

Почанин Ю.С

Монтаж и сервис оборудования для использования ВИЭ

Том 2. Монтаж и сервис гелиоколлекторов

Юрий Степанович Почанин

Применение солнечных коллекторов

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=48831566

SelfPub; 2023

Аннотация

В книге "Монтаж и сервис оборудования по использованию возобновляемых источников энергии", том 2, рассмотрены основные элементы солнечных коллекторных систем для отопления и для горячего водоснабжения дома, производственных помещений. Описаны мероприятия по предотвращению стагнации гелиоколлекторных систем. Предложены оптимальные схемы подключения, монтажа и сервиса оборудования гелиоколлекторных систем. Рассмотрен монтаж и сервис гелиоколлекторов. Книга может представлять интерес для школьников, студентов и специалистов, занимающихся проектированием и установкой гелиоколлекторов.

Содержание

Глава 1. Низкотемпературные гелиоколлекторы	11
Глава 2. Среднетемпературные гелиоколлекторы	24
Конец ознакомительного фрагмента.	56

Юрий Почанин

Применение солнечных коллекторов

Введение

Гелиоколлектор – устройство для сбора тепловой энергии Солнца, переносимой видимым светом и инфракрасным излучением. Эффективность такого сбора определяется уровнем инсоляции, который зависит от времен года, расположения и площади поглощающей поверхности гелиоколлектора. Производство установок для использования альтернативной энергии солнца за последние 4 года увеличилось в мире в несколько раз. На сегодняшний день вводится в эксплуатацию более 3 млн. гелиосистем в год, и эта статистика получена не только за счет стран с теплым климатом. В связи с использованием контроллеров система автоматически поддерживает самые оптимальные параметры циркуляции, имеет режим антизамерзания, обеспечивает комфортную заданную температуру. При отсутствии достаточной солнечной активности контроллер может включать дополнительный электронагреватель, установленный в тепло аккумулятора.

В странах Средиземноморья, где количество солнечных дней – более 300 в году, солнечный коллектор для отопле-

ния и нагрева воды можно встретить практически на каждой крыше. Климат средней полосы считается неблагоприятным для таких энергетических установок. Гелиоколлекторы широко используются в Европе, в том числе в странах с таким же климатом, как у нас. С каждым годом они становятся все более технологичными и эффективными. В России суммарная площадь водонагревательных установок, работающих от энергии солнца, в 2014 году не превышает 20 тыс. кв. метров, в то время как США и Китай эксплуатируют по 10 млн кв. метров гелиосистем, Япония – 8 млн, Германия – 6,5 млн кв. метров. Уже к 2020 г. большинство стран Западной Европы планируют перевести на солнечное теплоснабжение минимум 70% жилищного фонда. И это притом, что, например, в Московской области [солнечной энергии](#) на 1 кв. метр приходится столько же, сколько в Германии. Исследования и эксперименты доказывают целесообразность применения гелиосистем. Специальная работа была проведена в институте высоких температур Российской академии наук. Средние показатели интенсивности солнечного потока в зависимости от [климатической зоны](#) составляют 150–300 Вт/м², а пиковые показатели достигают 1000 Вт/м². Исходными данными для расчета эффективности гелиосистемы было выбрано отношение поверхности в 2м² коллектора к 100-литровому объему бака-накопителя. Вероятность ежедневного нагрева воды в системе оценивается следующими показателями:

- до температуры +37 °С – 50–90 %;
- до температуры +45 °С – 30–70 %;
- до температуры +55 °С – 20–60 %.

Эти цифры говорят о том, что в холодный период года гелиоколлектор даже при наименьшем количестве солнечных дней позволяет экономить до 60% энергии для отопления дома. Практически везде, где есть холодная вода и дневной свет гелиоколлекторы позволяют решить целый ряд вопросов:

- автономное горячее водоснабжение (круглогодичное или сезонное);
- поддержка полного или дежурного отопления для помещений любой площади;
- оптимизация существующих систем горячего водоснабжения и отопления;
- подогрев воды в закрытых или открытых бассейнах;
- обогрев теплиц;
- использование горячей воды в технологических целях.

Основными предпосылками для использования гелиосистемы для отопления являются:

1. Развитие технологий энергоэффективного строительства. Благодаря этому снижается тепловая нагрузка здания и вклад солнечной энергии может быть более ощутим.
2. Постоянно растущие тарифы на традиционные энергоносители.
3. Всё большая доступность и популярность солнечных

систем. По сравнению с предыдущими годами установка гелиосистем становится всё более рентабельна.

4. Экологическая ответственность. Всё больше людей задумываются об сокращении вредных выбросов при использовании ископаемых видов топлива.

5. Появление новых технологий. Множество компаний предлагают решения, благодаря которым можно оптимизировать первоначальные затраты и увеличить срок службы гелиосистем.

Существуют гелиоколлекторы различных размеров и конструкций в зависимости от их применения, их можно разделить на несколько видов в соответствии с температурой, которую они дают:

1. *Низкотемпературные гелиоколлекторы* производят низко потенциальное тепло ниже 50°C . Используются они для подогрева воды в бассейнах и в других случаях, когда требуется не слишком горячая вода. К ним также относятся воздушные гелиоколлекторы.

2. *Среднетемпературные гелиоколлекторы* производят высоко- и средне потенциальное тепло (выше 50°C , обычно $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$).

3. *Высокотемпературные гелиоколлекторы (солнечные электростанции)* Основной принцип работы солнечных электростанций основан на принципе концентрации солнечной энергии на теплоприемник. В теплоприемнике концентрированное излучение преобразовывается в тепловую энер-

гию при температурах от 200 до 1000°С, а затем эта тепловая энергия может быть преобразована в электричество с помощью паровой или газовой турбины. Используются в основном электрогенерирующими предприятиями для производства электричества для электросетей

Применение гелиоустановок решает проблемы с отоплением при ограниченном доступе к газу или электричеству, при недостаточной мощности центрального электроснабжения; в качестве вспомогательной системы отопления, горячего водоснабжения дома, коттеджа, дачи, бассейна позволяет сэкономить значительные средства владельцам. Принцип работы гелиосистем можно представить следующим образом. Солнце нагревает абсорбер в коллекторе и циркулирующий в нём теплоноситель (незамерзающую жидкость). Циркуляционный насос подаёт нагретый теплоноситель к нижнему теплообменнику в бойлере и отдаёт там свою тепловую энергию содержимому бойлера. (расходной воде). Дифференциальный регулятор температуры включает циркуляционный насос в контуре солнечного коллектора только в том случае, если температура в коллекторе выше, чем температура в нижней зоне бойлера. Разница температур определяется с соответствующими датчиками в коллекторе и бойлере. При слишком низком поступлении солнечной радиации бойлер солнечного коллектора может дополнительно нагреваться от традиционного тепло генератора (например, от котла). С помощью верхнего теплообменника в гелиобойлере рас-

ходная вода будет нагреваться до температуры, предварительно заданной регулятором. Из-за температурного расслоения в вертикальном бойлере дополнительный нагрев от котла ограничивается верхней частью бойлера, таким образом, он используется мало. Как только достигнута заданная температура, отопительный котёл снова работает на отопление помещений. Теплоизоляционный слой бака позволяет пользоваться горячей водой даже в тёмное время суток, когда солнечный коллектор не работает. Получаемая в разные дни горячая вода тоже не будет иметь одинаковую температуру. Это зависит от таких факторов, как погодные условия, температура подаваемой холодной воды, количество потребляемой горячей воды, конфигурация системы ГВС и т.д. Поэтому количество нагретой воды и её температура будут разными в разные дни. Рассчитав потребность потребителей дома в проточной горячей воде и потребность в горячей воде для отопления здания, определяют вид, тип и необходимое количество солнечных коллекторов. Они объединяются в группы и работают как одно целое, как один большой коллектор.

