

РАЗРАБОТКА ГЕЛИОСТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

1. ВВЕДЕНИЕ

Быстрый рост энергопотребления является одной из наиболее характерных особенностей технической деятельности человечества во второй половине XX века. Развитие энергетики до недавнего времени не встречало принципиальных трудностей. Увеличение производства энергии происходило в основном за счет увеличения добычи нефти и газа, наиболее удобных в потреблении. Однако энергетика оказалась первой крупной отраслью мировой экономики, которая столкнулась с ситуацией истощения своей традиционной сырьевой базы. В начале 70-х годов энергетический кризис разразился во многих странах. Одной из причин этого кризиса явилась ограниченность ископаемых энергетических ресурсов. Кроме того, нефть, газ и уголь являются также ценнейшим сырьем для интенсивно развивающейся химической промышленности. Поэтому сейчас все труднее сохранить высокий темп развития энергетики путем использования лишь традиционных ископаемых источников энергии.

Атомная энергетика в последнее время также столкнулась со значительными трудностями, связанными, в первую очередь, с необходимостью резкого увеличения затрат на обеспечение безопасности работы атомных электростанций.

Загрязнение окружающей среды продуктами сгорания ископаемых источников, в первую очередь угля и ядерного топлива, является причиной ухудшения экологической обстановки на Земле. Существенным является также и "тепловое загрязнение" планеты, происходящее при сжигании любого вида топлива. Допустимый верхний предел выработки энергии на Земле, по оценкам ряда ученых, всего на два порядка выше нынешнего среднего мирового уровня. Такой рост энергопотребления может привести к увеличению температуры на поверхности Земли примерно на один градус. Нарушение энергобаланса планеты в таких масштабах может дать необратимые опасные изменения климата. Эти обстоятельства определяют возрастающую роль возобновляющихся нетрадиционных энергоресурсов, в первую очередь, солнечной, ветровой, геотермальной энергии, которые рассматриваются как существенное дополнение к традиционным энергоресурсам. Среди возобновляющихся источников энергии солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна.

2. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ГЕЛИОТЕХНИКЕ

Приток солнечной энергии на поверхность Земли зависит от географической широты места, рельефа, претерпевает суточные и сезонные изменения. В течение года наиболее "солнечные" районы земного шара принимают около 2500 кВт на м² горизонтальной поверхности.

Различают следующие устройства по улавливанию солнечных лучей: гелиостаты, гелиоколлекторы, фотоэлементы и люминофоры.

Гелиостаты представляют собой зеркала, которые служат для концентрации солнечного потока в фокусе. В этом фокусе располагается приёмник энергии в виде солнечного котла, в котором образуется пар.

Гелиоколлекторы — поглотители солнечного излучения. Вода или другая жидкость, находясь в контакте с поглотителем, нагревается и при помощи насоса или естественной циркуляции отводится от него.

Фотоэлементы изготавливаются на основе пластины, выполненной из полупроводникового материала, например, кремния. Кремний должен быть очень чистым – на 10000 молекул кремния должно быть не более одной чужой молекулы, поэтому он очень дорогой. В фотоэлементах получается постоянный электрический ток, который широко используется в космической технике.

Кроме перечисленных направлений, появилось новое направление. Например, в патенте Северянина В.С. описывается способ хранения солнечного света при помощи люминофоров (вещества, долго сохраняющие светимость). Их новизна заключается в аккумулировании солнечного света в дневное время и расходование в ночное, благодаря чему возрастает энергосберегающий эффект [2,3]. При помощи световодов и зеркал свет можно подавать в нужное время и место.

