

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОГО ДОМА

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев, Украина

В статье описаны основные технические решения по повышению энергоэффективности отдельных зданий с автономизацией систем его энергообеспечения. Приведено краткое описание эксплуатационных возможностей комбинированной системы теплоснабжения на основе использования теплонасосных технологий.

Постановка проблемы. Сочетание архитектурных приемов с технологическими особенностями поддержания комфортных санитарно-гигиенических условий в помещениях различного назначения является неотъемлемой составляющей современного энергоэффективного строительства. Современные мировые тенденции в повышении энергетической эффективности систем теплоснабжения в целом направлены на использование природных возобновляемых источников энергии, сбросных вторичных энергоресурсов, децентрализацию поставки теплоты, а также переход на низкотемпературные отопительные системы. Новейшие системы теплообеспечения энергоэффективных зданий во многих случаях являются комбинированными с высокой степенью автоматизации управления процессами поддержания параметров температурно-влажностного режима.

Анализ последних исследований и публикаций. Группой сотрудников Института технической теплофизики НАН Украины (ИТТФ НАН Украины) накоплен значительный опыт проведения научно-исследовательских и инженерно-практических работ по разработке и созданию современных систем энергоснабжения [1 – 8].

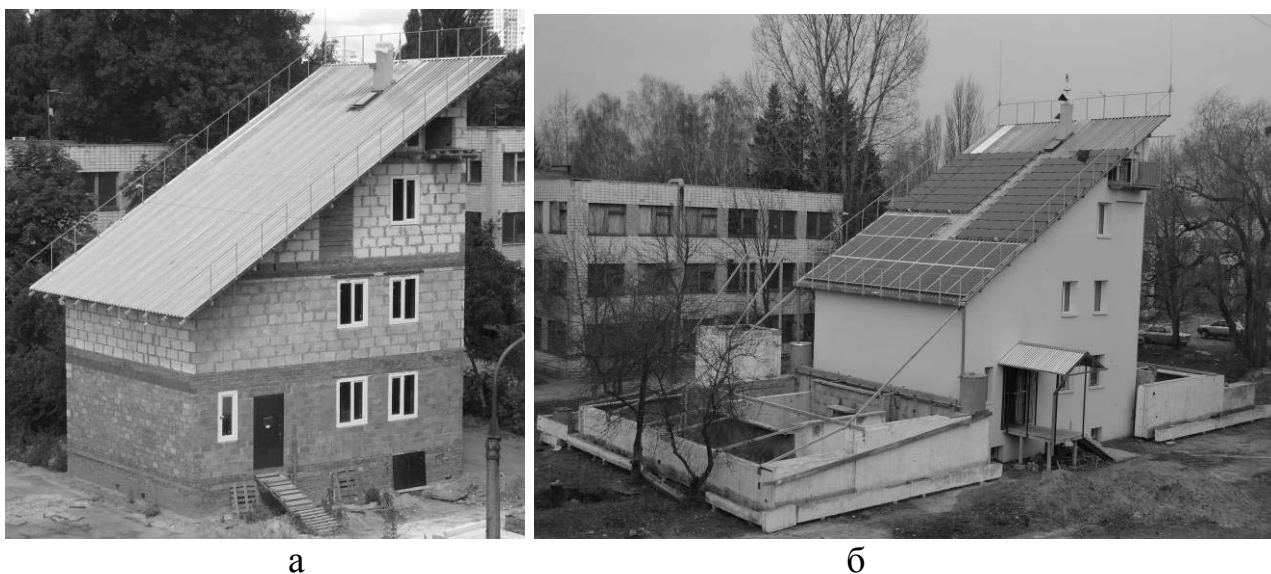
Постановка задачи. Эксплуатация теплонасосных систем является реальной альтернативой использованию различных органических топлив в качестве источников энергии. Объемный сезонный аккумулятор теплоты (в т.ч. грунтовый) может также являться одним из дополнительных источников теплоты в холодный период года.