От совершенства конструкции солнечного коллектора в значительной степени зависит эффективность работы всей системы. Все конструктивные особенности солнечного коллектора сводятся к обеспечению максимального поглощения солнечной энергии и минимальным тепловым потерям. Чем больше солнечной энергии поглотит гелиоколлектор (ГК), чем быстрее преобразует ее в тепловую энергию и чем мень-

ше потеряет по пути к теплоаккумулирующему баку, тем эффективнее будет работать гелиосистема отопления или ГВС.

Глава 1. Низкотемпературные гелиоколлекторы

Низкотемпературные гелиоколлекторы –это простейший вид солнечного коллектора. Они бывают плоские открытого и закрытого типа.

Гелиоколлектор открытого типа – это простейшие конструкции, у которых поверхность (абсорбер) непосредственно нагревается солнечными лучами. Элементы конструкции открытого теплообменника закрепляются на простейшей раме – каркасе и не защищены (открыты) от внешних воздействий окружающей среды. В качестве теплоносителя применяется вода, антифриз. Обычно, теплообменники открытого типа применяются на садовых и приусадебных участках для подогрева воды в летних открытых душевых и открытых детских бассейнах. Часто они изготавливаются самостоятельно из подручного материала. На рис.1 представлены несколько оригинальных конструкций ГК открытого типа. Существуют и промышленные солнечные коллекторы (СК) открытого типа. Некоторые из них представлены на рис.2. В большинстве случаев, промышленные солнечные коллекторы (СК) открытого типа – это поверхности из пластика черного цвета внутри которых размещены каналы с циркулирующей водой. Солнце нагревает поверхность такого коллектора, которая,

в свою очередь, нагревает воду. Нагретая вода поступает в бассейн или резервуар летнего душа. Главное преимущество таких устройств дешевизна. Главный недостаток, определяющий название таких систем – отсутствует защита от температурных воздействий окружающей среды, теплоноситель быстро остывает. Коллектор лежит на земле или на поверхности, затененной от солнца, следовательно, контактирует с холодной средой, минимум равной температуре воздуха в тени. Летом днем это примерно 20°C. Значит с одной стороны поверхность нагревается солнцем, а с другой стороны – охлаждается окружающей средой. Решение данной проблемы простое – изолировать нижнюю поверхность коллектора. То есть установить на внутренней поверхности теплоизоляционный слой. Решение данной проблемы простое – изолировать нижнюю поверхность коллектора. То есть установить на внутренней поверхности теплоизоляционный слой.



Рис.1 Некоторые примеры исполнения простейших тепловых солнечных коллекторов



Рис.2 Солнечные тепловые коллекторы открытого типа промышленного изготовления

Открытые гелиоколлекторы могут обеспечивать только небольшой перепад температур (до 20°C) между температурой теплоносителя и окружающей температурой воздуха. Это обусловлено тем, что коллекторы данного типа излуча-

ют очень много энергии в окружающую среду и имеют очень низкий коэффициент полезного действия.

Открытые СК не применяются в автономных системах отопления и подготовки горячего водоснабжения из-за низкой эффективности их работы.

Обычно, абсорберы СК открытого типа выполнены из стали, окрашенной в черный цвет или пластика. Если коллектор выполнен из труб, то важна плотность их навивки. При недостаточно плотной навивке, большая часть солнечной энергии проходит мимо и не нагревает трубы.

Если у коллектора абсорбер стальной лист, покрашенный простой черной краской, то простая черная масляная краска имеет плохой коэффициент поглощения, и значительная часть солнечной энергии отражается в атмосферу.

При отсутствии тепловой изоляции на задней поверхности коллектора происходят потери, преобразованной в тепло солнечной энергии на нагрев воздуха или поверхности грунта, если он находится на земле.

Определять точно КПД открытых солнечных коллекторов не имеет смысла, поскольку, в большинстве случаев, эти коллекторы делаются самостоятельно из подручного материала, а промышленные коллекторы этого типа, являются, в большей степени, декоративными или маркетинговыми решениями и греют воду очень плохо и реальный максимальный КПД таких систем не превышает 30–50 %.

Последнее время, ряд компаний стали выпускать новые

конструкции солнечных коллекторов. Если закрыть коллектор прозрачным колпаком, то мы уменьшим тепло потери при понижении температуры воздуха, защитим от ветра, утеплим нижнюю теневую часть конструкции. Все это увеличит эффективность работы таких систем. Данный тип солнечных коллекторов, по-прежнему, относится к сезонным дачным установкам подогрева вода и цена таких конструкций невысокая. Делаются такие коллекторы из пластика методом вакуумного формования, который применяется для массового производства. Срок службы таких коллекторов до пяти лет. На рис. 3 показаны конструкции таких коллекторов. Закрытые объемные солнечные коллекторы предназначены для эксплуатации в теплый период времени года, когда продолжительность светового дня более 12 часов. Для увеличения времени освещенности солнечными лучами поверхности коллектора их производят в виде сфер, полуцилиндров, пирамид. Солнечные коллекторы данного типа размещают на крышах летних домиков и на площадках. Из-за использования пластмасс в качестве конструктивных материалов прозрачного защитного слоя и корпуса коллектора, данная конструкция дешева и применяется, в основном, для подготовки горячей воды на приусадебном хозяйстве, подогрева воды в детских бассейнах и летних душевых. Такие солнечные коллекторы обладают невысоким КПД, но они более защищены от влияния атмосферных факторов, чем коллекторы открытого типа и лишены ряда их недостатков. В

отдельный вид можно выделить пластиковые солнечные коллекторы. В простейшем варианте это две панели из поликарбоната, которые закреплены на раме из алюминия.



Рис.3 Закрытые трубчатые и объемные солнечные коллекторы

Между ними наварены или наплавлены ребра, создающие в панели лабиринт для тока воды. В верхней части панели расположено впускное отверстие, в нижней – выпускное. В верхнее заливается холодная вода, которая, проходя по лабиринту, нагревается и выходит с более высокой температурой через нижнее. Система применяется для нагрева воды в летний период, рис.4.

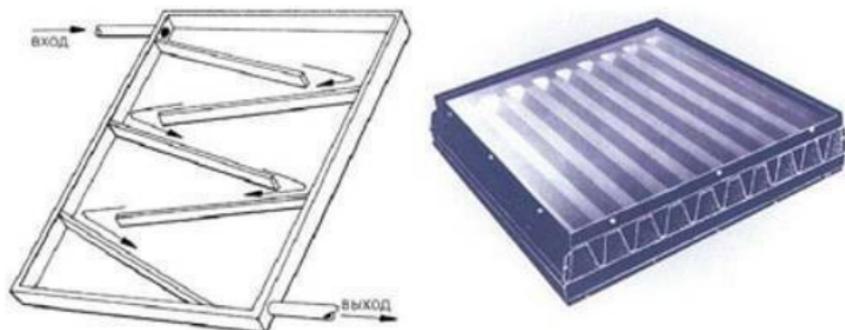


Рис.4 Пластиковые коллекторы

Из-за малого гидравлического сопротивления очень хорошо функционирует в самотечной системе. Такой вид солнечного водонагревателя – идеальный вариант снабжения горячей водой дачи в летний сезон. Также пластиковые коллекторы изготавливаются путём штамповки из [полиэтилена](#) высокой плотности ([ПЭВП](#)). Производительность пластиковых коллекторов достаточно сильно зависит от скорости ветра.

