

энергетическую эффективность солнечных энергетических установок, но также улучшить их энергоэкономические и эксплуатационные показатели за счет уменьшения расхода материалов, снижения стоимости и массы, повышения устойчивости к действию внешних факторов. При этом, однако, возникает необходимость оптимального согласования параметров концентраторов и приёмников, расчет распределения плотности сконцентрированного излучения на поверхности приёмника и определение оптимальной концентрирующей системы для реализации требуемого распределения, в связи с чем повышаются требования к точности расчетных оценок характеристик концентрирующих систем.

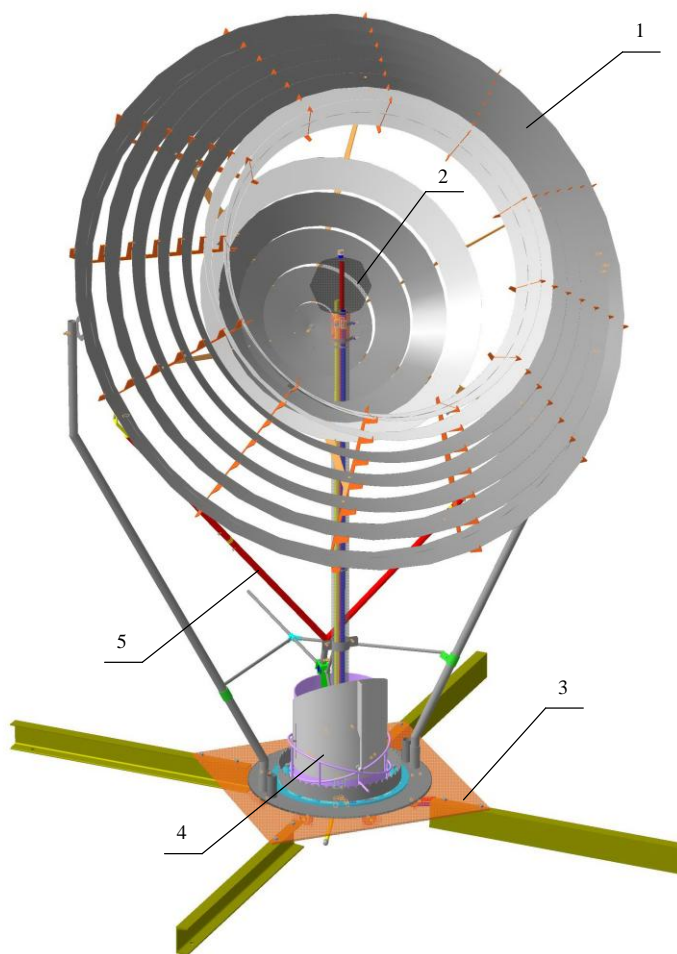


Рисунок 1 – Общий вид гелиоустановки

1 – оптическая система; 2 – теплоприёмник; 3 – основание; 4 – система слежения за Солнцем; 5 – механизм подъема оптической системы;

Для решения этих задач в научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ разработана под руководством профессора, д.т.н. Северянина Виталия Степановича гелиоустановка «ЛУЧ». Основными особенностями этой установки являются расщепление параболоида вращения на отдельные конусы и состоящий из них гелио-концентратор (в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприёмнике), и — ориентирование на Солнце специальным механизмом слежения.

Гелиоустановка «ЛУЧ» относится к коммунальной промышленной теплоэнергетике и может быть использована для нагрева жидких или газообразных теплоносителей, зарядки светоносителей (люминофоров) и работы фотоэлементов. Общий вид гелиоустановки показан на рисунке 1 [1].

Установка устанавливается непосредственно на небольшом расстоянии от потребителя и может быть использована в городских и сельских условиях.

Назначение — улавливание и концентрация солнечных лучей в фокусе на сферическом теплоприёмнике, передача образующейся в фокусе теплоты теплоносителю, сбор нагретого теплоносителя в баке-аккумуляторе для последующего потребления.

