

УДК 697.1:536.2

КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ВОДООПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

К. А. САРЫЕВ, М. Г. АЛЛАБЕРДИЕВА

Научно-производственный центр «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана, г. Мары

Рассмотрен вопрос о разработке высокоэффективной и недорогой установки для опреснения соленой воды с использованием возобновляемых источников энергии – энергии солнца. Реализация предлагаемой установки является более рациональной и эффективной, чем существующие установки. Результаты исследований, в которых сравнивалась работа существующих установок и предлагаемой установки для опреснения воды, доказали отличающиеся положительные характеристики разработанной установки. Было определено, что надежное использование предлагаемой установки возможно в районах с наиболее выгодными климатическими условиями.

Ключевые слова: Государственная программа «Об энергосбережении», использование солнечной энергии для опреснения воды, высокоэффективная комбинированная установка, подземные соленые воды Каракума.

INTEGRATED DESIGN OF ENERGY-SAVING SOLAR WATER RECOVERY PLANT

K. A. SARIEV, M. G. ALLABERDIEVA

*Scientific-production center “Renwable energy sources”
of State power institute of Turkmenistan, Mary*

The article considers the development of a highly efficient and inexpensive unit for desalination of salt water using renewable energy sources – solar energy. The implementation of the proposed installation is more rational and efficient than existing installations. The research results comparing the operation of existing installations and the proposed installation for desalination of water proved the distinguishingly positive characteristics of the developed installation.

It was determined that reliable use of the proposed installation is possible in areas with the most favorable climatic conditions.

Keywords: State program “On energy saving”, usage of solar energy for water desalination, highly efficient combined installation, salt groundwater of Karakum.

Введение

Под руководством уважаемого Президента Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедова 21 февраля 2018 г. было принято постановление № 674 по утверждению Государственной программы «Об энергосбережении на 2018–2024 годы», в которой уделяется огромное внимание выбору места для внедрения солнечных и ветряных энергетических инфраструктур в пределах Туркменистана в течение 2018–2021 гг. и разработке солнечного и ветряного кадастров, а также оценке солнечных и ветряных энергетических ресурсов. С целью развития экономики страны и защиты внешней среды в Туркменистане было принято постановление Президента Туркменистана от 12 апреля 2019 г. № 1207 «Концепция развития территории Туркменского озера Алтын-Асыр в 2019–2025 годах» (первый этап – 2019–2022 гг.; второй этап – 2022–2025 гг.). Первый этап данной Концепции включает в себя строительство

солнечной и ветряной электростанций мощностью 10 МВт с целью защиты окружающей среды и внедрения экологических чистых «зеленых» технологий в Туркменистане. В программе Президента Туркменистана о социально-экономическом развитии страны в 2019–2025 гг. региональная политика выступает ключевым направлением устойчивых принципов развития. Привлечение регионов страны к модернизации экономики, обеспечение высококачественного социального уровня для населения и повышение трудоустройства, использование в полной степени природных возможностей и производственной силы является одним из приоритетных направлений государственной политики Туркменистана.

Защита окружающей среды, бережный подход к природе, сохранение ее красоты и ценностей для будущих поколений является одной из основных задач государства. В связи с этим предусматривается обеспечение высокого темпа развития экономики и создание благоприятных условий для туркменского народа за счет эффективного и экономного использования природных ресурсов.

Целью данной научной работы является разработка новой полностью автоматизированной водоопреснительной установки, которая отличается от разработанных ранее, и оценка эффективности ее применения как в дневное, так и в ночное время суток для опреснения воды.

Основная часть

На территории Туркменистана энергия солнца каждый год составляет $40 \cdot 10^9$ кДж, или $1,4 \cdot 10^9$ т у. т., ветра – $640 \cdot 10^9$ кВт · ч; геотермальных вод – 2,5 млн т у. т., кроме этого в достаточном количестве содержится энергия биомассы [1]. Солнечная энергия является наиболее рентабельной при использовании возобновляемых источников энергии в будущем. Климатические и географические условия Туркменистана дают возможность получения солнечной энергии и ее активного использования для генерирования электрической и тепловой энергии в промышленных масштабах. Природно-климатические условия Туркменистана являются наиболее эффективными для широкого использования возобновляемых источников энергии. Распределение энергетического потенциала солнечной энергии по территории Туркменистана можно считать равномерным ввиду его широтного расположения. Продолжительность светового дня в стране в июне – 16 ч, в декабре – 8–10 ч, 300 солнечных дней в году, продолжительность солнечного сияния 2500–3100 ч в год, летом – 320–400 ч в месяц [2].

