**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

**КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.РАЗЗАКОВА**

**ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Диссертационный совет Д 05.14.493

На правах рукописи

УДК 001.891.3:502.174.3

**Насирдинова Сайрагул Мухамбетовна**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО**

**ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕЗОННЫХ**

**АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛА**

Специальность: 05.14.08- Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

**А в т о р е ф е р а т**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Бишкек-2015

Работа выполнена в Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова

Научный руководитель - доктор технических наук,

профессор, академик ИА КР,

**Обозов А.Дж.**

Официальные оппоненты: доктор технических наук,

профессор **Жамалов А.Ж.**

кандидат технических наук,

доцент **Турсунбаев Ж.Ж.**

Ведущая организация: ТЭЦ г. Бишкек

Защита состоится 22 января 2015 г. в 16.00 на заседании диссертацион-ного совета Д 05.14.493 при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова по адресу: 720044 , г. Бишкек, пр. Мира 66

С диссертацией можно ознакомиться в научном зале библиотеки Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова , 720044 , г. Бишкек, пр. Мира 66

Автореферат разослан « \_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2015 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенной гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, Кыргызский государственный технический университет, Диссертационный Совет Д 05.14.493

тел.сл. +996(312) 56-15-38 e-mail: [ds\_energetika@mail.ru](mailto:ds_energetika@mail.ru)

Ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доцент: Исакеева Э.Б.

**Общая характеристика работы**

**Актуальность работы.** Интенсивность потребления традиционного топлива, как уголь, газ, нефть приводит к истощению их запасов. По оценкам ученых уже в ближайшие десятилетия мир окажется на грани дефицита в энергоносителях. В этой связи ведутся интенсивные исследования и поиск новых альтернативных источников энергии. Одним из таких перспективных источников являются экологически чистые возобновляемые источники энергии солнца, ветра, биомассы, гидроэнергия и др. Сегодня темпы роста и использование этих источников энергии происходит достаточно интенсивно, в следствии совершенствования их технологии и снижения стоимости получаемой энергии.

Из большого многообразия ВИЭ наиболее широкое применение нашло использование солнечной энергии, как для выработки тепловой, так и получения электрической энергии. Использование солнечной энергии для получения тепла широко используется для нужд горячего водоснабжения, отопления жилых домов и помещений, работе теплиц, сушильных установок и т.д.

Наиболее актуально и перспективно преобразования солнечной энергии для нужд теплоснабжения. В особенности это актуально для Кыргызской республики, где имеется высокий потенциал солнечной энергии, который достигает 6,5 кВт·ч/сутки на м2, а продолжительность солнечного сияния составляет 2500-2800 часов. С другой стороны отсутствие собственных ресурсов нефти, газа, незначительной добычи угля приводит к необходимости импорта этих ресурсов из других стран, что ставит развитие ТЭК страны в сложное положение.

Гидроэнергетика не обеспечивает в должной мере потребность рес-публики в энергии. Следует отметить, что до 40% вырабатываемой энергии сегодня используется для отопления различных зданий и помещений львиная доля, которых составляют индивидуальные жилые дома и помещения. Эффективность этих домов достаточно низка. Так если потребление энергии из расчета на 1м2 общей площади в республике составляет 450-650 кВт, то в европейских странах этот показатель не превышает 100-150 кВт. Поэтому исследования направленные на разработку систем солнечного теплоснабжения с использованием сезонного бака-аккумулятора для отопления жилых домов и помещений представляются весьма перспективными и актуальными.

**Связь темы диссертации с научно-техническими программами.** Работа выполнялась в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем по договорам госрегистрации №0007071, УДК 621 «Исследование и разработка методов расчета комбинированных систем энергоснабжения автономных объектов, работающих на ВИЭ»с2009 по 2014 г.г.

**Цель работы -** исследование и разработка научно обоснованных методов расчета систем солнечного теплоснабжения, с использованием сезонного бака аккумулятора тепла для автономных жилых домов и помещений. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи:**  Исследование особенности теплоснабжения потребителя с учетом внешних факторов; Разработка расчетной и математической модели для оценки влияния климатических условий на процесс теплопотери здания; Исследованы процессы передачи тепла через ограждающие конструкции, как для дома, так и для бака аккумулятора; На основе разработанной модели изучены процессы зарядки и разрядки сезонного бака аккумулятора; Определены рациональные значения толщины теплоизоляционных материалов с точки зрения минимальных тепловых потерь; Проведены экспериментальные исследования опытного образца бака аккумулятора; Осуществлен сравнительный анализ и расчет экономической эффективности солнечной установки с учетом экологических факторов.

**Методы исследований.** В работе использовались современные методы расчета и моделирования тепловых процессов преобразования, передачи и аккумулирования солнечной энергии. Были применены методы экспериментальных исследований с использованием современного измерительного оборудования. Исследования проводились с применением программных продуктов Excel и Delfi.

**Научная новизна** проведенных исследований заключается в следующем:

* разработке и построении обобщенной математической модели про-цессов преобразования и аккумулирования энергии в солнечном сезонном баке аккумуляторе;
* разработки методики расчета и выбора рациональных параметров теплоаккумулирующих материалов системы солнечного теплоснабжения, с учетом нестационарности температуры окружающей среды;
* вскрытие закономерностей процессов зарядки и разрядки солнечного сезонного бака аккумулятора, обоснование его рациональной формы и геометрических размеров;
* уточнение методики расчета экономической эффективности системы солнечного теплоснабжения с учетом экологической составляющей;
* доказательстве перспективности и эффективности использования солнечных, сезонных баков-аккумуляторов для отопления жилых домов и помещений в условиях Кыргызстана.

**Основные положения, выносимые на защиту.** На защиту выносятся следующие основные положения и результаты работы: - методика расчета и программа тепловых потерь здания с учетом реального изменения температуры окружающей среды;

- методика расчета и программа разрядки, зарядки сезонного бака аккумулятора с учетом внешних климатических факторов; - разработанная программа и алгоритм расчета времени естественного остывания бака аккумулятора;

- разработка обобщенной математической модели системы солнечного теплоснабжения с сезонным баком аккумулятором тепла.

**Научная и практическая ценность полученных результатов заключается в следующем:**

* разработке методики и программы расчета тепловых потерь зданий, с учетом нестационарности температуры окружающей среды;
* разработке методики расчета и программы разрядки, зарядки сезонного бака аккумулятора;
* разработке и построении математической модели и процессов преобразования энергии в сезонном баке аккумуляторе тепла.

**Личное участие автора в получении научных результатов.**

Автор является непосредственным и осн**о**вным исполнителем работ по исследованию и разработке методов расчета систем солнечного теплоснаб-жения с помощью сезонного аккумулятора. Личный вклад автора заключается в разработке математических моделей и алгоритмов расчета как тепловых потерь, так и в изучении процессов зарядки, разрядки бака аккумулятора. Оценка технико-экономической эффективности системы с учетом экологической составляющей.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК КР , 2 в иностранных изданиях и 3 в личном авторстве.

**Апробация работы.** Основное содержание диссертационной работы, а также ее отдельные части доложены на:

- международной научно-технической конференции, посвященной 55-летнему юбилею КГТУ им. И. Раззакова (Бишкек, сентябрь 2009 год);

- 52-й научно-технической конференции молодых ученых и студентов,

( Бишкек , апрель 2010 г.);

- на научно-технической конференции Иссык Кульского университета; Вестник Иссык Кульского университета № 27, ( Каракол -2010 г.);

- V- й международной научно-практической конференции Таджикского технического университета им. Осими, (г. Душанбе - 2011 г.);

- II-м международном научном симпозиуме, Таджикистан,

(г. Худжанд, 17-19 май 2012 г.)

