

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ КОНТАКТНОГО ТИПА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Павлушин Андрей Александрович, доктор технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Карпенко Галина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 89050359200;

e-mail: andrejpavlu@yandex.ru.

Ключевые слова: послеуборочная обработка зерна, энергосбережение, контактный нагрев, оптимальные параметры.

Рассмотрена перспективность использования контактного нагрева зерна при его тепловой обработке. Представлены энергоэффективная конструкция установки для тепловой обработки зерна и методика проведения исследований в производственных условиях. Обоснованы граничные условия проведения производственных исследований. Выявлены оптимальные значения режимных параметров разработанного средства механизации при сушке и термическом обеззараживании зерна.

Введение

Перспективность применения контактного способа передачи теплоты для нагрева зерна при его обработке подтверждена многочисленными исследованиями [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Необходимо отметить, что контактный нагрев в чистом виде для высокопроизводительных установок не достаточно эффективен по сравнению с конвективным способом подвода теплоты. Однако при переработке небольших партий зерна контактный нагрев можно использовать гораздо шире и на более высоком энергетическом уровне.

Для обеспечения требуемого качества процесса теплового воздействия на зерно на основании анализа достоинств и недостатков существующих средств механизации нами предложена конструкция установки для тепловой обработки зерна (УТОЗ). Она включает в себя составной цилиндрический кожух, шнековый транспортирующий рабочий орган и устройство для удаления влаги. Составные части кожуха разделены между собой теплоизолирующими кольцами и снабжены индивидуальными нагревательными элементами. Шнек выполнен с пер-

форированными витками, причём диаметр перфорации витков шнека не превышает минимального размера зерна [8, 9, 10, 11, 12, 13].

Цель проводимых исследований УТОЗ в производственных условиях - подтвердить возможность использования разработанного средства механизации процесса тепловой обработки зерна в небольших крестьянско-фермерских, личных подсобных и зерноперерабатывающих хозяйствах, а также установить границы энергоэффективного использования УТОЗ с выбранными конструктивно-режимными параметрами.

Объекты и методы исследований

Экспериментальная УТОЗ позволяет проводить исследования при изменении ее основных режимных параметров: скорости движения зерна в тепловой камере - 0,007...0,034 м/с, скорости движения воздуха - 0...7,6 м/с, средней температуры нагрева контактной поверхности установки - от 20 °С до 200 °С. Кроме того конструктивные особенности установки позволяют исследовать режимы тепловой обработки зерна в режиме «прямоток» и «противоток» (рис. 1).

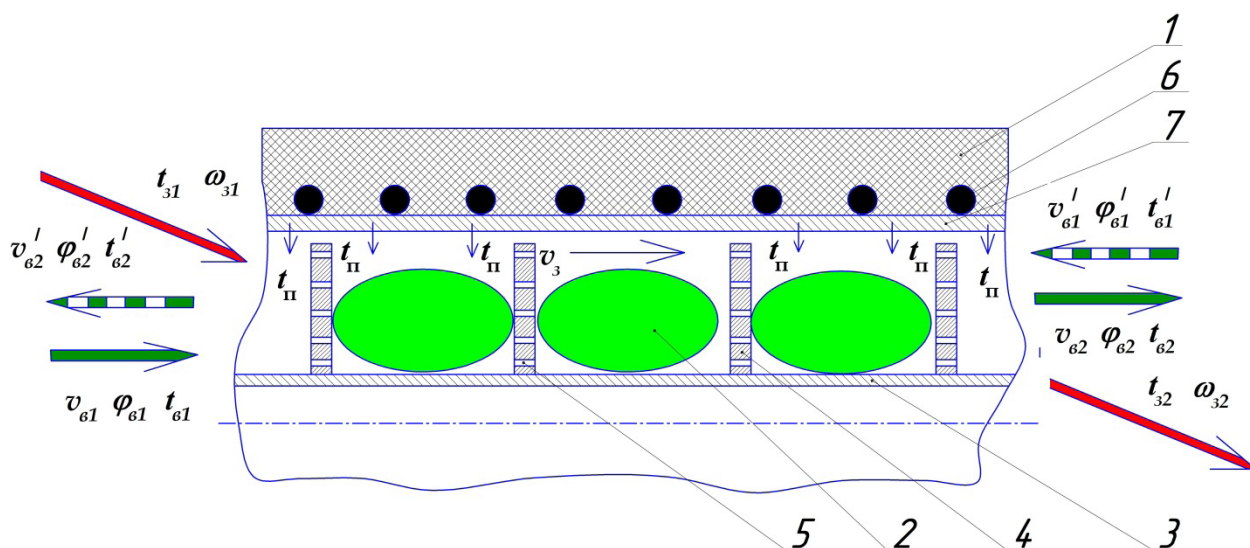


Рис. 1 – Физическая модель процесса тепловой обработки зерна в УТОЗ:

