

УДК 504.3:628.5

В.В. Макаров, доцент, канд. техн. наук,**Е.В. Буркова, аспирант***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: dv.burkov@mail.ru***СИСТЕМА СЕЗОННОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
В ВЫРАБОТАННЫХ КАРЬЕРАХ**

Рассмотрена возможность аккумулирования солнечной энергии для теплоснабжения в Крыму. Предложена структурно-функциональная схема сезонного аккумулятора теплоты на примере Кадыковского карьера в г. Севастополе. Оценены затраты на строительство.

Актуальность решения задачи широкого освоения альтернативных источников энергии возрастает в связи с ростом цен на нефть и газ.

Проблема снижения потребления первичных энергоресурсов во многих странах решается путем энергосбережения и внедрения возобновляемых и нетрадиционных источников энергии (солнечная, геотермальная, энергия ветра, энергия окружающей среды и др.).

Солнечная энергия относится к перспективным альтернативным источникам энергии. Однако ее плотность по временам года существенно изменяется. Наибольшее количество падающей солнечной энергии приходится в летнем периоде, а наименьшее, соответственно в зимний, т.е., в то время, когда система теплоснабжения требует максимального и стабильного количества энергии [1,2].

Цель настоящей статьи показать возможность создания сезонного аккумулирования солнечной энергии с помощью солнечных каскадных гелиосистем в отработанных карьерах, в которых в качестве аккумулирующего материала принимается придонный концентрированный солевой раствор.

Для горячего водоснабжения в летний период осуществляется часовое и суточное аккумулирование. На рисунке 1 изображен процесс преобразования солнечной энергии в тепловую с использованием суточного аккумулятора теплоты. На рисунке 1,а показан процесс поглощения солнечной энергии, где Q_i производительность солнечной установки, L – нагрузка в функции от времени для суточного периода. Вертикально заштрихованные площади представляют собой избыточную энергию, которую следует аккумулировать, а горизонтально заштрихованные – энергию, отбираемую от аккумулятора для покрытия нагрузки в период отсутствия солнечной радиации. Площади, отмеченные точками, обозначают энергию, поступающую к потребителю от коллектора во время его работы.

На рисунке 1,б показан процесс использования энергии, которая подводится к аккумулятору и отбирается от него в период времени, отсчитываемый от $\tau = 0$.

В этом примере в течение рассматриваемого периода времени поглощенная солнечная энергия несколько превышает интегральную нагрузку.

Для обеспечения круглогодичного теплоснабжения с использованием солнечной энергии требуется ее сезонное аккумулирование. Применение сезонного аккумулирования теплоты осуществляется в подземных хранилищах, либо аккумулирование в придонных слоях открытых водоемов. Одним из способов такого аккумулирования являются солнечные пруды. Наиболее крупным из существующих солнечных прудов является пруд площадью 250000 м² в местечке Бейт-Ха-Арава в Израиле. Он используется для производства электроэнергии. Электрическая мощность энергетической установки, работающей по циклу Ренкина, равна 5 МВт. Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии значительно ниже, чем на солнечных электростанциях других типов. В Швеции в г. Люкебо для хранения теплой воды используется скальная пещера объемом 105 000 м³. Плоские солнечные коллекторы площадью 28 800 м², позволяют обеспечить 100 % необходимой энергии (8500 МВт·ч/год) для горячего водоснабжения и отопления 550 домов. Все эти дома подключены к коммунальной системе районного отопления. Температура воды, подаваемой потребителям, составляет 70 °С, а возвратной воды 55 °С [3].

В настоящей работе рассматривается возможность сезонного аккумулирования солнечной энергии на примере Кадыковского карьера Балаклавского рудоуправления г. Севастополя. Карьер имеет дно площадью 44500 м², глубину 180 м. Минимальный объем аккумулированной воды составит 2200000 м³. Указанный сезонный аккумулятор предлагается использовать круглый год в системе горячего водоснабжения и отопления Балаклавского района. В указанном районе для обеспечения отопления и горячего водоснабжения установлены 6 мазутных котельных с установленной мощностью по отоплению 22,5 МВт и горячему водоснабжению 2,5 МВт. Такую систему будем называть гелиостанцией.

