



УДК 662.767.2

## РАЗРАБОТКА И НАЛАДКА СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА, ОСНАЩЁННОГО СИСТЕМОЙ ОРИЕНТАЦИИ НА СОЛНЦЕ

### DEVELOPMENT AND ADJUSTMENT OF A SOLAR CONCENTRATOR EQUIPPED WITH A SYSTEM OF ORIENTATION TO THE SUN

**Гаврилов Николай Николаевич**, магистрант каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: gavtilovnn@gmail.com, Тел.: +7(992)00348-56

**Немихин Юрий Евгеньевич**, старший преподаватель каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург. E-mail: j.e.nemikhin@urfu.ru, Тел.: +7(922)12310-03

**Nikolai N. Gavrilov**, Master student, Department «Nuclear Energy and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: gavtilovnn@gmail.com. Ph.: +7(922)12310-03

**Yury E. Nemikhin**, Senior Lecturer, Department «Nuclear Power Plants and Renewables», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: j.e.nemikhin@urfu.ru. Ph.: +7(922)12310-03

**Аннотация:** Солнечная энергетика по многим прогнозам является одной из самых перспективных отраслей возобновляемой энергетике. Во всём мире проводятся исследования и проектируются устройства, с помощью которых удаётся преобразовывать и накапливать солнечную энергию. В настоящей статье проведены работы по изготовлению солнечного концентратора, программная часть управления которым реализована с помощью пакета SolarOrientation, получены результаты эффективности реализованной системы.

**Abstract:** Solar energy is, according to many forecasts, one of the most promising branches of renewable energy. Throughout the world, research is under way and devices are being designed to convert and accumulate solar energy. In this article, work has been done on the manufacture of a solar concentrator, the software part of which is implemented using the SolarOrientation package, the results of the implemented system efficiency.

**Ключевые слова:** солнечный концентратор; солнечная энергетика; система ориентирования; SolarOrientation.

**Key words:** Solar concentrator; Solar energy; Orientation system; SolarOrientation.

#### СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Солнечная энергетика — направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии. Солнечная энергетика является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласуется с концепцией распределённого производства энергии.

Количество солнечной энергии, поступающей на Землю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и других энергетических ресурсов, в т.ч. возобновляемых. Использование всего лишь 0,0125% солнечной энергии могло бы

обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетике, а использование 0,5% — полностью покрыть потребности в будущем. Потенциал солнечной энергии настолько велик, что, по существующим оценкам, солнечной энергии, поступающей на Землю каждую минуту, достаточно для того, чтобы удовлетворить текущие глобальные потребности человечества в энергии в течение года.

Свет, который излучает солнце, при помощи пассивных, а также активных систем превращается в тепловую энергию.

Задача солнечного концентратора — сфокусировать солнечные лучи на емкости с теплоносителем. Эффективность солнечных концентраторов зависит от точной ориентации на солнце и свойств отражающей поверхности.

Первое достигается использованием установок, следящих за солнцем, а второе использованием покрытий с наибольшим коэффициентом отражения.

Высокую температуру, полученную с помощью солнечного концентратора можно использовать для опреснения воды, получения водорода, переработки пластиковых ТБО, приготовления пищи и в печах для плавки металлов.

### СБОРКА И МОНТАЖ СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА

В качестве основания солнечного концентратора была взята стандартная офсетная спутниковая антенна  $d=0,55\text{м}$ . Главной причиной выбора именно офсетной антенны стало то, что ее фокус расположен ниже геометрического центра. Это устраняет затенение полезной площади, что повышает ее КПД по сравнению с прямофокусной антенной.



Рис. 1. Офсетная антенна



Рис. 2. Прямофокусная антенна.

Первоначально в качестве отражающей поверхности было принято использовать пищевую фольгу; в ходе испытаний установки оказалось, что отражающая поверхность не выдерживает погодные условия, ее рвет ветром. В качестве новой отражающей поверхности использован металлический скотч. Его преимущества: выше плотность материала и выше коэффициент отражения.

На рисунке 3 изображен процесс оклейки основания антенны пищевой фольгой листами с

шириной 0,25м, на рисунке 4 процесс оклейки металлическим скотчем полосками шириной по 0,05м.



