

## Повышение энергетической эффективности процесса сушки зерна в условиях фермерских хозяйств\*

*В.И. Курдюмов, д.т.н., профессор, А.А. Павлушин, к.т.н., Ульяновская ГСХА*

В настоящее время в Российской Федерации действует Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Также правительством разработана и принята государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.». Все эти правовые акты направлены на повышение энергетической эффективности производства и снижение энергоёмкости валового внутреннего продукта Российской Федерации к 2020 г. не менее чем на 40%.

Основным показателем энергоэффективности производства сельскохозяйственной продукции является его энергоёмкость, то есть удельные затраты энергии на производство единицы продукции.

Важная научная задача в области энергосбережения – разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство энергоэффек-

тивных технологий и соответствующих средств механизации.

Кроме того, согласно государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг., одним из приоритетных направлений является развитие малых форм хозяйствования – крестьянских (фермерских) хозяйств [1].

В настоящее время в нашей стране уже функционируют свыше 300 тыс. К(Ф)Х, валовой сбор зерна в которых достигает  $3,5 \cdot 10^6$  т.

Однако обеспечение требуемого уровня рентабельности производства зерна сельхозпредприятиями подобного типа возможно лишь при использовании энергоэффективных установок для послеуборочной обработки зерна.

Одна из наиболее энергозатратных операций в цикле послеуборочной обработки зерна – его сушка. Примерно 20% от всего потребления энергии в агропромышленном комплексе развитых стран приходится на этот процесс.

Таким образом, создание и адаптация средств механизации сушки зерна к условиям реального сельскохозяйственного производства в

\* Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных МК-2516.2012.8

России является актуальной и важной научно-технической проблемой.

Для эффективной работы фермерских хозяйств необходимы мини-зерносушилки, конструкция которых обеспечивала бы требуемое качество готового продукта, сравнительно небольшие затраты энергии при эксплуатации в фермерских хозяйствах.

Следует отметить, что на протяжении всей истории развития средств механизации сушки зерна требовалось создавать установки большой производительности, в которых энергоэффективным было применение конвективного способа подвода теплоты. Использование же контактного способа нагрева зерна не обеспечивало приемлемых энергетических показателей. Однако эксплуатация существующих высокопроизводительных зерносушилок конвективного типа экономически неэффективна в условиях фермерских хозяйств.

Накопленный опыт показывает, что создание мини-зерносушилок возможно на основе применения контактного способа передачи теплоты зерну от электрического нагревательного устройства.

Создание огневых мини-зерносушилок является малорациональным направлением развития зерносушильной техники из-за невозможности организовать на низкопотенциальном уровне тепловые конвекционные процессы. Поэтому основным способом нагрева зерна в мини-зерносушилках должен быть электрический как достойная альтернатива традиционным способам подвода теплоты к объекту сушки.

Суммарные затраты теплоты  $\sum Q$ , МДж, в зерносушилках конвективного типа слагаются из следующих составляющих [2]:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (1)$$

где  $Q_1$  – затраты теплоты на нагрев и испарение влаги из зерна, МДж;

$Q_2$  – потери теплоты с выбрасываемым в атмосферу агентом сушки, МДж;

$Q_3$  – потери теплоты в окружающую среду (через нагретые поверхности), МДж;

$Q_4$  – затраты теплоты на нагрев транспортирующих рабочих органов, МДж;

$Q_5$  – потери теплоты вследствие неполного сгорания топлива (механический или химический недожог), МДж.

Использование электрических зерносушилок с контактным способом подвода теплоты к зерну позволяет освободиться от потерь теплоты с выбрасываемым в атмосферу агентом сушки, потерь теплоты вследствие неполного сгорания топлива, а также минимизировать потери теплоты в окружающую среду при обеспечении качественной теплоизоляции греющей поверхности зерносушилки.

Так как теплота на нагрев транспортирующих рабочих органов в зерносушилках контактного типа затрачивается лишь в период запуска (прогрева) зерносушилки, а затем нагретые рабочие органы начинают выполнять функции греющей поверхности, то основная часть теплоты в процессе сушки зерна в зерносушилках контактного типа затрачивается на нагрев зерна и удаление из него влаги.

В общем виде удельный расход теплоты, МДж/кг, на нагрев зерна и испарение из него влаги можно представить в виде:

$$Q = 10^{-6} \frac{GC}{W_c} (t_1 - t_0), \quad (2)$$

где  $G$  – количество зерна, выходящего из зоны сушки, кг/ч;

$C$  – теплоёмкость зерна при выходе из зоны сушки, Дж/(кг·°С);

$W_c$  – количество испарённой влаги, кг/ч;

$t_0, t_1$  – температура зерна соответственно на входе в сушильную камеру и на выходе из неё, °С.

Таким образом, зная температуру зерна до и после сушки, разовый влагосъём, а также пропускную способность зерносушилки, можно рассчитать требуемые затраты теплоты на процесс сушки зерна в зерносушилках с контактным способом подвода теплоты.

Рассмотренные выше положения послужили основой для создания энергоэффективной установки для сушки зерна для фермерских хозяйств [3].