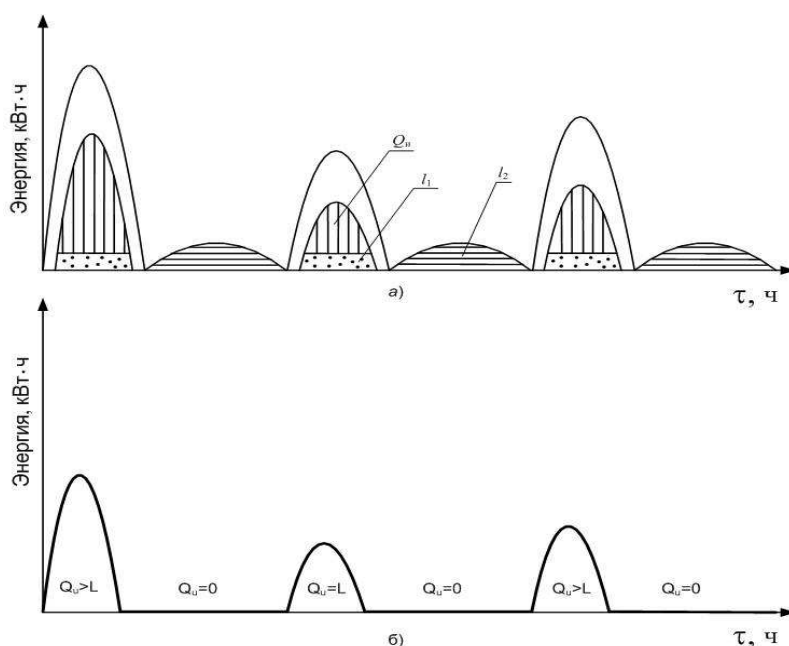


Рисунок 1 – Расчетный процесс преобразования солнечной энергии с суточным аккумулярованием и ее использованием, где $L = I_1 + I_2$.

Исходя из установленной мощности и, учитывая, что отопительный период в г. Севастополе составляет 151 день, требуемое количество тепловой энергии на этот период $E_1 = 81540$ МВт·ч. Это эквивалентно сжиганию 9294 тонн мазута. Для обеспечения горячего водоснабжения в течение года требуется тепловой энергии $E_2 = 21900$ МВт·ч. Указанное количество энергии эквивалентно сжиганию 11790 тонн мазута. При этом в атмосферу выбрасывается значительное количество загрязняющих веществ: твердые частицы (сажа) – 26,17 т/год; диоксид серы, SO_2 – 603 т/год; двуокись углерода, CO_2 – 35 т/год; Закись азота, N_2O_3 – 6,56 т/год и т.д. Общий ущерб, наносимый окружающей среде, составляет сотни тысяч гривен [4,5].

Гелиополе выполнено по модульному принципу. Каждый модуль имеет активную поверхность 1000 м². При этом гелиополе в рамках модуля выполнено в виде каскада, где одна часть гелиоколлекторов являются плоскими и нагревают теплоноситель до температуры 55-75°C, а другая часть коллекторов с концентрацией энергии солнечного излучения, в которых теплоноситель нагревается до температуры от 75 °C до 110 °C. Теплоноситель с температурой 110 °C поступает в трансформатор теплоты, состоящий из змеевиковых труб, образующих теплообменную поверхность.

Организацию данного аккумулятора (рисунок 2) можно выполнить по типу солнечного (соленого) пруда. Все стенки пруда и дно гидроизолируются. Для подавления тепловой конвекции и аккумулярования тепла придонный слой имеет повышенную соленость. Верхний слой аккумулярующего материала (пресная вода) изолируется специальными устройствами, на которых расположены фокусирующие солнечные коллекторы.

