**Влияние климатических условий на выбор режима работы установки. Классификация ССТ. Принципиальная схема двухконтурной системы.**

**Расчет основных характеристик солнечных коллекторов.**

**Системы солнечного теплоснабжения** (ССТ) становятся все более популярными во многих странах мира. Особенно впечатляют успехи солнечной теплоэнергетики в Европе, где ежегодный прирост оборота отрасли в течение последних десяти лет составлял 11–12%.

Общая площадь **солнечных коллекторов** (СК), установленных к настоящему времени в европейских странах, составляет более 11 млн м2. В последнее десятилетие наиболее быстро рынок ССТ развивался в Германии, Австрии и Греции. Развитие этого сектора рынка в Европе сопровождается организацией специальных кампаний по продвижению новых технологий, а также финансовым и законодательным регулированием и поддержкой.

Резкий рост стоимости органических энергоресурсов в последнее время дал развитию солнечной теплоэнергетики дополнительный импульс. Даже те страны Европы (Италия, Испания), в которых, несмотря на большой климатический потенциал для использования солнечной энергии, эта отрасль развивалась вяло, принимаются дополнительные программы по ее использованию.

Мировой опыт применения солнечных коллекторов показывает, что солнечные системы теплоснабжения могут быть эффективными и надежными для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и общественных зданий, подогрева воды в бассейнах и даже солнечного кондиционирования и опреснения воды.

Более подробно успехи зарубежных стран в освоении и использовании солнечной энергии описываются в специализированных изданиях, которые, к сожалению, практически недоступны широким кругам инженерной общественности.

Как же обстоят дела с созданием систем солнечного теплоснабжения в России в настоящее время? В значительной мере успехи этой отрасли в Европе объясняются мощной законодательной и финансовой поддержкой во всех странах европейского сообщества. В нашей стране как та, так и другая поддержки полностью отсутствуют, и поэтому достижения в этой области минимальны, хотя небольшое количество систем все же создано и успешно работает.

Перед тем как рассматривать конкретные схемы солнечных систем, необходимо уточнить, пригодны ли вообще климатические условия России для их создания и развития и какие комплексы наиболее перспективны в наших условиях.

**Влияние климатических условий на выбор режима работы солнечной установки.**

**При использовании солнечной установки в режиме теплоснабжения**, то есть при участии ее в покрытии нагрузки отопления и ГВС, площадь СК должна составлять не менее 0,4 от отапливаемой площади. В этом режиме удельная среднегодовая теплопроизводительность установки невелика вследствие недоиспользования ее тепловой мощности в летнее время. Поэтому применение солнечных установок в данном режиме в большинстве районов России (ее европейской части, Западной и Средней Сибири) нецелесообразно. Исключение составляют районы Забайкалья (особенно южного), юга Хабаровского и Приморского краев. В этих районах в силу особенностей климата работа установки в режиме теплоснабжения может быть достаточно эффективной.

**Использование солнечной установки в режиме круглогодичного** ГВС обеспечивает высокие значения удельной теплопроизводительности, следовательно, и удельной годовой экономии топлива, так как в этом режиме тепловая мощность установки используется наиболее полно. Естественно, что более высокая годовая теплопроизводительность достигается в климатически наиболее благоприятных районах, таких как южная часть европейской территории РФ (южнее Самары), южная часть Западной и Средней Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока. В целом использование солнечных установок в данном режиме с той или иной степенью эффективности может быть рекомендовано повсеместно южнее 60° с. ш. как в европейской, так и в азиатской части России. Рекомендуемая площадь СК составляет при этом 1,0– 1,5 м2 на одного человека.

**Использование солнечных установок в режиме сезонного ГВС** имеет существенное преимущество с точки зрения простоты схемы (используется одноконтурная схема без промежуточного теплообменника, нет необходимости в применении антифриза и т. п.), но связано со снижением удельной теплопроизводительности в сравнении с режимом круглогодичного ГВС. Это снижение, естественно, тем больше, чем короче неотопительный период, то есть время использования установки в годичном цикле. Применение солнечных установок в режиме сезонного ГВС нецелесообразно там, где неотопительный период составляет менее пяти месяцев. Рекомендуемая площадь СК в данном режиме составляет 1 м2 на одного человека.

