

УДК.662.997

ЗАЧЕМ НУЖЕН КОНЦЕНТРАТОР СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ? ИЛИ НА ЧТО СПОСОБЕН СОЛНЕЧНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР?

Согоконь А.Б.

НПМП «Suneko», г. Харьков

Солнечное излучение сродни воздуху, если нам комфортно, мы не думаем о нем и, даже, не замечаем. Но стоит ему исчезнуть, начинаем искать, куда оно делось, а если его слишком много, начинаем думать, куда от него деться.

Солнце посылает на Землю колоссальный поток энергии. Этой энергии хватает на создание мощных торнадо, тайфунов и разрушительных ураганов. Но при этом основной «недостаток» солнечного излучения заключается в том, что оно «размазано» по всему земному шару. На квадратный сантиметр поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, приходится всего 100 милливатт тепловой энергии. Практически это ничто, почти в прямом смысле одна комариная сила. Но если энергию, падающую на квадратный метр, да сконцентрировать на площадку в 1см^2 , то это будет уже 1кВт, т.е. больше, чем одна лошадиная сила (736 Вт).

Фокусирующие свойства кривых сплошных поверхностей известны еще со времен Архимеда, который согласно легенде (очень похожей на правду) поджигал вражеские корабли, фокусируя на них солнечные лучи от начищенных до блеска медных щитов воинов, выстроившихся полукругом вдоль берега. Но мы не будем рассматривать здесь классические концентраторы, построенные на основе параболических и цилиндрических поверхностей, так как они обладают двумя существенными недостатками.

Первый недостаток очевиден – высокая парусность. Даже сравнительно небольшие по размерам зеркала диаметром 1,5-2 метра, требуют мощной ветроустойчивой системы крепления и слежения за положением Солнца. Вторым недостатком менее очевиден, но более неприятен. Дело в том, что большие по площади отражающие поверхности вводят в заблуждение насекомых, ориентирующихся по солнцу и поляризации рассеянного в атмосфере света. Например, пчелы и шмели, сбившись с курса, на полной скорости врезаются в зеркало, оставляя на нем большой медово-пыльцовый след. В результате поверхность пачкается гораздо быстрее и сильнее, чем при естественном запылении. А отмыть медовый след – это не пыль стряхнуть.

Поэтому мы будем брать пример с деревьев, которые в результате тысячелетней адаптации научились эффективно противостоять ветру и использовать солнечную энергию. Идея заключается в том, что мы разрезаем сплошную поверхность на узкие полоски-веточки, и формируем из них пространственно разнесенную структуру, способную концентрировать солнечное излучение по заданному нами алгоритму. Следует заметить, что здесь усматривается очень тесная аналогия с голографическими структурами, которые, будучи уложенными по определенному алгоритму, из простого пучка света формируют сложное объемное изображение.

На фотографиях представлено несколько примеров реализации этой идеи. Для определенности будем называть этот тип концентраторов сегментированными. Концентратор, показанный на рис. 1, фокусирует солнечное излучение как обычная линза, хотя сделан из плоского листа зеркально отражающего материала. Концентраторы, показанные на рис. 2 и рис. 3, фокусируют излучение на цилиндрическую поверхность трубки, хотя имеют совершенно разные конструкции, и также сделанные из листового материала.

