

Разработка системы горячего водоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии

В.Н. Петренко, Н.В. Мокрова

Строительство жилых домов и объектов инфраструктуры требуют подвода значительных электроэнергетических и тепловых мощностей при существующем их дефиците. Недостаток традиционных энергоресурсов, их постоянно растущая стоимость, негативное воздействие от их сжигания на окружающую среду, могут быть компенсированы за счёт внедрения и массового использования солнечных энергетических установок. Инновационные программы строительства в частности малоэтажного жилья с учётом его предназначения для круглогодичного или сезонного проживания [1] могут быть выполнены с соблюдением экологических норм и наименьшими затратами при использовании возобновляемых источников энергии.

По результатам исследований Объединённого института высоких температур РАН [2] в тёплый период (с марта-апреля по сентябрь) на большей части территории России средняя дневная сумма солнечного излучения составляет 4,0-5,0 кВтч/м² (на юге Испании – 5,5-6,0 кВтч/м²). Эти показатели позволяют нагревать для бытовых целей около 100 л воды с помощью солнечного коллектора площадью 2 м² с вероятностью до 80 %, то есть практически ежедневно. По среднегодовому поступлению солнечной радиации лидерами являются Забайкалье, Приморье и Юг Сибири, а также юг европейской части (приблизительно до 50° с.ш.). При этом использование солнечных коллекторов в России составляет 0,2 м²/1000 чел. В то время как за рубежом солнечная энергия применяется давно и достаточно широко [3, 4].

В летнем периоде, большинство районов России вплоть до 65° с.ш. характеризуются высокими значениями среднедневной радиации. В зимнее время количество поступающей солнечной энергии снижается в зависимости от широтного расположения установки в разы. Сооружение коллекторов в

настоящее время осуществляется, в основном, в Краснодарском крае, Бурятии, в Приморском и Хабаровском краях. Для всесезонного применения установки должны иметь большую поверхность, два контура с антифризом, дополнительные теплообменники. При круглогодичной работе, например в Украине, солнечные коллекторы способны обеспечить дом или квартиру бесплатной тепловой энергией с апреля по октябрь. В другой период года они дают лишь часть тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение. Благодаря географическому расположению работа гелиоколлекторов в Крыму на 30 % эффективнее, чем в Киеве [5].

Традиционно в гелиосистемах используются следующие устройства: плоский, или вакуумный солнечный коллектор; насосный узел для перекачки теплоносителя от солнечного коллектора к баку; управляющий контроллер; бак-аккумулятор горячей воды; пиковый доводчик (тепловой насос, электрический тэн или другой источник).

Модернизированная в результате данной работы система теплоснабжения использовала только энергию, поставляемую централизованной теплосетью по смешанной схеме с воздушной системой отопления здания и открытой системой горячего водоснабжения без линии рециркуляции. Потребляемая тепловая энергия отопления и горячего водоснабжения учитывалась в тепловом узле с помощью тепловых счетчиков горячего водоснабжения.

В предложенной системе теплоснабжения апробирован способ высокоэффективной совместной работы солнечных коллекторов и системы централизованного энергоснабжения. Централизованная теплосеть используется для покрытия дефицита энергии, подаваемой от гелиоустановки, и поглощения избыточной энергии в периоды спада нагрузки локальной сети. При этом реализуется нетрадиционный «реверсивный» режим связи гелиоустановки с центральной теплосетью. Это позволяет в случае недостаточной плотности солнечного излучения (облачность, зимний период) обеспечить кондиционную температуру нагреваемой воды до нормативного значения (55°C) за счет отбора тепла у сетевой воды. При избытке солнечной энергии (солнечные

дни, летний период, выходные дни) предложено отдавать тепловую энергию Солнца в обратную магистраль тепловой сети.

Для перевода системы горячего водоснабжения на солнечную энергию предложена автоматизированная гелиоустановка. На крыше здания устанавливаются солнечные коллекторы общей площадью 44,16 м². В качестве лучепринимающих элементов системы выбраны солнечные коллекторы типа «Сокол 1».

Производительность солнечной коллекторной установки горячего водоснабжения 4,5 м³/сутки. Для достижения максимальной эффективности с учётом проведенного обзора существующих вариантов технологических схем предложена четырёх контурная схема гелиоустановки горячего водоснабжения (рис. 1) с параллельной работой от теплосети.