Исходя из изложенного современного состояния развития гелиостатики видно, что основными проблемами являются улавливание и концентрация солнечной энергии. Существующие солнечные улавливатели, перечисленные выше, являются дорогими и сложными сооружениями, что препятствует их использованию. Таким образом, требуется провести исследования, направленные на увеличение эффективности улавливания солнечной энергии за счет совершенствования как физических особенностей оптических систем, так и конструктивных разработок, позволяющих уменьшить стоимость оборудования, улучшить эксплуатационные свойства, увеличить надежность гелиооборудования. Следовательно, требуется разработать такие конструкции, которые в условиях Республики Беларусь могли бы быть реализованы с высоким физическим и экономическим эффектом [4,5,6,7].

3. КОНСТРУКЦИЯ ГЕЛИОСТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Основная проблема в использовании солнечной энергии для отопления индивидуальных домов в нашей стране — отсутствие массового производства солнечных коллекторов, аккумуляторов солнечной энергии и другого оборудования. Ключевой вопрос — разработка, оптимизация, конструирование и производство гелиоустановок, имеющих высокую эффективность при допустимых капиталозатратах.

Поэтому наша задача и состоит в том, чтобы как можно максимально уловить поток солнечного излучения с минимальными затратами. Для этого разработана установка, которую мы назвали гелиостанцией (рис. 1).

Оптическая система гелиостанции состоит из трех элементов:

- радиусов (2);
- конусов (1);
- крепежного кольца (3).

Радиусы имеют специально вырезанные ячейки, рассчитанные для крепления конусов под требуемым заданным углом, что является необходимым условием для наилучшего приема потока солнечных лучей.

Конуса могут изготавливаться из стеклопластика, алюминиевой полосы, пластмассы и покрываются светоотражающим покрытием, например, аэрозольной краской MARPA M-8920 – краска с эффектом хрома, акриловая Chrome effect aerosol paint. Хром является обязательным компонентом нержавеющей, кислотоупорных и жаропрочных сталей и большого числа других сплавов. Краски на его основе устойчивы к кислороду и свету, наносятся на поверхность изделий для повышения твердости, предотвращения коррозии, что в свою очередь является хорошей характеристикой долговечности установки.

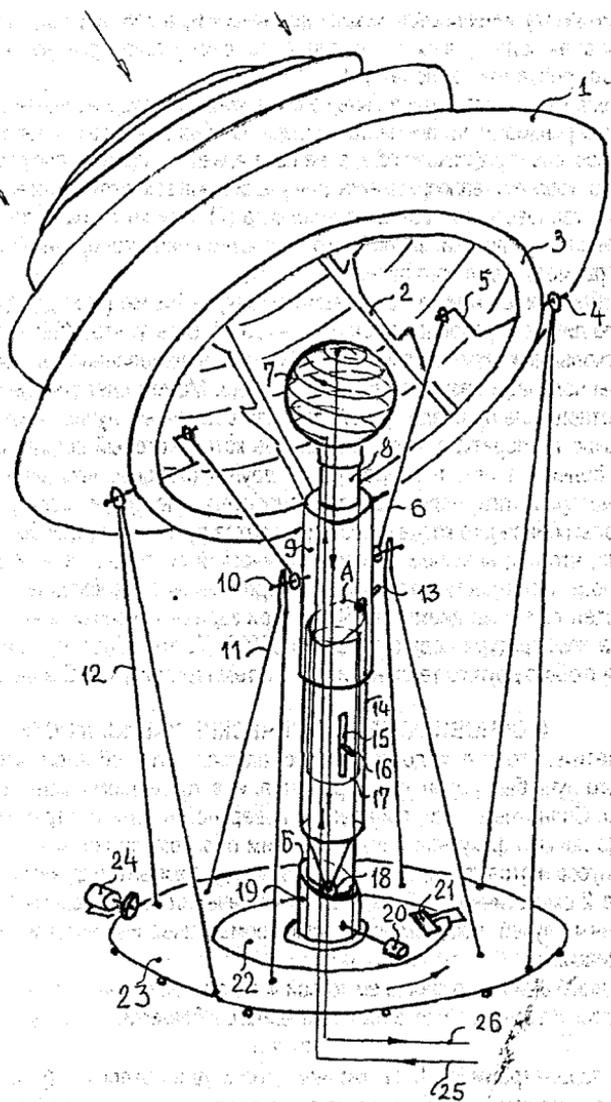


Рис. 1 Общая схема гелиостанции;

