

Энергосберегающие технологии

УДК 662.987:697.7

Совместная работа энергоактивной ограждающей конструкции, теплового насоса и грунтового сезонного аккумулятора тепла

Страшко В.В.

НИИ энергетики Днепропетровского национального университета

Предложена методика расчета и оптимизации совместной работы энергоактивной ограждающей конструкции, теплового насоса (ТН) и грунтового сезонного аккумулятора тепла (САТ) в системе теплообеспечения энергоактивного здания. Приведены расчетные годовые графики изменения температур грунтового САТ, теплоносителя на входе ТН, теплоносителя грунтового САТ при прямом нагреве (отопление), изменения теплопотерь здания, теплопотерь грунтового САТ, зарядки грунтового САТ и суммарного теплового баланса здания, а также годовые диаграммы продолжительности суточной работы ТН без и с учетом прямого нагрева.

Ключевые слова: энергоактивные здания, солнечная энергия, сезонный аккумулятор тепла, тепловой насос, гелиофиль.

Запропоновано методологію розрахунку та оптимізації сумісної роботи енергоактивної огорожувальної конструкції, теплової помпи (ТП) та грунтового сезонного акумулятора тепла (САТ) у системі теплозабезпечення енергоактивної будівлі. Наведено річні графіки зміни температур грунтового САТ, теплоносія на вході ТП, теплоносія грунтового САТ при прямому нагріві (опалення), змін тепловтрат будівлі, тепловтрат грунтового САТ, зарядки грунтового САТ та сумарного теплового балансу будівлі, а також річні діаграми часу добової роботи ТП без та з урахуванням прямого нагріву.

Ключові слова: енергоактивні будівлі, сонячна енергія, сезонний акумулятор тепла, тепла помпа, геліофіл.

Рост цен на энергоносители, уменьшение их запасов и проблемы, связанные с парниковым эффектом, привели к необходимости внедрения в практику проектирования, строительства и реконструкции объектов различного назначения в соответствии с концепцией «Энергоактивных зданий» (ЕАВ – Energy-Active Buildings) [1].

Энергоактивные здания, по мнению автора, имеют комплексные системы энергообеспечения (КСЭО): горячее водоснабжение (ГВС), отопление, вентиляцию и кондиционирование, включающие такие основные элементы, как

энергоактивные ограждающие строительные конструкции (ЭАОК) (энергоактивные крыши и фасады), тепловые насосы (ТН), сезонные аккумуляторы тепла (САТ), в первую очередь грунтовые, и использующие возобновляемые источники энергии (энергию солнечного излучения, тепло грунта и воздуха, в том числе выбросного). Эксплуатация таких зданий базируется на утилизации поступающего на его поверхность в теплый период года солнечного излучения, аккумуляции полученного тепла в сезонном аккумуляторе и круглогодичном его ис-

пользовании с помощью ТН для нужд ГВС и отопления. Расчетное уменьшение потребления внешних энергоресурсов для данных нужд — от 2 до 50 раз.

Энергоактивные фасады и крыши могут быть выполнены на базе инновационного продукта — гелиопрофиля, формообразующего строительного материала с теплогенерирующими и теплопреобразующими свойствами, который монтируется непосредственно на утепленный каркас сооружения [2]. ЭАОК представляет собой большой гелиоколлектор с контурами жидкого и (или) воздушного теплоносителей, который в некоторых случаях может быть совмещен с солнечной батареей.

В Украине выпускаются гелиопрофили «ТЕПС» [3] и «Фотон». Мощности заводов позволяют выпускать до 900 тыс. м²/год гелиопрофилей обоих типов. Готовятся к производству разные виды гелиопрофиля «Фотон», в том числе в варианте электрогелиопрофиля, генерирующего дополнительно к теплу электроэнергию. Выпускаются разные варианты ТН по типу низкопотенциального источника тепла, устройств тепловой нагрузки, а также по температурным режимам эксплуатации.