Основная часть. Оригинальные подходы ряда предыдущих проектов ИТТФ НАН Украины были использованы при разработке комплексных решений по энергообеспечению пассивного дома общей площадью 300 м², как будущего прототипа дома типа «0 энергии» (энергоавтономного) [1].

При проектировании и строительстве пассивного дома ориентация ограждающих конструкций выполнена в строгом соответствии со сторонами

^{*} чл.-кор. НАН Украины

света, использованы соответствующие архитектурные приемы для минимизации тепловых потерь через ограждающие конструкции. Наружные стены выполнены из комбинаций различных строительных материалов (конструктивно стена представляет собой многослойную панель с утеплителем из пенополистирола). Крыша односкатная ориентирована на юг под углом 33° к горизонту. Для повышения термического сопротивления светопрозрачных конструкций, было принято решение выполнить их сдвоенными в каждом из оконных проемов с использованием трехкамерного профиля толщиной 60 мм и двухкамерных стеклопакетов, включающих в себя стекла с низкоэмиссионным покрытием.



а
б

Рис. 1. Фотография пассивного дома:
а – на этапе строительства;
б – с фасадным утеплением ограждающих конструкций и вспомогательными инженерными системами

Наружные ограждающие конструкции рассматриваемого пассивного дома имеют следующие приведенные коэффициенты теплопередачи: наружные стены – от 0,09 до 0,13 Вт/(м²·°С); окна – 0,26 Вт/(м²·°С); крыша – 0,21 Вт/(м²·°С); пол цокольного этажа – 0,35 Вт/(м²·°С).

В объекте реализованы: автономная комбинированная теплонасосная система теплообеспечения (мощностью 6 кВт) с использованием возобновляемой теплоты грунта и грунтовых вод, система принудительной приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией теплоты, резервная радиаторно-конвекторная система теплообеспечения здания на основе твердотопливного котла (мощностью 12 кВт) и печи, а также система электрообеспечения оборудования здания (потребляемой мощностью до 3 кВт) с использованием фотовольтаических панелей двух типов (мощностью до 3,2 кВт) и отдельно расположенного ветрогенератора (мощностью до 4 кВт). Предусматривается:

- размещение солнечных тепловых и фотовольтаических коллекторов на крыше дома и прилегающих к ней пилонах;

- расположение теплового насоса, сезонных объемных баков-аккумуляторов теплоты (водяной и парафиносодержащий), твердотопливного котла в цокольном этаже дома;
- водозабор технической воды для хозяйственно-бытовых нужд из скважины глубиной 38,3 м на территории объекта;
- использование систем водяного (в т.ч. капиллярного) отопления типа теплый пол и стена;
- электрокабельная и термопленочная системы напольного и настенного отопления в отдельных помещениях;
- воздушная система отопления и кондиционирования на основе воздуховодных теплообменников (фэнкойлов);
- воздушная тепловая завеса фасада здания и рекуперативная система вентиляции с использованием многоходовых грунтово-воздушных теплообменников.

Гидравлическая схема системы теплоснабжения приведена на рис. 2.

