

УДК 504.3:628.5

Е.В. Буркова, ассистент

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: dv.burkov@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА МОДЕЛИ «ГЕЛИОСТАНЦИЯ – АККУМУЛЯТОР»

Разработана экспериментальная установка имитирующая модуль «гелиостанция – аккумулятор» для проведения исследований её температурных параметров в естественных условиях.

Ключевые слова: солнечная энергия, аккумулятор тепла, солнечный коллектор.

Украина поставила задачу к 2020 году заменить первичные источники энергии на возобновляемые в пределах 10 %. Это значит, что при потреблении 300 млн. т. условного топлива экономится 30 млн. т, соответственно снижаются выбросы вредных веществ, в том числе и парниковых газов.

Учитывая климатические условия Украины, наиболее перспективным направлением реализации программы по внедрению нетрадиционных источников энергии является использование солнечного излучения.

Как показывает опыт использования солнечной энергии, наиболее распространенным способом преобразования солнечной энергии являются гелиоустановки, нагревающие воду и преобразующие ее в пар. В этом случае возможно и вырабатывание электроэнергии посредством паровых турбин и снабжение потребителей горячей водой и отоплением. Однако и этот способ имеет существенный недостаток. Одна из основных проблем использования солнечной энергии для центрального теплоснабжения состоит в том, что солнечной энергии достаточно в тот сезон, когда меньше всего требуется теплоты в системе теплоснабжения. И наоборот когда требуется максимальное количество теплоты, т.е. в зимний период, солнечное излучение минимальное. Таким образом, чтобы использовать солнечную энергию тогда, когда она действительно нужна, она должна быть не только собрана, но и сохранена. Совершенная система сохранения солнечной энергии должна работать днем и ночью, летом и зимой [1].

В большинстве стран наиболее дешевым средством аккумулирования тепла является вода. Ее использование в качестве аккумулирующего вещества дает возможность получить самый высокий уровень тепла.

В работе [2] рассматривалась возможность аккумулирования тепловой энергии в отработанных карьерах, преобразование которой происходит в солнечных коллекторах. Рассматривался вариант на примере Кадыковского карьера Балаклавского рудоуправления города Севастополя. Кадыковский карьер имеет дно площадью 44 500 м², глубину 180 м. Минимальный объем аккумулированной воды составит 2 200 000 м³. Указанный сезонный аккумулятор предлагается использовать круглый год в системе теплоснабжения Балаклавского района [2].

В работе [3] были представлены тепловая схема и составные компоненты аккумулирующей гелиостанции на базе карьера и ее математическая модель. Для проверки математических расчетов использовалась, разработанная и изготовлена автором экспериментальная установка, представленная на рисунке 1.

В качестве солнечного коллектора 1 использовался плоский солнечный коллектор (рисунок 2), который является наиболее распространенным и чаще других используется в системах отопления и подогрева воды.

Конструктивно плоский солнечный коллектор представляет собой панель прямоугольной формы. Корпус коллектора выполнен из алюминия и имеет два патрубка для подвода и вывода жидкого теплового носителя. Дно и боковые стенки корпуса плоского солнечного коллектора покрыты слоем теплоизоляционного материала, что способствует существенному снижению потерь тепла. Элементом, непосредственно поглощающим энергию солнечного излучения (абсорбером), является пластина изготовленная из металла с высоким показателем теплопроводности (например, медь). Для улучшения поглощающей способности, пластины дополнительно покрыты тонким слоем аморфного полупроводника – высокоселективным покрытием с крайне низким коэффициентом излучения в инфракрасном диапазоне спектра. Поглощающий элемент спаян с теплопроводящей системой – параллельными медными трубками, по которым циркулирует жидкий теплоноситель. Нагреваясь, абсорбер передает тепло трубкам. Сверху поглощающий энергию элемент покрыт листом матового стекла, пропускающим солнечное излучение внутрь коллектора и практически не выпускающим его назад. Это также повышает эффективность солнечного коллектора, снижая уровень тепловых потерь.