Наиболее эффективными ТН при круглогодичной эксплуатации, в том числе в режиме тепло/холод, являются геотермальные, используемые в качестве низкопотенциального источника тепла вертикальные теплообменные скважины с пластиковыми трубами [4]. Это позволяет органично решить вопрос сооружения САТ в виде системы из группы теплообменных скважин и объема грунта между ними, в том числе под объектом [5]. Кроме общедоступности, грунт в качестве теплоаккумулирующего вещества является безальтернативным при больших расчетных теплоемкостях [6].

В настоящее время во Львове реконструировано здание издательства «Экоинформ» с энергоактивной крышей [7], в Днепропетровске построен коттедж с частично реализованной концепцией «Энергоактивного Здания». В соответствии с данной концепцией строится коттедж в пригороде Днепропетровска (сооружен грунтовой САТ расчетной массой 4700 т) [5].

Для проектирования энергоактивных зданий самым важным является вопрос корректного расчета КСЭО и параметров отдельных ее компонентов в зависимости от характеристик и назначения объектов. Обобщенный алгоритм расчета, изложенный в данной статье, включает три расчетных механизма: моделирование процесса утилизации солнечного излучения ЭАОК и процесса зарядки САТ; моделирование теплопотребления объекта в течение года; моделиро-

вание работы ТН в течение года. В обобщенном алгоритме учитываются климатические, геометрические, физико-механические параметры КСЭО в целом и отдельных ее элементов. Математическое моделирование работы КСЭО в течение первого года с начала эксплуатации и последующих лет позволяет оптимизировать ее параметры в зависимости от задаваемой целевой функции.

Моделирование процесса утилизации солнечного излучения ЭАОК и процесса зарядки САТ с учетом теплопотерь представлено в [8]. Посуточное (в течение светового дня) моделирование оптимального алгоритма с учетом вводимых параметров базируется на взаимной оптимизации теплопроизводительности ЭАОК и мощности зарядки САТ. В расчете учитываются следующие параметры: количество, шаг, глубина теплообменных скважин САТ и схема их размещения; материал, радиус и толщина стенки трубы теплообменника; теплофизические характеристики грунта и температура удаленного его объема; площадь, угол наклона к горизонту, азимут от направления на юг и географическое положение ЭАОК; расчетный коэффициент теплопотерь ЭАОК; коэффициент восприятия солнечной энергии гелиопрофилем. Суточное моделирование мгновенной мощности ЭАОК проводится с использованием программы [9].

Анализ изменения посуточного и помесечного теплопотребления зданий жилого и административного назначения позволяет для моделирования разбить его на две составляющие. Одна составляющая постоянна в течение года и считается как теплопотребление для ГВС. Вторая составляющая — отопительное теплопотребление, изменяющееся в течение года. Так как САТ размещены под зданием, отопительная мощность определяется теплопотерями через ограждающие конструкции и вентиляционными теплопотерями. И те и другие прямо зависят от разности наружной [10] и внутренней температур воздуха. Это позволяет, кроме метеоданных, вводить для расчета одну характеристику объекта — расчетную пиковую суммарную тепловую мощность для системы отопления. При моделировании теплопотребления объекта принимаем суточное теплопотребление для всех дней месяца постоянным, рассчитывая его среднее значение для каждого месяца. Суточная отопительная мощность объекта для каждого месяца рассчитывается в этом случае по формуле, Вт:

$$Q_{OH} = K_{ТПОБ} (T_{ВН} - T_{НМ}), \quad (1)$$

где $K_{ТПОБ}$ — расчетный коэффициент теплопотерь объекта, Вт/К; $T_{ВН}$ — температура возду-

ха внутри объекта, °С; $T_{НМ}$ — среднемесячная температура наружная воздуха для каждого месяца, °С.

