

УДК 664.723

Цубанов И.А., Цубанова И.А.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

### К РАСЧЕТУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЗЕРНОСУШЕНИЯ

Сушка направлена на снижение влажности зерна, что позволяет сохранить его качество на протяжении длительного времени. При этом зерносушение является дорогостоящим и энергоемким процессом. Это объясняется тем, что для приготовления агента сушки и организации технологического процесса в конвективных зерносушилках расходуется значительное количество топлива и электрической энергии. Снижение энергозатрат, в том числе расхода тепловой энергии, при сохранении качества зерна является важной задачей при разработке новой технологии зерносушения, а так при совершенствовании существующих.

Энергоэффективность процесса зерносушения оценивается величиной КПД сушилки. Для расчета КПД при сушке нагретым воздухом при отсутствии рециркуляции агента сушки используют формулу:

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0}, \quad (1)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – температуры агента сушки на входе и выходе из сушильной камеры, °С,  
 $t_0$  – температура окружающей среды (атмосферного воздуха), °С.

В пояснениях к формуле (1) ничего не говорится о полезно используемой при сушке теплоте.

В общепринятой методике из теплового баланса следует, что в конвективных сушилках теплота, затраченная на зерносушение, расходуется на компенсацию теплотерь с отработавшим агентом сушки и через наружные ограждения сушильной камеры, а также на нагрев сырого зерна [1]. При таком подходе не учитывается теплота, которая непосредственно расходуется на испарение влаги из зерна в сушильной камере. Теплота, затраченная на испарение влаги из зерна, аккумулируется агентом сушки и входит в состав теплотери с отработавшим агентом.

В связи с этим представляется целесообразным при определении КПД конвективной зерносушилки учитывать полезно использованную при сушке теплоту.

Предложена зависимость для определения полезно используемой теплоты в процессе сушки, отнесенная к 1 кг испаренной влаги [2]:

$$q_1 = (r + c_p t_2 - c_v \theta_1) + q_m + q_{т.п.}, \quad (2)$$

где  $r$  – удельная теплота парообразования, кДж/кг;

$c_p$  – удельная изобарная теплоемкость водяного пара, кДж/(кг·°С);

$c_v$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

$\theta_1$  – температура сырого зерна, поступающего на сушку, °С;

$q_m$  – удельный расход теплоты на нагрев материала (зерна), кДж/кг;

$q_{т.п.}$  – удельные теплотери в окружающую среду через наружные ограждения сушильной камеры, кДж/кг.

В уравнении (2) выражение в круглых скобках характеризует теплоту, расходуемую непосредственно на испарение 1 кг влаги из зерна. Полезно используемая в конвективной зерносушилке теплота также включает расходы теплоты на нагрев зерна и на компенсацию теплотерь через наружные ограждения сушильной камеры в окружающую среду.

Из данного уравнения следует, что в теоретическом процессе сушки, который характеризуется равенством добавлений и затрат теплоты в сушильной камере из расчета на 1 кг испаренной влаги, полезно используемая теплота равна теплоте, израсходованной на испарение влаги.

Теплота, расходуемая в конвективной зерносушилке, больше полезно используемой на величину потерь теплоты с отработавшим агентом сушки. Расчеты КПД зерносушилки при различных температурных режимах с использованием уравнения (2) и сравнение с результатами, полученными по уравнению (1) подтверждают достоверность сделанных выводов.

Для повышения энергоэффективности процесса зерносушения необходимо более полно использовать теплоту агента сушки, предусмотреть его рециркуляцию и применение теплоутилизаторов типа «воздух-воздух».

При использовании рециркуляции агента сушки для определения относительного уменьшения расхода топлива в конвективных зерносушилках предложено следующее уравнение [2]:

$$b = k(1 - \eta), \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент рециркуляции, определяемый как отношение массы рециркулирующей части агента сушки ко всей его массе.

При расчете экономии топлива за счет утилизации теплоты отработавшего агента сушки получена зависимость [2]:

$$b = E(1 - \eta), \quad (4)$$

где  $E$  – коэффициент эффективности теплоутилизатора.

Уравнения (3) и (4) характеризуют влияние КПД конвективной зерносушилки на уменьшение расхода топлива при энергосбережении. Чем совершенней конструкция сушилки и выше её КПД, тем меньше достигаемая экономия топлива при реализации энергосберегающих мероприятий. Это объясняется тем, что в таких сушилках непроизводительные расходы теплоты минимальны, следовательно, малы возможности для использования этой теплоты в рамках энергосбережения.

#### Список использованной литературы

1. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – Москва: Колос, 1982. – 239 с.
2. Синяков, А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента / А.Л. Синяков, И.А. Цубанов // Агропанорама. – № 5, 2009. – С. 40–44.

УДК 621.928

**Алексеев В.А., кандидат технических наук, доцент**

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина

#### **СНИЖЕНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ ЗЕРНА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ**

Обработка зерновых после уборки включает в себя основные технологические операции (очистку, сортировку, сушку) и вспомогательные (транспортировку, распределение, накопление) [1]. Как показывает практика. На этих операциях и происходит повреждение зерна.

По данным исследований больше 50 % от общего числа травмированных зерен повреждается при погрузочно-разгрузочных и транспортных операциях, на долю самотечных труб приходится свыше 30 % и около 20 % на долю технологического оборудования [1]. Сильно травмируют зерно зернометы. По данным проведенных исследований, в зернах, брошенных зернометом на 4 м, повреждения выросли на 11 %, а при дальности 8 м – повреждения воз-