Конструкция гелиоустановки состоит из пяти основных частей:

1. Оптическая система (комплекс конусов-зеркал на специальном каркасе — гелиоконцентратор);
2. Система слежения за Солнцем (копиры, механизм поворота оптической системы, электрический привод, система управления);
3. Механизм подъема оптической системы (рычаги и тяги);
4. Теплоприемник (сферический солнечный водонагреватель, система трубопроводов, бак-аккумулятор, регуляторы и запорная арматура);
5. Гелиоустановка монтируется на металлическом основании (плита, швеллеры, подшипники).

Основными особенностями (отличиями от известных установок) гелиоустановки «ЛУЧ» являются:

– «расщепление» сплошного параболоида вращения на отдельные концентричные конуса и конструирование из них нового, более технологичного, гелиоконцентратора;

– оригинальная конструкция конусного концентратора солнечной энергии позволяет использовать его в весенне-осенний и зимний период;

– применение данного концентратора солнечной энергии позволяет существенно увеличить коэффициент использования солнечной энергии, вследствие чего температуру теплоносителя можно повысить до 300°C;

– зеркальная часть гелиоконцентратора представляет собой группу узких, отделенных друг от друга концентричных конусов, что:

- снижает ветровую нагрузку, т.к. поток воздуха проходит сквозь расстояния между конусами;
- упрощает изготовление и сборку зеркал, т.к. поверхности конусов имеют I степень кривизны; аналогичные же параболоидные поверхности существенно сложнее;

– оригинальная конструкция теплоприёмника позволяет эффективно использовать сконцентрированную солнечную энергию, а наличие воздушной прослойки между поверхностью теплоприёмника и прозрачной оболочки устраняет тепловые потери конвективным способом (либо использовать нанесение селективного покрытия на поверхность приёмника);

– теплоприёмник неподвижен, оптическая система поворачивается вокруг него, это упрощает конструкцию коммуникаций теплоносителя;

– ориентирование на Солнце оси гелиоконцентратора осуществляется особым механизмом слежения (реализуется при помощи простых механических копиров);

– движение оптической системы учитывает не только суточное, но и сезонное изменение положения Солнца;

– в данной установке используются относительно дешёвые и широко распространённые в строительстве материалы и изделия (хромированный листовый алюминий — для изготовления оптических зеркальных конусов; основные узлы конструкции установки изготавливаются из обычной малоуглеродистой стали).

Области применения гелиоустановки:

- системы отопления и горячего водоснабжения небольших по мощности потребителей (коттеджи, сельские дома, теплицы, помещения цехов, складов, столовые, бани) как дублёр топливоиспользующих систем.
- системы хладоснабжения (при использовании специального оборудования).
- системы освещения [2-5].

Общие габариты гелиоустановки:

Высота – 3600...4000 мм;

Наружный диаметр оптической системы – 2500 мм;

Размер основания со швеллерами – 3500x3500 мм;

Общая масса – 400 кг;

Оптическая система

Оптическая система гелиоустановки или гелиоконцентратор состоит из элементов трех основных типов — радиусов, конусов, крепежных колец.

Радиусы представляют собой плоские элементы, имеющие специальные вырезы, для крепления конусов под расчётным заданным углом (необходимое условие для наилучшего приема потока солнечных лучей). Радиусы соединяются с крепёжными кольцами и образуют жёсткую пространственную конструкцию.

Каждый конус — это лента (полоса) из листового материала, согнутая в виде усечённого конуса, внутренняя поверхность которого является зеркальной. Угол образующей конуса к его оси выбираем таким, чтобы солнечный луч после отражения был направлен в фокус. Естественно, что все конуса имеют один и тот же фокус. Конуса должны располагаться таким образом, чтобы они не перекрывали друг друга, т.е. не затеняли солнечный поток. Солнечные лучи, попадая на поверхность конуса, отражаются и фокусируются в виде прямой фокусной линии (отрезок на оси гелиоконцентратора). Таким образом, солнечные лучи, попадая на каждый из конусов и отражаясь, фокусируются в виде размытого фокусного пятна [6]. В фокусе конусов расположен приёмник лучистой энергии — как вариант это полая сфера.