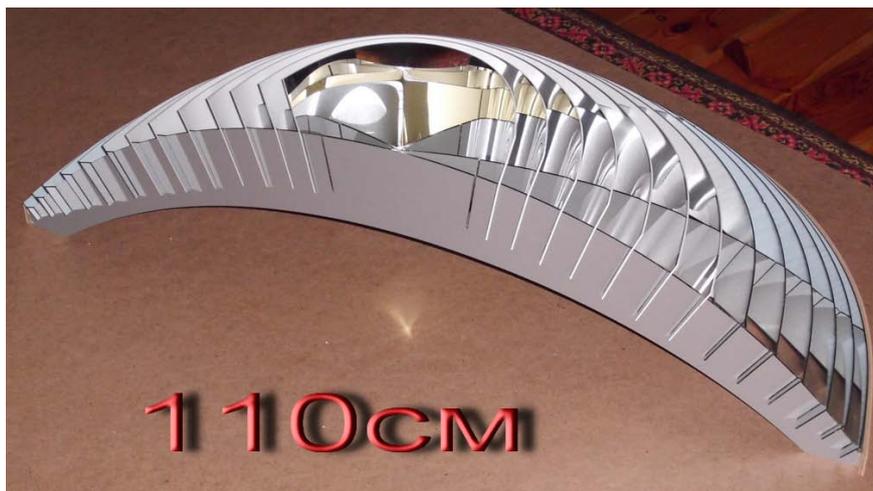


Рис. 1.



Рис. 2.

Даже без испытаний в аэродинамической трубе, ясно, что такие структуры будут более прозрачны для ветра, чем их аналоги, имеющие сплошную поверхность. Отдельно подчеркнем, что для солнечного света эти структуры непрозрачны, так же, как и сплошные поверхности. Другими словами, эффективность сбора солнечной энергии у них такая же, как и у сплошных концентраторов.

Натурные испытания, проведенные в течение лета 2012 года, показали, что насекомые безразличны к отражающим поверхностям сегментированных концентраторов. Не было зарегистрировано ни одного случая прямого попадания в плоскость сегмента. Только в сентябре было замечено, как мухи садились на торец сегмента, который обращен к солнцу, и двигались по его периметру. Очевидно, темная подложка нагревается больше чем соседние области, и мухи просто греются.

Эксперимент также показал, что небольшой дождь легко смывает пыль, не оставляя следов после высыхания капелек воды.

У сегментированных концентраторов есть еще положительные свойства.



Рис. 3.

Первое. Фокальная область находится внутри пространственной структуры. Это является предпосылкой для создания компактных гелио устройств, и гарантией того, что в случае отказа системы слежения, мощный поток не выйдет за пределы концентратора и не сможет случайно поджечь или повредить ни элементы гелио системы, ни окружающие ее предметы. И уж тем более не сможет причинить вред человеку и животным, чего нельзя сказать о сплошных концентраторах.

Второе. Пространственную структуру из отражающих элементов можно спроектировать так, что фокальная область окажется и в центре симметрии, и в центре тяжести концентратора. В этом случае, во-первых, положение фокальной области не будет зависеть от положения Солнца на небосклоне, и во-вторых, на управление симметричной и сбалансированной системой требуются минимальные затраты энергии.

Из второго свойства вытекает очень важный вывод: приемник лучистой энергии может быть неподвижен, и не связан механически с концентратором. Это особенно важно, если в качестве приемника выступает двигатель Стирлинга или паровой котел. Вообще, можно пойти дальше, и предложить концепцию сменных блоков, т.е. рассматривать концентратор как универсальный источник энергии, как блок питания, к которому можно «подключать» различные устройства. Например, один и тот же концентратор при наличии сменных блоков, сможет и опреснить воду, и утилизировать бытовые отходы, и пищу приготовить, и воду в бойлере подогреть. И все это в течение одного светового дня!

Рассмотрим более детально особенности и преимущества применения концентраторов в конкретных практических задачах. Возьмем, к примеру, горячее водоснабжение, отопление помещений, теплый пол, подогрев бассейна и системы оттаивания тротуаров.

Для выполнения всех этих задач необходим примерно одинаковый набор стандартного оборудования. Сейчас эти задачи решаются без использования концентраторов с помощью обычных плоских коллекторов, и с помощью коллекторов на вакуумных трубках. Плоскости коллекторов ориентируют на юг и располагают под некоторым углом к горизонту, зависящим от географической широты местности. Наименее эффективными и самыми дешевыми являются гелио системы на основе плоских коллекторов. Их КПД не превышает 50%. Они хорошо себя зарекомендовали в теплых странах, таких как Турция, Греция, Израиль, Египет. В Болгарии, Румынии и в Крыму целесообразно использовать коллекторы на основе вакуумных трубок, КПД которых достигает 85-90%. По мере продвижения на север эффективность и этих систем снижается. Это обусловлено двумя причинами: геофизической и климатической.

