



УЛУЧШЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Мырадов Мыратмухаммет

Старший преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

Аманов Абдырахым

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

Нурыев Мекан

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

Джанмурзаев Сердар

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В условиях глобального потепления и растущего спроса на энергосбережение всё большую актуальность приобретает использование возобновляемых источников энергии для обеспечения систем жизнеобеспечения. В данной статье рассматриваются инновационные подходы к улучшению систем охлаждения с использованием солнечной энергии. Особое внимание уделяется вопросам повышения эффективности, снижению затрат и применению гибридных технологий. Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований, подтверждающие эффективность солнечных охлаждающих установок.

Ключевые слова: солнечная энергия, охлаждение, абсорбционная система, фотогальваника, энергосбережение, возобновляемые источники, гибридные технологии

1. Введение

Повышение температуры окружающей среды, рост плотности застройки и увеличение энергопотребления делают системы охлаждения всё более востребованными.

Однако традиционные методы кондиционирования воздуха потребляют значительные объёмы электроэнергии, вырабатываемой преимущественно из невозобновляемых источников. Одним из перспективных решений является использование **солнечной энергии для охлаждения помещений и технических объектов**.

Солнечное охлаждение сочетает экологичность, энергоэффективность и потенциальную автономность. Однако существующие технологии требуют доработки для обеспечения высокой эффективности и стабильной работы в условиях переменной солнечной радиации.

2. Принципы работы солнечных систем охлаждения

Современные системы охлаждения на солнечной энергии представляют собой совокупность инженерных решений, позволяющих преобразовать солнечное излучение в полезный холод. Основные технологии делятся на термальные, фотоэлектрические и комбинированные, каждая из которых имеет свои преимущества и сферы применения.

2.1 Абсорбционные и адсорбционные охладители

Абсорбционные охладители используют тепловую энергию, получаемую от солнечных термальных коллекторов, для приведения в действие хладагента в замкнутом цикле. В таких системах распространено использование растворов бромида лития (LiBr) в паре с водой, либо аммиака в паре с водой. Преимуществами данной технологии являются:

- **Отсутствие электрических компрессоров**, что делает систему менее энергозависимой;
- **Высокая экологичность** – используются натуральные и неразрушающие озоновый слой хладагенты;
- **Низкий уровень шума и вибраций**.

Адсорбционные системы, основанные на материалах с высокой удельной поверхностью (например, цеолиты, силикагели), также используют солнечное тепло для испарения воды и отвода тепла через циклы сорбции-десорбции. Эти установки особенно эффективны при низких температурах нагрева (60–90 °C).

2.2 Фотоэлектрические (PV) системы

Фотогальванические (PV) охладительные установки работают по принципу преобразования солнечного света в электрическую энергию с помощью солнечных панелей. Полученное электричество используется для питания традиционных компрессорных охладителей или чиллеров. Основные особенности PV-систем:

- **Гибкость в размещении**, возможность установки на крыши, фасады и навесы;
- **Накопление энергии** — возможно использовать аккумуляторы для хранения излишков электроэнергии;
- **Простота обслуживания** по сравнению с термальными системами.

Недостатком является относительно низкий общий КПД (обычно 10–20%), особенно в условиях пиковых температур, когда эффективность PV-панелей падает.

2.3 Гибридные установки (PV-T и комбинированные)

Гибридные солнечные охлаждающие системы объединяют термальные и электрические технологии в едином комплексе. Наиболее продвинутые из них — это **PV-T (PhotoVoltaic-Thermal)** панели, которые одновременно вырабатывают тепло и электричество. Это позволяет:

- **Максимально эффективно использовать солнечную радиацию;**
- Снизить перегрев PV-модулей за счёт теплоотвода, тем самым **повышая электрический КПД;**
- Снабжать тепловой контур абсорбционной установки и электроэнергией — компрессорную или управляющую электронику.