1 – теплоизоляция; 2 – зерно; 3 – вал винтового транспортирующего рабочего органа; 4 – витки винтового транспортирующего рабочего органа; 5 – перфорация; 6 – нагревательные элементы; 7 – кожух; t_3 – температура зерна, °C; ω_3 – влажность зерна, %; t_6 – температура воздуха (агента сушки), °C; ϕ_6 – влажность воздуха, %; v_3 – скорость движения зерна, м/с; v_6 – скорость движения воздуха, м/с; t_{π} – средняя температура греющей поверхности, °C; индексы 1 и 2 указывают на соответствующие режимные параметры на входе и на выходе из сушильной камеры, штрих в обозначениях указывает на противоточное движение воздуха

Исследуемая установка (рис. 2) представляла собой модуль тепловой обработки зерна, входящий в технологические линии по послеуборочной обработке зерна (сушке) и термическому обеззараживанию зерна.

Исследования проводили в следующем порядке. По договору с хозяйством (ООО «Зерновая компания Поволжье») в течение определенного времени проводили изучение и анализ существующего технологического процесса. В результате уточняли режимные и эксплуатационные показатели работы установки, рассчитывали технико-экономические характеристики. Также определяли требуемые в данных конкретных условиях пропускную способность установки, потребляемую мощность, среднюю температуру греющей поверхности кожуха при различных режимах работы, уточняли порядок работы с установкой.

Исследования проводили при работе с зерном озимой пшеницы сорта «Бирюза» с последующей оценкой качества получаемой продукции в испытательной лаборатории по агрохимическому обслуживанию сельско-

хозяйственного производства Федерального государственного учреждения «Станция агрохимической службы «Ульяновская» согласно действующим стандартам.

Результаты исследований

Поисковые исследования влияния исходной влажности зерна на влагосъем и, как следствие, на удельные затраты энергии на сушку, показали, что с увеличением исходной влажности влагосъем снижается, причём зависимость имеет вид полиномиальной кривой и описывается уравнением:

$$Y = 40,2068 - 4,2648x - 0,0651x^2, \quad (1)$$

где Y – исходная влажность зерна, %; x – разовый влагосъем, %.

Корреляционное отношение R при этом равно 0,89 (рис. 3) [14].

Снижение влагосъема при увеличении исходной влажности объясняется тем, что одинаковые объёмы зерна при разной исходной влажности имеют различную массу. Это связано с тем, что в зерне с большей исходной влажностью содержится и больше влаги, на испарение которой требуется затратить дополнительное количество энергии. Так как исследования по влиянию



Рис. 2 – Фрагмент технологической линии по послеуборочной обработке зерна:

1 - УТОЗ; 2 - аппаратура для контроля температурного режима; 3 - комплект приборов для контроля энергетических показателей; 4 - винтовой транспортёр; 5 - сортировальная машина

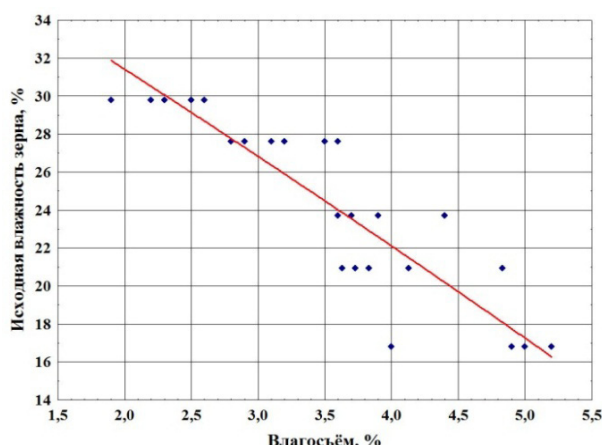


Рис. 3 - Зависимость влагосъёма от исходной влажности зерна при контактом способе подвода теплоты

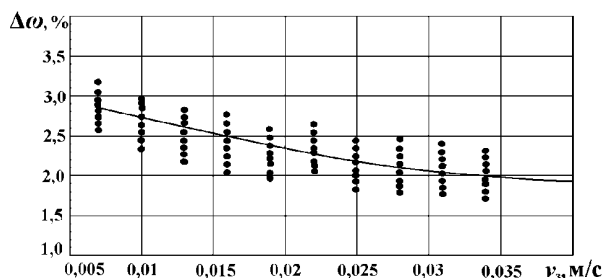


Рис. 4 - Зависимость влагосъёма от скорости движения зерна

исходной влажности на влагосъём проводили на одинаковых режимах, то зерно с большей исходной влажностью не успевало прогреваться до одинаковой температуры за равные периоды времени опыта, следовательно, в этом случае получали меньший влагосъём. Напротив, зерно с низкой исходной влажностью (и меньшей массой) эффективнее нагревалось, и влагосъём в этом случае возрастал.

