

Проектирование систем воздушных солнечных коллекторов

Чак Маркен
©2003 Чак Маркен

Системы с воздушными гелиоколлекторами имеют более простую конструкцию и стоят дешевле, чем системы с солнечными водонагревателями, поскольку воздух не замерзает и не кипит в любых естественных условиях на нашей планете. Эти системы не

требуют соблюдения правил обращения с химическими веществами и постоянного контроля, которые применяются при использовании многих жидкостных коллекторных систем в странах с суровым климатом

Джим Майерс на крыше, оснащенной двумя гелио-коллекторами горячего воздуха, которые были установлены компанией «AAA Солар» для обогрева его дома.

Воздушные коллекторы в основном используются для отопления зданий. Это вполне логично, поскольку здания, как правило, заполнены воздухом. Такие системы являются относительно новым подходом к использованию солнечной энергии - впервые их начали использовать примерно в 50-х годах прошлого века. По-видимому, принцип работы отопительных систем на основе воздушных коллекторов понимается неправильно чаще, чем других систем, работающих от солнечной энергии, что привело к тысячам случаев неправильной установки таких систем (более подробно об этом будет рассказано в следующих статьях данной серии).

Настоящая статья является первой в серии публикаций, рассказывающих об устройстве, работе и установке гелиосистем для нагрева воздуха. В этой статье описывается конструкция коллекторов и систем на их основе. В следующей статье будут рассмотрены вопросы, связанные с установкой, ремонтом и обслуживанием таких систем.

Достоинства и недостатки гелиосистем для нагрева воздуха

Благодаря своим физическим свойствам воздух является почти идеальной средой для нагревания в гелиоколлекторах, за которую к тому же не нужно платить. Единственный фактор, ввиду которого его предпочитают не использовать в большинстве коллекторных систем - это его малый удельный вес и теплоемкость. Теплоемкость или удельная теплота у воздуха составляет 0,24 - примерно в четыре раза меньше чем у воды, для которой эта величина равна 1. Это означает, что для удержания и передачи одинакового количества тепла потребуется в четыре раза больше (по весу) воздуха, чем воды. Это не составляло бы никакой проблемы, если бы воздух весил в четыре раза больше чем вода, но на самом деле его удельный вес составляет примерно одну тысячную удельного веса воды. (Удельный вес воды составляет 1000 кг/м³. А вес сухого воздуха на уровне моря - 1,293 кг/м³.)

Это означает, что для удержания и передачи такого же количества тепла, которое может передавать определенное количество воды, вам потребуется более чем в 3 тысячи раз больший объем воздуха. В связи с этим возникают некоторые трудности. Они отнюдь не являются непреодолимыми, но ввиду указанных ограничений воздух не считается наилучшей средой для передачи тепла в гелиоколлекторах.

Малый удельный вес означает, что большие объемы воздуха можно быстро нагревать и охлаждать. Но воздух значительно хуже поддается управлению. Перемещение больших объемов воздуха через воздухопроводы - непростая задача. Воздух лучше всего распространяется по прямой линии, и быстро теряет скорость, если его выдувать. Если необходимо поддерживать как можно более равномерную скорость циркуляции воздуха, гораздо эффективнее всасывать воздух, чем выдувать его.



Для устанавливаемых на крыше гелиоколлекторов горячего воздуха необходима более сложная инфраструктура на объекте, чем для термосифонов или внутрисстенных коллекторов

Любые повороты системы воздухопроводов способствуют значительному перемешиванию воздуха и существенно замедляют его движение. Трубопроводы и коллекторы в жидкостных отопительных системах требуют гораздо меньше усилий при планировании и конструировании, чем воздухопроводы и коллекторы воздушных систем. Эффективность воздушных гелиоколлекторов примерно на 10% ниже, чем у жидкостных коллекторов при любой температуре и интенсивности солнечного излучения. Небольшие воздушные отопительные системы, работающие от солнечной энергии и не имеющие термонакопителей, как правило, используются для обогрева помещений в дневное время. При этом просто используются физические свойства теплоемкости и массы.

Конструкция и установка коллектора

Воздушные гелиоколлекторы имеют простое устройство - кусок черного металла устанавливается на изолированный короб, передняя сторона которого изготовлена из стекла. Несколько более сложной задачей является получение тепла из коллектора в нужный момент и его отвод в нужное место. При проектировании воздушных гелиоколлекторов инженеры стараются сделать их максимально эффективными при разумном уровне затрат.

