорционально уменьшению объема зернового материала согласно выражению: $dV_3 = F_{\text{отв}} dH_{\text{сл}}$. Приравнивание полученных значений dV_3 позволяет получить дифференциальное уравнение процесса опорожнения зерновой емкости:

$$d\tau = \frac{F_{\text{очн}}}{F_{\text{отв}} \sqrt{2g}} \frac{dH_{\text{сл}}}{\sqrt{H_{\text{сл}}}}. \quad (3)$$

Как видно из выражения (3), время опорожнения зерновой емкости произвольной формы прямо пропорционально площади его основания и обратно пропорционально площади выпускного отверстия, а также зависит от высоты слоя и величины ускорения силы тяжести.

Интегрирование выражения (3) позволяет получить зависимость общего вида для любого типа зерновой емкости по определению полного времени ее опорожнения:

$$\tau = \frac{F_{\text{очн}}}{F_{\text{отв}}} \sqrt{\frac{2H_{\text{сл}}}{g}}. \quad (4)$$

Процесс опорожнения контейнера с квадратным выпускным отверстием (рисунок 113) со стороны, равной $a_{\text{отв}}$, будет описываться следующим дифференциальным уравнением:

$$d\tau = \frac{2 \cdot \text{tg}^2 \omega_{\text{ист}}}{a_{\text{отв}}^2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot g}} \cdot H_{\text{сл}}^{3/2} \cdot dH_{\text{сл}}, \quad (5)$$

где $\omega_{\text{ист}}$ – угол наклона к вертикали линии, соединяющей в плоскости сечения точку касания поверхности сыпучего материала со стенкой и близлежащую точку выгрузного отверстия, град.

Частное решение дифференциального уравнения (5):

$$\tau = \frac{2 \cdot \text{tg}^2 \omega_{\text{ист}}}{a_{\text{отв}}^2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot g}} \cdot (H_{\text{сл}^0}^{5/2} - H_{\text{сл}}^{5/2}),$$

а полное время опорожнения емкости будет определяться согласно следующему выражению:

$$\tau = \frac{2 \cdot \operatorname{tg}^2 \omega_{\text{ист}}}{a_{\text{отв}}^2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot g}} \cdot H_{\text{сл}0}^{5/2}.$$

Таким образом, основными параметрами зерновой емкости, определяющими время ее опорожнения, являются: высота слоя, величина выпускного отверстия и угол образующей высыпающего конуса. Для случая нормального истечения материала необходимо вводить в полученные зависимости эмпирические поправочные коэффициенты [1].

Изложенная методика расчета параметров контейнерных сушилок использовалась для расчета контейнера сушилки ССК-16.

Контейнер сушилки ССК-16 предназначен для непосредственной сушки партии семян. Он состоит (рисунок 114) из рамы с коробом и шибером для выгрузки зерна, вставного сетчатого пирамидального каркаса с выгрузным отверстием, камеры подвода агента сушки с присоединительным фланцем.

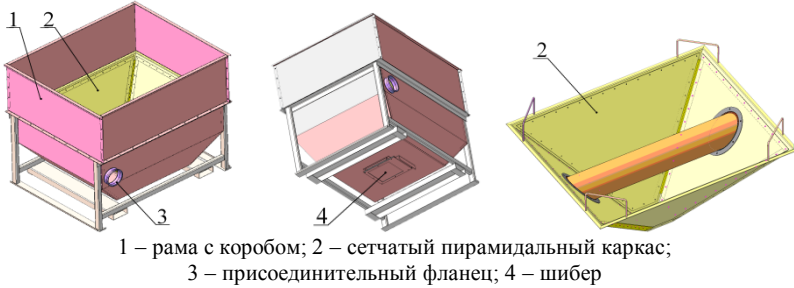


Рисунок 114 – Контейнер

Заключение

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Основными параметрами зернового контейнера, определяющими время его опорожнения, являются: высота слоя зерна в контейнере, величина выпускного отверстия и угол образующей высыпающего конуса. Для сушилки модели ССК-16 оптимальные значения этих величин равны: $H_{\text{сл}} = 1,25 \text{ м}$, $a_{\text{отв}} = 0,195 \text{ м}$, $\omega_{\text{ист}} = 75^\circ$.

2. Полное время опорожнения зернового контейнера прямо пропорционально площади его основания и обратно пропорционально площади выпускного отверстия, а также зависит от $H_{\text{сл}}$ и величины g . Для сушилки модели ССК-16 время опорожнения зернового контейнера составляет 4,92 мин.

22.10.12

Литература

1. Чеботарев, В.П. Низкотемпературная сушка и режимное хранение зерна / В.П. Чеботарев; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад.

наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – 202 с.

2. Богомягих, В.А. Теория и расчет бункеров для зернистых материалов / В.А. Богомягих. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1973. – 150 с.

УДК 631.365.22

В.П. Чеботарев,
И.В. Барановский,
А.А. Перепечаев, А.И. Иванов

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РАСЧЕТ
ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ
ПНЕВМОСИСТЕМЫ
СУШИЛКИ
КОНТЕЙНЕРНОЙ
ДЛЯ МАЛЫХ ПАРТИЙ
СЕМЯН ССК-16**

Введение

В настоящей статье рассмотрены особенности расчета тепловых потерь неизолированными воздуховодами сушилки контейнерной и предложена практическая методика выполнения расчета. Данный расчет производится для определения расхода тепла на 1 килограмм испаренной влаги и необходимости использования теплоизоляции в воздуховодах сушилки.

Основная часть

Воздуховод сушилки представляет собой горизонтально расположенную нагретую трубу, обдуваемую ветром или находящуюся в спокойном воздухе. Поэтому теплоотдачу такого воздуховода можно определять по известным зависимостям с использованием коэффициента теплопередачи через стенку трубы [1, 2]:

$$Q = F_n \cdot (T_n - T_g) / K;$$

$$K = 1 / (1/a_n + \delta_m/\lambda_m + 1/a_w),$$

где Q – теплоотдача трубопровода, ккал/ч;

a_n – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности трубопровода, ккал/(ч·м²·°С);

F_n – площадь наружной поверхности трубопровода, м²;

T_n – температура наружной поверхности трубопровода, °С;

T_g – температура наружного воздуха, °С;

K – коэффициент теплопередачи через стенку рассматриваемого трубопровода, ккал/(ч·м²·°С);

δ_m – толщина металлической стенки трубы, м;

λ_m – теплопроводность материала стенки трубы, ккал/(ч·м·°С);

a_w – коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности трубопровода, ккал/(ч·м²·°С).