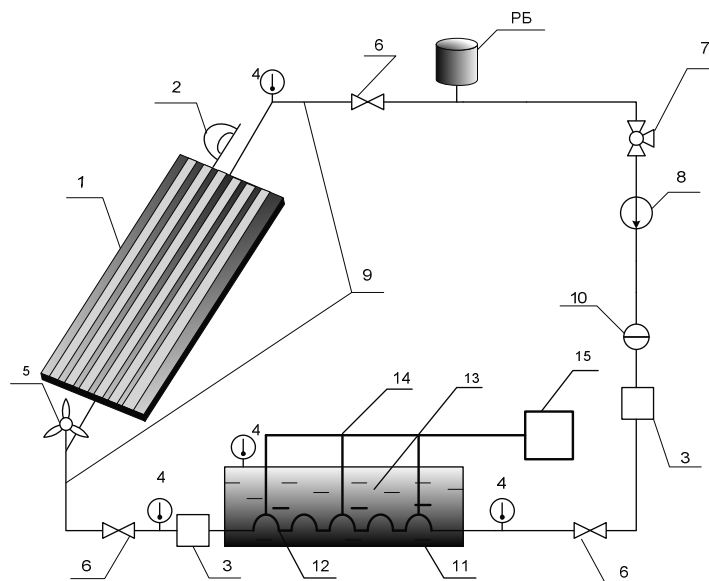


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки сезонной аккумулирующей станции:
 1 – солнечный коллектор; 2 – пиранометр; 3 – камера смешения; 4 – ртутные термометры; 5 – анемометр крыльчатый; 6 – запорные клапаны (шаровые); 7 – трехходовой кран; 8 – циркуляционный насос;
 9 – соединительные трубы (изолированные); 10 – расходомер; 11 – емкость – аккумулятор;
 12 – змеевик; 13 – двухфазная жидкость; 14 – термопары; 15 – потенциометр; РБ – расширительный бак

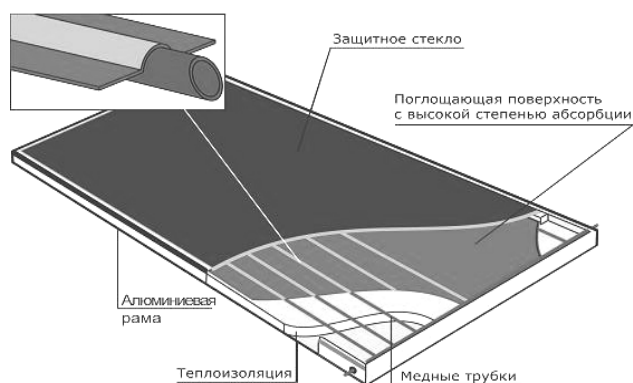


Рисунок 2 – Плоский солнечный коллектор

К основным достоинствам плоских солнечных коллекторов, несомненно, можно отнести простоту конструкции, высокую надежность в эксплуатации, невысокую стоимость.

Для измерения рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность использовался пиранометр системы Ю.Д. Янишевского 2, в котором приёмником радиации служит термоэлектрическая батарея, составленная из марганцевых и константовых полосок, соединённых последовательно. Прибор предназначен для измерения солнечного излучения с длинами волн от 300 до 3000 нм.

В качестве камеры смешения 3 использовалась пластиковая емкость, внутри которой располагалась металлическая спираль.

Температура рабочей среды определялась ртутными термометрами 4 с ценой деления 0,1 °C и пределами измерений: 0 ... +55 °C; +55 ... +100 °C.

Для контроля влияния ветра использовался анемометр АСО-3 (механический крыльчатый) 5. Диапазон измерения скорости от 0,3 до 5 м/с.

В качестве арматуры 6 и 7 использовались стандартные краны, применяемые в бытовых системах водоснабжения.

Для поддержания циркуляции рабочей среды в системе использовался циркуляционный насос 8 модели TAIFU TRS 25/4. Количество скоростей работы – 3. Максимальная высота подъема воды – 4 м.

Для соединения всех элементов экспериментальной установки использовались пластиковые трубы 9 диаметром 1/2". Для уменьшения тепловых потерь, трубы оборачивались теплоизоляционным материалом.

Для контроля объема воды, прокачиваемой через установку, использовался бытовой водомер 10 для горячей воды NOVATOR ЛК-15Г. Расход воды номинальный – 1,5 м³/ч.

В качестве теплового аккумулятора 11 использовалась пластиковая емкость с объемом 60 литров, форма которой повторяет выработанный карьер.

Для нагрева солевого раствора в ванне – аккумуляторе размещен стальной змеевик 12 диаметром 1/2".

Солевой раствор 13, залитый в ванну представляет собой две фазы. Одна фаза – это перенасыщенный солевой раствор с солёностью 260‰ и объемом 30 литров, другая – пресная вода объемом 30 литров, находящаяся поверх солевого раствора.

В качестве расширительного бака РБ для уравнивания давления атмосферы и внутри системы, использовалась пластиковая емкость отверстием.