1 - конус (светлоотражающий, зеркальный изнутри); 2 - радиус, дистанционирующий конусы; 3 - кольцо (крепежное); 4 - ось; 5 - рыма; 6 - тяга; 7 - солнечный котел (теглоприемник); 8 - колонна; 9 - кожух; 10 - выступ; 11 - поворотник; 12 - стойки; 13 - штифт; 14 - цилиндр; 15 - щель; 16 - стержень; 17 - накладка; 18 - ролик; 19 - опора; 20 - колесо; 21 - прижим; 22 - основание; 23 - платформа (кольцевая, подвижная); 24 - привод (электродвигатель с редуктором и колесной передачей), суточный поворот платформы на 360°; 25 - холодный теплоноситель; 26 - горячий теплоноситель; А - наклонный косой торец верхней части цилиндра 14 (суточный подъем - опускание);

Б - наклонный верх опоры (19) (сезонная коррекция)

Теплоприемник (7) укрепляется сверху колонны (8), в которой по трубопроводу (25) подается холодная вода и, проходя по спиралевидному трубопроводу внутри котла (7), нагревается до требуемой температуры.

Величина теплоприемника должна быть сопоставимой с фокусной линией ef . Желательная форма тепловоспринимающего элемента – сфера. С обратной стороны теплоприемника может быть установлена отражающая сфера, не показанная на чертеже, для отражения инфракрасных лучей от горячего теплоприемника, для увеличения эффективности его обогрева.

Конструкция тепловоспринимающего элемента (7) 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 (хотя для упрощения расчета фокусную линию ef условно заменили точкой F). В результате наложения фокусных линий от нескольких конусов, расположенных под определенным углом, не затемняя друг друга, мы получаем размытое фокусное пятно. Можем сделать следующий вывод: 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 солнечного котла и рассчитывается лучистый теплообмен.

Подсчитано, что при внешнем радиусе оптической системы, равном 3 метрам, диаметр солнечного пятна достигает 30 сантиметров, значит, необходимо спроектировать солнечный котел такого же диаметра (30см). При заданных условиях на поверхности теплоприемника температура поднимается до 500°C . Таким образом, можно нагреть 3-4 м^3 воды или любого другого теплоносителя до температуры 100°C и выше.

4. ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ

Важно отметить, что конуса должны располагаться таким образом, чтобы угол падения солнечного луча был равен углу отражения, и, в то же время, конуса не перекрывали друг друга. Солнечные лучи, попадая на поверхность конуса, отражаются и фокусируются в виде прямой фокусной линии. И, таким образом, солнечные лучи, попадая на каждый из конусов и отражаясь, фокусируются в виде размытого фокусного пятна.

На рисунке 2 схематично изобразим одно из сечений конуса, схему падения и отражения солнечных лучей, покажем некоторые геометрические зависимости между искомыми величинами.

Фокусную линию ef условно заменяем точкой F и дальнейший анализ будем вести относительно этой точки. На основании этих геометрических соображений h – фокусное расстояние

$$g\Phi = h$$

Задаваясь параметрами R и h , вычисляем угол ω для каждого конуса, т.к. выше были заданы условия, что конусы располагаются под определенным углом, названным ω :

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{h + \sqrt{R^2 + h^2}}{R}; \quad (1)$$

$$\omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{h + \sqrt{R^2 + h^2}}{R} \right), \quad (2)$$

где

ω – угол между образующей конуса и направлением радиуса;

R – средний радиус конуса;

$$v = 90 - \omega; \quad (3)$$

где

v - угол падения солнечного луча на конус.

