

УДК 004:697:681.5
DOI: 10.15587/1729-4061.2014.30503

Розглядаються питання підвищення енергозбереження в системах життєзабезпечення будівель для традиційних (модернізація існуючих) і альтернативних (розробка нових) систем теплопостачання. В результаті досліджень розроблені комп'ютерно-інтегровані системи керування технологічними процесами для: модернізованого індивідуального теплового пункту і системи опалення; систем сонячних колекторів; систем отримання і використання геотермальної енергії з чотирма циклами теплообміну

Ключові слова: енергозбереження, системи життєзабезпечення будівель, альтернативне теплопостачання, комп'ютерно-інтегровані системи керування

Рассматриваются вопросы повышения энергосбережения в системах жизнеобеспечения зданий для традиционных (модернизация существующих) и альтернативных (разработка новых) систем теплоснабжения. В результате исследований разработаны компьютерно-интегрированные системы управления технологическими процессами для: модернизируемого индивидуального теплового пункта и системы отопления; систем солнечных коллекторов; систем получения и использования геотермальной энергии с четырьмя циклами теплообмена

Ключевые слова: энергосбережение, системы жизнеобеспечения зданий, альтернативное теплоснабжение, компьютерно-интегрированные системы управления

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДАНИЙ

А. А. Бобух

Кандидат технических наук, доцент*
E-mail: aabobukh@ukr.net

Д. А. Ковалёв

Кандидат технических наук, доцент**
E-mail: kovalyov_d_a@mail.ru

А. А. Климов

Ассистент**

А. М. Дзевочко

Кандидат технических наук, доцент*
E-mail: sashadzevochko2@mail.ru

*Кафедра автоматизации химико-технологических систем и экологического мониторинга
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

**Кафедра теплохладоснабжения
Харьковский национальный университет
городского хозяйства имени А. Н. Бекетова
ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: movkli@yandex.ua

1. Введение

Энергосбережение в системах жизнеобеспечения зданий является комплексной проблемой общемирового масштаба, направленной на повышение эффективности использования существующих ресурсов и, учитывая зарубежный опыт, применения альтернативных источников тепловой энергии для экономии материально-энергетических ресурсов в условиях их дефицита. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности получения и использования тепловой энергии в системах жизнеобеспечения зданий за счет разработки и применения компьютерно-интегрированных систем управления технологическими процессами традиционных и альтернативных систем теплоснабжения.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Повышение эффективности эксплуатации систем жизнеобеспечения зданий представляет собой актуальную научно-техническую проблему не только Украины, но и большинства стран мира. Результатом ежегодных форумов Международного энергетического агентства, направленных на поиск решения этой проблемы, является [1, 2]:

- анализ запасов полезных ископаемых, используемых для получения тепловой и электрической энергии;
- состояние альтернативной и возобновляемой энергетики в странах – участниках;
- возможность частичного замещения традиционной энергетики альтернативной (возобновляемой);

– планирование и рекомендации по распространению, разработке, использованию и внедрению альтернативной энергетики в большинстве стран мира.

Использование альтернативной (нетрадиционной) энергии далеко не ново для человечества, однако свое широкое распространение она получила в последние десятилетия из-за применения современных приборов и средств, позволяющих преобразовать энергию Солнца, земли и ветра в электрическую и тепловую энергии. Это дает возможность получить большой КПД от этих установок [3], а применение компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) для энергосбережения позволяет использовать полученную энергию по максимуму. Основная задача энергетических систем – обеспечение потребителей тепловой и электрической энергией с требуемыми параметрами, решение которой зависит от разработки и внедрения новых энергосберегающих технологий, с применением микропроцессорных контроллеров (МПК) и новых разработок в сфере контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации (КИП и СА).

Системы теплоснабжения проектируются с учетом технико-экономического обоснования и оптимального сочетания систем централизованного (СЦТ), умеренно-централизованного, децентрализованного и автономного теплоснабжений. В Украине широкое развитие получили СЦТ в состав которой входят [4]: источник тепловой энергии, магистральные тепловые сети, центральные тепловые пункты (ЦТП), с системами горячей водоподготовки (СГВ) и распределительными трубопроводами СГВ, тепловые распределительные сети, индивидуальные тепловые пункты (ИТП), системы отопления зданий с потребителями тепловой энергии (СО).

