

является при возникновении внутренних температурных напряжений в массиве при данных видах воздействий.

Основным критерием, определяющим трещиностойкость, является скорость охлаждения Ψ – критическая величина которой, например для асфальтобетона, составляет $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, и при ее превышении асфальт начинает разрушаться [4].

Проведенные аналитические исследования и полученные графические зависимости показали, что максимальная скорость охлаждения цементобетонного покрытия (рис. 4) составляет $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{час}$ и осредненные значения по массиву в целом около $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{час}$, что несколько превышает критическую скорость охлаждения асфальтобетонного покрытия, но вполне удовлетворяет критическим нормам при нагреве монолитных железобетонных конструкций.

Кроме этого, следует отметить, что наибольшая скорость охлаждения действует только в пределах 1–2 часов, когда бетон еще не схватился и не подвержен трещинообразованию.

Литература

1. Технологический регламент №20/00.14.11 Устройство цементобетонного покрытия автомобильной дороги методом сращивания двух слоев бетона В35Во4.4 комплексом SP 850 Wirtgen. – Минск, 2015.

2. Пехович, А. И. Расчеты теплового режима твердых тел / А. И. Пехович, В. М. Жидких. – Л.: Энергия, 1968. – 304 с.

3. Строительная климатология (Справ. Пособие к СНиП)/ НИИ Строит. Физики. – М.: Стройиздат, 1990. – 86 с.

4. Солдаткин, М. Т. О скорости охлаждения дорожных асфальтобетонных покрытий / М. Т. Солдаткин, Я. И. Ковалев, В. Д. Акельев // Отопление, вентиляция и строительная теплофизика. – Минск, 1971. – Вып.1. – С. 52–56.

УДК 697.7

Особенности проектирования, монтажа и эксплуатации солнечных коллекторов с целью получения теплоты для нужд ГВС

Сермяжко В. Л., Станецкая Ю. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье рассмотрены основные этапы проектирования и режимы работы солнечных коллекторов.

Переход от не возобновляемых источников энергии к возобновляемым в разных формах хозяйствования, не может произойти одновременно. Последние 200 лет история промышленности развивалась неравномерно, динамическими скачками, каждый из которых стимулировался революционными инновациями [1].

Начало 21 века является очередным этапом технологического прорыва, основанным на рациональном использовании ресурсов Земли. Возобновляемые источники энергии заменяют ископаемые и становятся основой общественного обмена. Целью энергоэффективности является понижение количества потребляемой энергии, а возобновляемые источники могут покрывать потребности в электричестве и теплоте.

Применение солнечных коллекторов, в которых происходит преобразование энергии солнечного излучения в тепловую энергию, является одним из способов получения теплоты из возобновляемых источников.

Принципиальные схемы для проектирования солнечных коллекторов включают в себя сами коллекторы, накопительные емкости для сглаживания неравномерностей генерации и потребления теплоты, системы автоматизации, теплообменники, насосное оборудование и расширительные баки.

Первым этапом проектирования солнечных коллекторов является сбор исходных данных, анализ технических условий и оценка целесообразности применения данной технологии в качестве источника для получения теплоты.

Например, устанавливать солнечные коллекторы на продовольственных магазинах, с большим количеством холодильного оборудования и большим расходом теплоты для нужд ГВС не совсем целесообразно с точки зрения капитальных затрат. На объектах данного типа более целесообразно использовать технологии рекуперации теплоты, перемещаемой холодильным оборудованием от продуктов питания. Это обеспечит стабильную и круглогодичную потребность в ГВС, а также в теплоснабжении систем отопления в переходном и холодном периоде.

Другим примером являются объекты с достаточным расходом теплоты, но не имеющие централизованного теплоснабжения от тепловых сетей, которые отапливаются газом или электричеством. Тарифная ставка на газ в летний период, начиная с переходного периода в +8 °С, в 4–6 раз больше, чем в зимний. На таких объектах экономически целесообразно применение солнечных коллекторов в качестве альтернативного источника, которые смогут на 60–100 % удовлетворить потребность в теплоте для нужд ГВС в летнее время.