- международной научно-технической конференции, посвященой 60-летнему юбилею КГТУ им. И. Раззакова (Бишкек, сентябрь 2014 год).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения , списка использованных источников и приложения на 27 стр. Она изложена на 133страницах машинописного текста, содержит 27 таблицы и 68 рисунков. Список использованных источников включает 80наименований на 4стр.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулирована ее цель и задачи исследований. Представлены научная новизна и практическая

ценность работы. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен **обзор существующих систем теплоснабжения для отопления и горячего водоснабжения жилых домов и помещений. Про-анализированы теоретические и экспериментальные работы отечественных и зарубежных исследователей по разработке и исследованию процессов теплопередачи в сезонном аккумуляторе тепла. На основе полученных данных предложена схема активной системы солнечного теплоснабжения с использованием сезонного бака аккумулятора (рис.1). Определены цели и задачи исследований.**

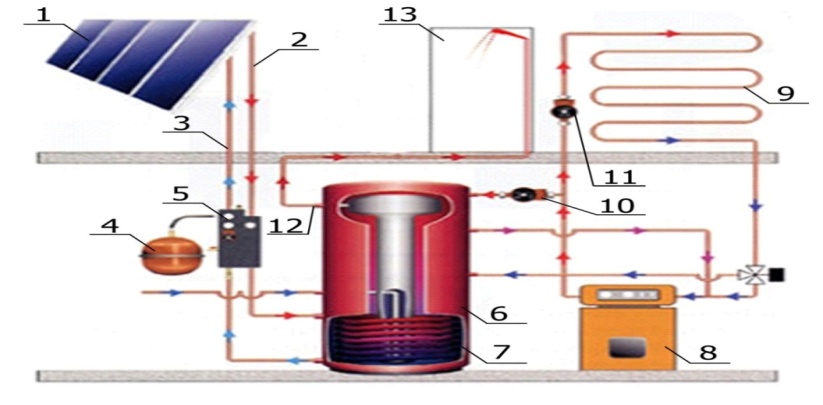
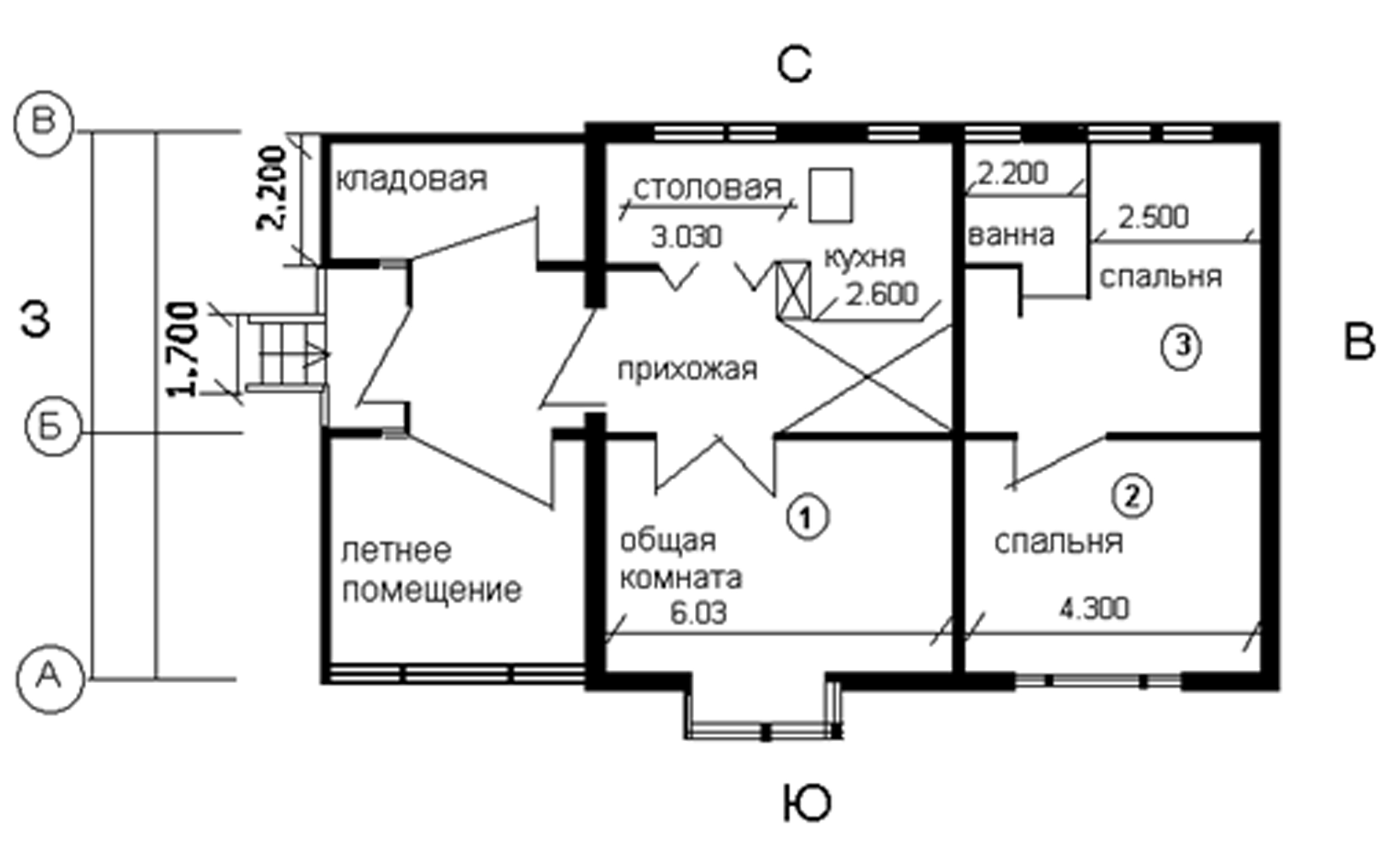
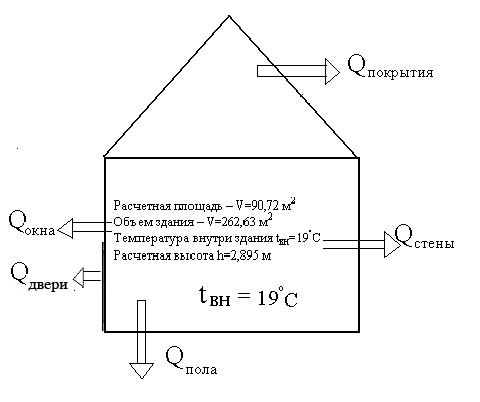


Рис.1. Принципиальная схема солнечного теплоснабжения дома с сезонным аккумулятором

1 - Солнечный коллектор; 2,3- Прямой и обратный трубопроводы солнечного контура; 4 – расширительный бак; 5 -Система автоматического регулирования; 6 - Бак- аккумулятор; 7 - Теплообменник; 8 - Отопительный котел; 9 - Радиатор; 10,11 - Циркуляционные насосы; 12 - Трубопровод для горячей воды; 13 - Горячее водоснабжение

**Во второй главе**  произведен расчет и обоснование теплотехнических параметров жилого дома, а также изложены методика и алгоритм расчета его теплопотерь. Объектом исследования выбран типовой автономный жилой дом, план которого приведен на (рис.2а). На основе рассмотрения тепловой расчетной модели дома (рис.2б) была разработана методика расчета нагрузки теплоснабжения , с учетом нестационарности температуры окружающей среды в годовом цикле.