При разработке, использовании и внедрении энергосберегающих технологий особый интерес (в первую очередь материальный) для потребителей тепловой энергии представляет собой здание. При разработке и внедрении энергосберегающих технологий общемировой тенденцией является отказ (при невозможности – модернизация) от традиционных систем теплоснабжения и широкое распространение нетрадиционной (альтернативной) энергетики. Ввиду рекордных цен на нефть в 2010–2013 гг., газового кризиса (начавшегося с 2006 года и продолжающегося до сих пор с некоторыми периодами относительного спокойствия), нестабильной ситуации в отдельных нефте- и газодобывающих странах Северной Африки, Латинской Америки и Ближнего Востока, страны с развитой промышленностью вынуждены разрабатывать и внедрять новые технологии (использующиеся пока лишь эпизодически). Данная стратегия развития [5] позволяет компенсировать дефицит традиционного топлива, и учитывать экологический фактор.

К основным видам альтернативных источников энергии относятся следующие ее виды [6, 7]: солнечная, ветровая, биомасса, геотермальная, малых рек, мирового океана.

В Украине для повышения энергосбережения в зданиях целесообразно применять солнечную и геотермальную энергии [4].

Солнечная энергетика основана на использовании солнечного излучения – неисчерпаемого (в обозримом будущем) источника энергии, использование которого при помощи солнечных коллекторов осуществляется в

целом ряде технологических процессов [8, 9], в частности, для горячей водоподготовки зданий.

В отличие от солнечной энергетики геотермальная энергия начала использоваться сравнительно недавно, но уже получила широкое распространение [10], в частности, в качестве источника низкопотенциального тепла для тепловых насосов.

Для повышения энергосбережения в рассмотренной литературе особое внимание уделяется модернизации существующих и разработке и внедрению новых технологий (использующихся пока лишь эпизодически даже в развитых странах), которые позволят компенсировать дефицит традиционного топлива. Но большинство из предлагаемых вариантов являются малоприменимыми для Украины ввиду высокой стоимости иностранных КИП и СА, в том числе МПК, предлагаемых для их реализации. Поэтому целесообразной представляется разработка КИСУ для систем жизнеобеспечения зданий с использованием отечественных КИП и СА, в том числе МПК, стоимость которых значительно ниже иностранных аналогов.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является экономия материально-технических, энергетических и трудовых ресурсов за счет применения энергосберегающих технологий в зданиях.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать КИСУ:

- для традиционной энергетики – ИТП с системами отопления и горячей водоподготовки здания, как элементов СЦТ;
- альтернативных источников энергии: солнечной – в системах кондиционирования воздуха при применении систем солнечных коллекторов, и геотермальной – в системах отопления здания при применении геотермальной энергии.

4. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения зданий

Применение компьютерных энергосберегающих технологий управления системами жизнеобеспечения зданий при разработке нижеприведенных функциональных схем реализовано при помощи типовых современных отечественных КИП и СА, подробно рассмотренных и описанных в [4, 11–13]. Следует отметить, что стоимость применяемых КИП и СА значительно ниже иностранных аналогов.

Разработка функциональных схем компьютерно-интегрированных систем управления технологическими процессами (ФС КИСУ ТП) выполнена в соответствии с требованиями соответствующих отраслевых стандартов.

4. 1. Энергосбережение в индивидуальном тепловом пункте с системой отопления и горячей водоподготовки здания при традиционной системе централизованного теплоснабжения

Для энергосбережения в модернизируемом ИТП с системами отопления и горячей водоподготовки здания разработана ФС КИСУ ТП (рис. 1). Описание

технологических процессов ФС КИСУ ТП модернизируемого ИТП с системами отопления и горячей водоподготовки здания рассмотрено в [12].

В результате модернизации ИТП предусматривается:

- отказ от водонагревателей в ЦТП;
 - монтаж теплообменного аппарата (ТОА) в ИТП для СГВ здания;
 - разработка новых КИСУ параметрами технологических процессов ИТП.
- При модернизации ИТП с системами отопления и горячей водоподготовки здания осуществляется экономия энергоресурсов за счет:
- отсутствия тепловых потерь транспортируемой горячей воды для СГВ на участках трубопровода от ЦТП до ИТП здания;
 - отсутствия затрат на электроэнергию для электродвигателей насосов нагнетающих горячую воду от ЦТП до ИТП здания;
 - отсутствия затрат материальных средств на приобретение трубопроводов СГВ, их прокладку от ЦТП до ИТП здания, а также эксплуатацию.

