

Использование солнечной энергии в открытых теплосетях СНГ – солнечная энергия дешевле нефти и газа

Орозалиев Ж., Будиг К., Франк Э., Файен К., Бородин В.*, Ботпаев Р. *, Обозов А. Дж.*

Universität Kassel, Institut für Thermische Energietechnik, D-34109 Kassel, Germany

Тел.: +49 561 804-3890, факс: +49 561 804-3993, www.solar.uni-kassel.de, solar@uni-kassel.de

*Центр проблем использования возобновляемых источников энергии, Бишкек, Кыргызстан

Тел.: +996 312 559201, факс: +996 312 559204, kun@elcat.kg

Введение

В крупных городах СНГ широко применяется централизованное теплоснабжение. К примеру, в столице Кыргызской Республики г. Бишкек 500 тыс. жителей обеспечиваются горячей водой и отоплением от теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). При этом, в отличие от Центральной Европы применяется открытая система горячего водоснабжения, т.е. отбор горячей воды потребителями осуществляется непосредственно из сети (см рис. 1). Соответственно, такую теплосеть необходимо постоянно пополнять большим количеством холодной воды (до нескольких тысяч м³ в час), которую требуется нагреть в межотопительный период (например с 12°C) до 60°C за счет сжигания естественных углеводородов. Для экономии естественных углеводородов возможно использование солнечных энергетических установок для предварительного подогрева холодной подпиточной теплофикационной воды.

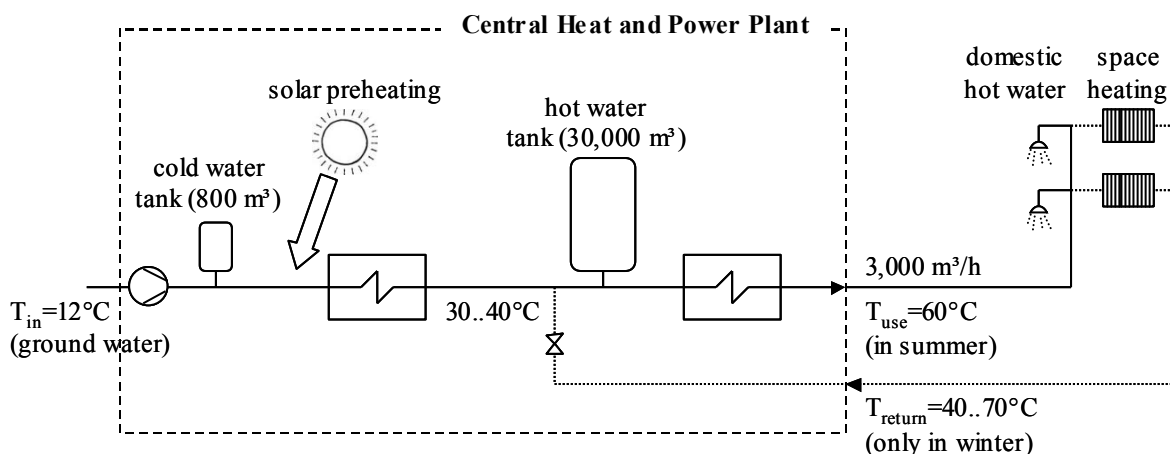


Рис. 1: Упрощенная принципиальная гидравлическая схема типичной открытой теплосети в СНГ (без солнечной установки) (взято из [2]).

Использование солнечной энергии для подогрева подпиточной воды

Для данной цели, в первую очередь, целесообразно использование нестекленных солнечных абсорберов (без изоляции и прозрачного покрытия), сделанных из пластика, таких как этилен-пропилен-диен-мономер или полипропилен. Такие солнечные абсорберы для нагрева воды характеризуются простотой, дешевизной и