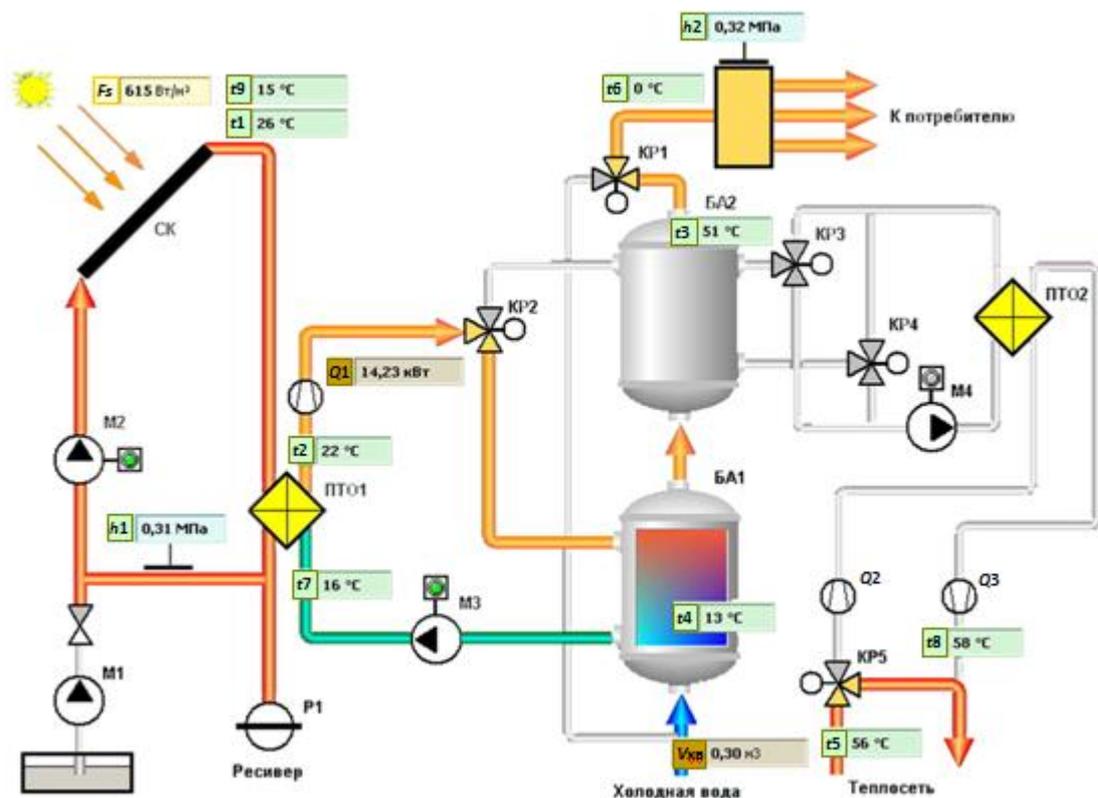


Рис. 1. Автоматизированная система горячего водоснабжения с резервированием от городской теплосети

При круглогодичной работе в контуре солнечного коллектора используется антифриз – экосол (пропиленгликоль), при сезонной работе может ис-

пользоваться дистиллированная вода. Контур снабжается циркуляционным насосом М2 производительностью 1,5 м³/ч и напором 0,07 МПа, пластинчатым теплообменником ПТО1, системой подпитки с ручным поршневым насосом М1, баком для хранения экосола, автоматическим воздухоотводчиком, переливной трубой и ресивером Р1.

Основу контура циркуляции теплоносителя составляют баки-аккумуляторы БА1 и БА2, циркуляционный насос М3. Баки-аккумуляторы работают последовательно и параллельно, находятся под давлением водопровода (до 1 МПа) и стратифицированы по температуре воды. Подпитка контура циркуляции производится из городского водопровода через аппараты химической обработки воды «Комплексон-6».

Резервным и пиковым источником теплоты являются тепловая сеть, кроме того, в летнее время предложено использовать централизованную сеть для сброса избыточной тепловой энергии, вырабатываемой гелиосистемой. Для этого сформирован контур, связывающий бак БА2, циркуляционный насос М4 и пластинчатый теплообменник ПТО2.