Конструкция воздушных гелиоколлекторов очень схожа с конструкцией плоских гелиоколлекторов для жидкостных систем, которые описаны в статье в *HP85*. Хорошо сконструированные солнечные и жидкостные коллекторы практически невозможно различить с некоторого расстояния.

Воздушные коллекторы, как правило, имеют металлический корпус (обычно из алюминия), термостойкую изоляцию (из стекловолокна или полиуретанов), переднюю панель из стекла с низким содержанием железа и пластину поглотителя. Устройство пластины поглотителя является важным фактором в конструкции коллекторов.

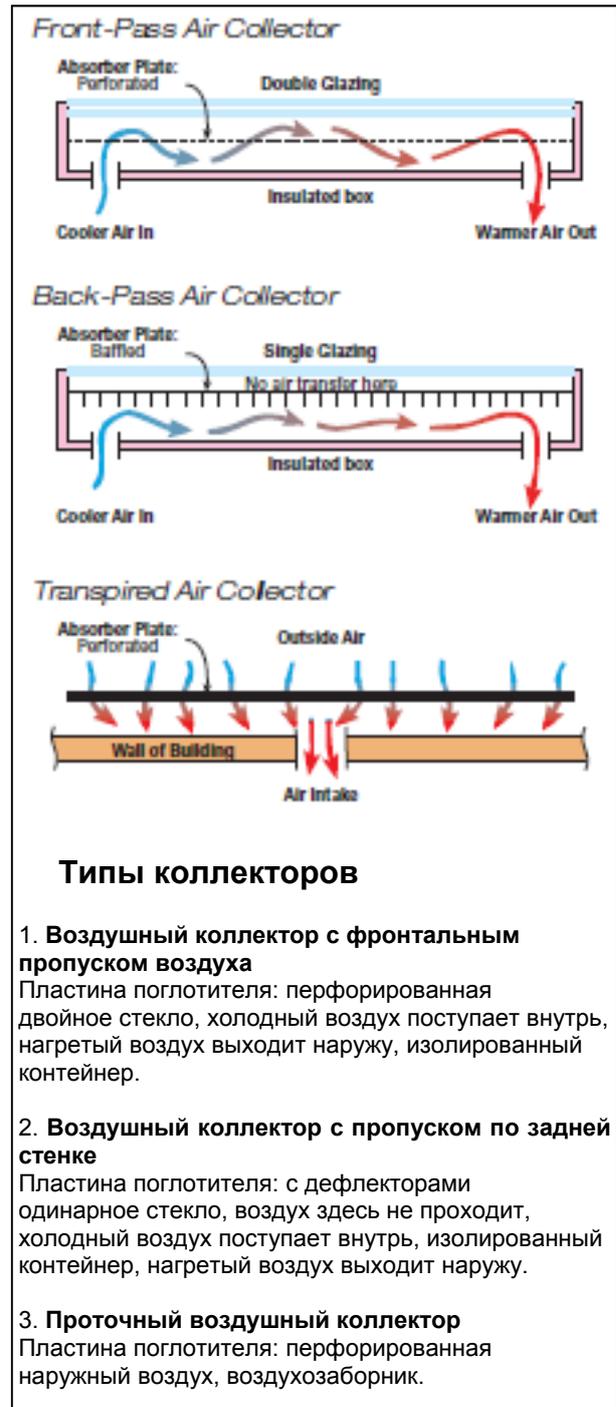
Конструкции пластины поглотителя

Существует две основные конструкции пластины поглотителя для воздушных гелиоколлекторов, причем количество вариаций этих конструкций практически не ограничено. Первый тип конструкции называется пластиной поглотителя с фронтальным пропуском, вторая - пластиной поглотителя с пропуском по задней стенке или полнопроточной пластиной поглотителя. Сегодня чаще используется конструкция с пропуском воздуха по задней стенке, поскольку она требует только одного слоя стекла. В обеих конструкциях эффективно используется принцип замкнутой воздушной прослойки, как в окнах с двойным остеклением.