долговечностью. За счет повышенного конвективного теплообмена с окружающей средой, ограничивается температура нагрева воды поэтому подобные абсорберы нашли широкое применения для подогрева воды в плавательных бассейнах. При применении для предварительного подогрева холодной подпиточной воды в теплосетях Центральной Азии солнечный абсорбер в 4 раза более эффективен, чем в бассейнах Европы [1]. Это связано с благоприятными условиями работы абсорбера: высокая базовая нагрузка, низкая температура подпиточной воды и климатические условия (большая сумма приходящей солнечной радиации и высокая температура окружающего воздуха в летний период). В данном случае, температура воды на выходе из абсорбера летом практически всегда ниже температуры окружающего воздуха, см. рис. 2, что ведет не к конвективным потерям тепла в окружающую среду как при применении в бассейнах, а к дополнительным тепловым поступлениям из окружающей среды. На рис. 3 показаны дневной ход приходящей солнечной радиации на плоскость абсорбера (угол наклона 4° , ориентация на восток), мощности абсорбера и «коэффициента полезного действия» абсорбера для типичного летнего дня в г. Бишкек. В случае, когда тепловые поступления из окружающей среды превышают потери в следствии длинноволнового излучения, «кпд» коллектора становится больше 1. Т.о. традиционное определение кпд коллектора, в которой солнечная радиация единственный источник энергии, в данном случае не применима. Вместо кпд было бы более корректно использовать коэффициент преобразования.

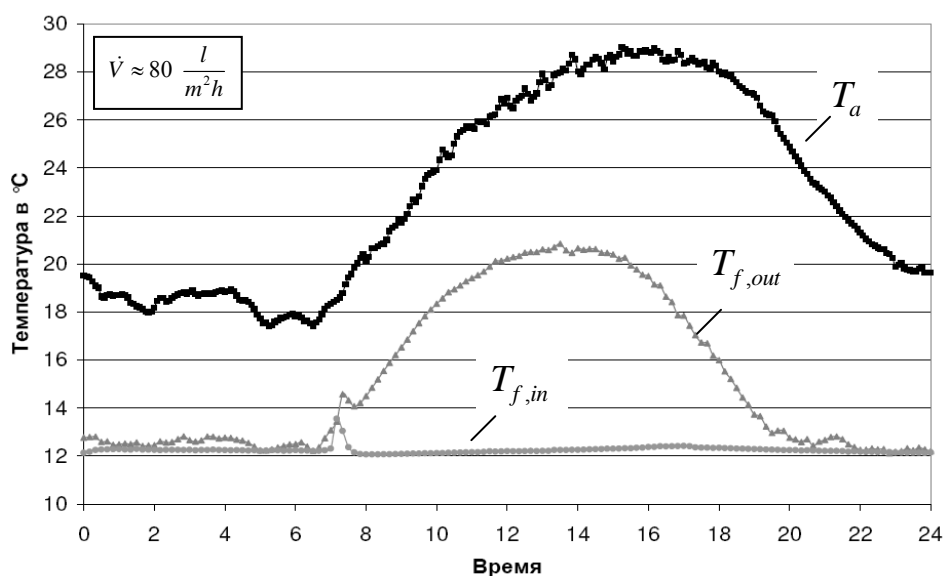


Рис. 2: Изменение температур окружающей среды T_a , воды на входе $T_{f,in}$ и выходе $T_{f,out}$ из солнечного абсорбера для типичного летнего дня (18.08.2007) в г. Бишкек, Кыргызстан. Удельный объемный расход воды 80 литров в час на каждый m^2 абсорбера

