



УДК. 621.311.26:620.91:621.472

## АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННЫХ ЮЖНЫХ ГОРОДОВ

*А. М. Руденко, Ю. В. Шипулина, М. Ф. Руденко, Л. П. Третьяк*

*Астраханский государственный технический университет»*

Предлагается внедрение в города южных регионов страны инновационных разработок гелиоэнергетической техники для получения теплоты, холода и электрической энергии.

**Ключевые слова:** солнечная энергия, типовые модули, концентраторы, водонагреватели, термотрансформаторы.

## ALTERNATIVE ENERGY IN THE DEVELOPMENT OF MODERN SOUTH CITIES

*A. M. Rudenko, Yu. V. Shipulina, M. F. Rudenko, L. P. Tretyak*

*Astrakhan State Technical University*

It is proposed to introduce in the cities of the southern regions of the country innovative developments of solar power engineering for obtaining heat, cold and electrical energy.

**Keywords:** solar energy, typical modules, concentrators, water heaters, refrigerators, thermotransformers.

В данном исследовании будет идти речь о развитии регионов с благоприятными климатическими условиями (большим количеством солнечных дней и длительным солнечным сиянием), о городах, в которых для развития жизненно важных инфраструктур необходимо уже сегодня внедрять гелиоэнергетику, то есть системы, устройства, аппараты и машины, способные преобразовывать энергию солнечной радиации в полезную для человека работу. Прежде всего, это теплота, электроэнергия, холод, механическое движение, химические преобразования, фотосинтез и другие [1, с. 46, 2].

Эта актуальная проблема решается в настоящее время во многих странах мира, и в Российской Федерации приемлемыми регионами могут быть Крым, Нижнее Поволжье (Волгоградская и Астраханская области), Ставропольский, Краснодарский, Забайкальский, Ростовский края, Дагестан, Дальний Восток, Хакасия и Кавказский регион.

В рамках данного сообщения ограничимся результатами работ, проведённых в Астраханском регионе на открытом полигоне Астраханского государственного технического университета (АГТУ) по исследованию и преобразованию энергии солнечной радиации для получения тепловой, электрической энергии и холода.

В АГТУ разработаны солнечные нагревательные установки на основе применения типовых теплонагревательных модулей. В конструкциях модуля типа «горячий ящик» площадью 1 м<sup>2</sup> энергия солнечной радиации преобразуется в тепловую энергию высокого потенциала. Особенностью конструкции нового модуля является следующее: применение плоских зеркальных концентраторов, фокусирующих солнечную энергию на поглощающую поверхность трубчатых поверхностей; нанесение специальных селективных покрытий, позволяющих максимально поглощать до 99,2 % солнечную энергию; использование новых теплоизолирующих материалов; применение коридорной схемной компоновки трубок со смещенным протоком теплоносителя. Такие модули могут работать при высоких дав-

лениях в системе (до 2,8 МПа) и при низком давлении (до 4 мм рт. ст.). У них компактные габариты и низкие весовые характеристики.

Новые модули могут найти применение в солнечных водонагревательных устройствах для получения технической горячей воды, идущей на отопление домов и квартир, горячего водоснабжения душевых, бань, бассейнов, столовых и т.п.

Для климатических условий Астраханского региона на основе типовых модулей разработаны одноконтурные и двухконтурные водонагревательные установки производительностью 200 л, 500 л и 1000 л в сутки, с тепловыми аккумуляторами на основе жидкостных и материалов фазового перехода с эксклюзивами различной конфигурации. Такие аппараты имеют повышенную эффективность работы и лучшие теплофизические свойства теплоаккумулирующих материалов. Разработаны программы математического моделирования тепловых нагрузок на водонагревательные устройства различной мощности с целью расчёта полезных нагрузок.

Зеркальные концентраторы солнечных лучей могут значительно увеличить световую и тепловую энергию солнца на поверхности различной конфигурации. Опираясь на теорию плоских зеркал [3, с. 10], авторами разработано комбинированное устройство, представленное на рисунке 1. Данное устройство способно увеличить концентрацию солнечной энергии до 9 раз [4].

