

2. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособие / Л.Д.Богуславский и [др.]; под ред. Л.Д.Богуславского и В.И.Ливчака. – М.: Стройиздат. 1990.
3. Синяков, А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента /А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропарорама, №5, 2009. – С.40–44.
4. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И.Жидко, В.А.Резчиков, В.С.Уколов. – М.: Колос, 1982.

УДК 664.723

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ЗЕРНА ПРИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА

Цубанов А.Г., к.т.н., доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Вопросы энергосбережения и снижения энергоемкости сельскохозяйственной продукции являются составляющими государственной политики в Беларуси. В настоящее время согласно Республиканской программе строительства и модернизации зерноочистительно-сушильных комплексов в Беларуси проводится работа по обновлению сушильного оборудования в сельском хозяйстве.

Особое значение придается снижению расходов топлива и энергии при сушке зерна. Совершенствование отечественного сушильного оборудования проводится в основном по двум направлениям: использование воздуха при сушке зерна и семян вместо газозвушной смеси; развитие зоны охлаждения, устройство охладительной шахты с целью уменьшения расходов теплоты в сушильной шахте.

Однако при этом применяются традиционные технологии сушки и не решаются проблемы уменьшения энергоемкости самого сушильного процесса.

Перспективной, с точки зрения снижения расходов топлива в зерносушилках, является технология сушки зерна при рециркуляции сушильного агента (СА) с целью повторного его использования при сушке.

Расчет рециркуляции СА и ее влияние на расходы топлива рассмотрены в работах [1-4]. Однако не дана методика расчета экономии топлива при использовании воздуха в качестве СА.

Трудно согласиться с исходным моментом при анализе рециркуляции СА, заключающимся в выборе (задании или принятии) коэффициента ре-

циркуляции [1-3]. В действительности коэффициент рециркуляции не может быть принят произвольно, он определяется в зависимости от заданных параметров теплового режима сушки [4].

Цель данной работы – установить влияние параметров сушки на снижение расходов топлива и предложить методику расчета экономии топлива в конвективных зерносушилках при рециркуляции СА.

Основная часть

Исходя из поставленной задачи, были приняты исходные данные: температуры СА на входе и выходе камеры сушки, соответственно t_1 и t_2 , °С; температуру t_0 , °С, и влагосодержание d_0 , г/кг, атмосферного воздуха; разность добавлений и расходов теплоты Δ , кДж/кг, в камере сушки; влагосодержание d_2 , г/кг, отработавшего СА на выходе камеры сушки.

Величина Δ характеризует внутренний тепловой баланс камеры сушки и используется при расчете параметра A , кДж/кг, определяющего полезно использованную при сушке теплоту:

$$A = 2500 + 1,88t_2 - \Delta.$$

Нами установлено, что относительная экономия топлива b в рассматриваемых условиях определяется коэффициентом рециркуляции и КПД конвективной зерносушилки:

$$b = k(1 - \eta), \quad (1)$$

где k – коэффициент рециркуляции; η – КПД конвективной зерносушилки.

Коэффициент рециркуляции характеризуется отношением массы рециркулирующей части СА ко всей его массе. Используя ранее предложенные уравнения [4], была получена зависимость:

$$k = \frac{A(d_2 - d_0) - (1010 + 1,88d_0)(t_1 - t_2)}{[A + 1,88(t_1 - t_2)](d_2 - d_0)}. \quad (2)$$

В формуле (2) учтено, что при сушке воздухом отсутствует увлажнение воздуха в процессе его нагрева.