Расчетный коэффициент теплопотерь объекта рассчитывается через расчетную пиковую тепловую мощность системы отопления объекта:

$$K_{ТПОВ} = Q_{ОНПИК} / (T_{ВН} - T_{НПИК}), \quad (2)$$

где $Q_{ОНПИК}$ — расчетная пиковая тепловая мощность системы отопления объекта, Вт; $T_{НПИК}$ — температура наружная воздуха для расчета $Q_{ОНПИК}$, °С.

Моделирование работы ТН является важным для конечной оценки эффективности применения концепции энергоактивных зданий, так как позволяет рассчитать уменьшение потребления внешних энергоресурсов.

Коэффициент термического преобразования ТН зависит от разности температур испарителя и конденсатора. Если температуру конденсатора можно задать, приняв соответствующую систему отопления (рекомендуется низкотемпературная, 30–40 °С), то температура испарителя при работе ТН в составе КСЭО изменяется в широких пределах, определяемых изменением температуры САТ.

Существуют чисто теоретические механизмы расчета параметров ТН, однако их результаты значительно отличаются от реальных. Учет этого различия с помощью введения соответствующего коэффициента малопригоден для практических расчетов ввиду его полной неопределенности.

С точки зрения точности, представляется целесообразным применить расчетный механизм, основанный на использовании данных, приводимых обычно в технической документации на реальные ТН. В частности, в технических паспортах для ТН фирмы «Виссман» [11] приводятся табличные и диаграммные зависимости значений коэффициента термического преобразования ТН для разных температур систем теплоснабжения объекта от температуры теплоносителя низкопотенциального источника, в нашем случае САТ.

Зависимости имеют прямолинейный характер и незначительно расходящийся вид. Данный характер зависимостей обеспечивает точную интерполяцию «внутренних» значений, в том числе средствами Excel.

Обобщенный алгоритм расчета, положенный в основу моделирования функционирования КСЭО, базируется на уравнении суточного теплового баланса системы для каждого месяца:

$$H_{СБ} = H_{ЗСАТ} - H_{ТН} - H_{ТПСАТ}, \quad (3)$$

где $H_{ЗСАТ}$ — суточная зарядка САТ, кВт·ч; $H_{ТН}$ — суточная тепловая нагрузка объекта, кВт·ч; $H_{ТПСАТ}$ — суточные теплопотери САТ, кВт·ч.

Суточные зарядка и теплопотери САТ определяются в соответствии с [8]. Суточная тепловая нагрузка объекта определяется по формуле:

$$H_{ТН} = 0,024 Q_{ОН} + H_{ПОСТ}, \quad (4)$$

где $H_{ПОСТ}$ — суточная постоянная часть теплопотребления (ГВС), кВт·ч (ее значение определяется параметрами объекта).

Тепло $H_{СБ}$ запасается в грунте САТ, увеличивая его температуру. При отрицательном значении теплоты суточного баланса температура грунта в САТ уменьшается. Изменение температуры грунта (средневзвешенной) в САТ в течение месяца моделируется в следующем порядке. Расчет температуры грунта САТ на конец месяца проводится по формуле:

$$T_{САТК} = T_{САТН} + n H_{СБ} / C_{САТ}, \quad (5)$$

где $T_{САТН}$ — температура грунта в САТ на начало месяца, °С; n — число дней в месяце; $C_{САТ}$ — теплоемкость САТ, кВт·ч/°С.

Теплоемкость САТ определяется его геометрическими параметрами и теплофизическими характеристиками грунта:

$$C_{САТ} = z h^2 L \rho_{ГР} c_{ГР}, \quad (6)$$

где z — число теплообменных скважин, шт.; h — шаг теплообменных скважин, м; L — глубина теплообменных скважин, м; $\rho_{ГР}$ — плотность грунта (средневзвешенная), кг/м³; $c_{ГР}$ — теплоемкость грунта (средневзвешенная), кВт·ч/°С.

