

УДК 537.534.2

Анализ конструкции солнечного коллектора с независимым источником питания насоса

***В.В. Литвинова**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Плазменные энергетические установки»*

***С.Г. Ивахненко**, аспирант
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Плазменные энергетические установки»*

*Научный руководитель: Д.В. Духопельников, к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Плазменные энергетические установки»
duh@power.bmstu.ru*

Солнечный коллектор – это оборудование, которое эффективно улавливает солнечную энергию для получения горячей воды в качестве теплоносителя [1-3].

Солнечные коллекторы можно использовать для обогрева и горячего водоснабжения помещений в самых разных сооружениях, например: 2-х этажные жилые дома, не крупные корпуса предприятий, установив коллектор на крыше либо на пустующей земле рядом со зданием, в парниках, теплицах, оранжереях, на дачах, фермах, небольших строительных объектах, находящихся в значительном удалении, от централизованных коммуникаций по теплоснабжению [2, 4].

В странах с континентальным климатом данный вид источника отопления и горячего водоснабжения распространен повсеместно, так как удобство их месторасположения позволяет более полно использовать солнечный поток для собственных нужд. Несмотря на то, что большая часть России находится в умеренной климатической зоне, применение солнечных коллекторов с КПД около 70–80 %, вакуумированием рабочей области коллектора, хорошей теплоизоляцией конструктивных элементов и трубопроводов, а также баком-аккумулятором позволяет эффективно использовать их даже на широте г.Москвы. Однако для южных районов России солнечные коллекторы так же могут быть использованы с высоким коэффициентом

полезного действия (к примеру, в Краснодарском крае на данный момент эксплуатируется 42 гелиоустановки, на которых установлено 3400 м² солнечных коллекторов), а так же и для других регионов в летний период коллектор представляет выгодный интерес. По исследованиям ОИВТ РАН в тёплый период (с марта по сентябрь) на большей части территории России средняя дневная сумма солнечного излучения составляет 4,0-5,0 кВтч/м² (для сравнения, на юге Испании 5,5-6,0 кВтч/м², на юге Германии до 5 кВтч/м²). Это позволяет нагревать для бытовых целей около 100 л воды с помощью солнечного коллектора площадью 2 м² с вероятностью до 80 %, то есть практически ежедневно. По среднегодовому поступлению солнечной энергии лидерами являются Забайкалье, Приморье и Юг Сибири. За ними идут юг европейской части (приблизительно до 50 ° северной широты) и значительная часть Сибири [5].

Так же большую экономическую выгоду может принести применение комбинированных солнечных коллекторов за рубежом – в странах с более «солнечным» или континентальным климатом, такие как страны Средней и Центральной Азии, Кавказа, Ближнего Востока, Африки и центральной Америки [2].

Особый интерес представляет возможность автономного использования солнечных коллекторов. Такая система позволит экономически сократить потребление «не дешевой» электроэнергии сети и выйти на уровень экологически чистого использования солнечного коллектора.

Была поставлена задача об оценке возможности проектирования автономного солнечного коллектора, при работе в условиях полного изолирования от систем централизованных коммуникаций по энерго- и теплоснабжению без значительных потерь рабочих характеристик. Для работы солнечного коллектора была спроектирована схема автономного подключения водокольцевого насоса, работающего от солнечной энергии.

