НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-697.7

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА И НАГРЕВА ВОДЫ, РАБОТАЮЩИХ НА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Гурбанязов Оразмухаммет
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

Байчыева Ширин
Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Оразнепесов Овезнепес
Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В статье рассматриваются конструктивные особенности энергетических установок, использующих солнечную энергию для охлаждения воздуха и нагрева воды. Особое внимание уделяется устройству солнечных коллекторов, теплообменных аппаратов, накопителей тепловой энергии, циркуляционных контуров и автоматизированных систем управления. Анализируются основные технологические схемы солнечного охлаждения, включая абсорбционные, адсорбционные и фотоэлектрические решения, а также конструкции установок для получения горячей воды. Рассматриваются возможности объединения двух функций в единую энергетическую систему, позволяющую рационально использовать солнечное излучение в зависимости от времени суток и сезонных потребностей. Отдельно обсуждаются вопросы выбора материалов, защиты оборудования, обеспечения устойчивой работы и повышения эксплуатационной эффективности. Показано, что конструктивная согласованность отдельных элементов определяет надёжность, экономичность и практическую применимость подобных установок.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечные коллекторы, охлаждение воздуха, нагрев воды, абсорбционные установки, теплообменники, тепловые аккумуляторы, энергоэффективность.

Общие принципы использования солнечной энергии для охлаждения и нагрева

Солнечная энергия представляет собой универсальный источник, который может использоваться не только для получения электричества, но и для непосредственного преобразования солнечного излучения в тепловую энергию. Одним из наиболее перспективных направлений её практического применения является создание установок, способных одновременно обеспечивать охлаждение воздуха и нагрев воды. Такие системы особенно актуальны для жилых, общественных, административных и производственных зданий, в которых потребность в кондиционировании и горячем водоснабжении существует на протяжении значительной части года.

Интерес к подобным решениям обусловлен совпадением периодов высокой солнечной активности и повышенной потребности в охлаждении помещений. В летнее время интенсивное солнечное излучение увеличивает тепловую нагрузку на здания, одновременно создавая благоприятные условия для работы солнечных энергетических установок. При этом избыточная тепловая энергия может направляться на подготовку горячей воды, поддержание технологических процессов или аккумулирование для последующего использования.

Конструктивно установки такого типа представляют собой совокупность нескольких взаимосвязанных узлов. В их состав входят солнечные преобразователи, тепловые или электрические контуры, теплообменники, насосное оборудование, накопительные ёмкости, охлаждающие аппараты и автоматические системы регулирования. В зависимости от выбранной технологии солнечное излучение преобразуется либо непосредственно в электрическую энергию, либо в теплоту, которая становится источником для работы холодильного цикла.

Принципиально важно различать солнечное охлаждение с использованием тепловой энергии и охлаждение посредством электричества, полученного от фотоэлектрических панелей. В первом случае солнечные коллекторы нагревают теплоноситель, который приводит в действие термическую холодильную машину. Во втором случае фотоэлектрические модули обеспечивают электроэнергией обычный компрессионный кондиционер. Выбор между этими подходами определяется масштабом установки, климатическими условиями, стоимостью оборудования и особенностями потребления энергии.

Конструктивное устройство солнечных коллекторов

Солнечный коллектор является основным элементом тепловых установок, поскольку именно в нём происходит преобразование энергии солнечного

излучения в теплоту. Его конструкция должна обеспечивать эффективное поглощение излучения, передачу полученной энергии теплоносителю и минимизацию потерь в окружающую среду.

Наиболее распространёнными являются плоские солнечные коллекторы. Они состоят из теплоизолированного корпуса, прозрачного защитного покрытия, поглощающей панели и системы трубопроводов. Абсорбер обычно выполняется из меди или алюминия и имеет специальное селективное покрытие, которое способствует поглощению солнечного излучения и уменьшает тепловое излучение поверхности. Теплоноситель проходит через трубки, соединённые с поглощающей панелью, и отводит накопленную теплоту.

Вакуумные трубчатые коллекторы имеют более сложную конструкцию. Каждый элемент представляет собой герметичную стеклянную трубку, внутри которой размещён поглощающий элемент. Между внутренней и наружной стеклянными оболочками создаётся вакуум, снижающий теплопередачу в окружающую среду. Благодаря этому такие коллекторы способны сохранять высокую эффективность при значительной разнице между температурой теплоносителя и температурой наружного воздуха. Они представляют особый интерес для установок солнечного охлаждения, которым требуется более высокая температура источника тепла.

