

УДК 631:362.7

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА СУШКУ ЗЕРНА В УСТАНОВКЕ КОНТАКТНОГО ТИПА

В.И. Курдюмов, доктор технических наук, профессор

А.А. Павлушин, доктор технических наук, доцент

Г.В. Карпенко, кандидат технических наук, доцент

С.А. Сутягин, кандидат технических наук, доцент

Д.А. Новичков, студент

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

тел. 89279842587, SergeySut@mail.ru

Ключевые слова: Установка для сушки зерна, тепловая обработка, уравнение регрессии.

Работа посвящена определению оптимальных режимных параметров принципиально новой установки контактного типа для сушки зерна, оценке их совместного влияния на удельные затраты энергии и качество сушки зерна.

Введение. В период послеуборочной обработки сушка зерна - один из наиболее важных процессов, на выполнение которого в существующих установках затрачивается энергии свыше 5,5 МДж/кг влаги. В связи с этим, разработка установок для сушки зерна обеспечивающих снижение удельных затрат энергии является актуальной и важной научно-технической проблемой [1, 2, 3].

Материалы и методы исследований. Нами предложена принципиально новая установка для сушки зерна контактного типа, в которой зерно перемещается скребковым транспортирующим рабочим органом по греющей пластине (рисунок 1) [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Отличительной особенностью предложенной установки является то, что скребки транспортирующего рабочего органа выполнены в виде прямоугольных пластин (рисунок 2) [11, 12, 13, 14]. С их нижней стороны на равном расстоянии друг от друга выполняют прорезы прямоугольной формы. Ширина прорезей превышает два максимальных размера зерна, а высота прорезей превышает максимальную толщину зерна.

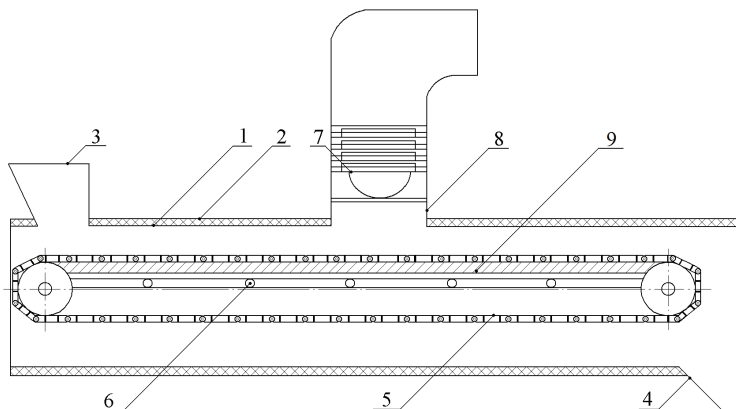


Рисунок 1 – Установка для сушки зерна:

1 - кожух; 2 - теплоизолирующий материал; 3 - загрузочный бункер; 4 - выгрузное окно; 5 - транспортирующий рабочий орган; 6 - нагревательные элементы; 7 - вентилятор; 8 - воздуховод; 9 - греющая пластина

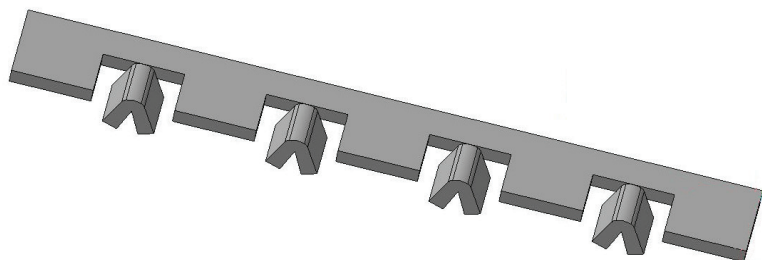


Рисунок 2 – Скребок транспортирующего рабочего органа

По центру прорезей устанавливают разделитель, который выполняют из двух прямоугольных пластин. Пластины разделителя устанавливают вертикально и соединяют между собой таким образом, что они образуют в плане острый угол, вершина которого направлена по направлению движения транспортирующего рабочего органа. Скребки устанавливают на равном расстоянии друг от друга и параллельно между собой.

