

(окислительно-восстановительного потенциала, pH , растворимости органических веществ, проницаемости клеточных мембран, плотности, электропроводности и др.)

Заключение

Показатели приведенных электротехнологий подтверждают теоретические обоснования возможностей и преимуществ электрического тока как комплексного технологического фактора для повышения эффективности кормоприготовления и поения животных.

Литература

1. Николаенок, М.М. Обоснование технологических параметров и технических средств для электротермохимической обработки соломы: автореф. дисс. канд. техн. наук / М.М. Николаенок. – М.: 1984. – 24 с.
2. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография. / В.С. Корко. – Мн.: БГАТУ, 2006. – 349с.
3. Кардашов, П.В. Повышение эффективности использования фуражного зерна путем обработки электрическим током: дис. ... канд. техн. наук / П.В. Кардашов. – Мн.: БГАТУ, 2003. – 155 с.
4. Каптур, З.Ф. Применение электромембранной технологии в животноводстве и кормопроизводстве. Рациональные технологии заготовки высококачественных кормов и эффективного их использования / З.Ф.Каптур. – Жодино, 1988. – 262с.

УДК 621.577:664.723

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Цубанов А.Г., к.т.н., доц. (БГАТУ)

Введение

К наиболее энергоемким технологическим процессам в сельском хозяйстве относится послеуборочная обработка зерна и семян, на осуществление которой приходится 30-50% расхода топлива от общих его затрат на производство зерна и семян.

Актуальным является проведение исследований с целью решения задач энергосбережения в конвективных зерносушилках (КЗС) путем разработки новых конструктивных схем и режимов работы сушильных установок. При этом особое значение приобретает утилизация теплоты отработавшего сушильного агента (СА) как вторичного энергетического ресурса.

Согласно каталогу «Оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна», изданному в 2009 г. в РУП «НПЦ Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», при строительстве новых зерносушильных комплексов и замене (реконструкции) устаревших зерносушилок осуществляется переход от сушки смесью топочных газов с воздухом к сушке нагретым воздухом.

Перспективной представляется инновационная технология использования тепловых насосов (ТН) в КЗС, заключающаяся в использовании ТН для осушения отработавшего СА (воздуха) с последующим его нагревом за счет теплоты, затраченной на испарение влаги в сушильной камере, и повторным использованием в процессе сушки [1–3].

В исследуемой схеме воздух, отработавший как СА в сушильной камере, направляется в испаритель ТН, в котором охлаждается и осушается, а затем проходит конденсатор ТН и дополнительный нагреватель, где нагревается до заданной температуры и подается в сушильную камеру. Теплота, передаваемая в испарителе от воздуха рабочему веществу (хладону) ТН, используется для нагрева воздуха в конденсаторе.

Цель данной работы – изучить условия и возможности использования ТН с дополнительными нагревателями воздуха для осушения отработавшего СА (воздуха) и определить достигаемую при этом экономию теплоты и топлива при сушке зерна и семян.

Основная часть

В основу математической модели исследуемых процессов положены уравнения, характеризующие изменение тепловлажностного состояния воздуха при сушке продукции и тепловой его обработке в испарителе и конденсаторе ТН [2 – 6].

При анализе изменения тепловлажностного состояния воздуха в испарителе ТН его относительная влажность на выходе испарителя была принята равной 100%.

Для расчета потребления теплоты пользовались удельными расходами теплоты, отнесенными к 1 кг влаги, испаренной из влажного продукта в процессе сушки.

Входными параметрами математической модели являются исходные данные к тепловому расчету конвективной зерносушилки (КЗС) и ТН:

- температуры СА на входе и выходе сушильной камеры, соответственно t_1 и t_2 , °С;
- относительная влажность отработавшего СА φ_2 , %, и его влагосодержание d_2 , г/кг;
- разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере Δ , кДж/кг;
- температура наружного воздуха t_0 , °С;
- меньшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе ТН (δt_1 и δt_2).

Ключевым моментом при решении математической модели является определение разности температур воздуха δt на выходе и входе конденсатора ТН.

После расчета разности этих температур оказывается возможным определить другие неизвестные величины.

В частности определяют:

- удельный расход теплоты при использовании ТН для осушения воздуха в КЗС:

$$q_{т3} = \frac{l}{\eta_1 \eta_2} + \frac{q_n}{\eta_3}, \quad (1)$$

где l – удельный расход электрической энергии на привод компрессора, кДж/кг; q_n – удельный расход теплоты в дополнительном нагревателе, кДж/кг; η_1 и η_2 – КПД тепловой электростанции и коэффициент потерь энергии в электросетях; η_3 – КПД воздухонагревателя (теплогенератора);

– удельный расход теплоты при сушке традиционным способом с использованием нагретого воздуха в качестве СА:

$$q_{т1} = A \frac{t_1 - t_0}{(t_1 - t_2) \eta_3}, \quad (2)$$

где A – параметр, характеризующий полезно используемую при сушке теплоту, кДж/кг:

$$A = 2500 + 1.88 t_2 - \Delta; \quad (3)$$

- относительную экономию теплоты и топлива:

$$b = (q_{т1} - q_{т3}) / q_{т1}. \quad (4)$$

В дальнейшем была поставлена задача: установить влияние на экономию теплоты и топлива: в КЗС влажности отработавшего СА и КПД тепловых электростанций при сушке семенного зерна с использованием ТН для воздухоосушения.

Параметры теплового режима сушки были определены согласно [4, 5].

При расчетах были приняты следующие исходные данные: $\eta_2 = 0,92$; $\eta_3 = 0,91$; $\delta t_1 = \delta t_2 = 6$ °С; $t_0 = 5$ °С и два значения КПД тепловых электростанций: $\eta_1 = 0,38$ и $\eta_1 = 0,51$.