Для получения температур выше возможностей обычных плоских коллекторов применяются концентрирующие системы. В них используются параболические отражатели, направляющие солнечное излучение на трубчатый приёмник. Подобные конструкции позволяют получать теплоноситель с более высокой температурой, однако требуют точной ориентации относительно Солнца и более сложной системы механического управления.

Выбор типа коллектора зависит от назначения установки. Для бытового нагрева воды часто достаточно плоских или вакуумных коллекторов. Для термических холодильных машин необходимо учитывать температуру, требуемую генератором, поэтому в ряде случаев целесообразно применять вакуумные или концентрирующие конструкции. Современные рекомендации по проектированию солнечных систем охлаждения также подчёркивают необходимость согласования характеристик коллектора с холодильной машиной и системой отвода тепла [1].

Конструктивные особенности установок для нагрева воды

Установки солнечного нагрева воды относятся к наиболее распространённым направлениям использования солнечной тепловой энергии. Их конструкция сравнительно проста, однако надёжность и эффективность зависят от правильного выбора циркуляционной схемы, накопительной ёмкости и теплообменного оборудования.

Основными элементами являются солнечный коллектор, трубопроводы, накопительный бак, теплообменник, циркуляционный насос и регулирующая арматура. В системах прямого нагрева вода проходит непосредственно через

коллектор, нагревается и поступает в накопительный резервуар. Такая схема имеет относительно простое устройство, но требует учёта качества воды, риска образования накипи и возможности замерзания жидкости в трубопроводах.

В системах косвенного нагрева используется отдельный замкнутый контур с теплоносителем. Он циркулирует между коллектором и теплообменником, размещённым внутри накопительного бака или рядом с ним. Теплота передаётся санитарной воде через металлическую поверхность теплообмена, а сам теплоноситель возвращается к солнечному коллектору. Данное решение позволяет применять незамерзающие жидкости и снижает вероятность повреждения оборудования при отрицательных температурах.

Особое значение имеет конструкция накопительного бака. Он должен обладать достаточной теплоизоляцией, выдерживать рабочее давление и обеспечивать минимальные потери теплоты в период хранения. Внутри резервуара может быть установлена спиральная теплообменная трубка, через которую проходит нагретый теплоноситель. В более сложных конструкциях предусматриваются два теплообменника: один подключается к солнечному контуру, другой — к резервному источнику нагрева.

Важной конструктивной особенностью является температурное расслоение воды. Более нагретая вода располагается в верхней части бака, а холодная поступает в нижнюю зону. Сохранение такого распределения позволяет подавать потребителю горячую воду, не ожидая полного прогрева всего объёма резервуара. Для этого применяются специальные устройства подачи, распределительные патрубки и правильно расположенные теплообменные элементы.

Согласно техническим материалам ENERGY STAR и Национальной лаборатории Тихоокеанского Северо-Запада США, солнечные водонагревательные установки обычно включают коллектор, систему циркуляции, накопительный бак, теплообменник и резервный источник нагрева [2; 3].

4. Установки солнечного охлаждения воздуха на основе абсорбционного цикла

Одним из наиболее разработанных направлений солнечного охлаждения является применение абсорбционных холодильных машин. Их основное отличие от традиционных компрессионных кондиционеров заключается в том, что для осуществления холодильного процесса используется преимущественно тепловая энергия, а не механическая работа электрического компрессора.

Конструктивно абсорбционная холодильная установка включает генератор, конденсатор, испаритель, абсорбер, насос и регулирующие устройства. В качестве рабочих веществ часто используются пары вода — бромид лития или аммиак — вода. Выбор рабочего раствора зависит от требуемой температуры охлаждения и условий эксплуатации.

В генератор поступает горячий теплоноситель от солнечного коллектора. Под воздействием теплоты из раствора выделяется хладагент, который затем направляется в конденсатор. После охлаждения и перехода в жидкое состояние хладагент проходит через дросселирующее устройство и поступает в испаритель. Здесь он испаряется при низком давлении, поглощая теплоту от охлаждаемого контура. Полученный пар поступает в абсорбер, где снова поглощается рабочим раствором. После этого раствор возвращается в генератор, и цикл повторяется.