**а б**

Рис. 2. Схема типового дома: а- план здания; б -расчетная схема дома

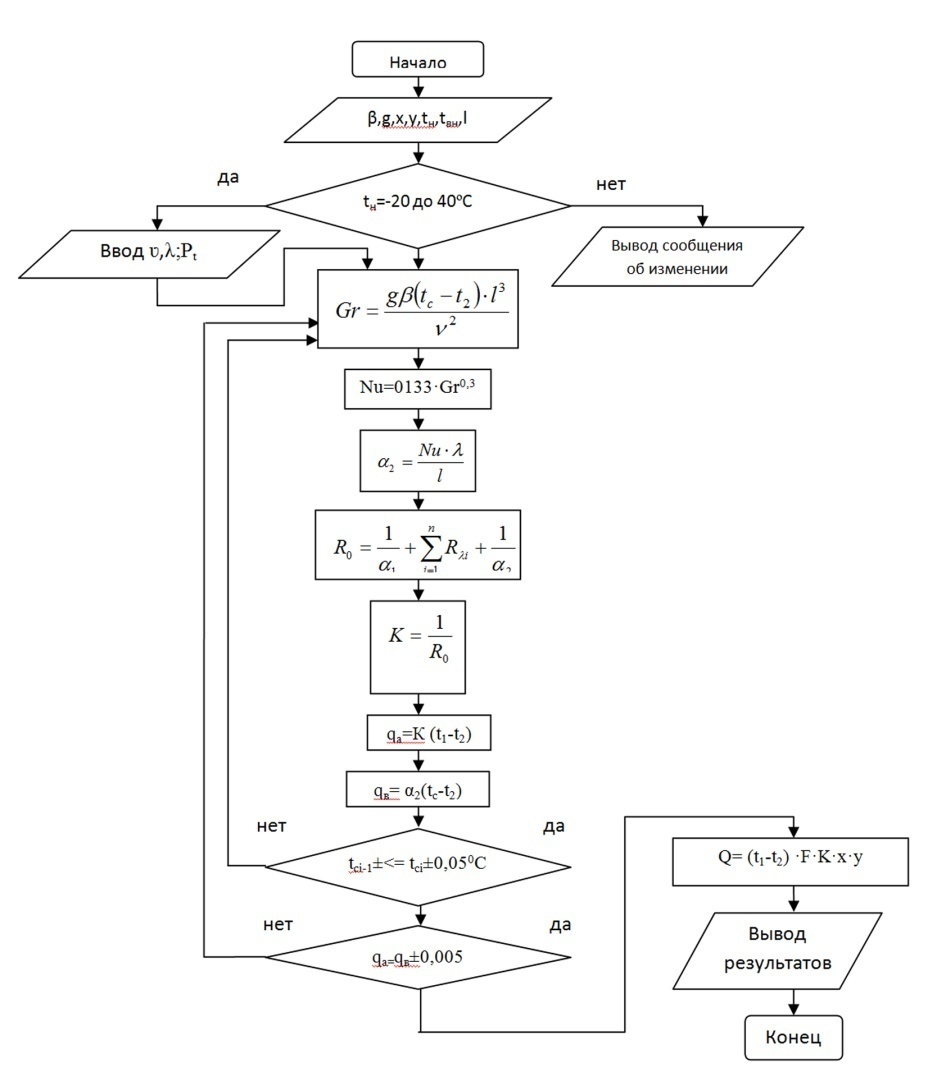
 Особенностью предложенного подхода является учет особенностей из-менения температуры окружающей среды, в зависимости от внешних кли-матических факторов. Известный традиционный подход расчета теплопотерь на основе температуры наиболее холодной пятидневки приводил к су-щественному завышению теплопотерь здания, и как следствие не оправдан-ному завышению тепловой нагрузки здания. Как показал сравнительный анализ, учет внешних факторов позволяет снизить тепловую нагрузку в разы. На основе предложенной методики расчета теплопотерь здания с учетом не стационарности температуры окружающей среды был разработан алгоритм и создана программа расчета тепловых потерь здания. На (рис. 3) приведена блок схема алгоритма расчета программы. На основе разработанного алгоритма расчета была разработана и реализована компьютерная программа с использованием программного продукта Delfi.

Рис.3.Блок схема теплопотерь здания

На основе разработанной методики и созданного программного продукта был осуществлен расчет тепловых потерь здания и построена диаграмма изменения тепловой отопительной нагрузки для зимнего отопительного периода времени для г. Бишкек (рис.4).

Рис. 4. Диаграммы изменения тепловых потерь здания в отопительный период.

Для сравнительной оценки полученных результатов расчета с данными, при котором тепловые потери определялись по холодной пятидневке, был также произведен расчет и результаты сравнительных данных теплопотерь здания в виде диаграмм приведены на рис.5. Следует отметить, что в предлагаемой методике расчета, которая учитывает нестационарность температуры окружающей среды, необходимо каждый раз отслеживать величину коэффициента теплоотдачи α2 снаружи помещения и осуществлять коррекцию теплопотерь с учетом внешней температуры, т.е. практически задача определения тепловых потерь здания переходит в решение задач с не-стационарным температурным режимом. Суммарные тепловые потери представляют собой совокупность потерь через все ограждающие конструкции здания. Из полученных диаграмм видно, что максимальная величина теплопотерь здания в обоих случаях достигается в январе месяце, что соответствует самой низкой среднемесячной температуре воздуха. Также можно видеть, что потребность в отоплении здания почти в два раза завышена по сравнению с реальной характеристикой. Достоверность полученных результатов может быть определена по величине удельной характеристики здания:

qo = Qпз ⁄ V (tв- tн) (1)

где Qпз – теплопотери здания; V– объем; tв ,tн – температура внутри и снаружи здания. Этот параметр, как известно, является величиной не зависящей от методов расчета теплопотерь и характеризует теплотехническое состояние здания.

Можно констатировать, что разработанная методика и созданная программа расчета позволяет осуществить более точный расчет теплопотерь здания и тем самым способствует правильному проектированию и выбору системы отопления.

Рис. 5. Сравнительная диаграмма теплопотери здания .

Как известно, использование теплоизоляционных материалов, для утепления здания, путем облицовки внешних ограждающих конструкций существенным образом позволяет снизить теплопотери. С использованием разработанной программы нами были исследованы влияния толщины изоляционных материалов и их теплотехнических свойств на величину теплопотерь. При расчетах рассмотрены различные теплоизоляционные материалы с разными теплофизическими свойствами. Результаты расчетов представлены на (рис.6).

Рис.6. Влияние толщины изоляции на теплопотери.

В качестве изоляционного материала было выбрано базальтовое волокно, как наиболее широко используемого в практике строительства республики. Коэффициент теплопроводности базальта составляет (0,039 Вт ⁄м·К). Из полученных диаграмм можно увидеть, как меняются теплопотери здания с разной толщиной изоляции. Как видно, увеличение толщины материала приводит к существенному снижению теплопотерь. Однако эта зависимость явно не линейная. Если первоначальное увеличение толщины изоляции лишь в 10 см приводит практически к снижению теплопотерь на 70-80%, то дальнейшее увеличение толщины до 30 см уже не дает такого эффекта. Этот вывод очень хорошо согласуется с известным положением о критически оптимальной величине толщины изоляционного материала при превышении, которой эффективность практически сводится к нулю.

