

УДК 621.

Ю. М. МАЦЕВИТЬИЙ, академик НАН Украины, доктор техн. наук, профессор

Н. Г. ГАНЖА, ведущий инженер

А. В. ХИМЕНКО, аспирант

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОТЕПЛОАККУМУЛЯЦИОННОГО ОТОПЛЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Статья посвящена рассмотрению вопроса целесообразности применения электрических тепловых аккумуляторов для отопления административных зданий и определению экономической эффективности электротеплоаккумуляционных систем.

Стаття присвячена розгляду питання доцільності застосування електричних теплових акумуляторів для опалення адміністративних будівель і визначення економічної ефективності електротеплоакумуляційних систем.

Введение

В связи с регулярным подорожанием природного газа, как основного энергоносителя в системах теплоснабжения зданий, все чаще возникает вопрос о целесообразности перехода на электрическое отопление.

Аналитический обзор литературы по данной теме [1–10] дает возможность сделать вывод об отсутствии комплексной оценки энергетической и экономической эффективности различных систем электротеплоаккумуляционного отопления и сравнительного анализа параметров этих систем и параметров традиционных систем водяного отопления.

Основная часть

Данная статья посвящена оценке целесообразности применения электрических тепловых аккумуляторов и анализу энергетической и экономической эффективности электротеплоаккумуляционных систем отопления административных зданий.

Одним из наиболее перспективных в техническом и экологическом отношении систем отопления административных зданий являются системы электрического отопления [1]. Однако отопление электроэнергией с непосредственной ее трансформацией в тепловую не рекомендовано действующей нормативной базой [2] в связи с перерасходом первичного топлива, обусловленного низким КПД его использования [3]. Кроме того, значительное количество потребляемой электроэнергии на цели отопления обуславливает необходимость модернизации существующих электрических сетей и строительства дополнительных мощностей [4].

Отопление электроэнергией с непосредственной ее трансформацией в тепловую не рекомендовано действующей нормативной базой [2] в связи с перерасходом первичного топлива, обусловленного низким КПД его использования [3]. Кроме того, значительное количество потребляемой электроэнергии на цели отопления обуславливает необходимость модернизации существующих электрических сетей и строительства дополнительных мощностей [4].

Тем не менее, в [2] приведены два условия, при которых допускается использование электроэнергии для отопления. Прежде всего, можно использовать электроэнергию в системах отопления зданий, удельные тепловые потери которых вдвое ниже удельного потока для отопительных систем жилых и общественных зданий. Правда, добиться двукратного снижения теплопотерь при существующих нормативных значениях термического сопротивления ограждающих конструкций, указанных в [5], можно только путем утилизации тепла удаляемого воздуха и термомодернизации зданий. Второе условие использования электроэнергии для отопления – это применение теплоаккумуляционных систем, потребляющих электроэнергию в ночное время с оплатой по льготным тарифам.

Известно, что энергетическая система страдает большим недостатком – неравномерностью распределения электрической нагрузки в течение суток, вследствие чего возникает необходимость в переводе некоторых электрогенераторов на режимы, отличные от номинальных, что снижает их КПД и вызывает перерасход топлива [3].

Всем потребителям (кроме населения) согласно постановлению НКРЭ от 04.11.2009 г. № 1262 с 1 декабря 2009 года для каждого периода и всех сезонов устанавливаются такие тарифные коэффициенты: по двухзонным тарифам – 0,4 тарифа в ночной период и 1,5 – в дневной с продолжительностью периодов: ночной – 8 часов (с 23.00 до 7.00), дневной – 16 часов (с 7.00 до 23.00); по трехзонным тарифам: ночной период – 0,35, полупиковый – 1,02, пиковый – 1,68, с продолжительностью периодов: ночной – 7 часов (с 23.00 до 6.00), полупиковый – 11 часов (с 6.00 до 8.00; с 10.00 до 17.00 и с 21.00 до 23.00), пиковый – 6 часов (с 8.00 до 10.00 и с 17.00 до 21.00) [6].

Для населения согласно постановлению НКРЭ от 10.03.1999 № 309 (с изменениями) установлены такие тарифные коэффициенты и продолжительности периодов при наличии многотарифных счетчиков электроэнергии: по двухзонным тарифам – 0,7 тарифа в часы ночной минимальной нагрузки (с 23.00 до 7.00) и полный тариф – в остальные часы суток; по трехзонным тарифам: 1,5 тарифа в часы максимальной нагрузки энергосистемы (с 8.00 до 11.00 и с 20.00 до 22.00); полный тариф в полупиковый период (с 7.00 до 8.00; с 11.00 до 20.00 и с 22.00 до 23.00); 0,4 тарифа в часы ночной минимальной нагрузки энергосистемы (с 23.00 до 7.00) [6].

