

ПОЛИВАЛЕНТНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛООБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОГО ДОМА

*Институт технической теплофизики Национальной академии наук
Украины, Украина*

В статье рассмотрена концепция создания поливалентной системы теплообеспечения дома пассивного типа, построенного на территории Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины. Приводится краткий анализ распространенных систем отопления, которые применяются в энергоэффективных и пассивных зданиях. Авторами описываются основные этапы развития принципиальной гидравлической схемы поливалентной системы теплообеспечения пассивного дома на основе возобновляемых источников энергии. Приводятся основные режимы работы в зависимости от периода года, температуры окружающей среды и технологических особенностей работы системы. Показана целесообразность применения теплонасосных технологий при теплообеспечении энергоэффективных и пассивных домов.

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 теплообеспечения 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 и пассивных зданий во многих случаях поливалентны с высокой степенью автоматизации управления процессами поддержания норм температурно-влажностного режима помещений.

Низкотемпературные системы отопления имеют температуру поверхности теплообмена, которая не превышает (30...40)⁰С. Основным механизмом передачи теплоты в таких системах выступает свободная конвекция воздуха (75%) вдоль нагретой поверхности с постепенным перемешиванием его в объеме помещения. Радиационная составляющая теплообмена здесь низкая (до 25%). В качестве примера можно привести такие системы отопления, как водяной (в т.ч. капиллярный) и электрический теплый пол, стена или потолок; воздушная система

отопления и кондиционирования с помощью фэнкойлов (воздушных теплообменников); пленочные системы отопления; бытовые и промышленные сплит-системы, чиллеры и т.д. Низкотемпературные системы отопления крайне эффективны с использованием теплонасосных технологий и могут применяться в жилых и административных зданиях.

Анализ основных исследований и публикаций. В специализированной литературе все большее внимание уделяется вопросам оценки эффективности и внедрению теплонасосных технологий в системы теплообеспечения потребителей. Так, в работах [9, 10] рассмотрены принципиальные схемы таких систем. Описаны основные преимущества применения теплонасосных технологий, в сравнении с централизованным теплоснабжением. В работах [11-13] описаны концепции и приведены конкретные примеры эффективности применения тепловых насосов. Отмечено, что чем совершеннее тепловая оболочка здания (чем выше коэффициент теплового сопротивления ограждающих конструкций), тем выгоднее применение теплонасосных технологий для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий. Это связано с невысокими температурами теплоносителя на выходе из теплового насоса, переходом от радиаторного отопления к половому (теплый пол), применением баков-аккумуляторов в системах горячего водоснабжения.

В работе [14] описано применение тепловых насосов и их интеграция в систему вентиляции здания. При этом отмечено, что эффективность такой системы повышается при предварительном подогреве атмосферного воздуха, который поступает на нужды вентиляции.

Также, авторы рассматривают технические и технологические аспекты внедрения теплонасосных технологий. Поднимаются вопросы, трудности и проблемы, которые при этом возникают. Так, в работах [15-16] рассмотрено внедрение теплонасосных технологий. Описаны влияние различных факторов, влияющих на выбор типа теплового насоса, области его применения, показана целесообразность и возможный экономический эффект от таких мероприятий. Также приведены возможные решения тех, или иных проблем при реализации проектов. Работа [17] показывает пути оптимизации и технической поддержки работы тепловых насосов при их интеграции в системы теплоснабжения потребителей.

Постановка задачи. Однако в литературе недостаточно освещены вопросы создания поливалентных систем теплообеспечения зданий. При этом, если бивалентные системы по источнику теплоты для отопления и горячего водоснабжения с применением тепловых насосов и солнечных коллекторов рассматриваются часто, то поливалентные по отопительным приборам крайне редко.

Учитывая вышесказанное, коллектив авторов задался целью разработать и осветить концептуальные вопросы создания и функционирования поливалентной во всех отношениях системы теплообеспечения на примере пассивного дома типа «0 энергии»,

созданного на территории Института технической теплофизики НАН Украины в г. Киеве. Также показать основные этапы и идеологию создания и возможности последующего широкого внедрения данной системы.