Вторым этапом является подбор мощности солнечного коллектора. На данном этапе необходимо анализировать уровень солнечной инсоляции в местах установки оборудования, определять оптимальный угол наклона относительно плоскости, анализировать выработку тепловой энергии при отклоне-

нии от азимута в 180 градусов. А также анализировать *затенение солнечного коллектора в течении дня* от рядом расположенных зданий и деревьев. Для этих целей рекомендуется использовать специализированное программное обеспечение, которое учитывает изменение уровня солнечной инсоляции в течении дня на протяжении года.

На третьем этапе, после анализа места установки солнечного коллектора и определения его производительности в расчетный период времени, необходимо подобрать накопительную емкость и определить схему подключения. Подбор накопительной емкости проводится на основании суточной потребности в ГВС и осуществляется исходя из запаса на одни, двое или трое суток. Размеры буферного бака должны соответствовать технологическим проемам для его транспортировки до места установки. Схема подключения солнечного коллектора зависит от взаимного расположения оборудования, протяженности трубопровода и гидравлических потерь. Принципиальные схемы с естественной циркуляцией могут применяться только в том случае, если солнечный коллектор расположен ниже накопительной емкости и теплоноситель сможет циркулировать за счет естественной разности плотности холодного и нагретого теплоносителя, преодолевая сопротивление трубопровода и косвенного теплообменника [2, 3].

На четвертом этапе проектирования солнечных коллекторов необходимо подобрать расширительный бак, материалы для монтажа, теплоноситель и систему автоматического управления.

В схемах с принудительной циркуляцией теплоносителя управление осуществляется с помощью *теплового контроллера*. Принцип его работы основан на считывании температуры в трех точках (рис. 1) и в управлении циркуляционным насосом:

- TE1 – температура теплоносителя на выходе из коллектора;
- TE2 – температура теплоносителя в нижней части буферного бака;
- TE3 – температура воды в верхней части бака или на выходе в систему ГВС.

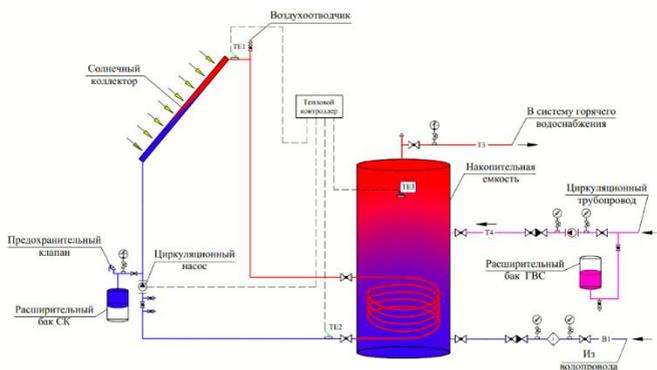


Рис. 1. Принципиальная схема обвязки солнечного коллектора для ГВС

При выполнении условия, когда $TE1 - TE2 \geq 6 \text{ } ^\circ\text{C}$, циркуляционный насос включается. И наоборот, если $TE1 - TE2 \leq 4 \text{ } ^\circ\text{C}$, насос выключается. Данные условия позволяют оптимизировать энергопотребление циркуляционного насоса в ночное время и при низком уровне освещенности солнечного коллектора.

Если в качестве теплоносителя вместо незамерзающего раствора используется вода, то тепловой контроллер подает питание на циркуляционный насос при снижении температуры ниже заданной уставки во избежание замерзания теплоносителя.

В работе солнечного коллектора можно выделить следующие основные режимы:

1. *Предварительный нагрев холодной воды.* При повышении температуры на датчике TE1 и при выполнении условия $TE1 - TE2 \geq 6 \text{ } ^\circ\text{C}$, тепловой контроллер активизирует работу циркуляционного насоса. Следовательно, в нижней части буферной емкости холодная вода с температуры $8\text{--}10 \text{ } ^\circ\text{C}$ будет предварительно нагреваться до температуры, до которой позволяют нагреть погодные условия.

2. *Поддержание заданной температуры ГВС по датчику TE3.* Например, TE3 задано $55 \text{ } ^\circ\text{C}$. Циркуляционный насос в режиме 1 будет работать до тех пор, пока температура ГВС не достигнет $TE3 = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$. Когда температура достигнута, тепловой контроллер останавливает циркуляционный насос.

