

ся углекислый газ улетучивается, а из окружающей среды поступает воздух, в результате чего создаются условия для сильного разогревания корма и его порчи.

Особенно критически к вопросам заготовки кормов подходить в тех случаях, когда самосогревание силоса становится постоянным явлением. Здесь нужно выявить слабые места в общей технологической цепочке производства и исключить их дальнейшее возникновение.

1. Зубрилин, А.А. Силосование кормов: теория вопроса / А.А. Зубрилин, Е.И. Мишустин. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 228 с.
2. Зафрен, С.Я. Технология приготовления кормов: справ. пособие / С.Я. Зафрен. – М.: Колос, 1971. – 240 с.
3. Беспамятнов, А.Д. Заготовка высококачественного силоса: технология / А.Д. Беспамятнов // Кукуруза и сорго. – 1986. – № 4. – С. 29–31.
4. Авраменко, П.С. Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов: справ. издание / П.С. Авраменко. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: Ураджай, 1993. – 352 с.
5. Боярский, П.Г. Производство высококачественных кормов / П.Г. Боярский. – М., 2002. – 3017 с.
6. Основин, С.В. Технология и средства механизации для приготовления силосованных кормов: монография / С.В. Основин. – Рязань: Мещер. ф-л ВПИИ-ГиМ, 2016. – 175 с.
7. Парасоцкий, В.Е. Совершенствование технологического процесса заполнения горизонтальных силосохранилищ: Дис., канд. техн. наук. – Зеленоград, 1991. – 145 с.

УДК 631.362: 633.55

КАРУСЕЛЬНАЯ СУШИЛКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СУШКИ В НЕЙ

*Студенты – Есинов С.В., 15 ритт, 4 курс, ФТС
Лакутя С.М., 5 мот, 1 курс, ФТС*

*Научный
руководитель – Ромашук Н.Н., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Для сушки семенного зерна используют шахтные, барабанные, карусельные и другие виды сушилок. Карусельные сушилки позволяют создать наиболее щадящий для зерна режим сушки, обеспечивая изменение температуры агента сушки от температуры наружного воздуха до температуры +800 С [1].

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкция карусельной сушилки [2], (рисунки 1, а – схема карусельной сушилки, б – разрез по А-А, в – общий вид лопастного винта), которая состоит из рамы 1, на которой на роликах 2 установлена кольцевая сушильная камера 3 с перфорированным днищем 4. Внутри кольцевой сушильной камеры 3 установлена центральная ось 5, жестко крепящаяся к раме 1 и на которой закреплены загрузочное устройство 6 и разгрузочное устройство, выполненные в виде лопастного винта 7 с отсекателем 8, имеющим козырек 9. Выгрузной конец лопастного винта 7 расположен над направляющим лотком 10. Под направляющим лотком 10 установлен выгрузной транспортер 11. Рама 1 обнесена герметичным кожухом 12, в котором выполнено окно 13 для подачи теплоносителя. На раме 1 установлена приводная станция 14, ведущая звездочка 15 которой соединена цепной передачей 16 с зубчатыми секторами 17 привода сушильной камеры 3. Цепная передача 16 снабжена автоматическим натяжным устройством 18. В днище загрузочного устройства 6 установлены распределители 19 зернового потока. Теплоноситель подается в сушилку теплогенератором 20.

Перед загрузкой включают приводную станцию 14, от которой вращение через ведущую звездочку 15 передается цепной передачей 16 на зубчатые секторы 17 кольцевой сушильной камеры 3. Зерновой материал через загрузочное устройство 6 равномерно поступает на перфорированное днище 4 кольцевой сушильной камеры 3. По мере загрузки сушильной камеры через окно 13 в кожух 12 подается теплоноситель, например, теплый воздух, который равномерно пронизывает через перфорацию днища весь слой сыпучего материала. Первыми высыхают нижние слои сыпучего материала. После этого включают лопастной винт 7, который активно перемешивает, расположенный в зоне его действия, обрабатываемый материал, продвигая его к направляющему лотку 10. При этом интенсифицируется процесс сушки, а весь слой обрабатываемого материала, расположенный от перфорированного днища 4 до отсекателя 8 приобретает одинаковую влажность.

Лопастной винт 7 оказывает меньшее сопротивление вращению днища 4. Материал, собранный и перемещаемый лопастным винтом 7 попадает в выгрузной транспортер 11.