Воздушные коллекторы имеют то преимущество, что им не свойственны проблемы замерзания и кипения теплоносителя, от которых порой страдают жидкостные системы. И хотя утечку теплоносителя в воздушном коллекторе труднее заметить и устранить, она приносит меньше неприятностей, чем утечка жидкости. Не всегда есть возможность или желание устраивать полноценную систему отопления, частью которой являются все гелиосистемы. Но сэкономить на отоплении помещения можно без устройства системы. И помогут в этом воздушные коллекторы. Полностью заменить традиционное отопление они не в состоянии, но снизить расходы могут. В самом простом случае воздушный солнечный коллектор – это две пластины, между которыми устроен лабиринт, по которому проходит воздух. Наружная пластина имеет отверстия (перфорацию), в которые проходит холодный воздух. Проходя по лабиринту, он нагревается и затем через отверстие в стене дома попадает внутрь, рис.5.



Рис. 5 Воздушные гелиоколлекторы

Работать система может с использованием вентилятора (принудительная циркуляция) или без него. Все зависит от конфигурации. Устанавливается такой солнечный нагреватель воздуха чаще на южной стене (возможна естественная циркуляция за счет восходящих потоков теплого воздуха), но можно сделать и на крыше с вентилятором, рис.6.



Рис.6 Воздушный гелиоколлектор для крыши

Сильного нагрева вы в таких устройствах не получите: КПД у них совсем небольшой, но до 30–45°C в прохладные дни или до 50°C в жаркие дни воздух нагреть можно. Только для получения хорошего эффекта воздушные коллекто-

ры должны иметь большие размеры. Для увеличения КПД вторую стенку делают из теплопоглощающего материала, который используется в плоских коллекторах. Также заднюю стенку утепляют, предупреждая рассеивание тепла. Но эффективность все равно остается низкой.

Воздушные солнечные коллекторы можно разделить на группы по способу циркуляции воздуха. В простейшем из них воздух проходит через коллектор под поглотителем. Этот вид коллектора пригоден только для подъема температуры на $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$ из-за высоких потерь тепла на поверхности коллектора через конвекцию и излучение. Эти потери можно значительно снизить, накрыв поглотитель прозрачным материалом с низкой проводимостью инфракрасного излучения. В таком коллекторе поток воздуха возникает либо под поглотителем, либо между поглотителем и прозрачным покрытием.

Благодаря прозрачной крышке излучение тепла с поглотителя снижается незначительно, но из-за снижения конвективных теплопотерь можно достичь подъема температуры на $20\text{--}50^{\circ}\text{C}$ в зависимости от количества солнечной радиации и интенсивности воздушного потока. Можно добиться дальнейшего снижения тепловых потерь, проведя воздушный поток и над поглотителем, и под ним, так как при этом удваивается площадь поверхности теплопередачи. Потери тепла из-за излучения при этом снизятся благодаря пониженной температуре поглотителя. Однако одновременно

происходит и снижение поглотительной способности абсорбера из-за наслоения пыли, если воздушный поток проходит с обеих сторон поглотителя. Основными достоинствами воздушных коллекторов являются их простота и надежность. Такие коллекторы имеют простое устройство. При надлежащем уходе качественный коллектор может прослужить 10–20 лет, а управление им весьма несложно. Теплообменник не требуется, так как воздух не замерзает.

Солнечный коллектор, который нагревает воздух, может служить дешевым источником тепла для сушки сельскохозяйственных культур – зерна, фруктов или овощей. Так как солнечные коллекторы с высокой эффективностью нагревают температуру воздуха в помещении на 5–10°C (а сложные устройства – еще больше), они могут использоваться для кондиционирования воздуха на складах.

Глава 2. Среднетемпературные гелиоколлекторы

2.1. Плоские закрытые гелиоколлекторы

К этому типу гелиоколлекторов относятся плоские закрытые коллекторы, в которых теплопередача совершается посредством жидкости, либо коллекторы-концентраторы, в которых тепло концентрируется. Представителем последних является коллектор вакуумированный трубчатый.

Плоский солнечный коллектор – один из самых распространенных видов солнечных коллекторов, которые работают по принципу парникового эффекта, а именно то, что сквозь стекло практически полностью все солнечные лучи проходят и попадают на поверхность солнечного коллектора, рис. 7. Для плоского солнечного коллектора применяется обычное или специальное закаленное стекло с коэффициентом пропускания спектрального интервала $0,4 \dots 1,8$ мкм и достигает 95%, а в свою очередь в нижней части коллектора используется теплопоглощающее покрытие с эффективностью 90% (высокоселективное покрытие). Поверхность стекла применяют матовую, которая больше поглощает солнечных лучей, чем глянцевая поверхность.



Рис.7 Плоский солнечный коллектор

Плоский солнечный коллектор состоит из следующих основных элементов, рис.8:

- корпус;
- трубки с теплоносителем;
- абсорбер и теплопоглощающее покрытие;
- прозрачное защитное покрытие (обычно стекло);
- термо изолирующее покрытие (обычно минеральная вата в комбинации со светоотражающей алюминиевой фольгой);
- входных и выходных патрубков подсоединения к маги-

стали системы отопления и ГВС;

- элементы крепления оборудования.



Рис.8 Конструкция плоского солнечного коллектора

Корпус плоского солнечного коллектора обычно изготавливают из листового или анодированного алюминия, и предназначенный для защиты главного оборудования от внешнего воздействия и крепления к основанию скатной кровли или реже к стене дома.

Абсорбер – основной элемент плоского коллектора. Аб-

сорбер представляет собой обычно медную пластину с теплопоглощающим покрытием. К адсорберу припаян проточный трубопровод, для отвода тепла, который может располагаться по двум схемам: «меандр» и «арфа». Абсорбер помещается в стеклянный корпус. Одна поверхность, что покрыта теплопоглощающим слоем принимает солнечное излучение, а вторая сторона (противоположная) для снижения теплопотерь утепляется специальным материалом. Отвод теплоты от теплопоглощающего покрытия осуществляется через медный или алюминиевый теплообменник, внутри которого в качестве теплоносителя помещена вода или антифриз.

В разных моделях плоских солнечных коллекторах могут быть:

- абсорбер из меди лирообразной формы, поверхность которого покрыта высокоселективным черным хромом, что дает возможность к параллельному подключению коллекторов;

- абсорбер из меди, меандров с высокоселективным покрытием «Sunselect»;

- абсорбер из меди двойной лирообразной формы с высокоселективным покрытием «Eta plus».

В плоских солнечных коллекторах используют следующие виды стекол:

- обычное стекло;
- специальное закаленное стекло. Особенностью является повышенная прочность на удар и высокая рассеянность;

– антирефлексное стекло – это стекло, на обеих поверхностях которого нанесен специальный слой, элиминирующий отражение солнечного света и поэтому максимальное количество этого излучения попадает на абсорбер (до 96%);

– полярное стекло (самоочищающееся стекло); поверхность такого стекла покрыта специальным слоем диоксид титана, что приводит к выгоранию на солнце всего органического мусора, который оседает на поверхность коллектора, а дождь смывает его остатки, оставляя стекло чистым.

В более дорогих версиях плоского солнечного коллектора вместо обычного защитного стекла применяется стекло из поликарбоната, которое также хорошо пропускает солнечные лучи, но является более стойким к ударам.