Для энергосбережения в системах отопления и горячей водоподготовки здания проведена:

- замена существующей СО с трубопроводами на двухтрубную вертикальную СО с нижней подачей смешанного теплоносителя на каждый этаж здания;
- поэтажная горизонтальная разводка трубопроводов для каждой квартиры;
- замена отопительных приборов и установка терморегуляторов радиаторных в комплекте (для каждого прибора).

Для приведенного фрагмента ФС КИСУ ТП разработаны нижеследующие КИСУ, способствующие энергосбережению здания, управлению температурой воздуха индивидуально в каждом помещении, учету потребленной тепловой энергии для каждой квартиры

здания, что стимулирует своевременную ее оплату жильцами:

1. КИСУ заданной температурой смешанного теплоносителя (1.3) в СО (4) реализуется контролем этой температуры (поз. 1.1) МПК с расчетом и выдачей управляющих воздействий на сервопривод (поз 1.2) трехступенчатого управляющего клапана (5) для изменения коэффициента смешения (расходов вторых потоков горячего (1.1.2) и обратного (1.4.2) теплоносителей) с коррекцией по температурам: наружного воздуха (поз 2.1), горячего (1.1) в ИТП (поз. 3.1) и обратного (1.2) из ИТП (поз 4.1) теплоносителей.
2. КИСУ заданной температурой горячей воды (1.7) в СГВ реализуется контролем температуры (поз. 5.1) этой воды МПК с расчетом и выдачей управляющих воздействий на ИМ (поз 5.2) для изменения расхода теплоносителя (1.1.1) в одноступенчатый ТОА (2).
3. КИСУ требуемым соотношением температур (поз. 5.1; 6.1) горячей воды (1.7) в СГВ и смешанной воды (1.6) в одноступенчатый ТОА (2) соответственно реализуется МПК контролем указанных температур с выдачей воздействий на ИМ (поз. 6.2) на управление изменением расхода холодной воды (1.5), при равенстве значений температур подача прекращается.
4. КИСУ требуемыми температурой (поз. 13.1) и давлением (поз. 14.1) циркуляционной воды (1.8) реализуется МПК контролем указанных параметров с расчетом и выдачей управляющих воздействий на ИМ (поз. 11.2) электродвигателя циркуляционного насоса (3) путем изменения расхода этой воды при необходимости.
5. КИСУ требуемым давлением в напорном патрубке насоса (6) подачи смешанного теплоносителя (1.3) реализуется контролем указанного давления (поз. 13.1) МПК с расчетом и выдачей управляющих воздействий на ИМ (поз. 13.2) электродвигателя этого насоса.
6. Компьютерно-интегрированная система расчета потребляемой тепловой энергии (КИСРПТЭ) ИТП (1) с системами: отопления с поэтажной горизонтальной разводкой для каждой квартиры (4) и горячей водоподготовки здания реализуется МПК контролем температур (поз. 3.1; 4.1) горячего (1.1) и холодного (1.2) теплоносителей соответственно и расхода (поз 18.1) с выдачей на принтер или дисплей результатов расчета ежемесячно или по требованию и хранением их в памяти (три года).

7. КИСРПТЭ горячей водоподготовкой здания реализуется путем контроля МПК температур (поз. 5.1; 7.1) горячей (1.7) и холодной (1.5) воды соответственно и расхода (поз 17.1) холодной (1.5) воды с выдачей на принтер или дисплей результатов расчета ежемесячно или по требованию и хранением их в памяти (три года).