На основании Постановления уважаемого Президента от 29 января 2019 г. № 1089 с целью углубленного изучения возможностей возобновляемых источников энергии, совершенствования научно-технических исследований и в соответствии с требованиями современности для повышения взаимоотношения научных организаций Институт солнечной энергии академии наук Туркменистана передан в ведение Государственного энергетического института Туркменистана. С целью воплощения в жизнь задач, вытекающих из вышеуказанного постановления, в Государственном энергетическом институте Туркменистана создан научно-производственный центр «Возобновляемые источники энергии». В настоящее время в данном центре ведутся научно-исследовательские работы по основным направлениям возобновляемых источников энергии.

Примерно 80 % территории страны занимает Каракумская пустыня, а основные потоки рек находятся только в юго-восточных районах страны. Самая крупная река – Амударья, протекает по востоку страны. Сложности, возникающие из-за недостатка пресной воды, остаются серьезной проблемой и для многих других стран. Большое количество научных работ в этом направлении объясняется недостатком пресной

воды и поиском решений этой проблемы [2], [3]. Кроме наличия богатого запаса пресной воды, одним из необходимых условий считается высокое качество питьевой воды. Недостаток чистой питьевой воды может сильно повлиять на здоровье человека. Множество заболеваний в мире, влияющих на здоровье человека, тесно связано с потреблением низкокачественной пресной воды. По прогнозам ученых, в скором будущем велика вероятность возникновения в мире больших проблем, связанных с завоеванием водных ресурсов. В связи с этим подчеркивается, что обеспечение пресной водой остается стратегически необходимой задачей для любого государства и должно быть в центре внимания всех стран [4], [5].

Исходя из вышеизложенного, проблема обеспечения пресной водой выявляет несколько вопросов. Наиболее важной эта проблема становится при обеспечении пресной водой густонаселенных областей, пастушьих стоянок и воинских частей. В данной научной работе рассматривается решение задачи по обеспечению пресной водой мест, расположенных вдали от центральной энергосистемы, с помощью солнечной энергии. Солнечная энергия является экологически безопасным, доступным, бесконечным источником энергии, имеющим большое будущее.

В местных условиях с использованием солнечной энергии были испытаны разные виды водоопреснительных установок. Производительность этих водоопреснительных установок связана с коэффициентом полезного действия, температурой окружающей среды и рабочим временем в течение суток. На основании полученных результатов научно-исследовательских работ, проведенных в обычной водоопреснительной установке объемом $0,87 \text{ м}^3$ за день при восьмичасовом рабочем режиме и при температуре окружающей среды $+35 \text{ }^\circ\text{C}$, в НПЦ «Возобновляемые источники энергии» было определено, что в данной установке имеется возможность получения 8–12 л дистиллированной воды.

Инновационные технологии и использование существующих больших возможностей научных достижений позволяют усовершенствовать методы работы ранее известных водоопреснительных установок, а также повысить их производительность. В связи с этим полученные результаты в данной работе можно применить для эффективного решения возникающих проблем в обеспечении пресной водой.

В мире известно несколько видов установок для получения пресной воды. В связи с тем, что данные установки запускаются с помощью электрической энергии, возникают некоторые трудности для введения их в действие. Эта проблема особенно остра в населенных пунктах, расположенных вдали от центральной распределительной системы.

При стерилизации воды используется распространенный метод, т. е. метод использования тепловой энергии, получаемой от солнечного излучения. Главным недостатком ранее известного водоопреснительного объекта является производительность дистиллированной воды только днем и в теплое время года, т. е. по ночам и в прохладное время года рассматриваемый объект теряет эффективность.

