

УДК 631: 362.7

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ В УСТАНОВКЕ КОНТАКТНОГО ТИПА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА

*В.И. Курдюмов, доктор технических наук, профессор,  
тел. +79063946046, vik@ugsha.ru;*

*А.А. Павлушин, доктор технических наук, профессор,  
тел. +79050359200, andrejpavlu@yandex.ru;*

*С.А. Сутягин, кандидат технических наук, доцент,  
тел. +79279842587, sergeysut@mail.ru;*

*М.В. Сотников, кандидат технических наук, доцент,  
тел. +79084886033, sotnikovmaksim@mail.ru;*

*В.В. Артемьев, студент 2 курса инженерного факультета,  
тел. 8(8422) 55-95-13, nice.lisin@yandex.ru  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

**Ключевые слова:** технология сушки зерна, трубчатый электронагреватель, установка с контактными электронагревом зерна.

*Работа посвящена обоснованию параметров электронагревателя в установке контактного типа для сушки зерна, который позволит подвести требуемый поток теплоты зерну и нагреть его до заданной температуры.*

Введение. Производство зерна является важной задачей устойчивого развития продовольственного рынка страны, а также обеспечения ее продовольственной безопасности. Задачу увеличения производства зерна необходимо решать не только повышением валового сбора урожая зерновых культур, но и обеспечением качества зерна на всех этапах его обработки.

Сушка зерна, в процессе послеуборочной его обработки, является наиболее важным, при формировании качественного и количественного состава убранных урожаев зерновых культур [1, 2, 3].

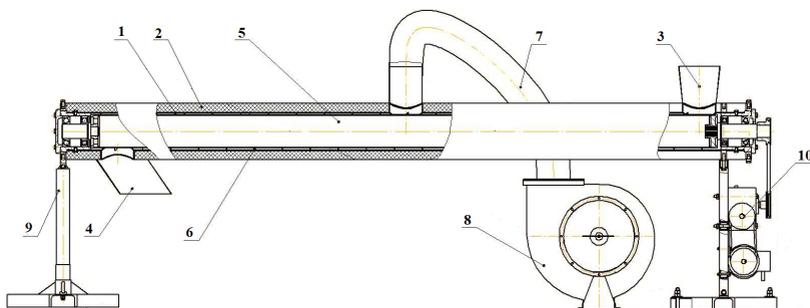
В настоящее время при наличии большого количества зерносушилок, а также разнообразия их видов, отмечается нерациональное их использование, применение режимов, не способствующих интенсификации процесса сушки, в результате чего увеличивается расход топлива и электрической энергии.

Для снижения потерь, сохранности и обеспечения требуемого качества обработанного зернового материала, снижения затрат энергии и

топлива необходимо разрабатывать сушильные установки обеспечивающие снижение влажности зерна до кондиционного состояния, 14...15 %, в установленные сроки.

Поэтому разработка установок для сушки зерна, которые позволяют с требуемым качеством высушить зерно до кондиционной влажности и обеспечивают снижение затрат энергии, конструкционных материалов является актуальной задачей.

**Материалы и методика исследований.** Нами предложена установка контактного типа (рисунок 1), в которой теплота зерну передается от электронагревателя через теплопроводный кожух.



**Рисунок 1 – Схема установки для сушки зерна:**

**1 – кожух круглого сечения, 2 - теплоизоляционный материал, 3 - загрузочный бункер, 4 - выгрузное окно, 5 – транспортёр шнековый, 6 – стержни; 7 - электронагреватель, 7 – направитель воздушного потока, 8 – воздушный насос, 9 - опора винтовая, 10 - привод транспортера.**

Предложенная установка состоит из кожуха круглого сечения, который покрыт теплоизоляционным материалом, загрузочного бункера, выгрузного окна. Внутри кожуха крепят шнековый транспортер, который закрепляют с возможностью вращения от привода. На торцевой поверхности витков шнека параллельно его оси через равные промежутки установлены стержни. Их длина не превышает половины межвиткового расстояния. Воздушный насос соединяют направителем потока воздуха с внутренней полостью кожуха. Рабочую камеру установки закрепляют на винтовых опорах, для регулировки её оси относительно горизонта.

**Результаты исследования.** Скорость подвода теплоты зерну в предлагаемой установке зависит от температуры кожуха и скорости воздушного потока, который обдувает зерно. При этом эффективность использования электрической энергии, необходимой для нагрева кожуха и воздуха, напрямую зависит от типа и мощности нагревательных элементов и режимов их работы.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации зерносушильных машин применяют электронагреватели открытого, защищенного и герметического исполнения. В предложенной нами установке целесообразно использовать электронагреватель открытого типа, что упростит конструкцию проектируемой установки, монтаж и пуск её в работу.

