

Gaylen Atkinson, член ASHRAE; Tom Colvin P. E., член ASHRAE

ru.depositphotos.com

СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В СИСТЕМЕ ГВС ПРИ ПОМОЩИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

В статье представлен практический опыт монтажа и эксплуатации системы нагрева горячей воды (ГВС) при помощи солнечных коллекторов, установленной в приюте для подростков (штат Юта, Солт-Лейк-Сити). Изложенный в статье опыт позволит нашим читателям понять, как добиться наибольшей энергоэффективности для подобных систем. Следует также отметить, что особенности климата Солт-Лейк-Сити – снежная холодная зима и знойное засушливое лето, позволяют использовать опыт, представленный в данной статье, и в нашей стране.

Продолжение.

Начало в журнале «Сантехника», № 3, 2015

Тонкая настройка системы

Мониторинг показал, что из-за тепловой конвекции продолжается движение жидкости в контуре солнечных коллекторов даже при неработающем насосе, что вызвало дополнительное вторичное излучение уже накопленной энергии. Вероятно, клапан, установленный на солнечном контуре, заклинило в положении «открыто» (рис. 2)*. Клапан был заменен на новый, и проблема сразу исчезла. Журнал мониторинга накопленной за день тепловой энергии показал, что потери собранного тепла составляли каждый день до 20 %, пока работа насоса не была отрегулирована и не была произведена замена клапана.

После того как в системе был установлен электромагнитный клапан для автоматического сброса горячей воды, проблема перегрева коллекторов в дни с минимальным водоразбором больше не возникала. При появлении риска

перегрева горячая вода автоматически сбрасывалась, не позволяя температуре в баках-аккумуляторах превысить значение 180 °F (82 °C). Наиболее эффективной оказалась такая работа предохранительного клапана, при которой до 16.00 при достижении температуры воды в баке 170 °F (77 °C) происходил сброс давления в течение нескольких минут. Всего за день с минимальным водоразбором сбрасывалось примерно такое количество тепла, которое накапливалось за час работы солнечного коллектора. Вскоре обнаружилось, что можно сократить время работы сбросного клапана на полчаса, до 15.30 вечера, это помогло сократить расход сбрасываемой воды. Дело в том, что после 15.30 солнечной энергии было недостаточно для того, чтобы вода в баках-аккумуляторах нагревалась до температуры 180 °F (82 °C). Первоначально планировалось, что насос автоматически будет останавливаться, когда температура воды в баках достигнет 180 °F (82 °C), но затем пришли к выводу, что это будет плохим решением для нашей системы, так как гликоль в коллекторах

* См. начало статьи в журнале «Сантехника», № 3, 2015.

мог бы закипеть. После закипания гликоль пришлось бы менять.

Повышение энергоэффективности

По результатам наблюдения было выявлено, что почти 100 галлонов (379 л) горячей воды сбрасывались каждые выходные в сентябре, для того чтобы предотвратить перегрев гликолевого контура. Мы экспериментировали, внося изменения в систему, чтобы избежать напрасной траты горячей воды. Было решено добавить в систему насос для перекачивания горячей воды из баков-аккумуляторов в газовые водонагреватели. В баки-аккумуляторы, в свою очередь, из газовых водонагревателей поступала вода, которая имела более низкую температуру. Это позволило увеличить количество тепловой энергии, собранной при помощи солнечных коллекторов во второй половине дня (рис. 3). Во время монтажа насоса обнаружилось, что также необходимо произвести установку внешнего обратного клапана, так как в насосе не было предусмотрено встроенного клапана. Для запуска насоса в работу не потребовалось внести существенные изменения в автоматизацию системы, потому что все, что нужно было для работы, – автоматический запуск перекачивающего насоса в том случае, если после 14.00 температура воды в баках-аккумуляторах предварительного нагрева превышала 160 °F (71 °C).

После внесенных изменений необходимость в аварийном сбросе горячей воды в выходные

дни отпала. Насос работает в течение нескольких часов в выходные дни во время самых жарких дней лета, а также в теплые выходные дни осенью.