Для измерения температуры на поверхности змеевика 12, расположенного в ванне-аккумуляторе 11 использовалось четыре зачеканенные медь-константановые термопары 14 (ТМКн, тип Т), имеющие характеристики, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики медь-константановых термопар

Тип термопары	Температурный диапазон °С (длительно)	Температурный диапазон °С (кратковременно)	Класс точности 1 (°С)
Т	-185 до +300	-250 до +400	±0.5 от -40 °С до 125 °С

Фрагменты элементов экспериментальной установки представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Фотографии компонентов стенда: а) плоский солнечный коллектор, размещенный на кровле здания; б) модель сезонного аккумулятора, заполненного солевым раствором

Экспериментальная установка позволяет провести температурный контроль во всех основных точках гелиостанции: выход нагретой воды из солнечного коллектора; вход нагретой воды в теплообменник (змеевик); выход охлажденной воды из теплообменника (змеевика); вход охлажденной воды в солнечный коллектор; температура теплообменника (змеевика); температура аккумулятора тепла на разных уровнях двухфазного солевого раствора (придонный слой, слой на границе раздела фаз и поверхностный слой).

Солнечный коллектор был размещен на крыше технического сооружения, высотой 3,5 метра и сориентирован на юг. Над коллектором был размещен пирометр, таким образом, что его измерительная поверхность находилась в одной плоскости с рабочей поверхностью коллектора.

В качестве аккумулирующей емкости использовалась пластиковая емкость с объемом 60 литров, форма которой имитирует выработанный карьер. Емкость была помещена в углубление, сделанное в почве таким образом, что края емкости находились на уровне земной поверхности. Для нагревания солевого раствора в емкости – аккумуляторе размещен стальной змеевик. Змеевик подсоединен теплоизолированными трубами к плоскому солнечному коллектору. Солевой раствор, заполняющий емкость – аккумулятор представляет собой две фазы. Одна фаза (нижний слой) – это перенасыщенный солевой раствор с солесностью 260‰ и объемом 30 литров, другая фаза (верхний слой) – пресная вода объемом 30 литров, находящаяся поверх солевого раствора. Солевой раствор изготавливался путем смешения технической соли с водой. Контроль солесности осуществлялся при помощи ареометров общего назначения (АОН) с пределом допустимой погрешности 0,5 кг/м³. Для того чтобы не происходило перемешивание фаз при заполнении ванны – аккумулятора пресную воду наливали на пленку, которая затем была удалена из ванны – аккумулятора.

Вода, нагреваясь в коллекторе 1 (рисунок 1) с помощью циркуляционного насоса 8, поступает по трубопроводу 9 в змеевик 14, который находится в ванне-аккумуляторе 11. При этом нагретая в коллекторе от солнечной радиации вода отдает через змеевик 14 свое тепло в перенасыщенный солевой раствор 13. Далее вода, отдавшая тепло, по трубопроводу поступает на вход коллектора 1.

Как уже упоминалось выше, температура воды в контролируемых точках измерялась при помощи термометров визуальным способом, а температура змеевика измерялась при помощи термопар, подключенных к потенциометру постоянного тока ПП 63: класс точности 0,05; пределы измерения от 0 до 111,1 В.

Схема расположения термопар на змеевике и система измерения показаны на рисунке 4. На переключатель 2 замыкались термопары 5 измерения температуры наружной поверхности змеевика 1, расположенного в ванне 3. Измерение ЭДС термопар велось потенциометром 7 типа ПП-63. Нуль-термопары 4 термостабилизировались в сосуде Дюара 6, заполненного льдом. Для контроля температуры в него был введен лабораторный термометр 8 с ценой деления 0,1 °С.

Чтобы не допустить превышения сопротивления линии термопар критического сопротивления прибора ПП-63 (250 Ом) были произведены предварительные контрольные замеры. Сопротивление линий всех термопар лежало в пределах 75...90 Ом.

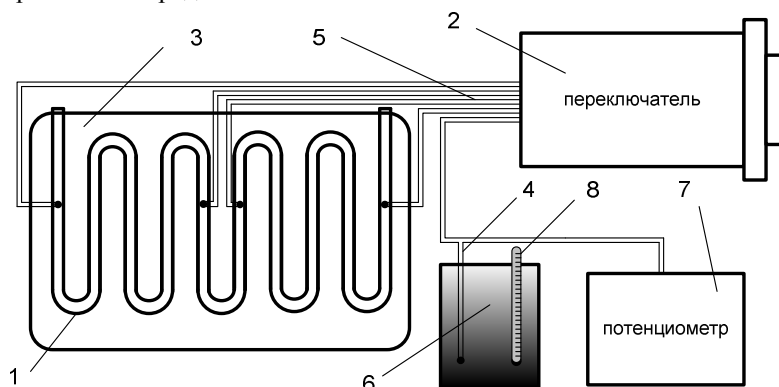


Рисунок 4 – Схема замеров температуры:

1 – змеевик; 2 – переключатель термопар; 3 – ванна; 4 – нулевая термопара;
5 – термопары; 6 – сосуд Дюара; 7 – потенциометр; 8 – термометр

Последовательность выполнения эксперимента осуществлялась согласно выбранному плану его проведения. Регулируемым параметром был только расход воды, проходящей через коллектор. Солесность двухфазного солевого раствора в емкости – аккумуляторе принималась постоянной. Остальные параметры, влияющие на температуру теплового аккумулятора, но нами неуправляемые: температура окружающей среды, величина солнечной радиации, скорость движения воздуха только контролировались. Учитывая это, эксперимент является невоспроизводимым, т.к. повторить его с

одинаковими умовами неможливо. Исходя из этих особенностей и учитывая рекомендации по теории планирования эксперимента, экспериментальные исследования проводились по классическому плану, последовательно.