В установках с водно-бромидолитиевым раствором вода выступает в качестве хладагента, поэтому такие машины применяются для получения охлаждённой воды при температурах выше точки замерзания. Для систем кондиционирования воздуха это является подходящим решением, поскольку охлаждённая вода может использоваться в фанкойлах или центральных воздушных установках.

Важнейшими конструктивными элементами являются теплообменники, обеспечивающие передачу энергии между потоками рабочего раствора, а также устройства отвода теплоты от конденсатора и абсорбера. Недостаточный отвод теплоты ухудшает работу холодильной машины, поэтому в состав установки обычно включаются градирня, сухой охладитель или другой теплоотводящий аппарат.

Для обеспечения устойчивой работы необходимо поддерживать требуемые температурные и гидравлические режимы. Особое внимание уделяется герметичности, поскольку попадание воздуха в вакуумные элементы может нарушать работу машины. Кроме того, при использовании водно-бромидолитиевых растворов необходимо учитывать риск кристаллизации рабочего вещества при неправильном изменении температуры и концентрации.

Адсорбционные и другие конструкции солнечных холодильных установок

Помимо абсорбционных систем, в солнечной энергетике применяются адсорбционные холодильные установки. Их работа основана на способности твёрдых пористых материалов поглощать и выделять пары хладагента при изменении температуры и давления.

В качестве адсорбентов могут использоваться силикагель, цеолиты и другие материалы с развитой внутренней поверхностью. Конструктивно установка включает адсорбционный модуль, испаритель, конденсатор и систему переключения рабочих режимов. В отличие от абсорбционной машины, здесь не требуется постоянная циркуляция жидкого раствора между генератором и абсорбером.

В процессе нагрева адсорбента солнечной энергией происходит выделение ранее поглощённого хладагента. Его пары направляются в конденсатор, где охлаждаются и переходят в жидкое состояние. Затем хладагент поступает в испаритель, где при снижении давления поглощает теплоту. После завершения

стадии нагрева адсорбент охлаждается и вновь способен поглощать пары хладагента.

Для непрерывного получения холода часто используют два адсорбционных модуля, работающих попеременно. Пока один модуль нагревается и выделяет хладагент, второй охлаждается и осуществляет его поглощение. Такая конструкция позволяет уменьшить перерывы в подаче холода, однако увеличивает количество оборудования и усложняет систему управления.

Другим вариантом является применение солнечных осушительных установок. В них охлаждение воздуха достигается посредством удаления избыточной влаги и последующего снижения температуры воздушного потока. Для этого используются осушительные роторы или камеры с жидкими сорбентами, теплообменники и системы испарительного охлаждения.

Особенность таких конструкций состоит в том, что солнечная энергия применяется преимущественно для регенерации осушительного материала. Нагретый воздух проходит через сорбционный элемент и удаляет из него накопленную влагу. После восстановления свойств материал снова используется для осушения поступающего воздуха. Этот подход может быть особенно полезен в регионах с высокой влажностью, где обычное испарительное охлаждение имеет ограниченную эффективность.

Сравнительные исследования солнечных холодильных технологий показывают, что абсорбционные установки обладают более высокой степенью технологической зрелости, тогда как адсорбционные и осушительные решения представляют интерес благодаря возможности использования сравнительно низкотемпературного тепла [4].

Фотоэлектрические установки для охлаждения и нагрева воды

Отдельную группу составляют установки, в которых солнечное излучение преобразуется в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических модулей. Полученное электричество используется для питания компрессионных кондиционеров, насосов, вентиляторов и электрических нагревательных устройств.

Основным элементом такой системы является фотоэлектрическая панель, состоящая из полупроводниковых солнечных элементов. Под действием солнечного излучения в них возникает электрический ток. Далее электроэнергия поступает к инвертору, который преобразует постоянный ток в переменный, необходимый для питания большинства бытовых и промышленных потребителей.

В состав установки могут входить аккумуляторные батареи, контроллеры заряда, распределительные устройства и система мониторинга. Наличие накопителя позволяет использовать часть выработанной энергии после снижения солнечной активности. Однако применение аккумуляторов увеличивает стоимость

установки, требует организации температурного режима и предусматривает дополнительные меры защиты.