Особенности работы системы с гликолем

Когда изменили обвязку баков-аккумуляторов, нагреваемых энергией солнца, и добавили гликоль, циркуляционный расход через контур солнечных коллекторов уменьшился. Первоначально, при использовании в качестве теплоносителя воды из городской сети, расход составлял 2 галлона в минуту (0,13 л/с), затем, при использовании гликоля, расход сократился до 1,6 галлона в минуту (0,10 л/с), что привело к проблемам в работе системы. Через несколько недель анализ мониторинга системы показал, что температура в коллекторах больше, чем 240 °F (116 °C), циркуляция в контуре отсутствовала, возникло предположение, что гликоль начал кипеть. В процессе осмотра системы было выявлено, что из автоматического воздухоотводчика, установленного на выходе из коллекторов, выходит пар.

Датчик на расширительном баке показал, что давление гликоля упало почти до нуля. Запорные клапаны были установлены таким образом, что отсекали одновременно с насосом и расширительный бак, поэтому сразу снять насос для осмотра не получилось. Для замены был найден насос другой модели, работающий на постоянном токе, который в рабочей точке при необходимом напоре создавал расход в 1,5 раза больше, чем

КОММЕНТАРИЙ

Многие проблемы, с которыми авторы статьи столкнулись при отладке системы, на сегодняшний день уже учтены и решены в современных конструкциях солнечных коллекторов. Например, проблема необходимости сброса воды (гликоля) при перегреве системы. В коллекторах NIBE, с которыми мы работаем, реализована система стагнации. Если водоразбор в системе не происходит, а нагрев продолжается, температура в бойлере косвенного нагрева достигает максимального значения в 90 °C, гликоль в солнечном коллекторе начинает закипать, переходит в газообразное состояние и вытесняет оставшуюся в жидком состоянии часть гликоля в расширительный бак. После того как весь гликоль в коллекторе перешел в газообразное состояние, устанавливается стагнация – дальнейшего нагрева не происходит. Это состояние может продолжаться сколь угодно долго, до тех пор, пока не возобновится водоразбор, и температура не начнет снижаться. Такая автоматически работающая система защиты от перегрева является одним серьезным плюсом данных коллекторов, так как предотвращает неоправданный сброс горячей воды в дренаж (или как мера безопасности – гликоля), который в ряде других систем до сих пор является единственным способом защиты от перегрева.

Алексей Кузьмин, руководитель направления энергосберегающих технологий NIBE, ЗАО «ЭВАН»

