

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ЗЕРНА НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Т.М. Халина, В.Ю. Марсов

Проблема подогрева зерна в зерноперерабатывающей промышленности неизменно остается актуальной, так как представляет собой энергозатратный и сложный технологический процесс [1,2]. Так, например, аппарат для подогрева зерна БПЗ обеспечивает подогрев зерна от -5 до $+15^{\circ}\text{C}$ при производительности $3,5 \div 4,0$ т/ч за счет сухого насыщенного пара, расход которого составляет около 110 кг/ч [3]. Для приготовления такого объема теплоносителя необходимо затратить тепловой энергии около $300 \cdot 10^3$ кДж, что эквивалентно установленной мощности аппарата ~ 85 кВт. При эксплуатации воздушно-водяного кондиционера расход тепловой мощности для подогрева 1 т/ч зерна составляет 55,8 кВт.

Аналогичные устройства, а также известные способы подогрева зернового материала обладают как общими, так и конкретными для каждого случая недостатками:

- низкой эффективностью процесса подогрева зернового материала, обусловленной высокими энергозатратами при больших потерях тепловой энергии, связанных с применением вторичного энергоносителя, в качестве которого используют насыщенный пар, и отсутствием возможности обогрева любого пути прохождения зернового материала;

- отсутствием автоматического управления процессом подогрева зернового материала, обусловленным исключением возможности регулирования температуры последнего при кон-

тактировании со стенками кольцевых паропроводов;

- повышенной материалоемкостью оборудования, реализующего способ, из-за необходимости использования кольцевых паропроводов с вмонтированными трубами для пропуска насыщенного пара и коммуникаций подачи пара под давлением;

- повышенной трудоемкостью технического обслуживания оборудования и исключением возможности использования вышеуказанных способов в фермерских хозяйствах, малых мельницах при отсутствии котельных, что обусловлено необходимостью нагрева замкнутого объема транспортирования зернового материала изнутри кольцевыми паропроводами, связанными с коммуникациями подачи пара под давлением;

- невысоким к.п.д., составляющим 35-40% [3].

Предлагаемая система электрообогрева зерна основана на использовании многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ), технические характеристики МКЭ-1 представлены в таблице 1 [4÷9].

Предварительный анализ на примере ЗАО «Союзмука» (г. Барнаул) показал, что в этом случае при заданной производительности значительно снижаются энергоемкость и металлоемкость процесса подогрева зерна, повышается в 2÷3 раза к.п.д. установки, сокращаются затраты на техническое обслуживание.

Таблица 1 – Технические характеристики электрообогревателя МКЭ-1

№	Параметр	Электрообогреватель МКЭ-1
1	Габариты, мм	200x135x10
2	Напряжение, В	220±10%
3	Мощность $P_{н}$, Вт	35±3,5
4	Температура на поверхности T , $^{\circ}\text{C}$ при $T_{окд.ср.} = +18^{\circ}\text{C}$	70±5
5	Удельная мощность, не более, Вт/м ²	1200
6	Сопротивление изоляции, не менее, МОм	1000
7	Напряжение пробоя, не менее, кВ	9
8	Ток утечки, не более, А	$75 \cdot 10^{-6}$
9	Наработка на отказ, не менее, ч	50000
10	Масса, кг	0,315±2%

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ЗЕРНА НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Новая система подогрева зерна предполагает использование электрического аппарата (АПЗЭ), который представляет собой вертикальную двухсекционную шахту, внутри которой размещены радиаторы - металлические кожухи в виде пеналов (далее, радиаторы) с электрообогревателями МКЭ-1. В нижней части шахты находится механизм для выпуска подогретого зерна (рисунок 1).

Зерно через два отверстия в приемном патрубке поступает в верхнюю и нижнюю секции, пересеченные прямоугольными радиаторами. Проходя между радиаторами, зерно подогревается и через нижний бункер с выпускными воронками поступает в шнековый транспортер.

