

Режимными параметрами являются:

- 1) рабочая скорость движения комбайна;
- 2) частота вращения барабана-ротора;
- 3) высота резания соломы.

#### Библиографический список

1. Пугачев Ю.А. Состояние и проблемы развития соеперерабатывающей отрасли в Амурской области / Ю.А. Пугачев // Перспективы производства и переработки сои в Амурской области. – Благовещенск, 1998. – С. 7-14.

2. Присяжная С.П. Совершенствование технологии сбора половы при комбайновой уборке сои / С.П. Присяжная, М.М. Присяжный, А.П. Дыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2007. – № 9. – С. 14-15.

3. Макаров В.Н. Влияние основной обработки почвы с внесением соломы на урожай зерна сои и пшеницы / В.Н. Макаров // Науч.-техн. бюл. ВНИИ сои. – 1977. – Вып. 5, 6. – С. 41-49.

4. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины / М.Н. Летошнев. – Л.: Сельхозгиз, 1949. – 856 с.

5. Долгов И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Долгов, Г.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1967. – 202 с.

6. Цехместер М.Р. Копирующий режущий аппарат с качающимися сегментами для скашивания сои: автореф. дис... канд. техн. наук (05.20.01) / Цехместер Михаил Романович. – Новосибирск, 1989. – 16 с.



УДК 631:362.7

**В.И. Курдюмов,  
А.А. Павлушин,  
И.Н. Зозуля**

## АСПЕКТЫ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В УСТАНОВКАХ КОНТАКТНОГО ТИПА

**Ключевые слова:** тепловая обработка зерна, термическое обеззараживание, установка контактного типа, энергосбережение, нагревательные элементы, теоретические исследования, шнековый транспортирующий рабочий орган, температура поверхности кожуха, режимные параметры, пропускная способность.

Тепловая обработка сельскохозяйственных материалов находит широкое применение в различных процессах и технологиях производства, переработки и хранения продукции растениеводства. Проведенный анализ показывает, что тепловая обработка широко распространена во многих отраслях сельскохозяйственного производства.

На рисунке 1 представлена классификация процессов тепловой обработки сельскохозяйственных материалов, при-

меняемых в производстве и переработке продукции растениеводства.

Эффективность процесса тепловой обработки зерна в основном зависит от конструкции установки, температурного режима и требуемого качества подготовки зерна.

На сегодняшний день более десятка иностранных фирм представляют свое зерносушильное оборудование на российском рынке. Однако очень важно то, что данная импортная техника адаптирована под европейские условия производства, переработки и хранения зерна, которые отличаются от условий российских. К примеру, средний показатель засоренности зерна в России – 15%, влажности – 22-24%, а в Европе – 1-2% и 19-20% соответственно. Поэтому, чтобы довести зерно российских производителей до базисных кондиций, используя импортную технику, требуется несколько раз выпол-

нить одну и ту же операцию, нарушая при этом поточность всего процесса и повышая затраты энергии на этот процесс.

В связи с этим разработка технических средств, удовлетворяющих потребностям российских производителей зерна, интенсифицирующих процессы тепловой обработки зерна с учетом энерго- и ресурсосбережения, является актуальной и важной научно-технической задачей.

На основе изложенного выше нами была поставлена цель исследований: разработка установки для тепловой обработки зерна с обоснованием оптимальных конструктивных параметров и режимов работы, обеспечивающих снижение затрат энергии и требуемое качество готового продукта при заданной пропускной способности. Объектом исследования является технологический процесс тепловой обработки зерна, а предметом исследования – параметры технологического процесса тепловой обработки зерна и средства механизации этого процесса.

Предложена установка для тепловой обработки зерна (рис. 2), которая может

использоваться для сушки зерна и для его термического обеззараживания [1, 2].

Предложенную установку для тепловой обработки исследовали в лабораторных и производственных условиях в соответствии с действующими ГОСТами, ОСТАми и разработанными частными методиками. Данные опытов, полученные с использованием методики планирования экспериментов, статистически обрабатывались с помощью программ «Excel», «Statistica-6» и «Derive-5». Достоверность результатов работы подтверждается сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, проведением сравнительных исследований установки в производственных условиях.