Одним из наиболее эффективных путей повышения технико-экономических показателей систем электроотопления является применение электрических тепловых аккумуляторов, потребляющих электроэнергию в ночное время с учетом понижающих тарифных ставок при наличии многотарифных счетчиков учета потребленной электроэнергии.

Рассмотрим характеристики и конструктивные особенности водяных теплоаккумуляторов и тепловых аккумуляторов (ТА) на твердом теплоаккумулирующем материале, которые наиболее подходят для применения их в административных зданиях.

В общем случае аккумулятором тепла называется устройство, обеспечивающее обратимые процессы накопления, хранения и отдачи тепла соответственно требованиям потребителя [7].

Аккумулируемое количество тепла определяется формулой:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1), \quad (1)$$

где Q – аккумулируемое тепло, Дж;

m – масса теплоаккумулирующего вещества, кг;

c_p – удельная теплоемкость аккумулирующего вещества, Дж/кг·°С;

T_1, T_2 – начальная и конечная температура теплоаккумулирующего вещества, °С.

Удельная аккумулирующая способность равна:

$$q = \frac{Q}{m} = c_p \cdot (T_2 - T_1), \text{ Дж / кг} \quad (2)$$

Различают прямое аккумулирование тепла, когда аккумуляционный материал служит одновременно теплоносителем, и косвенное аккумулирование, когда теплоаккумулирующая и теплопередающая среды различны.

В настоящее время наиболее распространенным типом ТА являются водяные баки-аккумуляторы, которые могут применяться в системах отопления жилых и общественных зданий. Водяной тепловой аккумулятор – это вертикальный стальной бак с смонтированными ТЭН для нагрева воды и с размещенными по всей высоте патрубками для подвода и отвода воды. В баке-аккумуляторе могут быть установлены горизонтальные перегородки, которые разделяют бак на секции с разными значениями температуры воды. Для уменьшения потерь тепла через стенки бака-аккумулятора необходимо предусмотреть тепловую изоляцию его корпуса [8].

Процесс аккумуляции тепла происходит следующим образом: при зарядке аккумулятора горячая вода подается в верхнюю часть бака с одновременным уходом соответствующего объема холодной воды со дна бака, а при разрядке горячая вода забирается из верхней части бака с одновременной подачей холодной воды в нижнюю часть бака. Холодная и горячая вода разделены неиспользуемым слоем воды. Такой тип водяного аккумулятора называется вытеснительным. Эффективность применения вытеснительных ТА снижается вследствие потерь тепла на перемешивание и между объемами горячей и холодной жидкостей [8].

Часто используются водяные теплоаккумуляторы со скользящей температурой. В этом случае применяется промежуточный теплообменник, который может располагаться как в корпусе ТА, так и вне его. В режиме зарядки происходит нагревание ТА с помощью промежуточного теплоносителя или электрической энергии, а в процессе остывания в промежуточном теплообменнике происходит отвод тепла [5].

Емкость бака-аккумулятора водяной системы отопления определяется по формуле [3]:

$$V = \frac{860 \cdot Q_{\text{сум}}^{\text{ом}} \cdot \eta_1}{(T_B - T_H) \cdot c \cdot \rho}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

где $Q_{\text{сум}}^{\text{ом}}$ – среднесуточное потребление тепловой энергии системой водяного отопления при работе с электрическим ТА, кВт·ч;

$$Q_{\text{сум}}^{\text{ом}} = Q_{\text{от}}^{\text{ср}} \cdot \eta_1 \cdot z_p$$

c – теплоемкость воды, равная 1 ккал/кг·°С;

ρ – плотность воды, равная 1000 кг/м³;

η_1 – коэффициент, который учитывает потери тепла в процессе аккумуляции (принимается $\eta_1 = 1,05$);

T_B и T_H – самая высокая и самая низкая температура воды в баке-аккумуляторе, °С;

z_p – продолжительность периода, часов в сутки, когда потребляется тепло;

$Q_{\text{от}}^{\text{ср}}$ – средний тепловой поток на отопление, кВт.

