

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

В статье представлена информация об энергоэффективной децентрализованной системе теплоснабжения жилого дома, включающей автономную систему отопления на базе теплового насоса, горячее водоснабжение с предварительным подогревом холодной воды в рекуперативном теплообменнике за счет теплоты сбрасываемой в канализацию горячей воды, вентиляцию с системой утилизации теплоты воздуха, удаляемого из помещения. Кратко описывается принцип работы энергоэффективной децентрализованной системы теплоснабжения жилого дома.

Энергоэффективность, децентрализованная система теплоснабжения, тепловой насос, утилизация теплоты.

На территории Вологодской области существует множество районов, которые далеки от зоны газификации. Поэтому теплоснабжение осуществляется от централизованных котельных, работающих на твердом топливе. В большинстве случаев коэффициент использования теплоты твердого топлива низкий, что выражается в высоких тарифах на теплоснабжение. В некоторых же местах централизованное теплоснабжение и газоснабжение полностью отсутствуют, а имеется лишь электричество.

На сегодняшний день действует государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года. Одним из решений повышения эффективности работы систем теплоснабжения является внедрение децентрализованной системы теплоснабжения с применением энергосберегающих технологий [1].

Одним из самых экономичных источников тепла является тепловой насос (ТН). Принцип действия ТН базируется на реализации обратного термодинамического цикла. В ТН рабочий агент совершает обратный круговой термодинамический цикл, в результате которого обеспечиваются вывод энергии от холодного источника и передача её теплоносителю с более высокой температурой за счёт подвода внешней энергии к компрессору [2].

На рис. 1. представлена принципиальная схема децентрализованной системы теплоснабжения с тепловым насосом, вентиляционной установкой и проточным водонагревателем. Система представляет собой 3 независимых контура.

Установка, показанная на рис. 1, состоит из следующих элементов: КУ1 – контроллер управления системой вентиляции; ДК – датчик концентрации CO<sub>2</sub>; ДТН – датчик наружного воздуха; ДТВ – датчик внутреннего воздуха в помещении; РВВ – рекуператор (рекуперативный теплообменник «воздуховоздушный»); ВВ – вытяжной вентилятор; ПВН – проточный водонагреватель; РТ – автоматический регулятор температуры с сервоприводом; ВП – водоразборные приборы (душевая камера, раковины); ДТ2 – датчики температуры Pt500 (термометр сопротивления); ФО – фильтры грубой очистки; ЦН – циркуляционный насос; ПГВ – подогреватель горячего водоснабжения (рекуперативный теплообменник); КУ2 – контроллер управления системы горячего водоснаб-

жения; КУ3 – контроллер управления системы тепловой насос; И – испаритель; К – компрессорная установка; ТП – теплый пол (конденсатор); ДВ – дроссельный вентиль; ДТЗ – датчики температуры и давления.

Рассмотрим работу системы теплоснабжения, представленной на рис. 1. Все контуры системы теплоснабжения являются независимыми и работают автономно друг от друга. Отопление здания организовано от теплового насоса.

Тепловой насос – это компактная экономичная и экологически чистая система отопления, позволяющая получать тепло для горячего водоснабжения и отопления, используя при этом энергосберегающие технологии, основывающиеся на тепле низкопотенциальных источников. Сущность работы теплового насоса состоит в переносе энергии (тепла) от холодного тела к более теплomu. Для этого используется хладагент, который под воздействием подводимой теплоты испаряется в камере с низким давлением и температурой, далее после принудительного повышения давления и температуры в компрессоре, хладагент отдает полученное тепло, конденсируясь в камере с высоким давлением и температурой. Отношение количества перенесенной тепловой энергии к затраченной электроэнергии привода компрессора называют коэффициентом преобразования энергии теплового насоса.

Наружный контур теплового насоса представляет собой коллектор из металлопластиковых труб, уложенных траншеей в грунте на глубине 1,2–1,5 м под зданием. Горизонтальный коллектор выполняет функцию теплообменника (испарителя) в котором теплота грунта, которая в среднем за отопительный сезон около +2°C, передается теплоносителю с низкой температурой кипения. Теплоноситель находится в жидком состоянии. При переходе во внутренний контур, который выполнен в виде коллектора труб из металлопластика Ø25-32 в полу, уложенных по спирали или волнами. Хладагент из наружного контура поступает в компрессор и сжимается до установленного давления и температуры. Регулировка давления (К) осуществляется за счет контроллера управления (КУ1). При достижении установленного значения температуры наружного воздуха и температуры грунта по датчикам, информация в виде электрического

сигнала передается на контроллер, и он отключает тепловой насос. Через некоторое время при снижении основных параметров температуры воздуха в помещении, занесенной в программу контроллера КУ1, поступает сигнал на привод компрессора, установка включается и цикл повторяется. На выходе из системы установлен дроссельный клапан, в котором регулируется давление хладагента контроллером управления КУ2 для обеспечения эффективной работы теплового насоса.