Ввиду того, что суточные значения зарядки и теплопотерь САТ зависят от средневзвешенной температуры грунта САТ, расчет температуры грунта САТ на конец месяца проводим методом последовательного приближения. В первом приближении рассчитывается $T_{САТК}$ по формуле (5), при этом $H_{ЗСАТ}$ и $H_{ТПСАТ}$ рассчитываются при температуре грунта САТ на начало месяца. Затем рассчитывается $T_{САТСР}$ — среднее значение между полученной в первом приближении $T_{САТК}$ и $T_{САТН}$. Во втором приближении проводится перерасчет $H_{СБ}$, $H_{ЗСАТ}$ и $H_{ТПСАТ}$ при полученном в первом приближении значении $T_{САТСР}$. Повторно проводим расчет температуры САТ на конец месяца по формуле (5). В третьем приближении процедура расчета повторяется еще раз, и полученное значение температуры грунта САТ $T_{САТК}$ принимается начальным значением для следующего месяца. Таким образом, моделируется расчет температуры САТ и работы всей

КСЭО в течение года. Моделирование начинается с апреля, начальная температура САТ принимается равной температуре удаленного объема грунта. Процесс моделирования продолжается до выхода годового изменения температуры САТ в установившийся режим.

Суточная тепловая нагрузка объекта $N_{ТН}$ должна быть обеспечена при определенных температурных параметрах, в частности, температуры системы отопления и температуры приготовления горячей воды. В рамках данной статьи рассматривается вариант работы ТН по нагреву до температуры низкотемпературной системы отопления (+35 °С). Догрев до необходимой температуры для нужд ГВС от дополнительного доводчика не учитывается.

Рассмотрим работу ТН совместно с САТ в составе КСЭО. Коэффициент термического преобразования ТН (K_T) в данной системе (формула определяется для конкретной категории ТН):

$$K_T = 0,095 T_{ТН} + 4,57, \quad (7)$$

где $T_{ТН}$ — температура теплоносителя САТ на входе в ТН, °С.

Тепловая мощность ТН, вырабатываемая для теплоснабжения объекта $Q_{ТП}$, зависит от задаваемой электрической мощности ТН ($N_{ЭЛ}$) и холодильной мощности САТ (N_X). В данном случае под N_X понимается мощность разрядки САТ, зависящая от разности температур теплоносителя в трубах теплообменных скважин и средневзвешенной грунта САТ. Для упрощения расчетов введем коэффициент, характеризующий мощностные характеристики САТ, — удельная мощность САТ ($K_{ТСАТ}$). Преобразуя соотношения (6) в [8], получим:

$$K_{ТСАТ} = (2 \pi L z) / \{ (1/\lambda_{ТО}) \times \ln [r_{ТО}/(r_{ТО} - \delta_{ТО})] + (1/\lambda_{ГР}) \times [h_{СК}/(h_{СК} - r_{ТО} \pi^{1/2})] \times \ln [h_{СК}/r_{ТО} \pi^{1/2}] - 1 \}, \quad (8)$$

где $K_{ТСАТ}$ — удельная мощность САТ, Вт/°С; L — глубина теплообменных скважин, м; z — количество скважин, шт.; $\lambda_{ТО}$ — коэффициент теплопроводности материала трубы теплообменной скважины, Вт/(м·°С); $r_{ТО}$ — наружный диаметр трубы теплообменной скважины, м; $\delta_{ТО}$ — толщина стенки трубы теплообменной скважины, м; $\lambda_{ГР}$ — коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м·°С); $h_{СК}$ — шаг теплообменных скважин, м.

Теперь можно записать выражение для температуры теплоносителя САТ на входе в ТН для середины расчетного месяца:

$$T_{ТН} = 0,5 (T_{САТК} + T_{САТН} + \Delta T_{САТ}) - N_X / K_{ТСАТ}, \quad (9)$$

где $\Delta T_{САТ}$ — разность температур теплоносителя на входе и выходе САТ, °С; N_X — холодильная мощность, Вт.

