

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПЛОСКИМИ СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ: ОСНОВНЫЕ РЕЗЕРВЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Рашидов Ю.К.¹, Файзиев З.Х.²

¹*Ташкентский архитектурно-строительный институт,*

²*Самаркандский государственный архитектурно-
строительный институт, Узбекистан*

Рассмотрен мировой опыт и перспективы развития в условиях Узбекистана использования солнечной энергии в системах теплоснабжения. Показано, что основные резервы повышения эффективности систем солнечного теплоснабжения – совершенствование их схемных решений и режимных параметров с применением простейших саморегулирующихся активных элементов, способных оказывать управляющее влияние на гидродинамику неизотермического потока жидкости в системе.

Введение. Системы солнечного теплоснабжения (ССТ) являются одной из сфер, в которой реально достигнуто широко-масштабное практическое использование солнечной энергии. С 2000 г. по 2017 г. общая площадь установленных солнечных коллекторов (СК) в составе различных ССТ увеличилась в 7,6 раза и составила в мире 675 млн. м² [1], из них на солнечные водонагревательные установки (СВУ) различного назначения приходилось 93,5 %. Однако, в последнее время темпы роста уменьшаются [2], а производство СК в Китае, Австралии и на Ближнем Востоке падает четвёртый год подряд. На европейском рынке СК уже в течение ряда лет наблюдается застой: объём ввода СК в эксплуатацию падает с 2009 г. С этого момента времени основной задачей европейской гелиотехнической науки является поиск путей снижения стоимости СК и систем в целом [2].

В создавшейся ситуации выявление и оценка основных резервов повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения с целью их упрощения, повышения надёжности и удешевления является в настоящее время весьма актуальной задачей.

ССТ отличаются от традиционных систем наличием СК, которые по сравнению с топливными или электрическими генераторами теплоты, весьма чувствительны к температурным режимам работы системы. Если в топливных генераторах, вследствие

высокой температуры сгорания топлива (более 1000°C), конечная температура подогретой воды практически не оказывает влияния на их КПД, то для СВУ в первом приближении можно считать, что повышение рабочей температуры нагрева воды на каждый градус приводит к снижению КПД плоского коллектора на 1-2 % [3]. Поэтому потеря температурного потенциала в процессах генерации тепловой энергии в СК, её аккумуляции в тепловом аккумуляторе, передаче потребителю и совместной работе с дублирующим источником является основным критерием для оценки эффективности работы СВУ.

Цель работы – выявление и оценка основных резервов и определение перспективных направлений и рациональных путей реализации повышения эффективности систем солнечного теплоснабжения с плоскими СК, основанных на минимизации потерь температурного потенциала при передаче тепловой энергии от солнечного коллектора в тепловой аккумулятор и далее к потребителю.

Методика проведения исследований. Выявление и оценка основных резервов и определение перспективных направлений и рациональных путей повышения эффективности ССТ было осуществлено методом критического анализа отечественного и зарубежного опыта повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения по имеющимся литературным данным. При этом считалось, что повышение рабочей температуры нагрева СК на каждый градус в первом приближении приводит к снижению его КПД на 1-2 % [3].

Результаты. Повышение эффективности использования солнечной тепловой энергии в ССТ обычно достигается двумя основными путями [4]: повышением эффективности отдельных её элементов и совершенствованием схемных решений, а также режимных параметров ССТ, направленных на сокращение температурных потерь при передаче тепла от СК в тепловой аккумулятор и далее к потребителю тепловой энергии. В мировой практике нашли применение каждый из этих подходов [4]. СК является ключевым и самым дорогостоящим элементом ССТ.

Вопросы, касающиеся обзора мирового рынка и повышения эффективности СК, рассмотрены в работах [2, 3]. В работе [2] отмечается, что за последние 15 лет массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенства плоских солнечных коллекторов практически не изменились, являются достаточно хорошо отработанными в мировой практике и вышли на параметры близкие к предельным.

Поэтому представляется перспективным второй подход совершенствования ССТ, направленный на создание новых схемных решений и режимных параметров работы СК, обеспечивающих максимальный КПД уже существующих конструкций СК.