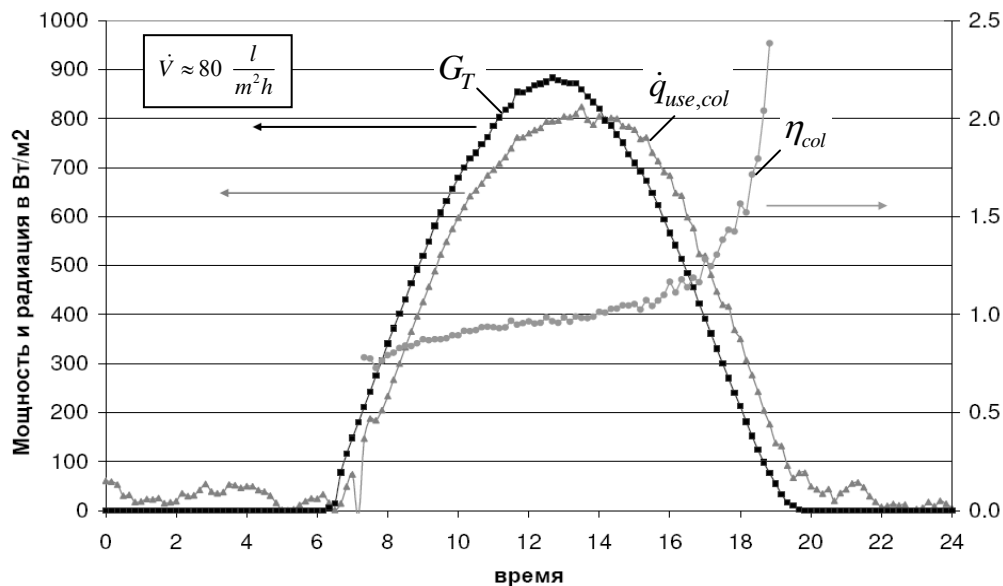


Рис. 3: Изменение приходящей солнечной радиации на плоскость абсорбера G_T , мощности абсорбера $\dot{q}_{use,col}$ и «коэффициента полезного действия» абсорбера η_{col} для типичного летнего дня (18.08.2007) в г. Бишкек, Кыргызстан. Удельный объемный расход воды 80 литров в час на каждый m^2 абсорбера.

Кроме солнечных абсорберов, также возможно использование так называемых мультикомпонентных солнечных энергетических установок, состоящих к примеру из солнечных абсорберов, теплообменника воздух-вода и воздушного коллектора [2]. Данная установка более эффективно использует энтальпию окружающего воздуха в качестве дополнительного источника энергии. В зависимости от климатических условий, такая установка может быть более эффективней чем солнечные абсорберы. На данный момент авторами статьи проводятся дальнейшие исследования в этом направлении.

Обе вышеупомянутые технологии были испытаны в теплосетях г. Бишкек, Кыргызстан: в 1998 году солнечный абсорбер на ТЭЦ г. Бишкек, с 2004 года мультикомпонентная солнечная энергетическая установка с установленной тепловой мощностью около 100 кВт на котельне «Ротор», см рис. 2.

Для описания тепловых процессов для отдельных компонентов установки были разработаны математические модели [3-5], которые внедрены в программу для компьютерных симуляций TRNSYS [6]. Благодаря этому при наличии метеорологических данных можно оценить количество тепловой энергии выработанной установкой за период эксплуатации.

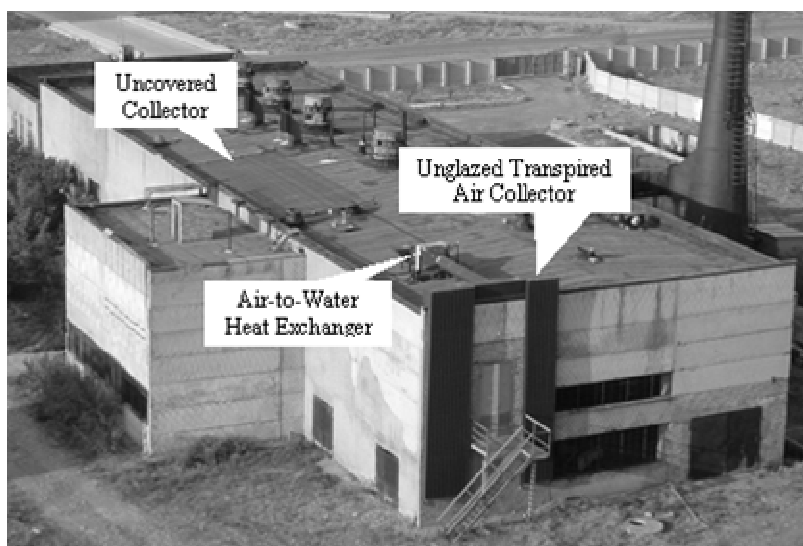


Рис. 4: Экспериментальная солнечная установка на котельне «Ротор» (мощность котельни 12 МВт_{терм}) в г. Бишкек, Кыргызстан (взято из [2]).

Экономический расчет и возможность практического внедрения

Основой точной оценки выработанной тепловой энергии является наличие точных данных по климату на предполагаемом месте эксплуатации и производительности солнечной установки. Для г. Бишкек имеются три источника данных по климату: программа «Метеонорм» (Meteonorm), метеостанция «Фрунзе» и собственные измерительные данные с 2004 года (см также [7]). При практическом внедрении данной солнечной установки в Бишкеке целесообразным периодом эксплуатации будет безморозный период с мая по сентябрь включительно. Компьютерные расчеты с программой TRNSYS с использованием наиболее консервативных метеорологических данных (Meteonorm 5.1) показали, что удельная выработка с одного м² коллекторного поля¹ составит около 1000 кВт*ч тепловой энергии в год. Экономически целесообразная площадь коллекторного поля составляет 45 000 м² (соответствует установленной мощности в 32 МВт_{терм} при пересчете с общепринятым (в Европе) коэффициентом в 0,7 кВт/м², но фактическая установленная мощность при данных условиях составит 45 МВт_{терм}), что более чем в 2 раза больше самой крупной в мире на сегодняшний день тепловой солнечной установки в Марстал, Дания².

