

Секция III ЭНЕРГЕТИКА

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫМИ УСТАНОВКАМИ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТИПА

Д. С. Трошев, К. А. Хаванский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

Введение

Как показывает анализ тепловых ВЭР промышленных предприятий, обратная вода является одним из основных источников тепловых ВЭР низкого потенциала. Рассматриваемое решение заключается в установке ТНУ типа «вода–вода» для утилизации тепла системы оборотного водоснабжения, которое на данный момент удаляется с помощью градирен, с последующим использованием для системы отопления предприятия в зимний период и (или) нагрева воды для ГВС круглый год.

1. ПТН для обеспечения нагрузки ГВС

В зависимости от соотношения нагрузки ГВС и мощности, вырабатываемой ПТН, возможны две схемы использования тепловых насосов:

1) нагрузка ГВС больше или равна вырабатываемой мощности – необходим догрев горячей воды после ТН.

2) нагрузка ГВС меньше вырабатываемой мощности – необходимо дополнительное охлаждение обратной воды в градирне.

Для всех вариантов требуется установка бака-аккумулятора ГВС, так как выход тепловых ВЭР для печей и компрессоров носит периодический характер, а график потребления горячей воды имеет пики во время окончания работ и в обеденный перерыв.

Одним из важнейших требований к работе технологических агрегатов, охлаждаемых водой, является постоянство протока охлаждающей воды. При этом необходимо решать задачу обеспечения постоянства потребления вырабатываемой тепловой нагрузки, так как при исчезновении нагрузки ГВС тепловому насосу некуда будет сбрасывать излишки теплоты. Кроме того, при выходе из строя ПТН или при недостаточной нагрузке ГВС необходимо обеспечить охлаждение воды, что ведет к необходимости установки градирни параллельно ПТН. Это следует учитывать при проектировании новых схем охлаждения обратной воды. Если на предприятии уже функционирует система оборотного водоснабжения с охладителями, то задача упрощается, так как данная система резервирует ПТН и обеспечивает надежность охлаждения установок.

Расчет эффективности от установки теплового насоса взамен градирни

Исходные данные: температура холодной воды: $t_{гв}^I = 10$ °С; температура горячей воды: $t_{гв}^{II} = 45$ °С; температура охлаждаемой воды на входе в ПТН: $t_{об}^I = 30$ °С; температура охлаждаемой воды на выходе из ПТН: $t_{об}^{II} = 17,5$ °С; холодопроизводительность: $Q_0 = 800$ кВт; хладагент R134a.

Определяем удельные характеристики цикла:

а) работа компрессора, кДж/кг:

$$l_k = h_2 - h_1 = 430 - 405 = 25 \text{ кДж/кг}; \quad (1)$$

б) теплота полученная в конденсаторе, кДж/кг:

$$q_k = h_2 - h_3 = 430 - 248 = 192 \text{ кДж/кг}; \quad (2)$$

в) теплота, забранная в испарителе, кДж/кг:

$$q_0 = h_1 - h_3 = 405 - 248 = 157 \text{ кДж/кг}; \quad (3)$$

г) теоретический коэффициент преобразования теплоты [1]:

$$\mu_{\text{птт}} = \frac{q_k}{l_k} = \frac{192}{25} = 7,68; \quad (4)$$

д) с учетом потерь в компрессоре действительный коэффициент преобразования теплоты:

$$\mu_{\text{птт}}^{\text{д}} = \mu_{\text{птт}}^{\text{а}} \cdot \eta_i = 7,68 \cdot 0,78 = 5,99. \quad (5)$$

Массовый расход хладагента:

$$m = \frac{Q_0}{q_0} = 5,1 \text{ кг/с}. \quad (6)$$

Тепловая мощность конденсатора:

$$Q_k = q_k \cdot m = 192 \cdot 5,1 = 978 \text{ к Вт}. \quad (7)$$

Потребляемая мощность компрессора:

$$N_k = \frac{Q_k}{\mu_{\text{птт}}^{\text{д}}} = \frac{9,78}{5,99} = 163 \text{ кВт}. \quad (8)$$

При наличии бака-аккумулятора ГВС, который сглаживает колебания нагрузки и односменном режиме работы годовая выработка тепловой энергии составит:

$$\Delta Q_{\text{год}} = Q_k \tau_{\text{год}} = 978 \cdot 2015 = 1971 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч} = 1695 \text{ Гкал}. \quad (9)$$

Годовое потребление электроэнергии на привод компрессора:

$$\Delta W_{\text{год}} = N_k \tau_{\text{год}} = 163 \cdot 2015 = 328 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}. \quad (10)$$

Годовая экономия условного топлива:

$$\Delta B_{\text{год}} = \Delta Q_{\text{год}} \cdot 0,175 - \Delta W_{\text{год}} \cdot 0,28 = 1695 \cdot 0,175 - 328 \cdot 0,28 = 204,8 \text{ т у. т.} \quad (11)$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \Delta B_{\text{год}} \cdot C_{\text{у.т}} = 204,8 \cdot 250 = 51200 \text{ у. е.} \quad (12)$$

Простой срок окупаемости проекта:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{219000}{51200} = 4,3 \text{ года,} \quad (13)$$

где K – капиталовложения в мероприятие.

