

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА ЗЕРНА В УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА

**Макаров В.А., магистрант 2 курса инженерного
факультета,**

тел. 89279842587, sergeysut@mail.ru

**Гарипов А.Р., магистрант 1 курса инженерного
факультета,**

тел. 89279842587, sergeysut@mail.ru

Сутягин С.А., кандидат технических наук, доцент,

тел. 89279842587, sergeysut@mail.ru

Павлушин А.А., доктор технических наук, профессор ,

тел. 89050359200, andrejpavlu@yandex.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: зерно, сушка, зерносушилка,
скорость нагрева зерна.

В статье предложена новая конструкция зерносушилки с ленточным транспортёром и инфракрасным модулем нагрева. Также выполнен вывод теоретического уравнения скорости нагрева зерна при сушке в предложенной установке.

Введение. На основе анализа способов сушки зерна и средств механизации данного процесса определено, что для обеспечения требуемого качества сушки зерна и семян существующие сушильные установки, в которых используют конвективный способ подвода теплоты, затрачивают значительное количество топлива и электрической энергии на единицу продукции [1]. Поэтому для снижения этих

показателей и обеспечения требуемого качества сушки зерна рационально применять инфракрасный нагрев, при одновременном перемешивании и перемещении зерна в единичном слое [2].

Материалы и методы исследований. На основе анализа известных устройств для сушки зерна [6 - 8] предложена установка с ленточным транспортером и инфракрасным модулем нагрева (рисунок 1) [3, 4].

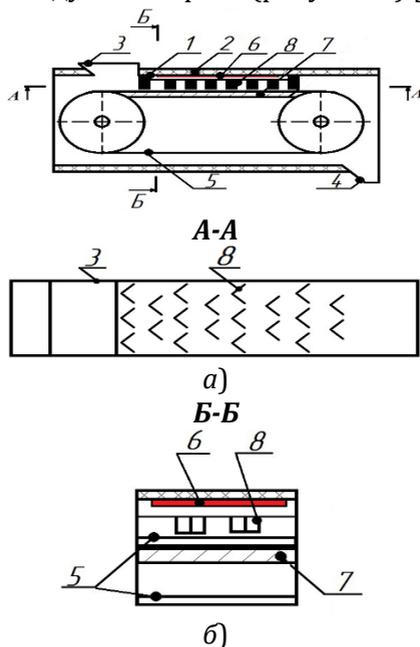


Рисунок 1 – Конструктивные элементы разработанной зерносушилки

а) – разрез по А-А; б) – разрез по Б-Б.

1 – кожух; 2 – теплоизоляция рабочей камеры; 3 – загрузочный бункер; 4 – выгрузное окно; 5 – лента транспортера; 6 – модуль инфракрасного нагрева зерна; 7 – пластина; 8 – разделители потока зерна.

Результаты исследований и их обсуждение.

Требуемую интенсивность инфракрасного излучения от нагревателя в установке $Q_{\partialз}$, Вт/м², определяют по уравнению [5]

$$Q_{\partialз} = \alpha(t_k - t_n)S_{об}/\xi, (1)$$

где: α – суммарный коэффициент передачи теплы от зерна в окружающую среду при нагреве, Вт/(м² °C); t_k – конечная температура нагрева зерна, °C; t_n – начальная температура зерна до сушки °C, $S_{об}$ – площадь зерна подвергаемая нагреву от инфракрасного излучателя, м²; ξ – коэффициент поглощения зерном инфракрасного излучения.

При этом, время нагрева зерна τ , с, в установке можно определить по формуле [9, 10]:

$$\tau = (1/B)\ln(A + B(t_k - t_n)/(A - B(t_k - t_e)), (2)$$

где: t_e – начальная температура воздуха в установке, °C.

Параметры A , °C/с и B , с⁻¹ определяют по формулам:

$$A = (\xi Q_{\partialз} - v_n r S_{об})\sigma / cp, (3)$$

$$B = \alpha\sigma / cp,$$

где: v_n – скорость ленты транспортёра, кг/(м²с); σ – отношение площади поверхности зерна подвергаемой инфракрасному нагреву его объему, м⁻¹; r – удельная теплота испарения влаги, Дж/кг; c – удельная теплоемкость зерна, Дж/(кг·°C); p – насыпная плотность зерна, кг/м³.

Для определения скорости нагрева зерна v_n , в установке рассмотрим схему расположения разделителей потока зерна над лентой транспортирующего рабочего органа (рисунок 2).