Предложенная установка работает следующим образом. Включают нагревательные элементы. После достижения необходимой тем-

пературы греющей пластины подают зерно в загрузочный бункер, откуда оно поступает на греющую пластину, по которой перемещается транспортирующим рабочим органом к выгрузному окну. Контактная поверхность греющей пластины, зерно также нагревается, теряет излишки влаги, которые выдуваются вентилятором частично через загрузочный бункер, а частично через выгрузное окно. Сухое зерно удаляется из устройства через выгрузное окно.

При движении транспортирующего рабочего органа часть зерна продвигается вперед скребками, а часть зерна попадает в выполненные с нижней стороны пластин скребков прорези, в которых оно контактирует с разделителем. Разделитель направляет часть зерна, проходящего через прорези в скребках, двумя потоками к следующему скребку, обеспечивая равномерное перемещение зерна по ширине греющей пластины с одновременным вращением вокруг своей оси и, соответственно, равномерный нагрев.

Следующий скребок аналогично продвигает часть зерна вперед, а другую часть зерна с помощью разделителя направляет двумя потоками к следующему скребку.

Конструктивные особенности скребкового транспортирующего рабочего органа обеспечивают равномерный забор зерна из загрузочного бункера, распределение его по ширине греющей пластины, причем за время сушки толщина зернового слоя близка к толщине единичного зерна. За время перемещения зерна от загрузочного бункера к выгрузному окну зерно многократно оборачивается вокруг своей оси и контактируя с греющей пластиной равномерно нагревается по всей поверхности (рисунок 3) [4, 5, 6].

Результаты исследований и их обсуждение. За время сушки в предложенной установке в зерне происходит сложный процесс внутреннего влаго-, и теплопереноса, на интенсивность которого влияет подведенная к нагревательным элементам мощность. Мощность установки N , Вт, требуемая на нагрев зерна и испарение из него влаги в зависимости от начальной температуры зерна и его влагосодержания,

$$N = ((dT/dt) - aT\nabla^2 + (\epsilon r/c)(dU/dt))/(cm\rho_0), \quad (1)$$

где: T – температура зерна до сушки, К; a – коэффициент температуро-

проводности, m^2/c ; ∇^2 – оператор Лапласа, m^{-2} ; ϵ – коэффициент превращения жидкости в пар; r – удельная теплота парообразования, Дж/кг; c – удельная теплоемкость зерна, Дж/(кг·К); U – влагосодержание зерна, $кг_{вл}/кг_{сх}$; m – масса зерна, кг; ρ_0 – плотность сухого вещества в зерне, $кг/м^3$.

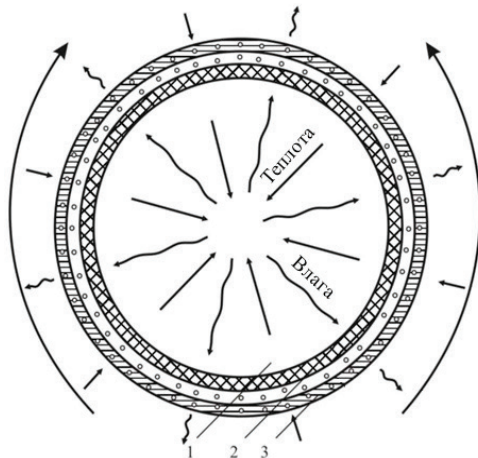


Рисунок 3 – Схема нагрева зерна в установке контактного типа:
1 – зерно; 2 – пограничный слой зерна; 3 – зона испарения влаги

Для определения влияния режимов работы предложенной установки контактного типа на качество сушки зерна и удельные затраты энергии провели исследования ее работы при сушке зерна ячменя сорта «Лакомба». По результатам исследований получили графическое изображение поверхности отклика от взаимодействия средней температуры греющей поверхности, времени обработки зерна и их совместного влияния на удельные затраты энергии (рисунок 4) и адекватное уравнение регрессии (2), выраженное в натуральных значениях факторов.

$$q_{\text{уд}} = 3070,23 + 8,71t_{\text{гр}} + 36,28\tau_{\text{об}} - 0,03t_{\text{гр}}^2 - 0,16t_{\text{гр}}\tau_{\text{об}} - 0,11\tau_{\text{об}}^2, \quad (2)$$

где $q_{\text{уд}}$ - удельные затраты энергии, кДж/кг_{влаги}; $t_{\text{гр}}$ - средняя температура греющей поверхности, °С; $\tau_{\text{об}}$ - время обработки зерна в установке, с.