Очень важно, чтобы плоские коллекторы имели хорошую теплоизоляцию, которая снижает потери тепла. Обычно теплоизоляция плоских коллекторов устанавливается толщиной 20...60мм изготовленной из минеральной ваты и светоотражающей алюминиевой пленки

Плоские солнечные коллекторы располагаются непосредственно на склонах крыш, направленных по направлению к югу, или на специальных рамах для установки на плоских крышах или площадках.

Принцип работы данных устройств заключается в следующем. Солнечные лучи проходят через переднее плоское прозрачное защитное стекло, способное выдержать снеговые нагрузки, град и другие механические воздействия, через воз-

душную прослойку в несколько сантиметров, которая является теплоизолятором, и нагревают поверхность абсорбера. Для лучшего поглощения солнечных лучей, поверхность абсорбера покрыта селективным покрытием. К абсорберу прикреплены трубки из теплопроводного материала, по которым циркулирует теплоноситель. Абсорбер нагревает трубки, которые передают тепло теплоносителю. Движение теплоносителя в системе создается циркуляционным насосом. Вся конструкция смонтирована на прочной раме. Конкретные значения размеров элементов плоских солнечных коллекторов определяются их производителями и являются решениями проектировщиков, но типовыми значениями можно признать следующие:

- защитное прозрачное стекло – 3–3,5 мм. При меньшей толщине, трудно обеспечить прочность, при большей – возрастает вес и снижается КПД;
- воздушный зазор между стеклом и абсорбером – 25–35 мм. При меньшем размете растут тепло потери, при большем- габариты и вес;
- толщина нижнего теплоизоляционного слоя – 35–50 мм. При меньшем значении, плохая термоизоляция, при большем, растут габариты и вес.

Абсорберы плоских коллекторов бывают цельно листовыми и перьевыми. В перьевых абсорберах к отдельным пластинам прикреплена или приварена трубка, в которой циркулирует теплоноситель. Трубки в таких абсорберах соеди-

няются между собой в виде «арфы» (коллекторный тип).

В цельно листовых абсорберах система распределения теплоносителя бывает в виде «меандра» или же трубки, соединенные коллекторным типом. На рис. 9 представлены перьевые и цельно листовые абсорберы плоских коллекторов.

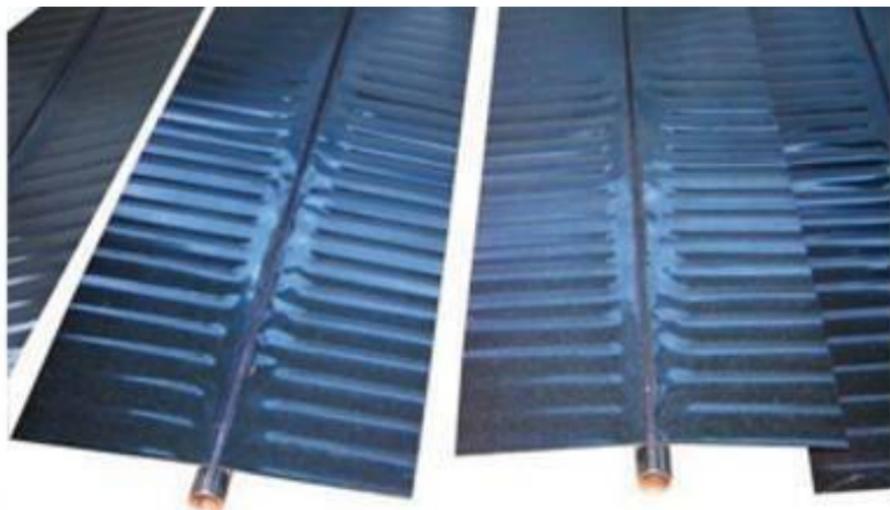


Рис.9 Перьевые и цельно листовые абсорберы плоских коллекторов

На рис.10 представлены варианты соединения трубок в плоских коллекторах.

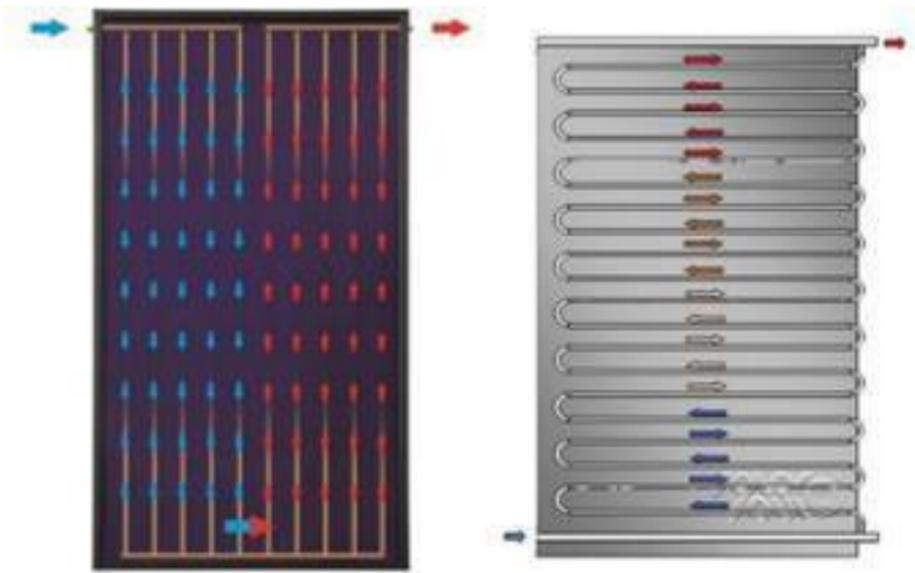


Рис.10. Варианты соединения трубок в плоских коллекторах

В первом варианте соединения трубок, возникает вопрос равномерного распределения жидкостей по каналам. Обычно это достигается увеличением диаметра горизонтальных участков труб коллектора. Во втором варианте, необходимо предусмотреть уклоны для обеспечения вытеснения воздуха при его заполнении.

Самым высокотехнологичным элементом в конструкции абсорбера является специальное поглощающее покрытие. Очевидно, что для повышения эффективности работы необходимо, чтобы это покрытие могло поглощать максимально

большую часть тепловой энергии от падающих на поверхность гелиоколлектора солнечных лучей, а при нагреве излучало минимальную долю поглощенной энергии в инфракрасном спектре. При отсутствии теплового разбора плоские коллекторы способны нагреть теплоноситель до 190–200°C.

Абсорбирующая пластина (абсорбер) покрывается специальным селективным покрытием (обычно черный хром, чёрный никель или напыление оксида титана) для повышения эффективности. Абсорбер может быть изготовлен из различных материалов, таких как медь, алюминий, стекло и может иметь различную форму. Неизменным является то, что абсорбер находится на освещенной солнечным излучением части солнечного коллектора. Для максимального поглощения солнечного излучения на абсорбер наносят специальное поглощающее селективное покрытие. Это покрытие обеспечивает максимально возможное поглощение солнечной энергии, попадающей на абсорбер, при этом препятствует обратному излучению.

В перьевых абсорберах к отдельным пластинам прикреплена или приварена трубка. Трубки в таких абсорберах соединяются между собой в виде арфы или еще это соединение называют коллекторным типом. В цельно листовых абсорберах система распределения теплоносителя может быть различной. Это могут быть трубка в виде меандра или же трубки коллекторного типа, а также может быть применен метод штамповки. Чем больше падающей энергии передаётся теп-

лоносителю, протекающему в коллекторе, тем выше его эффективность.