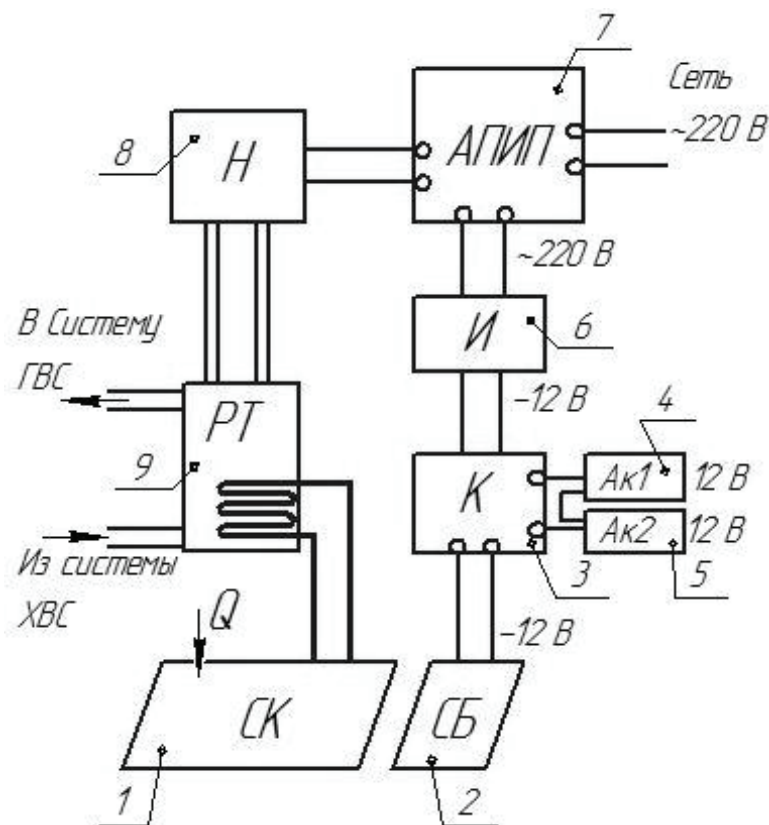


Рис.1. Схема автономного солнечного коллектора:

- 1 – солнечный коллектор; 2 – солнечная батарея; 3 – контролер; 4,5 – аккумуляторы;
6 – инвертор; 7 – автоматический переключатель источника питания; 8 – насос;
9 - резервуар теплообменник.

Схема подключения предлагаемого солнечного коллектора представлена на рисунке 1.

В проектируемой схеме был выбран циркуляционный насос со следующими характеристиками: потребляемая мощность 100 Вт, напор до 6 м, производительность 63 л/мин, рабочая температура до $+110^{\circ}\text{C}$ (в качестве такого насоса может служить модель UPS 25-60 180, компании UNIPUMP [6]). Питание насоса осуществляется переменным напряжением в 220 В.

Для питания насоса было предложено использовать солнечную энергию, получаемую при помощи солнечной батареи.

Солнечную батарею не рекомендуется подключать к аккумулятору постоянно, так как при снижении освещения солнечная батарея начинает работать уже не как источник тока, а как потребитель и разряжает аккумулятор. Поэтому используют специальные контроллеры, которые автоматически переключают потребителей (в нашем случае насос) с питания от солнечной панели на аккумулятор.

Для потребителя эта коммутация происходит совершенно незаметно. Контроллер направляет излишки энергии, вырабатываемой солнечной панелью на подзарядку аккумулятора.

При проектировании был выбран контролер солнечных батарей, с техническими характеристиками: выходное напряжение 12 В, максимальный ток нагрузки 4 А (в качестве контролера может быть выбран контролер солнечных батарей SOL4UCN2, компании «Чип и Дип» [7]).

Насос питается переменным током, а от солнечной батареи мы имеем постоянный ток. Поэтому возникает необходимость использования преобразователя тока из постоянного переменный. В качестве преобразователя постоянного тока, был выбран инвертор чистый синус, который преобразует постоянное напряжение на входе 12 В, в переменное на выходе 220 В (в качестве такого инвертора был выбран инвертор ПН-2-350 Чистый синус, компании МАП «Энергия» [8]). На выходе он дает сигнал чистой синусоиды, что даёт возможность использовать такой инвертор для питания насоса.

При отсутствии питания или нехватке энергии от солнечной батареи, автоматический переключатель источника питания позволяет питать насос от внешней сети (в качестве такого автоматического переключателя источника питания, был выбран переключатель ZLA2-125, компании GEMPOWER [9]).