При входе во внутренний контур отопления в виде теплого пола хладагент сжимается в компрессоре (К) до требуемых параметров, тем самым повышая количество теплоты, отдаваемой в отопительных приборах и теплом полу. При прохождении по внутреннему контуру хладагент конденсируется, отдавая свое тепло. На выходе из системы отопления установлен редукционный клапан понижающий давление в контуре под действием сигнала от КУ1 в зависимости от температуры грунта и температуры в помещении. При снижении давления дроссельным клапаном во внешнем коллекторе хладагент переходит в жидкое состояние. Регулировка работы компрессора и дроссельного клапана осуществляется контроллером управления (КУ1) по сигналу. Информация собирается на контроллер, передается с температурного датчика ДТ1, подключенного к контуру в грунте и датчика

температуры внутреннего воздуха в помещении в виде электрического сигнала.

Преимущества системы напольного отопления заключаются в том, что обеспечивается большая площадь поверхности нагрева пола и стен. В связи с увеличением площади нагрева требуется меньший температурный напор между греющим теплоносителем и нагреваемой средой (внутренним воздухом в помещении). В связи с этим требуются меньшие затраты электроэнергии на сжатие хладагента в тепловом насосе.

Также напольные системы отопления, в сравнении с радиаторами, не создают конвекционных потоков. Происходит равномерный нагрев пола, температура которого выше, чем у поверхности потолка. Такое распределение температур считается идеальным для создания комфорта человеку [2].

Одним из наиболее эффективных, малозатратных и быстрокупаемых мероприятий по энергосбережению общественных и промышленных, а в ряде случаев и жилых зданий является утилизация теплого вытяжного воздуха в системах механической вентиляции [3].

В системах вентиляции и кондиционирования воздуха использование теплоты удаляемого воздуха для нагрева приточного воздуха позволяет на 50...60% [4].

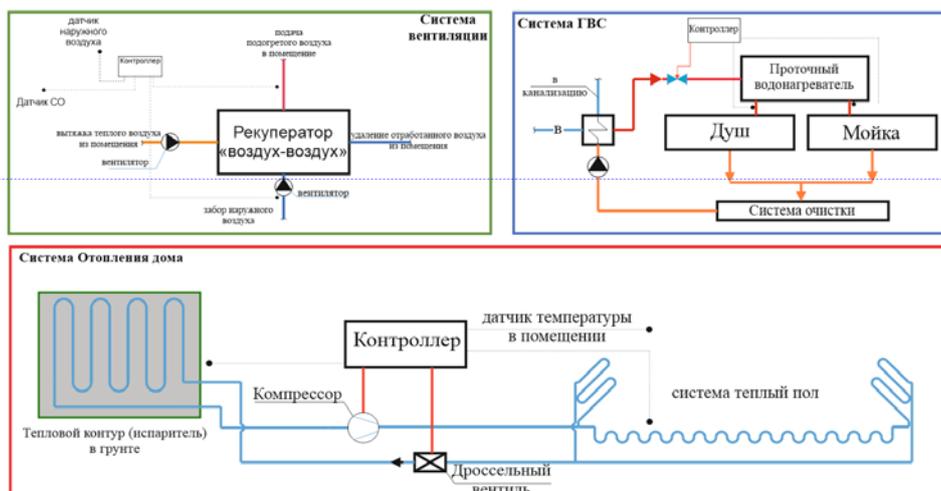


Рис. 1. Принципиальная схема энергоэффективной децентрализованной системы теплоснабжения