В основе модели этого устройства лежат следующие положения по анализу одно- и двукратного отражения солнечного луча от зеркальных поверхностей: угол падения луча равен углу отражения, вся энергия луча отражается от зеркала и поглощается принимающей поверхностью [5].

Треугольная конструкция фотоэлектрической батареи, состоящей из плоских псевдоквадратных элементов, позволит значительно улучшить вольтамперные характеристики батареи, если среднюю часть батареи охладить водяным или воздушным теплоносителем. При этом мы ещё и получаем тепловую энергию от теплоносителя.

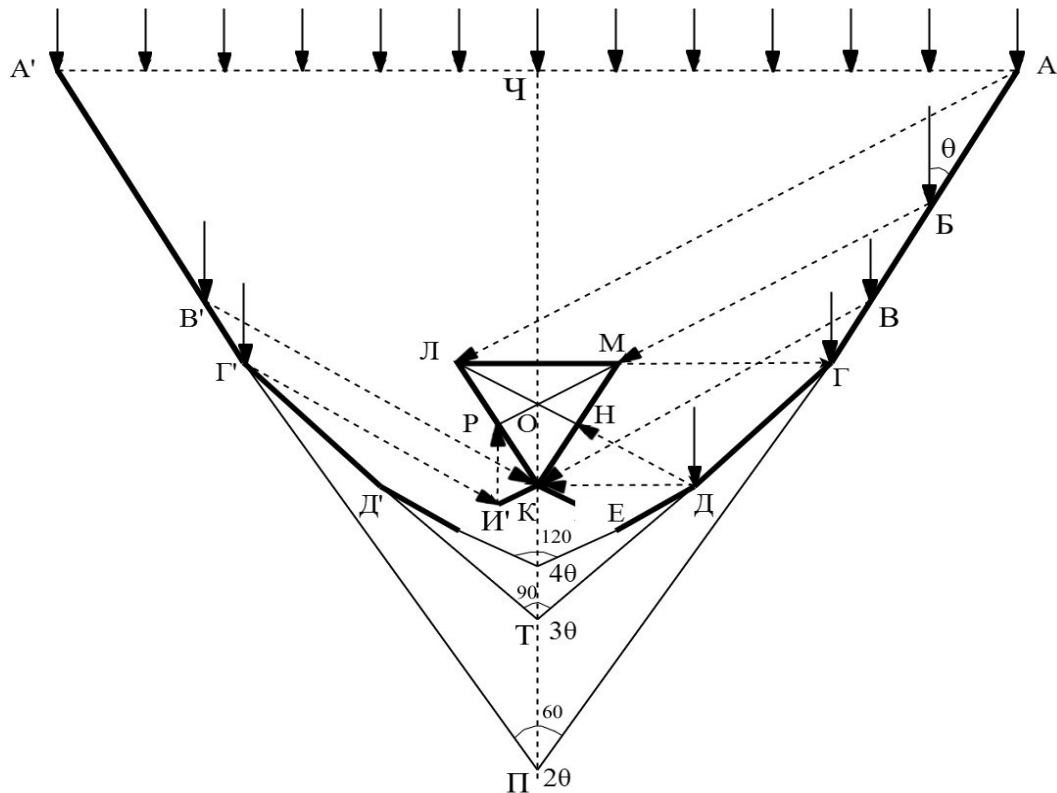


Рис. 1. Многозеркальные концентрирующие системы на поглощающую поверхность треугольной формы: отражающие поверхности зеркал АГ, А'Г', ГД, Г'Д', ДЕ, Д'Е', ИК, И'К, поглощающие поверхности ЛМ, МК, КЛ, фиктивные углы раскрытия зеркал  $2\theta$ ,  $3\theta$ ,  $4\theta$

Разработаны также и другие конструкции различных концентраторов энергии, эффективно воспринимающих и преобразующих энергию солнечной радиации в теплоту и электричество.

Аналитические выражения, полученные на основе математического анализа, связывают фиктивные углы раскрытия зеркал с параметрами поглощающих поверхностей, позволили оптимизировать геометрическую компоновку концентрических устройств в целом с точки зрения оптических и теплоэнергетических закономерностей.