Особенностями конструкции предложенной установки являются электроконтактный способ передачи теплоты и составной цилиндрический кожух (рис. 1).

Составные части кожуха снабжены индивидуальными нагревательными элементами и разделены между собой разделительными кольцами, выполненными из теплоизолирующего материала. Транспортирующий рабочий орган выполнен в виде шнека с перфорированными витками, причём диаметр перфорации витков шнека не превышает минимального размера зерна. Кроме того, установка снабжена охлаждающим устройством, включающим в себе вентилятор и воздуховод, соединённый с внутренней полостью кожуха за выгрузным окном.

Такое конструктивное исполнение установки позволяет быстро прогревать зерно и поддерживать его температуру в пределах, которые не снижают посевных или технологических качеств зерна.

Применение данной установки позволяет снизить удельную энергоёмкость процесса сушки зерна, улучшить качество готового продукта.

Производственная апробация разработанной установки для сушки зерна в условиях

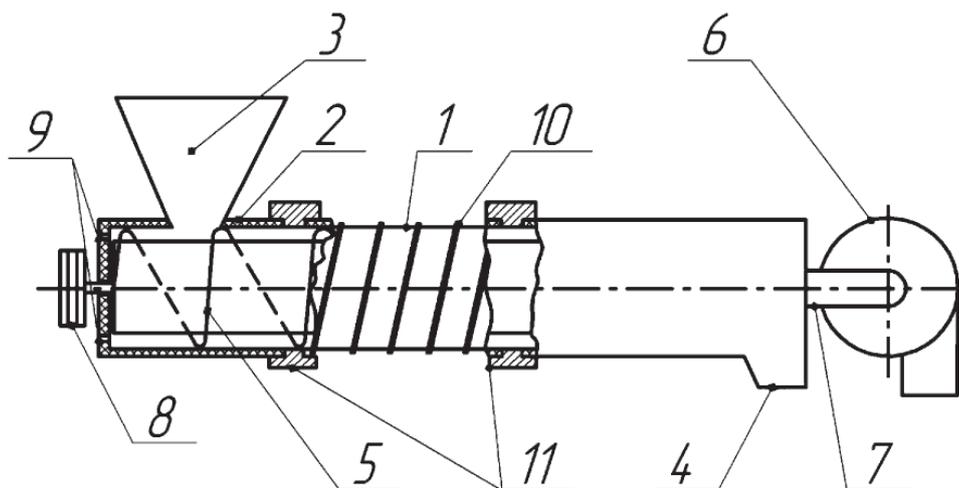


Рис. 1 – Установка для сушки зерна:

1 – кожух; 2 – теплоизолирующий материал; 3 – загрузочный бункер; 4 – выгрузное окно; 5 – шнек с перфорированными витками; 6 – вентилятор; 7 – воздуховод; 8 – привод транспортирующего рабочего органа; 9 – отверстия; 10 – нагревательный элемент; 11 – разделительные кольца

фермерских хозяйств Республики Чувашии, Ульяновской и Самарской областей (рис. 2) подтвердила её высокую эффективность.

Было выявлено, что при сушке зерна пшеницы съём влаги за один проход составил примерно 5%, а температура зерна на выходе из сушильной установки не превышала 40°C, при этом затраты теплоты на 1 кг испарённой влаги составили 3,25 МДж, средняя температура греющей поверхности – 60°C. Заданный температурный режим не приводил к снижению продовольственных и семенных показателей зерна. Полученные данные свидетельствуют о достаточной эффективности процесса сушки в предложенной установке.

Часть данных, полученных при проведении производственных исследований установки, приведена в таблице.



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

1 – установка контактного типа; 2 – приборы контроля температурного режима; 3 – комплект приборов для контроля энергетических показателей; 4 – спирально-винтовой транспортёр; 5 – сортировальная машина

Показатели работы установки контактного типа при сушке зерна пшеницы

Показатель	Значение показателя		Отклонение, %
	теория	эксперимент	
Пропускная способность, т/ч	0,25	0,239	-4,4
Потребляемая мощность, тах, кВт	2,1	2,15	4,5
Средняя температура греющей поверхности, °С	60	60	-
Экспозиция, с	74	76	2,7

Использование предлагаемого средства механизации в условиях фермерских хозяйств позволит снизить удельные затраты энергии на процесс сушки зерна в 1,3 раза по сравнению с существующими отечественными аналогами (СЗПБ-2,5 и ПУФС-0,4) при обеспечении высокого качества готового продукта. Экономический эффект превышает 100 руб. на тонну продукта.

Таким образом, для сушки зерна в условиях фермерских хозяйств наиболее приемлемым вариантом является использование мини-зерносушилки с контактным способом подвода теплоты к обрабатываемому материалу непрерывного действия, технологическая схема и конструкция которой обеспечивают высокий процент съёма влаги с сохранением качественных показателей высушиваемого зерна.

#### Литература

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы. М.: МСХ РФ, 2012. 204 с.
2. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. М.: КолосС, 2004. 240 с.
3. Патент RU № 2323580. Устройство для сушки зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко. Опубл. 10.05.2008. Бюл. № 13.