

всего разностью добавлений и расходов теплоты в сушильной камере (шахте). Более того, значение этой разности, характеризующий внутренний тепловой баланс сушильной камеры, определяет условия и возможности использования ТН [4,5].

Расчетные значения коэффициента преобразования ТН находятся в пределах от 3 до 5,1 при принятых условиях использования ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА (воздуха).

Рециркуляция СА может быть использована при любых параметрах теплового режима сушки, однако наиболее энергоэффективной она оказывается в условиях низкотемпературной сушки семенного зерна и семян. Экономия топлива увеличивается с ростом коэффициента рециркуляции, коэффициент рециркуляции как отношение массы рециркулирующей части СА ко всей его массе находится в условиях работы ЗСК в пределах 0,35 – 0,7. При этом коэффициент рециркуляции не может быть принят произвольно, а должен быть рассчитан в зависимости от принятых параметров теплового режима сушки.

Смещение сушильного процесса при реализации энергосберегающих мероприятий в область более влажного СА способствует увеличению эффекта энергосбережения.

Несмотря на приведенные высокие значения достигаемой экономии теплоты и топлива для решения вопроса о возможности использования предлагаемых технических решений требуется разработка технико-экономического обоснования (ТЭО). Особое значение здесь имеют стоимость топлива, тарифы на электрическую энергию и капитальные затраты на используемое оборудование, вентиляторы, воздухопроводы и каналы. Однако стоимость топлива и тарифы на энергию по ряду причин не в полной мере отражают действительные затраты на производство электрической и тепловой энергии и не всегда могут быть объективными показателями реальной стоимости топлива и энергии. Это обстоятельство во многом затрудняет разработку ТЭО.

Повышение КПД тепловых электростанций, снижение себестоимости электрической энергии и увеличение цен на топливо способствуют использованию ТН в конвективных зерносушилках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Сняжков, А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента / А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №5, 2009. – с.40-44.
3. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента / А.Г. Цубанов; А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №2, 2010. – с.27-31.
4. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №3, 2009. – с.22-27.
5. Цубанов, А.Г. Использование тепловых насосов для осушения и рециркуляции отработавшего сушильного агента в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №4, 2011. – с.21-25.

УДК 664.723

К РАСЧЕТУ РЕЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Цубанов А.Г., канд.техн.наук, доцент

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

В конвективных зерносушилках (ЗСК) рекомендуется использовать рециркуляцию сушильного агента (СА) с целью снижения расходов теплоты и топлива на сушку продукции [1-4].

В этом случае особое значение приобретает расчет коэффициента рециркуляции и параметров СА в процессах его приготовления и использования. Решение этой задачи услож-

няется при применении смеси топочных дымовых газов и воздуха в эксплуатируемых в настоящее время зерносушилках.

Используемый обычно графоаналитический метод расчета требует наличия диаграммы влажного воздуха при высоких его температурах (до 1500 °С) и в ряде случаев не обеспечивает определение параметров СА при допускармой погрешности расчетов.

В связи с этим особое значение приобретает задача разработки аналитического метода расчета.

При рециркуляции отработавшего СА в ЗСК, работающих на смеси топочных газов с воздухом, следует рекомендовать двухступенчатое приготовление СА, при котором топочные газы на выходе топочного устройства (ТУ) разбавляются наружным воздухом, а затем к образовавшейся газовойдушной смеси добавляется рециркулирующая часть СА.

Исходными данными к расчету являются:

- вид топлива и его характеристики;
- температура СА на входе в сушильную камеру t_1 , °С;
- температура отработавшего СА t_2 , °С, и его влагосодержание d_2 , г/кг;
- разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере Δ , кДж/кг;
- параметры наружного атмосферного воздуха: температура t_0 , °С, влагосодержание d_0 , г/кг; и энтальпия h_0 , кДж/кг;

- масса водяных паров, образующихся при сгорании топлива m_w , кг/кг или кг/м³.

Решение поставленной задачи включает определение параметров топочных газов на выходе ТУ, при расчете которых следует принять температуру из рекомендуемого интервала 1100–1300°С с целью обеспечения устойчивого и полного сгорания топлива, а также выполнения требований к термостойкости конструкции ТУ.

Для расчета коэффициента избытка воздуха, подаваемого для сгорания топлива, может быть использован тепловой баланс ТУ, составленный по отношению к 1 кг жидкого и твердого топлива или 1 м³ газообразного топлива:

$$Q_{II}^n \eta + \alpha H_{B,O}^0 = H_r^0 + (\alpha - 1) H_B^0,$$

где Q_{II}^n – низшая теплота сгорания топлива; η – КПД топочного устройства; α – коэффициент избытка воздуха, подаваемого непосредственно в ТУ; $H_{B,O}^0$ – энтальпия теоретического объема воздуха при температуре наружного воздуха; H_r^0 и H_B^0 – энтальпия теоретических объемов продуктов сгорания и воздуха при принятой (заданной) температуре топочных газов; $H_{B,O}^0$ – энтальпия теоретического объема воздуха при температуре наружного воздуха.

При составлении теплового баланса были исключены из рассмотрения физическая теплота топлива и теплота, вносимая водяным паром при использовании паровых форсунок.

Теплота сгорания топлива и энтальпия теоретических объемов определены для жидкого и твердого топлива в кДж/кг, а для газообразного топлива – в кДж/м³.