**Классификация систем солнечного теплоснабжения.**

Итак, ясно, что наиболее массовыми в условиях России могут быть установки ГВС. Определяющим фактором выбора, очевидно, будут экономические показатели, которые должны опираться на предварительные тепловые расчеты системы, выполненные с учетом данных каждого конкретного объекта, его расположения, характеристик, климатического района и стоимости замещаемого энергоресурса.

Какие типы систем могут быть использованы для решения этих задач?

Традиционной схемой большинства ССТ является схема с использованием солнечных коллекторов (СК) с аккумуляцией полученной энергии в баке-накопителе.

**Системы Солнечного Теплоснабжения могут быть классифицированы по различным критериям:**

**по назначению:**

* системы горячего водоснабжения (ГВС);
* системы отопления;
* комбинированные системы;

**по виду используемого теплоносителя:**

* жидкостные;
* воздушные;

**по продолжительности работы:**

* круглогодичные;
* сезонные;

**по техническому решению схемы:**

* одноконтурные;
* двухконтурные;
* многоконтурные.

Вне зависимости от варианта исполнения системы в мировой практике наиболее часто применяется градация систем по их производительности, которая определяет принципиальную схему и вариант конструктивного исполнения системы. Ориентировочные диапазоны производительности и применяемые для их реализации варианты систем приведены в таблице.

**Таблица. Ориентировочные диапазоны производительности и применяемые для их реализации варианты**.

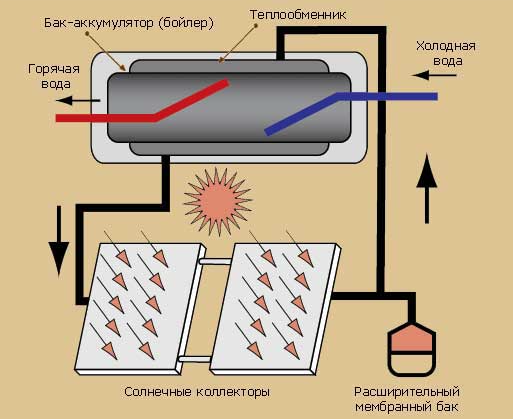
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Производительность по**  **горячей воде в день** | **Тип системы** | **Описание системы** |
| **< 150 л.** | **Моноблок** | Простейшая система, в которой СК, БА и трубопроводы объединены в единую установку полной заводской готовности и, как правило, неразъемны. Применяется для сезонного ГВС в бытовых целях и на объектах, действующих только в летнее время. |
| **150-300 л.** | **Малая безнасосная**  (термосифонная) | Система, в которой движение теплоносителя в коллекторном контуре осуществляется за счет разности плотности теплоносителя, нагреваемого в СК, и охлаждения его в БА. В таких системах БА всегда расположен выше СК и расстояние между ними мало. Наиболее часто применяется для сезонного ГВС. |
| **300-500(750) л.** | **Малая насосная** | Система с принудительной циркуляцией теплоносителя, в коллекторном контуре которой имеется насос и система автоматического управления им. Расположение БА относительно СК – произвольное. Может применяться как для сезонной (ГВС), так и круглогодичной эксплуатации (ГВС + отопление). |
| **>1000 л.** | **Большая многоконтурная**  (промышленная) | Системы с принудительной циркуляцией теплоносителя. Применяются для теплоснабжения объектов с большой тепловой нагрузкой в режиме сезонной или круглогодичной эксплуатации. |

Системы типа «моноблок» и малые термосифонные системы часто именуют домашними или бытовыми солнечными водонагревателями. Эти установки могут быть как одно-, так и двухконтурными, устанавливаются на открытом воздухе и характеризуются повышенными теплопотерями накопительного бака-аккумулятора. В отличие от «моноблока» в малых системах СК и БА выполняются раздельно и могут устанавливаться как вместе на единой опорной конструкции, так и на расстоянии друг от друга, ограниченном гидравлическим сопротивлением коллекторного контура.