Необходимо отметить [2], что за последние годы обнаружилась тенденция к росту количества крупных систем централизованного солнечного теплоснабжения. В мире насчитывается 300 установок с площадью СК более 500 м², общая площадь коллекторов в них - 1648 тыс.м². Лидером этого направления является Дания, где построено 110 установок (1318 тыс.м²) [1]. Для крупных ССТ вопросы теплогидравлического саморегулирования ещё недостаточно изучены, хотя они позволяют значительно повысить их эффективность и экономичность за счёт снижения удельных расходов теплоносителя в гелиоконтуре при сохранении требуемой равномерности распределения теплоносителя при малых расходах. Это в конечном счёте означает уменьшение диаметров соединительной трубопроводов сети гелиополя СК, сокращение затрат электроэнергии на циркуляцию теплоносителя, упрощение требований к автоматизации, снижение стоимости ССТ и т.д. Всё это является резервами для повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в крупных ССТ, которые ещё недостаточно изучены и требуют своего научного обоснования.

При проектировании насосных ССТ важным моментом является также определение оптимального удельного расхода теплоносителя через СК [4]. Расход теплоносителя через СК является одним из основных режимных параметров, влияющих на его эффективность и эксплуатационную готовность системы солнечного горячего водоснабжения, которая определяется временем начала подачи теплоты потребителю с требуемой температурой без дополнительного нагрева.

Известно [3], что до 1980 г. в насосных системах солнечного горячего водоснабжения расход теплоносителя выбирался на уровне 0,015 кг/(м²•с) или 54 кг/(м²•час). Тогда это обосновывалось необходимостью обеспечения высокого значения коэффициента отвода теплоты F_R от СК [3]. В последние годы стали применять установки с существенно меньшим удельным расходом, обеспечивающим лучшую температурную стратификацию воды в баке-аккумуляторе и высокую эксплуатационную готовность системы, которая через 1÷1,5 часа после начала циркуляции теплоносителя в гелиоконтуре, позволяет подавать горячую

воду потребителю с требуемой температурой. Например, в Швеции типичные удельные расходы составляют от 0,002 до 0,006 кг/(м²•с) или от 7,2 до 21,6 кг/(м²•час) [3].

Практика проектирования ССТ немецкой компании Viessmann предполагает три основных режима циркуляции теплоносителя через СК: режим с расходом до 30 л/(м²•час); режим с расходом более 30 л/(м²•час) и режим с регулируемым расходом теплоносителя. Оптимальным значением для гелиосистем с плоскими коллекторами считается значение 25 л/(м²•час) при полной мощности насоса. С развитием гелиотехники оптимальное значение расхода теплоносителя изменялось, так, например, 10 лет назад для плоских коллекторов оптимальным считалось значение 40 л/(м²•час).

Интересно отметить, что на протяжении почти 40 летнего мирового опыта проектирования и внедрения ССТ с плоскими СВК величина оптимального удельного расхода теплоносителя через СК периодически корректировалась и снизилась с 54 кг/(м²•час) до 25 л/(м²•час), т.е. более, чем в два раза, а в Швеции – в 2,5÷7,5 раз. Это свидетельствует о том, что до настоящего времени отсутствует достаточное научное обоснование по определению величины оптимального удельного расхода теплоносителя через СК для различных схемных решений ССТ (одноконтурных, двухконтурных, без дублирующего источника теплоты, с дублирующего источника теплоты и т.д.) с учётом климатических условий района строительства.

Проектирование ССТ осуществляются в основном традиционным подходом, применяемым в обычных системах теплоснабжения, когда тепловые и гидравлические процессы, происходящие в системе, для упрощения рассматриваются отдельно в стационарном режиме. При этом не учитываются теплогидравлические динамические эффекты, возникающие в ССТ и её элементах (в гелиоконтуре, тепловом аккумуляторе и т.д.) при нестационарно поступающей солнечной энергии, которые при создании определённых условий могут сопровождаться синергетическими эффектами самоорганизации и саморегулирования [4].