Пластина поглотителя с фронтальным пропуском. Умельцам-мастерам на все руки, по-видимому, проще будет изготовить конструкцию с фронтальным пропуском воздуха или полнопроточную конструкцию, но чтобы она эффективно работала, ее необходимо снабдить двумя слоями стекла. Пластины поглотителя для такой конструкции могут изготавливаться из самых разных материалов. Я видел пластины, сделанные из плиток углистого сланца, применяемых в качестве основы под штукатурку при строительстве домов, а также из переработанных пивных банок (если вы хотите использовать последний вариант, убедитесь в том, что банки пусты). Оба эти варианта отлично работали. Вы можете использовать практически любой тип конструкции поглотителя при соблюдении двух следующих условий - он должен быть черным, чтобы поглощать солнечные лучи, и его поверхность должна быть неровной, чтобы в воздухе возникали завихрения. Благодаря завихрениям тепло «смывается» с поверхности пластины поглотителя.

Воздух из отапливаемого помещения пропускается над поглотителем и направляется обратно в отапливаемое помещение. В этом типе конструкции может также использоваться алюминиевый поглотитель со встроенными прорезями. К недостаткам этой конструкции коллектора относится его дополнительный вес и затраты на второе стекло, необходимое для изоляции замкнутого воздушного пространства, поскольку окружающий воздух при нагревании соприкасается с внутренним стеклом.

Воздушный коллектор с пропуском по задней стенке. Конструкция коллектора с пропуском по задней стенке позволяет сэкономить на покупке дополнительного стекла (около 100 долларов США) и такая конструкция примерно на 23 кг. легче чем обычный коллектор. В конструкции с пропуском по задней стенке весь нагретый воздух пропускается позади пластины поглотителя. Поскольку этот воздух не соприкасается со стеклом и имеется изолированное замкнутое воздушное пространство между верхней поверхностью поглотителя и стеклом, вам потребуется только одно стекло. Конструкция поглотителя с пропуском по задней стенке не такая непривлекательная как конструкция с фронтальным пропуском или полнопроточная конструкция. Здесь также как и в двух последних конструкциях воздух должен



хорошо перемешиваться позади поглотителя, но он никогда не соприкасается с самой горячей поверхностью - черной пластиной, обращенной к солнцу.

В большинстве конструкций с пропуском по задней стенке помимо алюминиевых листов с углублениями или фактурной поверхностью используются прикрепляемые к ним дополнительные элементы для увеличения площади поверхности с обратной стороны поглотителя. Помимо того, что они способствуют возникновению завихрений воздуха, дополнительные поверхности обеспечивают большую площадь теплообмена между пластиной поглотителя и более прохладным воздухом.

Полнопроточные конструкции и конструкции с фронтальным пропуском широко использовались производителями на заре развития воздушных коллекторов, когда в них применялись пластики вместо стекла. Когда производители поняли, что срок службы некоторых пластиков невелик, промышленным стандартом для таких установок стало стекло с низким содержанием железа. Более высокая стоимость и больший вес стекла привели к тому, что наибольшей популярностью стали пользоваться конструкции с пропуском по задней стенке.

Проточные воздушные коллекторы. Еще одна конструкция воздушных коллекторов является относительно новой - это проточные воздушные коллекторы. Конструкция весьма проста и может принести значительную экономию в коммерческих зданиях, нуждающихся в свежем дополнительном воздухе. Проточные воздушные коллекторы не имеют корпуса, изоляции или остекления, подобно солнечным панелям в плавательных бассейнах.

Алюминиевые листы имеют тысячи маленьких отверстий. Такие перфорированные листы устанавливаются на южной стороне здания, получающем большое количество солнечной радиации (в северном полушарии), а дополнительный воздух втягивается в здание через поглотитель. Это помогает повышать температуру втягиваемого воздуха на 11°C и в больших зданиях экономия может быть значительной. Такая конструкция не подходит для обычных жилых домов или отопления здания - дополнительный 11°C будет недостаточно для отопления большинства домов в зимнее время.

Конструкция системы

Сегодня используются три конструкции систем, причем в них используются либо коллекторы с пропуском по задней стенке, либо с фронтальным пропуском. Это может быть термосифон, внутристенная конструкция или система, устанавливаемая на крыше или на земле.