Тепловая мощность ТН, вырабатываемая для теплоснабжения объекта $Q_{ТП}$, запишется так:

$$Q_{ТП} = N_{ЭЛ} K_T = N_{ЭЛ} \{ 0,095 [0,5 (T_{САТК} + T_{САТН} + \Delta T_{САТ}) - K_{ТСАТ} N_X] + 4,57 \}. \quad (10)$$

Холодильная мощность N_X определяется так:

$$N_X = N_{ЭЛ} (K_T - 1) = (T_{САТК} + T_{САТН} - \Delta T_{САТ}) / (2 K_{ТСАТ}). \quad (11)$$

Среднее расчетное время работу ТН в течение суток для каждого месяца составит:

$$t_p = N_{ТН} / (N_X + N_{ЭЛ}). \quad (12)$$

Проанализировав механизмы работы ТН и САТ в составе КСЭО, получим формулу для определения значений суточной тепловой нагрузки объекта, которую необходимо использовать в уравнении суточного теплового баланса системы (3):

$$N_{ТН} = N_X t_p. \quad (13)$$

Таким образом, обобщенный алгоритм расчета, положенный в основу моделирования функционирования КСЭО, базируется на уравнении суточного теплового баланса системы для каждого месяца (уравнение (3)) с учетом формулы (13) и за вычетом доли электроэнергии, потребляемой ТН. Для расчета изменения температуры САТ в первом приближении при проведении расчетов по формуле (5) рассчитываем значение температуры теплоносителя САТ на входе в ТН для середины расчетного месяца по формуле (9) без учета последнего вычитаемого. Задаваемая электрическая мощность ТН $N_{ЭЛ}$ и рассчитанное значение $T_{ТН}$ позволяют рассчитать, используя формулы (3), (7)–(13), суточный баланс системы $N_{СБ}$ и определить $T_{САТК}$ по формуле (5). Аналогично подходу, изложенному в начале работы, проводим расчет $T_{САТК}$ во втором и третьем приближениях, но формулу (9) применяем в полном виде.

На рис.1, 2 приведен пример годовых графиков изменения температуры САТ с начала эксплуатации КСЭО до установившегося режима и соответствующий пример совмещенного го-

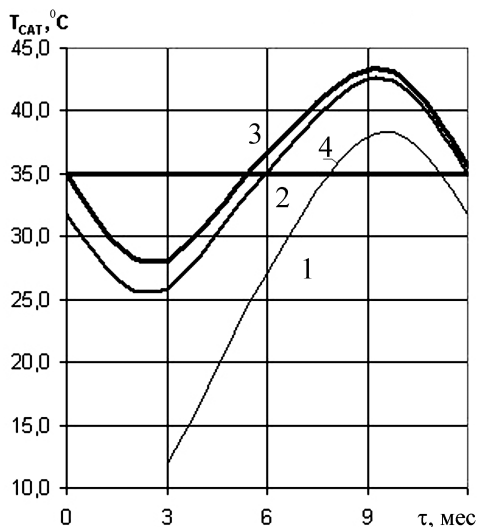


Рис.1. Годовые графики изменения температуры САТ с начала эксплуатации КСЭО до установившегося режима: 1 – 1-й год; 2 – 2-й год; 3 – 3-й год; 4 – отопление.

дового графика изменения значений составляющих суточного теплового баланса.