Экспериментальные исследования показали, что применение концентраторов увеличивает коэффициент полезного действия энергетических устройств на 15–20 % [6, с. 107]. По энергетическим характеристикам плоские зеркальные поверхности уступают известным параболическим, эллипсоидным и гиперболическим конструкциям, однако стоимость и сложность изготовления и монтажа последних как концентраторов солнечной энергии указывает на то, что плоские многозеркальные конструкции найдут применение в гелиоэнергетических установках. Разработаны программы для проектирования устройств с концентраторами солнечной энергии при комбинированном получении теплоты и электроэнергии.

Для увеличения солнцеспринимающих поглощающих поверхностей разработаны технологии получения специальных селективных покрытий [7–9]. Такие покрытия позволяют увеличивать температуру инсолирующих поверхностей на 40–55 °С и коэффициент полезного преобразования солнечной энергии в разрабатываемых гелиоприёмных устройствах для водонагревательных и охлаждающих установок сорбционного действия.

Особый интерес представляет внедрение охлаждающих систем, установок, холодильных машин и кондиционеров, работающих от солнечной энергии. Это, прежде всего, теплотрансформаторные установки: автономные холодильные машины и тепловые насосы абсорбционного и адсорбционного типов непрерывного и циклического действия для хранения, охлаждения, замораживания пищевых продуктов; комфортного и технологического кондиционирования воздуха; выработки льда; обогрева теплиц, воды, помещений; в аккумуляторах холода и тепла.

Авторами разработаны гелиоэнергетические установки, способные в условиях астраханского климата в тёплое время года создавать эффект охлаждения и понижать температуру в изолированной камере до  $-10\text{ °C}$  [10, с. 81].

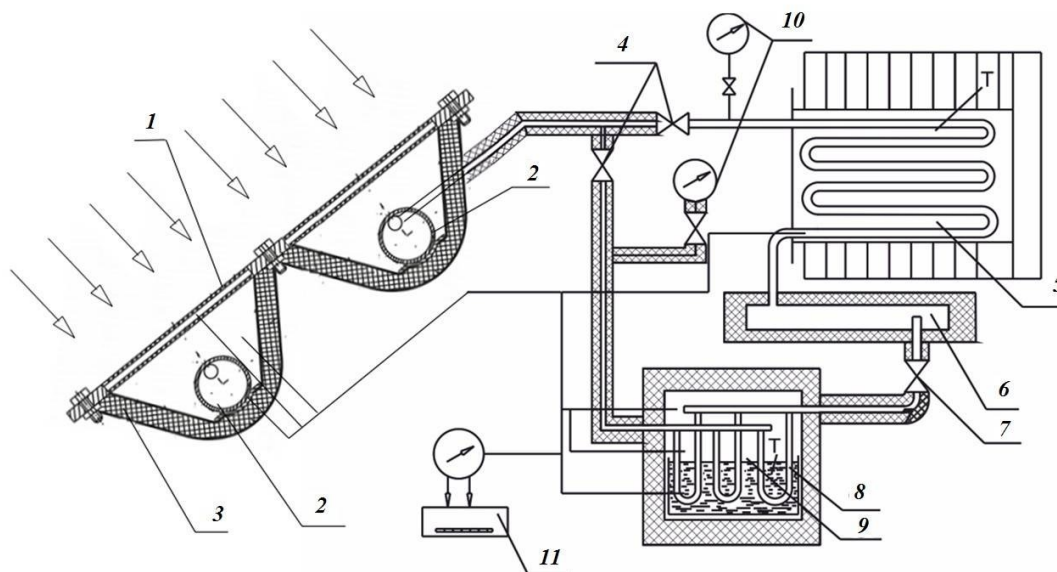


Рис. 2. Схема модернизированного экспериментального гелиоэнергетического термотрансформатора «сухой» абсорбции:  
 1 – генератор-абсорбер; 2 – реактор; 3 – концентраторы солнечной энергии; 4 – обратные клапаны; 5 – конденсатор;  
 6 – ресивер; 7 – запорный вентиль; 8 – испаритель; 9 – охлаждаемая камера; 10, 11 – измерительные приборы

На рисунке 2 представлена модернизированная гелиоэнергетическая установка, предназначенная для охлаждения, замораживания и производства пищевого льда от энергии солнечной радиации. При изготовлении такой экспериментальной установки были использованы новые технические решения [11, с. 8; 12; 13].