Конусы закрепляются на радиусах, при этом образуется продуваемая прочная пространственная конструкция. Получаем, что гелиоконцентратор представляет собой совокупность концентрических конусов. При этом снижается ветровая нагрузка (поток воздуха свободно проходит сквозь расстояния между конусами) и упрощается изготовление и сборка зеркал, т.к. поверхности конусов имеют I степень кривизны (аналогичные параболидные поверхности существенно сложнее).

При изготовлении можно использовать относительно дешевые материалы. Хромированный алюминий — для зеркальных конусов, алюминий — для радиусов, малоуглеродистая сталь — для крепёжных колец. Соединения между элементами можно производить как болтовое, так и с помощью заклёпок.

Площадь улавливаемого солнечного потока или площадь апертуры S_a равна $4,55 \text{ м}^2$, а суммарная площадь поверхности всех конусов или площадь отражения получилась равной $7,36 \text{ м}^2$. Коэффициент отношения площади зеркала к площади солнечного потока равен 1,62.

Т.к. предлагаемый концентратор в виде конусов предусматривается для работы в «бытовых» гелиосистемах (малой мощности), используемых для систем горячего водоснабжения и отопления, то высокая точность концентрации на относительно небольшой поверхности приёмника не требуется. Чем выше коэффициент концентрации, тем выше температура на поверхности приёмника, а для наших областей применения высокие температуры (выше 100°C) не используются. Поэтому размер образующей конусов гелиоконцентратора может приниматься «относительно большим», в

пределах 10-20 см. Так же не нужна и высокая точность системы слежения за траекторией Солнца, что позволяет упростить конструкцию.

Основание

Все элементы гелиоустановки монтируются на металлическом основании (установочная рама). Она состоит из плиты, поворотной платформы, основания колонны, швеллеров и роликов.

К прямоугольной плите снизу крепятся болтами четыре швеллера для лучшей устойчивости всей установки, которые могут крепиться к бетонному основанию (площадке). Так же снизу плиты привариваются кронштейны для крепления роликов, на которых вращается зубчатая платформа с приваренными на ней стойками, предназначенными для крепления опорных труб, на которые, в свою очередь, крепится конструкция гелиоконцентратора. Над зубчатой платформой размещается основание колонны, которое прикручивается к плите так, что бы эта платформа могла вращаться. Для фиксации горизонтального положения платформы и лучшего вращения на болтах, фиксирующих плиту с основанием колонны, размещаем подшипники (от 4 до 8 шт.). Основание колонны опирается на торцы колец радиальных подшипников и прижимается болтами, пропущенными через отверстия внутренних колец подшипников к плите. Для избегания заедания наружных колец подшипников, при вращении платформы, между основанием колонны и внутренними кольцами подшипников подложены шайбы.

Теплоприёмник

В понятие «теплоприёмник» входит как сам тепловоспринимающий элемент, так и система подводящих и отводящих теплоноситель трубопроводов и колонна, на которую крепится теплоприёмник.

Теплоприемник укрепляется сверху колонны, в которой по трубопроводу подается холодный теплоноситель и, попадая внутрь теплоприёмника, нагревается до требуемой температуры. Конструкция тепловоспринимающего элемента зависит от расхода теплоносителя и мощности теплового потока, зависящего от соотношения поперечного сечения светового потока к размеру фокусного пятна.

В фокусе образующей конуса мы имеем не точку, а линию. В результате наложения фокусных линий от нескольких конусов, расположенных под определенным углом, не затемняя друг друга, мы получаем размытое фокусное пятно. Получаем, что чем больше отношение площади, улавливающей солнечные лучи, к размеру фокусного пятна, тем выше температура, т. е. чем меньше «котел», который должен разместиться в фокусе, тем больше в нем температура. С другой стороны, чем меньше «котел», тем меньше можно пропустить через него теплоноситель. Исходя из этих условий определяются размеры теплоприёмника и рассчитывается лучистый теплообмен.