Приведем расчет основных характеристик системы обогрева.

Определяем внутренний объем аппарата:

$$V_c = h \cdot a \cdot b = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,9 \text{ м}^3, \quad (1)$$

где h – высота двух секций АПЗЭ-01, м;

a – ширина секции, м;

b – глубина секции, м.

Определяем объем, занимаемый одним радиатором:

$$V = l \cdot h_k \cdot b_k = 0,6 \cdot 0,15 \cdot 0,015 = 0,00135 \text{ м}^3, \quad (2)$$

где l – длина кожуха, м;

h_k – высота кожуха, м; b_k – толщина кожуха, м.

В аппарате используется 156 шт. радиаторов; общий объем, занимаемый ими, составляет:

$$V_p = n \cdot V = 156 \cdot 0,00135 = 0,21 \text{ м}^3, \quad (3)$$

где n – количество радиаторов, шт.

Определяем полезный объем зерна, находящегося в зоне подогрева:

$$V_3 = V_c - V_p = 0,9 - 0,21 = 0,69 \text{ м}^3. \quad (4)$$

Определяем массу зерна, находящегося в зоне подогрева одновременно:

$$G_n = \gamma \cdot V_3 = 0,75 \cdot 0,69 = 0,52 \text{ т}, \quad (5)$$

где γ – объемная масса (насыпная плотность) сухого зерна, т/м³ [2];

V_3 – объем зерна, находящегося в зоне подогрева, м³.

Электрическая мощность одного электрообогревателя МКЭ-1, используемого в аппарате, соответствует $P_n = 35$ Вт; мощность одного радиатора составляет:

$$P_p = n_p \cdot P_n = 3 \cdot 35 = 105 \text{ Вт}, \quad (6)$$

где: n_p – количество электрообогревателей в одном радиаторе, шт.

