

tional scientific review of the problems and prospects of modern science and education. Collection of scientific articles LXIII international correspondence scientific and practical conference. 2019. – С. 15–21.

2. Амерханов, Р.А. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: /Р.А. Амерханов, Б.Х. Драганов. – Краснодар, 2001. – 200 с.

3. Термодинамические диаграммы I-LGP для хладагенов. М.: Ависанко, 2003. – 50 с.

4. Калинин, А.Э. Использование теплонасосной установки в системе геотермального теплоснабжения/А.Э. Калинин и [др]// чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2018. №3 (35).– С. 112–118.

Цубанов И.А., Цубанова И.А., Гакало К.В.
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь
ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ
В ЗЕРНОСУШЕНИИ

Одной из стратегических задач в сфере энергосбережения является снижение зависимости экономики Республики Беларусь от импортируемых углеводородов и повышение энергоэффективности за счет максимально возможного вовлечения в топливно-энергетический баланс страны собственных источников энергии.

С вводом в промышленную эксплуатацию первого энергоблока Белорусской АЭС значительно возросли объёмы производства электрической энергии. Отсутствие экспорта электрической энергии привело к острой постановке вопроса увеличения энергопотребления. При этом речь идет не о потреблении ради потребления, а о рациональном использовании энергоресурсов. Для решения этого вопроса необходимо предусмотреть увеличение доли электрической энергии в конечном потреблении энергоресурсов с уменьшением потребления первичного импортируемого углеводородного топлива, что позволит обеспечить необходимую загрузку мощностей станции и снизить зависимость от поставок природного газа.

В связи с этим перспективным решением представляется использование компрессионных тепловых насосов в качестве утилизаторов теплоты отработавшего агента сушки для снижения расхода топлива на подогрев воздуха.

Теплота обработавшего агента сушки является низкопотенциальным энергоресурсом. В испарителе теплового насоса эта теплота расходуется на парообразование хладона. После конденсатора агент сушки удаляется в атмосферу.

Пар низкотемпературного хладона сжимается в компрессоре. Далее высокотемпературный хладон поступает в конденсатор. В результате конденсации пара происходит предварительный нагрев наружного воздуха за счет теплоты, переданной хладону в испарителе, и работы, затраченной на привод компрессора теплового насоса. После конденсатора жидкий хладон направляется в дроссельный вентиль, а затем поступает в испаритель.

Догрев наружного воздуха до заданной температуры происходит в теплогенераторе за счет теплоты газообразных продуктов сгорания топлива. После чего приготовленный агент сушки направляется в сушильную камеру.

Выполним расчет экономии теплоты на испарение 1 кг влаги из фуражного зерна влажностью более 20 % при использовании теплового насоса в шахтной прямоточной зерносушилке.

Исходные данные к расчету:

- температура агента сушки $t_1 = 120$ °С;
- температура обработавшего агента сушки $t_2 = 55$ °С;
- разность добавлений и затрат теплоты отнесенная к 1 кг испаренной влаги $\Delta = -1450$ кДж/кг;
- КПД теплогенератора $\eta_r = 0,91$;
- коэффициент потерь электроэнергии в электрических сетях ГПО «Белэнерго» (с учетом распределительных) $k_{сc} = 0,08$.

Коэффициент преобразования теплового насоса типа «воздух–воздух» в значительной степени зависит от температуры наружного воздуха t_0 . При значении $t_0 = 15$ °С коэффициент преобразования теплового насоса $\mu \approx 3,8$.

Температура воздуха после подогрева в конденсаторе:

$$t_4 = a + b / \mu = 18 + 136,5 / 3,8 = 53,9 \text{ °С.}$$

Значения коэффициентов a и b для указанного режима сушки приведены в [1].

Параметр, характеризующий процесс сушки:

$$A = 2500 + 1,88t_2 - \Delta = 2500 + 1,88 \cdot 55 - (-1450) = 4053,4 \text{ кДж/кг.}$$

Расход теплоты на испарение 1 кг влаги (удельный расход теплоты) при традиционном способе сушки определяем по формуле [1]:

$$q = \frac{A(t_1 - t_0)}{(t_1 - t_2)\eta_T} = \frac{4053,4(120 - 15)}{(120 - 55) \cdot 0,91} = 7195,4 \text{ кДж/кг.}$$

Для определения удельного расхода теплоты при использовании теплового насоса в конвективной зерносушилке авторами предложено следующее уравнение:

$$q' = \frac{A}{t_1 - t_2} \left[\frac{t_4 - t_0}{\mu(1 - k_{эс})\eta_{ТЭС}} + \frac{t_1 - t_4}{\eta_T} \right] =$$

$$= \frac{4053,4}{120 - 55} \left[\frac{53,9 - 15}{3,8(1 - 0,08)} + \frac{120 - 53,9}{0,91} \right] = 5223,5 \text{ кДж/кг.}$$

В расчетах не учитывается КПД тепловой электростанции $\eta_{ТЭС}$, на которой производится электрическая энергия на привод компрессора теплового насоса, т. к. подразумевается, что электроснабжение осуществляется от БелАЭС. Использование собственной электрической энергии без затрат импортируемого топлива позволяет увеличить эффект энергосбережения.

Тогда экономия теплоты равна:

$$\Delta q = \frac{q - q'}{q} 100 = \frac{7195,4 - 5223,5}{7195,4} 100 = 27,4 \%$$

Объём реальной экономии тепловой энергии зависит от температуры наружного воздуха, продолжительности работы зерносушилki и режима сушки.

Эффективность применения тепловых насосов во многом определяется соотношением цен на тепловую и электрическую энергию. Снижение себестоимости электрической энергии и увеличение цен на топливо неизбежно поспособствует увеличению экономического эффекта при использовании тепловых насосов в конвективных зерносушилках.

Список используемых источников

1. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А. Цубанов // Агропанорама, № 3, 2009. – С. 22–27.