На основании анализа материалов, приведенных выше, можно сделать вывод, что наиболее применимой в условиях России является солнечная установка, действующая в режиме сезонного или круглогодичного горячего водоснабжения.

Учитывая климатические условия страны, ясно, что это должна быть двухконтурная система, где в коллекторном контуре циркулирует незамерзающий теплоноситель (рис. 1).

**Рис. 1. Принципиальная схема двухконтурного термосифонного солнечного водонагревателя**



При соответствующем увеличении площади СК и объема БА эта солнечная установка, выполненная по данной схеме, может быть использована и в режиме теплоснабжения (ГВС + отопление).

**Комплектация системы солнечного теплоснабжения.**

В 1970–80-х годах большинство солнечных водонагревательных систем как в нашей стране, так и за рубежом, были одноконтурными, то есть системами прямого нагрева водопроводной (сетевой) воды. Опыт эксплуатации показал, что при всей простоте и кажущейся дешевизне эти системы достаточно проблематичны в эксплуатации и имеют меньший срок службы в сравнении с двухконтурными системами, включающими промежуточный теплообменник между СК и БА.

По мере расширения применения солнечных систем также произошел постепенный переход от повсеместного применения «моноблоков» и небольших водонагревателей (с термосифонным движением теплоносителя через СК) к двухконтурным системам с принудительной насосной циркуляцией. Такая схема системы позволяет размещать БА в любом удобном месте здания. В настоящее время большая часть солнечных систем в Европе устроена по этому принципу.

Наиболее распространенной в Европе системой, применяемой сегодня для ГВС индивидуальных жилых зданий (коттеджей), является двухконтурная система с принудительной циркуляцией в коллекторном контуре теплоносителя-антифриза.

Отбор нагретой воды из БА производится с верхней точки бака методом вытеснения, то есть путем подачи холодной воды из водопровода (или иного источника) под давлением в нижнюю часть бака. Принципиальная схема такой системы не зависит от ее производительности и места установки.

За рубежом для односемейных домов обычно используются БА объемом от 300 до 700 л, а площадь СК выбирается в зависимости от климатических условий пропорциональной требуемому объему БА и экономически обоснованной длительности сезона работы системы.

**Обычно такие солнечные системы представляют собой комплект, состоящий из следующих основных элементов:**

* солнечный коллектор;
* система опор для крепления СК на крышах (наклонных или плоских) или стенах;
* бак-аккумулятор со встроенными теплообменниками;
* циркуляционный насос с комплектом измерительных приборов и клапанов;
* мембранный бак для компенсации теплового расширения теплоносителя коллекторного контура;
* блок управления работой насоса с датчиками температуры;
* трубопроводы с теплоизоляцией;
* запорно-регулирующая и предохранительная арматура;
* фитинги;
* теплообменники (для использования в комплекте с БА больших объемов).

В некоторых системах вместо СК применяется их основной узел – теплопоглощающие панели (ПП). Они используются, как правило, при новом строительстве объектов, когда имеется возможность создать так называемую горячую крышу, то есть вмонтировать в кровлю ПП, а для замены остальных узлов СК – корпуса, нижней и прозрачной изоляции – использовать элементы самой кровли. Это приводит к снижению затрат на создание, монтаж и эксплуатацию солнечной системы, но требует тщательного проведения всех работ по гидроизоляции мест установки ПП.

Размещение всех этих элементов на конкретном объекте для учета его особенностей требует выполнения проектных работ, в процессе которых определяется место и способ крепления СК. Особенно трудно это сделать, если ориентация здания не позволяет оптимизировать направление и наклон коллекторов. Также учитываются размещение БА, насоса, а главное – разводка трубопроводов и их стыковка с имеющимися магистралями здания.

Следовательно, для каждого объекта проекты размещения элементов солнечной системы будут отличаться в большей или меньшей степени друг от друга при сохранении общей принципиальной схемы.