Например, когда дом изолируем с толщиной изоляции 30 см, тогда теплопотери в самое холодное время, по сравнению с неизолированным домом сокращаются в 4 раза. Дом без изоляции в это же время, по сравнению домом с изоляцией 10 см имеет теплопотери в 2 раза больше, поскольку здание с 10 см изоляцией дает значение 5,3\*106 кДж в месяц.

Разница теплопотери между домом с изоляцией 30 см и с изоляцией 10 см составляет 2,2 раза, а если изоляцию сократим от 30 см до 15 см, тогда теплопотери увеличатся в 1,7 раз. Если изоляцию увеличить от 5 см до 10 см, то теплопотери снижаются на 1,2 раза.

На основе анализа наиболее распространенных и используемых в практике типовых проектов дома осуществлен выбор исследуемого типового здания и определены его конструктивные и архитектурно-планировочные решения. Обобщение многолетних метеорологических данных о температуре воздуха и количественная их обработка позволила получить реальную кривую изменения среднемесячных температур воздуха в годовом цикле для г. Бишкек , т.е. tн = t (τ). Осуществлен сравнительный расчет теплопотерь здания через ограждающие конструкции, в результате которого показано, что учет реальной температуры окружающего воздуха позволяет практически в 2 раза снизить ее величину и тем самым позволяет более корректно подходить к расчету тепловой нагрузки. На основе исследования влияния толщины теплоизоляции на теплопотери здания, впервые для типового здания показали, что имеется разумный предел толщины теплоизоляции, который не должен превышать 30 см. Установлено, что зависимость теплопотери от толщины теплоизоляции имеет не линейный характер и наибольшая эффективность проявляется при толщине 5-10см, затем она значительно снижается.

. **Третья глава** посвященаисследованию процесса зарядки и разрядки солнечного сезонного бака-аккумулятора и разработке методики расчета и выбора рациональных геометрических размеров бака-аккумулятора. Ранее нами была синтезирована принципиальная схема системы солнечного теплоснабжения здания с сезонным аккумулятором тепла. Особенностью работы данной системы является то, что процесс аккумулирования происходит достаточно длительный период и естественно в этот промежуток времени реально происходит не только зарядка БА, но за счет тепловых потерь через баковые стенки в окружающую среду и его охлаждение. Причем процесс этот очень сложный, не стационарный, зависящий от многих параметров, как температура окружающей среды, физических свойств, теплоизоляционных материалов, температуры теплоносителя и т.д.

В период же разрядки БА появляется ряд других факторов существенным образом влияющих на режим работы - это температура окружающей среды, теплотехнические параметры самого помещения, параметры системы отопления и вид отопительной нагрузки, конструктивные параметры дома и т.д. Следовательно, для обеспечения рациональной работы установки и проектирования таких систем, необходимо осуществить исследования свя-занные с разработкой методов расчета, выбора оптимальных параметров системы, радиационные составляющие солнечной энергии в Кыргызстане. В основу расчетов системы солнечного теплоснабжения легли данные измерений многолетних данных уровня солнечной радиации на гори-зонтальную поверхность. По известным подходам были определены опти-мальные углы наклона солнечных коллекторов (α = 350) и рассчитаны среднемесячные величины уровня солнечной радиации на эти наклонные поверхности. Эти работы позволили перейти к исследованиям связанным с изучением особенностей процессов зарядки и разрядки сезонного бака-аккумулятора и изучением влияние его формы на эффективность работы. На первом этапе была рассмотрена модель, при котором бак-аккумулятор находится отдельно вне здания и изучены особенности его зарядки и разрядки. Построенная расчетная модель рассматриваемого бака аккумулятора приведена на (рис. 7).

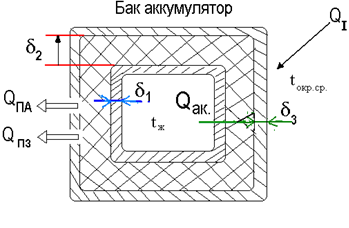
**

Рис. 7. Расчетная модель бака-аккумулятора

Балансовое уравнение имеет вид:

QA= QC-Qпз -QПA  (2) Для данной энергии потери бака-аккумулятора:

QПА = KF(tж - tв) (3) Величина коэффициента теплопередачи:

К = 1/Rо  (4)

Rо – термическое сопротивление стенки; Qпз – теплопотери здания; Qе= I*F* – величина суммарной солнечной энергии; F – площадь солнечных коллекторов; I– плотность солнечной радиации; – продолжительность солнечного сияния.



Решение балансового уравнения позволила установить закономерность аккумулирования тепла в баке- аккумуляторе на протяжении всего годового цикла. На (рис.8) приведена диаграмма изменения величины аккуму-лированной солнечной энергии на протяжении 12 месяцев. Как видно из диаграммы в период с апреля по октябрь практически кривая носит монотонно возрастающий характер, а в отопительный зимний период с октября по март она падает.

Рис. 8. Динамика изменения аккумулированного тепла в баке.

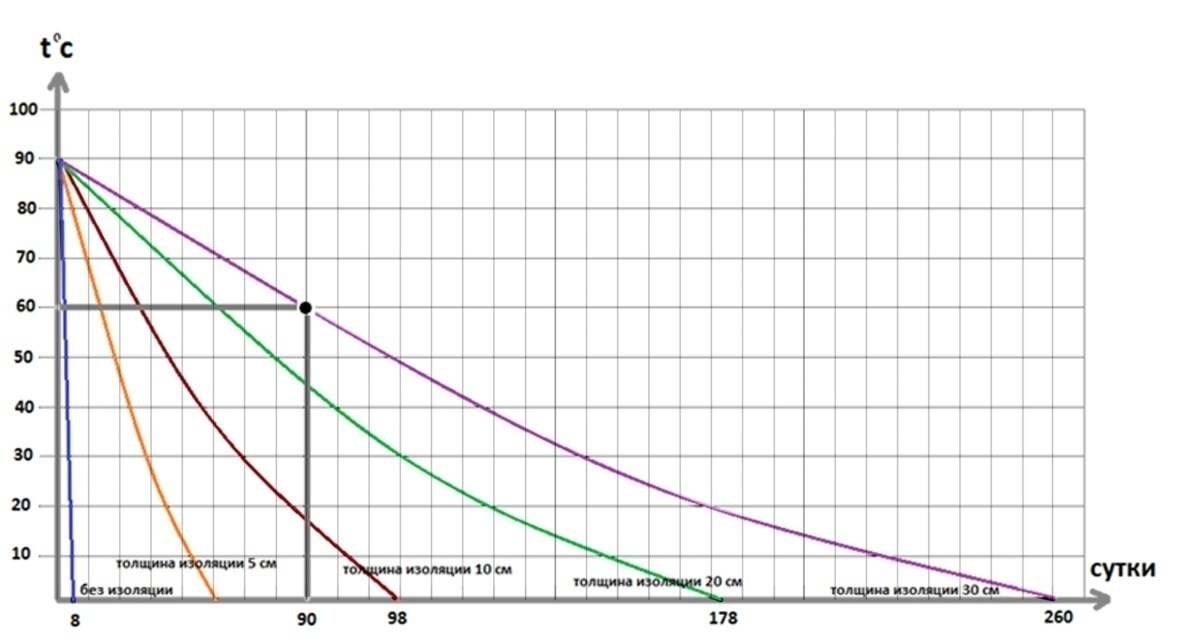
**  Оценка рациональной формы бака аккумулятора по критерию отношения площади теплоотдающей поверхности и объему бака аккумулятора: m= F/V, [ м2/ м3] для прямоугольной, сферической, цилиндрических форм показала, что их соотношения соответственно составляют (1.04), (1.47), (1.6).