Установка универсальна, так как она может работать с зерном любых сельскохозяйственных культур. Выполнение кожуха составным и снабжение каждой составной части индивидуальным нагревательным элементом позволяет осуществить быстрый прогрев зерна и поддерживать температуру в пределах, которые не снижают посевных или технологических качеств зерна.

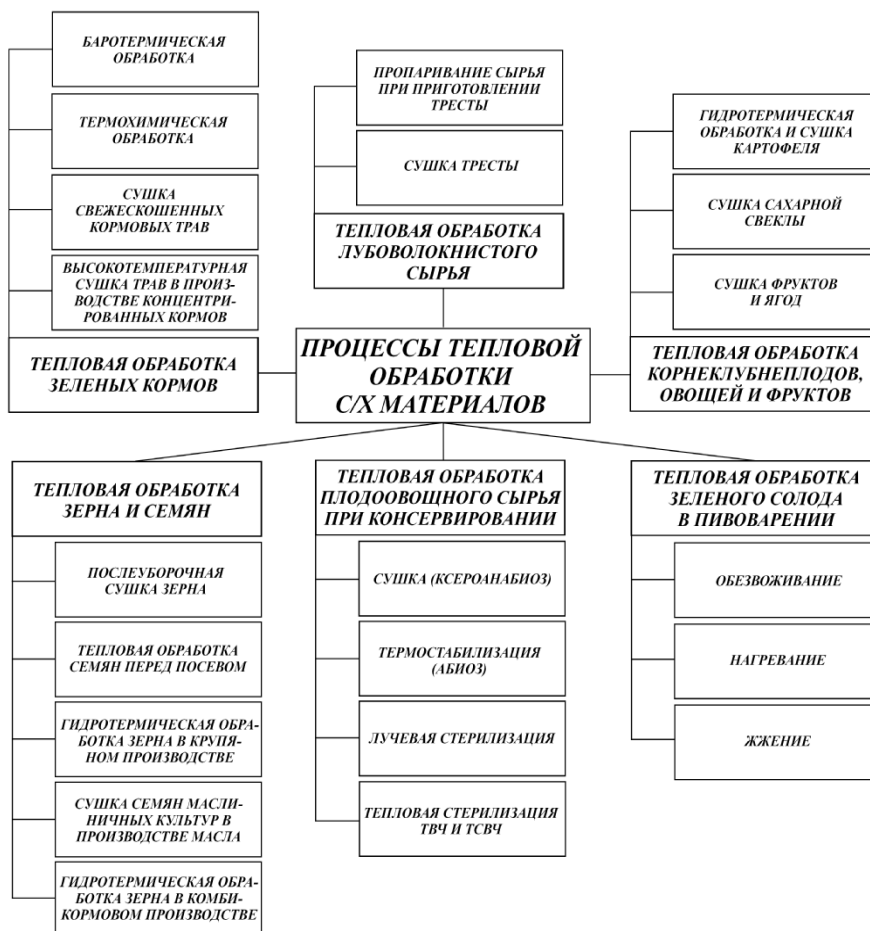


Рис. 1. Классификация видов тепловой обработки сельскохозяйственных материалов

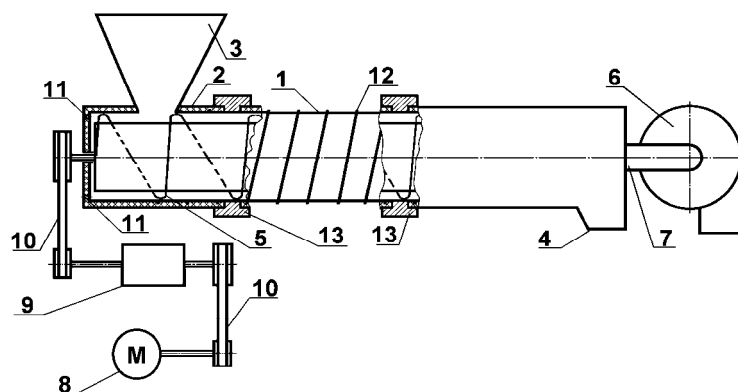


Рис. 2. Установка для тепловой обработки зерна:

- 1 – кожух; 2 – материал теплоизолирующий; 3 – бункер загрузочный; 4 – окно выгрузное;  
 5 – шнек; 6 – вентилятор; 7 – воздуховод; 8 – электродвигатель; 9 – вариатор;  
 10 – передача ременная; 11 – отверстия; 12 – элементы нагревательные; 13 – кольца

После обработки результатов проведённых опытов по сушке зерна пшеницы были получены следующие уравнения регрессии в кодированных значениях факторов для случаев:

$$1) x_1 = 0; Y = 3103,89 + 88,51x_2 + 69,93x_3 - 234,91x_2^2 + 39,51x_2x_3 + 158,47x_3^2;$$

$$2) x_2 = 0; Y = 3042,92 + 1,93x_1 - 33,09x_3 - 2,31x_1^2 + 15,26x_1x_3 + 152,23x_3^2;$$

$$3) x_3 = 0; Y = 3260,85 + 1,82x_1 + 165,65x_2 - 3,31x_1^2 - 17,34x_1x_2 - 234,91x_2^2,$$

где  $x_1$  – средняя температура греющей поверхности, °С;

$x_2$  – скорость движения воздуха, м/с;

$x_3$  – скорость движения зерна, м/с;

$Y$  – удельные затраты энергии на испарение влаги, кДж/кг;

$x_1, x_2, x_3$  – соответственно, скорость движения зерна, скорость воздуха; средняя температура греющей поверхности в кодированных значениях факторов.

Полученные уравнения регрессий, а также анализ полученных поверхностей отклика с помощью их двухмерных сечений (рис. 3) показывают, что удельные затраты теплоты на испарение из зерна пшеницы влаги снижаются до  $q_{min} = 3042$  кДж/кг при скорости движения зерна  $v_z = 0,0035$  м/с, средней температуре поверхности кожуха  $t_n = 61,8^\circ\text{C}$ . Однако полученный минимум энергозатрат соответствует неприемлемым режимам процесса, так как при  $v_z = 0,0035$  м/с пропускная способность установки не превышает 84 кг/ч, что экономически невыгодно. Поэтому оптимальными удельными затратами теплоты будем считать такие, при которых пропускная способность установки максимальна, а разовый влагосъём – не менее 2%.

Определены оптимальные значения независимых факторов при сушке зерна пшеницы: средняя температура греющей поверхности  $t_{n\text{ опт}} = 58^\circ\text{C}$ , скорость движения воздуха в установке  $v_{в\text{ опт}} = 5,44$  м/с,

скорость движения зерна  $v_{з\text{ опт}} = 0,033$  м/с. При этом удельные затраты энергии на испарение влаги составляют  $q_{\text{опт}} = 3102$  кДж/кг.

Измерения, выполненные во время работы сушильной установки электроконтактного типа, показали, что концентрации пыли в воздухе рабочей зоны оператора в конце рабочей смены составляет 1,2–1,8 мг/м<sup>3</sup>. Такая концентрация не превышает предельно-допустимую для зерновой пыли (2 мг/м<sup>3</sup>). При эксплуатации существующих установок конвективного типа фактическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны оператора находится в пределах 30–50 мг/м<sup>3</sup>, что значительно превышает ПДК.

