

А.В. Овсянник,
к.т.н., доц., зав. каф.
«Промышленная теплоэнергетика
и экология»

Д.С. Трошев,
ст. преподаватель каф. «Промышленная
теплоэнергетика и экология», инженер-энергетик
лаборатории «Энергоаудита и нормирования ТЭР»

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

ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ТЕРМОРЕНОВАЦИИ

УДК 696/697

Аннотация

Проведение мероприятий по термомодернизации зданий снижает расходы теплоты на отопление. Это создает возможность снизить температурный график отопительных приборов и использовать в качестве источников теплоснабжения конденсационные котлы и тепловые насосы. В работе рассчитаны коэффициент снижения расхода теплоты за счет термомодернизации и снижение теплового потока прибора, что позволяет выбрать температурный график здания.

Abstract

Implementation of measures for building's thermorenovation reduces the cost of heat for heating. This creates an opportunity to reduce the temperature graph of heating devices and use as sources of heat condensing boilers and heat pumps. The paper calculated the coefficient of reduction of heat consumption by thermorenovation and reduction of heat flow of device that enables you to select the temperature graph of the building.

Одним из основных потребителей топливно-энергетических ресурсов выступают отопительные системы зданий и сооружений [1]. В связи с этим, одними из самых распространенных энергосберегающих мероприятий являются утепление стен и замена оконных рам на энергосберегающие стеклопакеты [2]. Данные мероприятия ведут к значительному снижению потребления тепловой энергии на отопление.

Существующие в здании отопительные приборы чаще всего рассчитаны, выбраны и установлены согласно тепловым потерям здания до термомодернизации. После утепления зданий их поверхность теплообмена имеет значительный запас. Температурный график сохраняется на уровне 95/70°C, а расход теплоты регулируется количественно.

Исходя из вышесказанного, имеется возможность снижения температурного графика системы отопления без увеличения площади отопительных приборов. Снижение температуры теплоносителя само по себе не дает экономии топливно-энергетических ресурсов, однако делает возможным применение для отопления зданий таких нетрадиционных источников тепловой энергии, как теплотрансформаторы (тепловые насосы) и конденсационные котлы. Приведем краткую оценку влияния снижения температурного графика на эффективность работы тепловых насосов и конденсационных котлов.

Как известно, коэффициент преобразования тепловых насосов зависит от темпе-



ратурного напора между источником низкопотенциальной теплоты и нагреваемым теплоносителем [3]:

$$\mu_{ПТН} = \mu_{ид} \cdot \Phi, \quad (1)$$

где $\mu_{ид}$ – коэффициент преобразования идеального цикла Карно;

Φ – коэффициент, учитывающий реальные процессы, осуществляемые рабочим телом в пароконденсационном тепловом насосе (ПТН).

$$\mu_{ид} = \frac{T_K}{T_K - T_O}, \quad (2)$$

где T_K и T_O – температура кипения и конденсации рабочего тела.

$$T_K = 273 + (t_{w2} + (5 \div 10)), \text{ К}, \quad (3)$$

$$T_O = 273 + (t_{s2} - (2 \div 4)), \text{ К}, \quad (4)$$

где t_{w2} , t_{s2} – температуры горячего источника теплоты (нагреваемой воды) на выходе из конденсатора и холодного источника теплоты (охлаждаемой воды) на выходе из испарителя ПТН.

Практические значения Φ составляют 0,55–0,70, при этом более низкие значения соответствуют более крупным агрегатам.

Таким образом, при использовании в качестве теплоисточника грунтового теплового насоса и снижении температурного графика с 95/70° до 70/50° коэффициент преобразования в режиме минимальных температур наружного воздуха вырастет в 1,24 раза. Кроме того, снижение температуры конденсации позволит применять в качестве рабочего тела хладагенты, имеющие более низкие значения критической точки.

Конденсационные газовые котлы обладают высокой эффективностью за счет использования конденсата, содержащегося в паре, в процессе сжигания природного газа. При этом необходимо учитывать, что для работы котла в конденсационном режиме необходима температура теплоносителя в обратном трубопроводе не более 57°С. При этом максимальный КПД (до 94–96% по высшей теплоте сгорания) достигается при температуре теплоносителя в обратном трубопроводе 30°С. Для сравнения, отечественные производители котлов часто считают КПД по низшей теплоте сгорания и в паспортах указывают значение около 92%, что по высшей теплоте сгорания соответствует около 81–83%. Поэтому для достижения необходимого эффекта необходимо как можно больше снижать температурный график.