Расчеты проводились для условий г. Днепропетровска ($48,5^\circ$ с.ш.) с учетом следующих параметров: нормированные теплопотери объекта – 40 Вт/м^2 ; отапливаемая площадь – 200 м^2 ; количество отапливаемых этажей – 1,5; расчетная пиковая тепловая мощность системы отопления объекта – 8 кВт ; суточная постоянная часть теплопотребления (ГВС) – $2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$; площадь ЭАОК – 160 м^2 ; азимут ЭАОК – 0° ; угол наклона ЭАОК к горизонту – 40° ; количество теплообменных (ТО) скважин – 25 шт.; план расположения ТО скважин – $5 \times 5 \text{ м}$; глубина

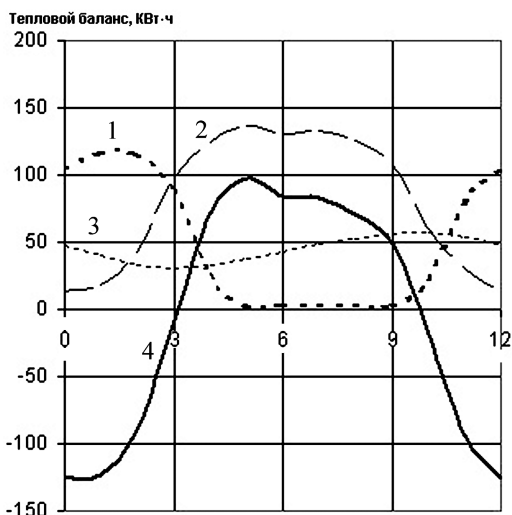


Рис.2. Совмещенный годовой график изменения значений, составляющих суточный тепловой баланс: 1 – теплопотребление оборудования; 2 – зарядка САТ; 3 – теплопотребление САТ; 4 – тепловой баланс.

ТО скважин – 25 м ; шаг размещения ТО скважин – $1,6 \text{ м}$.

Дополнительные параметры САТ: внешний диаметр трубы теплообменника – $0,05 \text{ м}$; толщина стенки трубы теплообменника – $0,0046 \text{ м}$; коэффициент теплопроводности трубы теплообменника – $0,23 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{С)}$; коэффициент теплопроводности грунта – $1,5 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{С)}$; температура удаленного объема грунта – 12°С ; плотность грунта – 1700 кг/м^3 ; теплоемкость грунта – $1230 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{С)}$; разность температур теплоносителя на входе и выходе САТ – 4°С ; максимальная возможная температура теплоносителя в САТ – 60°С .

Дополнительные параметры ЭАОК: расчетный коэффициент теплопотерь – $8 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{С)}$; коэффициент поглощения солнечного излучения гелиопрофилем – $0,9$; коэффициент пропускания солнечного излучения прозрачной теплоизолирующей – $0,85$; данные для расчета конструктивного коэффициента гелиопрофиля (коэффициент наклона – $0,0179$, константа – $0,9951$); электрическая мощность ТН – $0,7 \text{ кВт}$.

Графики показывают, что КСЭО энергоактивного здания выходит на установившийся режим работы в течение 3 лет.

На рис.3 приведен пример годовых графиков изменения температур грунтового САТ, теплоносителя на входе ТН и теплоносителя грунтового САТ при прямом нагреве (отопление). Дополнительно нанесена линия температуры отопительной системы ($+35^\circ\text{С}$). На рис.4 приведен пример соответствующей столбиковой диаграммы продолжительности работы ТН и продолжительности работы ТН с учетом прямого нагрева. Для наглядности изображены продолжительность суток и продолжительность ночного тарифа.

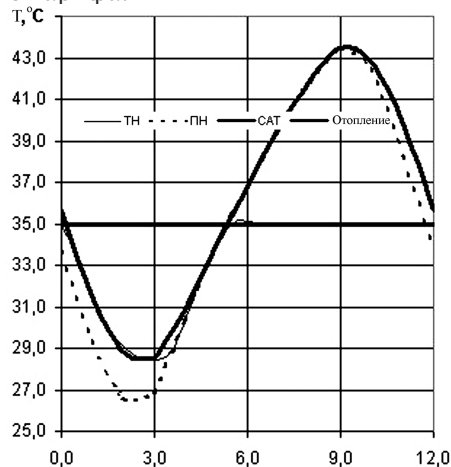


Рис.3. Годовые графики изменения температуры САТ, теплоносителя на входе ТН и теплоносителя САТ при прямом нагреве.