Желательная форма тепловоспринимающего элемента – сфера. Поверх теплоприемника может быть установлена прозрачная конструкция в виде стеклянного колпака, для уменьшения инфракрасных лучей от горячего теплоприемника, для увеличения эффективности его обогрева [7].

На рисунке 2 показаны варианты использования гелиоустановки в сети горячего водоснабжения. Схема №1 — с баком накопителем, теплообменником, в первом контуре может быть как антифриз (зимний период), так и вода (летний период). Схема №2 — с баком накопителем, теплообменником и дублирующим источником теплоты, в первом контуре может быть как антифриз (зимний период), так и вода (летний период).

Система слежения за Солнцем

Оптическая система перемещается вокруг теплоприемника так, чтобы он все время был в фокусе. Таким образом, нужно учитывать как суточное, так и годовое перемещение солнца по небесной сфере. Это перемещение задается описываемой ниже системой, которая должна поворачивать гелиоконцентратор по горизонтали вокруг вертикальной оси колонны теплоприёмника, и по вертикали вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр теплоприёмника. Суточное горизонтальное вращение соответствует круговому на 360° (при этом ночное время является холостым ходом), а вертикальное зависит от времени года: максимальный подъём – 22 июня, минимальный – 21 декабря (летнее и зимнее солнцестояние).

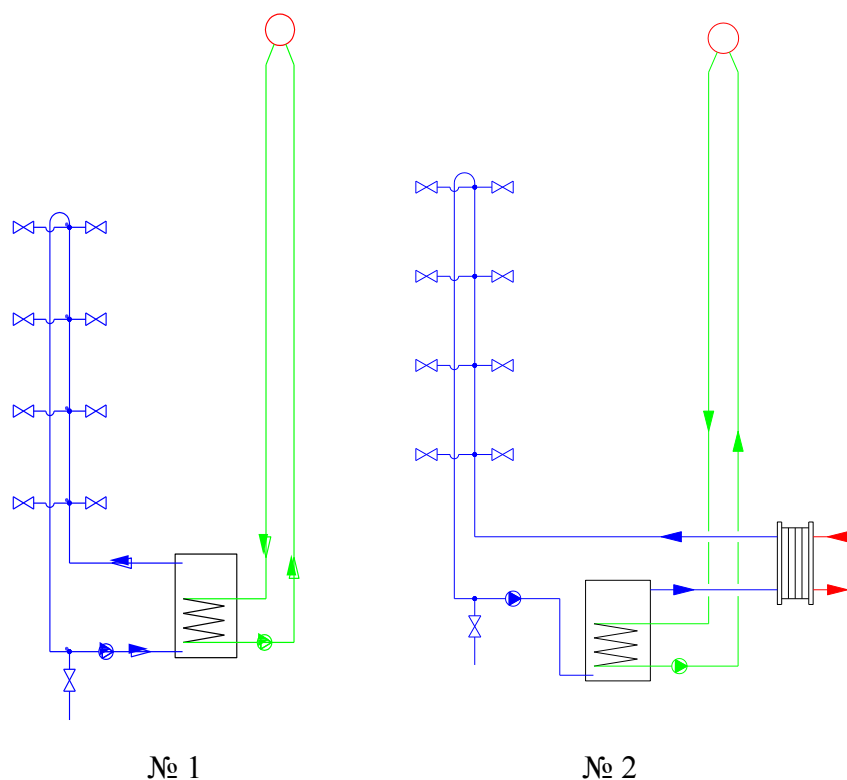


Рисунок 2 – Схемы подключения гелиоустановки

Оптическая система (гелиоконцентратор) совершает один оборот за сутки вокруг теплоприемника в горизонтальной плоскости и подъём-опускание (наклон) в вертикальной плоскости. Цель этого движения — держать главную ось оптической системы (ось конусов, т.е. нормаль к плоскости гелиоконцентратора), направленной точно на Солнце все время светлой части суток в любое время года. Должна быть обеспечена суточная и сезонная соответствующая ориентация оптической системы. Кроме того, необходима минимизация капитальных и текущих затрат на изготовление, доводку, эксплуатацию всей гелиоустановки.