Последний контур системы теплоснабжения управляется трёхходовым клапаном с электроприводом КР5. Для учета потреблённой на дополнительный нагрев и сброшенной в сеть тепловой энергии в этом контуре установлен реверсивный теплосчетчик.

Рассмотрим алгоритм реверсивного теплообмена между баком-накопителем кондиционной воды БА2 и магистралью подачи горячей воды от теплосети. В соответствии с выбранной концепцией, при недостаточном нагреве воды в верхней части бака накопителя БА2 ($t_3 < 55^{\circ}\text{C}$), дополнительный нагрев осуществляется от теплосети через клапан КР5 – в открытом положении, циркуляционный насос М4 – включён, и трёхходовые клапаны КР3, КР4 – переключены на подачу нагретой воды в нижнюю часть БА2. При достижении заданной температуры нагрев прекращают (КР5 – закрыт, М4 – выключен).

При недостаточном разборе воды и её перегреве от солнечной энергии в верхней части бака накопителя БА2 ($t_3 > 55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$). В этом случае происходит передачи избытка тепла в обратную ветвь теплосети (КР5 – открыт, М4 – включён, КР3 и КР4 – переключены на подачу нагретой воды с верхней части БА2).

Важным следствием применения реверсивного режима является возможность установки на прямой и обратной ветви магистрали теплосети тепломера «два в одном» ВКТ7-03, обозначенного Q_2 и Q_3 . При этом Q_2 регистрирует тепло, подаваемое из теплосети, а Q_3 –возвращаемое в теплосеть. По договорённости с теплоснабжающей организацией возврат засчитывается во взаиморасчётах по отпускной цене тепловой энергии.

Произведён анализ работы солнечной коллекторной установки горячего водоснабжения в возможных временных режимах. В ночном режиме круглогодично осуществляется забор горячей воды от централизованного источника, контур солнечных коллекторов отключен, включен насос М4, трёхходовой клапан открыт для теплоносителя проходящего через теплообменник ПТО2. В летнем режиме происходит нагрев воды энергией Солнца. При этом контур солнечных коллекторов в работе, включены насосы М2 и М3, трёхходовой клапан КР1 переключает нагретую воду контура циркуляции в бак кондиции БА2 (см. рис. 1). В летнем режиме при условии перегрева реализован сброс тепла в централизованную теплосеть. В данном случае контур солнечных коллекторов в работе, включены насосы М2 и М3, трёхходовой клапан КР1 переключает нагретую воду в бак кондиции БА2, трёхходовые клапаны КР3, КР4 переключены для сброса избыточного тепла, насос М4 перекачивает через ПТО2 перегретую воду, КР5 открыт, тепломер регистрирует передачу тепла в централизованный источник.

Следует отметить, что в схеме установки применены два отдельных бака-аккумулятора. В БА1 происходит ассимиляция низкопотенциальной теплоты, осуществляется первичный нагрев холодной воды, поступающей из городской сети. В баке БА2 происходит подогрев воды до кондиционной

температуры. В зависимости от мощности солнечного излучения это происходит непосредственно от теплообменника, если температура воды на его выходе превышает кондиционную, или от теплообменника ПТО2, подключённого к теплосети. В летний период доля нагрева воды от солнечных коллекторов обычно составляет более 70 %, а в отдельные дни достигает 100 %.

Параллельный режим работы гелиоустановки с городской теплосетью дал возможность включить в состав программного обеспечения системы горячего водоснабжения подпрограмму поддержания оптимальной температуры воды в баке БА2. При превышении этой температуры алгоритм позволяет управлять процессом понижения температуры воды в верхней части БА2 посредством отбора тепла через теплообменник водой более низкой температуры из теплосети. Исходя из суточного среднего разбора горячей воды потребителями объёмы баков – аккумуляторов выбраны по 2 м³.

Разработанная система управления установкой теплоснабжения позволяет обеспечить высокую оперативность, безотказность средств автоматизации, при этом принят оптимальный уровень централизации управления с минимальным количеством технологического контроля, управления и линий связи между ними. На базе микроконтроллера AT89S8252 сконструирован блок управления, встроенный в шкаф автоматики, на мнемосхеме отображаются текущие параметры температуры, давления, расхода холодной и горячей воды, выработки тепла, рассчитывается текущий КПД установки, сохраняются данные для статистического анализа работы системы водоснабжения.