Повысить её можно, применяя специальные оптические покрытия, не излучающие тепло в инфракрасном спектре, эффективность которого может составлять около 95%. Стандартным решением повышения эффективности коллектора стало применение абсорбера из листовой меди из-за её высокой теплопроводности. Также высокая эффективность достигается увеличением площади контакта трубки и медного листа: у формованного листа и паянного соединения она максимальна, у соединения ультразвуковой сваркой – меньше. Используется также алюминиевый экран. Сама панель является воздухонепроницаемой, для чего отверстия в ней заделываются силиконовым герметиком. Повысить эффективность гелиоколлектора можно, применяя специальные оптические покрытия, не излучающие тепло в инфракрасном спектре, эффективность которого может составлять около 95%.

Поглощающая способность обозначается символом альфа « α ». Излучающая способность – символ эпсилон « ϵ ». Свойства некоторых селективных покрытий представлены в таблице 1.

Оптический КПД солнечного коллектора определяет, какой процент излучения, попадает через прозрачное покрытие на коллектор и поглощается абсорбером. Данный показатель полностью характеризует применяемые материалы

защитного прозрачного, материала и покрытия абсорбера, не зависит от климатических факторов и конструктивных и тепловых параметров гелиосистемы. Наилучшие показатели оптического КПД современных солнечных коллекторов составляют 0,92–0,94.

Мгновенный КПД можно определить по формуле:

$$\text{КПД} = \text{Копт} - K \cdot (T_1 - T_2) / I_s,$$

где КПД – коэффициент полезного действия плоского солнечного коллектора, %;

Копт – оптический коэффициент пропускной способности стекла, %;

K – эффективный коэффициент тепло потерь солнечного коллектора, Вт/(м²°C);

T₁ – температура теплоносителя, град. К;

T₂ – температура окружающей среды, град. К;

I_s – интенсивность солнечного излучения, Вт/м².

Параметры, влияющие на КПД солнечного коллектора:

–интенсивность солнечной энергии;

–температура наружного воздуха;

–конструктивные характеристики солнечного коллектора;

–свойства поверхности абсорбера;

–материал и толщина листа;

–толщина,

–коэффициент теплопроводности тепловой изоляции,

–шаг труб;

–рабочие параметры всей гелиосистемы (расход теплоносителя и его температура на входе).

При сравнении различных материалов, используемых для

изготовления абсорбера, – меди, алюминия, стали, пластмассы – установлено, что с увеличением произведения толщины листа на его коэффициент теплопроводности, значение КПД коллектора возрастает.

Расстояние между трубками в плоском абсорбере обычно меняется от 50 до 150 миллиметров, при этом, его КПД меняется от 0,989 до 0,948 если он выполнен из меди, от 0,88 до 0,934, для алюминия и 0,984 до 0,819 для стали. Уменьшение диаметра трубок снижает эффективность на 2–4 %.

Расстояние между трубками в плоском абсорбере обычно меняется от 50 до 150 миллиметров, при этом, его КПД меняется от 0,989 до 0,948 если он выполнен из меди, от 0,88 до 0,934, для алюминия и 0,984 до 0,819 для стали. Уменьшение диаметра трубок снижает эффективность на 2–4 %.

Очень большую роль в эффективности работы плоских солнечных коллекторов играют атмосферные факторы, так при уменьшении температуры окружающего воздуха с 25 до 10°C, КПД падает примерно на 25 %. При появлении облачности – в два раза, допустим интенсивность солнечного излучения упала с 1000 до 500 Вт/м², тогда коллектор площадью один квадратный метр произведет примерно в 4 раза меньше тепловой энергии, чем в первом случае. Чем ниже температура входящего теплоносителя, тем выше КПД. Увеличение расхода теплоносителя влечет увеличение КПД до определенной величины и потом остается неизменным.

Таблица 1 Свойства селективных покрытий

.....Поверхность ^а	Поглощательная способность, α^a	Излучательная способность поверхности, ε^a
«Черный никель», содержит окиси и сульфиды Ni и Zn на полированном Ni ^а	0,91-0,94 ^а	0,11 ^а
Cu на Ni; медь в качестве электрода с последующим окислением ^а	0,81 ^а	0,17 ^а
Co3o4 на серебре; методом осаждения и окисления ^а	0,90 ^а	0,27 ^а
CuO на Al; методом набрызгивания разбавленного раствора Cu(NO3)2 на горячую алюминиевую пластину с последующей горячей сушкой ^а	0,93 ^а	0,11 ^а
«Черная медь» на Cu; методом обработки Cu раствором NaOH и NaClO2 ^а	0,89 ^а	0,17 ^а
«Эбанол С» на Cu; промышленная обработка чернением Cu, обеспечивающая покрытия на CuO ^а	0,90 ^а	0,16 ^а
CuO на анодированном Al; обработка Al горячим раствором Cu(NO3)2 - KMnO4 ^а	0,85 ^а	0,11 ^а
Кристаллы PbS на Al ^а	0,89 ^а	0,20 ^а

Важным фактором также является качество селективной поверхности абсорбера. У лучших, показатель их эффективности составляет 0,96, в то время как, простая черная краска имеет данный показатель на уровне 0,5.

На рис.11 показаны зависимости мгновенного КПД закрытого плоского солнечного коллектора с высокоселективной поверхностью абсорбера от интенсивности солнечного потока (1000, 800, 500, 300 Вт/м², разности температур теплоносителя и окружающего воздуха, при наилучших показателях оптического КПД (0,82) и углу падения солнечных

лучей перпендикулярно поверхности при коэффициенте потерь, равным $7 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$.

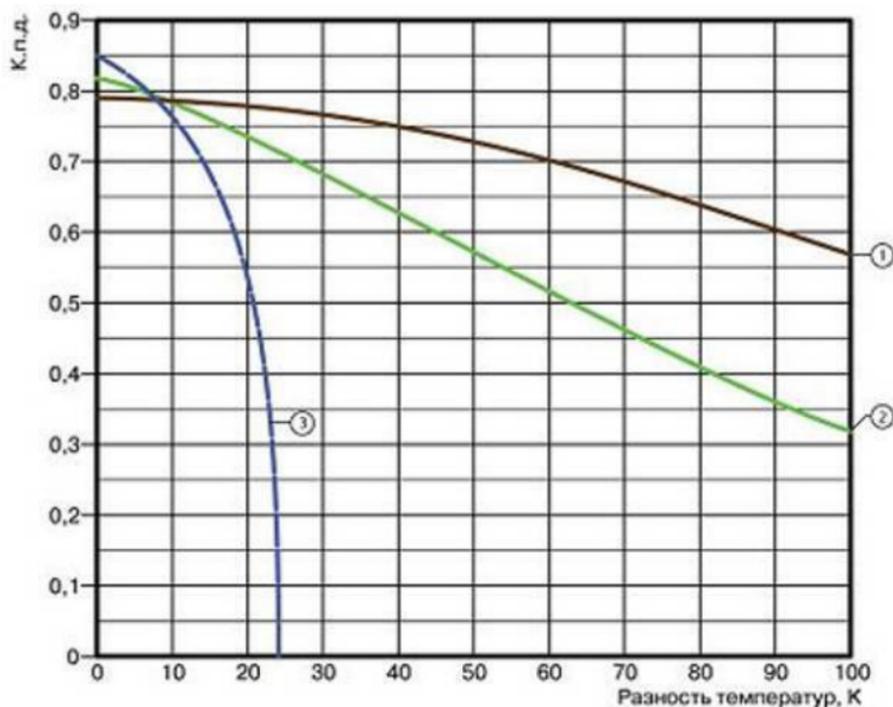


Рис.11 График сравнения тепловой эффективности разных солнечных коллекторов при солнечном излучении мощностью 600 Вт/м^2 : 1 – вакуумный коллектор (трубчатого типа); 2 – плоский солнечный коллектор (селективное покрытие); 3 – солнечный коллектор открытого типа

Для обеспечения простого и быстрого гидравлического подключения, например, гелиоколлектор Logasol SKN3.0, рис. 12, оснащен патрубками для шлангов.



