

## МАШИНА СТИРЛИНГА – ПЕРСПЕКТИВНАЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩАЯ УСТАНОВКА МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.С. Лошкарев, В.С. Симавин, Н.И. Тищенко, магистранты  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
г. Томск, Россия  
[simavin1992@mail.ru](mailto:simavin1992@mail.ru)

В современных условиях темпа роста населения планеты и стремительного развития энергетики, как основы технического прогресса, связанного с интенсивной разработкой, эксплуатацией и истощением природных энергетических ресурсов и, как следствие этого, с ощутимым изменением и загрязнением биосферы Земли, отражающимся в конечном итоге на здоровье людей, перед наукой возникает проблема: поиска альтернативных путей получения энергии. Одна из основных целей на сегодня: избавить современную энергетику от потребления органического топлива с целью уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду.

Новое отношение к использованию природных ресурсов и к состоянию окружающей среды является в настоящее время важной экономической необходимостью, вытекающей из ограниченности запасов минерального топлива в недрах нашей планеты и к ограниченной воспроизводимой мощности земной атмосферы.

Одним из способов альтернативного получения электроэнергии являются двигатели Стирлинга. Эти двигатели отличаются универсальностью и конструктивным разнообразием и могут работать как двигатели, холодильные машины, тепловые насосы и генераторы давления во многих областях техники. Как двигатели они имеют ряд существенных преимуществ: высокая эффективность и экономичность, возможность работы от разнообразных низко- и высокопотенциальных источников энергии, таких как: углеводородные топлива, ядерная и солнечная энергия, теплота геотермального пара и термальной воды. В двигателях могут быть использованы различные рабочие тела – воздух, водород, гелий  $\text{CO}_2$ , химические регулирующие газы.

В настоящее время очень популярны солнечные энергоустановки с двигателями Стирлинга мощностью от 3 кВт до 100 кВт для преобразования солнечной энергии в электрическую. В качестве источника теплоты используется параболический лепестковый концентратор диаметром от 10 до 20 метров, создающий в приемнике температуру до 1000 К. В ловушке приемника излучения предусмотрен тепловой аккумулятор.

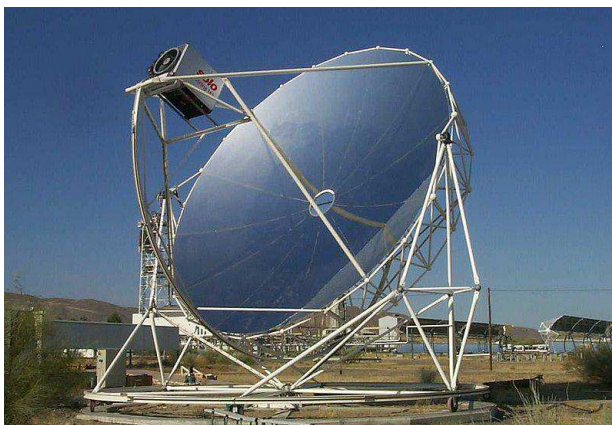


Рисунок 1. Использование двигателя Стирлинга в солнечной электроэнергетике.

Для этого двигатель Стирлинга устанавливается в фокус параболического зеркала, похожего по форме на спутниковую антенну, таким образом, чтобы область нагрева была постоянно освещена (Рис.1). Параболический отражатель управляется по двум

координатам при слежении за солнцем. Энергия солнца фокусируется на небольшой площади. Зеркала отражают около 92 % падающего на них солнечного излучения. В качестве рабочего тела двигателя Стирлинга используется, как правило, водород, или гелий.

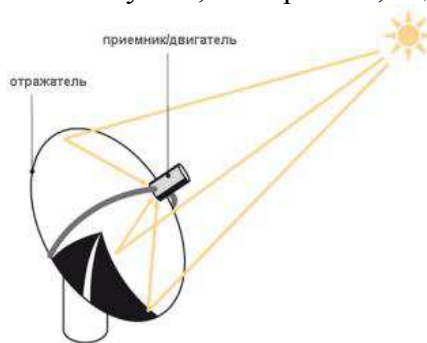


Рисунок 2. Использование двигателя Стирлинга и параболического зеркала.