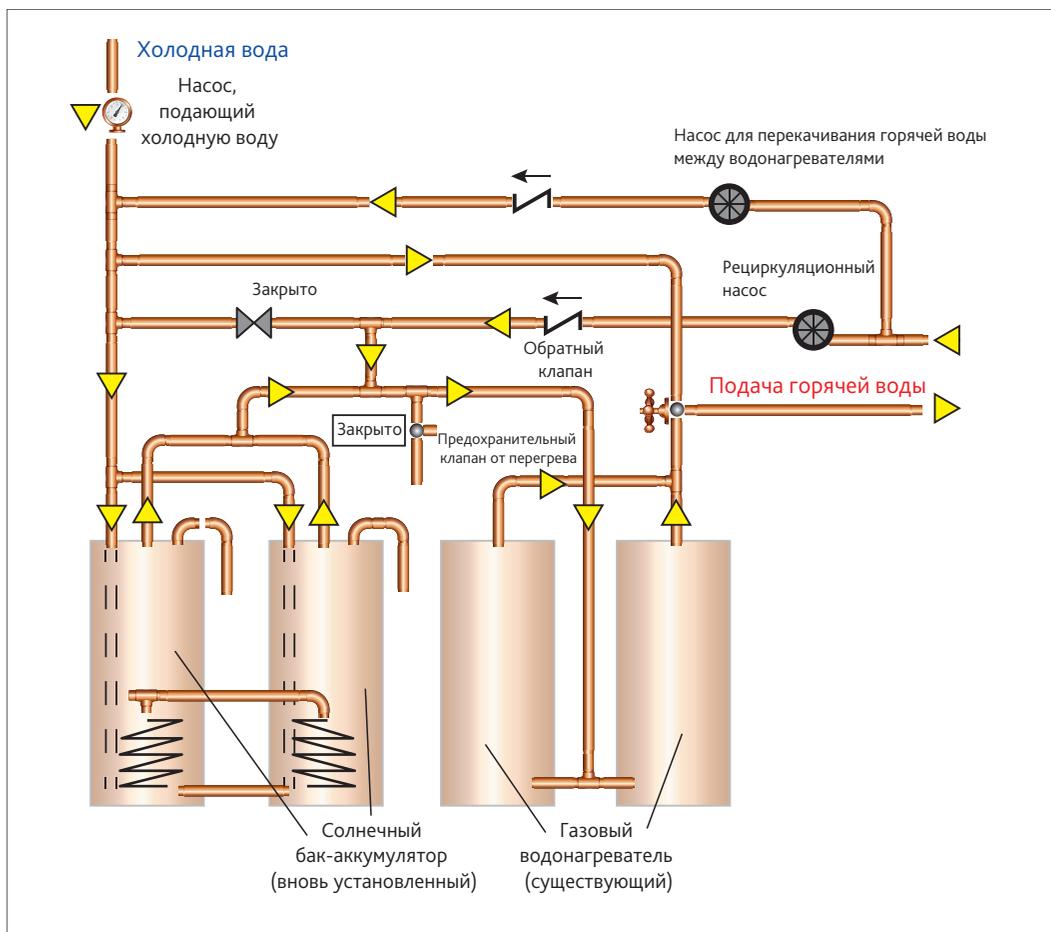


Рис. 3. Обвязка водонагревателей и насосов системы

прежний (рис. 4). Мы купили и установили новый насос и фильтр с дополнительными запорными клапанами для легкого демонтажа насоса в будущем. Циркуляционный расход гликоля после установки нового насоса возрос с 1,6 до 2,0 галлона в минуту (от 0,10 до 0,13 л/с).

Был сделан вывод, что в системе возникла воздушная пробка, которая препятствовала работе системы. Воздушная пробка образовалась из-за того, что не была обеспечена достаточная скорость потока для гликоля, вязкость которого возрастает при низких зимних температурах, прежде чем солнце нагреет коллекторы. Для того чтобы можно было контролировать работу гликолевого контура, был установлен датчик давления. Для проверки работоспособности демонтированного насоса его погрузили в емкость с водой и включили, выяснилось, что насос работает нормально. Теперь, после замены насоса, проблем с завоздушиванием системы из-за низкого циркуляционного расхода в холодный период года больше не возникало.

Работа системы в снежный период года

Первоначально фотоэлектрическая (PV) панель, снабжавшая энергией циркуляционный насос гликолевого контура, была установлена под тем же углом наклона к солнцу, что и солнечные коллекторы. В процессе эксплуатации выяснилось, что выбранное при проектировании расстояние между PV-панелью и крышей оказалось недостаточным для самоудаления снега. В январе, после сильного ночного снегопада, наступила ясная погода и стало ярко светить солнце. Было отмечено, что поступающее к насосу напряжение от PV-панели очень низкое – всего 12 В вместо 18 В, а температура коллектора была выше 240 °F (116 °C). Гликоль начал кипеть из-за низкого расхода. При осмотре панели выяснилось, что нижняя часть солнечной батареи полностью заблокирована снегом, это и послужило причиной падения мощности панели и выработки недостаточного количества электроэнергии для работы циркуляционного насоса.

На солнечных коллекторах растаяла только верхняя треть снежного покрова, но этого было достаточно для их перегрева и кипения гликоля из-за уменьшившегося расхода теплоносителя. Как только PV-панель очистили, проектный расход стал в полном объеме поступать в коллекторы, что сразу привело к снижению в них температуры. Понадобилось добавить небольшое количество гликоля для компенсации испарившегося. После опроса обслуживающего персонала выяснилось, что они обычно очищали от снега фотоэлектрическую панель и коллекторы после сильных снегопадов, но в этот раз забыли это сделать. Чтобы снег гарантированно удалялся естественным образом без помощи обслуживающего персонала и в будущем не возникли подобные проблемы, PV-панель была перемонтирована и установлена таким образом, чтобы после снегопада она полностью самоочищалась от снега прежде, чем он начал таять на тепловых коллекторах.

Наладка работы системы весной

В марте установили датчик интенсивности солнечного излучения, теперь стало возможно сопоставить фактическую производительность коллекторов в зависимости от солнечного излучения, чтобы получить точные данные об эффективности коллекторов в нашей географической зоне. Также для постоянного контроля давления гликоля в системе установили датчик давления. Было решено добавить расходомер для контроля работы насоса, работающего на солнечной энергии. Таким образом, теперь можно было проверить, совпадают ли фактические характеристики насоса с его рабочей кривой. Максимальный расход по показаниям составил 1,5 галлона в минуту (0,09 л/с), а не на 2,0 галлона (0,12 л/с), как было прошлой осенью. Чтобы нормализовать расход, было предложено прочистить сетчатый фильтр.