Дальнейшее совершенствование предложенной установки направлено на предложенную новую конструктивную схему. Отличительной особенностью предложенной установки является то, что тепловой обработке подвергается единичный слой зерна. К тому же благодаря расположению рабочего органа (перфорированного шнека) под любым углом к горизонтали зерно в процессе движения от загрузочного бункера к выгрузному окну совершает сложное движение по виткам шнека, многократно оборачиваясь и равномерно нагреваясь. Это обеспечивает высокое качество тепловой обработки зерна. Работа предложенной нами установки для тепловой обработки зерна основана на применении комбинированного способа

подвода теплоты к обрабатываемому зерну (контактный способ нагрева зерна в сочетании с конвективным), что позволяет максимально обеспечить выполнение технологических требований, предъявляемых к обработанному зерну [3].

Предлагаемая установка, как минимум, в 10 раз дешевле аналогов. Поэтому можно ожидать потенциальный спрос со стороны небольших сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. Удельные затраты энергии на испарение влаги в сравнении с наиболее эффективными существующими сушильными установками снижаются примерно в 1,3-1,54 раза и более. Срок окупаемости предлагаемой установки не превышает 0,53 года.

Эксплуатация предлагаемой установки для сушки зерна по сравнению с существующими сушилками конвективного типа не только экономически выгодна, но и приводит к улучшению экологического состояния окружающей среды, а также условий труда обслуживающего персонала.

### Библиографический список

1. Пат. на полезную модель № 59226, Российская Федерация, F26B 17/20. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2006113176/22; заявл. 19.04.06; опубл. 10.12.06, Бюл. № 34.
2. Пат. № 2323580, Российская Федерация, F26B 17/20. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2006109961/13; заявл. 28.03.06; опубл. 10.05.08, Бюл. № 13.
3. Пат. на полезную модель № 75233, Российская Федерация, F26B 11/12. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, И.Н. Зозуля; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». – № 2008106089/22; заявл. 18.02.08; опубл. 27.07.08, Бюл. № 21.

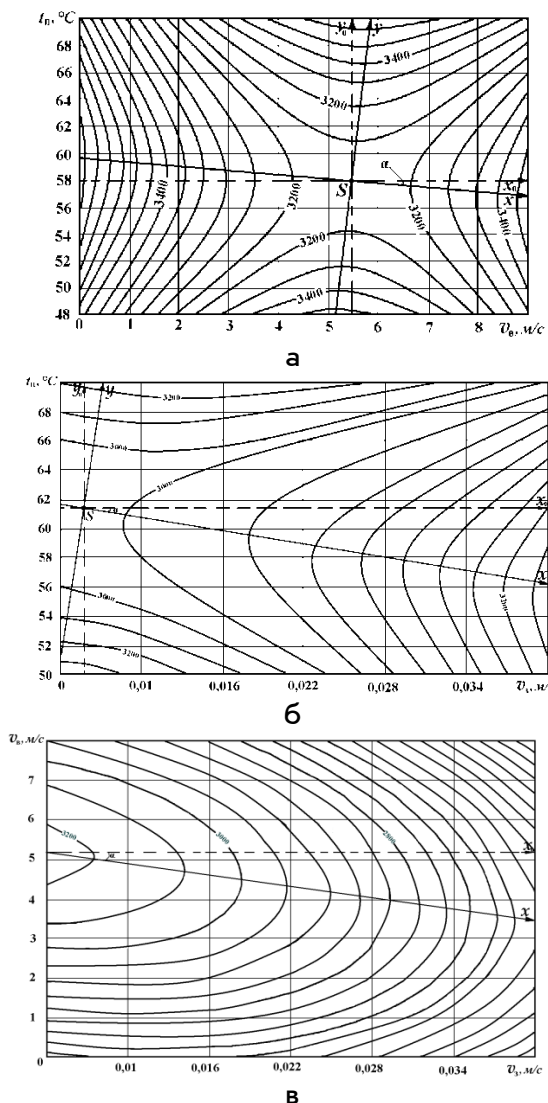


Рис. 3. Двухмерные сечения поверхностей отклика, характеризующие удельные затраты теплоты на испарение влаги, кДж/кг, от взаимодействия:  
 а –  $t_n$  и  $v_n$ ; б –  $t_n$  и  $v_n$ ; в –  $v_n$  и  $v_n$