По уровню автоматизации и конструктивным решениям установка не имела аналогов в стране, в ней впервые был реализован принцип реверсивной связи с центральной теплосетью [6, 7].

Рассчитано, что ориентировочный срок окупаемости гелиосистемы, где тепловым дублером для горячего водоснабжения служит электрический котел мощностью 15 кВт – 1,5 года. Для аналогичной системы с котлом на дизельном топливе срок окупаемости – 2.2 года [8]. Анализируя влияние климатических условий на выбор режима работы солнечной установки [9], мож-

но сделать вывод, что использование солнечной установки в режиме круглогодичного горячего водоснабжения обеспечивает высокие значения удельной теплопроизводительности и происходит экономия топлива, особенно в климатически благоприятных районах, например южная часть европейской территории РФ (южнее Самары), и может использоваться повсеместно южнее 60° с. ш. Рекомендуемая площадь солнечных коллекторов составляет при этом $1,0-1,5 \text{ м}^2$ на одного человека.

Применение солнечных установок в режиме сезонного горячего водоснабжения имеет существенное преимущество с точки зрения простоты схемы, но связано со снижением удельной теплопроизводительности в сравнении с режимом круглогодичного горячего водоснабжения. Опыт эксплуатации показал, что при всей простоте и кажущейся дешевизне эти системы достаточно проблематичны в эксплуатации и имеют меньший срок службы в сравнении с многоконтурными системами, включающими промежуточные теплообменники и резервные источники тепловой энергии.

Наиболее распространенной в Европе системой, применяемой для горячего водоснабжения индивидуальных жилых зданий (коттеджей), является двухконтурная система с принудительной циркуляцией в коллекторном контуре теплоносителя-антифриза. В активных системах, участвующих в покрытии части нагрузки отопления, предусматривается дублирующий источник тепла, использующий электроэнергию или газ. В крупных системах способных обеспечить нужды горячего водоснабжения и отопления многоквартирных домов или целых жилых кварталов используется суточное или сезонное аккумулирование тепла. В любом случае речь идёт о рациональном использовании тепловой энергии и исключении её потерь, чего и удалось достигнуть в результате реализации системы взаиморасчета с теплоснабжающей организацией для предложенной системы горячего водоснабжения.

Применение экономического механизма воздействия субъектов экономики, растущая заинтересованность в максимальном ограничении вредо-

ного воздействия на окружающую среду [10] обуславливает широкое использование возобновляемых источников энергии.

Литература:

1. Ивакин, Е.К., Вагин А.В. Классификация объектов малоэтажного строительства [Электронный ресурс] // [Инженерный вестник Дона](#), 2012. № 3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/937> // (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

2. Справочные издания и базы данных. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://jiht.ru/science/information-resources.php> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Mills, D. Boom-time for renewable energy in Europe // Solar Progress. – 2000. – Vol. 21, № 2. – P. 14.

4. Arkar S., Medved S., Novak P. Long-term operation experiences With large-scale solar systems in Slovenia // Renewable Energy. – 1999. – Vol. 16. – P. 669-672.

5. Солнечные коллекторы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://progress21.com.ua/ru/solar-collectors/operating-principle/> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Петренко, В.Н., Садилов П.В. Опыт параллельной работы гелиоустановки и теплосети в регионе г. Сочи [Текст] // Промышленная энергетика. – 2005. – №10. – С.47–50.

7. Садилов, П.В., Петренко В.Н., Логинова С.А., Ильин И.К. Опыт использования ВИЭ в регионе Сочи [Текст] // Промышленная энергетика. – 2009. – №5. – С. 50-53.

8. Тарнижевский, Б.В. Оценка эффективности применения солнечного теплоснабжения в России // Теплоэнергетика. 1996. – № 5, – С. 15–18.

9. Казанджан, Б.И.. Современные системы солнечного теплоснабжения [Текст] // Энергия. – 2005. – №12. – С. 10–17.

10. Магомадова, Х.А. Методологические подходы формирования инновационно-инвестиционного механизма средозащитных инноваций в строительном комплексе [Электронный ресурс] // [Инженерный вестник Дона](#),

2012. № 4 (часть 2) – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1463> // (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.