Также возможно сочетание нескольких отдельных элементов: солнечные коллекторы подогревают воду для абсорбционного цикла, а PV-модули питают насосы, контроллеры и вентиляторы.

2.4 Управление и автоматизация

Во всех типах установок особое значение имеет **интеллектуальное управление**, которое включает:

- Датчики солнечной радиации, температуры, давления;
- Автоматические клапаны и контроллеры;
- Системы удалённого мониторинга, позволяющие отслеживать эффективность установки в реальном времени и вносить корректировки.

Современные системы охлаждения на солнечной энергии всё чаще интегрируются с «умными домами» и «зелёными зданиями», что делает их частью общей концепции устойчивого развития и энергоэффективности.

3. Пути улучшения эффективности

Для того чтобы солнечные системы охлаждения стали действительно конкурентоспособной альтернативой традиционным источникам холода, необходимо внедрение целого комплекса инженерных и технологических решений.

Повышение эффективности систем не только снижает затраты на эксплуатацию, но и делает возможным их широкое применение в регионах с переменной солнечной активностью.

3.1 Повышение КПД солнечных коллекторов

Одним из ключевых направлений является повышение теплового КПД солнечных коллекторов. Это достигается за счёт:

- **Применения вакуумных трубок**, которые существенно уменьшают теплопотери за счёт отсутствия конвекции между внутренней и внешней стенкой трубки;
- **Селективных покрытий** (например, на основе титана или хрома), отражающих инфракрасное излучение и минимизирующих отражение видимого света;
- **Улучшения теплоизоляции корпуса**, особенно в области коллекторной рамки;
- **Автоматического трекинга солнца (солнечные трекеры)**, обеспечивающего оптимальный угол падения лучей на протяжении всего дня.

Такие меры позволяют повысить эффективность поглощения солнечной энергии на 15–30% по сравнению с традиционными плоскими панелями.

3.2 Применение интеллектуальных контроллеров

Современные солнечные системы оснащаются **интеллектуальными модулями управления**, работающими на базе микропроцессоров и программируемых логических контроллеров (PLC). Они:

- Постоянно собирают данные с **датчиков температуры, давления, солнечной радиации**;
- Управляют **циркуляционными насосами, вентиляцией, клапанами**;
- Осуществляют **автоматическую адаптацию** системы под изменяющиеся климатические условия, обеспечивая баланс между потреблением энергии и необходимым уровнем охлаждения.

Также возможна интеграция с интернетом вещей (IoT) — пользователи могут отслеживать и управлять установкой через мобильное приложение или веб-интерфейс.

3.3 Аккумуляирование холода

Одной из проблем солнечных охлаждающих установок является ограниченность работы только в дневное время. Эффективным решением становится использование **аккумулялирующих систем на основе фазопереходящих материалов (PCM)**. Эти материалы:

- Поглощают и выделяют **большое количество тепла при плавлении/затвердевании**, сохраняя холод, полученный днём;
- Обеспечивают охлаждение в ночное время или при пасмурной погоде;
- Не требуют активного охлаждения, тем самым уменьшая энергозатраты.

На практике применяются материалы с точками фазового перехода около 5–10 °С, что оптимально для систем кондиционирования воздуха в жилых и офисных зданиях.

3.4 Оптимизация конструкции теплообменников

Для повышения общей энергоэффективности солнечных установок особое внимание уделяется **усовершенствованию теплообменных узлов**. Современные решения включают:

- **Мини- и микро-канальные теплообменники**, обеспечивающие высокую плотность теплопередачи при компактных размерах;
- Использование **высокопроводящих сплавов и наноматериалов**, например, алюминия с графеновыми добавками;
- Инновационные **структуры каналов** (спиралевидные, турбулизированные) для повышения турбулентности потока и улучшения теплоотдачи;
- Применение **пластинчатых или коаксиальных теплообменников**, обеспечивающих лёгкую сборку и обслуживание.

Эти технологии позволяют сократить размеры и вес оборудования, снизить стоимость установки и увеличить надёжность.