В статье представлены научно-исследовательские опыты, проведенные в плотно закрытой водоопреснительной установке, которая состоит из опреснительной 1 и накопительной 8 камер. Объем камеры опресняемой воды – $0,14 \text{ м}^3$, накапливаемой части пресной воды – $0,04 \text{ м}^3$. Поверхность установки выполнена в соответствии с углом эффективного улавливания интенсивности солнечного излучения $\beta = 36^\circ$ и покрыта стеклянным покровом. Промежуток между камерами разделен специальным разделителем 7. Опреснитель снабжен водяным насосом 4 для подачи в камеру соленой воды. Чтобы увеличить производительность опреснителя, установлен водо-

нагреватель 2 и вентилятор 5. Они работают на постоянном токе, вентилятор 5 служит для прокручивания наружного воздуха через трубопровод диаметром 16 мм внутри водоопреснителя, что увеличивает процесс образования конденсата. Полученная пресная вода подается через вентиль 9 для нужд потребителя.

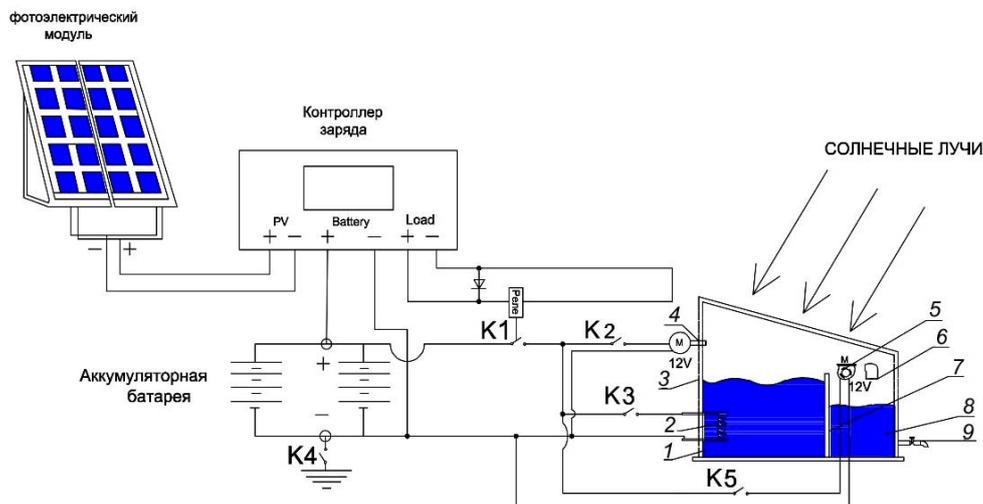


Рис. 1. Порядок объединения энергосберегающего водоопреснительного солнечного объекта:

- 1 – опресняемая вода; 2 – водонагреватель, работающий на постоянном токе (12 В); 3 – водоопреснительная установка; 4 – насос, работающий на постоянном токе (12 В), и часть водоопреснительной установки; 5 – воздухообмен, работающий на постоянном токе (12 В); 6 – выходная часть воздуха, подаваемого во внутрь водоопреснительной установки; 7 – разделитель водоопреснительной установки; 8 – пресная вода; 9 – выходящая часть пресной воды

В расчетах учитывалось, что водоопреснитель днем работает восемь часов. Днем производительность данного водоопреснителя изменяется в зависимости от температуры окружающей среды. Еще одной особенностью водоопреснителя является установка вентилятора, который, в свою очередь, приводит к изменению в определенной степени внутренней температуры в трубопроводе 6, что повышает возможность возникновения конденсатных шариков. Также в состав комплекса входят солнечные панели, которые расположены с горизонтальным углом наклона 36° . Днем солнечные панели водоопреснительного комплекса заряжают аккумуляторную батарею. Уровень заряда и разряда аккумуляторной батареи контролируется с помощью контроллера. От аккумуляторной батареи питается водяной насос и вентилятор. Ночью, т. е. с 20.00 вечера до 08.00 утра, водонагреватель нагревает воду и тем самым продолжает непрерывный процесс испарения воды.