Основная часть. В Институте технической теплофизики НАН Украины (ИТТФ НАН Украины) накоплен значительный опыт выполнения научных и технологических исследований по модернизации коммунальной теплоэнергетики, проведение научно-исследовательских и инженерных работ по разработке и созданию современных систем теплообеспечения [1]. Создание и апробация таких энергосберегающих технологий низкотемпературных систем теплообеспечения помещений с использованием возобновляемых альтернативных источников энергии (низкопотенциальной теплоты грунта, атмосферного воздуха, водоемов, сбросной теплоты промышленных предприятий) на основе тепловых насосов различных типов является одним из перспективных направлений деятельности института. Кроме того, такие технические решения обеспечивают значительное снижение эксплуатационных затрат, являются экологически чистыми, приводят к существенной экономии природного газа и, в отдельных случаях, замещение его использования. Кроме того, данный комплекс мероприятий позволяет частично использовать электрическую энергию «ночного провала» в электропотреблении.

Использование теплонасосных систем с возобновляемыми источниками энергии это реальная альтернатива использованию органических топлив как источников энергии. На трансформацию одной единицы теплоты тепловой насос тратит в три и меньше раз электрической энергии. При этом использование объёмного аккумулятора тепловой энергии значительно повышает эффективность работы теплонасосной установки в отопительный сезон.

Коллективом отдела Теплофизических основ энергосберегающих технологий ИТТФ НАН Украины были разработаны ряд проектов внедрения теплонасосных технологий в систему теплообеспечения зданий. Одним из первых был проект системы отопления лабораторного помещения площадью 18 м^2 с помощью теплового насоса и тёплого водяного пола [2]. Также выполнены предварительные технико-экономические обоснования целесообразности применения таких систем с использованием солнечных коллекторов для частного строительства [3]. Оригинальные подходы предыдущих проектов [4, 5] были использованы при разработке комплексных решений по теплообеспечению пассивного дома общей площадью 300 м^2 , как будущего прототипа дома типа «0 энергии» (энергоавтономный).

Принципиальная гидравлическая схема системы теплообеспечения пассивного дома приведена на рис. 1. Основными принципами ее разработки является минимизация длины трубопроводов с возможностью реверсного движения теплоносителя по некоторым участкам, уменьшение количества контрольно-измерительных приборов благодаря

использованию одной единицы последних в различных технологических режимах (при соответствующей коммутации движения теплоносителя). Также несколько вариантов технологических режимов с выбором источника теплообеспечения и отделения отопительных приборов и систем для сравнения их энергоэффективности. Схема (рис.1) состоит из 7 контуров: солнечного коллектора, отопления теплым водяным полом, отопление теплой водяной стеной, отопления фэнкойлами, сезонного бака-аккумулятора, грунтового теплообменника, теплового насоса, а также контуром горячего водоснабжения (опционально, на схеме не приведен). Четыре контура непосредственно проходят через бак-аккумулятор, который одновременно накапливает теплоту от различных источников и гидравлически разделяет их между собой в соответствии с температурным потенциалом.

В холодный период года происходит аккумулярование теплоты в баке-аккумуляторе благодаря использованию инсоляции и восстанавливаемой теплоты грунтового массива с помощью теплового насоса. С помощью регулирования расхода теплоносителей в контурах, и коммутации последних, поддерживается необходимая температура для теплообеспечения. В зависимости от тепловой нагрузки, для исследований, возможны варианты совместного или одиночного использования источников теплоты. При этом схема позволяет исследовать динамику распространения теплоты в грунтовом массиве, а также компенсировать его тепловое состояние в теплый период года с одновременным пассивным кондиционированием воздуха помещений фэнкойлами.

Измерение количества теплоты обеспечивается установлением во всех контурах теплосчетчиков, реализующих автоматическую регистрацию показаний с разной периодичностью на компьютере. Все датчики температуры используются с цифровыми вторичными приборами, позволяющими в режиме реального времени вести записи, их последующую обработку и анализ с помощью специального программного обеспечения.