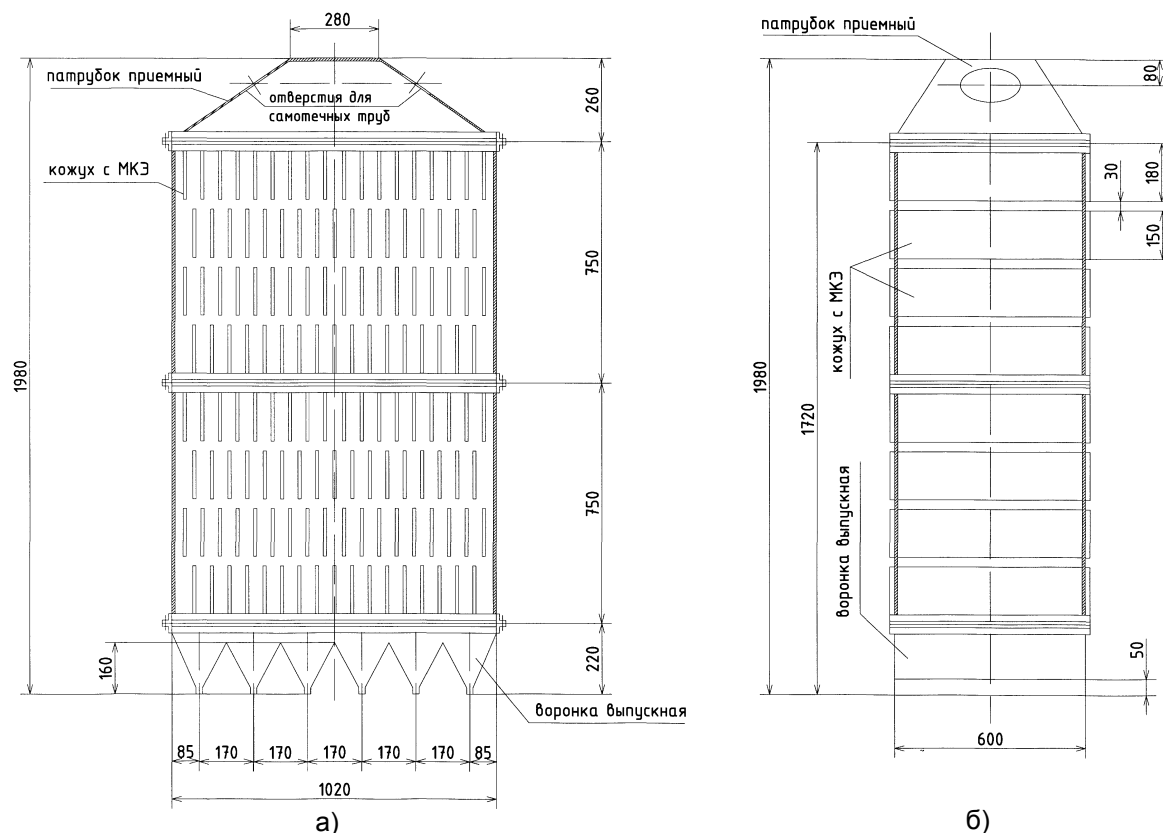


Рисунок 1 – Аппарат подогрева зерна АПЗЭ-01:

а) - вид спереди, б) - вид сбоку

Общая электрическая мощность аппарата составляет:

$$P_a = n \cdot P_p = 156 \cdot 105 = 16380 \text{ Вт} \approx 16,4 \text{ кВт}. \quad (7)$$

Производительность аппарата определим, исходя из подводимой к нему электрической (тепловой) мощности, по следующей формуле [1]:

$$Q_n = G \cdot c \cdot (T_k - T_n) = G \cdot c \cdot \Delta T, \quad (8)$$

где Q_n – расход тепла (тепловая мощность), необходимый для нагрева зерна при известной производительности аппарата, кВт;

G – производительность (массовая) аппарата, кг/с;

T_k и T_n – заданная (конечная) и начальная температуры зерна соответственно, К;

ΔT – разность конечной и начальной температур зерна, К;

c – удельная теплоемкость зерна, кДж/(кг·К).

Для расчета принимаем – потери тепла через теплоизоляционные стенки аппарата АПЗЭ – 01 отсутствуют, тогда: $Q_n = P_a = 16,4$ кВт; $c = 1,55$ кДж/(кг·К);

$$T_k = 15 \text{ }^\circ\text{C}; T_n = -5 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 20 \text{ К}.$$

Из формулы (8) находим ожидаемую производительность аппарата:

$$G = Q_n / (c \cdot \Delta T) = 16,4 / (1,55 \cdot 20) = 0,53 \text{ кг/с} = 1,9 \text{ т/ч}. \quad (9)$$

Определяем поверхности нагрева:

площадь поверхности нагрева одного радиатора составляет:

$$F_1 = 2 \cdot l \cdot h_k = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ м}^2, \quad (10)$$

где величины и их значения взяты из формулы (2);

общая площадь поверхности нагрева всех радиаторов составляет:

$$F = n \cdot F_1 = 156 \cdot 0,18 = 28 \text{ м}^2. \quad (11)$$

Из уравнения теплопередачи определяем ожидаемую разность температур радиаторов и нагреваемого в аппарате воздуха (зерна) [3]:

$$\Delta T' = \frac{\xi Q_n}{F k_b} = \frac{1,1 \times 16400}{28 \times 28} = 23 \text{ К} = 23 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (12)$$

где ξ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,1;

k_b – коэффициент теплопередачи от радиаторов к зерну, принятый равным 28 Вт/(м²·К).

Таким образом, расчетное значение температуры ΔT приблизительно равно ожидаемому значению $\Delta T'$.

В зависимости от начальной температуры зерна возможно увеличение производительности аппарата.

Время подогрева (пребывания в зоне нагрева) зерна при расчетной производительности составляет:

$$\tau = 60 G_n / G = 60 \cdot 0,52 / 1,9 = 16 \text{ мин}, \quad (13)$$

где G_n – масса зерна, находящегося в зоне подогрева одновременно, т;

G – производительность аппарата, т/ч.