Идея совершенствования ССТ путём эффективного использования в них саморегулирующихся теплогидравлических процессов и саморегулирующихся устройств на их основе была предложена в 1982 г., исследована и внедрена в практику типового (14 проектов) и экспериментального (20 проектов) проектирования с привязкой для строительства 1200 комплектов проектной документации, с реальным внедрением в Узбекистане в

объёме более 20 тыс. м² эксплуатируемых СК [4]. Она не потеряла свою актуальность и должна получить своё дальнейшее развитие в новых условиях застоя рынка СК [2], когда для обеспечения конкурентоспособности ССТ для них становятся востребованными такие качества как простота, надёжность и дешевизна технических решений.

Отличительной особенностью данного подхода [4] является то, что создание и проектирование ССТ ведётся с учётом применения в них простейших саморегулирующихся активных элементов (САЭ) в виде трубы Вентури 4 (рис.1, а), перфорированных труб 1÷4 (рис.1, б), патрубка излива 1 (рис.1, в), коллекторных соединений и т.п., функционирующих наподобие активных элементов электрических цепей: диодов, триггеров и т.д.

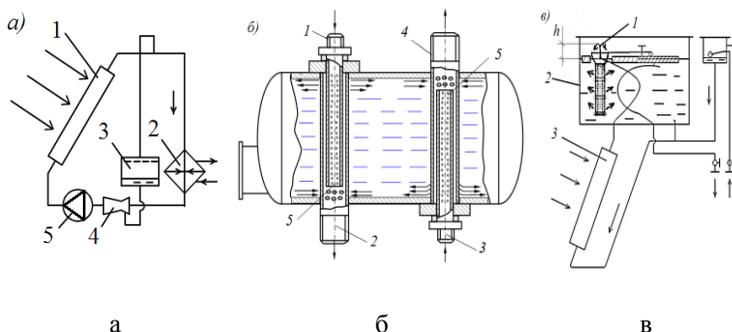


Рис. 1 – Принципиальные схемы самодренирующегося гелиоконтура (а), стратификационного аккумулятора (б), саморегулирующегося термосифонного гелиоконтура (в)

Как видно из приведённых схем применение САЭ позволяет значительно проще и экономичнее решать целый ряд специфических гелиотехнических задач, связанных с защитой от замерзания СК, с высокоэффективным стратификационным аккумулятированием теплоты, со стабилизацией температуры нагрева воды и т.д., а также повышать эффективность работы ССТ, благодаря созданию оптимальных режимов для работы СК [4]. Однако, применение САЭ в ССТ требует учёта и более тщательного расчёта неизотермического движения жидкости в данных устройствах при некоторых критических параметрах, благодаря которым и обеспечивается возникновение эффектов саморегулирования в условиях нестационарного прихода солнечной энергии.

Выводы:

1. В современных условиях, когда конструкции СК достаточно хорошо отработаны и практически исчерпаны резервы снижения их стоимости, выявление основных путей повышения эффективности использование солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения является весьма актуальной задачей. Одним из таких путей является совершенствование схемных решений и режимных параметров ССТ и их оборудования с применением простейших саморегулирующихся активных элементов.

2. Используемые в мировой практике схемные решения ССТ постоянно совершенствуются в части повышения своей энергоэффективности и надёжности работы и их режимные параметры ещё не доведены до оптимальных значений. Это создаёт определённый резерв для повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения.

3. Намеченные пути дальнейших исследований для повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения с минимальными потерями температурного потенциала в их элементах могут быть использованы при совершенствовании ССТ с САЭ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003 и прикладного гранта ФА-Атех-2018 -421.

Библиографический список

1. Weiss, W., Spörk-Dür, M. *Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2017. Detailed Market Figures 2016. 2018 edition*. Internet: www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf.

2. Frid, S.E., Lisitskaya, N.V., "State-of-the-Art Solar Collectors: Typical Parameters and Trends," *Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika) vol.54, no.2, pp. 279-286, 2018.*

3. Duffie, J.A. *Solar Engineering of Thermal Processes / J.A. Duffie, W.A. Beckman. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 2013, 910 pp.*

4. Рашидов, Ю.К. *Повышение эффективности использование солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения путём минимизации температурных потерь при передаче тепла в их элементах / Ю.К. Рашидов. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность. Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 998–1001.*