Если ширина образующей конуса a , то конус занимает кольцевое сечение солнечных лучей шириной

$$a_1 \cdot \cos \omega_1$$

и длиной

$$a_1 \cdot \sin \omega_1$$

Для группы конусов, которые должны полностью перекрывать солнечный поток, рассмотрим следующие зависимости. Расстояние по оси между нижними краями конусов должно быть равно:

$$a_1 \cdot \sin \omega_1 - a_1 \cdot \cos \omega_1 \cdot \operatorname{tg}(\omega_1 - v_1) - a_2 \cdot \cos \omega_2 \cdot \operatorname{tg} \omega_1; \quad (4)$$

а расстояние между верхними краями конусов:

$$a_2 \cdot \sin \omega_2 + m - a_1 \cdot \omega_1; \quad (5)$$

где m = уравнению (4).

a_1, a_2 - ширина образующей конуса 1 и конуса 2 соответственно.

Эти размеры необходимы для изготовления конусов оптической системы.

Таким образом, вычисляя расстояния до последующих конусов, можно получить следующие выражения:

$$a_1 \cdot \sin \omega_1 - a_1 \cdot \cos \omega_1 \cdot \operatorname{tg}(\omega_1 - v_1) - a_{i+1} \cdot \cos \omega_{i+1} \cdot \operatorname{tg} \omega_{i+1}; \quad (6)$$

$$a_{i+1} \cdot \sin \omega_{i+1} + m - a_i \cdot \omega_i; \quad (7)$$

Каждый конус занимает концентрированное кольцо солнечного потока шириной, равной:

$$a_i \cdot \sin \omega_i$$

Тогда, если ширина образующей конусов a одинаковая, то количество конусов - N равно:

$$N = \frac{R_0}{a_i \cdot \sin \omega_i} \quad (8)$$

А если ширина разная, то количество конусов вычисляется по формуле:

$$R_0 = a_1 \cdot \sin \omega_1 + a_2 \cdot \sin \omega_2 + \dots + a_N \cdot \sin \omega_N = \sum a_i \cdot \sin \omega_i \quad (9)$$

Оптическая система перемещается вокруг теплоприемника (7) так, чтобы фокус все время попадал на него. Таким образом, нужно учитывать как суточное, так и годовое перемещение солнца по небесной сфере. Это перемещение задается описываемой ниже системой, которая должна перемещать по горизонтали и по вертикали комплекс конусов, закрепленных на крепежном кольце. Суточное горизонтальное вращение совпадает с круговым на 360° (при этом ночное время является холостым ходом), а вертикальное зависит от времени года: максимальный подъем - 22 июня, минимальный - 21 декабря (летнее и зимнее солнцестояние).

Система наведения на солнце состоит из колонны (8), кожуха (9), накладки (17), цилиндра (14), штифта (13), щели (15), ролика (18), опоры (19), колеса (20) и прижима (21) (рисунок 5).

Кожух (9) скользит по наклонной части А при помощи штифта (13) и вращается при помощи поворотника (11), надетого на выступы (10). К этим выступам крепятся тяги (6). На стойки (12) солнечный концентратор подсоединяется к осям (4). Оси проходят по диаметру крепежного кольца (3) и рычаги (5) для связи с тягами (6), которые, воздействуя на рычаги, поворачивают установку в разные стороны.

Трубопроводы холодной (подающей) и горячей (отводной) воды проходят внутри колонны (8), которая опирается в основание (22); снизу колонны – опора (19) с наклонной частью. Очень важно, что эта наклонная часть имеет форму эллипса, по ней передвигается ролик (18), за счет чего поднимается и опускается цилиндр (14). В этом цилиндре имеется щель (15) и стержень (16), который не дает ему поворачиваться. Стержень закреплен на накладке (17).

К опоре (19) крепится колесо (20), которое вращается при помощи прижима (21). Благодаря этому прижиму происходит сдвиг колеса на 1/365 оборота платформы, за счет чего осуществляется сезонное регулирование подъема-опускания гелиосистемы в соответствии с ходом солнца относительно горизонта.