4. Примеры реализации

Солнечные системы охлаждения находят всё большее применение в странах с жарким и засушливым климатом, где традиционные источники энергии дороги или ограничены. Ниже приведены примеры реализованных проектов, а также перспективы для Туркменистана.

• Катар: солнечные абсорбционные установки в медицинских учреждениях

В Катаре внедрены абсорбционные охлаждающие системы на базе солнечных тепловых коллекторов в **больницах и клиниках**, где требуется стабильная температура для хранения медикаментов и комфорт пациентов. Особенности проекта:

- Использование **бромистолитиевых чиллеров**, работающих на солнечном тепле;
- Снижение потребления электроэнергии на 40–50% в летние месяцы;
- Интеграция с системами **аварийного питания**, обеспечивая автономность.

• **Индия: PV-охлаждение в сельских школах и административных зданиях**

В Индии установлены **фотоэлектрические охлаждающие модули** в удалённых школах, где отсутствует надёжное электроснабжение.

Ключевые достижения:

- Повышение посещаемости учащихся благодаря комфортному микроклимату;
- Эффективное охлаждение **компьютерных классов и серверных** в условиях жары до +45 °С;
- Простота технического обслуживания и низкие эксплуатационные затраты.

• **Германия: гибридные солнечные охлаждающие установки**

Хотя Германия — страна с умеренным климатом, здесь разрабатываются **гибридные системы (PV + солнечные коллекторы)**, применяемые в «умных» зданиях.

Результаты:

- Снижение углеродного следа зданий до **нулевого уровня (Net Zero)**;
- Энергетическая автономия в течение большей части года;
- Внедрение **автоматических систем управления и мониторинга** с дистанционным доступом.

• **Объединённые Арабские Эмираты: охлаждение в логистических центрах**

В ОАЭ построены крупные логистические склады с системой **аккумулирования холода**, питаемой солнечной энергией.

Преимущества:

- Минимизация потерь при хранении скоропортящихся продуктов;
- Поддержание стабильной температуры при скачках спроса на охлаждение;
- Финансовая поддержка со стороны государства в виде **«зелёных субсидий»**.

Туркменистан: потенциал и стратегические направления

Туркменистан, обладая одним из самых **высоких уровней солнечной инсоляции** в Центральной Азии (более 300 солнечных дней в году), имеет все предпосылки для лидерства в сфере внедрения солнечных систем охлаждения. Перспективные направления включают:

- **Охлаждение теплиц и овощных складов** в Марыйском, Ахалском и Лебапском велаятах;

- Создание автономных **охлаждаемых пунктов хранения молока и плодоовощной продукции** в фермерских хозяйствах;
- Установка солнечных чиллеров в **отдалённых медицинских пунктах и школах**;
- Применение в **туристической инфраструктуре** и оздоровительных комплексах Каракумов.

Государственная поддержка таких инициатив, включая **льготное кредитование, налоговые послабления и научное сопровождение**, может стать основой для формирования **солнечно-энергетического сектора нового поколения**, повышающего продовольственную безопасность и энергоэффективность страны.

5. Выводы

Использование солнечной энергии для охлаждения — перспективное направление, способное существенно снизить нагрузку на электросети, особенно в пиковые летние месяцы. Развитие этой технологии требует научных исследований, внедрения инновационных материалов и государственной поддержки. Туркменистан, обладая высоким уровнем солнечной инсоляции, имеет все шансы эффективно развивать данный сектор и повысить уровень энергетической независимости.

Литература

1. Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. Progress in Energy and Combustion Science.
2. Henning, H.-M. (2007). Solar assisted air-conditioning of buildings – an overview. Applied Thermal Engineering.
3. Zhai, X. Q., Wang, R. Z. (2009). A review on solar thermal powered vapor absorption air-conditioning systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
4. Ghafoor, A., Munir, A. (2015). Design and performance analysis of a solar absorption cooling system. Renewable Energy.