В феврале 2008 года Национальная лаборатория Sandia достигла эффективности 31,25 % в установке, состоящей из параболического отражателя и двигателя Стирлинга[3]. В 2012 году шведская компания «Cleanergy» создала полномасштабный образец мини-электростанции с гелиоконцентратором на подвижной | с закрепленным в фокусе стерлингом, так и отдельный когенерационный агрегат для получения электроэнергии и тепла общей мощностью 9 кВт. [1]

В настоящее время и в России накоплен достаточный научный потенциал для создания высокоэффективных двигателей Стирлинга. Основные направления работ связаны с применением двигателей Стирлинга в когенерационных установках и системах использования теплоты отработанных газов, например в мини-ТЭЦ. В результате были созданы методики разработки и опытные образцы двигателей мощностью 3 кВт.

В 2011 году в ходе экспериментов, проведенных на испытательном полигоне солнечных энергоустановок Национальных лабораторий Sandia в штате Нью-Мексико (США) с участием компании Stirling Energy Systems (SES), был поставлен новый рекорд коэффициента преобразования солнечной лучистой энергии в промышленную электрическую – 31,25 %. Предыдущий рекорд, зафиксированный в 1984 году, составлял 29,4 %.

Рекордное значение было достигнуто на установке Serial #3, представляющей собой прототип одного из шести модулей солнечной электростанции на основе двигателей Стирлинга мощностью до 150 кВт. Установка представляет собой поворотное вогнутое зеркало из 82 элементов, которое концентрирует солнечные лучи в фокальной плоскости, где располагается нагреватель механического двигателя «внешнего сгорания» системы Стирлинга.



Рисунок 3. Stirling Energy Systems Serial #3

Новое поколение солнечных энергоустановок на базе двигателя Стирлинга отличается рядом усовершенствований. В первую очередь, они касаются системы зеркал. Новые зеркала

выполнены на базе стекла с малым содержанием железа и с новым посеребрением, что позволило повысить коэффициент фокусировки солнечных лучей с ранее достигнутых 91 % до 94 %. Зеркала имеют особую форму, защищенную патентом Sandia. Ее использование позволило уменьшить размеры пятна рассеяния в фокальной области до семи дюймов (менее 20 см) в диаметре.

Поставить рекорд помогла также безоблачная зимняя погода, установившаяся в день испытания над штатом Нью-Мексико. Благодаря ей температура холодильника тепловой машины составила 23 градуса Цельсия. В ходе испытаний, продолжавшихся 2 с половиной часа, полезная электрическая мощность машины составила 26,75 кВт.

В настоящее время компания SES готовится коммерциализировать свои разработки. Предполагается, что в Южной Калифорнии будут построены солнечные электростанции на базе двигателей Стирлинга из 70 тыс. модулей рекордной для данного вида электростанций совокупной электрической мощностью 1750 МВт [2].

По мнению многих зарубежных специалистов, перспективным направлением является разработка и широкое внедрение энергетических установок на основе двигателей Стирлинга. Низкий уровень шума, малая токсичность отработавших газов, работа на различных видах топлива, большой ресурс, соотношение размеров и массы, хорошие характеристики крутящего момента - все эти параметры дают возможность двигателям Стирлинга в ближайшее время значительно «потеснить» двигатели внутреннего сгорания. Уже сегодня наиболее крупные инновационные проекты в области альтернативной энергетики связаны именно с двигателями Стирлинга.

При этом нужно отметить, что в тех областях техники, где начинают применять двигатели Стирлинга, происходит технологический рывок. Способность двигателей Стирлинга утилизировать отбросную теплоту промышленных предприятий и других объектов делает его применение чрезвычайно выгодным с точки зрения экономии природного топлива и расширения топливного баланса. Для России с ее огромной территорией и различными климатическими и ресурсными зонами применение двигателей Стирлинга может позволить использовать, особенно в отдаленных районах, местные виды топлива без предварительной их переработки.

#### **Список литературы:**

1. По материалам статьи д.т.н. Кириллова Н.Г. и книги Г.Уокера «Машины, работающие по циклу Стирлинга».
2. Г.Ридер. Ч.Хупер. Двигатели Стирлинга. М.: Мир, 1996, стр. 55.
3. Кириллов Н.Г. Производство машин Стирлинга - новое перспективное направление в развитии отечественного машиностроения //Вестник машиностроения. 2005, № 8.