Исходя из вышеприведенного уравнения, был найден коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{Q_{II}^n \eta + H_B^0 - H_r^0}{H_B^0 - H_{B,O}^0} \quad (1)$$

При расчете энтальпий теоретических объемов воздуха и продуктов сгораний применяется общепринятая методика с использованием энтальпий и теоретических объемов воздуха и отдельных газов в составе топочных газов [5].

Энтальпия топочных газов, кДж/кг:

$$H_r = \frac{Q_{II}^n \eta + r m_w + \alpha L_0 h_0}{m_{c,r}}, \quad (2)$$

где r – теплота парообразования (ее принимают равной 2500 кДж/кг); L_0 и $m_{c,r}$ – масса теоретического объема воздуха и масса сухих газов в составе топочных газов.

Массы приведены для 1 кг жидкого или твердого топлива в кг/кг, а для 1 м³ газообразного – в кг/м³.

При этом масса сухих газов в составе топочных газов:

– при сжигании жидкого и твердого топлива:

$$m_{c,r} = \alpha L^0 + 1 - 0,01A^p - m_w, \quad (3)$$

где A^p – зольность топлива, %;

– при сжигании газообразного топлива:

$$m_{c,r} = \alpha L^0 + \rho - m_w, \quad (4)$$

где; ρ – плотность газообразного топлива, кг/м³.

Влагосодержание топочных газов:

$$d_r = \frac{1000m_w + \alpha L^0 d_0}{m_{c,r}} \quad (5)$$

Характеристикой процесса смешения топочных газов с воздухом является коэффициент разбавления воздухом топочных газов как отношение массы воздуха (его сухой части) к массе сухих топочных газов на выходе ТУ.

Для расчета смешения газозвушной смеси с воздухом следует использовать уравнения процесса смешения газов и воздуха и зависимость, характеризующей изменение энтальпии СА в процессах его приготовления и использования при угловом коэффициенте процессов, соответствующем значению Δ :

$$h_3 = h_2 - \frac{\Delta}{1000} (d_2 - d_3), \quad (6)$$

где h_2 – энтальпия отработавшего СА, кДж/кг.

В результате решения системы уравнений был определен коэффициент разбавления воздухом газозвушной смеси на первой стадии приготовления СА:

$$n = \frac{H_r - h_2 - 10^{-3} \Delta \times (d_r - d_2)}{h_2 - h_0 - 10^{-3} \Delta \times (d_2 - d_0)} \quad (7)$$

Влагосодержание d_3 :

$$d_3 = \frac{d_r + nd_0}{n + 1} \quad (8)$$

Следующим этапом расчета является определение параметров приготовленного СА перед его поступлением в сушильную камеру и коэффициента рециркуляции..

Влагосодержание приготовленного СА определяется по уравнению, предложенному в работе [4]:

$$d_1 = \frac{d_2 - \pi_1}{1 + 1,86 \times 10^{-3} \times \pi_1}, \quad (9)$$

где π_1 – обобщенный параметр, г/кг:

$$\pi_1 = \frac{1010(t_1 - t_2)}{2500 + 1,88t_2 - \Delta}$$

Коэффициент рециркуляции СА как отношение массы рециркулирующей части СА ко всей его массе:

$$k = \frac{d_1 - d_3}{d_2 - d_3} \quad (10)$$

Энтальпия приготовленного СА:

$$h_1 = kh_2 + (1 - k)h_3, \quad (11)$$

Таким образом, разработанная методика расчета включает следующие этапы:

- определение коэффициента избытка воздуха и параметров, характеризующих топочные газы, по формулам (1), (2), (3), (4) и (5);
- расчет коэффициента разбавления топочных газов и параметров газозвушной смеси по уравнениям (6), (7) и (8);
- определение коэффициента рециркуляции и параметров приготовленного СА, используя зависимости (9), (10) и (11).

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
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 тепломассообменные процессы и установки /А.М. Бакластов, В.А.Горбенко, О.Л.Данилов и др.; Под ред. А.М.Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – с.
4. Сняжков А.Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента /А.Л. Сняжков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №5, 2009. – С.40-44.
- 5.Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства/ Л.С. Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов, А.Л. Сняжков. – Мн.: Ураджай, 1993. – 368 с.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ВЛАГОМЕРА «МИКРОРАДАР 113М» ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМОЛОМ

Лисовский В.В..к.т.н.,доц., Гургенидзе И.Н.к.э.н.,доц.

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

Данная автоматизированная система стабилизации параметров зерна на выходе увлажняющей машины АБШУ-1 основе СВЧ-влагомера «Микрорадар 113м» разработана специалистами «Микрорадар-сервис» и БГАТУ с использованием ЭВМ, современных технических средств контроля и регулирования, а также современного программного обеспечения, что позволяет поддерживать точность регулирования влажности зерна при увлажнении на высоком уровне, что в свою очередь обеспечивает более высокую производительность, снижение потерь и повышение качества конечного продукта. Все элементы системы соответствуют современным техническим требованиям. Потребителями данной системы являются мукомольные заводы.

Проведем оценку конкурентоспособности данной научно-технической продукции. Конкурентом разработанной продукции является СУЗ перед помолотом, разработанная ВНИИ зерна (г. Москва).

Таблица 1 Расчет уровня параметров конкурентоспособности продукции

Показатели конкурентоспособности товара	Идеальный товар Р100	Создаваемый товар Р	Товарный конкурент Р'
1.Интенсивность отказа датчиков, 10 1/ч	14	14	15
2.Интенсивность отказа вторичных приборов, 10 1/ч	0,4	0,7	1,2
3.Производительность линии, кг/ч	7000	6000	5000
4.Срок службы, лет	10	10	10
5.Количество обслуживающего персонала	1	3	9