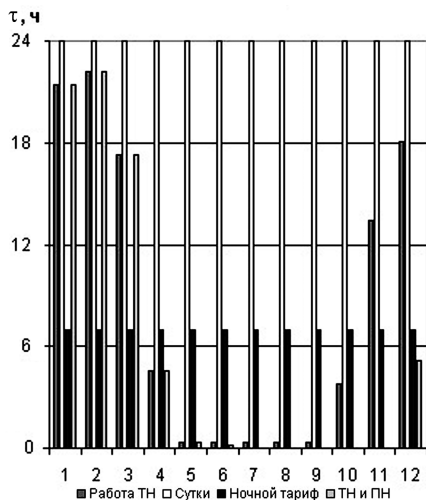


Рис.4. Диаграммы продолжительности работы ТН и ТН с учетом ночного тарифа в течение года.

Приведенные графики соответствуют расчетному варианту объекта в виде жилого коттеджа, оборудованного КСЭО по концепции энергоактивного здания, и предназначены только для демонстрации работы предложенного алгоритма моделирования объекта. В результате расчета получены следующие дополнительные расчетные параметры объекта и КСЭО: мощность пикового догревателя – 2,95 кВт; приведенная площадь участка САТ в плане – 64 м²; расчетный объем САТ – 1600 м³; расчетная масса САТ – 2720 т; удельная теплоемкость САТ – 929 кВт·ч/°С; удельная мощность САТ – 2,19 кВт·ч/°С; годовая тепловая нагрузка объекта – 16,9 МВт·ч; годовое тепловое аккумулялирование САТ – 31,1 МВт·ч; годовое уменьшение потребления внешних энергоресурсов – 7,8 раза, то же, за отопительный сезон – 7,94 раза; то же, с учетом режима прямого нагрева – 11,3 раза.

Предложенный алгоритм моделирования работы КСЭО позволяет определять условия и параметры работы в режиме прямого нагрева. В этом режиме температура теплоносителя в САТ больше температуры системы отопления объекта на разность, обеспечивающую достаточную тепловую мощность для теплообеспечения объекта для данного месяца. Расчет проводится по формуле (9). Работа в режиме прямого нагрева возможна пока рассчитанная температура выше температуры системы отопления объекта. В иное время при необходимости требуется включение ТН. Моделирование проводится методом последовательного приближения без учета работы ТН.

Изложенный в статье алгоритм реализован программными средствами Excel и позволяет проводить расчеты в полуавтоматическом режиме в соответствии с заданными функциями оптимизации.

Дополнительная информация доступна на сайтах <http://energy-active-buildings.narod2.ru> и <http://solar-house.ning.com>.

Выводы

Концепция энергоактивного дома позволяет в несколько раз снизить потребность во внешних энергоресурсах для нужд ГВС, отопления, вентиляции и кондиционирования. Изложенный расчетный механизм позволяет определять параметры элементов комплексной системы энергообеспечения для объектов различного назначения, исходя из заданных функций оптимизации. Это минимизация разовых затрат на оборудование, эксплуатационных расходов, суммарных разовых и эксплуатационных затрат во временном интервале и т.п.

Наличие расчетных механизмов будет способствовать началу широкого внедрения концепции энергоактивного дома в практику нового строительства и реконструкцию существующих объектов, что в перспективе предполагает: 1) замену электрической и возобновляемой энергии энергией природного газа в секторе ЖКХ без существенного увеличения нагрузки на существующие электрические сети; 2) возможность широкого использования ночного тарифа, что благоприятно скажется на работе электрогенерирующих предприятий и создаст предпосылки для их роста, в том числе за счет атомного и угольного секторов; 3) использование высвобождающихся объемов газа отечественной добычи для потребления в металлургической и химической отраслях. Это повысит конкурентоспособность их продукции и позволит уменьшать закупки импортного газа; 4) снижение цен на продукцию металлургической и химической промышленности благотворно скажется на остальных хозяйственных отраслях Украины: строительной, машиностроении, сельском хозяйстве.