В качестве солнечного зарядного устройства была выбрана солнечная батарея, со следующими характеристиками: выходное напряжение 12 В, мощность 15 Вт, величина тока 0,125 А (в качестве такой батареи была выбрана солнечная батарея модели SOL5N, компании «Чип и Дип» [10], с габаритными размерами 340x120x14 мм). Для питания насоса электроэнергией необходима мощность порядка 100 Вт, поэтому в данной схеме устанавливается 8 солнечных батарей по бокам от солнечного коллектора. Такое количество солнечных батарей должно обеспечить требуемую выходную мощность. Схема возможного крепления солнечных батарей указана на рисунке 2.

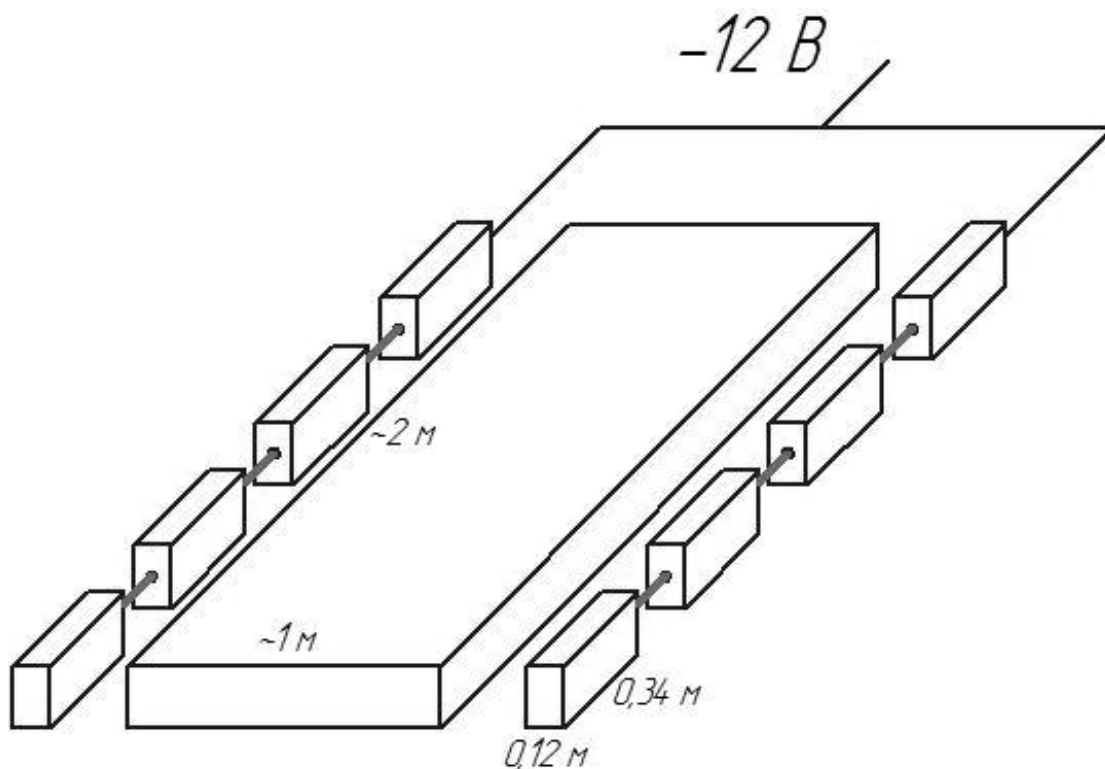


Рис. 2. Схема расположение солнечных батарей

Другой вариант установки солнечной панели: установка солнечных батарей, в количестве 8 штук в единую отдельную от солнечного коллектора панель, в непосредственной близости от установки.

Для качественной оценки данной установки, необходим тепловой расчет, который выполнен в работах [11, 12].