Подогрев воды с помощью солнечной энергии ведет к частичному замещению ископаемого топлива³ и, следовательно, к экономии выбросов различных газов в атмосферу, в частности, углекислого газа. Солнечная установка на ТЭЦ г. Бишкек общей площадью коллекторного поля 45 000 м² будет ежегодно экономить 14 100 тонн CO₂. В расчете учитывалась структура баланса топлива ТЭЦ г. Бишкек за май – сентябрь 2005 года (уголь 55%, природный газ 44%, мазут 1%) и эмиссионные факторы

¹ Под коллектором в данном случае подразумевается непокрытый коллектор (солнечный абсорбер)

² Коллекторное поле более 18 тыс. м², что соответствует установленной мощности в 13 МВт_{терм}.

³ На ТЭЦ г. Бишкек экономия топлива составит порядка 5% за период май-сентябрь.

углекислого газа по отдельным видам топлива межправительственной группы экспертов по изменению климата⁴, а также следующие данные: выработка солнечной установки = 1 МВт*ч/м² в год, калорийность угля = 4,8 МВт*ч/т, природного газа = 9,8 кВт*ч/м³ и мазута = 11,2 МВт*ч/т, КПД ТЭЦ = 0,9.

За сокращение выбросов углекислого газа можно получить сертификаты (квоты на выбросы) в рамках Механизма Чистого Развития (МЧР) или Совместного Осуществления (СО) Киотского Протокола. Полученные сертификаты можно использовать для частичного финансирования установки. Детальный анализ показал, что проект использования солнечной энергии в теплосетях будет удовлетворять всем требованиям МЧР или СО, если принимающая страна ратифицировала Киотский Протокол (все страны СНГ, кроме Казахстана).

Данные экономического расчета для солнечной установки на ТЭЦ г. Бишкек при прямом подогреве подпиточной воды (подпиточная вода проходит непосредственно через солнечную установку) приведены в следующей таблице:

Размер установки (коллекторного поля)	45 000 м ² (45 МВт _{терм})
Объем инвестиций («под ключ», без учета пошлин и налогов в Кыргызстане)	2 млн. евро (44 евро за 1 кВт _{терм})
Выработка тепловой энергии	
- удельная	1 000 кВт*ч/м ² в год
- общая	45 млн. кВт*ч в год
Срок эксплуатации	14 лет ⁵
Процентная ставка кредита	13% годовых
Обслуживание и эксплуатационные расходы	1% от инвестиций
Рост цен на топливо	2% в год
Годовая экономия топлива (при балансе топлива: 55,3% уголь, 44,3% газ, 0,4% мазут)	5800 т угля 2,26 млн м ³ газа 19 т мазута
Годовая экономия средств ⁶	около 320 тыс. евро
Срок окупаемости	9 лет
Себестоимость выработки тепла	0,5 евроцента/кВт*ч (290 сом за Гкал)

⁴ англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC

⁵ По данным производителя срок службы превышает 20 лет

⁶ Цены: уголь - 890 сом/т (2006г.), газ - 120 USD за 1000 м³ (2007г.), мазут 240 USD/т (2006г.).

Т.о. солнечная энергия в 2 раза дешевле стоимости газа за 2007 год (около 1 евроцента за кВт)⁷. По данным авторов, себестоимость выработки тепла для солнечной установки впервые будет ниже мировых цен на нефть и газ. Без учета сертификатов по Киотскому Протоколу себестоимость выработки тепла составит 0,7 евроцента/кВт*ч со сроком окупаемости в 12 лет. В случае если прямое подключение солнечной установки будет невозможно по гигиеническим соображениям, рекомендуется подключение через теплообменник. При этом себестоимость выработки тепла увеличится с 0,5 до 0,6 евроцента/кВт*ч.