Рис. 9. Диаграммы изменения температуры в БА в зависимости от времени остывания

Были проведены также исследования, связанные с изучением изменения температуры в сезонном баке аккумуляторе в годовом цикле, при различных значениях толщины теплоизолирующего материала, величин объемов аккумулятора и температуры окружающей среды.

Анализ полученных результатов при применении в качестве теплоизо-ляционного материала пенополиурстана (λ=0,041 Вт\м·К) или изовер (λ=0,037Вт\м·К) показывает, что уже при толщине изоляции δ=20см время остывания до температуры 20оС при температуре окружающей среды tокр.=-19оС перекрывает время отопительного периода и составляет от 161 до 300 суток. На рис.9 приведено время остывания бака аккумулятора в зависимости от времени отопительного периода при различных значениях толщины изоляционного материала. При этом рабочий диапазон температур 90÷60оС во времени для изовера при выше указанных параметрах составляет около 90 суток. Из выше изложенного следует, что при применении баков аккумуляторов VБА=100м3 и VБА=135м3 рекомендуется теплоизоляционный материал пенополиурстан или изовер с его толщиной изоляции δизол.=20÷30см.

На рис.10 показаны диаграммы изменения температуры в баке акку-муляторе: 1- когда бак не теплоизолирован; 2-когда бак теплоизолирован.

Рис.10. Диаграммы изменения температуры воды в баке-аккумуляторе.

1-без теплоизоляции , 2 – с теплоизоляцией.

Как видно из графика в обоих случаях в весенне-летний период наблюдается устойчивый рост температуры в баке-аккумуляторе. В последующем же в отопительный период температура снижается, но для теплоизолированного бака не опускается ниже 530С, что является высоким показателем для тепловых аккумуляторов.

Как было показано ранее, потери бака-аккумулятора существенным образом зависят от теплоизоляционных свойств выбираемых материалов и их теплотехнических параметров. В работе были подобраны требуемые параметры изоляции для бака-аккумулятора, обеспечивающие ее высокую аккумуляционную способность и минимальные тепловые потери. При расчетах были рассмотрены варианты баков аккумуляторов с объемами: V=50м3 ; 100м3; 135м3 при различной толщине изоляции.

В качестве примера на рис.11 приведены кривые изменения температуры в баке-аккумуляторе с емкостью 100м3 и при толщинах изоляции 10см, 20см и 30см.

На основе анализа полученных результатов расчета по выбору тепло-технических и геометрических параметров бака аккумулятора были опре-делены следующие наиболее приемлемые параметры для рассматриваемого дома: изоляция дома - 10 см (изовер); для бака-аккумулятора объемом 100м3- толщина изоляции 30см.

Рис.11. Изменение температуры воды в баке аккумуляторе

**Четвертая глава** посвящена построению обобщенной математической модели системы солнечного теплоснабжения с сезонным баком аккуму-лятором тепла. На этом этапе модель бака-аккумулятора была максимальна приближена к реальному процессу, при котором бак аккумулятор размещался непосредственно в помещении здания, в его цокольной части. Расчетная модель этой схемы размещения приведена на рис.12. Порядок расчета тепловых потерь БА при расположении его в подвале, осуществляется в той же последовательности, что и при расположении его вне здания, но при других граничных температурных условиях.

Здесь для построения балансового уравнения было учтено, что тепловые потери БА в подвале будут полезными потерями, поскольку покрывают тепловые потери дома от пола. Потери подвала определяются как:

(5)

где Fподв- это площадь поверхности подвала; К гр - коэффициент теплопе-редачи подвала; tвп– температура воздуха в подвале; tгр- температура грунта. Коэффициент теплопередачи определялся по формуле:

(6)

где R термическое сопротивление равно: (7)

здесь *αв* – коэффициент теплоотдачи; δ1– толщина стены подвала, которая сде-лана из бетона, δ1 =0,22 м; λ1 – коэффициент теплопроводности бетона λ=1,69 \Вт/м۔к\; δ2 – толщина утеплителя- изовер подвала δ2 =0,1 м; λ2 – коэффициент теплопроводности утеплителя λ2 =0,037 / Вт/м۔к/. Задавались из условия, что tвп – воздух в подвале, tвп=16 0С; tгр – температура грунта, tгр =10 0С.

При исследовании влияния теплотехнических параметров на процесс аккумулирования и изучение естественного времени остывания бака акку-мулятора были приняты начальные условия, удовлетворяющие возможности использования в качестве рабочего тела воду и возможности ее нагрева до температуры t=90 0С.