Доработав отдельные контура и расширив перечень теплообменников-источников низкопотенциальной теплоты для теплового насоса, а также, увеличив количество отопительных приборов была разработана следующая принципиальная гидравлическая схема поливалентной системы теплообеспечения пассивного дома, которая приведена на рис. 2.

На принципиальной гидравлической схеме комбинированной системы теплообеспечения пассивного дома типа «0 энергии» (рис. 2) показано движение теплоносителей в контурах, основное и вспомогательное оборудование.

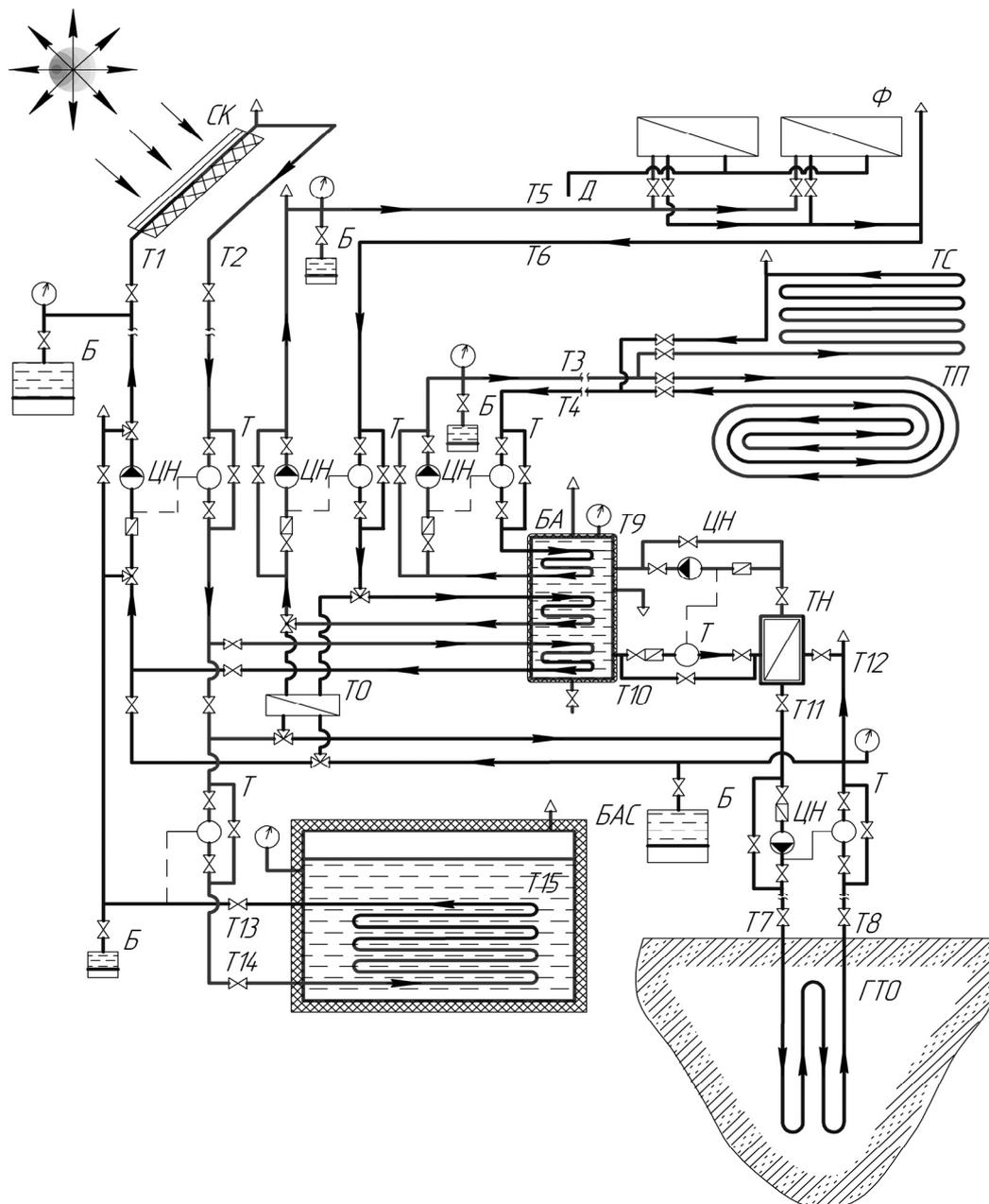


Рис. 1. Принципиальная схема системы теплообеспечения пассивного дома, тут: Б – расширительный бак, БА – бак-аккумулятор, БАС – сезонный бак-аккумулятор, ГТО – грунтовый теплообменник, Д – дренаж, СК – солнечные коллекторы, ТН – тепловой насос, ТО – теплообменник пластинчатый, ТП – теплый водяной пол, ТС – теплая водяная стена, ЦН – циркуляционные насосы, Т – теплосчетчики, Ф – фэнкойлы, Т1...Т15 – датчики температуры.

Удельные тепловые нагрузки на отопительные приборы энергоэффективного дома (максимальная плотность теплового потока):

- Теплый пол электрический - 12% (до 30 Вт/м²);
- Теплый пол водяной - 25% (до 50 Вт/м²);
- Теплая стена водяной - 18% (до 40 Вт/м²);
- Теплая стена капиллярная - 15% (до 25 Вт/м²);
- Воздушные отопительные приборы (фэнкойлы) - 30%.