Рассмотрим типовые конструкции и принцип работы электрических канальных тепловых аккумуляторов с твердым теплоаккумулирующим материалом.

Поверхностно - канальный тепловой (статический) аккумулятор. Аккумуляционный блок (магнезит или феолит) имеет внутренние каналы, в которых размещены нагревательные элементы, нагревающие аккумуляционный блок, и каналы, по которым циркулирует нагреваемый воздух. Процесс отдачи тепла происходит путем свободной конвекции и лучистого теплообмена. Воздух из помещения забирается через решетку в нижней части теплоаккумулятора и после нагрева в каналах выходит через решетку, расположенную в верхней части аккумулятора тепла. На выходе воздуха из теплоаккумулятора установлена регулируемая заслонка, которая позволяет вручную регулировать температуру воздуха, поступающего в помещение, путем смешивания горячего и холодного потоков воздуха. Имеется также регулятор заряда теплового аккумулятора и ограничитель температуры нагрева теплоаккумуляционного блока [9].

Динамический тепловой аккумулятор (рис.1). В режиме отдачи тепла циркуляция воздуха по каналам, расположенным внутри теплоизолированного аккумуляционного блока, происходит с помощью малошумного вентилятора, который вмонтирован в корпус ТА. Работой встроенного вентилятора и ТЭН управляет комнатный регулятор температуры или программируемый терморегулятор. Может быть также предусмотрен дополнительный нагревательный элемент, предназначенный для быстрого нагрева помещения. Применение программируемого терморегулятора позволяет задавать и поддерживать необходимую температуру в помещении в течение суток, например, поддерживать минимально

допустимую температуру в помещении после окончания рабочего дня (дежурный режим). Возможно применение погодного регулятора, что дает возможность регулировать температуру внутреннего воздуха в помещении в зависимости от температуры наружного воздуха и уменьшать потребление электроэнергии на 20-30% [9].

Потребление электроэнергии за отопительный период при отоплении с помощью электрических канальных аккумуляционных обогревателей определяется по формуле:

$$E_{номр} = P \cdot t \cdot n, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (4)$$

где P – установленная электрическая мощность системы отопления, кВт;

t – время зарядки аккумулятора (7-8 часов);

n – продолжительность отопительного периода для г. Харькова, согласно [2], составляет 189 суток.

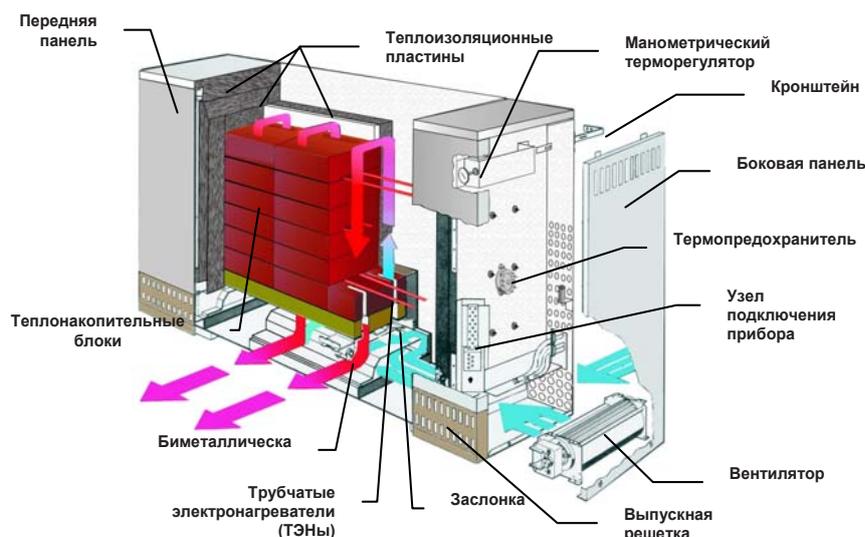


Рис. 1. Конструкция динамического аккумулятора тепла

На примере расположенного в г. Харькове административного здания площадью 673,44 м² сделан сравнительный анализ энергетической эффективности систем традиционного водяного отопления, водяного отопления с электрическими баками-аккумуляторами, электрического отопления на базе электрических канальных теплонакопителей с твердым теплоаккумулирующим материалом и электрокабельной системы отопления с теплоаккумулирующим эффектом.

Теплопотери здания $Q_{max}^{от}$, рассчитанные согласно [5], составляют 22,25 кВт.