Рис. 3. Отражающая поверхность из кухонной фольги



Рис. 4. Отражающая поверхность из металлического скотча

Следующим шагом по изготовлению солнечного концентратора, было выполнение крепления к поворотному трекеру: стальная П-образная деталь (рис.5)

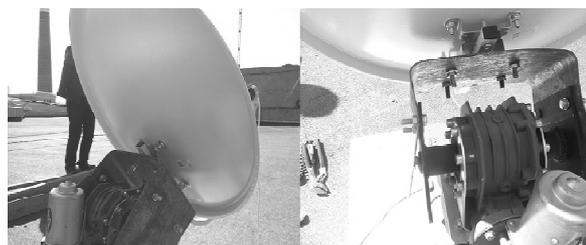


Рис.5. Устройство крепления концентратора к поворотной установке

Система ориентации солнечных концентраторов предназначена для наведения концентраторов на Солнце. Наведение выполняется путем разворотов и последующего поддержания требуемой ориентации средствами СУД (система управления движением) и поворота солнечных концентраторов электромеханическими устройствами.

Внешний вид готовой установки приведен на рисунке 6



Рис. 6. Солнечный концентратор на поворотной установке

#### РАСЧЁТ ПОЛОЖЕНИЯ СОЛНЦА И СБОР ДАННЫХ

Пакет SolarOrientation представляет собой набор из двух программ: SOAutomatic и SOManual. SOManual обеспечивает ручное управление поворотной системой с помощью текстовых команд. SOAutomatic призвана обеспечить автоматическое управление поворотной системой и автоматическое наведение солнечного концентратора на солнце (в направлении, параллельном направлению падения солнечных лучей).

Для автоматического наведения установки на солнце, SOAutomatic использует численные алгоритмы, позволяющие рассчитать текущее положение солнца на небосводе в зависимости от координат местности, времени суток и даты.

На вход поступают данные о времени и координаты местности. Время подразумевает под собой год, месяц, день, час, минуты и секунды (универсальное время). Расположение задается как широта и долгота в градусах.

Для ввода и вывода данных использовались следующие модули: МСД-200-для сбора, хранения и передачи данных, полученных с устройства; аналоговый модуль ввода-МВ110-24- и

одноканальный блок питания БП15Б-Д2, который предназначен для питания стабилизированным напряжением постоянного тока установки.

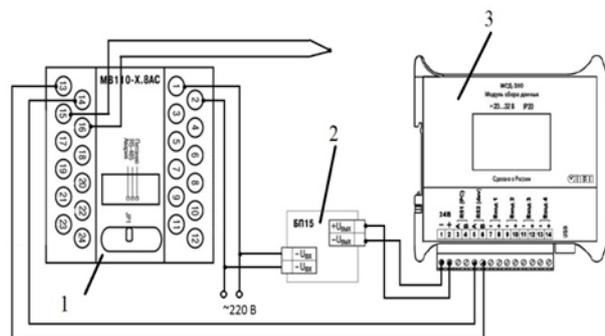


Рис. 7. Схема измерения температуры  
1- Аналоговый модуль ввода МВ110-24, 2- Схема подключения БП15-Д2, 3- Модуль сбора данных МСД-200

#### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Оценка эффективности солнечного концентратора, установленного на поворотной установке, выполнялась путем измерения температуры в точке фокуса концентратора. Система настроена так, что каждые 2 минуты происходит поворот установки по азимуту и элевации, сохраняя точку фокуса постоянной, относительно концентратора (рис 8).

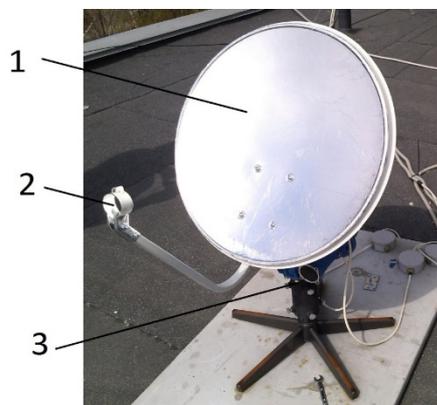


Рис. 8. Устройство солнечного концентратора  
1-Отражающая поверхность, 2-Точка фокуса, 3-Поворотная система

Было проведено 4 эксперимента:

- Нагрев воды в алюминиевой банке без изоляции объемом 0,33л;
- Нагрев воды в алюминиевой банке с теплоизоляцией объемом 0,33л;
- Нагрев воды в алюминиевой банке с изоляцией объемом 0,165л;
- Нагрев стальной пластины размером 0,02\*0,05 м<sup>2</sup>.