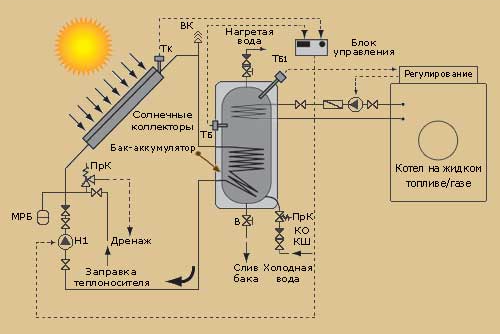
В связи с этим невозможно привести исчерпывающий и законченный перечень комплектующих элементов системы, как это делается для бытовых солнечных водонагревателей, поэтому ниже приводится перечень и описание оборудования, из которых может быть скомпонована любая система произвольной производительности в пределах выбранного диапазона.

К сожалению, единственным отечественным нормативным документом, который можно использовать при разработке солнечной системы, остается ВСН 52–86 «Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования», в котором изложены общие принципы создания таких систем и основные строительные требования к ним. Современных нормативных документов в России пока нет.

Принципиальная схема двухконтурной ССТ

Рассмотрим подробнее принципиальную схему двухконтурной системы солнечного теплоснабжения (рис. 2).

**Рис. 2. Принципиальная схема системы солнечного водоснабжения**



Коллекторный контур системы является замкнутым и заполняется каким-либо незамерзающим и нетоксичным теплоносителем. Нетоксичность теплоносителя является обязательным требованием, которое дает возможность при создании схемы установки обойтись более простыми техническими решениями и избежать «правила двух стенок», разделяющих токсичный теплоноситель и питьевую воду. Низкие температуры замерзания теплоносителя позволяют не сливать его из СК в зимнее время, что также удешевляет эксплуатацию и повышает коррозионную устойчивость системы.

В настоящее время в связи с развернувшимся строительством на рынке появилось большое количество систем отопления для индивидуальных односемейных зданий. Теплоносители систем соответствуют требованиям, предъявляемым к теплоносителям солнечных систем. Эти теплоносители, как зарубежные, так и разработанные в России, имеют сбалансированный набор ингибиторов коррозии для основных конструкционных металлов коллекторов. Выбор теплоносителя осуществляется по их теплофизическим свойствам и стоимости.

Коллекторы устанавливаются, как правило, на кровле здания, хотя в каждом конкретном случае возможны и другие места установки. Условия размещения и ориентации СК выбираются в соответствии с нормативными документами.

На выходе из СК в верхней точке контура устанавливается автоматический клапан-воздухоотводчик. Затем нагретый в СК теплоноситель проходит через опускной трубопровод и поступает в нижний теплообменник БА, где охлаждается, передавая тепло расходной воде бака. После выхода из бака теплоноситель по трубопроводу поступает через насос в нижнюю часть СК.

Верхний теплообменник БА подключен к отопительному котлу, соединенному с отопительным контуром здания. Циркуляция горячей воды из котла для нагрева БА осуществляется с помощью отдельного насоса.

Отбор расходной горячей воды из БА выполняется в верхней точке бака подачей снизу в бак холодной воды (то есть всегда расходуется самая горячая вода, имеющаяся в баке). Эта вода по магистрали подается к точкам отбора. Для обеспечения постоянного наличия в точках отбора горячей воды в систему может быть включена циркуляционная магистраль со своим насосом.

Фактически БА всегда находится под давлением водопроводной сети.

Включение циркуляционного насоса коллекторного контура производится блоком управления, который по своей функции является дифференциальным реле, сравнивающим показания двух датчиков температуры: датчика, установленного на выходе теплоносителя из СК, и датчика, установленного в БА. Место установки датчика в баке может быть различным по высоте, и это влияет на параметры работы регулятора, а следовательно, на теплопроизводительность системы и ее безопасность.

Если температура теплоносителя на выходе из СК выше, чем температура воды в баке, то включается циркуляционный насос и тепло передается воде в баке. При использовании современных насосов при работе может производиться регулировка частоты вращения насоса, чтобы, по возможности, поддерживать постоянной установленную разность температур управляющих датчиков.