Ниже приведена сравнительная оценка традиционной системы отопления с электротеплоаккумуляционными системами.

1. Традиционное водяное отопление

Средний тепловой поток за отопительный период составляет:

$$Q_{cp}^{от} = Q_{max}^{от} \cdot \frac{T_{вн} - T_{cp.от}}{T_{вн} - T_{расч.от}} = 22,25 \frac{18 - (-2,1)}{18 - (-23)} = 10,9 \text{ кВт}, \quad (5)$$

где $T_{вн}$ – температура, которую необходимо поддерживать в отапливаемом помещении, 18 °С;

$T_{cp.от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период (для г. Харькова минус 2,1°С согласно СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика);

$T_{расч.от}$ – минимальная температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (для г. Харькова – минус 23°С согласно [2]).

Годовой расход тепла на отопление определяется по формуле:

$$Q_{год}^{om} = 24 \cdot Q_{cp}^{om} \cdot n, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (6)$$

$$Q_{год}^{om} = 24 \cdot 10,9 \cdot 189 = 49442 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \text{ или } 42,51 \text{ Гкал}$$

При цене за 1 Гкал $c_{от} = 585,34$ грн. (по состоянию на 2010 г.) стоимость потребляемого тепла за отопительный период составит:

$$S_{от} = Q_{год}^{om} \cdot c_{от} = 42,51 \cdot 585,34 = 24883 \text{ грн.} \quad (7)$$

Предполагается, что в данном здании уже установлен индивидуальный тепловой пункт (ИТП) и функционирует водяная горизонтальная двухтрубная система отопления. Поэтому расчет срока окупаемости данной системы не приводится.

Учитывая понижающие тарифные ставки, для расчета электротеплоаккумуляционных систем на базе водяного бака-аккумулятора и с электрическими канальными теплонакопителями на твердом теплоаккумулирующем материале приняты следующие режимы их работы: 11 часов в сутки (с 6.00 до 17.00) с полной отдачей тепла, а с 17.00 до 23.00 (6 часов) – в дежурном режиме, обеспечивающем поддержание температуры воздуха в помещениях здания не ниже 12°C. С 23.00 до 6.00 электротеплоаккумуляционные системы отопления работают только в режиме аккумуляирования тепла.

2. Водяное отопление с использованием электрических баков-аккумуляторов

Предполагается, что система отопления на базе водяного бака-аккумулятора работает совместно с существующей системой традиционного водяного отопления. С 23.00 начинает действовать льготный тариф на электроэнергию, ТЭН, вмонтированный в бак-аккумулятор, подогревает воду до температуры, необходимой для обеспечения требуемого температурного режима в здании в зависимости от температуры наружного воздуха. При окончании действия льготного тарифа на электроэнергию в 6.00, начинают работать циркуляционный насос системы отопления, которая нагревает воздух в помещениях до необходимой температуры к началу рабочего дня.

Среднесуточное потребление тепловой энергии системой водяного отопления, мощностью $Q_{cp}^{от}$, кВт, при работе с электрическим водяным теплоаккумулятором определяется по формуле [2]:

$$Q_{сут}^{om} = Q_{cp}^{om} \cdot \eta_1 \cdot z_p, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (8)$$

где z_p – продолжительность периода, часов в сутки, когда тепло потребляется в полном объеме ($z_p = 11$ ч).

$$Q_{сут}^{om} = 10,9 \cdot 1,05 \cdot 11 = 125,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Общая расчетная мощность ТЭН водяной системы отопления при работе на протяжении действия льготного тарифа на электроэнергию составит:

$$P_{ТЭН} = Q_{сут}^{om} / 7 = 18,0 \text{ кВт}$$

С учетом компенсации потерь тепла в период работы в дежурном режиме принимаем мощность ТЭН равной 23 кВт, что позволяет обеспечить надежную работу системы отопления в периоды минимальной температуры наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (-23°C).

Объем бака-аккумулятора определяется по формуле (3):

$$V = \frac{860 \cdot 125,9 \cdot 1,05}{(85 - 70) \cdot 1 \cdot 1000} = 7,58 \text{ м}^3$$

Принимаем объем бака, равный 8 м³.