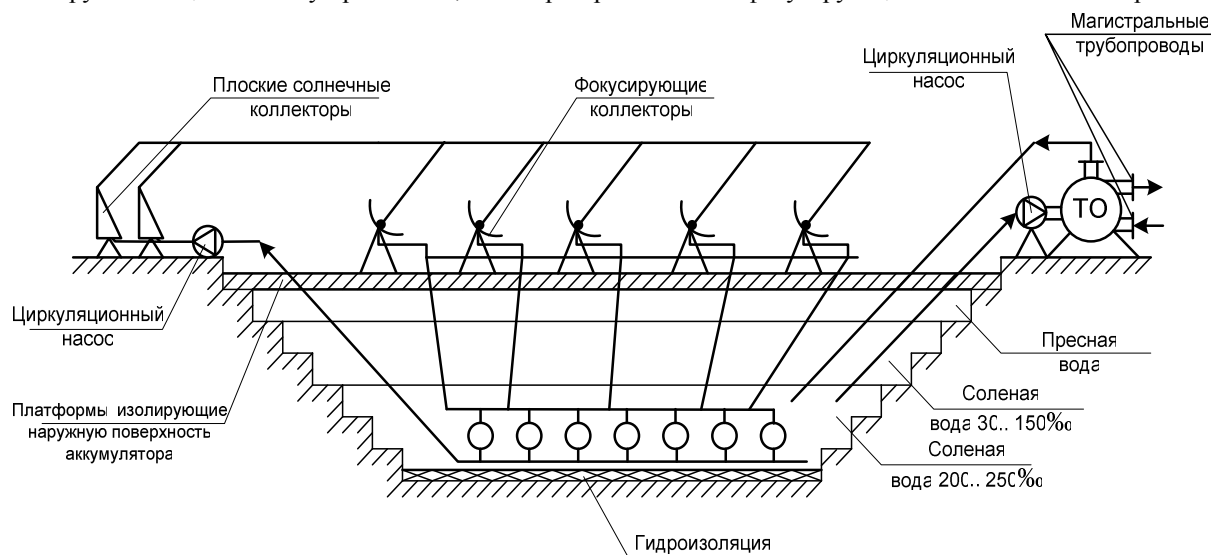


Рисунок 2 – Общая схема сезонного аккумулятора теплоты.

Выполним оценку необходимого общего гелиополя. Принимая во внимание, что общий к.п.д. системы составит $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$, где η_1 – КПД гелиосистемы, преобразующей солнечную энергию в тепловую; η_2 – КПД теплообменников, передающих аккумулятору тепловую энергию, полученную солнечных коллекторах; η_3 – коэффициент удержания теплоты в сезонном аккумуляторе.

Коэффициент полезного действия η_1 гелиосистемы принимаем равным 0,474 (по опыту проектирования). Коэффициент η_2 принимаем равным 0,95 (по опыту проектирования). Коэффициент удержания теплоты принят $\eta_3 = 0,80$ и является интегрирующим, который косвенным образом отражает потери, связанные с теплопроводностью стенок карьера, теплопроводностью слоев аккумулирующей среды (нижний слой с соленостью 250 промилей (‰ – стандартное обозначение промилей, т.е. 1‰ = 1г/л соли), средний слой с соленостью 40 ‰, верхний слой пресной воды) и потерями в окружающую среду через изолирующую перегородку. Таким образом, КПД системы сезонного аккумулирования составляет:

$$\eta = 0,474 \cdot 0,95 \cdot 0,80 = 0,360.$$

Укрупнено общую площадь гелиоколлекторов можно определить исходя из условия, что годовое поступление солнечной энергии на горизонтальную поверхность составляет $I = 1,39$ МВт·ч/м²: $A = (E_1 + E_2) / (\eta \cdot I) = (81540 + 21900) / (0,360 \cdot 1,39) = 206714$, м².

По предварительным оценкам, на формирование такой системы и введение ее в эксплуатацию требуется 125...157 € на 1 м² гелиополя. Тогда общие затраты составят примерно 33·106 €. Таким образом, стоимость 1 кВт установленной мощности равна 1 300 €. Для примера один киловатт установленной мощности АЭС составляет около 1500 €. Принимая во внимание, что гелиостанции, относятся к экологически чистым объектам в сравнении с другими источниками производства энергии, можно сделать вывод, что разработка таких гелиостанций при наличии отработанных карьеров в южной части Украины является целесообразной.

Таким образом, проведенные исследования показывают возможность использования отработанных карьеров в Крыму для создания систем аккумулирования солнечной энергии. Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования, направленные на реализацию предложенного проекта затрагивают вопросы поведения слоев воды с различной соленостью в карьере, коэффициентов потерь в окружающую среду как в различных звеньях гелиосистем, так и в сезонном аккумуляторе при его зарядке и разрядке. С этой целью разработана и построена масштабированная полигонная модель гелиосистемы и сезонного аккумулятора. В настоящее время разрабатывается программа и методика испытания модели.

Библиографический список

1. Даффи Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж.А. Даффи, У.А. Бекман. — М.: Мир, 1977. — 420 с.
2. Аvezов Р.Р. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения / Р.Р. Аvezов, А.Ю. Орлов. — Ташкент: Изд-во: Мара, 1988. — 288 с.
3. Шурчков А.В. Развитие децентрализованного энергообеспечения на основе нетрадиционных энергоресурсов / А.В. Шурчков, М.Й. Горохов, А.М. Разаков. — К.: Изд.-во НАН Украины, 2001. — 132 с.
4. Макаров В.В. К вопросу об экологической оценке использования нетрадиционной теплоэнергетики / В.В. Макаров, М.В. Сергиенко // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 2001. — Вып. 30. — С. 171–174.
5. Кириллова Е.В. Пути использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в г. Севастополе с целью снижения потребления первичных энергоресурсов и вредных выбросов в воздушный бассейн / Е.В. Кириллова, В.В. Макаров // Экологія. Людина. Суспільство: матер. VII-ой междунар. науч.-практ. конф. — 2004, Киев, 13 – 15 мая 2004 г. — К., 2004. — С. 122–123.

Поступила в редакцию 20.01.2009 г.