Термосифон. В термосифонах используется способность нагреваемых жидкостей и газов подниматься вверх. Аэролат Монгольфе представляет собой хороший пример того, что газ при нагреве становится легче. Воздушный коллектор, работающий по принципу термосифона, вероятно, является простейшей конструкцией. Возьмите коллектор и установите его вертикально. Прикрепите его к одной из стен дома или здания и устройте воздухоприемник снизу и выпускное отверстие сверху. Когда лучи солнца попадают на коллектор, разогретый воздух поднимается к выпускному отверстию в верхней части коллектора.

Выпускное отверстие может быть расположено в потолке одноэтажного дома или на втором этаже двухэтажного дома. По мере того, как теплый воздух, нагреваясь, поднимается вверх, более холодный воздух втягивается в воздухоприемник в полу. Лучше всего системы на основе термосифона работают там, где необходимо обогреть большое пространство в вертикальном направлении.



При отогнутой пластине поглотителя можно увидеть дефлекторы в воздушной камере коллектора с пропуском по задней стенке.

Как жидкости, так и газы могут менять направление своего движения на обратное в термосифоне. Именно поэтому в системе необходим обратный воздушный клапан. В системе воздушного обогрева с термосифоном теплый воздух в ночное время будет проникать из дома в коллектор и там остужаться. Прохладный и попросту холодный воздух будет утекать через воздухоприемник в нижней части, если в системе не будет предусмотрен закрываемый клапан. Без такого клапана система ночью может терять такое же или даже большее количество тепла, которое она получила в течение солнечного дня.

Внутристенные системы. Конструкции монтируемые на стенах аналогичны системам с термосифоном, но их производительность не зависит от расстояния по высоте. Для всасывания воздуха в помещение используется небольшой вентилятор (1/100 лс или даже меньше). Этот тип вентилятора называется пропеллерным из-за его сходства с пропеллерами самолета. Для автоматизации работы системы используется маленький недорогой пусковой выключатель для включения и выключения вентилятора в зависимости от температуры коллектора.

Небольшой вентилятор дает большую тягу, чем естественный поток воздуха в термосифоне, а для автоматического предотвращения обратного тока воздуха в ночное время в системе может быть предусмотрен обратный клапан с утяжелением или с пружинным приводом. В должном образом установленных внутристенных и термосифонных системах единственными частями системы, видимыми изнутри здания являются обычные решетки отопления и датчики.



Системы с коллекторами, устанавливаемыми на крыше и на земле.

У внутристенных и термосифонных конструкций имеется два существенных ограничения - тень и ориентация дома. Даже если дом правильно ориентирован на юг, он зачастую находится в тени деревьев, располагающихся с южной стороны. Большинство проблем затенения и ориентации можно разрешить, если найти на крыше или на земле не затеняемое место для размещения коллекторов. Чаще всего коллекторы предпочитают размещать на крышах, поскольку это обеспечивает больший спектр дополнительных возможностей. Во внутристенных конструкциях горячий воздух не попадает в северные части здания.

Системы с коллекторами, устанавливаемыми на крыше или земле, требуют устройства воздуховодов от коллектора и к коллектору. Поэтому их установка требует больших временных и финансовых затрат. Системы воздуховодов могут усугубить проблему, связанную с изменением направления движения воздуха, однако нагнетатель воздуха с «беличьей клеткой» поможет с ней справиться. В случаях когда длина воздуховодов системы составляет более полуметра, маленькие пропеллерные вентиляторы неэффективны.

В системах с коллекторами, устанавливаемыми на крыше, используются такие же пусковые реостаты и обратные клапаны, как и во внутристенных системах.

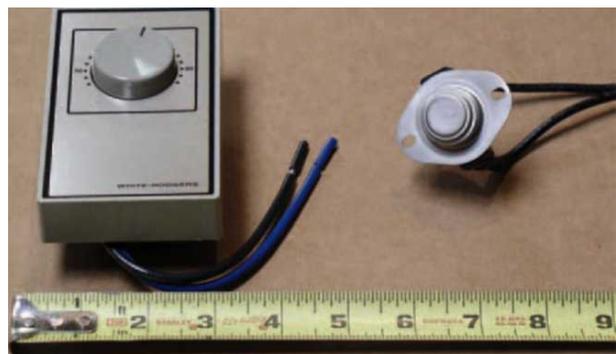
Элементы управления

Системы с воздушными коллекторами для обогрева домов не требуют сложных дифференциальных регуляторов. Обычно необходим только простой выключатель вентилятора, также известный как дисковый

выключатель. Вентиляторные переключатели используются производителями в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха уже больше полувека. Они изготавливаются из двух тонких пластин разных металлов уложенных друг на друга.