Геофизическая причина. Ось вращения Земли наклонена к плоскости орбиты на угол 23,5 градуса. Это является причиной сезонных изменений погоды, и причиной разной длительности светового дня в зависимости от географической широты. На рис.4 схематически показаны азимуты восхода и захода Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояния для города Риги ($\phi=57^\circ$), и города Иерусалима $\phi=31,8^\circ$. Желтым сектором обозначена зона охвата стационарного плоского коллектора, ориентированного на юг. Как видим, в Риге в течение летнего дня Солнце описывает большой угол (273°), в то время как коллектор воспринимает излучение в секторе 120° . Другими словами, более половины светового дня, плоский стационарный коллектор в Риге не работает. Таким образом, каким бы высоким не был КПД стационарного коллектора, его общая эффективность падает с ростом географической широты места использования.

Климатическая причина. Климатические условия в южных странах (Турция, Египет, Греция) таковы, что Солнце утром «включается», а вечером «выключается». Т.е. в течение дня нет ни единого облака, которое могло бы помешать «работе» Солнца. В центральной Европе, Украине, Беларуси и в средней полосе России климатическая

ситуация совершенно иная. С утра светит яркое солнце на безоблачном небосклоне. К 10-11 часам появляется кучевая облачность, которая к 13 часам может разразиться грозой. А после 15-16 часов и до самого заката снова абсолютно чистое небо. Таким образом, в то время, когда ориентированный на юг коллектор должен максимально работать, он отдает тепло на испарение дождевой воды на его поверхности. И только в сентябре в течение 1-2 недель наблюдаются полностью безоблачные дни.

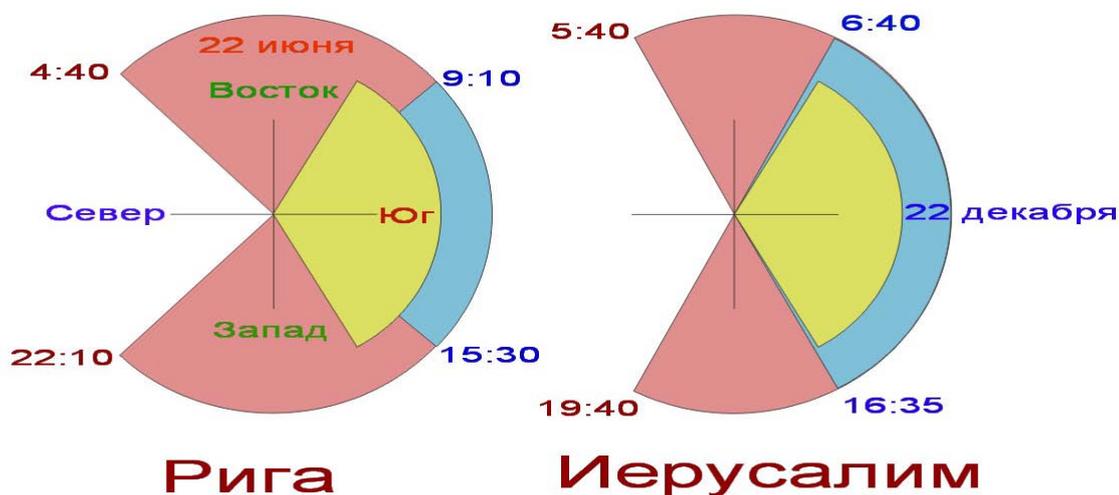


Рис. 4.