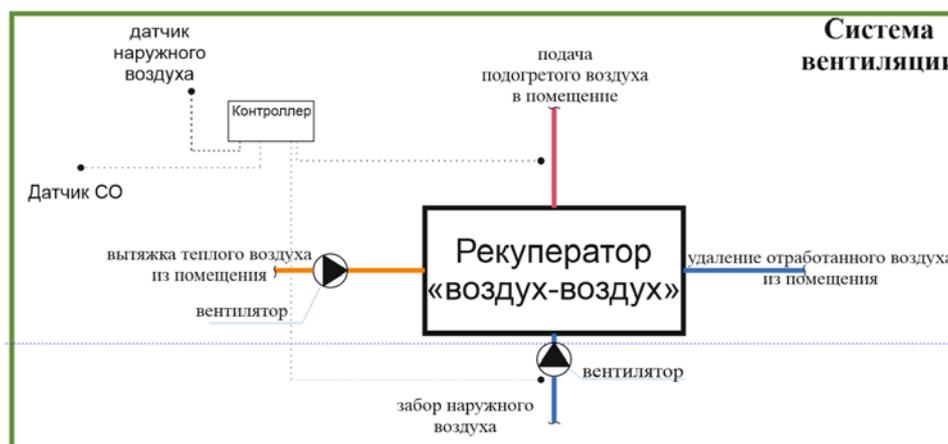


Рис. 2. Автономная схема системы вентиляции с рекуператором «воздух-воздух»

Контур системы вентиляции системы децентрализованного теплоснабжения изображен на рис. 2. В состав входят ВВ, ТО, датчики учета предельно-допустимой концентрации углекислого газа  $CO_2$  (2), которые подключены к контроллеру КУ2 (3). Информация с датчиков, установленных в помещении и установке, передается в виде электрического сигнала на КУ. В КУ происходит считывание, анализ и обработка информации. По программам, заложенным в КУ, осуществляется регулировка расхода воздуха на здание в зависимости от температуры и других параметров воздуха в помещении, управляя включением и выключением вентилятора системы вентиляции. Вычислительный контроллер является центральным звеном системы и производит ПИ-регулирование расхода воздуха с целью поддержания температуры в обратном трубопроводе (то есть самом холодном радиаторе здания) по графику в зависимости от температуры окружающего воздуха и учета предельно-допустимой концентрации углекислого газа  $CO_2$  еще сказать про расход воздуха.

При повышении установленного уровня ПДК углекислого газа сигнал, фиксируемый датчиком, поступает на контроллер, который включает вытяжной вентилятор.

Вытяжной вентилятор (3) забирает из комнаты загрязненный теплый воздух и направляет в рекуператор. Конструктивно рекуператор является прибором, имеющим внутри двухстенный теплообменник. При прохождении через него потоков теплого и холодного воздуха происходит обмен тепловой энергией между потоками.

При расчетной температуре наружного воздуха воздух засасываемый вентилятором с улицы поступает в рекуператор с  $t_{н.р.} = -32^\circ C$  (условия г. Вологды). При средней температуре внутреннего воздуха в помещении с  $t_{вн} = 20^\circ C$  температурный напор в рекуператоре приближенно составит  $5-15^\circ C$  в зависимости от площади поверхности нагрева. Поэтому за счет теплоты воздуха, удаляемого из помещения, в рекуператоре можно подогреть свежий воздух до температуры  $5-15^\circ C$ . При снижении уровня  $CO_2$  в помещении сигнал с датчика поступает на контроллер, который отключает вентиляторы. Объем подготовленного свежего воздуха подается порционно в помещение. Поэтому, смешиваясь с объемом воздуха в помещении, и при стабильной работе системы отопления температура в помещении будет поддерживаться  $t_{вн} = 20^\circ C$ .

В результате этого процесса холодный уличный воздух согревается, а выводимый из помещения воздух свое тепло передает холодному воздуху. Получается, что тепло большей частью остается в помещении. Холодный уличный воздух всасывается вентилятором (4), проходя через шиберную решетку (1) с целью попадания осадков и мелких предметов (птиц, веток, листьев и т.д.)

На рис. 3 представлена система горячего водоснабжения. Она представляет собой автономную децентрализованную систему.

Рассмотрим принцип работы автономной системы горячего водоснабжения. Основной подогрев воды осуществляется проточным водонагревателем, установленным в помещении рядом с водоразборными приборами в отличие от централизованной системы горячего водоснабжения. Таким образом, исключается опасность размножения бактерий в трубах и уже не требуется нагревать воду до температуры пастеризации  $65^\circ C$ . Поэтому подогрев горячей воды можно осуществлять только до комфортной температуры, так как человеческая кожа нормально воспринимает температуру воды до  $40-45^\circ C$ . Температура сливаемой горячей воды составляет  $30-35^\circ C$ , и её теплоту предлагается использовать в противоточном рекуперативном теплообменнике для предварительного подогрева свежей воды.