Принцип работы такого гелиоэнергетического термотрансформатора основан на использовании энергии солнечной радиации днём и суточном перепаде температуры окружающей среды.

Днём установка заряжается от энергии солнца, а ночью производит эффект охлаждения. Во время зарядки эффект охлаждения в изолированной камере снижается, но сохраняется. В качестве рабочих пар используются сорбенты из щелочноземельных солей или активированный уголь, а в качестве хладагента – аммиак [14, с. 31].

Мощность солнечных установок зависит от площади гелиоприёмных устройств, поэтому для создания охлаждающих установок большой мощности требуются сильно развитые, ориентиро-

ванные на юг солнцеприёмные поверхности, состоящие из десятков типовых модулей.

В настоящее время ведутся дальнейшие работы по совершенствованию разработанных установок с целью внедрения их в производство.

Перспективной работой в области совершенствования гелиоэнергетических термотрансформаторов является использование новых рабочих пар (силикагель, цеолит – вода), совершенствование конструкций гелиоприёмных устройств генератора-адсорбера, интенсификация тепло-массообменных процессов в аппаратах конструкции холодильников и кондиционеров, разработка новых инновационных схемных решений [15].

Таким образом, современное развитие южных городов, экологически чистых, энергетически эффективных, коммуникабельных немислимо без внедрения гелиоэнергетической техники, и поэтому каждое новое достижение в области разработок таких исследований является триумфом победы человека над природой.

#### Список литературы

1. Руденко М. Ф. Концепция развития экологически безопасной гелиоэнергетической техники для производства тепла и холода // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 10. С. 46–50.
2. Руденко М. Ф., Саинова В. Н., Кульбаракова М. Б. Внедрение солнечной энергетики в системы природообустройства южных регионов страны // Геология, география, и глобальная энергия. 2018 № 3 (70). С. 11–17.
3. Руденко М. Ф. Эффективность гелиоприёмных устройств с концентраторами для систем тепло- и хладоснабжения. Саратов : Лаборатория нетрадиционной энергетики ОЭП СНЦ РАН (при АГТУ), 2001. 64с.
4. Кульбаракова М. Б., Руденко М. Ф., Руденко А. М. Аналитические исследования плоского концентратора солнечной энергии для электротеплоснабжения вахтовых поселков нефтяников // Булатовские чтения : сб. ст. Краснодар : Юг, 2018. Т. 6. С. 208–211.
5. Руденко М. Ф., Давыденко А. И. Фотоконцентраторы для морских и береговых энергетических комплексов // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технологии. 2017. № 1. С. 89–96.
6. Руденко М. В., Руденко А. М., Власов В. А. Аналитические исследования плоского концентратора солнечной энергии для морских платформ и береговых сооружений // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития : мат-лы Междунар. науч.-техн. Конф. (17–19 октября 2018 г.) : в 2 ч. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2019. Ч. 1. 122 с.
7. Патент РФ № 2137861. Электролит для черного хромирования цинка. 20.09.99. Бюл. № 26.
8. Патент РФ № 2287613. Электролит для черного оксидирования стали. 20.11.2006. Бюл. № 32.

9. Патент РФ №2365676. Электролит для осаждения черных антикоррозионных оксидных покрытий на сталь. 27.08.2009. Бюл. №24.
10. Руденко М. Ф., Шипулина Ю. В. Гелиоэнергетические термотрансформаторы «сухой» абсорбции циклического действия: монография. Астрахань : АГТУ, 2013. 172 с.
11. Патент РФ № 2315923. Гелиоэнергетический холодильник. 27.01.2008. Бюл. № 3.
12. Патент РФ № 3137991. Генератор –адсорбер гелиохолодильника. 20.09.99. Бюл. № 26.
13. Патент РФ № 2263859. Реактор генератора-адсорбера гелиохолодильной установки (варианты). 10.11.2005. Бюл. № 31.
14. Каримов М. Ш., Руденко М. Ф., Шипулина Ю. В. Повышение эффективности гелиоэнергетического адсорбционного термотрансформатора // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2016. № 3. С. 31–35.
15. Кульбаракова М. Б., Пискунов Н. С., Шипулина Ю. В., Руденко М. Ф. Тенденции развития гелиоэнергетической техники: термотрансформаторы «сухой» абсорбции для систем природообустройства // Вестник АГТУ. 2017. № 1 (63). С. 15–22.