Результаты расчетов приведены в табл.1. В ней обозначены: разность температур конденсации и испарения хладона как $\delta t_{тн}$, коэффициент преобразования ТН как μ и температура воздуха на выходе испарителя как t_3

Таблица 1 – Расчет расходов и экономии теплоты в зависимости от влажности отработавшего воздуха

Параметры единицы величин	Источник, номер формулы	Вариант			
		1	2	3	4
$t_1, ^\circ\text{C}$	Задано	70	70	70	70
$t_2, ^\circ\text{C}$	Задано	35	35	35	35
$\varphi_2, \%$	Задано	72	75	80	85
$d_2, \text{г/кг}$	[4]	26,5	27,6	29,5	31,5
$\Delta, \text{кДж/кг}$	Задано	-2000	-2000	-2000	-2000
$A, \text{кДж/кг}$	(3)	4565	4565	4565	4565
$t_3, ^\circ\text{C}$	[2]	23,8	24,7	26,2	27,6
$\delta t, ^\circ\text{C}$	Расчет	46,2	43,2	39,4	36,5
$q_{нз}, \text{кДж/кг}$	Расчет	0	273	574	770
$l, \text{кДж/кг}$	Расчет	2000	1727	1426	1230
$\delta t_{тн}$	(5)	58,2	55,2	51,4	48,5
μ	[2]	3,0	3,27	3,6	3,86
$q_t, \text{кДж/кг}$	(2)	9320	9320	9320	9320
$\eta_1 = 0,38$					
$q_{тз}, \text{кДж/кг}$	(1)	5720	5240	4710	4365
$b, \%$	(4)	38,6	43,8	49,5	53,4
$\eta_1 = 0,51$					
$q_{тз}, \text{кДж/кг}$	(1)	4260	3980	3670	3470
$b, \%$	(4)	54,3	57,3	60,8	62,8

Разность температур конденсации и испарения определялась по уравнению:

$$\delta t_{тн} = \delta t + \delta t_1 + \delta t_2. \quad (5)$$

В результате расчетов было установлено, что экономия теплоты и топлива в КЗС при использовании ТН для осушения отработавшего СА во многом определяется влажностью СА на выходе сушильной камеры. Даже незначительное увеличение влажности отработавшего СА сопровождается существенным увеличением экономии теплоты и топлива. Поэтому с позиций энергосбережения следует организовывать процесс сушки при повышенной влажности СА.

Сравнение результатов расчета по варианту 1 (при отсутствии дополнительного нагревателя) с результатами расчетов по другим вариантам (при использовании дополнительного нагревателя) показывает, что использование ТН совместно с дополнительными нагревателями сопровождается увеличением эффекта энергосбережения.

Увеличение относительной влажности отработавшего СА (воздуха) от 72 до 85% приводит к увеличению экономии теплоты и топлива от 38,5 до 53% при $\eta_1 = 0,38$ и от 54 до 63% при $\eta_1 = 0,51$. Очевиден эффект повышения размера энергосбережения при увеличении КПД тепловых электростанций, что характерно для использования парогазовых установок на тепловых электростанциях.

Заключение

Возможности и условия использования ТН в рассматриваемой принципиальной схеме зависят от заданных параметров теплового режима сушки и меньших температурных

напоров в конденсаторе и испарителе. ТН могут быть предусмотрены для осушения отработавшего СА при низкотемпературной сушке семенного зерна и семян.

Температурные и энергетические параметры режима совместной работы КЗС и ТН однозначно характеризуются входными параметрами математической модели, а так же показателями эффективности производства и передачи электрической и тепловой энергии. Искомые параметры режимов работы КЗС и ТН не могут быть приняты произвольно, а должны быть определены исходя из математической модели исследуемых процессов.

Ожидаемая экономия теплоты и топлива в КЗС при использовании ТН в рассмотренных в данной работе условиях составляет от 38,6 до 62,85%. Применение ТН в комплекте с дополнительными нагревателями способствует увеличению эффекта энергосбережения.

Расходы теплоты и топлива в КЗС. уменьшаются при увеличении влажности отработавшего СА (воздуха) и повышении эффективности производства электрической энергии на тепловых электрических станциях.

Литература

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №3, 2009. –с.22-27.
3. Янговский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янговский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
4. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239с.
5. Малин, Н.И. Справочник по сушке зерна/ Н.И. Малин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
6. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №2, 2010. –с.27-31.

УДК 537.312.5:633/635

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНФРАКРАСНОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ

*Ловкис В.Б., к.т.н., доц., Деменок Н.А., аспирант,
Ловкис О.В., магистрант (БГАТУ)*

Использование теплиц без обогревательных систем в условиях Республики Беларусь довольно ограничено, даже без учета отопления в холодные зимние месяцы. Начиная отапливать теплицу в апреле, овощевод продлевает сезонные работы больше чем на три месяца. В этом случае уже в мае можно высаживать рассаду в открытом грунте, теплице или парнике, после чего вы будете снимать первые урожаи уже в июне и у вас останется время для второго или даже третьего урожая той или иной культуры. В отоплении нуждаются даже теплицы из самых лучших изолирующих материалов, предназначенные только для поддержания температуры выше нуля.

Для обогрева теплиц чаще всего используются классические водогрейные системы (котел, батареи), в экономическом отношении такие системы слабо себя оправдывают по сравнению с инфракрасными системами локального обогрева, так как они не способны быстро реагировать на резкие смены температуры, а также расходуют много энергии на прогрев всего объема помещения. Ниже приведен расчет эффективности системы локального обогрева по сравнению с классической водогрейной.