В результате канонического анализа полученного уравнения регрессии выявлено, что оптимальные значения независимых факторов составляют: $t_{\text{гр}} = 70$ °С, $\tau_{\text{об}} = 40$ с. При этом минимальные удельные затраты энергии на процесс сушки зерна составили 4322,1 кДж/(кг влаги).

После сушки в предложенной установке качество зерна соответствовало ГОСТу, что подтверждено актом аккредитованной лаборатории «Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии» № РОСС.RU. 0001.515748.

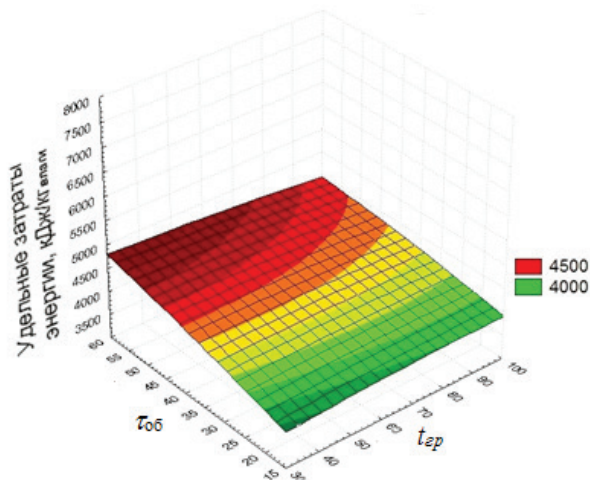


Рисунок 4 - Поверхность отклика, характеризующая влияние $t_{гр}$ и $t_{об}$ на критерий оптимизации $q_{уд}$

Заключение. Таким образом, предложенная установка контактного типа обеспечивает требуемое качество сушки зерна. При оптимальных параметрах $t_{гр} = 70$ °С и $t_{об} = 40$ с минимальные удельные затраты энергии составляют 4322,1 кДж/кг влаги.

Библиографический список

1. Курдюмов В.И., Карпенко Г.В., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа. Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. Ульяновск, 2013. - 290 с.
2. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А, Прошкин Е.Н.. Сравнительный анализ установок для сушки зерна. - Материалы VI Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». / Ульяновск, ГСХА им. П.А. Столыпина, 2015. – С. 179...181.
3. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Теоретические аспекты распределения теплоты в установке контактного типа при сушке зерна. «Инновации в сельском хозяйстве». / Москва: ФГБНУ ВИЭСХ, № 2. 2015 г. – С. 159...161.
4. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Повышение качества сушки зерна в установке контактного типа. «Инновации в сельском хозяйстве». / Москва: ФГБНУ ВИЭСХ, № 3. 2015 г. – С. 79...81.

5. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Обеззараживание зерна в установке контактного типа. Материалы 66-й международной научно-практической конференции «Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона». Издательство: Рязанский ГАТУ им. П.А. Костычева. Рязань: 2015 г. – С. 181...183.
6. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А., Агеев П.С. Механико-технологическое обоснование и разработка энергосберегающих средств механизации тепловой обработки зерна. Концепт. 2015. Т. 13. С. 3561-3565.
7. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на изобретение RU 2446886. Оpubл. 10.04.2012 г., Бюл. № 10.
8. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на полезную модель RU 96466. Оpubл. 10.08.2010 г. Бюл. № 22.
9. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на полезную модель RU 96467. Оpubл. 10.08.2010 г. Бюл. № 22.
10. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на полезную модель RU 96468. Оpubл. 10.08.2010 г. Бюл. № 22.
11. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки и обеззараживания зерна. Патент РФ на полезную модель RU 99130. Оpubл. 10.11.2010 г. Бюл. 31.
12. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на полезную модель RU 92603. Оpubл. 27.03.2010 г. Бюл. № 19.
13. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на полезную модель RU 99130. Оpubл. 10.11.2010 г. Бюл. 31.
14. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ на полезную модель RU 99131. Оpubл. 10.11.2010 г. Бюл. 31.

REDUCING ENERGY CONSUMPTION FOR DRYING THE GRAIN IN THE INSTALLATION OF THE CONTACT TYPE

Kurdyumov V.I., Pavlushin A.A., Karpenko G.V., Sutyagin S.A., Novichkov D.A.

Key words: Installation for grain drying, heat treatment, the regression equation.

The work is dedicated to the definition of the optimal regime parameters a new installation of the contact type for drying grain, their joint impact on the unit cost of energy and quality of grain drying.