© А. М. Руденко, Ю. В. Шипулина, М. Ф. Руденко, Л. П. Третьяк

**Ссылка для цитирования:**

Руденко А. М., Шипулина Ю. В., Руденко М. Ф., Третьяк Л. П. Альтернативную энергетику в развитие современных южных городов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. № 2 (28). С. 14–17.

УДК 628.3

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

**Л. В. Боронина**

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

Методы современных технологий очистки воды основаны на различии физико-химических параметров разделяемых компонентов (температуры, растворимостей и т.п.) и используют явление фазовых превращений. Гидродинамические процессы, происходящие в системах водоподготовки и водоочистки разнообразны и подвержены влиянию многих факторов. Их учёт, управление при эксплуатации становится весьма сложной проблемой. Это объясняется сложностью технологических процессов эксплуатации соответствующих систем. Подробное математическое описание и изучение этих процессов из-за влияния множества постоянных, переменных и случайных факторов и отсутствия необходимой исходной информации не всегда представляется возможным. Поэтому необходимо привлекать к рассмотрению и изучению процессов эксплуатации и управления системами для водоподготовки и водоочистки воды современные методы анализа сложных систем, основанные на оптимизации.

**Ключевые слова:** оптимизация, предварительная очистка воды, гидродинамические процессы, физико-химические параметры.

## OPTIMIZATION OF OPERATION AND MANAGEMENT PROCESSES OF WATER PRELIMINARY TREATMENT SYSTEMS

**L. V. Boronina**

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

The methods of modern water purification technologies are based on the difference in the physicochemical parameters of the components being separated (temperature, solubilities, etc.) and use the phenomenon of phase transformations. Hydrodynamic processes in water treatment and purification systems are diverse and influenced by many factors. Their accounting, management during the operation becomes a very complex problem. This is due to the complexity of the technological processes of the respective systems operation. Detailed mathematical description and study of these processes are not always possible due to the influence of a variety of constant, variable and random factors, and the lack of necessary background information. Therefore, it is necessary to involve modern methods of analyzing complex systems, based on the optimization of the processes of operation and management of water treatment systems and water purification for consideration and study.

**Keywords:** optimization, water preliminary treatment, hydrodynamic processes, physical and chemical parameters.

Применение методов оптимизации процессов эксплуатации и управления системами предварительной очистки воды позволяет повысить качество функционирования рассматриваемых систем, улучшить их технико-экономические показатели.

На водозаборных узлах систем водоснабжения очистка природных вод от наносов, содержащих минеральную взвесь с плотностью больше плотности воды является серьезной проблемой [1, 2]. Наличие в воде таких загрязнений влечёт за собой усложнение схемы последующей водоочистки, удорожание эксплуатационных расходов.

Одним из наиболее эффективных методов предварительной очистки воды является центрифугирование, которое используют для выделения составляющих фаз из двухкомпонентных

(суспензии, эмульсии) и трёхкомпонентных (эмульсии, содержащие твердую фазу) систем [3].

По сравнению с другими методами разделения (отстаивание, фильтрование) центрифугирование позволяет получать осадки с меньшей влажностью. В результате применения центрифугирования достигается простота, экономичность и управляемость процесса очистки воды, а также значительно сокращается количество технологического оборудования в схеме обработки воды. Однако при относительно малых объёмах аппаратуры; её энергоёмкость высока.

При центробежном осаждении в отличие от фильтрования удаётся разделять суспензии с тонкодисперсной твердой фазой, минимальный размер частиц которой составляет 5–10 мкм. Центрифугирование характеризуется рядом тех-