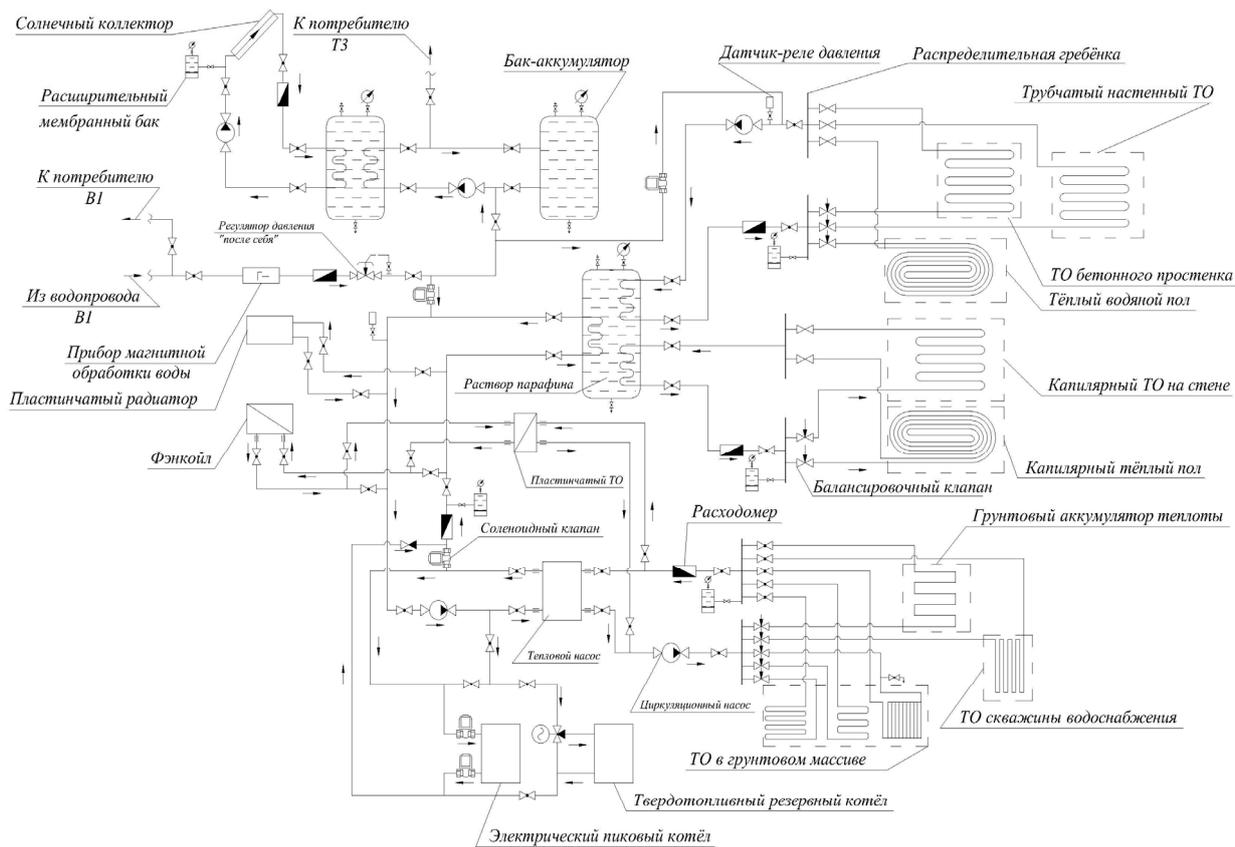


Рис. 2. Принципиальная схема поливалентной системы теплообеспечения пассивного дома

По расчетам тепловая нагрузка на систему отопления пассивного дома общей площадью 300 м^2 составляет $2,5\text{ кВт}$ (при температуре наружного воздуха -22°C). Общая тепловая нагрузка на систему теплообеспечения (отопление и горячее водоснабжение) составляет 6 кВт .

Выводы. Таким образом, разработанная принципиальная схема поливалентной системы теплообеспечения пассивного дома в настоящее время реализуется Институтом технической теплофизики НАН Украины. Применение данной схемы может найти как в бюджетной сфере (при строительстве или термомодернизации существующих детских садов, школ и т.д.), так и в частной застройке (коттеджи, дачи, загородные дома).

Литература

1. Басок Б.И. Научно-технический центр теплонасосных технологий ИТТФ НАН Украины / Б.И. Басок, А.Н. Недбайло, А.И. Накорчевский, Т.Г. Беляева, А.Р. Коба, М.В. Ткаченко, А.А. Лунина, А.И. Тесля, М.А. Хибина // Тезисы докладов 7-й международной конференции «Проблемы промышленной теплотехники», Киев, 2011. - С. 76 - 77.

2. *Недбайло А.Н.* Использование солнечного коллектора для отопления помещения / А.Н. Недбайло, Н.Є. Ляшенко // Пром. теплотехника. – 2010. – Т. 35, №4. – С. 66 – 70.