Уравнения теплового баланса энергий из работ [11,12], имеют следующий вид:

$$\begin{cases} q_{Solar} (1 - T_{Glass}) - \alpha_{AirOut} (T_1 - T_{AirOut}) - \varepsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_{AirOut}^4) = 0 \\ \alpha_{AirIn1} (T_{Air} - T_2) + \varepsilon_2 \sigma (T_3^4 - T_2^4) - \lambda_{Glass} \frac{T_2 - T_1}{\delta_{Glass}} = 0 \\ q_{Solar} A_{Ab} T_{Glass} - \varepsilon_2 \sigma (T_3^4 - T_2^4) - \alpha_{AirIn2} (T_3 - T_{Air}) - \lambda_{Ab} \frac{T_3 - T_4}{\delta_{Ab}} = 0 \\ \alpha_{AirIn1} (T_{Air} - T_2) = \alpha_{AirIn2} (T_3 - T_{Air}) \\ \lambda_{Ab} \frac{T_3 - T_4}{\delta_{Ab}} - \alpha_{Water} (T_3 - T_{Water}) - \alpha_{AirOut} \left(\frac{T_4 + \alpha_{AirOut} R T_{AirOut}}{1 + \alpha_{AirOut} R} - T_{AirOut} \right) = 0 \end{cases} \quad (1.1),$$

где λ_{Glass} , λ_{Ab} - коэффициенты теплопроводности стекла и абсорбера,

δ_{Glass} , δ_{Ab} - толщина стекла и абсорбера соответственно,

q_{Solar} - тепловой поток, поступающий от солнца,

σ - постоянная Стефана-Больцмана,

T_{Glass} - температура стекла,

T_3 - температура внешней поверхности абсорбера,

A_{Ab} - коэффициент поглощения абсорбера,

α_{AirOut} - коэффициент теплообмена с внешней средой,

T_{AirOut} - температура воздуха,

T_1 - температура внешней поверхности стекла,

ε_1 - степень черноты стекла,

α_{AirIn} - коэффициент теплообмена с воздухом внутри коллектора,

T_{Air} - температура воздуха внутри коллектора,

T_2 - температура внутренней поверхности стекла,

α_{Water} - коэффициент конвективного теплообмена,

T_{Water} - температура теплоносителя,

T_4 - температура теплоносителя.

Теплосоппротивление изоляции находится из соотношения:

$$R = \frac{\delta_{Iz}}{\lambda_{Iz}},$$

где λ_{Iz} - коэффициент теплопроводности изоляции,

δ_{Iz} - толщина изоляции.

Коэффициент конвективного теплообмена находится из соотношения:

$$\alpha = \frac{Nu_{Air} \lambda_{Air}}{D},$$

где λ_{Air} - теплопроводность воздуха,

D - характерный геометрический размер,

Nu_{Air} - параметр Нуссельта.

Эффективная степень черноты для системы абсорбер-стекло равна:

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{Glass}} + \frac{1}{\varepsilon_{Ab}}},$$

где ε_{Glass} и ε_{Ab} - степени черноты стекла и абсорбера соответственно.

На основе системы уравнений (1.1) и программы, приведенных в [11,12], были получены характеристики солнечного коллектора. На рисунке 3 приведен график расчета зависимости температуры теплоносителя от времени нагрева, при различных мощностях солнечной энергии.