Потребление электроэнергии за отопительный период определяется по формуле (4):

$$E_{год}^{om} = 7 \cdot 23 \cdot 189 = 30429 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Стоимость потребляемой электроэнергии, при цене 0,7744 грн/кВт·ч с учетом коэффициента 0,35 для трехзонного тарифа, за отопительный период составит:

$$S_{e/e} = E_{zod}^{om} \cdot \eta_{e/e} \cdot 0,35 = 30429 \cdot 0,35 \cdot 0,7744 = 8248 \text{ грн.}$$

Сокращение затрат на тепловую энергию при использовании электрических баков-аккумуляторов по сравнению с традиционной системой отопления составит

$$\mathcal{E} = 24883 - 8248 = 16635 \text{ грн.}$$

Стоимость бака-аккумулятора на 8 м³ в полной комплектации $C_{об}$ (с патрубками для подвода и отведения воды, вмонтированными ТЭН, циркуляционным насосом, автоматикой и тепловой изоляцией корпуса) равна 70235 грн. При этом срок окупаемости составит:

$$\tau = \frac{C_{об}}{E} = \frac{70235}{16635} = 4,2 \text{ года}$$

3. Электрическая система отопления с использованием электрических канальных теплоаккумуляторов на твердом теплоаккумулирующем материале

Значения среднесуточного потребления тепловой энергии, общей расчетной мощности ТЭН и количества потребляемой электроэнергии за отопительный период для системы отопления с электрическими канальными теплоаккумуляторами аналогичны значениям системы водяного отопления с электрическим баком-аккумулятором.

Стоимость оборудования – 109200 грн (3600 грн – 15 комнатных терморегуляторов; 105600 грн – 15 электрических канальных тепловых аккумуляторов). При этом срок окупаемости составит 6,6 года.

4. Электрокабельная система отопления с теплоаккумулирующим эффектом (ЭКСО ТА)

Расчетный поток теплоты от 1 м² ЭКСО ТА греющего пола определяется по формуле [10]:

$$q_h^{req} = \frac{Q_{max}^{om}}{F_{ht}}, \text{ Вт} / \text{ м}^2 \quad (9)$$

F_{ht} – площадь греющего пола, равная 70% от площади здания,
 $F_{ht} = 673,44 \cdot 0,7 = 538,75 \text{ м}^2$.

$$q_h^{req} = \frac{22250}{538,75} = 41,3 \text{ Вт} / \text{ м}^2$$

Допустимый удельный тепловой поток от греющего пола [10]:

$$q_{ht}^{max} = \alpha_B \cdot (T^v - T_{вн}), \text{ Вт} / \text{ м}^2 \quad (10)$$

где α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/м²·К (в расчете принято 8,7 Вт/м²·К);

T^v – температура поверхности пола (принята 27°С).

$$q_{ht}^{max} = 8,7 \cdot (27 - 18) = 78,3 \text{ Вт} / \text{ м}^2$$

Если $q_h^{req} < q_{ht}^{max}$, то средняя тепловая мощность аккумулирующего слоя ЭКСО ТА определяется по формуле [10]:

$$Q_{htb}^{req} = k_z \cdot q_h^{req} \cdot F_{ht}, \text{ Вт} \quad (11)$$

где k_z – коэффициент запаса, который учитывает возможность превышения фактических потерь теплоты в здании по сравнению с расчетными значениями, $k_z = 1,3$.

$$Q_{htb}^{req} = 1,3 \cdot 41,3 \cdot 538,75 = 28926 \text{ Вт}$$

Средняя тепловая мощность ЭКСО ТА [10]:

$$P_{cp} = Q_{htb}^{req} \cdot k_{исп}, Вт \tag{12}$$

где $k_{исп}$ – коэффициент использования мощности в течение отопительного периода.

$$k_{исп} = \left[\frac{(T_{вн} - T_{ср.от})}{(T_{вн} - T_{расч.от})} \right] = 0,49 \tag{13}$$

$$P_{cp} = 28926 \cdot 0,49 = 14174 Вт$$

Расчетная электрическая мощность кабельных секций, которые укладываются в аккумулирующий слой ЭКСО ТА, определяется по формуле [10]:

$$P_{ТЭН} = 24 \cdot P_{cp} / z_b, Вт \tag{14}$$

где z_b – период накопления теплоты в аккумуляционном слое (потребления электроэнергии);

24 – период отдачи теплоты для отопления здания.

$$P_{ТЭН} = 24 \cdot 14174 / 7 = 48597 Вт$$

Расчетная длина нагревательного кабеля [10]:

$$L = P_{ТЭН} / P_n, м \tag{15}$$

где P_n – номинальная мощность 1 м.п. кабеля (принята 25 Вт/м).

$$L = 48597 / 25 = 1944 м$$

Потребление электрической энергии ЭКСО ТА за отопительный период составит 64298 кВт·ч.