3. *Недбайло А.Н.* Анализ экономической эффективности работы комбинированной гелиогрунтовой аккумуляционной системы теплоснабжения / А.Н. Недбайло, Н.Є. Ляшенко, А.А. Рутенко // Пром. теплотехника. – 2011. – Т. 37, №3. – С. 62 – 68.

4. *Басок Б.І.* Створення ґрунтових-водо-водяних теплообмінників для теплонасосних технологій теплопостачання приміщень / Б.І. Басок, А.Р. Коба, О.М. Недбайло, Т.Г. Беляєва, А.І. Тесля, М.А. Хибина, М.В. Ткаченко, А.О. Луніна // Наука та інновації. – 2012. – Т. 8. – №1. – С. 67 – 76.

5. *Басок Б.І.* Моделювання теплового стану приміщення з системою водяного підлогового опалення / Б.І.Басок, О.М. Недбайло, М.П. Новіцька, М.В. Ткаченко // Пром. теплотехника. – 2012. – Т. 34, №7. – С. 65 – 73.

6. *Долінський А.А.* Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії»/ А.А. Долінський, Б.І. Басок, О.М. Недбайло, Т.Г. Беляєва, М.А. Хибина, М.В. Ткаченко, М.П. Новіцька // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Вип. 77. – К: ДП НДІБК, 2013. – С. 222 – 227.

7. *Басок Б.І., Недбайло О.М., Ткаченко М.В., Божко І.К., Новіцька М.П.* Патент України на корисну модель №82399 «Система теплопостачання будинку на основі геліоустановки та теплового насоса». Опубл. 25.07.2013, бюл.№14/2013.