8. КИСРПТЭ СО каждой из квартир здания (8j,

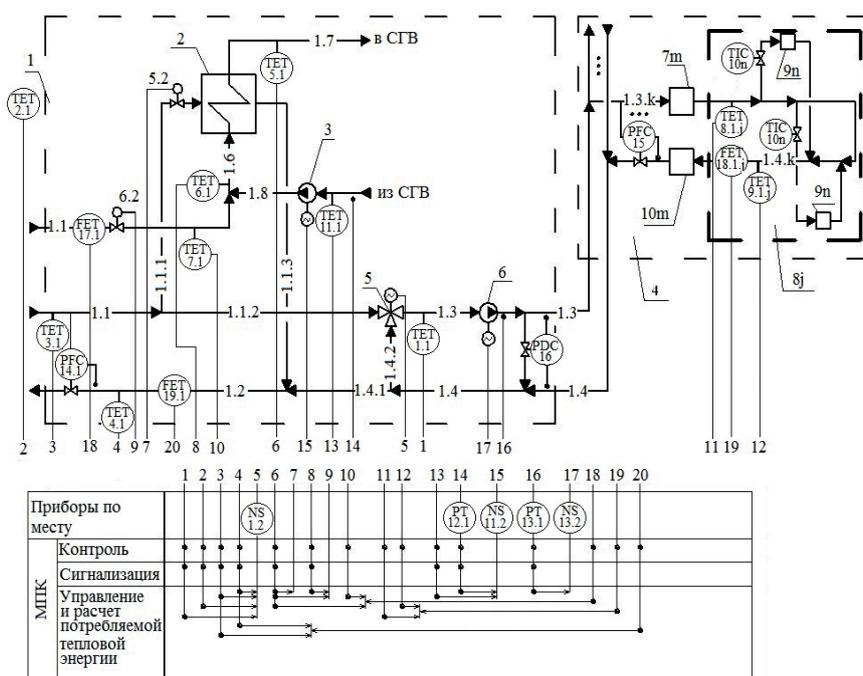


Рис. 1. Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления для индивидуального теплового пункта с системами отопления и горячей водоподготовки здания

$j=1,50$) с поэтажной горизонтальной разводкой (на примере одной квартиры) реализуется контролем МПК температур (поз 8.1.j; 9.1.j) и расхода (поз 18.1) теплоносителя на входе (1.3.k) и выходе (1.4.k) соответственно с выдачей на принтер или дисплей результатов расчета ежемесячно или по требованию и хранения их в памяти (три года). Учет потребленной тепловой энергии для каждой квартиры здания стимулирует своевременную ее оплату жильцами.

4. 2. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха здания при применении систем солнечных коллекторов

Экономия материально-технических, энергетических и трудовых ресурсов за счет применения энергосберегающих технологий в зданиях, в частности, разработка и внедрение КИСУ альтернативным источником – солнечной энергией реализовано на примере ФС КИСУ ТП систем солнечных коллекторов (ССК) и кондиционирования воздуха (СКВ) здания с рециркуляцией при работе в летний период (рис. 2). Описание технологических процессов ФС КИСУ ТП ССК и СКВ рассмотрено в [13].

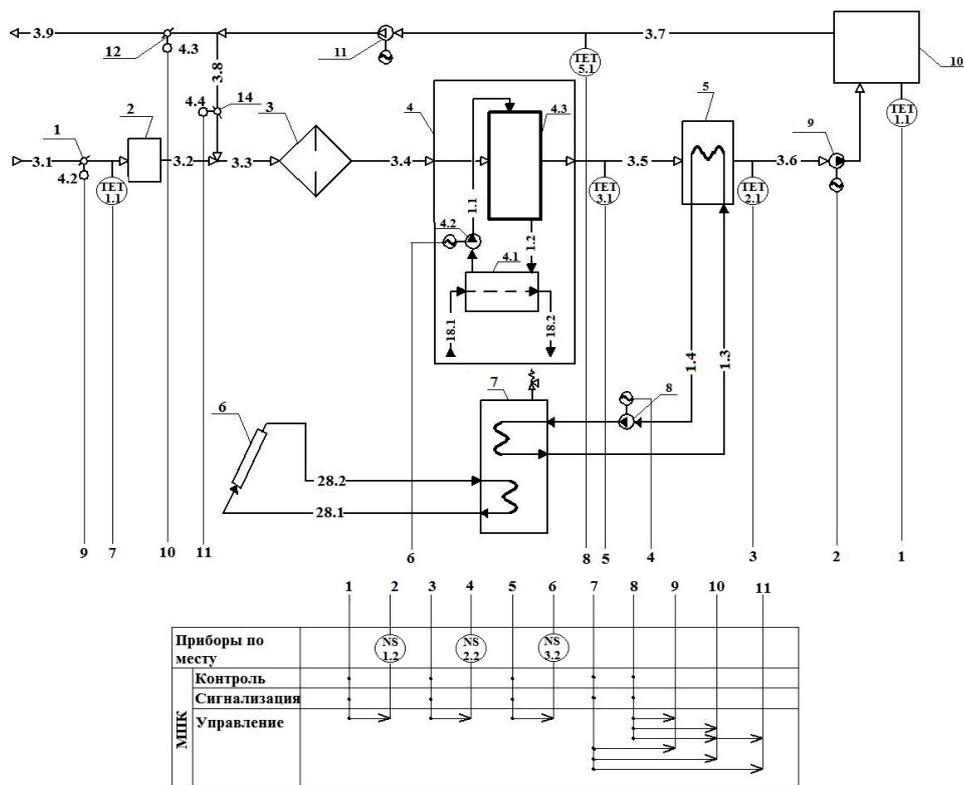


Рис. 2. Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления технологическими процессами систем солнечных коллекторов и кондиционирования воздуха