Стоимость потребляемой электроэнергии за отопительный период составит 17427 грн.

Сокращение затрат на теплоэнергию при использовании ЭКСО ТА по сравнению с традиционной системой отопления составит

$$\mathcal{E} = 24883 - 17427 = 7456 \text{ грн.}$$

Стоимость оборудования – 44775 грн (14220 грн – 15 программируемых терморегуляторов; 30555 грн 1944 м нагревательного кабеля). При этом срок окупаемости составит 6 лет.

Таблица

Сравнительный анализ рассчитанных систем электротеплоаккумуляционного отопления

Тип системы отопления	$Q_{год}^{от}$, Гкал	$S_{от}$, грн.	$P_{ТЭН}$, кВт	$E_{год}^{от}$, кВт·ч	$S_{e/e}$, грн.	Э, грн.	τ , лет
Двухтрубная водяная	42,51	24883	–	–	–	–	–
Водяная с электрическим баком-аккумулятором	–	–	23	30429	8248	16635	4,2
С электрическим канальными теплоаккумуляторами	–	–	23	30429	8248	16635	6,6
Электрокабельная с аккумулирующим эффектом	–	–	48,6	64298	17427	7456	6

С учетом того, что в случае применения тепловых аккумуляторов на основе ТАМ не требуется затрат на оборудование ИТП и внутреннюю разводку двухтрубной системы отопления с радиаторами, сроки окупаемости, приведенных систем электротеплоаккумуляционного отопления, сокращаются в 1,5-2 раза, что позволяет сделать вывод о их экономической эффективности.

Выводы

В данной статье проведена оценка целесообразности применения электрических тепловых аккумуляторов различного типа для повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения гражданских зданий. Сделан расчет энергетической эффективности различных видов систем электротеплоаккумуляционного отопления, показаны преимущества этих систем отопления по сравнению с традиционной водяной системой отопления и достигаемая экономическая эффективность, а также сроки окупаемости этих систем.

Список литературы

1. Современное состояние и перспективы развития электроотопения в Украине / В. М. Божко, Ю. С. Громадский, П. Г. Круковский, Н. П. Тимченко, Д. И. Розинский // Промислова електроенергетика та електротехніка, 2001. – № 3 – С. 18–21.
2. СНиП 2.04.05-91*У Отопление, вентиляция и кондиционирование воздух.
3. Выгодно ли ночное электрическое отопление в школе? / В.Ф. Гершкович // Промислова електроенергетика та електротехніка, 2010. – № 1 – С. 43–46.
4. Бытовое электрическое отопление с аккумулярованием тепла – важнейший фактор эффективного использования электроэнергии / А. А. Симонов // Энергетика и электрификация, 1992. – № 1 – С. 26–30.
5. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.
6. Розміри діючих тарифів на електроенергію на квітень 2011 року [Электронный ресурс]: официальный сайт акционерная компания ХАРЬКОВОБЛЭНЕРГО: Режим доступа: www.oblenergo.kharkov.ua/tarif.htm
7. Аккумулярование тепла / Левенберг В. Д., Ткач М. Р., Гольстрем В. А. – Киев: Техніка, 1991. – 112 с.
8. Про теплоаккумуляторы [Электронный ресурс]: сайт "Теплобак": Режим доступа: www.teplobak.com.ua/ru/about
9. Ефективні засоби електротеплоаккумуляційного обігріву / Третьякова Л. Д., Селіверстов А. Є., Баран М. // Промислова електроенергетика та електротехніка, 2006. – № 4 – с. 14-16.
10. ДБН В.2.5-24-2003 Електрична кабельна система опалення.

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF SYSTEMS ELECTRIC THERMAL STORAGE HEATING OF CIVIL BUILDINGS

YU. M. MATSEVITY, ACADEMICIAN NAS OF UKRAINE,
N. G. GANJA, Leading Engineer, A.V. KHIMENKO, Postgraduate

The article is devoted to consideration of question of expediency using electric thermal storages for heating civil buildings and definition of economic efficiency of systems electric thermal storage.

Поступила в редакцию 21.09 2011 г.