Механизм слежения (подъёма) состоит из двух рычагов, закрепленных на ободе большого крепёжного кольца, двух тяг, соединенных снизу. Они опираются на верхнюю часть копира. Стойки концентратора установлены на платформе, которая вращается равномерно при помощи электропривода (соленоид с зубчатым зацеплением или электродвигатель с червячным приводом), автоматика здесь не рассматривается.

Копир состоит из двух частей — суточного (один оборот за 24 часа) и сезонного (один оборот за 365 суток, год), который поднимает/опускает сезонный (максимум подъема – в день летнего солнцестояния, минимум – в день зимнего солнцестояния).

Выводы:

1. Данную гелиоустановку «ЛУЧ» можно рекомендовать для использования (в качестве дублёра к основным «традиционным» системам) в системах отопления и горячего водоснабжения небольших по мощности потребителей (коттеджи, сельские дома, теплицы, помещения цехов, складов, столовые, бани, технологические нужды в сельском хозяйстве). Аналогично гелиоустановка используется и для нужд хладоснабжения тех же потребителей при соответствующем её укомплектовании. Так же возможно применение данной установки для систем освещения (теплоприёмник выполняется из прозрачного материала).

2. Рассмотрена новая конструкция устройства для улавливания солнечной энергии, которая отличается от известных следующим: предложена оптическая система в виде рефрактора-рефлектора, которая образуется при помощи конических отражателей. Эти конусы расположены в различных плоскостях, что позволяет поместить теплоприёмник внутри этой системы, поэтому система наведения на солнце позволяет поворачивать оптическую систему при неподвижном теплоприёмнике. Это облегчает изготовление и эксплуатацию гелиосистемы.

3. Парусность (кинетическое действие ветра) значительно снижается благодаря продуваемости конструкции. Естественно, небольшая парусность остается, но по сравнению с существующими параболоидами и сферами, «продуваемость» ветром существенно выше, следовательно, уменьшается динамическое воздействие потока на гелиоконцентратор.

4. Для опытного образца гелиоустановки «ЛУЧ» не требуется фокусировать источник тепла в одну точку, поскольку это привело бы к высоким температурам на поверхности теплоприёмника, а наоборот, необходимо фокусировать солнечные лучи в большое пятно и за счет большой площади нагрева будет увеличиваться быстрота теплообмена и, следовательно, процесс нагрева воды будет достигать более высоких значений.

Список используемых источников:

1. Гелиоустановка: патент 3998Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № u 20070327заявл. 02.05.2007.

2. Система освещения: патент 6524С1Респ. Беларусь, МПК F 21 S 11/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № а 20000953заявл. 2000.10.24, 2004.09.30.

3. Способ освещения: патент 6369С1Респ. Беларусь, МПК F 21 K 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № а 20000955заявл. 2000.10.24, 2004.09.30.

4. Гелиоустановка: патент 6889URесп. Беларусь, МПК F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / Северянин В.С., Власова Т.А.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № u 20100484заявл. 21.05.2010.

5. Гелиоустановка: патент 6939 URесп. Беларусь, МПК F 21 K 2/00, F 21 S 11/00 / Северянин В.С., Янчилин П.Ф.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № u 20100555заявл. 14.06.2010.

6. Особенности расчета оптической системы гелиоустановки «Луч». В.С.Северянин, П.Ф.Янчилин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С.

7. Гелиоустановка: патент 8604 Респ. Беларусь, МПК F 24 J 2/00 / Северянин В.С., Янчилин П.Ф.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т. — № u 20120084 заявл. 30.01.2012.