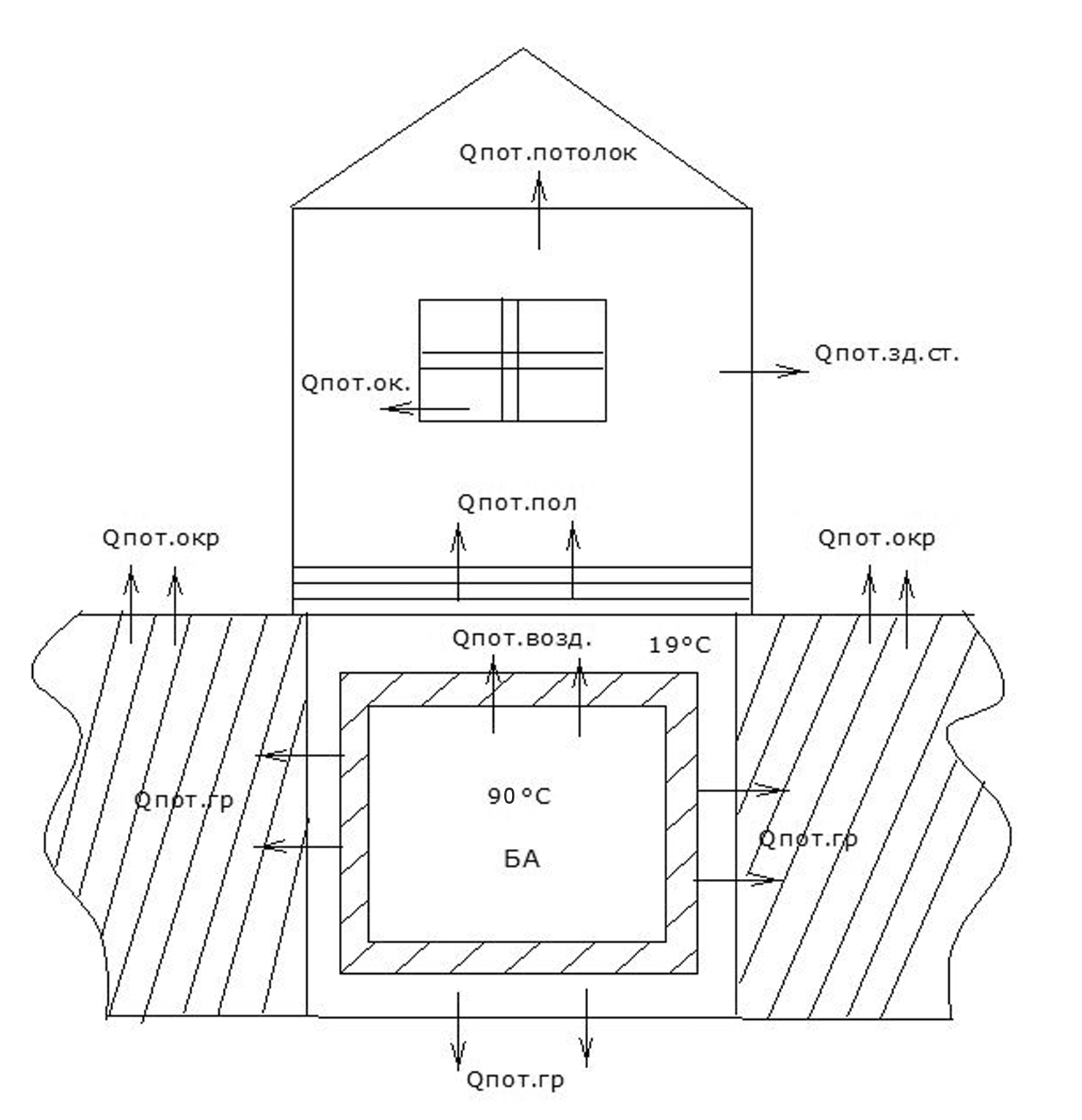
****

Рис.12. Расчетная модель дома, при расположении его в подвале

Qпот.пол- потери тепла через пол; Qпот.зд.ст.- потери тепла через стенки здания; Qпот.ок- потери тепла через окна; Qпот.потол.- потери тепла через потолок; Qпот.гр.- потери тепла на грунт; Qпот.возд.- потери тепла в воздух подвала; Qпот.окр.- потери тепла в окружающую среду

Рассмотрены вопросы изучения особенности накопления тепла акку-мулятором в весенне-осенний период (апрель-ноябрь), прослеживания процесса зарядки аккумулятора в зимний отопительный период при условии отсутствия отбора тепла и сравнения возможностей покрытия тепловых потерь здания в отопительный период за счет накопленного тепла баком-аккумулятором при различных площадях солнечного коллекторного поля. Эти вопросы были осуществлены для условий г. Бишкек при среднемесячной температуре лкружающего воздуха в годовом цикле. Результаты исследования представлены на рис. 13.

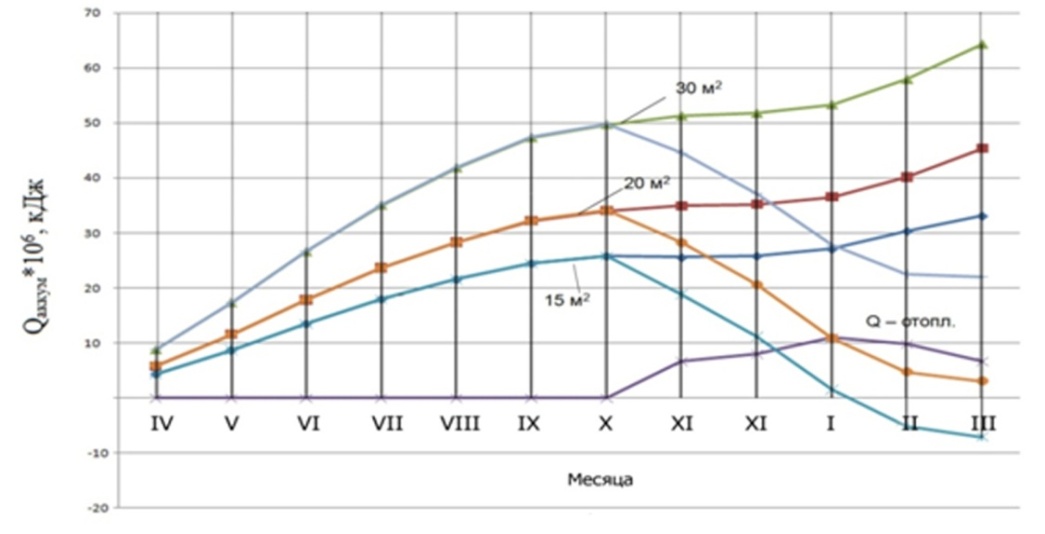


Рис.13.Диаграмма зарядки и разрядки аккумулятора

Из рисунка видно, что при принятых исходных параметрах модели в период с апреля по март месяц происходит достаточно активное аккумулирование тепла.При чем рост кривой имеет явно не линейный характер, а величина аккумулированной энергии существенным образом зависит от площади солнечных коллекторов. Из рис.13 так же можно видеть, что несмотря на более низкий уровень солнечной радиации в зимний отопительный период, процесс накопления тепла в баке продолжается. Однако интенсивность роста тепла значительно снижается до февраля, а затем в марте наблюдается вновь ее увеличение. Наиболее интересным представляется динамика изменения накопленной тепловой энергии в отопительный период, когда осуществляется отбор для покрытия тепловых потерь здания. Как видно, в этот период, происходит резкое снижение количества тепла в баке аккумуляторе. Причем величина накопленной тепловой энергии аккумулятором при F=15 м2 не может быть полезно использована для отопления уже в начале января месяца, а при F=20 м2 достаточна лишь до начала февраля. Представляется интересным случай при F=30 м2. Как видно в данном случае практически количество накопленной энергии аккумулятором не только обеспечивает 100% покрытие тепловых потерь здания, но имеет еще определенный запас.

Исследование процессов зарядки и разрядки в системе «коллектор-аккумулятор-потребитель тепла» показывает, что при правильном выборе объема толщины изоляции для аккумулятора и жилого дома можно полностью компенсировать тепловые потери жилого дома в отопительный период за счет использования саккумулированного тепла в сезонном баке-аккумуляторе и обеспечить комфортные условия.

Для этой цели нами были выполнены расчеты вариантов с различными параметрами поверхности коллектора, толщины изоляции слоя на баке аккумуляторе, изоляции подвала и дома, с точки зрения экономичности комплектующей системы «коллектор+бак-аккумулятор+потребитель тепла». При этом изменялись параметры толщины изоляционного материала, как дома, так и бака, при неизменном объеме бака V=100 м3 и при изменении площади коллекторного поля. Из рассмотренных вариантов, наиболее приемлем вариант расчета, когда площадь коллекторного поля Fколл=20 м2. При выбранных параметрах температура воды в баке аккумулятора к началу отопительного сезона достигает 90 0С.

**Пятая глава посвящена** экспериментальному исследованию процессов теплообмена в баке-аккумуляторе. Для проверки полученных результатов были проведены эксперименты на макетном образце бака аккумулятора коэффициент подобия, которого составляет 1/100. Размеры макетного образца бака аккумулятора была выбрана с учетом теория подобия и составила 1м3. Бак аккумулятор состоит непосредственно из металлической емкости, изготовленной в форме призмы. Бак снабжен сливным краном и в нем размещен электрический нагреватель. В баке размещены гнезда-пистоны, в которых предусмотрено установка датчиков температуры, причем гнезда изготовлены таким образом, что температуру в баке можно измерять на 3-х уровнях: внизу, в середине и в верхней части. Отслеживание изменения температуры в течении определенного времени, осуществляется измерительным прибором КСМ – 2. Запись показаний в многоточечных приборах циклическая и осуществляется путем отпечатывания на диаграммной ленте точек с цифрой, обозначающий номер переключенного датчика. При этом происходит частичное наложение отпечатков номеров датчиков. Общий вид бака аккумулятора -3 с подсоединением к прибору КСМ2 - 1 с термометрами сопротивления-4 показан на рис.15-а. Процесс нагрева воды до температуры кипения в баке осуществляется с помощью электронагревателя. Питание электронагревателя осуществляется от источника напряжения 220 В. Экспериментальные исследования в измерении температуры тепло-носителя в баке-аккумуляторе осуществляется в следующей последова-тельности. Первоначально после заполнения бака-аккумулятора водой, включается электронагреватель 2. Температура воды при этом доводится до 900С, после чего электроводонагреватель отключается. Происходит естественное остывание воды в баке и при этом фиксируется изменение температуры воды tвб=f(τ). Одновременно измеряем температуру окружающего воздуха. Процесс продолжается до момента наступления равновесия, то есть когда температура воды в баке сравняется с температурой окружающей среды: tвб = tос.