Рис.12 Гелиоколлектор SKN3.0-S–вертикальный, SKN3.0-w- горизонтальный

Гелиоколлекторы монтируются без применения специального инструмента с помощью ленточных пружинных хомутов, рассчитанных вместе с гелиоколлекторами на температуру до $+170^{\circ}\text{C}$ и давление до 6 бар. Основные технические данные плоских гелиоколлекторов Logasol SKN3.0 представлены в таблице 2.

Таблица 2 Основные технические данные плоских гелиоколлекторов Logasol SKN3.0.

Плоский гелиоколлектор [□]	Ед. измерения [□]	Logasol SKN3/O- [□]	Logasol SKN3/O-w [□]
Тип монтажа [□]	□	вертикальный [□]	горизонтальный [□]
Наружная поверхность (площадь брутто) [□]м ² [□]2,37 [□]2,37 [□]
Апертурная площадь (площадь проникания света) [□]м ² [□]2,26 [□]2,26 [□]
Площадь абсорбера (площадь нетто) [□]м ² [□]2,23 [□]2,23 [□]
Емкость абсорбера [□]л [□]0,86 [□]1,25 [□]
Селективность..... Коэффициент поглощения..... от 0,94 до 0,96 [¶]			
..... Коэффициент отражения/излучения..... от 0,10 до 0,14 [□]			
Вес [□]кг [□]41 [□]42 [□]
Коэффициент полезного действия.....%.....77 [□]			
Эффективный коэффициент теплопередачи: k1·Вт/(м ² ·К) 3,681 [¶]			
..... k2·Вт/(м ² ·К).....0,0173 [□]			
Теплоемкость.....С.....кДж/(м ² ·К).....2,96 [□]			
Поправочный коэффициент угла инсоляции, IAM-та (50°С).....0,911 [¶]			
..... IAM-та.....0,9 [□]			
Номинальный объемный поток.....V.....л/час.....50 [□]			
Температура в состоянии стагнации.....°С.....188 [□]			
Макс. допустимое избыточное рабочее давление.....бар.....6 [□]			
Максимально допустимая температура.....°С.....120 [□]			

Конструкция абсорбера в форме сдвоенного меандра способствует увеличению мощности коллекторов, обеспечивая турбулентное движение теплоносителя на всех участках. Также, за счет параллельного соединения двух меандров (змеевиков) в гелиоколлекторе достигается низкий уровень потерь давления. Сборный трубопровод обратного потока расположен в нижней части гелиоколлектора. Поэтому в периоды стагнации горячий теплоноситель может быстрее пройти через гелиоколлектор.

Гелиоустановке необходима защита от замерзания. Для этого применяют на выбор антифризы Solarfluid L и Tyosog LS. Теплоноситель Solarfluid L – это готовая для применения смесь 50% полипропилен-гликоля и 50% воды. Бесцветная смесь не приносит вреда продуктам питания и подвергается биологическому распаду. Теплоноситель Solarfluid L защищает гелиоустановку от замерзания и коррозии. В установках с гелиоколлекторами Logasol SKN3.0 и SKN4.0 теплоноситель Solarfluid L обеспечивает надежную эксплуатацию при температурах от 37 °С до +170 °С. Гелиоустановке необходима защита от замерзания. Для этого применяют на выбор антифризы Solarfluid L и Tyosog LS. Теплоноситель Solarfluid L – это готовая для применения смесь 50% полипропилен-гликоля и 50% воды. Бесцветная смесь не приносит вреда продуктам питания и подвергается биологическому распаду. Теплоноситель Solarfluid L защищает гелиоустановку от замерзания и коррозии. В установках с гелиоколлекторами Logasol SKN3.0 и SKN4.0 теплоноситель Solarfluid L обеспечивает надежную эксплуатацию при температурах от 37 °С до +170 °С.

Теплоноситель Tyosog LS – это смесь 43% полипропилен-гликоля и 57% воды. Смесь красного/розового цвета не наносит вреда продуктам питания и поддается биологическому распаду, гарантирует надежную эксплуатацию при температурах от – 28 °С до +170 °С.

Теплоносители на основе водных растворов полипропи-

лен гликоля подвержены старению во время эксплуатации гелиоустановок. При длительных термических перегрузках (>200 °С) возникает характерный резкий горелый запах. Вследствие образования твердых частиц как продуктов распада пропилен гликоля или ингибиторов, которые уже не могут раствориться в воде, теплоноситель приобретает почти черный цвет. Существенными факторами влияния являются высокие температуры, давление и длительность нагрузки. На эти факторы ощутимо влияет геометрия абсорбера. Расположение присоединительных трубок на коллекторе оказывает влияние на стагнационные характеристики гелиоколлектора и, тем самым, и на старение теплоносителя. Поэтому следует избегать длинных наклонных (с подъемом) участков прямого и обратного трубопроводов у коллекторного поля, так как в период стагнации теплоноситель из этих линий попадает в гелиоколлектор и увеличивает объем пара. Старению дополнительно способствует кислород и загрязнения, например, медная или стальная окалина. Для контроля теплоносителя на монтажной площадке следует определять показатель рН и содержание антифриза.

Готовая смесь теплоносителя [□]	Состояние на момент поставки: показатель рН	Граничное значение для замены [□]
Solarfluid-L-50/50 [□]	прибл. 8 [□]	< 7 [□]
TyocorLS-50/50 [□]	прибл. 10 [□]	< 7 [□]

Преимущества, закрытых плоских трубчатых коллекторов.

1. Высокая эффективность работы летом. При правильном выборе направления ориентации на солнце имеют значительно более высокую эффективность, чем открытые солнечные коллекторы – КПД более 50%.

Перепад температур между коллектором и атмосферным воздухом может достигать 20–60°C.

2. Хорошее соотношение цена – эффективность при эксплуатации систем только в летний период времени.

3. Способность самоочищаться от снега и инея. Данная способность определяется не конструкцией самого плоского солнечного коллектора. Снег оседает на поверхность и иней образуется у плоского и у другого любого коллектора в ночные часы или при полной облачности. У систем ГВС и отопления с использованием плоских трубчатых коллекторов есть возможность принудительно подогреть теплоноситель в трубках, и он нагреет абсорбер, который, в свою оче-

редь, нагреет стекло солнечного коллектора. Снег и иней, находящийся на поверхности коллектора, растают.

4. Плоские солнечные коллекторы имеют наибольшее соотношение площади абсорбера к площади всего коллектора, значит, при определенном направлении падения солнечных лучей, они имеют возможность использовать всю энергию солнца, действующую на квадратный метр поверхности.

5. Простая и надежная конструкция. Высокая долговечность оборудования (более 50 лет; производитель обычно дает гарантию на 10 лет эксплуатации). Возможность работы круглый год. Эффективно работают при необходимости нагрева воды выше на $20 \dots 40^{\circ}\text{C}$ от температуры окружающей среды.

Недостатки закрытых плоских трубчатых коллекторов

1. Низкая эффективность работы в холодное время года. Воздушная прослойка между защитным стеклом и абсорбером и стекло имеют значительную теплопроводность и если на улице холодно, то большая часть солнечной энергии, которая преобразуется на абсорбере в тепловую, отдается в атмосферу. Особенно это усиливается в ветряную погоду. Максимальна эффективность плоского коллектора достигается только при попадании солнечных лучей под прямым углом, т.е. в полдень.