Таким образом, так как срок окупаемости теплового насоса менее 5 лет, то данное мероприятие является экономически целесообразным. А учитывая, что срок службы ПТН составляет не менее 15 лет, то его установка принесет значительную экономию денежных средств предприятия. При двухсменном режиме работы срок окупаемости сокращается до 2,2 лет. При этом стоимость 1 кВт установленной мощности для крупных тепловых насосов (с учетом проектирования, монтажа и наладки) составляет около 220 у. е. [2], а годовая экономия условного топлива составляет около 205 кг у. т./кВт, что позволяет судить о применимости выводов для всего ряда ПТН большой мощности.

2. ПТН для обеспечения нагрузки отопления и вентиляции

При использовании теплоты оборотной воды в ПТН для обеспечения нагрузки отопления возможны следующие схемы включения ПТН в зависимости от соотношения отопительной нагрузки и количества произведенного тепла:

1) вырабатываемая мощность меньше отопительной нагрузки;

2) вырабатываемая мощность больше или равна отопительной нагрузке. В данном случае ПТН может полностью обеспечить потребность в тепле системы отопления, однако так как период стояния низких температур невелик, то такая схема может быть экономически не целесообразна (приводит к завышению установленной мощности). Излишки теплоты сбрасываются на градирню.

Кроме того, следует учитывать снижение расхода теплоты на охлаждение технологических агрегатов в зимнее время, что может серьезно повлиять на условия выбора мощности теплового насоса, особенно в условиях отсутствия отопления цеха.

Для обеспечения энергетически и экономически целесообразных режимов работы тепловых насосов в качестве источника теплоты на отопления и вентиляцию следует использовать низкотемпературные способы отопления. Для промышленных предприятий таким способом является система воздушного отопления цехов, что позволяет, во-первых, быстро повысить температуру внутри рабочей зоны, а во-вторых, позволяет отапливать зоны, где находятся рабочие. При воздушном отоплении температура воздуха не превышает 30 °С, что позволяет подогревать его в калориферах с температурой теплоносителя 35–45 °С. Для ПТН это означает повышение КОПа и, как следствие, увеличение энергетической эффективности. Регулирование количества теплоты осуществляется регулированием частоты вращения ПТН и подачи вентилятора.

Определение эффективности внедрения теплового насоса для систем отопления ведем аналогично расчету на ГВС для каждого диапазона температур наружного воздуха. Результаты занесем в таблицу.

Расчет зависимости срока окупаемости внедрения ПТН от расчетной температуры наружного воздуха на отопление

Расчетная температура, °С	Установленная мощность ПТН, кВт (по т/э)	Годовая экономия условного топлива, т у. т.	Экономический эффект, у. е.	Капвложения, у. е.	Срок окупаемости, лет
-24,0	1000,0	198,7	49679,7	220000,0	4,43
-19	871,8	199,0	49744,1	191794,9	3,86
-13	717,9	196,3	49068,3	157948,7	3,22
-7	564,1	188,3	47075,7	124102,6	2,64
-3	461,5	176,7	44163,9	101538,5	2,30
3	307,7	143,9	35984,8	67692,3	1,88
8	205,1	97,8	24438,4	45128,2	1,85

Заключение

Для ПТН большой мощности при использовании для подогрева воздуха в воздушной системе отопления для Гомеля энергетически целесообразно применять его для покрытия лишь базовой части нагрузки. Однако так как во всем диапазоне температур сроки окупаемости менее 5 лет, следовательно, ПТН можно выбирать по максимальной нагрузке.

Литература

1. Проценко, В. П. Коэффициент преобразования парокompрессионных тепловых насосов / В. П. Проценко, В. А. Радченко // Теплоэнергетика. – 1998. – № 8. – С. 32–42.
2. Тепловые насосы и теплонасосные установки производства СПб филиала ОАО «Радиотехнический институт имени А. Л. Минца». – Режим доступа: <http://www.proteplonasos.ru/nt-400.html>. – Дата доступа: 15.09.2014.