В ходе проведенного анализа потенциала данного применения в странах СНГ были идентифицированы 40 ТЭЦ из 195 с открытыми теплосетями и работой в межотопительный период [8], в которых принципиально можно эффективно использовать данную технологию. Наличие площадей для больших коллекторных полей, а также режим работы ТЭЦ могут представлять собой преграду для внедрения солнечной установки. Следует также отметить, что использование солнечной энергии можно комбинировать технически с другими мероприятиями по модернизации станции и теплосетей. Кроме ТЭЦ с открытыми теплосетями, солнечную энергию для предварительного подогрева подпиточной воды можно использовать на ТЭЦ с закрытыми теплосетями⁸ и на котельнях (малые теплосети), где объем подпиточной воды зачастую невелик. Соответственно и размер солнечной установки будет небольшим с более высокой себестоимостью выработки тепла. Поэтому, ТЭЦ с закрытыми теплосетями и котельни в проведенном анализе потенциала не учитывались.

Потребность в исследованиях состоит в основном в гидравлическом соединении таких крупных коллекторных полей и в оптимальном соединении солнечной энергии в процесс работы ТЭЦ.

Заключение

Результаты исследований позволяют утверждать, что использование солнечных абсорберов для предварительного подогрева подпиточной воды в странах СНГ целесообразно как с экологической, так и экономической точек зрения, в особенности для открытых теплосетей. Солнечная установка отличается простотой, долговечностью и высокой эффективностью. Кроме солнечных абсорберов возможно использование мультикомпонентных солнечных установок.

Технология была опробована в г.Бишкек, разработаны математические модели описывающие тепловые процессы в установке и проверены экспериментальными

⁷ С 2006 по 2008 года цена импортируемого из Узбекистана газа выросла почти в 3 раза (2006 – 55 USD, 2007 – 100 USD, 2008 – 145 USD за 1000 м³)

⁸ Закрытые теплосети также имеют подпитку теплофикационной воды из-за потерь воды в теплосети

данными. Экономический расчет показал, что себестоимость солнечной энергии составит для Бишкека 0,5 евроцента/кВт*ч и т.о. будет значительно дешевле мировых цен на нефть и газ. За счет использования Механизма Чистого Развития (МЧР) или Совместного Осуществления (СО) Киотского Протокола можно частично финансировать солнечную установку.

Исследования финансируются Фондом Фольксваген (Германия) и министерством экологии земли Гессен (Германия).

Список использованных источников

- [1] Vajen K., Krämer M., Orths R., Boronbaev E.K., Solar Absorber System for Preheating Feeding Water for District Heating Nets, Proc. ISES Solar World Congress, Jerusalem, 1999
- [2] Frank E., Vajen K., Obozov A., Borodin V., Preheating of a District Heating Net with a Multicomponent Solar Thermal System, Proc. of EuroSun, Glasgow, 27. - 30.6.2006
- [3] Frank E., Modellierung und Auslegungsoptimierung unabgedeckter Solarkollektoren für die Vorerwärmung offener Fernwärmenetze, Dissertation, Universität Kassel, 2007
- [4] Frank E., Budig C., Vajen K., Experimental and Theoretical Investigation of Unglazed Transpired Air Collectors in a Multicomponent Solar Thermal System, Proc. EuroSun, Glasgow, 27. - 30.6.2006
- [5] Frank E., Vajen K., Bail M., Adaption and Validation of a Fin-and-Tube Heat-Exchanger Model for TRNSYS using Producer Specific Design Software, Proc. ISES Solar World Congress, Orlando, 8. - 12.8.2005
- [6] Frank E., Orozaliev J. Vajen K., Simulation Study of the Operation of Solar Thermal Systems consisting of Uncovered Collectors and/or an Air-to-Water Heat Exchanger, Proc. EuroSun, Glasgow, 27. - 30.6.2006
- [7] Botpaev R., Obozov A., Budig C., Orozaliev J., Vajen K., Comparison of meteorological data from different sources for Bishkek, Kyrgyzstan, Proc. EuroSun, Lisbon, 7. - 10.10.2008, in preparation
- [8] Budig C., Orozaliev J., Rose C., Vajen K., Frank E., Botpaev R., Obozov A., Solar-assisted Water Preheating for a District Heating Net – A Potential Analysis in CIS countries, Proc. EuroSun, Lisbon, 7. - 10.10.2008, in preparation