Поскольку эти два металла имеют разные коэффициенты расширения и сжатия, «биметаллическая» пластина сгибается в одном направлении при нагревании и в другом при охлаждении. Биметаллические пластины обычно изготавливаются в форме диска и к диску подводится электрический контакт. При сгибании диска в одном направлении происходит включение оборудования. А при сгибании в обратном направлении оборудование выключается.

Дисковые или биметаллические выключатели недороги, очень надежны и служат чрезвычайно долго. Как правило, диапазон включения и отключения дискового выключателя для воздушных коллекторов составляет 43°C и 32°C соответственно. Такой температурный диапазон в 11°C предотвращает короткопериодное переключение системы (когда часто происходит включение и выключение). Если бы диапазон составлял 6°C, включение и выключение происходило бы многократно в течение солнечного цикла, что приводило бы к бесполезной потере энергии. Установка нижнего порога на значении в 32°C позволяет избежать дискомфорта при снижении температуры, который некоторые люди ощущают при циркуляции воздуха с температурой от 21 до 27°C - ввиду того, что нормальная температура человеческого тела составляет 37°C. Циркулирующий воздух с температурой в 27°C многим людям может показаться прохладным в зимнее время ввиду испарительного охлаждения на поверхности кожи.



Системы воздушных гелио коллекторов для жилых домов и небольших коммерческих зданий обычно управляются с помощью простого регулятора напряжения в сети и биметаллического переключателя, называемого «дисковым выключателем».



Постоянный нагнетатель воздуха с разъемным конденсатором мощностью 1/12 лс (380 кФм), используемый в системах с воздушными коллекторами (слева). Обратный воздушный клапан (справа) используется в качестве клапана одностороннего действия для предотвращения эффекта термосифона в ночное время.

Нагнетатели и вентиляторы

Системы с воздушными гелиоколлекторами используют очень небольшие устройства для подачи воздуха. Во внутрисконных системах обычно достаточно небольшого вентилятора с мотором не более 1/100 лс для небольших коллекторов размером 0,9 x 1,8м. Несколько более мощные моторы необходимы для коллекторов размером в 1,2 x 2,4м или 1,2 x 3 м. Только нужно удостовериться, что лопасти вентилятора совпадают по размеру отверстиям в задней части коллектора.

Нагнетатели для систем с коллекторами, устанавливаемыми на крыше или на земле, должны иметь мощность в 1/12 лс для коллекторов размером от 3 до 3,7 м² и 1/10 лс - для двух таких коллекторов, соединенных между собой воздуховодами. Нагнетатели с беличьей клеткой относятся к типу постоянных нагнетателей с разделительным конденсатором. Постоянные моторы с разделительным конденсатором способны давать поток воздуха на 30-50% больший на один ватт/час потребляемой энергии, чем более старые моторы с экранированным полюсом. Нагнетатели для более крупных систем могут иметь мощность до 1/2лс, в зависимости от типа коллекторов и конструкции воздуховодов.

Аккумуляция тепловой энергии в воздушных коллекторах

Когда-то речная галька считалась наилучшим материалом для аккумуляции тепла в воздушных коллекторах. Она гладкая и имеет большой вес, и, теоретически, должна идеально сочетаться с нагретым воздухом.

В действительности же использование каменных аккумуляторов тепла в воздушных коллекторах, как правило, неэффективно. Просто воздух слишком непредсказуем. Достаточно сложно предсказать в каком направлении будет двигаться воздух внутри гладкого воздуховода или относительно гладкого коллектора. А попробуйте-ка сделать то же самое с учетом кучи камней. Если все работает, то вам повезло. Большинство из

когда-либо построенных систем аккумуляции тепла на каменной основе были впоследствии переделаны просто для обогрева здания пока светит солнце. И эти переделанные системы оказались более эффективными, чем их первоначальные конструкции. Все внутренние элементы здания и мебель накапливают в этом случае тепло.