Для охлаждения воздуха фотоэлектрическая система может быть соединена с обычной сплит-системой или центральной холодильной машиной. В отличие от термических холодильных установок, такая конструкция не требует генератора, абсорбера или адсорбционного модуля. Она отличается более простой интеграцией с существующими системами кондиционирования.

Нагрев воды может осуществляться двумя способами. Первый предусматривает использование электрического водонагревателя, питаемого от фотоэлектрических модулей. Второй основан на применении теплового насоса, который переносит теплоту из окружающей среды в воду. В последнем случае электрическая энергия расходуется преимущественно на работу компрессора и вспомогательного оборудования, а не на прямое преобразование электричества в тепло.

При выборе такой схемы необходимо учитывать суточный график потребления. В дневное время, когда фотоэлектрическая выработка наиболее высока, целесообразно обеспечивать охлаждение помещений и нагрев воды. Избыточная энергия может направляться на заряд аккумуляторов или использоваться для предварительного нагрева воды в накопительной ёмкости.

Объединение охлаждения воздуха и нагрева воды в единой установке

Наиболее интересным инженерным решением является создание комплексной системы, в которой охлаждение воздуха и нагрев воды рассматриваются как взаимосвязанные процессы. Такая установка позволяет рациональнее использовать солнечную энергию и снизить потребность в отдельных источниках теплоты и электричества.

Один из вариантов основан на применении солнечных тепловых коллекторов, абсорбционной холодильной машины и накопительного бака горячей воды. Коллектор нагревает теплоноситель, который поступает в распределительный узел. В зависимости от режима работы часть тепловой энергии направляется в генератор холодильной машины, а другая часть используется для нагрева воды.

Дополнительные возможности предоставляет использование теплоты, отводимой от конденсатора и абсорбера. В процессе работы холодильной машины значительная часть подведённой энергии отводится через систему охлаждения. При соответствующей конструкции теплообменника часть этой энергии может быть передана воде, предназначенной для технических или бытовых нужд. Однако температура получаемой воды зависит от температурного уровня отводимой теплоты и не всегда позволяет полностью отказаться от дополнительного нагрева.

Заключение

Установки для охлаждения воздуха и нагрева воды, использующие солнечную энергию, представляют собой перспективное направление развития современных систем теплоснабжения и кондиционирования. Их конструктивная основа включает солнечные коллекторы или фотоэлектрические модули, теплообменные аппараты, накопительные устройства, циркуляционные контуры и автоматизированные средства управления.

Анализ рассмотренных технологий показывает, что для нагрева воды наиболее распространены плоские и вакуумные солнечные коллекторы, соединённые с накопительными резервуарами. Для охлаждения воздуха применяются абсорбционные, адсорбционные, осушительные и фотоэлектрические системы. Каждая из них имеет собственные конструктивные особенности и ограничения, определяющие область рационального использования.

Объединение охлаждения и нагрева в единой энергетической установке позволяет повысить степень использования солнечного излучения. Особенно перспективными являются комбинированные схемы, в которых одновременно применяются солнечные тепловые коллекторы, фотоэлектрические модули и накопители энергии. При этом важнейшими условиями эффективной эксплуатации остаются правильный подбор оборудования, защита от перегрева и замерзания, надёжная автоматизация и регулярное техническое обслуживание.

Список литературы

1. International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme. *Task 65: Design Guidelines for Solar Cooling Applications*. IEA SHC, 2024.
2. ENERGY STAR. *How It Works — Solar Water Heaters*. U.S. Environmental Protection Agency.
3. Pacific Northwest National Laboratory. *Solar Water Heating Systems*. Operations and Maintenance Best Practices.
4. Ibrahim N. I., Yahiaoui A., Garkuwa J. A., Ben Mansour R., Rehman S. Solar cooling with absorption chillers, thermal energy storage, and control strategies: A review. *Journal of Energy Storage*. 2024. Vol. 97. Article 112762. DOI: 10.1016/j.est.2024.112762.
5. *Review of solar sorption cooling systems*. International Journal of Refrigeration. 2017.
6. ASHRAE. *ASHRAE Handbook: HVAC Applications*. Chapter 36: Solar Energy Use. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
7. International Renewable Energy Agency. *Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Solar Water Heaters*. Abu Dhabi: IRENA, 2021.
8. U.S. Department of Energy. *Research and Development Needs for Building-Integrated Solar Technologies*. Building Technologies Office, 2025.