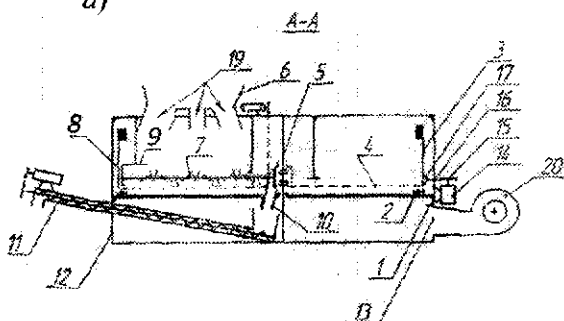
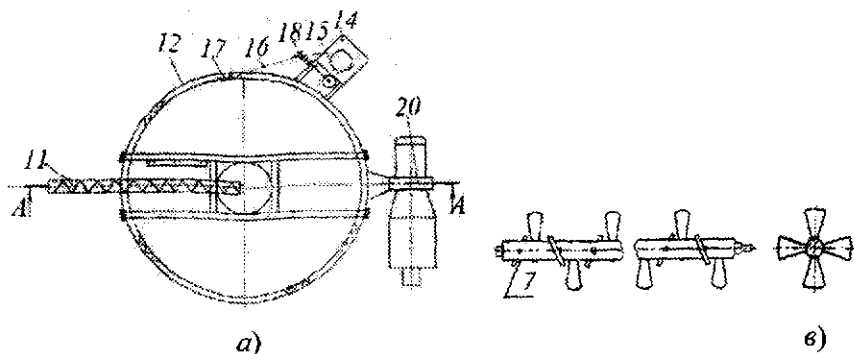


Рисунок 1 – Карусельная сушилка

После просушки первого слоя материала сушилка может работать в поточном режиме. Ослабевание приводной цепи автоматически устраняется натяжным устройством 18.

Процесс сушки в карусельных сушилках характеризуется распределенными по пространственным координатам параметрами. Как известно, такие процессы описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. При математическом описании приняли следующие упрощения: давление внутри сушилки равно барометрическому; движение теплоносителя перпендикулярно движению слоя семян; пространственные поля температуры и влажности подвергаемого сушке зерна и теплоносителя двумерные, изменяющиеся по направлению движения материала (координата X на рисунке 2) и толщине слоя (координата Y); кондуктивный теплообмен между теплоносителем и корпусом сушилки не учитывается;

удельные теплоемкости теплоносителя и высушиваемого материала не зависят от температуры; теплообмен между теплоносителем и материалом происходит путем конвекции [3].

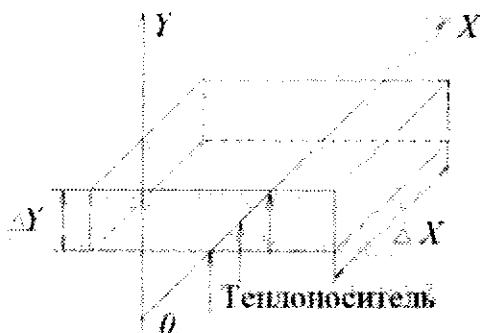


Рисунок 2 – Схема элементарного слоя

С учетом этих допущений элементарный объем движущейся среды можно представить ограниченным теплоизолированными стенками сушильной камеры, сеткой и двумя плоскостями, перпендикулярными к продольной оси, расположенными на расстоянии dX . За положительные направления осей приняли направления, совпадающие с направлениями движения материала (OX) и сушильного агента (OY).

Процесс тепловлагопереноса в этом случае описывается следующей системой уравнений [3]:

$$\frac{dW(x, y, \tau)}{d\tau} + v \frac{dW(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dW(x, y, \tau)}{dy} = -K_w(t_3)[W - W_p(t_3)]; \quad (1)$$

$$\frac{dD(x, y, \tau)}{d\tau} + v_3 \frac{dD(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dD(x, y, \tau)}{dy} = \frac{\gamma_3 10}{\gamma_\tau \delta} \left[\frac{dD(x, y, \tau)}{d\tau} + v_3 \frac{dD(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dD(x, y, \tau)}{dy} \right]; \quad (2)$$

$$\frac{dt_T(x, y, \tau)}{d\tau} + v_3 \frac{dt_T(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dt_T(x, y, \tau)}{dy} =$$

$$= -\alpha_{\mu} \frac{\gamma_3(t_T - t_3)}{\gamma_T \delta c_T}; \quad (3)$$

$$\frac{dt_3(x, y, \tau)}{d\tau} + v_3 \frac{dt_3(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dt_3(x, y, \tau)}{dy} =$$

$$= -\frac{\gamma_T \delta c_T}{\gamma_3 c_3(W)} \left[\frac{dt_T(x, y, \tau)}{d\tau} + v_3 \frac{dt_T(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dt_T(x, y, \tau)}{dy} \right] + \quad (4)$$

$$+ \frac{r'}{100c_3(W)} \left[\frac{dW(x, y, \tau)}{d\tau} + v_3 \frac{dW(x, y, \tau)}{dx} + \frac{v_\tau}{\delta} \frac{dW(x, y, \tau)}{dy} \right].$$

При следующих краевых условиях:

Начальные условия при $\tau = 0$

$$W(x, y, \tau) = (W)0, \quad t_3(x, y, \tau) = (t_3)0, \quad D(0, y, \tau) = (D)0,$$

$$t_T(0, y, \tau) = (t_T)0$$

граничные условия: при $x = 0, 0 < y < h$

$$W(x, y, \tau) = (W)0, \quad t_3(x, y, \tau) = (t_3)0, \quad D(0, y, \tau) = (D)0,$$

$$t_T(0, y, \tau) = (t_T)0$$

при $x = l, 0 < y < h$

$$W(x, y, \tau) = W(l, y, \tau), \quad t_3(x, y, \tau) = t_3(l, y, \tau),$$

$$D(x, y, \tau) = D(l, y, \tau), \quad t_T(x, y, \tau) = t_T(x, y, \tau);$$

при $y = 0, 0 < x < l$

$$W(x, y, \tau) = W(x, 0, \tau), \quad t_3(x, y, \tau) = t_3(x, 0, \tau),$$

$$D(x, y, \tau) = D(x, 0, \tau), \quad t_T(x, y, \tau) = t_T(x, 0, \tau);$$

при $0 < x < l, y = h$

$$W(x, y, \tau) = W(x, h, \tau), \quad t_3(x, y, \tau) = t_3(x, h, \tau),$$

$$D(x, y, \tau) = D(x, h, \tau), \quad t_T(x, y, \tau) = t_T(x, h, \tau);$$

где W и W_p – абсолютные текущая и равновесная влажности материала, %; v_x, v_y – скорости движения по координатам X и Y , м/мин; δ – коэффициент скважности; K_W – коэффициент сушки, мин⁻¹; l, h – длина и толщина слоя семян, м; t_3, t_T – температура материала и теплоносителя, °С; γ_3 – насыпная плотность материала, кг/м³; γ_T – плотность теплоносителя, кг/м³; D – влагосодержание теплоносителя, кг/кг; α_d – приведенный коэффициент теплопередачи; c_3, c_T – удельные теплоемкости материала и теплоносителя, Дж/(кг·°С); r – теплота парообразования, Дж/кг; $r' = r + c_{п}(t_{п} - t_3)$, где r – теплота парообразования при температуре высушиваемого материала, Дж/кг; $c_{п}, t_{п}$ – удельная теплоемкость в Дж/(кг·°С) и температура в °С перегретого пара.

Первое уравнение системы (1) представляет собой уравнение сушки для периода падающей скорости. Входящий в него коэффициент сушки можно определить по экспериментальным данным [3], полученным при исследовании сушки на карусельной сушилке семян, для периода падающей скорости сушки в зависимости от температуры материала.

Аналитическое уравнение $K_W = f(t_3)$ для семян ячменя можно записать как $K_W = 0,054 \cdot 10^{-5} \cdot t_3^{2,48}$.

Второе уравнение системы (2) представляет собой уравнение сохранения количества материала, третье (3) – уравнение теплоотдачи, четвертое (4) – уравнение сохранения энергии.

Входящие в модель теплоемкости слоя семян зерна можно определить по теплопроводности и температуропроводности, которые были получены экспериментально [3] в лабораторных условиях методом нестационарного теплового потока при помощи цилиндрического зонда постоянной мощности.

В результате решения системы дифференциальных уравнений с помощью ЭВМ, используя решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, основанных на формулах Рунге-Кутты можно получить зависимости изменения температуры и влажности материала по времени.

1. Сушилки карусельные универсальные СКУ. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.tsm.tvcom.ru/sush.htm>. Дата доступа: 15.01.2017.

2. Карусельная сушилка : патент 8209 U Респ. Беларусь, МПК F26B15/04 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, А.В. Горный, А.В. Щетько ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № 2 и 20110797 ; заявл. 17.10.2011; опубл. 30.04.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №2. – С. 251–252.

3. Эрк А.Ф., Перекопский А.Н. Математическая модель процесса сушки зерна в карусельной сушилке. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/matematicheskaya-model-protsesssa-sushki-zerna-v-karuselnoy-sushilke>. Дата доступа: 23.06.2018.

УДК 631: 633.1

К ВОПРОСУ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ШНЕКОВОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

*Студенты – Есипов С.В., 15 лет, 4 курс, ФТС
Лакутя С.М., 5 лет, 1 курс, ФТС*

*Научный
руководитель – Романюк Н.Н., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время в связи с увеличившейся засоренностью полей, занятых зерновыми культурами, резко возросли нагрузки на зерноочистительную технику. Для доведения зерна до посевных кондиций ворох пропускают через зерноочистительные машины по несколько раз. Это ведет к увеличению себестоимости конечного продукта и снижению производительности машин.

Задача повышения производительности зерноочистительных машин за счет устранения забиваемости внутренней полости корпуса зерном является весьма актуальной.

Учеными Белорусского государственного аграрного технического университета предложена оригинальная конструкция шнекового распределительного устройства зерноочистительной машины (рисунок 1) [1].

Шнековое распределительное устройство зерноочистительной машины содержит корпус 1 с загрузочной горловиной 2 и выгрузным окном 3, распределительный шнек 4, у которого шаг витков равномерно увеличен от загрузочной горловины 2 по своей длине с отношением шага винта t к его диаметру D от 0,7 до 1.

Выгрузное окно 3 закрыто подпружиненным клапаном 5. В конечной части боковой стенки 6 корпуса 1 имеется перепускное окно 7. Усилие поджатия клапана регулируется натяжением пружины 8. Загрузочная горловина 2 установлена на корпусе 1 над началь-