Для определения максимально возможного значения снижения температуры теплоносителя необходимо определить снижение потребления тепловой энергии в системах отопления и вентиляции здания. Это можно сделать несколькими способами:

1. После проведения термореновации здания по показаниям теплосчетчика за отопительный период:

а) при раздельном учете расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания путем приведения показаний счетчика к базовым условиям до и после термореновации здания;

б) при общем учете расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания путем вычета из показаний теплосчетчика количества теплоты на ГВС и приведения показаний счетчика к базовым условиям до и после термореновации здания.

2. По укрупненным характеристикам для оценки энергосберегающих мероприятий.

3. При наличии энергетического паспорта здания до и после термореновации по соотношению отопительных и вентиляционных характеристик.

При наличии раздельного учета тепловой энергии на отопление и ГВС по имеющимся показаниям расхода тепловой энергии на отопление до и после термореновации ($Q_{от}^{до}$ и $Q_{от}^{после}$) приведем их значения к базовым условиям:

$$Q_{от}^{до} = Q_{от}^{до} \cdot \frac{(t_{вн} - t_{ср.от}) \cdot n_{от}}{(t_{вн} - t_{ср.от}^{до}) \cdot n_{от}^{до}}, \quad (5)$$

$$Q_{от}^{после} = Q_{от}^{после} \cdot \frac{(t_{вн} - t_{ср.от}) \cdot n_{от}}{(t_{вн} - t_{ср.от}^{после}) \cdot n_{от}^{после}}, \quad (6)$$

где $t_{вн}$ – температура внутри помещения, °С;

$t_{ср.от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С (из СНБ «Строительная климатология»);

$n_{ср.от}$ – продолжительность отопительного периода, сут (из СНБ «Строительная климатология»);

$t_{ср.от}^{до}$, $t_{ср.от}^{после}$ – средние действительные за отопительный период температуры наружного воздуха за соответствующие отопительные периоды, °С (согласно данным метеорологических станций);

$n_{до}$, $n_{после}$ – действительные продолжительности отопительного периода за соответствующие отопительные периоды, сут (согласно данным предприятия).

Далее вычисляется коэффициент снижения расхода теплоты за счет термореновации:

$$k_{снж} = \frac{Q_{от}^{после}}{Q_{от}^{до}}. \quad (7)$$

При общем учете расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания сначала определяем расход теплоты на ГВС до и после термореновации.

Энергию на подогрев горячей воды рассчитываем, исходя из объема нагреваемой воды, средней температуры холодной воды за отопительный сезон, которая принимается

равной 5°С, и нормативного значения температуры горячей воды, равного 55°С. По объему потребленной горячей воды, которую определяем по отдельному счетчику расхода, по формуле (8) находим количество тепловой энергии, затраченной для этой цели [4]:

$$Q_{гвс} = \frac{V \cdot \Delta T}{1000}, \quad (8)$$

где V – объем потребленной горячей воды, м³;
 $\Delta T = 50$ °С – разность

температур горячей и холодной воды.

После чего путем вычитания из общего расхода тепловой энергии количества теплоты на горячее водоснабжение получим расход тепловой энергии на отопление до и после термореновации ($Q_{от}^{до}$ и $Q_{от}^{после}$). Приведем их значения к базовым условиям по формулам (5), (6) и вычислим коэффициент снижения расхода теплоты за счет термореновации по формуле (7).

Расчет по второму способу может быть использован при оценке эффекта энергосберегающего мероприятия до проведения термореновации. Согласно разработанным нормам расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, берется нормативное значение годового расхода теплоты. После чего определяется эффект от термореновации $\Delta Q_{пот}$ в соответствии с [5]. Тогда расходы теплоты до и после термореновации будут равны:

$$Q_{от}^{до} = Q_{норм}, \quad (9)$$

$$Q_{от}^{после} = Q_{норм} - \Delta Q_{пот}, \quad (10)$$

где $Q_{норм}$ – нормативный расход тепловой энергии на отопление здания, Гкал/год;

$\Delta Q_{пот}$ – снижение потерь тепловой энергии за счет термореновации, Гкал/год.

По формуле (7) вычисляется коэффициент снижения расхода теплоты за счет термореновации.

При наличии энергетических паспортов здания до и после утепления коэффициент снижения расхода теплоты на отопление рассчитывается как отношение удельных отопительных и вентиляционных характеристик:

$$k_{\text{снжк}} = \frac{q_{\text{от}}^{\text{после}} + q_{\text{в}}^{\text{после}} \cdot \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{от}}}}{q_{\text{от}}^{\text{до}} + q_{\text{в}}^{\text{до}} \cdot \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{от}}}}, \quad (11)$$

где $q_{\text{от}}^{\text{до}}, q_{\text{от}}^{\text{после}}$ – удельные отопительные характеристики зданий до и после утепления, ккал/(м³·сут·°C);

$q_{\text{в}}^{\text{до}}, q_{\text{в}}^{\text{после}}$ – удельные вентиляционные характеристики зданий до и после утепления, ккал/(м³·сут·°C);

$T_{\text{от}}, T_{\text{в}}$ – время работы систем отопления и вентиляции в сутки, ч.