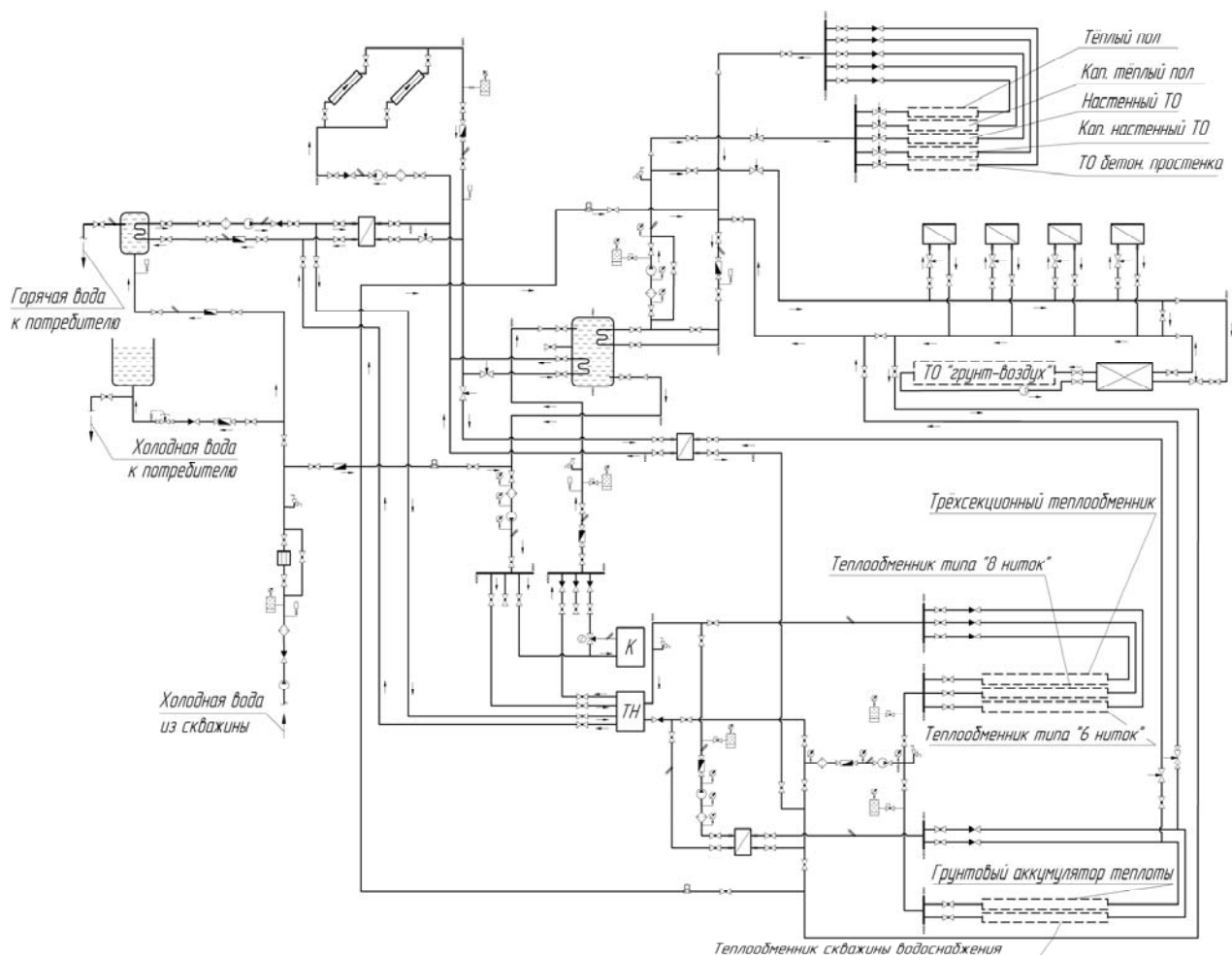


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема комбинированной системы теплоснабжения пассивного дома

Фотографии фрагментов систем теплообеспечения на основе теплового насоса, котла и печи показаны на рис. 3. Основным принципом ее разработки является многовариантность эксплуатации системы с выбором источника

теплоснабжения и отдельных отопительных приборов и систем для сравнения их энергоэффективности [2 – 7]. При этом возможна эксплуатация системы в различных режимах исходя из тепловых потерь или теплопритоков здания в различные периоды астрономического года.



Рис. 3. Фотографии фрагментов систем теплообеспечения на основе теплового насоса, котла и печи: а – гидравлическая система коммутации источников теплоты; б – твердотопливный котел и печь; в – грунтово-воздушный теплообменник и грунтово-жидкостный коллектор; г – гребенка распределения теплоносителя по контурам отопления; д – Г-образные контура водяной системы типа теплый пол; е – фрагмент коллектора и капиллярных труб водяной системы теплый пол

Основным источником теплоты для приготовления воды на нужды горячего водоснабжения являются тепловые солнечные коллекторы, установленные на пилонах дома. Холодная вода из скважины поступает на станцию повышения давления и далее закачивается в баки-накопители холодной и горячей воды. Последний отличается тем, что является бойлером косвенного нагрева с водяной «рубашкой» и встроенным электрическим

нагревателем. Во внутреннюю секцию поступает холодная вода из станции повышения давления. Во внешнюю секцию поступает нагретый в солнечных коллекторах водный раствор этиленгликоля. За счет этого происходит приготовление горячей воды. В случае, когда нет поступления солнечной энергии, и происходит остывание горячей воды, в баке-накопителе автоматически включается электрический нагреватель.