3. *Перегрев накопительной емкости.* Если, в режиме 2, солнечный коллектор продолжает нагреваться, и его температура на датчике TE1 достигает $95\text{--}130 \text{ } ^\circ\text{C}$ (данный параметр выбирается в зависимости от давления в контуре солнечного коллектора), то тепловой контроллер снова активизи-

рует работу циркуляционного насоса чтобы охладить коллектор и исключить возможность закипания теплоносителя. В данном режиме происходит нагрев накопительной емкости до температуры перегрева, заданной по датчику ТЕЗ. Например, до $ТЕЗ^n = 80\text{ }^\circ\text{C}$.

Но поскольку накопительная емкость не может постоянно перегреваться, то при достижении температуры перегрева (по датчику ТЕЗ), тепловой контроллер опять останавливает работу циркуляционного насоса.

4. *Режим стагнации.* При перегреве солнечного коллектора до температуры $130\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$ (в зависимости от давления в системе) или при аварийном отключении электричества, происходит закипание теплоносителя и образования пара в контуре, соединяющем солнечный коллектор и накопительную емкость. Поэтому, при проектировании солнечных коллекторов особое внимание нужно уделить типу расширительного бака, его объему и способу установки. На рис. 2 показано, как при режиме стагнации весь объем теплоносителя должен помещаться в расширительный бак.

При неправильном расположении, в режиме стагнации, верхний объем расширительного бака заполнится паром, который будет препятствовать поступлению в него теплоносителя. Соответственно, после нескольких режимов стагнации расширительный бак перестанет выполнять свою функцию, давление теплоносителя в системе превысит пороговое значение, и начнет срабатывать предохранительный клапан.

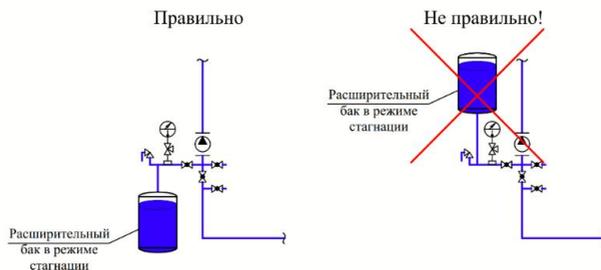


Рис. 2. Схема расположения расширительного бака

При использовании незамерзающего теплоносителя отвод от предохранительного клапана должен осуществляться в отдельную емкость.

Выводы. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) применения солнечных коллекторов должно строиться исходя из технических условий (ТУ), на основании сбора и анализа исходных данных. Проектирование и выбор принципиальной схемы являются залогом последующего правильного монтажа и корректной эксплуатации.

1. Материалы для монтажа (трубопроводы, воздухоотводчик, расширительный бак, циркуляционный насос, КИП, сбросной клапан и т. д.) необходимо подбирать из расчета на температуру 180–200 °С и соответствующий теплоноситель.

2. Выбранный незамерзающий теплоноситель должен обеспечивать многократные циклы вскипания в режиме стагнации и сохранять свои свойства при обратной конденсации.

3. После завершения монтажных работ необходимо проводить тепловизионное обследование для выявления дефектов целостности солнечных коллекторов и теплоизоляции. Особое внимание необходимо уделять мерам безопасности при эксплуатации.

Литература

1. Рифкин, Д. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Д. Рифкин; пер. с англ. В. Иванова. – 3-е изд. – М.: АНФ, 2016. – 409 с.

2. Покотиллов, В. В. Гелиосистемы теплоснабжения жилых зданий для эксплуатационных условий Республики Беларусь: рекомендации по проектированию / Белорусский национальный технический университет, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь; сост. Покотиллов В. В., Рутковский М. А. – Минск: БНТУ, 2017. – 60 с.

3. Покотиллов, В. В. Использование солнечной энергии для повышения энергоэффективности жилых зданий: справочное пособие / В. В. Покотиллов, М. А. Рутковский. – Минск, 2015. – 64 с.

УДК 692.23

Некоторые результаты исследования теплопроводности пенополистирола при высоких значениях влажности

Лешкевич В. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены результаты исследований теплопроводности образцов пенополистирола, имеющих влажность выше максимальной сорбционной, при температуре около минус 10 °С.

Традиционно в строительной науке исследуются свойства строительных материалов в сорбционной зоне увлажнения. Однако в практике встречаются случаи, когда в процессе многолетней эксплуатации ограждающей конструкции происходит накопление влаги внутри материалов.