Измерения проводились в течение июля, августа месяцев ежедневно и начинались в 9 утра, а заканчивались в 16 вечера. Замер температур проводился каждые 30 минут по термометрам и показаниям потенциометра.

Результаты экспериментальных исследований заносились в таблицы, по которым затем строились графики. На рисунке 5 представлены графики изменения температур окружающего воздуха, придонного слоя солевого раствора, температур воды на выходе из коллектора и уровня радиации в течение одного дня в июле.

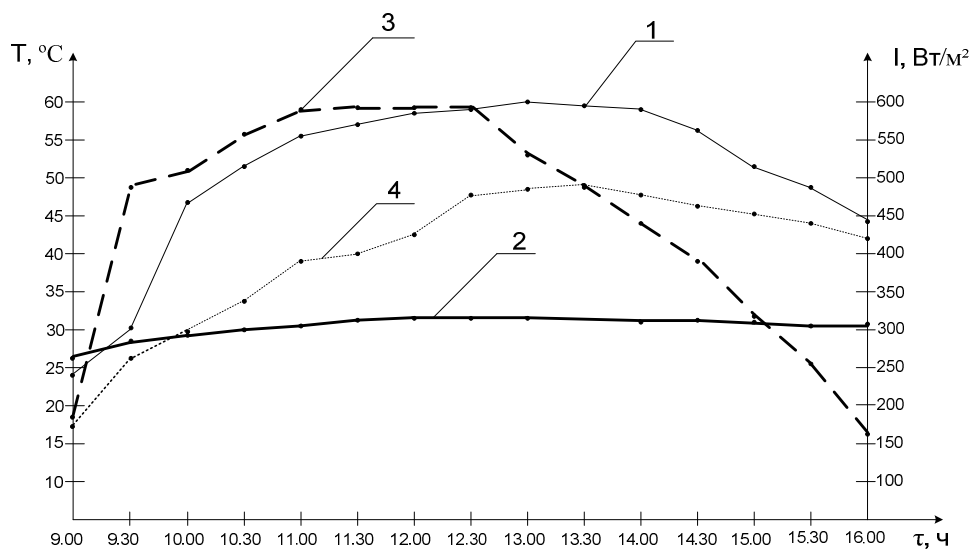


Рисунок 5 – Графики изменения температур в течение дня:

1 – температура на выходе из плоского коллектора; 2 – температура окружающего воздуха; 3 – интенсивность солнечной радиации; 4 – температура придонного слоя солевого раствора

Из графика следует, что максимальная температура в данном коллекторе на выходе достигает 60 °C к 13 часам и удерживается до 44,6 °C к 16 часам.

Результаты экспериментов позволят оценить потери в окружающую среду от ванны – аккумулятора в течение суток и возможность восполнения температур в течение светового дня; распределение температур в двухфазном солевом растворе, изменение концентрации фаз по времени; динамику повышения температуры в модели аккумулятора.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Авезов Р.Р. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения / Р.Р. Авезов, А.Ю. Орлов. — Ташкент: Мара, 1988. — 288 с.
2. Макаров В.В. Оценка возможности сезонного аккумулирования солнечной энергии в выработанных карьерах / В.В. Макаров, Е.В. Буркова // Відновлювана енергетика. — 2008. — № 3 (14). — С. 38–41.
3. Макаров В.В. Методика расчета тепловой схемы гелиостанции с использованием сезонных аккумуляторов / В.В. Макаров, Е.В. Буркова // Відновлювана енергетика. — 2009. — № 1 (16). — С. 36–40.

Поступила в редакцию 18.04.2012 г.

Буркова Е. В. Експериментальні дослідження температурних параметрів на моделі «геліостанція – акумулятор»

Розроблено експериментальну установку що імітує модуль «геліостанція – акумулятор» для проведення досліджень її температурних параметрів у природних умовах.

Ключові слова: сонячна енергія, акумулятор тепла, сонячний колектор.

Burkova E.V. Experimental investigations of temperature on the parameters of models "heliostation – battery"

The experimental setup simulates the module «heliostation – battery» to carry out research of its temperature parameters in vivo.

Keywords: solar energy, heat the battery, the solar collector.