Дальнейшее развитие концепции «Энергоактивных зданий» позволит получить не только значительный экономический эффект, но и использовать возобновляемые источники энергии на качественно новом уровне.

Список литературы

1. Страшко В.В. Сонячний дах із геліопрофілю ТЕПС : Комплексне рішення питань гарячого водопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування об'єктів // Будівництво України. – 2006. – № 1. – С. 10–16.
2. Страшко В., Подлепич В., Безнощенко Д. Геліопрофіль ТЕПС : Енергоактивні огорожувальні конструкції // Ринок інсталяцій. – 2005. – № 4. – С. 12–13.

3. Пат. 65474 Укр., МПК⁸ F 24 J 2/04, F 24 J 2/24, F 24 J 2/34. Сонячний колектор / В.В.Страшко, В.Ю. Подлепич, Д.В.Безнощенко. — Опубл. 15.09.06.
4. Васильев Г.П., Шилкин Н.В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. — 2003. — № 2.
5. Страшко В.В. Энергоактивный коттедж : Сезонный аккумулятор тепла // Реконструкція житла. — 2008. — Вып. 9. — С. 285–294.
6. Казанджан Б.И. Современные системы солнечного теплоснабжения // Энергия. — 2005. — № 12.
7. Ванькович Р., Денис О., Савук Р. Комфорт від сонця — реальність у Львові // Економія. Екологія. Комфорт : Матеріали міжнар. наук.-прак. сем. (Львів, 22–23 лют. 2006 р.). — Львів, 2006. — С. 7–8.
8. Страшко В.В. Совместная работа энергоактивной ограждающей конструкции и грунтового сезонного аккумулятора тепла в режиме зарядки // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2009. — № 5. — С. 31–37.
9. «Инсоляция – Украина». Программа для расчета суммарной солнечной радиации, поступающей на произвольно ориентированную наклонную поверхность в условиях Украины / В.В.Страшко; НИИ энергетики Днепропетр. нац. ун-та. — Днепропетровск, 2004–2010.
10. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. — М. : Стройиздат, 1999.
11. Vitocal 300/350. Тепловые насосы. Технический паспорт. 5829 119-3 GUS 4/2003.
Поступила в редакцию 09.06.10

Energy-Active Enclosure Structure with Thermal Pump and Soil Seasonal Heat Accumulator Combined Operation

Strashko V.V.

Scientific Research Institute of Power of Dnepropetrovsk National University

The methodology of calculation and optimization of energy-active enclosure structure, thermal pump (TP) and soil seasonal heat accumulator (SHA) in energy-active buildings heating system is proposed. The calculated annual diagrams of temperatures changes for SHA, heat-carrier on the TP input, SHA heat-carrier at direct heating-up (heating), buildings thermal loss variation, SHA thermal loss, SHA charge and building total thermal balance are adduced. The annual diagrams of TP daily operational duration taking into consideration or without direct heating are also displayed.

Key words: senergy-active buildings, solar energy, soil seasonal heat accumulator, thermal pump, heliocontour.

Received June 9, 2010

Подписывайтесь на журнал
«Энерготехнологии и ресурсосбережение» (индекс 74546)
 на 2011 г. по Каталогу изданий Украины,
 Каталогу Агентства «Роспечать»,
 Сводному Каталогу агентства «УКРИНФОРМНАУКА» для
 изданий, выпускаемых академиями наук — членами МААН
Информацию о журнале
и правилах оформления статей можно найти на сайтах:

<http://www.ingas.org.ua/index.files/Page765.htm>
<http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/ETRS/index.html>