В результате разработки ССК и СКВ предусматривается:

- реализация новых КИСУ для ССК и СКВ.
- повышение точности заданной температуры $\pm 1^\circ\text{C}$ воздуха в помещениях (10) здания;
- повышение точности управления относительной влажностью воздуха $\pm 7\%$ в помещениях (10) здания;
- повышение точности управления заданной температурой в помещениях (10) здания, в очень жаркие

периоды лета, при превышении на $0,5^\circ\text{C}$ температур наружного воздуха (3.1) над нагретым воздухом (3.7).

Для приведенного фрагмента ФС КИСУ ТП разработаны нижеследующие КИСУ, способствующие управлению температурой воздуха индивидуально в каждом помещении и экономии энергоресурсов.

1. КИСУ температурой воздуха индивидуально в каждом помещении (10) здания реализуется контролем температуры (поз. 1.1) воздуха в помещении МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз. 1.2) электродвигателя вентилятора (9) подачи охлажденного воздуха (3.6), путем изменения расхода этого воздуха подаваемого в помещение (10).

2. КИСУ заданной температурой охлажденного воздуха (3.6), подаваемого в помещения (10) здания реализуется контролем этой температуры (поз. 2.1) МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз. 2.2) электродвигателя насоса (8) путем изменения расхода холодной воды (1.4) после воздухонагревателя (5) в бак-аккумулятор (7).

3. КИСУ температурой «точки росы» воздуха (3.5), подаваемого в воздухонагреватель второго подогрева (5), реализуется контролем этой температуры (поз.

3.1) МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз. 3.2) электродвигателя насоса (4.2) подачи расхода холодной воды (1.1), нагнетаемой в камеру орошения (4.3).

4. КИСУ перепадом температур наружного (3.1) и нагретого (3.7) воздуха более чем на $0,5^\circ\text{C}$ реализуется контролем указанных температур (поз. 4.1; 5.1) соответственно МПК с расчетом и выдачей воздействий на соответствующий ИМ: (поз. 4.2) – клапана (1) подачи наружного воздуха (3.1), (поз. 4.3) – клапана (12) удаления отработанного воздуха (3.9) с возможностью полного прекращения выброса этого воздуха при необходимости, (поз. 4.4) – клапана (14) использования только рециркуляционного воздуха (3.8) при необходимости.

4. 3. Энергосбережение в системах отопления здания при применении геотермальной энергии

Применение энергосберегающих технологий в зданиях, в частности, разработка и внедрение КИСУ для альтернативного источника – геотермальной энергии реализовано на примере ФС КИСУ ТП (рис. 3) системы получения и использования геотермальной энергии для четырех циклов теплообмена [9, 10].