Основным источником теплоты для приготовления воды на нужды горячего водоснабжения являются тепловые солнечные коллекторы, установленные на пилонах дома. Холодная вода из скважины поступает на станцию повышения давления и далее закачивается в баки-накопители холодной и горячей воды. Последний отличается тем, что является бойлером косвенного нагрева с водяной «рубашкой» и встроенным электрическим нагревателем. Во внутреннюю секцию поступает холодная вода из станции повышения давления. Во внешнюю секцию поступает нагретый в солнечных коллекторах водный раствор этиленгликоля. За счет этого происходит приготовление горячей воды. После заполнения обоих баков станция повышения давления автоматически отключается в целях экономии электроэнергии. В случае, когда нет поступления солнечной энергии, и происходит остывание горячей воды, в баке-накопителе автоматически включается электрический нагреватель.

При профиците теплоты, полученной от солнечных коллекторов, нагретый водный раствор пропиленгликоля прокачивается через пластинчатый теплообменник и, подогревая воду, восстанавливает тепловое состояние грунтового аккумулятора теплоты (массива грунта). В переходной и зимний периоды грунтовой аккумулятор теплоты используется в качестве низкопотенциального источника теплоты для теплового насоса.

Особое внимание следует уделить группе теплообменников – источников низкопотенциальной теплоты для теплового насоса. Кроме теплообменника скважины водозабора и грунтового аккумулятора теплоты, тут предусмотрена еще группа теплообменников, расположенных в грунтовом массиве на территории объекта. В эту группу входят: одноходовой теплообменник в виде 6 прогонов трубы наружным диаметром 32 мм, которые образуют 3 петли длиной 15 м, а также 8 ниток трубы наружным диаметром 32 мм, которые образуют 4 петли длиной 20 м. Тут также представлен многоходовой паяный теплообменник, состоящий из 3-х полиэтиленовых секций с наружным диаметром трубы 40 мм.

Для преобразования энергии ветра в электрическую энергию постоянного тока напряжением 48 В для заряда аккумуляторных батарей используется ветрогенератор Fortis Montana со встроенным контроллером заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Основные характеристики ветрогенератора приведены ниже: номинальная мощность – 4 кВт; выходное напряжение – 380/220В три фазы; пороговая стартовая скорость ветра – 2,5 м/с; номинальная скорость ветра – 8 м/с; диаметр ветроколеса – 6,7 м; ориентация по ветру с помощью киля; наветренной положение относительно мачты; высота мачты – 30 м.

Также для обеспечения электроэнергией системы теплообеспечения и используются фотовольтаические панели на основе 22 поликристаллических (номинальной мощностью 240 Вт каждая) и 60 тонкопленочных теллурид кадмиевых фотомодулей (номинальной мощностью 80 Вт каждая). Расчет выработки солнечной станции выполнен в программе PV Syst по метеорологическим данным Meteonorm [8]. Расчетная годовая выработка электроэнергии фотомодулями составляет 11378 кВт·час.

Для предотвращения аварийных режимов заряда аккумуляторных батарей от фотоэлектрических преобразователей и увеличение эффективности использования энергии фотомодулей используются контроллеры заряда. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения реализована система с аккумуляторами номинальным напряжением 12 В и емкостью 100 А·час соединенных по схеме 4 последовательно и 7 параллельно. Общая емкость системы аккумуляторов составляет 33,6 кВт·час.

В настоящее время выполняются монтажные и пусконаладочные работы по вводу в эксплуатацию системы энергоснабжения пассивного дома, а также и установка контрольно-измерительного оборудования в отдельных помещениях.

Выводы.