Произведем оценку снижения теплоотдачи отопительного прибора при снижении температурного графика.

Уменьшение теплового потока приборов при снижении температурного графика приближенно может быть вычислено по формуле (при условии равенства коэффициентов теплоотдачи):

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}, \quad (12)$$

где $\Delta t_1, \Delta t_2$ – температурные напоры отопительных приборов, °C.

$$\Delta t = \frac{t_{\text{под}} + t_{\text{обр}}}{2} - t_{\text{вн}}, \quad (13)$$

где $t_{\text{под}}, t_{\text{обр}}$ – температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе системы отопления, °C.

Принимая максимальный перепад температур теплоносителя в подаче и обратке равным 25°C, рассчитаем снижение теплоотдачи приборов для семейства темпера-

Таблица 1. Расчет уменьшения теплоотдачи прибора при снижении температурного графика

Температура в подаче, °C	Температура в обратке, °C	Температурный напор отопительного прибора, °C	Коэффициент снижения теплового потока отопительного прибора
95	70	64,5	1,000
90	65	59,5	0,922
85	60	54,5	0,845
80	55	49,5	0,767
70	45	39,5	0,612
65	40	34,5	0,535
60	35	29,5	0,457

турных графиков. Результаты расчета сведем в таблицу 1.

По рассчитанному коэффициенту снижения расхода теплоты за счет термореволюции и снижению теплового потока прибора можно выбрать температурный график здания. При этом коэффициент снижения теплового потока прибора (таблица 1) при соответствующем температурном графике должен быть больше коэффициента снижения расхода теплоты за счет термореволюции. Как показали расчеты, можно значительно снижать температурный график зданий после термореволюции без увеличения площади отопительных приборов, что позволяет эффективно использовать в качестве источника теплоты конденсационные котлы и тепловые насосы.

Литература

1. Ганжа В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов: теория и прак-

тика (учебное пособие) / В.Л. Ганжа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 451 с.

2. Березовский Н.И. и др. Технология энергосбережения (учебное пособие) / Н.И. Березовский, С.Н. Березовский, Е.К. Костюкевич. – Минск: БИП-С Плюс, 2007. – 152 с.

3. Проценко В.П., Радченко В.А. Коэффициент преобразования пароконденсационных тепловых насосов / В.П. Проценко // Теплоэнергетика. – 1998. – №8. – С. 32–42.

4. Данилевский Л.Н. Результаты анализа существующих методик и практик для мониторинга интегральных энергетических характеристик зданий и расчетов / Отчет по Проекту №00077154 «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь». – Минск, 2013. – 57 с.

5. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск, 2003. – 53 с. ■

Статья поступила в редакцию 7.10.2015

«Иста Митеринг Сервис» • 220034, г. Минск, ул. З. Бядули, 12
 тел.: (017)294-3311, 293-6849, 283-6858; факс: (017)293-0569
 e-mail: minsk@ista.by • http://www.ista.by
 отдел расчетов: (017)290-5667 (-68) • e-mail: billing@ista.by



- Система индивидуального (поквартирного) учета тепловой энергии на базе распределителей тепла «Экземпер», «Допримо III радио»: от монтажа приборов до абонентских расчетов для десятков тысяч потребителей.
- Энергосберегающее оборудование «Данфосс», «Заутер», «Петтинароли»: радиаторные термостаты, системы автоматического регулирования отопления зданий, арматура.
- Приборы учета тепловой энергии «Сенсоник II» с расходом теплоносителя от 0,6 до 2,5 м³/ч с возможностью удаленного сбора информации.
- Запорно-регулирующая арматура: шаровые краны, радиаторные вентили, задвижки, фильтры, компенсаторы, обратные клапаны и т.д.
- Насосное оборудование «Грундфос», «Вортекс».

- ✓ **Нормирование расходов ТЭР** (расчет, корректировка, сопровождение)
- ✓ **Тепловизионное обследование** (сооружений, оборудования)
- ✓ **Составление энергетического (теплоэнергетического) паспорта зданий**
- ✓ **ТЭО вариантов теплоснабжения** (расчет, сопровождение)
- ✓ **Составление экологического паспорта организации**

Работаем по всей стране

Частное предприятие
 «Альтернативный вариант»

212013, г. Могилев,
 Славгородское шоссе,
 30/в

☎ 8 (029) 305-00-59,
 факс 8 (0222) 78-02-72
 e-mail: alvariant@mail.ru