Ниже приведены результаты опыта по нагреву стальной пластины размером 0,02\*0,05 м<sup>2</sup> и воды в алюминиевой банке с теплоизоляцией 0,33л.

Расчет коэффициента концентрации определяется по формуле (1)

$$K = \frac{q_{пр}}{q_{солн}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент концентрации; q<sub>пр</sub> – плотность излучения на поверхность приемника в фокальной плоскости, Вт/м<sup>2</sup>; q<sub>солн</sub> – плотность солнечного излучения, Вт/м<sup>2</sup>. q<sub>пр</sub> вычисляется по формуле (2).

$$q_{пр} = \frac{Q_2 - Q_1}{(\tau_2 - \tau_1) \cdot F_{пр}}, \quad (2)$$

где (Q<sub>2</sub> – Q<sub>1</sub>) – разность количества теплоты для интервала времени (τ<sub>2</sub> – τ<sub>1</sub>); F – площадь поверхности приемника, м<sup>2</sup>; C<sub>пр</sub> – удельная теплоемкость приемника Дж/кг·К; m<sub>пр</sub> – масса приемника, кг.

$$q_{пр} = \frac{(2,1 - 0,38)}{2 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 14,3 \text{ кВт/м}^2$$

$$K = \frac{14,3 \cdot 10^3}{940} = 15,2$$

Количество теплоты, использованное на нагрев воды, полученное излучением от концентратора (3)

$$Q = C_{вод} \cdot m_{вод} \cdot (T_2 - T_1), \quad (3)$$

где C<sub>вод</sub> – удельная теплоемкость воды Дж/кг·К; m<sub>вод</sub> – масса воды, кг;

$$Q = 132,6 - 41,7 = 90,9 \text{ кДж}$$

Тепловая мощность в режиме нагрева воды (4)

$$P = \frac{Q}{\tau_2 - \tau_1}, \quad (4)$$

где P – тепловая мощность, Вт.

$$P = \frac{90,9 \cdot 10^3}{21 \cdot 60} = 72 \text{ Вт.}$$

КПД установки (5)

$$\eta_{уст} = \frac{P}{q_{солн} \cdot K \cdot F_{банки}}, \quad (5)$$

где P – тепловая мощность, Вт; q<sub>солн</sub> – плотность солнечного излучения Вт/м<sup>2</sup>; F<sub>банки</sub> – площадь поверхности банки.

$$\eta_{уст} = \frac{72}{828 \cdot 15,2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-2}} = 0,26$$

Успешно создан солнечный концентратор, определена его эффективность. Низкий КПД солнечного концентратора, η=26%, связан с некачественной отражающей поверхностью СК и недостаточной теплоизоляцией приемника теплоты. В дальнейшем предполагается замена действующего отражающего покрытия на более качественное, с целью повышения КПД установки.

Максимальная температура, полученная при испытании солнечного концентратора составила 207 °С

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грилихес В. А., Матвеев В. М., Полуектов В.П. Солнечные высокотемпературные источники тепла для космических аппаратов. — М.: Машиностроение, 1975. — 248 с.
2. Гудрамович В. С., Гайдученко А. П., Коваленко А.И. Технологии изготовления устройств антенно-волновой техники и солнечной энергетики, основанные на методе электролитического формования // Космічна наука и технология. — 2001. — 7, № 2/3. — С. 66—77.
3. Ермаков С. М., Михайлов Г. А. Статистическое моделирование. — М.: Физматлит, 1982. — 295 с.
4. Клычев Ш. И., Мухитдинов М. М., Бахрамов С. А. Методика расчёта системы параболический концентратор трубчатый приёмник солнечных теплоэнергетических установок // Гелиотехника. — 2004. — № 4. — С. 50—55.
5. Немков Д.А., Немихин Ю.Е., Матвеев А.В., Одинаев И.Н. Разработка и создание системы слежения за положением солнца // Технические науки в мире: от теории к практике / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. №2. Ростов-на-Дону, 2015. С. 35-38.
6. Кныш Л. И., Давыдов В. И. Применение метода статистических испытаний для расчёта облучённости приёмника тепла концентрированным потоком солнечной энергии // Вестник Днепропетровского ун-та. Механика. — 2009. — 17, № 5. — С. 51—59.