Первая серия экспериментов была проведена для случая, когда бак-аккумулятор не имеет какой либо теплоизоляции. Первоначальная темпе-ратура воды в баке составляет tос=900С. Проведенные экспериментальные исследования показали, что реальный процесс остывания не изолированного бака происходит за 7 часов. Расчетные данные по разработанной методике и предложенному ранее алгоритму с параметрами и условиями реального эксперимента показали время остывания 8 часов.

На рис.15 –б приведен общий вид экспериментального стенда бака-аккумулятора и фрагменты измерения плотности теплового потока.

**а** **б**

Рис. 15. Общий вид экспериментального стенда с измерительными приборами: **а** – бак аккумулятор, подсоединенный к прибору КСМ-2 для измерения температуры воды в баке;  **б** – измерение плотности теплового потока с использованием тепловизора.

Аналогично был проведен цикл экспериментов с толщиной изоляции: 10,20,30 см. По результатам эксперимента были получены данные, которые приведены в табл. 2.

**табл. 2**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Начало времени остывания | t1, 0С. | t 2, 0С. | t 3, 0С. | Δtсред, 0С. |
| 15часов | 88 | 89,5 | 92 | 89,8 |
| 16часов | 83 | 85 | 87 | 85 |
| 17часов | 78 | 80 | 82 | 80 |
| 18часов | 72 | 74 | 76 | 74 |
| 19часов | 66 | 68 | 70 | 68 |
| 20часов | 62 | 65 | 66 | 64,3 |
| 21часов | 59 | 61 | 62 | 60,6 |

Как видно из приведенных данных, за промежуток времени с 1500 до 2100 температура воды в баке аккумуляторе снизилась с 900С до 60,60С. Следует отметить, что измерения проводились лишь до момента, когда температура воды в баке-аккумуляторе падала до 60 0С.

Это было связано с тем, что минимальный температурный потенциал для системы отопления при котором возможен положительный эффект не должен быть ниже 600С.

По полученным результатам была построена диаграмма измерения температуры в баке-аккумуляторе за рассматриваемый промежуток времени (рис.16). Как видно из диаграммы, остывание до рассматриваемой температуры в период эксперимента произошло за 7 часов. Кривая -2. Проведенные же расчетные данные по разработанной методике и предложенному ранее алгоритму с параметрами и условиями реального эксперимента показали, что имеется разница в абсолютной величине времени остывания, которая составила 8 часов.



Рис.16. Изменение температуры теплоносителя в баке-аккумуляторе

Из рис.16 можно также видеть, что те же остывания теплоносителя в баке-аккумуляторе, полученных путем расчетов (кривая-1) несколько выше, чем экспериментальные данные.

Затем точно таким же образом был проведен эксперимент с изоляционным материалом базальтовое волокно с толщиной изоляции для бака 30см , 20 см. Таким образом, реальный процесс остывания с изоляцией 30 см и λиз= 0,039 /Вт\м\*К/ составил 3,8 суток. Теоретические исследования при тех же параметрах и условиях показали 3,4 суток.

Сравнение результатов эксперимента и расчетных данных показывает, что предложенная программа и разработанный алгоритм достаточно адекватно описывает реальный процесс теплопередачи и охлаждение бака-аккумулятора, поскольку качественные характеристики полученных кривых достаточно идентичны. Оценка погрешности результатов расчета и эксперимента составила 10,6%, что приемлемо для инженерных расчетов.

Проведенный технико-экономический расчет был осуществлен с учетом экологической составляющей, которая учитывает ущерб от загрязнения окружающей среды.

**ВЫВОДЫ**

Основные выводы по результатам проведенных исследований можно сформулировать следующим образом:

1. Разработан алгоритм и программа для определения тепловых потерь здания с учетом зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры окружающей среды.

2. Построены расчетные схемы и обобщены математические модели процессов теплопотерь здания с учетом реальных изменений температуры окружающей среды, построен алгоритм расчетов, на основе которого разработана компьютерная программа.

3. Исследованы процессы преобразования и передачи энергии в активных системах солнечного теплоснабжения, определены рациональные площади солнечных коллекторов и подобраны теплоизоляционные материалы для сезонного бака-аккумулятора

4. По выполненным расчетам получены удовлетворительные результаты подтверждающие возможность использования сезонного бака аккумулятора для компенсации тепловых потерь здания в отопительный период. 5. Исследование процессов зарядки и разрядки в системе коллектор-аккумулятор-потребитель тепла показывает, что при правильном выборе объема, толщины изоляции для аккумулятора и жилого дома в отопительный период за счет использования с аккумулированного тепла в сезонном баке-аккумуляторе можно обеспечить комфортные условия в помещении и получить удовлетворительные результаты, подтверждающие возможность использования сезонного бака-аккумулятора для компенсации тепловых потерь здания в отопительный период.

6. Проведены экспериментальные исследования опытного образца ими-татора сезонного бака-аккумулятора, на основе которого показана право-мочность сделанных выводов и расчетов, а также доказана возможность практического использования разработанных методик для проектирования и эксплуатации СБА.

**ПУБЛИКАЦИИ ПО РАБОТЕ**

1. Насирдинова С.М. К одной задаче использования сезонного аккуму-лирования тепла. [Текст] / С.М. Насирдинова .- Известия № 16 КГТУ – Бишкек , 2009 . - С.291-293

2. Насирдинова С.М. Энергоэффективный солнечный дом./ А.Дж. Обозов,В.И. Саньков .- Материалы 52-й научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Бишкек, 2010.- С.118-122

3.Насирдинова С.М. Солнечная установка с сезонным аккумулятором тепла. [Текст] / А.Дж. Обозов, В.И. Саньков // Вестник Иссык-Кульского университета , № 27 2010 . - С.154-159

4.Насирдинова С.М. Выбор рациональных параметров сезонного бака аккумулятора системы солнечного теплоснабжения. [Текст] /А.Дж. Обозов, В.И.,Саньков // Юбилейная конференция Таджикского технического университета им. Осими, Душанбе, 2011.- С.80-83

5.Насирдинова С.М. Особенности работы сезонного бака аккумулятора тепла при теплоснабжении [Текст] /А.Дж. Обозов// Материалы II международного научного симпозиума, г. Худжанд, Таджикистан, 2012. – С. 179-188.

6.Насирдинова С.М. О повышении КПД термосифонной солнечной установки [Текст] /А.Дж. Обозов, А.А. Тагайматова // Известия КГТУ, Бишкек , 2012. -№27.- С.103-105

7.Насирдинова С.М. Экономическая оценка эффективности солнечного теплоснабжения автономного потребителя с использованием сезонного аккумулирования тепла. [Текст] /С.М. Насирдинова// Известия КГТУ.- Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60 летнему юбилею КГТУ, Бишкек -2014.-№31 - С.202-205

8.Насирдинова С.М. Влияние экологической составляющей на эконо-мическую эффективность солнечного дома. [Текст] /А.Дж. Обозов, В.И.,Саньков // Известия КГТУ, Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60-летнему юбилею КГТУ, Бишкек , 2014.- № 31. С.208-211

9. Насирдинова С.М. Результаты экспериментальных исследований процессов теплопередачи в солнечном баке аккумулятор. [Текст] / С.М. Насирдинова // Известия КГТУ. - Бишкек , 2015. - № 1 (34). - С.165-169

**РЕЗЮМЕ**

диссертации Насирдиновой Сайрагул Мухамбетовны: **«Исследование и разработки систем солнечного теплоснабжения с использованием сезонных аккумуляторов тепла»**, на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии.