Единственным выходом из сложившейся ситуации является создание поворотных систем для слежения за светилом. Но поворачивать даже 30 вакуумных трубок, в каждой из которых находится почти 3 литра теплоносителя, задача неблагоприятная. Гораздо легче управлять самой невесомой субстанцией в мире – светом, т.е. концентрировать солнечное излучение на теплоноситель. Именно такая поворотная система, эквивалентная по эффективности 11 вакуумным трубкам показана на рис. 2.

На рис. 5 и рис. 6 приведены результаты испытаний на широте города Харькова ($\phi=50^\circ$) двух концентраторов с разными вакуумными трубками. Даже в 7 часов утра, когда высота Солнца над горизонтом чуть больше 10 градусов, концентратор с одной вакуумной трубкой и системой непрерывного слежения за положением Солнца, выдает мощность 600Вт. В июне-июле, когда высота Солнца достигает 55-63 градусов, мощность этой установки будет чуть больше 1кВт. В течение безоблачного дня в начале сентября эта система вырабатывает 8 кВт·часов тепловой энергии, которой достаточно для нагрева 150-200 литров воды.

В настоящее время проектируется аналогичная система мощностью в 4 кВт.

В фокальной области концентратора может быть достигнута очень высокая температура (до 1000 и более градусов), и это обстоятельство открывает другие возможности использования солнечной энергии в быту, в фермерских хозяйствах и в небольших предприятиях.

Независимость приемника энергии от концентратора снимает любые ограничения на вес и степень громоздкости последнего. Поэтому в фокальной области концентратора можно поместить все, что угодно, например, устроить высокотемпературную печь для плавления металлов и сплавов, что актуально в ювелирных мастерских. Высокая температура нужна и для отжига керамики, фаянса или керамзита. Получение керамзита из местного сырья без использования электричества или газа актуально для строительных фирм.

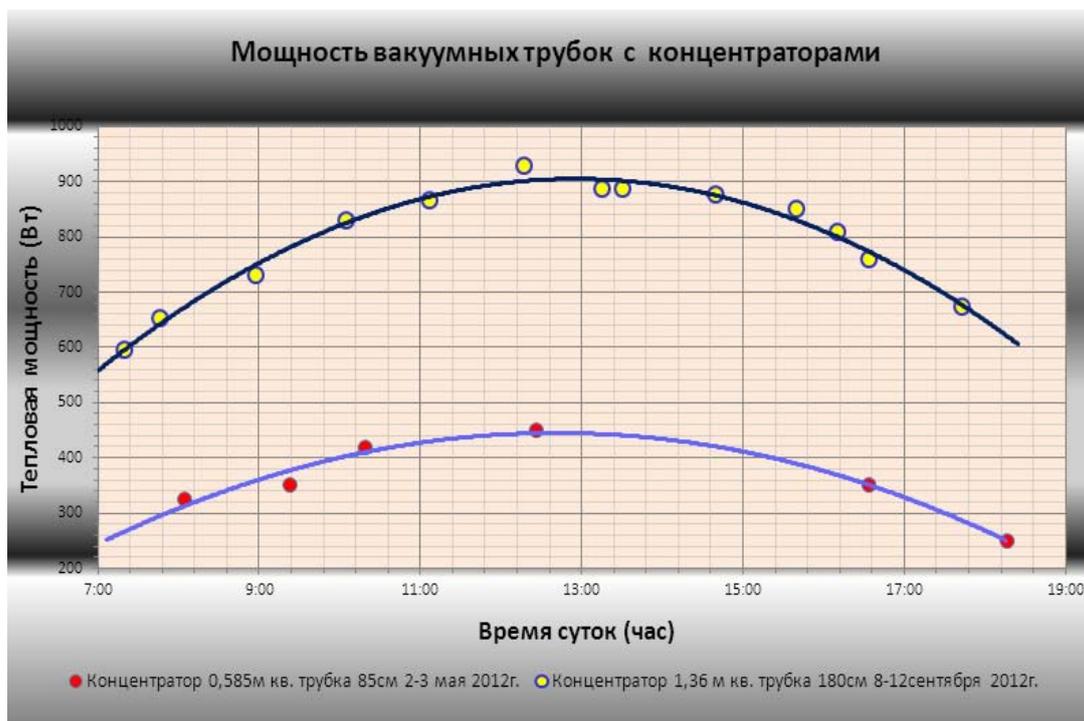


Рис. 5.