КПД конвективной зерносушилки:

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0}. \quad (3)$$

Таблица 1 – Исходные данные к расчету

Вариант	Температура, °С			d_0 , г/кг	A , кДж/кг
	t_1	t_2	t_0		
1	150	47	5	3,5	3925
2	70	35	5	3,5	3925
3	70	35	5	3,5	4500

Таблица 2 – Результаты расчета

Параметры, единицы	Номер формулы	$\varphi_2, \%$				
		80	70	60	50	40
Вариант 1						
$d_2, \text{г/кг}$	–	58,8	50,8	43,1	35,5	–
k	(2)	0,49	0,415	0,31	0,16	–
η	(3)	0,71	0,71	0,71	0,71	–
b	(1)	0,14	0,12	0,09	0,045	–
Вариант 2						
$d_2, \text{г/кг}$	–	29,5	25,7	21,9	18,1	14,4
k	(2)	0,64	0,59	0,5	0,37	0,18
η	(3)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
b	(1)	0,295	0,27	0,23	0,17	0,08
Вариант 3						
$d_2, \text{г/кг}$	–	29,5	25,7	21,9	18,1	14,4
k	(2)	0,69	0,635	0,56	0,45	0,27
η	(3)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
b	(1)	0,315	0,29	0,26	0,21	0,12

Согласно зависимости (2) к увеличению экономии топлива приводит: увеличение влагосодержания СА на выходе камеры сушки; уменьшение влагосодержания атмосферного воздуха; уменьшение разности температур СА на входе и выходе камеры сушки; увеличение параметра А.

Из вышеперечисленных параметров только влагосодержание СА, уже отработавшего в камере сушки, и отчасти параметр А доступны для изменения и являются управляющими параметрами, позволяющими выполнить регулирование режима работы конвективных зерносушилок.

Методика расчета экономии топлива при рециркуляции СА в конвективных зерносушилках включает следующие этапы: определение коэффициента рециркуляции по уравнению (2); расчет КПД конвективной зерносушилки по формуле (3); вычисление относительной экономии топлива по формуле (1).

Особое значение при расчетах энергосбережения имеет влагосодержание отработавшего СА. Следует его принять исходя из условий обеспечения наибольшей экономии топлива и благоприятных для сушки условий.

При выборе влагосодержания отработавшего СА требуется учесть следующее: относительная влажность φ_2 принимается не больше 80%; значение влагосодержания должно удовлетворять условию:

$$d_2 > \frac{Ad_0 + (1010 + 1,88d_0)(t_1 - t_2)}{A}$$

Предложенная методика была использована для расчета влияния влагосодержания отработавшего СА и параметра A на экономию топлива в конвективных зерносушилках. Исходные данные к расчету представлены в таблице 1. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Увеличение коэффициента рециркуляции и снижение КПД зерносушилки приводит к увеличению экономии топлива при сушке. Именно этим объясняется большая экономия топлива в вариантах 2 и 3 по сравнению с вариантом 1.

При увеличении влажности отработавшего СА наблюдается заметное увеличение экономии топлива. Сдвиг процесса сушки в область более влажного СА всегда сопровождается большей экономией топлива при сушке. Влияние параметра A (величины Δ) на экономию топлива происходит в меньших размерах (варианты 2 и 3).

Заключение

Предложенная методика расчета экономии топлива при рециркуляции сушильного агента – воздуха в конвективных зерносушилках базируется на определении коэффициента рециркуляции и КПД зерносушилки.

Следует задаваться влагосодержанием отработавшего СА и при принятом его значении находить коэффициент рециркуляции и снижение расхода топлива.

Размеры экономии топлива однозначно определяются параметрами режима сушки и работы конвективных зерносушилок. Действенным средством увеличения достигаемой экономии топлива является повышение влажности отработавшего СА до максимально возможного значения. Нельзя надеяться на существенное уменьшение расхода топлива при большом КПД зерносушилки.

Литература

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Кочетков, А.В. Снижение энергозатрат за счет совершенствования технологического процесса сушки рециркуляцией сушильного агента /А.В.Кочетков, Е.Г.Мигуцкий, В.А.Седнин //Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ), №1, 2010. – С.67-77.
3. Промышленные теплообменные процессы и установки /А.М. Бакластов, В.А.Горбенко, О.Л.Данилов и др.; Под ред. А.М.Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Синяков, А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента /А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропорнама, №5, 2009. – С.40-44.