Сверху колонны (8) укрепляется тепловоспринимающий элемент (солнечный котел) (7), куда по трубопроводу (25) подается холодная вода и нагревается до требуемой температуры.

Благодаря наклонной плоскости А оптическая система, состоящая из солнечного концентратора и тяги, движется вверх-вниз.

Для достижения лучшего эффекта нагрева теплоприемника и максимального захвата поверхностью оптической системы, которая должна подниматься на угол α над горизонтом. Ось Земли наклонена к плоскости эклиптики под углом $\xi=23^\circ$ (рис.2)

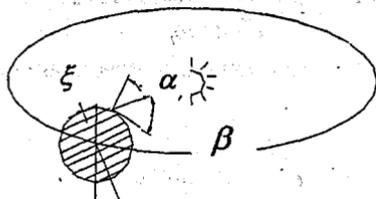


Рис. 2 Определение угла отклонения оси оптической системы от зенита

$$\alpha = \text{Ш} - \xi \quad (10)$$

$$\beta = 90 - \text{Ш} + \xi \quad (11)$$

где α - отклонения оси оптической системы от зенита;

β - отклонения оси оптической системы от горизонта;

Ш - широта, в которой установлена гелиосистема.

5. ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА

Преобразование энергии солнечных лучей в удобную для использования людьми форму до сегодняшнего дня стоило и стоит достаточно дорого. Сегодня ученые, экологи и промышленники совместно пытаются решить проблему удешевления солнечной энер-

гии и повышения эффективности гелиотехнологий. Однако есть и противники крупномасштабного использования солнечной энергии, которые утверждают, что:

1. Удельная мощность солнечной радиации мала, и крупномасштабное преобразование солнечной энергии требует очень больших площадей.

2. Преобразование солнечной энергии очень дорого и требует практически нереальных материальных и трудовых затрат.

Мы же можем утверждать, что наша установка отвечает всем требуемым параметрам, поскольку она малогабаритна, легко и удобно комплектуется с любыми потребителями теплоты, как в городских, так и в сельских условиях. К тому же ее дешевизна очевидна: и конуса, и теплоприемник, и система наведения изготавливаются из относительно недорогого и легкодоступного материала. Но самое главное преимущество установки заключается в том, что она способна улавливать большой поток солнечных лучей («сноп» солнечной энергии) без существенного увеличения массы и размеров установки; и в то же время, для ее установки не требуются большие площади земли.

Доказано, что для обеспечения человечества на несколько веков энергией хватит и сотой доли той энергии, которая доходит от Солнца до Земли за один год. Сегодня люди используют больше энергии, чем когда-либо. С одной стороны, это широкое использование энергии означает, что мы можем жить с большими удобствами, но с другой стороны, при этом возникают проблемы. Ведь в настоящее время нет ни одного энергоисточника, который не причинял бы вреда окружающей среде! Мы должны сберечь энергию, чтобы уменьшить вредное воздействие на природу и использовать те энергоисточники, которые наносят наименьший вред природе.

Предлагаемая гелиоустановка абсолютно безвредна для окружающей среды: она не выделяет никаких загрязняющих веществ, легко чистится и проста в эксплуатации, не требует сложных деталей, не поддающихся утилизации после истечения срока годности и т.д. К тому же расход электроэнергии на установку наведения на солнце незначителен.

Наша установка может с успехом использоваться как для отопления индивидуальных домов, так и жилых зданий, и промышленных комплексов в целом. Ее можно устанавливать как в непосредственной близости с теплопотребителем, так и в отдалении от него.

Парусность (кинетическое действие ветра) значительно снижается благодаря продуваемости конструкции. Конечно, небольшая парусность остается, ее невозможно снизить до нуля, но, по сравнению с существующими параболоидами и сферами, «продуваемость» ветром существенно выше, следовательно, уменьшается динамическое воздействие потока на установку.