Также были определены ограничения по оптимальной скорости движения зерна в УТОЗ. Проведённые исследования влияния этого режимного параметра на разовый влагосъём показали, что для обеспечения минимального технологически и экономически целесообразного снижения влажности обрабатываемого зерна за один проход через УТОЗ (не менее 2 %) необходимо чтобы скорость движения зерна составляла $v_{\text{з опт}} \geq 0,033 \text{ м/с}$ (рис. 4).

$$\Delta\omega = 3,129 - 58,972x + 797,5589x^2,$$

где $\Delta\omega$ - разовый влагосъём, %; x - скорость движения зерна, м/с

Проведённые исследования по опти-

Таблица 1

Показатели работы УТОЗ

Показатель	Величина показателя		Отклонение, %
	теория	эксперимент	
Пропускная способность, т/ч			
а) сушка зерна	0,25	0,239	-4,4
б) термическое обеззараживание	0,18	0,175	-2,8
Потребляемая мощность, мВт, кВт			
а) сушка зерна	2,1	2,15	+4,5
б) термическое обеззараживание	7,35	7,6	+3,4
Средняя температура греющей поверхности, °С			
а) сушка зерна	50...70	50...70	–
б) термическое обеззараживание	95...100	95...100	–
Экспозиция тепловой обработки, с			
а) сушка зерна	74	76	+2,7
б) термическое обеззараживание	123	125	+1,6

мизации режимных параметров УТОЗ с учётом вышеизложенных ограничений и статистическая обработка полученных результатов позволили получить следующее.

При сушке зерна пшеницы средняя температура греющей поверхности составляла 40...75 °С, съём влаги за один проход находился в пределах 2...6 %, температура зерна на выходе из сушильной установки составляла 30...40 °С. При этом затраты теплоты на 1 кг испаренной влаги изменялись от 3,1 МДж до 3,4 МДж. Заданный температурный режим не приводил к снижению семенных показателей зерна. Полученные данные свидетельствуют о достаточной эффективности процесса сушки в предложенной установке.

Проведённые исследования УТОЗ в режиме термического обеззараживания зерна пшеницы показали, что при исходной второй степени заражённости на выходе зерно освобождалось от вредителей, а его продовольственные свойства не снижались. Удельный расход энергии при этом составил 4,35 кВт·ч/т [15].

В таблице приведены оптимальные значения режимов работы УТОЗ, полученных по результатам проведённых исследований в производственных условиях.

Расхождение значений основных показателей процесса тепловой обработки зерна, полученных теоретически и в резуль-

тате проведённых экспериментов, не превысило 5 %.

Выводы

Производственная апробация разработанной УТОЗ подтвердила её высокую эффективность работы при выполнении различных технологических операций (сушка зерна и его обеззараживание).

Данная установка может быть рекомендована для подготовки зерна пшеницы к дальнейшей переработке и хранению в условиях крестьянских (фермерских), личных подсобных хозяйств и малых сельскохозяйственных предприятий.

Библиографический список

1. Курдюмов, В.И. Теоретические и экспериментальные аспекты контактного способа передачи теплоты при сушке зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 3. - С. 106-110.

2. Совершенствование средств механизации переработки птичьего помета / В.И. Курдюмов, Н.Н. Аксенова, А.А. Павлушин, Е.В. Спирина // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: ГСХА, 2012.- Том II. – С. 80-84.

3. Обоснование теплофизических па-

раметров установки для сушки зерна контактного типа / В.И. Курдюмов, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин, М.А. Карпенко // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2009.- Часть I. – С. 84-87.

4. Курдюмов, В.И. Теоретическое обоснование динамики сушки зерна при контактом способе теплоподвода / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2015.- № 3 (31). - С. 125-130.

5. Курдюмов, В.И. Влияние параметров воздушной среды на энергозатраты в зерносушилках контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2015.- № 1 (29). - С. 114-119.

6. Курдюмов, В.И. Обоснование оптимальных режимов работы зерносушилок контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 4 (28).- С. 160-165.

7. 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. - С. 102-107.

8. Пат. 90970 Российская Федерация, МПК А23В9/08. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».- Заявл. 07.10.2009; опубл. 27.01.2010, Бюл. № 3.

9. Пат. 2428642 Российская Федерация, МПК F26В11/16. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».- Заявл. 14.04.2010; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25.

10. Пат. 2411432 Российская Федерация, МПК F26В17/04. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».- Заявл. 07.10.2009; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4.

11. Пат. 2453123 Российская Федерация, МПК А23В9/08. Устройство для сушки пищевых продуктов / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».- Заявл. 10.11.2010; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17.

12. Пат. 96639 Российская Федерация, МПК F26В3/00. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, И.А. Постников; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».- Заявл. 24.02.2010; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 22.

13. Пат. 119862 Российская Федерация, МПК F26В11/16. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА».- Заявл. 11.01.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24.

14. Курдюмов, В.И. Энергозатраты на процесс сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин // Вестник ВИЭСХ.- 2012.- № 7. - С. 52-54.

15. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа: монография / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. – 290с.