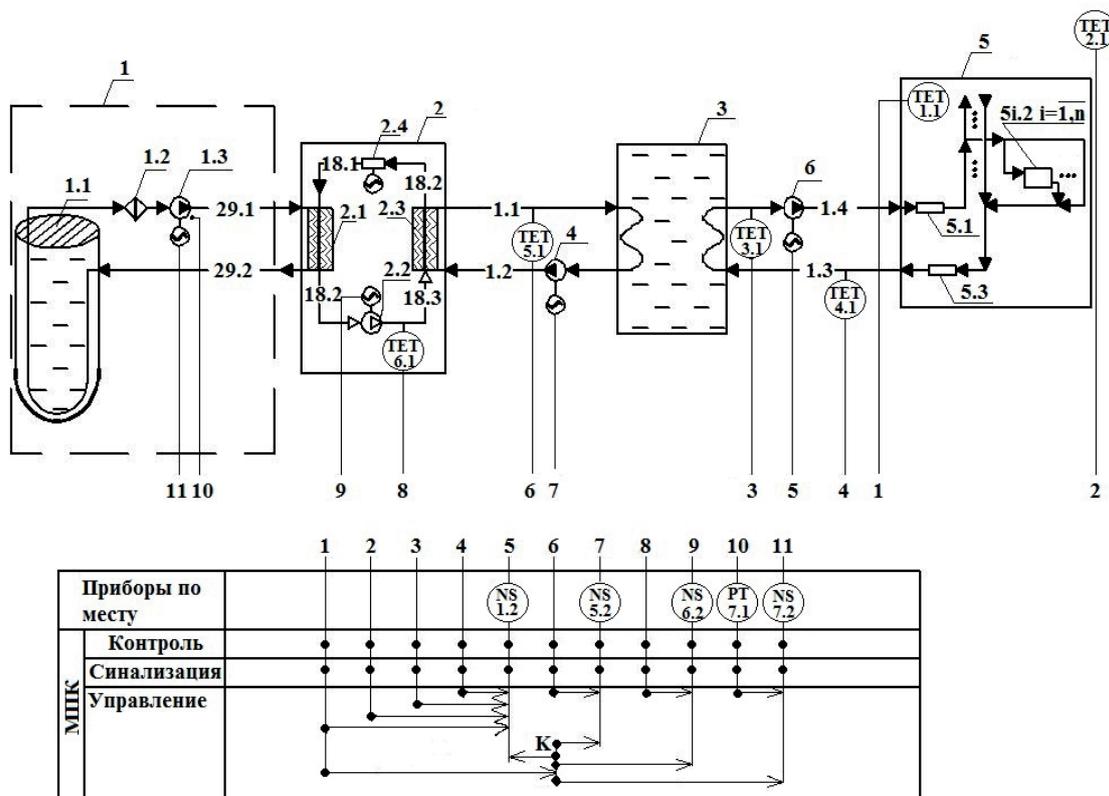


Рис. 3. Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления технологическими процессами системы получения и использования геотермальной энергии

Описание технологических процессов ФС КИСУ ТП системы получения и использования геотермальной энергии рассмотрено в [14].

Для приведенного фрагмента ФС КИСУ ТП разработаны нижеследующие КИСУ, способствующие управлению температурой воздуха индивидуально в каждом помещении здания и экономии энергоресурсов.

1. КИСУ температурой воздуха индивидуально в каждом помещении (5) здания реализуется контролем этой температуры (поз. 1.1) МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз 1.2) электродвигателя циркуляционного насоса (5) подачи горячего теплоносителя (1.4) изменением его расхода с коррекцией по температурам: (поз. 2.1) – наружного воздуха, (поз. 3.1) – горячего теплоносителя (1.4) в поэтажную горизонтальную СО здания, (поз. 4.1) – остывшего теплоносителя (1.3) из поэтажной горизонтальной СО здания.

2. КИСУ требуемой температурой горячего теплоносителя (1.1) в бак-аккумулятор (3) реализуется контролем указанной температуры (поз. 5.1) МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз 5.2) электродвигателя циркуляционного насоса (4) подачи остывшего теплоносителя (1.2) изменением его расхода.

3. КИСУ регламентной температурой сжатого фреона (18.3) в конденсатор (2.3) реализуется контролем указанной температуры (поз. 6.1) МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз. 6.2) электродвигателя компрессора (2.2) подачи сжатого фреона (18.3) путем изменения его расхода.

4. КИСУ давлением в напорном патрубке насоса (1.3) подачи теплого рассола (29.1) в конденса-

тор (2.1) реализуется контролем указанного давления (поз. 7.1) МПК с расчетом и выдачей воздействий на ИМ (поз. 7.2) электродвигателя насоса (1.3) подачи теплого рассола (29.1) изменением его расхода.

5. КИСУ температурой (поз. 1.1) воздуха индивидуально в каждом помещении (5) в нерабочее время (выходные, праздники, а также ночное время) при необходимости реализуется контролем указанной температуры (поз. 1.1) МПК с расчетом (по таймеру К) и выдачей управляющих воздействий на соответствующие ИМ для уменьшения подачи нижеуказанных расходов материальных потоков изменением числа оборотов: (поз. 1.2) электродвигателя насоса (6) подачи горячего теплоносителя (1.4) в поэтажную горизонтальную СО здания; (поз. 5.2) электродвигателя насоса (4) подачи остывшего теплоносителя (1.2); (поз. 6.2) электродвигателя компрессора (2.2) подачи сжатого фреона (18.3) в конденсатор (2.3); (поз. 7.2) электродвигателя насоса (1.3) подачи теплого рассола (29.1) в конденсатор (2.1). За два часа до начала рабочего времени автоматически МПК (по таймеру К) выдает управляющие воздействия на вышеуказанные ИМ для увеличения расходов соответствующих материальных потоков вышеуказанных теплоносителей.