Огромное преимущество нашей установки в простоте ее конструкции. Например, во Франции иногда для аналогичных целей используется зеркальный параболоид вращения, который фокусирует солнечные лучи в одну точку, в результате чего, в центре сосуда в одной точке достигается очень высокая температура и за счет этого происходит нагрев воды. Но эти установки очень дорогие и имеют множество недостатков.

Для нашей установки не требуется фокусировать источник тепла в одну точку, поскольку это привело бы к прожигу солнечного котла, нам 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.

К тому же гелиоустановка имеет четко построенную и в то же время простую систему наведения на солнце, благодаря которой производится коррекция поворота солнечного концентратора в зависимости от сезона года и времени суток и, после проведения соответствующих расчетов и построений, она успешно может использоваться в любой части Земли.

В качестве теплоносителя может использоваться любая среда: жидкость (вода, спирт, люминофор, фреон, масло) или газ, что также является одним из преимуществ предлагаемой установки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования проблемы использования солнечной энергии и путей концентрации и преобразования ее, нами было пройдено следующее:

- 1) изучен вопрос дальнейшего совершенствования гелиосистем;
- 2) разработана новая конструкция устройства для улавливания солнечной энергии, которая отличается от известных следующим: предложена оптическая система в виде рефрактора-рефлектора, которая образуется при помощи концентрированных конусов. Эти конусы расположены в различных плоскостях, что позволяет поместить теплоприемник внутри этой системы, поэтому система наведения на солнце позволяет поворачивать оптическую систему при неподвижном теплоприемнике. Это облегчает изготовление и эксплуатацию гелиосистемы;
- 3) предложена гелиосистема, целесообразная для солнечной инсоляции, характерной для Республики Беларусь и может быть использована для нагрева воды в различных технологиях освещения люминофоров, сжатого газа в термодинамических машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмич В.В. «Снижение энергопотребления на технологические и бытовые нужды в сельском хозяйстве путем создания и использования высокоэффективных гелиосистем», Минск, 1996
2. Патент ВУ 6524 С1 «Система освещения» Северянина В.С.
3. Патент ВУ 6369 «Способ освещения помещений и объектов» Северянина В.С.
3. Mięczyslaw Grad «Słoneczny grzejnik termoakumulacyjny «Solar»»
4. Колтун М.М. Солнечные элементы. М.: Наука, 1987.
5. Грилихес В.А., Орлов П.П., Попов Л.Б. Солнечная энергия и космические полеты. М.: Наука, 1984.
6. Солнечные отходы - «Наука и жизнь» №6, 2005
7. О возобновляемых источниках энергии - «Наука и жизнь» №8, 2004

УДК 621.311:63

Матвеева А.С., Янчилин П.Ф.

Научные руководители: д.т.н., проф. Северянин В.С., ст. препод., к.т.н. Тимошук А.Л.

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО КОНТАКТНОМУ НАГРЕВУ ВОДЫ

В настоящее время известен пульсирующий режим горения. В этом режиме могут гореть как твердое, жидкое так и газообразное топливо. Одним из способов применения пульсирующего горения является контактный нагрев воды.

На сегодняшний день контактный нагрев воды – это самый эффективный способ, при котором достигается максимальное использование теплоты сгорания топлива, что очень ценно с точки зрения энергосбережения. По сравнению с существующими методами нагрева водонагреватели контактного типа имеют ряд преимуществ [1]. В них для нагрева воды используют продукты сгорания топлива. Потери воды на ее испарение имеются, но они компенсируются за счет происходящего теплообмена при контакте горячих уходящих газов с поступающей холодной водой и конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Поэтому эти потери считаются незначительными.

Недостатком контактного нагрева является зависимость качества получаемой воды от качества топлива и горения. При химическом недожоге топлива качество воды ухудшается, кроме того, промышленное топливо может иметь примеси (аммиак, негорючие