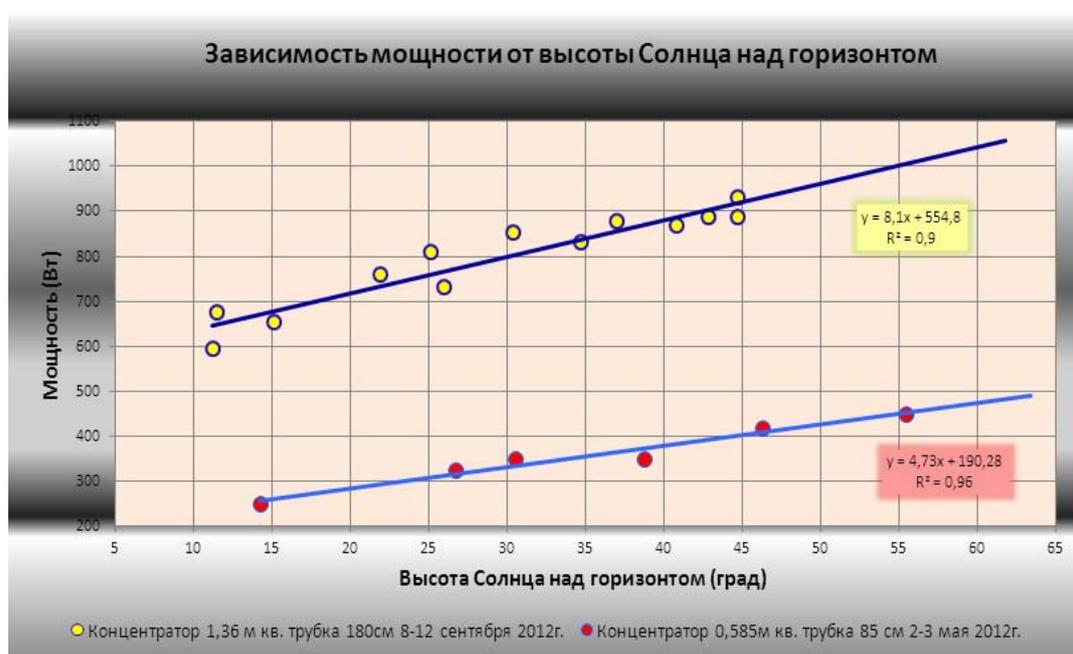


Рис. 6.

Особый интерес представляет возможность получения электричества. При температуре 500–600 градусов в фокальной области можно разместить стирлинг-генератор или паровой котел с турбиной. Фактор неподвижности котла или генератора в данном случае играет решающую роль в реализуемости этих систем.

Примерно такой же температурный режим необходим и для систем получения холода с помощью стирлинг-детандера, пульсационной трубки или термоакустической ячейки. А для классического абсорбционного процесса вообще достаточно 250–300

градусов. Следует заметить, что в связи с изменениями климата, потребность в холоде приобретает большую актуальность, чем потребность в горячем водообеспечении.

Стационарность приемника излучения позволяет по новому подойти к задаче приготовления пищи с использованием солнечной энергии. В данном случае печь может представлять собой тепловой аккумулятор с температурой теплоносителя 200-250 градусов, связанный с солнечным концентратором, который расположен за пределами кухни. При размерах аккумулятора, сравнимых с размерами обычной газовой печки, (например, 50x60x80см) получим объем примерно 240-250 литров. На приготовление 5 литров борща будет израсходовано всего 2% энергии ($5/250=0,02$), запасенной в аккумуляторе. Это при условии, если борщ греть до температуры 200-250 градусов!