Для процесса испарения воды характерно:

- температура минерализованной воды в течение суток изменяется от $t_1 = 18^\circ\text{C}$ до $t_2 = 53^\circ\text{C}$;
- объем минерализованной воды, которая наполнена в емкости, $v = 0,000236\text{ м}^3$;
- удельная теплоемкость воды, равная $4191\text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$,

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} = 35,5^\circ\text{C};$$

- средняя температура.

Количество тепла Q равно произведению массы m воды на разность температур t :

$$Q = mt.$$

Обозначим начальную температуру воды t_1 , конечную t_2 , тогда

$$Q = m(t_2 - t_1).$$

Подставляем числовые значения:

$$Q = m(t_2 - t_1) = 14(53 - 18) = 14 \cdot 35 = 490 \text{ Дж.}$$

Производительность любого устройства определяется временем при оптимальных условиях. Для солнечного опреснителя это время работы под прямым углом солнечных лучей [6].

Интенсивность солнечного излучения рассчитывается по следующей формуле:

$$E = H \cdot \cos i \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2,$$

где H – интенсивность излучения, падающего на горизонтальную поверхность, кВт · ч/м²; i – угол наклона луча к этой поверхности.

Расчет $\cos i$ производится по формуле

$$\cos i = \cos(f - \beta) \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(f - \beta) \sin \delta,$$

где δ – угол наклона; f – ширина местности для города Мары 37°36'; β – угол наклона рассматриваемой поверхности к плоскости; ω – часовой угол Солнца.

Рассчитывается угол наклона:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right),$$

где n – порядковый номер дня года, отсчитываемый с 1 января.

В итоге получены результаты, показывающие возможность использования солнечной энергии в водоопреснительном процессе. Результаты научных исследований доказывают, что использование интенсивности солнечной радиации является наиболее эффективным для тех регионов, в которых много солнечных дней в году.



Рис. 2. Производительность водоопреснительной установки в течение суток (21.05.2020 г.)

Проведенные научные исследования по опреснению воды с использованием возобновляемых источников энергии показывают неидентичность экспериментальных сведений и математических законов, применение которых возможно при расчете производительности установки, которая будет использована в разных регионах и с разными начальными рабочими условиями, с ранее существующими.

В результате проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что использование солнечной энергии дает возможность разработки высокопроизводительной водоопреснительной установки с низкой себестоимостью, которую эффективно применять в условиях Центральной Азии.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. На основе водоопреснительной солнечной установки, разработанной в научно-производственном центре, и сопоставлении с ранее существующими видами доказано преимущество рекомендуемой установки и показана высокая надежность и возможность применения данной технологии в зонах теплого климата.

2. Водоопреснительная установка, корпус которой изготовлен из стеклянного куба, показала высокую производительность опреснения воды. Во время проведения экспериментальных работ была доказана высокая надежность в результате сборки конструкции из максимально прозрачного и огнестойкого стекла.

3. Доказана возможность применения водоопреснительной установки в течение суток как в солнечный, так и в холодный периоды года с применением дополнительного водонагревателя.

4. В научной работе решена важная научная и техническая проблема в сфере водоснабжения, т. е. разработана водоопреснительная установка, которую можно применить в пустынных районах, далеко расположенных от населенных пунктов.

Литература

1. Государственная программа «Об энергосбережении на 2018–2024 годы».
2. Джумаев, А. Основы энергосбережения : кн. для студентов высш. учеб. заведений / А. Джумаев, Х. Султанов. – Ашхабат : Наука, 2018. – 219 с.
3. Назаров, С. Возможности использования солнечной энергии в регионах Туркменистана / С. Назаров, А. Джумаев // Науч.-техн. журн. акад. наук Туркменистана. – 2019. – № 6. – С. 32–36.
4. Кирпичникова, И. М. Экспериментальные исследования лабораторного опреснителя / И. М. Кирпичникова, И. Р. Рахматулин // Альтернатив. энергетика и экология. – 2013. – № 1. – С. 40–43.
5. Данилов-Данильян, В. И. Глобальная проблема дефицита пресной воды / В. И. Данилов-Данильян // Век глобализации. – 2008. – Т. 1. – С. 336.
6. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии : учеб. пособие / А. А. Бурмистров [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. – М. : МЭИ, 2009. – 144 с.

Получено 10.09.2020 г.