Свежая вода из водопровода с температурой в зимний период  $t_{нв.} = 5^\circ C$  и летний период  $t_{нв.} = 15^\circ C$  пропускается через рекуперативный теплообменник с целесообразным температурным напором  $\Delta t = 5^\circ C$  и предварительно подогревается до температуры  $25-30^\circ C$  за счет утилизации теплоты сливаемой в канализацию воды.

В летнее время свежая вода подогревается на  $15^\circ C$  в рекуператоре (от  $15$  до  $30^\circ C$ ) и на  $15^\circ C$  в проточном водонагревателе (от  $30$  до  $45^\circ C$ ). При этом в рекуператоре происходит  $15/30 \cdot 100 = 50\%$  всего подогрева воды ( $30^\circ C$  – полный подогрев воды от  $15$  до  $45^\circ C$ ). В зимнее время свежая вода подогревается на  $25^\circ C$  в рекуператоре (от  $5$  до  $30^\circ C$ ) и на  $15^\circ C$  в проточном водонагревателе (от  $30$  до  $45^\circ C$ ). При этом в рекуператоре происходит  $25/40 \cdot 100 = 62,5\%$  всего подогрева воды ( $40^\circ C$  – полный подогрев воды от  $5$  до  $45^\circ C$ ). При такой схеме подогрева можно утилизировать большую долю теплоты горячей воды, чем в случае, когда горячая вода нагревается до температуры  $65^\circ C$  и затем разбавляется до температуры  $40-45^\circ C$  путём смешения с холодной водой.

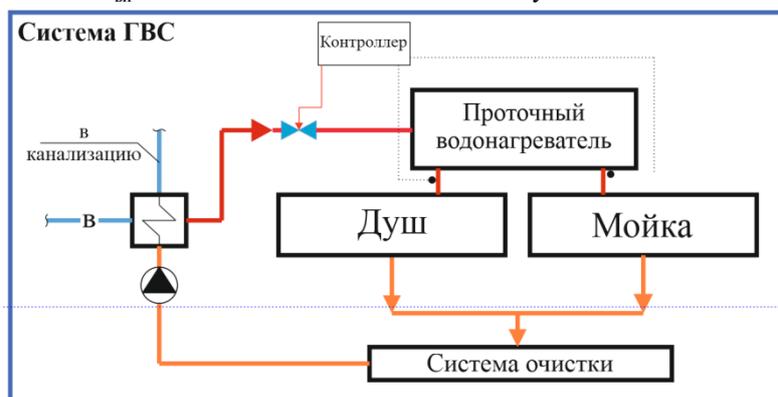


Рис. 3. Автономная система горячего водоснабжения в децентрализованной системе теплоснабжения

#### Литература

1. Некрасов, А. С. Состояние и перспективы развития теплоснабжения в России: по материалам доклада на междунар. семинаре «Проблемы теплофикации в странах с переходной экономикой», Москва, 23 марта 2004 г. / А. С. Некрасов, С. А. Воронина // Энергосбережение. – 2004. – № 3. – С. 22-31.
2. Рей, Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайл; пер. с англ. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
3. Богословский, В. Н. Теплофизика аппаратов утилизации систем ОВКВ / В. Н. Богословский, М. Я. Поз. – Москва: Стройиздат, 1983.
4. Самарин, О. Д. Энергетический баланс гражданских зданий и возможные направления энергосбережения / О. Д. Самарин // Жилищное строительство. – 2012. – № 8. – С. 2-4.

**O.V. Sratunov, S.V. Lukin**

#### **ENERGY EFFICIENT DECENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEM OF A RESIDENTIAL BUILDING**

The article represents the information about an energy efficient decentralized heat supply system of a residential building including autonomous heat supply system based on a thermocompressor, hot water supply with cold water preheating in a recuperative heat exchanger due to the heat of waste hot water, ventilation with the system of heat recovery of the air removing from the room. The article briefly describes the principle of work of an energy efficient decentralized heat supply system of a residential building.

Energy efficiency, decentralized heat supply system, thermocompressor, heat utilization.