5. Выводы

В результате проведенных исследований по энергосбережению в системах жизнеобеспечения зданий, с учетом зарубежных тенденций применения альтернативных источников тепловой энергии для экономии

материально-энергетических ресурсов в условиях их дефицита, разработаны ФС КИСУ ТП традиционных (модернизация существующих) и альтернативных (разработка новых) систем теплоснабжения.

1. Разработан фрагмент ФС КИСУ ТП модернизируемого ИТП с системами отопления и горячей водоподготовки здания, способствующий энергосбережению здания, управлению температурой воздуха индивидуально в каждом помещении, расчету потребляемой тепловой энергии для каждой квартиры здания, что стимулирует своевременную ее оплату жильцами.

2. Разработан фрагмент ФС КИСУ ТП альтернативной ССК для СКВ с рециркуляцией воздуха, способствующий управлению температурой воздуха индивидуально в каждом помещении и экономии энергоресурсов в исследуемой системе жизнеобеспечения здания.

3. Разработан фрагмент ФС КИСУ ТП альтернативной системы получения и использования геотермальной энергии способствующий, созданию комфортных условий в помещениях здания и экономии энергоресурсов в исследуемой системе жизнеобеспечения здания.

Литература

1. World Energy Outlook. International Energy Agency [Text] / Paris: OECD. IEA, 2012. – 690 p.
2. World Energy Outlook. International Energy Agency [Text] / Paris: OECD. IEA, 2013. – 700 p.
3. Bull, S. R. Renewable Energy Today and Tomorrow [Text] / S. R. Bull // Proceeding of The IEEE. – 2001. – Vol. 89, Issue 8. – P. 1216–1226. doi: 10.1109/5.940290.
4. Бобух, А. А. Компьютерно-интегрированная система автоматизации технологических объектов управления централизованным теплоснабжением : монография [Текст] / А. А. Бобух, Д. А. Ковалёв; под ред. А. А. Бобуха. – X. : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013. – 226 с.
5. PV Status Report. Arnulf J ger-Waldau, European Commission, DG Joint Research Centre, Institute for Energy, Renewable Energy Unit. [Text] / Ispra (VA), Italia, 2010. – 124 p.
6. Дерюгина, Г. В. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета [Текст] / Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев, Т. А. Шестопалова. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 260 с.
7. Алфёров, Ж. И. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики [Текст] / Ж. И. Алфёров, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев // Физика и техника полупроводников. – 2004. – Т. 38. Вып. 8. – С. 937–948.
8. Гликсон, А. Л. Гелиосистемы и тепловые насосы в системах автономного тепло- и холодоснабжения [Текст] / А. Л. Гликсон, А. В. Дорошенко // АВОК. – 2004. – № 7. – С. 18–23.
9. Chiras, L. D. The Solar House: passive solar heating and cooling [Text] / D L. Chiras. – White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing Company, 2002. – 274 p.
10. Сидкина, Е. С. Геохимия подземных рассолов западной части Тунгусского артезианского бассейна: автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.07 [Текст] / С. Е. Сергеевна. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет – Томск, 2013. – 21 с.
11. Жук, В. И. Микропроцессорные контроллеры и системы управления на их основе: опыт построения [Текст] / В. И. Жук. // Энергетика и ТЭК. – 2010. – № 01 (82). – С. 41–43.
12. Бобух, А. А. Повышение энергосбережения закрытого централизованного теплоснабжения города при реконструкции центрального и модернизации индивидуального тепловых пунктов [Текст] / А. А. Бобух, Д. А. Ковалев // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. – 2014. – № 03 (121). – С. 12–18.
13. Ковалев, Д. А. Автоматизация технологических процессов систем солнечных коллекторов и кондиционирования воздуха [Текст] / Д. А. Ковалев, А. А. Бобух // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. – 2013. – № 07 (113). – С. 2–6.
14. Ковалев, Д. А. Повышение энергоэффективности получения и использования геотепловой энергии за счет автоматизации технологических процессов [Текст] / Д. А. Ковалев, А. А. Бобух // Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. – 2013. – № 10 (116). – С. 18–23.