В апреле было зарегистрировано, что температура гликоля на входе в коллектор значительно превышала все ранее зафиксированные значения, причем температура была выше как в ночное время, так и в течение дня. В результате по показаниям датчиков выходило, что зачастую температура на входе в коллектор превышала температуру на выходе из него даже тогда, когда солнечные баки-аккумуляторы должны были нагревать и накапливать воду для ГВС в дневное время. Естественно, что полученные показания датчиков не могли быть верными. Также заниженными оказались данные мониторинга,



Рис. 4. Характеристика насоса, работающего от солнечной энергии

показывающие количество собранной тепловой энергии за последний период времени.

Программа управления системой, руководствуясь полученными неверными показаниями датчиков и данными сбора тепловой энергии, пыталась одновременно бороться с несуществующей проблемой вторичного излучения и нагревать воду. В итоге циркуляционные насосы в системе включались короткими циклами. Так как сразу выехать на объект, чтобы определить источник проблемы, не было возможности, мы временно внесли изменения в алгоритм работы программы – теперь насос работал непрерывно в течение дневного периода сбора тепловой энергии. Датчик давления гликоля, который также был подключен всего несколько недель назад, показал, что за зимний период система потеряла некоторое количество гликоля. Выехав на объект, мы в первую очередь нашли негерметичные соединения, через которые выходил гликоль, и подтянули их. Затем очистили сетчатый фильтр, и величина расхода насоса достигла проектного уровня. И в заключение заменили неисправный датчик температуры на входе в коллектор. Проанализировав данные о потреблении горячей воды, расходе природного газа, а также об интенсивности солнечного излучения за последний период времени, мы выяснили, что фактический КПД системы оставался на прежнем уровне. Полученные данные о снижении КПД были не верны и были вызваны неправильными показаниями датчика. Чтобы компенсировать

потери гликоля за зимний период, была произведена дозаправка.

В начале мая насос был заблокирован парами гликоля, потому что солнечное излучение значительно возросло по сравнению с зимними показателями. Посчитав, что данная проблема вызвана повышенным давлением в расширительном баке, установленном в гликолевом контуре без доступа к порту давления, мы демонтировали расширительный бак из контура для тестирования. Оно показало, что давление составляло 50 пси (345 кПа), что намного выше, чем 12 фунтов (83 кПа) на квадратный дюйм, которое было указано на маркировке бака. Спустив давление до нормируемого в 12 фунтов (83 кПа) на квадратный дюйм, установили расширительный бак на место, и с тех пор в работе системы не было сбоев.

В процессе настройки система автоматизации не только контролировала все датчики, но и передавала на сайт проекта данные в онлайн-режиме. Сайт стал популярным среди специалистов, которые хотели узнать больше о повышении производительности оборудования, работающего при помощи солнечной энергии.

Выводы

1. Летом дневные температуры в регионе составляют в среднем от 80 до 90 °F (от 27 до 32 °C). Это позволило регулярно получать горячую воду в баках-аккумуляторах с температурой 150 °F (66 °C). Температуры зимой от 30 до 40 °F (от -1 до 4 °C) в дневное время, что позволило получать воду с температурой 100 до 120 °F (38 до 49 °C). Следует учитывать, что описываемая в статье зима в Солт-Лейк-Сити была аномально пасмурной, что уменьшило количество теплоты от солнечных коллекторов.

2. Угол установки коллекторов, находящихся в наших широтах, составляет 40°. Это означает, что максимум сбора солнечной энергии должен быть в марте и сентябре.

3. Получение данных о работе системы в режиме реального времени позволило удаленно диагностировать многие оперативные проблемы, которые возникали при работе нашей системы. Контроль полученного количества солнечной энергии позволил повысить производительность.

Некоторое расхождение данных о собранной тепловой энергии, полученных в режиме реального времени, и данных, вычисленных из совокупного использования ГВС на объекте, является следствием неучтенной потери тепла от котельного оборудования и системы трубопроводов.

Общие рекомендации

1. Сократить нагрузку на систему ГВС поможет предварительная замена обычной водоразборной арматуры на водосберегающую, а также построение суточного графика нагрузки на систему ГВС.