В последнее время большое внимание уделяется проблемам переработки твердых бытовых и производственных отходов. Но большого прогресса в этом направлении не наблюдается, так как за эту переработку приходится дорого платить. Использование же бесплатной солнечной энергии существенно снижает финансовые затраты, и переводит этот процесс из убыточного в прибыльный. Самый простой способ – это переплавка пластиковых отходов (полиэтиленовых пакетов, баклажек, всевозможных канистр и одноразовой посуды) в гранулы, которые затем могут использоваться как наполнитель для строительных материалов, или сами использоваться как стойматериал. Концентратор мощностью в 2-3кВт с легкостью справится с этой задачей. При использовании больших мощностей можно говорить о полноценном пиролизе любых углеродородных твердых отходов.

В спектре солнечного излучения присутствует значительная доля ультрафиолетового излучения, которое, как известно, обладает сильным фотохимическим эффектом, расщепляя даже молекулы кислорода, в результате чего образуется озон. Этим бактерицидным свойством ультрафиолета активно пользуются в медицине для стерилизации воздуха в операционных. Поэтому, применяя солнечное излучение для опреснения морской воды, перегонки дождевой или сточной воды, одновременно достигается и дезинфекция этой воды. Это особенно актуально в засушливых районах, где наблюдается дефицит питьевой воды, а повышенная температура способствует быстрому размножению бактерий.

Водород – топливо будущего. Еще в 19-м столетии для наполнения воздушных шаров и дирижаблей использовали способ получения водорода путем разложения водяного пара, проходящего над раскаленными железными стружками. Поэтому с помощью двух солнечных концентраторов (один испаряет воду, а второй нагревает стружку) можно организовать эффективную и экологически чистую систему по генерации водорода. Следует также заметить, что стружка при этом превращается в Fe_3O_4 – материал, из которого делают магнитные жидкости, и который активно используется в нанотехнологиях. Поэтому такие гелиоустановки целесообразно применять на небольших предприятиях, занимающихся металлообработкой – утилизация отходов без применения энергоносителей с получением двух полезных продуктов, из которых один сам является энергоносителем. И как дополнительный бонус - горячее водоснабжение или отопление помещений.

В настоящее время лазеры очень широко используются в технологических процессах резки, сварки, пайки металлов и полимеров. Однако КПД лазеров довольно низкий, как правило, 3-6% . Зачастую блоки питания в добрый десяток раз больше самих лазерных головок. Поэтому с 70-80 годов прошлого столетия ведутся исследования по использованию солнечного излучения для накачки активных сред. Однако дальше лабораторных образцов дело не пошло. Причиной тому отсутствие концентраторов обеспечивающих равномерное освещение стержня по боковой поверхности. Концентратор, показанный на рис. 3, проектировался для экспериментов с термоакустически-

ми ячейками, для которых тоже важна равномерность подвода тепла. На рис. 7 показан более мощный концентратор диаметром 1,7 метра. Поэтому при незначительных изменениях параметров, подобные концентраторы можно использовать для накачки лазерной среды. Применение солнечного технологического лазера актуально в космосе, так как, во-первых, интенсивность солнечного излучения вне атмосферы выше и, во-вторых, доставка на орбиту каждого лишнего килограмма груза обходится не дешево. А вес концентратора в несколько десятков раз меньше веса блока питания любого даже 100-ваттного технологического лазера.



Рис. 7.

Это не полный перечень возможных применений солнечных концентраторов, а лишь иллюстрация очевидных и потенциально реализуемых на сегодняшний день приложений.

Таким образом, основные свойства и конструктивные особенности сегментированных концентраторов кроме снижения парусности и упрощения системы слежения за положением Солнца, снимают многие ограничения и трудности на пути использования солнечной энергии в быту и в небольших производственных предприятиях. В результате многие актуальные задачи, которые ранее казались технически нереализуемыми, получают мощный импульс для своего развития. И есть надежда в обозримом будущем увидеть их реальное воплощение в металле.