***Ключевые слова:*** солнечный коллектор, сезонный бак аккумулятор. солнечная радиация, тепловые потери, ограждающие конструкции, экономическая эффективность, экологические аспекты, срок окупаемости.

***Объект исследования:*** Система солнечного теплоснабжения автономного жилого дома с сезонным аккумулятором тепла.

***Цель исследования.*** Целью исследование является исследование и разработка научно обоснованных методов расчета и выбора теплотехнических параметров систем солнечного теплоснабжения автономного потребителя с сезонным баком аккумулятором тепла.

***Методы исследований:*** теоретические исследования с использованием основных законов теории теплообмена. Исследования проводились с применением программы Delfi. Адекватность моделей подтверждена результатом эксперимента действующего макетного образца.

***В работе представлены результаты*** исследований процессов преобразования и передачи энергии в активных системах солнечного теплоснабжения, определены рациональные площади солнечных коллекторов и подобраны теплоизоляционные материалы для сезонного бака-аккумулятора. Разработан алгоритм и программа для определения тепловых потерь здания с учетом зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры окружающей среды. Сравнительный анализ расчетов тепловых потерь здания классическим и предложенным методом, показав удовлетворительные результаты.

Построены расчетные схемы и обобщены математические модели про-цессов теплопотерь здания с учетом реальных изменений температуры ок-ружающей среды, построен алгоритм расчетов, на основе которого разра-ботана компьютерная программа. Проведены экспериментальные иссле-дования опытного образца имитатора сезонного бака-аккумулятора, на основе которого показана правомочность сделанных выводов и расчетов, а также доказана возможность практического использования разработанных методик для проектирования и эксплуатации СБА. Приведены результаты технико-экономической эффективности СБА (стоимость, экономическая эффективность, срок окупаемости).

**КОРУТУНДУ**

Насирдинова Сайрагүл Мухамбетовнанын 05.14.08 Энергияны кайра жа-ңыртуу түрлөрүнүн негизиндеги энергия орнотмолору адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасы үчүн **«Жылуу-луктун мезгилдүү аккумуляторлорун пайдалануу менен күндүн жылуулук камсыздоо системин изилдөө жана иштеп чыгуу»** деген темадагы диссертациясынын негизги пикири .

***Өзөктүү сөздөр:*** күн коллектору, мезгилдүү бак аккумулятору, күн радиа-циясы, жылуулук жоготуулары, тосмо конструкциялар, экономикалык натыйжалуулук, экологиялык аспектилер, өзүн актоо мөөнөтү.

***Изилдөөнүн обьектиси:*** жалпы аянты F=90,6 м2 болгон турак-жай үйү, мезгилдүү бак аккумулятору.

***Изилдөөнүн максаты .*** Өз алдынча турак-жай үйлөрүн жылуулукту мезгилдүү аккумулдаштыруу ыкмасы аркылуу жылуулук менен камсыз кылуу системинин илимий жактан негизделген ыкмасын иштеп чыгуу - бул изилдөөнүн максаты болуп саналат.

***Изилдөөнүн ыкмалары:***жылуулук алмашуунун негизги мыйзамдарын пайдалануу менен теориялык изилдөө. Изилдөө Excel и Delfi программасын колдонуу менен жүргүзүлдү. Моделдердин алекваттуулугу макет үлгүсүндө эксперименталдык моделдештирүүнүн жардамы менен бекитилди.

***Иште төмөнкүдөй жыйынтыктар көрсөтүлдү:*** Кайра жаратуу процесстерин изилдөөнүн жана күндүн жылуулук камсыздоосунун активдүү системдерине энергияны берүүнүн жыйынтыктары, күн кллекторлорунун сарамжалдуу аянттары аныкталды жана мезгилдүү бак аккумуляторуүчүн жылуулук коргогуч материалдар тандалды. Курчап турган чөйрөнүн температурасына карата болгон жылуулук берүү коэффициентинин көз карандылыгын эске алуу менен имараттагы жылуулук жоготуусун аныктоо үчүн алгоритм жана программа иштелип чыкты. Канааттандыруучу жыйынтыктарды көрсөтүү менен классикалык жана сунушталган ыкмалар аркылуу имараттын жылуулук жоготуусунун эсепөөлөрүнө салыштырма талдоо жүргүзүлдү.

Эсептөө схемалары түзүлдү жана курчап турган чөйрөдөгү температуранын чыныгы өзгөрүүлөрүн эске алуу менен имараттагы жылуулук жоготуу процесстеринин математикалык моделдери жалпылаштырылды, эсептөөлөрдүн алгоритми түзүлдү жана анын негизинде компьютердик программа иштелип чыкты. Мезгилдүү бак аккумуляторун тууроонун тажрыйбалык үлгүсүнө эксперименталдык изилдөө жүргүзүлдү жана анын негизинде келип чыккан жыйынтыктар менен эсептөөлөрдүн туура экендиги көрсөтүлдү. Ошондой эле, СБАны долбоорлоо жана иштетүү үчүн иштелип чыккан ыкмаларды иш жүзүндө пайдалануу мүмкүнчүлүктөрү далилденди. СБАнын техника-экономикалык жактан натыйжалуулук көрсөткүчтөрү (наркы, экономикалык натыйжалуулугу, өзүн актоо мөөнөтү) келтирилди, экологиялык эсептөө жүргүзүлдү.

**RESUME**

of Nasirdinova Sayragul Muhambetovna dissertation: **"Research and claheration of the solar heating system with seasonal heat accumulators"**, submitted for the degree of candidate of technical sciences, specialty: 05.14.08. Power installations based on renewable energy.

**Keywords**: solar collector, seasonal storage tank, solar radiation, heat losses, the building envelope, economic efficiency, environmental aspects, payback period.

**Object of research**: solar heating system of an autonomous dwelling house with a seasonal heat storage.

**Objective**: The objectiv of the research is study and development of scientific methods of calculation and choice of parameters of solar thermal heating which belong to the autonomous consumers with a seasonal heat storage accumulater.

**Research methods**: theoretical studies with use of basic rules of the heat transfer theory. Studies were conducted using the ”Delfi” program. The adequacy of the models is confirmed by the result of the experiment with an acting model sample.

**The results of studies** of the processes of transformation and transfer of energy in the active solar heating systems are represented in the work, ,the rational areas of ​​solar collectors are defined necessary thermal insulation materials are chosen for the seasonal storage tank. The algorithm and the program to determine the building’s heat loss are developed, considering the heat transfer coefficient depends on the environmental temperature. Comparative analysis of calculation of heat loss of the building and the proposed method of classical showed satisfactory results.

The calculation schemes which conside real environmental temperature changes, are created and the mathematical models of building heat loss processes are generalized; the algorithm of calculation is formed , on the basic of the algoritm computer program.

The experimental research of the simulator’s prototype of the «seasonal storage tank» is done , this work can demonstrate the legitimacy of the outcomes and calculations and the possibilities to use in practice the developed methods of designing and exploitation of the seasonal storage tank . Results of technical and economic efficiency of seasonal storage tank are described- cost, cost-effectiveness, period.