Действительно же функциональной системой аккумуляции тепла являются полы, пропускающие воздух. Много веков назад богатые римляне обогревали свои дома дымом от огня, разводившегося под полом. В этом случае, естественно, полы должны были быть негорючими. То же самое относится и к аккумуляции тепла в воздушных гелиоколлекторах. Не то чтобы они могли загореться - просто вам необходима теплоемкость.

В удачных конструкциях используются шлакобетонные блоки, поставленные на бок таким образом, чтобы создать обширную систему воздуховодов под домом. Одно время на рынке предлагался продукт, называвшийся «воздушным полом», который позволял, залив бетоном металлическую форму, создать систему воздуховодов под полом. Системы аккумуляции тепла можно эффективно использовать совместно с воздушными коллекторами, но они должны быть заранее спроектированы при постройке здания. Переделка же уже существующего здания, как правило, экономически неэффективна.

Другие сферы применения

В основном воздушные коллекторы применяются для отопления домов. Они также используются и для отопления других типов коммерческих зданий, включая складские и офисные помещения. Воздушные коллекторы также применяют для ускорения естественного компостирования в парковых уборных, для сушки древесины и в других промышленных операциях, где необходим горячий воздух.

Все эти системы только отличаются используемым в них регулирующим устройством. Если необходима температура отличная от температуры комфортной для людей, тогда дифференциальный регулятор вероятно окупится сторицей. Допустим, к примеру, что вам необходимо поддерживать в складе с краской такую температуру, чтобы краска не замерзала. В этом случае использование дискового переключателя обернется бесполезной потерей тепла, поскольку коллекторы могли бы снабжать помещение теплым воздухом гораздо ниже температуры отключения переключателя (32°C).

Окупаемость

Эффективность воздушных гелиоколлекторов зависит от теплоемкости обогреваемого пространства для удерживания энергии. Они обеспечат большую эффективность и комфорт в более массивных конструкциях, например, из блоков, кирпичей, бетона или глины. Эти материалы впитывают тепло благодаря своему весу (массе). Даже в обычных каркасных домах из гипсокартона имеется возможность примерно в половину снизить затраты на отопление с помощью системы воздушных коллекторов.

Период окупаемости воздушных коллекторов варьируется от четырех до шестнадцати лет в зависимости от стоимости замещаемой энергии, местного климата и типа конструкции дома. Замещение электричества, пропана и нефтяного топлива, как правило, окупается быстрее всего. Дольше всего окупается замещение природного газа.

Воздушные коллекторы просты, надежны и помогают отапливать здания во многих странах мира. В других областях они гораздо реже используются по причине того, что эта технология недостаточно известна. В следующей статье мы поговорим о практических аспектах установки и эксплуатации воздушных коллекторов.

Контактная информация

- Чак Маркен, AAA Solar Supply Inc., 2021 Zearing NW, Albuquerque, NM 87104 • 800-245-0311 или 505-243-4900 • Факс: 505-243-0885 • info@aaasolar.com • www.aaasolar.com • Производители воздушных гелиоколлекторов
- ClearDome Solar Systems, 3368 Governor Dr. 153-F, San Diego, CA 92122 • 619-990-7977 • Факс: 831-302-6794 • warmair@cleardomesolar.com • www.cleardomesolar.com • Производитель воздушных гелиоколлекторов
- Conserval Systems Inc., 4242 Ridge Lea Rd., Unit 28, Buffalo, NY 14226 • 716-835-4903 • Факс: 716-835-4904 • solarwallusa@solarwall.com • www.solarwall.com • Проточные воздушные коллекторы
- Четыре предыдущие статьи, содержащие дополнительную информацию о воздушных гелиоколлекторах, были опубликованы в номерах: HP25, HP40, HP64, и HP72.



По материалам: журнала «Энергия в быту» (Home Power) №98 (декабрь 2003г. и январь 2004г).
Перевод на русский язык осуществлен Экологической организацией «Маленькая Земля»
при содействии Норвежского общества охраны природы.

Экологическая организация «Маленькая Земля»
734001, Таджикистан, Душанбе, а/я 329
Тел. +992 37 881-39-77,
Э-почта: <forearth@yandex.ru> или <little.earth.tajikistan@gmail.com>
www.spareworld.org