8. *Басок Б.І.* Концепція системи теплохолодообеспечення енергоефективного дома / Б.І. Басок, А.Н. Недбайло, М.В. Ткаченко, І.К. Божко, Е.В. Ряснова // Аква-Терм. – июль-август №4(61) 2013. - С.10-13.

9. *Шабанов В.* Кольцевые теплонасосные системы / Шабанов В. // Тепловые насосы. № 6 (15). 2013. С. 28-34

10. *Мазуренко А.С.* Разработка схемы комбинированной системы теплоснабжения с использованием сезонного аккумулирования тепла от гелиосистем/ Мазуренко А.С., Климчук А.А., Юрковский С.Ю., Омеко Р.В. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №8 (73). 2015. С. 17-20.

11. *Мазуренко О.А.* Сравнительный анализ систем децентрализованного теплоснабжения жилых домов с использованием электроэнергии/ Мазуренко О.А., Климчук А.А., Шраменко А.Н., Сычева Е.А. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №8 (71). 2014. С. 21-25.

12. *Стрижак П.А.* Энергоэффективность системы теплоснабжения зданий при различных методах регулирования теплопотребления/ Стрижак П.А., Морозов М.Н. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. №3 (202). 2014. С. 88-96.
13. *Бусо Т.* Отель с почти нулевым потреблением энергии/ Бусо Т., Корнати С.П., Курнитски Я. // Тепловые насосы. №5 (20). 2014. С. 52-55
14. *Безродный М.К.* Эффективность теплонасосных систем отопления с использованием теплоты предварительно подогретого атмосферного воздуха / Безродный М.К., Притула Н.А. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №8 (65). 2013. С. 24-28.
15. *Калинин М.И.* Оптимизация технологических и регионально-геологических решений при разработке и внедрении в России инновационных технологий на возобновляемых энергоресурсах/ Калинин М.И., Шахназаров С.Г. // Тепловые насосы №1 (1). 2011. С.12-22.
16. *Батухтин А.Г.* Тепловые насосы в российских системах отопления. Проблемы и перспективные решения / Батухтин А.Г., Кобылкин М.В. // Электронный научно-практический журнал «NAUKA-RASTUDENT.RU». [Электронный ресурс]. №11 (11-2014). 2014. URL: <http://nauka-rastudent.ru/11/2176/> (Дата обращения 03.02.2015).
17. *Стефанюк В.В.* Интеллектуальная система поддержки функционирования теплонасосного энергоснабжения / Стефанюк В.В. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №10 (45). 2010. С. 33-35.

ПОЛІВАЛЕНТНА СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСИВНОГО БУДИНКУ

І.К. Божко, О. М.Недбайло, М. В. Ткаченко

У статті розглянута концепція створення полівалентної системи теплозабезпечення будинку пасивного типу, побудованого на території Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України. Наводиться короткий аналіз поширених систем опалення, які застосовуються в енергоефективних та пасивних будівлях. Авторами описуються основні етапи розвитку принципової гідравлічної схеми полівалентної системи теплозабезпечення пасивного будинку на основі відновлюваних джерел енергії. Наводяться основні режими роботи залежно від періоду року, температури навколишнього середовища і технологічних особливостей роботи системи. Показана доцільність застосування теплонасосних технологій при теплозабезпеченні енергоефективних та пасивних будинків.

POLYVALENT HEATING SYSTEM OF PASSIVE HOUSE

I. Bozhko, A. Nedbailo, M. Tkachenko

The article describes the concept of creation of a heating polyvalent system of passive house, situated at the territory of the Institute of Technical Thermal Physics, National Academy of Sciences Ukraine. A brief analysis of common heating systems, which used in energy efficient and passive buildings submitted. The authors describe the main stages of development principal hydraulic circuit of polyvalent heating system of passive house from renewable sources energy. The basic modes of operation depending on the period of year, the ambient temperature and technological features shown. The advisability of using heat pump technology in heating supply in energy efficient and passive houses presented.