2. Ограниченный период эффективной работы в дневное время. Плоские коллекторы – стационарные объекты, строго ориентированные в пространстве. Поскольку Солнце пере-

мещается по 15 градусов каждый час, то эффективная работа плоского солнечного коллектора длится не более 5 часов в сутки в то время, как продолжительность светового дня в летний период, составляет до 17,5 часов.

Максимальна эффективность плоского коллектора достигается только при попадании солнечных лучей под прямым углом, т.е. в полдень.

3.Требует периодической очистки от пыли, грязи, снега.

4.Сложность транспортировки и монтажа. Плоские солнечные коллекторы, в собранном виде – это габаритная тяжелая конструкция, которую трудно транспортировать личным транспортом и монтировать на крышах домов. Работы должны выполняться с применением грузоподъемной техники несколькими людьми. В пассажирские лифты и лестничные марши частных домов данные устройства, как правило, не помещаются.

5.Сложность ремонта. При повреждении стеклянного защитного покрытия, или выходе из строя элементов плоских солнечных коллекторов, требуется полная замена всего коллектора. Ремонт должен быть выполнен в мастерской. Фактически, данная проблема приводит к полной остановке работы системы до замены поврежденного коллектора.

6.Высокая парусность. Плоские коллекторы имеют высокую парусность. Они могут быть установлены непосредственно на склоны крыш домов, но такая установка, как правило, приводит к значительному падению эффективности

работы устройства, поскольку реальные дома имеют склоны крыш с разной ориентацией на солнце и разные уклоны. Для большей эффективности, коллекторы устанавливаются на раму, которая крепится на крыше. Но из-за больших габаритов, парусности и веса, данные конструкции должны быть прочными.

2.2. С вакуумными трубками

Традиционные простые плоские солнечные коллекторы были спроектированы для применения в регионах с теплым солнечным климатом. Они резко теряют в эффективности в неблагоприятные дни – в холодную, облачную и ветреную погоду. Более того, вызванные погодными условиями конденсация и влажность приводят к преждевременному износу внутренних материалов, а это, в свою очередь, – к ухудшению эксплуатационных качеств системы и ее поломкам. Эти недостатки устраняются путем использования вакуумных коллекторов. Вакуумные коллекторы нагревают воду для бытового применения там, где нужна вода более высокой температуры. Солнечная радиация проходит сквозь наружную стеклянную трубку, попадает на трубку-поглотитель и превращается в тепло. Оно передается жидкости, протекающей по трубке. Коллектор состоит из нескольких рядов параллельных стеклянных трубок, к каждой из которых прикреплен трубчатый поглотитель (вместо пластины-поглотителя в плоских коллекторах) с селективным покрытием. Нагретая жидкость циркулирует через теплообменник и отда-

ет тепло воде, содержащейся в баке-накопителе. Вакуумные коллекторы являются модульными, т.е. трубки можно добавлять или убирать по мере надобности, в зависимости от потребности в горячей воде. При изготовлении коллекторов этого типа из пространства между трубками высасывается воздух и образуется вакуум. Благодаря этому устраняются потери тепла, связанные с теплопроводностью воздуха и конвекцией, вызванной его циркуляцией. Остается радиационная потеря тепла (тепловая энергия движется от теплой к холодной поверхности, даже в условиях вакуума). Однако эта потеря мала и незначительна по сравнению с количеством тепла, передаваемого жидкости в трубке-поглотителе. Вакуум в стеклянной трубке – лучшая из возможных теплоизоляций для коллектора – снижает потери тепла и защищает поглотитель и теплоотводящую трубку от неблагоприятных внешних воздействий. Результат – отличные рабочие характеристики, превосходящие любой другой вид солнечного коллектора.

Функция вакуумированных трубок солнечного коллектора – поглотить солнечное излучение и не дать выйти в окружающую среду. Тепловая энергия может покинуть рабочую часть вакуумного солнечного коллектора двумя способами – за счет прямой теплоотдачи и в виде ИК-излучения. Полость между стеклянными стенками практически полностью исключает возможно прямой отдачи тепла, в вакууме нет молекул веществ, которые могли бы осуществить его перенос.

Селективное покрытие (абсорбент) обеспечивает поглощение солнечной энергии и не позволяет ей выйти наружу. Существуют разные типы таких покрытий, отличающиеся поглощательной и излучательной способностью.

Основным узлом любого солнечного вакуумного водонагревателя или солнечного вакуумного коллектора является батарея вакуумных трубок. Существуют шесть основных типов вакуумных трубок. В зависимости от типа вакуумной трубки различается и физический принцип нагрева воды в баке солнечного водонагревателя или в манифолде солнечного коллектора.

1. Вакуумные трубки коаксиального типа. Коаксиальная вакуумная трубка солнечного коллектора – сосуд Дьюара, выполненный в виде тонкостенных стеклянных коаксиальных трубок, запаянных с торца. Из пространства между стенками труб выкачан воздух. Конструкция вакуумной трубки солнечного коллектора представлена на рис.13.

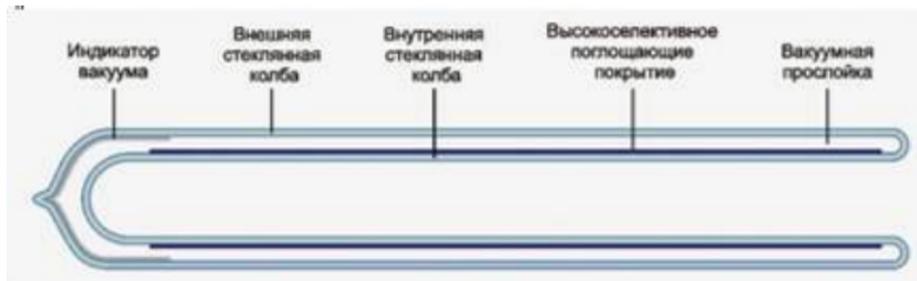


Рис.13 Продольный разрез коаксиальной вакуумной трубки

Свободный конец внутренней трубки поддерживается держателем, выполненным из нержавеющей стали.

Требования к вакуумным трубкам солнечных коллекторов:

- стекло должно иметь высокую прочность;
- высокую света пропускную способность;
- устойчивость к старению при высоких температурах;
- сохранять в течение длительного времени высокий уровень вакуума;
- иметь индикаторы уровня вакуума.

Трубки вакуумных коллекторов выполнены из чрезвычайно крепкого боросиликатного стекла, которое выдерживает удары града, падающего со скоростью 18 м/с диаметром до 35 мм. Боросиликатное стекло пропускает волны солнечной радиации в диапазоне 0,4–2,7 нм, – весь спектр теплового излучения. Толщина стенок у разных производителей разная и составляет около 1,7 мм для внешней трубы и 1,5 мм для внутренней. Массово выпускаются несколько типоразмеров труб, наиболее популярны вакуумные трубы длиной от 1,5 до 2,0 м с внешним диаметром 57 и 75 мм, но есть и трубы с внешним диаметром 150 мм. Зазор между трубами составляет около 3,5 мм. Основные типоразмеры диаметров колб – 70, 58, 48, 37 мм, длина колб – 1500, 1800, 2100 мм. Чем больше диаметр трубки и ее длина, тем больше площадь абсорбции и выше теплотворность трубки. Колбы вакуум-

ной трубки выполнены из прочного боросиликатного стекла, стойкого к граду и механическим повреждениям.