Необходимое время пребывания зерна в зоне подогрева определяется в зависимости от начальных свойств зерна (температура, влажность) и параметров окружающей среды.

Экспериментально установлено, что температура на поверхности электрообогревателя МКЭ -1, мощностью $P_n = 35$ Вт составляет около 80° С, и выход его на режим - $\tau_n = 15$ мин.

Таким образом, исходя из полученных результатов, приведем сравнительную оценку установок БПЗ и АПЗЭ-01 (таблица 2).

Таблица 2 – Технические характеристики аппаратов подогрева зерна

№	Величина	Значение	
		БПЗ	АПЗЭ-01
1	Производительность G , т/ч	4,0	1,9
2	Установленная электрическая мощность P_a , кВт	–	16,4
3	Установленная тепловая мощность Q , кВт	85,0	–
4	Диапазон температур подогрева зерна ΔT , °С	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15
5	Время подогрева τ , мин	4	16
6	Удельные энергозатраты $r_{уд}$, кВт·ч/т	21,0	8,6
7	Температура энергоносителя (подогретого пара) T_n , °С	110	–
8	Температура на поверхности нагревательного элемента $T_э$, °С	–	80
9	Цена, т. руб.	185	120

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ЗЕРНА НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Выводы

В результате проведенных расчетов и экспериментальных исследований основные положения можно сформулировать следующим образом:

1. Аппарат подогрева зерна электрический АПЗЭ-01 на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей МКЭ-1 является современным энергоэффективным оборудованием, снижающим удельные энергозатраты более, чем в 2 раза по сравнению с известными аналогичными устройствами.

2. Разработанный АПЗЭ-01 позволяет обеспечить:

-измерение и регистрацию температуры зерна на входе в аппарат;

-автоматическое управление, измерение, регистрацию и регулирование температуры зерна на выходе из аппарата;

-регулирование частоты вращения привода каретки на выходе зерна, что дает возможность изменять производительность аппарата в зависимости от свойств зерна и температуры внутри аппарата;

-установку УЗО;

-аварийное отключение электрооборудования при максимально допустимой температуре зерна на выходе из аппарата.

3. Промышленное производство композиционных электрообогревателей МКЭ-1 создает благоприятные возможности для выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, организации опытно-промышленного производства аппаратов АПЗЭ-01 на базе предприятий г. Барнаула.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528с.

2. Жидко В. И., Резчиков В. А. Уколов В. С. Зерносушение и зерносушилки – М.: Колос, 1982. – 239с.

3. Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна – М.: Колос, 1975. – 496с.

4. Патент РФ № 2177211, кл. Н 05 В 3/28. Гибкий композиционный электрообогреватель/ Халина Т. М. -№2000119089/09. Заявл.18.07.2000;. Оpubл. 20.12.2001. Бюл. №35.

5. Халина Т. М. Расчет электрической и тепловой проводимости между системами электродов в композиционном электрообогревателе /Электричество, 2003.-№10.-С. 53-61.

6. Технические условия ТУ 3468-007-02067824-2003. Многоэлектродные композиционные электрообогреватели МКЭ/ Разработчик Халина Т. М. – Барнаул, 2003 – 24с.

7. Многоэлектродные композиционные электрообогреватели МКЭ/ Сертификат соответствия №РОСС RU. АЯ 82. Н00628, Гос. рег. №0230083. Срок действия с 30.06.2003г. по 29.06.2006г.

8. Халина Т.М. Расчет тепловой проводимости в одной несимметричной плоскопараллельной системе тел // Изв. вузов. Строительство. – 2002. – №7. – С. 141-145.

9. Халина Т. М. Низкотемпературные многоэлектродные композиционные электрообогреватели и обогревательные системы на их основе для предприятий АПК / Ползуновский альманах, 2004.-№4.-С. 206-208.

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.
Инженерный центр «Планета»*