1. Постулируется, что современное энергоэффективное строительство нуждается в разработке и внедрении комбинированных систем теплообеспечения на основе возобновляемых источников энергии.

2. Предложена концепция круглогодичной работы системы климатизации пассивного дома, которая, по мнению авторов, позволяет значительно повысить его энергетическую эффективность в целом.

3. Рассмотренные выше технические решения могут быть востребованы как в социальной сфере жилищно-коммунального хозяйства (при строительстве или термомодернизации существующих объектов), так и в малоэтажной застройке для индивидуального пользователя.

Литература

1. *Долинский А. А.* Концептуальные основы создания экспериментального дома типа «ноль энергии» / *А. А. Долинский, Б. И. Басок, А. Н. Недбайло, Т. Г. Беляева, М. А. Хибина, М. В. Ткаченко, М. П. Новицкая* // Строительные конструкции: Межведомственный научно-технический сборник научных трудов (строительство): ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций» Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины. Вып. 77. – К. : ГП НИИСК. 2013. – С. 222–227.

2. *Басок Б. І.* Схемні рішення оснащення енергоефективного будинку системою теплозабезпечення / *Б. І. Басок, О. М. Недбайло, М. В. Ткаченко, І. К. Божко, М. П. Новицька* // Пром. теплотехніка. – 2013. – Т. 35, №1. – С. 42–48.

3. *Божко И. К.* Комбинированная система теплоснабжения высокоэнергоэффективного дома / *И. К. Божко, А. Н. Недбайло, М. В. Ткаченко, И. Г. Засецкий* // Энергоеффективность в строительстве та архитектуры. – 2014. – Выпуск 6. – С. 14–22.

4. *Божко И. К.* Поливалентная система теплообеспечения пассивного дома / *И. К. Божко, А. Н. Недбайло, М. В. Ткаченко* // Энергоеффективность в строительстве та архитектуры. – 2015. – Выпуск 7. – С. 22–29.

5. *Божко И. К.* Теплофизическая лаборатория для исследования особенностей энергоэффективности зданий / *И. К. Божко, М. Ф. Калинина, С. М. Гончарук, А. Н. Недбайло* // *Керамика: наука и жизнь*. – №3 (24). – 2014. – С. 74–83.

6. *Басок Б. И.* Полівалентна система теплозабезпечення експериментального будинку пасивного типу (площею 300 м²) на основі використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії / *Б. І. Басок, І. К. Божко, Т. Г. Беляєва, С. М. Гончарук, О. М. Недбайло, М. П. Новіцька, М. В. Ткаченко, М. А. Хибина* // *Наука та інновації*, 2014. – Т. 10. – №6. – С. 34–51.

7. *Басок Б. И.* Поливалентная система теплообеспечения пассивного дома на основе возобновляемых источников энергии / *Б. И. Басок, И. К. Божко, А. Н. Недбайло, О. Н. Лысенко* // *Инженерно-строительный журнал*. – №6, 2015. – С. 32–43.

8. *Басок Б. И.* Система електрозабезпечення експериментального будинку типу 0-енергії (площею 300 м²) на основі використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії / *Б. І. Басок, Т. Г. Беляєва, І. К. Божко, О. М. Недбайло, В. Г. Новіков, М. А. Хибина* // *Наука та інновації*, 2015. – Т. 11. – №6. – С. 29–39.

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСИВНОГО БУДИНКУ

Басок Б. І., Недбайло А. Н., Божко І. К., Ткаченко М. В.

У статті описані основні технічні рішення по підвищенню енергоефективності окремих будівель з автономізацією систем його енергозабезпечення. Наведений короткий опис експлуатаційних можливостей комбінованої системи теплопостачання на основі використання теплонасосних технологій.

TECHNICAL ASPECTS OF ENERGY PASSIVE HOUSE

B. Basok, A. Nedbailo, I. Bozhko, M. Tkachenko

The article describes the main technical solutions to improve the energy efficiency of individual buildings with the autonomization of its energy systems. A brief description of the operational capabilities of the combined heating system through the use of heat pump.