Электрический расчет электронагревателя будет основан на основании теоретических формул, которые позволят описать их режим работы, а также геометрические параметры [4, 5]. Расчет основывают на совместном решении уравнений, связывающих тепловые и электрические параметры электронагревателя:

$$\Phi = \Phi_{\text{Апр}} A = \Phi_{\text{Апр}} \Pi; \quad (1)$$

$$N_{\text{нэ}} = \frac{U_{\Phi}^2}{R} = \frac{U_{\Phi}^2 \sigma_A}{\rho_T l_{\text{нэ}}}, \quad (2)$$

где  $\Phi$  – поток теплоты, Вт;  $\Phi_{\text{Апр}}$  – плотность потока теплоты электронагревателя, Вт/м<sup>2</sup>;  $A$  – площадь греющей поверхности нагревательного элемента, м<sup>2</sup>;  $\Pi$  – периметр сечения нагревательного элемента, м;  $l_{\text{нэ}}$  – длина электронагревателя, м;  $N_{\text{нэ}}$  – мощность электронагревателя, Вт;  $U_{\Phi}$  – напряжение на «фазе» электронагревателя, В;  $R$  – электрическое сопротивление, Ом;  $\sigma_A$  – площадь сечения нагревательного элемента, м<sup>2</sup>;  $\rho_T$  – удельное электрическое сопротивление электронагревателя, Ом·м.

Так как в установившемся режиме работы установки электрическая мощность равна тепловому потоку, отдаваемому с поверхности нагревателя ( $N_{\text{нэ}} = \Phi$ ), то, используя формулы (1) и (2), можно записать, что

$$\frac{N_{\text{нэ}}}{\Phi_{\text{Апр}} \Pi} = \frac{U_{\Phi}^2 \sigma_A}{N_{\text{нэ}} \rho_T}. \quad (3)$$

Для нагревателя круглого сечения  $\Pi = \pi d_{\text{нэ}}$  и  $\sigma_A = \pi d_{\text{нэ}}^2 / 4$ . Подставляя эти значения в уравнения (1) и (2), определяем диаметр и длину нагревательного элемента, м,

$$d_{нз} = 3 \sqrt{\frac{4\rho_T N_{нз}^2}{\pi^2 U_{\phi}^2 \Phi_{Агр}}};$$

$$l_{нз} = 3 \sqrt{\frac{N_{нз} U_{\phi}^2}{4\pi\rho_T \Phi_{Агр}}}.$$

Мощность электрокалорифера, Вт,

$$N_{ЭК} = k_3 \frac{Q_K}{\eta \tau_{ЭК}}, \quad (4)$$

**Заключение.** Таким образом, по полученным уравнениям можно подобрать тип и мощность электронагревателя, который позволит создать требуемый поток теплоты, нагреть поверхность кожуха, контактируя с которой зерно прогреется до заданной температуры и в результате этого на выходе из установки получают качественно высушенное зерно.

*Библиографический список:*

1. Курдюмов, В.И. Использование критериев подобия при проектировании зерносушилок / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А.Сутягин, Г.В. Карпенко/ Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Почетного работника высшего профессионального образования, Академика РАЕ, доктора технических наук, профессора Владимира Григорьевича Артемьева. Ульяновск, 2018. С. 170...176.
2. Курдюмов В.И. Сравнительный анализ установок для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин/ Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения/ Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2015. С. 179...181.
3. Курдюмов В.И. Повышение качества сушки зерна в установке контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин / Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 3 (13). С. 79...81.
4. Патент 2446886 Российской федерации, МПК В02В5/00. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин/ заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА». - № 2010128429/13; заявл. 08.07.2010; опубл. 10.04.2012 г., Бюл. № 10.
5. Патент 2678148 Российской федерации, МПК F26В 17/26 Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, П.С. Агеев, Д.П. Ерохин/ заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ». - № 2018113389; заявл. 12.04.2018; опубл. 23.01.2019 г., Бюл. № 3.

## JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC HEATER IN THE INSTALLATION OF THE CONTACT TYPE FOR DRYING GRAIN

*Kurdyumov V.I., Pavlushin A.A., Sutyagin S.A., Sotnikov M.V., Artemyev V.V.*

**Keywords:** *grain drying technology, tubular electric heater, installation with contact electric heating of grain.*

*The work is devoted to the substantiation of the parameters of the electric heater in the installation of a contact type for drying the grain, which will allow to bring the required heat flow to the grain and heat it to a predetermined temperature.*