2. Типоразмер системы необходимо выбирать с учетом разумной окупаемости системы, не обязательно выбранная мощность системы солнечных коллекторов должна покрывать полностью нужды ГВС во время пиковых нагрузок.

3. При проектировании системы нужно обязательно учитывать климатические условия и выбирать месторасположения коллекторов, учитывая следующие факторы: максимально эффективный угол установки, ветровые нагрузки, удобство прокладки трассы от коллекторов к бакам-накопителям. Также необходимо обеспечить достаточно пространства, чтобы предотвратить накопление снега и добиться естественного удаления снега с коллекторов.

4. Если система солнечных коллекторов будет установлена в уже существующей системе ГВС, необходимо тщательно обследовать трубопровод, точки подключения и трубопроводную арматуру, это обеспечит в будущем удобство при эксплуатации системы. Не думайте, что все составляющие существующей системы работают, даже если сама система ГВС функционирует уже в течение нескольких лет.

5. Необходимо проверить правильность работы существующих водонагревателей, смесительных клапанов, циркуляционных насосов, клапанов и других ключевых узлов системы, так как с солнечным подогревом вода может быть намного горячее, чем в обычной системе ГВС – невозможно выключить солнце, когда это будет необходимо.

6. В течение года будут возникать ситуации, когда полученное при помощи солнца тепло будет в разы превышать потребление, проект должен включать в себя средство предохранения системы от избыточного тепла. Также нужно предусмотреть обеспечение работы циркуляционного насоса при отключении электроэнергии, чтобы предотвратить возможное закипание гликоля (насос, работающий от PV-панели, или аварийный насос).

Рекомендации по монтажу

1. Заниматься установкой солнечной инженерной системы должен главный подрядчик, который также будет координировать установку

коллекторов и оборудования с кровельными работами, электрикой, управлением инженерными системами.

2. Принципиальная схема обвязки и трубопроводов должна быть максимально проработана, установлены все необходимые клапаны, датчики, а также запорная арматура для обслуживания каждого компонента системы.

3. Во время установки необходимо проверить давление в расширительном баке, потому что оно не всегда соответствует указанному производителем. Следует убедиться, что в конструкции бака есть порт давления для будущего тестирования при техническом обслуживании системы.

Рекомендации по вводу в эксплуатацию

1. В состав монтажной бригады должен войти человек с опытом наладки солнечных систем, способный проверить соответствие расходов, перепадов температур и определить количество поступающей солнечной энергии.

2. Бригада должна иметь солнечный экран (брезент), подходящий по типоразмеру для коллекторов, так как пусконаладочные работы могут

быть выполнены в течение дня и нужно будет «отключить солнце», чтобы отрегулировать ночной режим работы системы.

3. Необходимо провести обучение владельца/службы эксплуатации и предоставить им рекомендации по устранению неполадок, а также рекомендовать владельцу записывать дату и время возникновения проблемы.

4. При установке в снежном климате нужно проинструктировать владельца по удалению снега, чтобы предотвратить снижение КПД солнечных коллекторов.

Мы надеемся, что подробный отчет о нашем опыте будет полезным для специалистов, поскольку проекты ГВС с использованием солнечных коллекторов становятся все более популярными.

Перевод и техническое редактирование выполнены Н.А. Шониной.

© ASHRAE. Перепечатано из журнала ASHRAE. Ознакомьтесь с этой и другими статьями на английском языке вы можете на сайте www.ashrae.org



Научно-производственное предприятие (НПП) «Гидрикс» образовано в 2010 году как инженерно-конструкторское и производственное подразделение холдинговой компании «Эко-Потенциал М», уже давно хорошо зарекомендовавшей себя на рынке оборудования для биологической и механической очистки сточных вод



НПП «Гидрикс» разрабатывает и выпускает под собственной запатентованной маркой HYDRIG™ следующее оборудование:

- роторные воздуходувки для промышленных систем аэрирования;
- автоматические станции приготовления растворов флокулянтов;
- шнековые обезвоживатели осадков (по лицензии Амсон, Япония);
- механические решетки для очистки стоков;
- аэрационный рукав (мембрана);
- трубчатые аэраторы;
- флотаторы и электрофлотаторы;
- гиперболические мешалки;
- ротосито;
- жироловки

Тел.: +7 (495) 788-01-88, +7 (499) 649-01-88, 8 (800) 301-01-08
www.hydrig.ru