Многие зарубежные блоки управления имеют функции защиты установки от перегрева. Так, если температура СК превышает установленный уровень, то блок управления принудительно включает насос, пока температура коллекторов не понизится на 10°С, несмотря на то что сам бак будет разогреваться выше установленной предельной температуры. Но при достижении в баке максимальной температуры 95°С насос выключается обязательно.

**Расчет основных характеристик солнечных установок.**

**Расчет производится по ВСН 52-86.**

Под солнечным теплоснабжением понимается использование солнечной энергии для обеспечения горячего водоснабжения и отопления в жилищно-коммунальной, бытовой или производственной сферах. Для определения эффективности солнечного теплоснабжения в том или ином пункте или регионе недостаточно только информации о климатических условиях. Необходимо иметь количественные данные, характеризующие эффективность применения солнечных установок (как правило, с плоскими СК).

Существующие методы расчета активных систем позволяют на основе использования климатической информации и с учетом характеристик применяемого оборудования определять их основные параметры, которыми являются:

коэффициент замещения тепловой нагрузки объекта (доля солнечной энергии в покрытии нагрузки) за некоторый рассматриваемый период времени (месяц, сезон, год);

полезная теплопроизводительность установки за этот период;

площадь СК в установке.

Удобной величиной для сравнения различных вариантов использования установок является удельная теплопроизводительность q, отнесенная к 1 м2 площади СК в установке.

Проведены расчеты по определению указанных основных характеристик в различных регионах России по 39 расчетным пунктам, относительно равномерно расположенным на территории страны. В расчетном плане рассматривались следующие режимы работы установок:

* участие в покрытии нагрузки отопления и ГВС (режим теплоснабжения);
* участие в покрытии нагрузки только ГВС в течение всего года (режим круглогодичного горячего водоснабжения);
* участие в покрытии нагрузки только ГВС и только в неотопительный период (режим сезонного горячего водоснабжения).

Первые два режима требуют исполнения установки по двухконтурной схеме, когда в первом коллекторном контуре теплоносителем является антифриз, а тепло к потребителю в бак-аккумулятор (БА) отводится через теплообменник. Сезонные установки могут быть и одноконтурными, заполненными водой.

Одним из параметров расчета является тепловая нагрузка. Нагрузка ГВС унифицирована СНиП и определяется в расчете на одного человека. Соответственно и расчет параметров солнечной установки ГВС удобно производить исходя из удельной нагрузки (в расчете на одного человека). При этом результаты будут универсальными, так как значения полученные в расчете на одного человека, остаются постоянными при любом количестве людей, обеспечиваемых горячей водой, и лишь площадь коллекторов увеличивается кратно этому количеству.

Гораздо более сложным является определение отопительной нагрузки, которая, помимо климатических характеристик, зависит от объема здания, его конфигурации, термического сопротивления стен и перекрытий и других факторов. Какой-либо универсальный подход здесь невозможен, и отопительная нагрузка должна определяться для каждого конкретного объекта (или однотипных объектов).

Другую группу параметров, вводимых в расчет как исходная информация, составляют климатические данные, а именно – средние за месяц значения суммарной и рассеянной радиации на горизонтальную поверхность и среднемесячная температура воздуха. В качестве исходных данных в расчет закладываются и тепловые характеристики СК, используемых в данной установке.

Реальным положительным эффектом от использования солнечной установки (кроме экологического) является экономия топлива. При определении таковой в результате использования солнечной установки существенно знать КПД замещаемого топливного устройства. В условиях децентрализованного теплоснабжения (мелкие котельные и индивидуальные отопительно-водогрейные котлы) этот КПД можно принимать равным 0,5. При этом в зависимости от режима использования установки и климатических условий в данном пункте удельная годовая (сезонная) экономия топлива (согласно расчетам) составляет от 0,05 до 0,2 т. у. т.

Волгоградский Архитектурно-строительный

университет

**Системы солнечного теплоснабжения**

Выполнил: Проверил:

Марченков Д. С. Зеляковский Д. В.

Группа ЭОП-1-08

Волгоград 2010