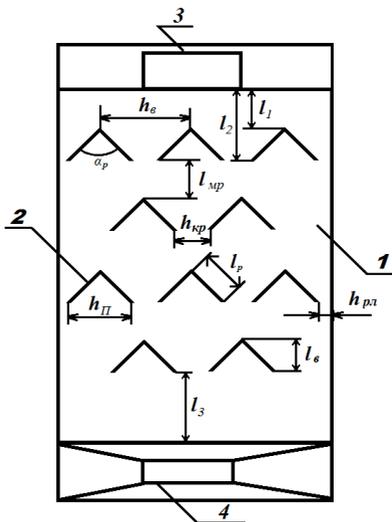


Рисунок 2 – Схема расположения разделителей потока над лентой транспортёра в предложенной установке для сушки зерна

1 – лента транспортирующего рабочего органа; 2 – разделители потока зерна; 3 – загрузочный бункер предложенной установки; 4 – выгрузной бункер; $h_{в}$ – расстояние между вершинами разделителей потока зерна, м; $h_{кр}$ – расстояние между краями соседних разделителей потока зерна, м; $h_{пл}$ – расстояние между краями пластин разделителей потока зерна, м; $h_{рл}$ – расстояние между краем разделителя потока зерна и краем ленты транспортёра, м; $l_{мр}$ – расстояние между соседними рядами разделителей потока зерна, м; $l_{в}$ – расстояние вершиной разделителей потока зерна до края их пластин, м; α_p – угол между пластинами разделителей потока зерна, град; l_1 – расстояние от загрузочного бункера до вершины первого ряда разделителей потока зерна, м; l_2 – расстояние от загрузочного бункера до края пластин первого ряда разделителей потока зерна, м; l_3 – расстояние от края пластин последнего ряда разделителей потока зерна до выгрузного бункера, м.

Скорость нагрева зерна в установке

$$v_n = (l_1 + n_p(\operatorname{tg}(\alpha_p/2)h_{п/2}) + l_{mp}) + l_3 / (1/B) \ln(A + B(t_k - t_n)) / (A - B(t_k - t_в)), (4)$$

Заключение. Таким образом, скорость нагрева зерна в предложенной установке зависит от конструктивных параметров разделителей потока, схемы их расположения над лентой транспортёра, а также интенсивности инфракрасного излучения нагревателя. Используя уравнение (4) можно подобрать оптимальные конструктивные параметры установки, подобрать тип инфракрасного излучателя, при которых зерно будет нагрето до заданной температуры за один проход через установку.

Библиографический список:

1. Антонов, Н.М. Тепловая обработка зерна ячменя / Н.М. Антонов, Е.И. Макевнина, И.А. Коробов // Сельский механизатор. – 2012. – № 8. – С. 26.
2. Афанасьев, В.А. Тепловая обработка зерна при производстве комбикормов / В.А. Афанасьев. – М.: Колос, 1978. –85 с.
3. Курдюмов, В.И. Теоретические аспекты распределения теплоты в установке контактного типа при сушке зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин // Инновации в сельском хозяйстве. - 2015. – № 2 (12). - С. 159-161.
4. Курдюмов, В.И. Тепловая обработка зерна при подготовке комбикорма для поросят / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2012. № 3 (7). С. 102 - 107.

5. Трисвятский, Л.А. Технология приема, обработки, хранения зерна и продуктов его переработки / Л.А. Трисвятский, Б.Е. Мельник. - М.: Колос, 1983. – 351 с.

6. Пат. 186448 Российская Федерация, МПК А23В 9/08. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, П.С. Агеев, С.А. Белянин; патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. – № 2018120024; заявл. 30.05.2018; опубл. 21.01.19, Бюл. № 3.

7. Пат. 186434 Российская Федерация, МПК F26В 17/20. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, П.С. Агеев, С.А. Белянин; патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. – № 2018119811; заявл. 29.05.2018; опубл. 21.01.19, Бюл. № 3.

8. Пат. 186954 Российская Федерация, МПК F26В 17/20. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, П.С. Агеев, С.А. Белянин; патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. – № 2018119803; заявл. 29.05.2018; опубл. 15.11.18, Бюл. № 32.

9. Vargas, W.L. Heat conduction in granular materials / W.L. Vargas, J.J. McCarthy // AIChE Journal. – 2001. – № 47. - P. 1052 - 1059.

10. Converse, H.H. Transient heat transfer within stored in a cylindrical bin. Amer. Soc. Agr. Engrs., 2006. - № 855.

11. Tsotzas E., Kwapinska M., Saage G. Modeling of contact dryers // Drying Technology. – 2007. – 25:1, pp. 1377-1391.

DETERMINATION OF GRAIN HEATING RATE IN A CONTINUOUS TYPE MACHINE

**Makarov V.A., Garipov A.R., Sutyagin S.A.,
Pavlushin A.A.**

Key words: *grain, drying, grain dryer, grain heating rate.*

The article proposes a new design of a grain dryer with a belt conveyor and an infrared heating module. The theoretical equation for the rate of grain heating during drying in the proposed installation is also drawn.