На поверхности внутренней колбы наносится специальное многослойное селективное покрытие, которое позволяет утилизировать в тепло 92–96% спектра солнечного излучения (инфракрасного, видимого, ультрафиолетового). Первый слой – это теплопередающий слой напыления меди, $M-AL-N/Cu$, который имеет низкий коэффициент эмиссии и высокую теплопередачу через внутреннюю стеклянную стенку к теплоносителю. Второй слой (антиэмиссионный), это пленка нитрида алюминия $Al-N-Al$ служит для предотвращения перекрестной миграции энергии. Этот слой позволяет меди первого слоя нагреваться до температур свыше 400 °С за счет предотвращения потерь тепла. Третий слой металлокерамический (высокоселективный абсорбирующий) – напыление нитрида алюминия $AL-N/M-AL-N$ распыленных одновременно в газовой смеси аргона и азота для получения покрытия, которое поглощает солнечное излучение с очень низкой теплоотдачей. Чаще всего на рынке представлены трубки с 3-слойным покрытием, потому что 7-ми и 9-тислойное покрытие существенно удорожает стоимость трубок, а выигрыш дает всего на 2–3 процента. На рынке РФ трубки из-за покрытия имеют темно-синий цвет. В Китае и ЮВА более распространены трубки с покрытием серо-стального или серо-розоватого цвета. После откачки воздуха из меж стеночного пространства перед запаиванием но-

сика колбы внутрь впрыскивается соль бария, которая образует на внутренней стенке колбы зеркальный слой. Этот зеркальный слой и является индикатором вакуума рис.14. Стандартный уровень вакуума в межтрубном пространстве коаксиальных труб составляет 5×10^{-3} Па. При нарушении вакуума в трубке зеркальный слой превращается в мутный молочно-белый. Стенки стеклянных цилиндров имеют различную толщину: внешняя колба более прочная – $1,8 \pm 0,15$ мм, внутренняя колба – $1,6 \pm 0,15$ мм. Цилиндры вставлены один в другой и запаены в верхней части (устье) трубки. Противоположный конец внутренней колбы удерживает в центре пружиной с четырьмя лепестками. Верхние концы (устья) вакуумных трубок вставляются через уплотнители в бак-термос, расположенный на раме над ними, и образуют с ним одну ёмкость. Принцип действия – термосифон между вакуумными трубками и баком-термосом водонагревателя. Теплоноситель системы – вода. Тип циркуляции – пассивный. Абсорбционный слой на поверхности внутренней колбы утилизирует солнечную энергию и нагревает стекло колбы, вода в вакуумной трубке нагревается от стекла, и она естественным образом поднимается вдоль верхней стенки колбы и поступает в бак-термос, одновременно более холодная вода из бака-термоса поступает вдоль задней стенки колбы в вакуумную трубку. Таким образом, происходит циркуляция воды внутри системы.

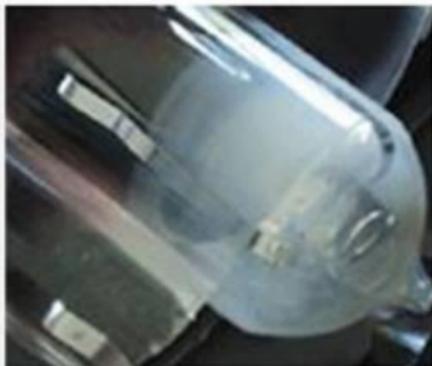


Рис.14 Зеркальный слой – индикатор вакуума

1. *Спаренные коаксиальные трубки.* Принцип работы такого теплоприемника как у предыдущего, за одним исключением – к одному теплообменнику присоединены две медных трубки с жидкостью. Спаренная система позволяет более эффективно отбирать тепло, а большая емкость и площадь стенок теплообменника – быстро нагревать воду. Вакуумные коллектор со спаренной коаксиальной системой устанавливаются там, где необходимо:

- обеспечить небольшой подогрев больших объемов воды;
- есть потребность в тепловой энергии на протяжении солнечного дня;
- высокий средний уровень инсоляции;
- происходит быстрая прокачка воды через систему.

2. *Вакуумные трубки двойного вакуумирования* (double vacuum tube (сокращенно DVT) или super vacuum tube) представляют собой колбу термоса (колба в колбе) как и пер-

вый тип, Отличием является то, что из внутренней колбы тоже откачан воздух до 1×10^{-4} Па и внутрь залито 20 мл легкоиспаряющейся жидкости (аналог пропилен гликоля), рис.15. На устье вакуумной трубки наварен стеклянный теплообменник-конденсатор длиной 150 мм и диаметром как внутренняя колба вакуумной трубки. Толщина стенок стеклянных колб, марка стекла, внешние типоразмеры у вакуумных трубок всех типов одинаковые, как и у вакуумных трубок первого типа. Верхние запаянные концы вакуумных трубок (с теплообменником) вставляются через уплотнители в бак-термос, расположенный на раме над ними, и не образуют с ним одну ёмкость. Теплоноситель системы – легкоиспаряющаяся жидкость, находящаяся во внутренней колбе. Тип циркуляции – пассивный. Принцип действия – прямой теплообмен между теплообменником-конденсатором вакуумной трубки двойного вакуумирования (DVT) и водой в баке-термосе. Легкоиспаряющаяся жидкость в вакуумной трубке нагревается внутренней стеклянной колбы, которая нагревается от солнца, и при $+35^{\circ}\text{C}$ начинает испаряться. Пар поднимается и поступает в верхнюю часть вакуумной трубки, где расположен конденсатор-теплообменник, там контактируя через стекло с водой в баке-термосе, отдает тепло, конденсируется и стекает вниз в вакуумную трубку. Затем цикл повторяется, создавая таким образом непрерывный процесс теплообмена. Таким образом, происходит нагрев воды внутри бака-термоса. Прямого контакта меж-

ду теплоносителем и водой нет. Показатель максимального КПД (оптического КПД " η_0 ") солнечного водонагревателя с вакуумными трубками DVT достигает 90–92%.



Рис.15 Трубки двойного вакуумирования

3. Вакуумные трубки типа «Heat Pipe». являются продолжением развития вакуумных трубок первого типа с включением элементов с теплопроводностью выше, чем стекло и вода, рис.16.



Рис.16 Вакуумная трубка типа "Heat pipe"

1-внешняя стеклянная колба, 2-высокоселективное поглощающее покрытие, 3-алюминиевая пластина-пружина, 4-вакуумная прослойка, 5-тепловой канал с легкоиспаряющейся жидкостью, 6-внутренняя стеклянная колба.

В верхней части колба закрыта пробкой с отверстием в центре диаметром 8 мм. Внутри вакуумной трубки «Heat Pipe» помещена медная трубка диаметром 8 мм, запаянная с обоих концов, и имеющая на верхнем конце расширение до 14 мм или 24мм (конденсатор-теплообменник). Внутри мед-

ной трубки находится теплоноситель – легкоиспаряющаяся жидкость, имеющая температуру кипения $+35^{\circ}\text{C}$. Тип циркуляции – пассивный. Медная трубка располагается в центре внутренней стеклянной колбы при помощи алюминиевой пластины-пружины, которая передает тепло от внутренней колбы к медной трубке. Принцип действия – прямой теплообмен между конденсатором-теплообменником и водой в баке-термосе или антифризом в манифолде. Стеклянная стенка внутренней колбы нагревается от абсорбционного слоя и передает тепло алюминиевой пластине-пружине, которая удерживает медную трубку в центре колбы. От алюминиевой пластины тепло передается медной трубке. Легкоиспаряющаяся жидкость в вакуумных трубках «Heat Pipe» нагревается от стенок медной трубки, и при $+35^{\circ}\text{C}$ начинает испаряться.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.