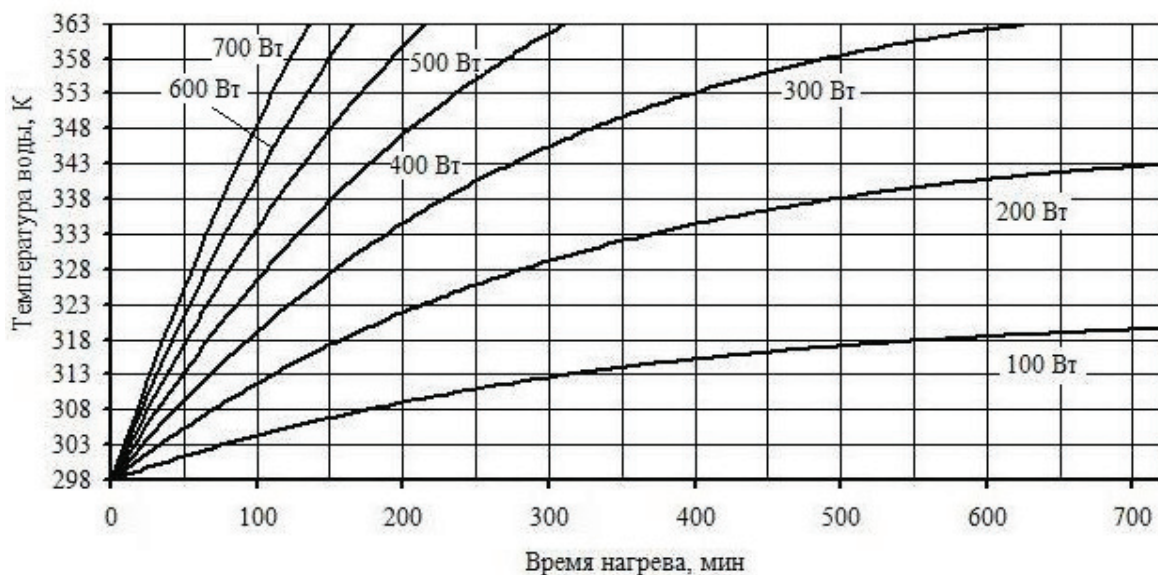


Рис.3. График зависимости скорости нагрева воды при различных плотностях мощности

Проведенный анализ предложенной схемы показывает, что использование автономной системы питания солнечного коллектора возможно и выгодно. Особенно удобна данная схема для летнего времени, когда дачный участок представляет собой особый интерес у горожан.

Так же, сейчас, когда энергоносители дорожают каждый год, перспектива обеспечения бесплатной горячей водой жилья или производства при помощи солнечной энергии становится реальным выходом и возможностью сэкономить. Установка автономного солнечного коллектора сейчас даст конкурентное преимущество в будущем, за счет сокращения затрат на горячее водоснабжение и отопление.

Список литературы

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Высокоэффективные селективные покрытия для автономных источников тепла на основе солнечных коллекторов» // Марахтанов М.К. [и др.]. Москва, 2013.
2. Технологии, оборудование и материалы солнечных коллекторов // В.А. Бутузов [и др.]. Саров, НТЦ «Тата»: «Альтернативная энергетика и экология», №7, 2010.
3. Солнечные коллекторы. Тенденции совершенствования конструкций // Бутузов В.А. [и др.]. Саров, НТЦ «Тата»: «Альтернативная энергетика и экология», №10, 2009.
4. Марахтанов М.К. Солнечный коллектор для отопления семейной фермы // АПК. Достижения науки и техники, 1989. № 7. С. 49-50.
5. Википедия свободная энциклопедия. Солнечный коллектор // http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечный_коллектор (дата обращения: 8.03.2013)
6. Магазины насосного оборудования // <http://pompina.ru/> (дата обращения: 8.03.2013).
7. Магазины компании «Чип и Дип» // <http://www.chipdip.ru/product/sol4ucn2/> (дата обращения: 8.03.2013).
8. Магазин компании АЭЛЬТЭКО // <http://www.altecology.ru/inventory/chistyy-sinus/invertor-chistyy-sinus-pn2-12-350-350-vt12-v.html> (дата обращения: 8.03.2013)
9. Магазин компании «Gempower» // <http://www.1zgzzru.com/7b-transfer-switch.html> (дата обращения: 8.03.2013).
10. Магазины компании «Чип и Дип» // <http://www.chipdip.ru/product/sol5n/> (дата обращения: 8.03.2013).
11. Селективные покрытия солнечных коллекторов // Духопельников Д.В. [и др.]. Известия ВУЗов. Машиностроение, Спецвыпуск: Работы студентов и молодых ученых МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.
12. Анализ влияния свойств селективных покрытий на тепловой режим и рабочие характеристики солнечных коллекторов (тезисы доклада) // Марахтанов М.К. [и др.]. Вакуумная техника, материалы и технология. Материалы 7-ой Международной научно-технической конференции. Под редакцией д.т.н, проф. С.Б. Нестерова. Москва, 2012.