

Павел ПАСЕЧНИК, Александр ПРИЙМАК
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДУШНЫХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Время энергетических войн и удорожания традиционных энергоресурсов диктует необходимость пересмотра имеющихся средств теплоснабжения в пользу использования альтернативных источников тепловой энергии. Одним из наиболее перспективных источников является солнечное излучение, поскольку оно бесплатно и повсеместно. Однако, преобразование солнечной энергии и ее дальнейшее использование связано с целым рядом проблем, которые требуют решения сложных инженерных задач, индивидуального подхода к различным условиям применения и точечного внедрения.

Ключевые слова: солнечный воздушный коллектор, теплоснабжение, альтернативные источники энергии

ВВЕДЕНИЕ

В связи с тенденциями последнего десятилетия и вопросами энергетической независимости государств развитие технологий для использования возобновляемых и альтернативных источников энергии продолжает набирать актуальности. Одним из наиболее важных видов энергии по праву является тепловая, в частности низкотемпературная, которая служит в первую очередь для теплоснабжения различных сооружений. Кроме классических источников тепловой энергии (углеводородов, разных видов углей, древесины и т.д.) человечество уже добывает тепло из грунта, воздуха и воды, при сжигании практически любых материалов, вырабатывает органическое топливо из мусора, растений и отходов промышленности, использует солнечную радиацию. Технологически простейшим из выше перечисленных способов является сбор, преобразование и отпуск энергии солнечного излучения, что обеспечивают, так называемые, гелиосистемы.

Гелиосистемы это комплекс оборудования и вспомогательных устройств для превращения электромагнитного излучения в полезную теплоту для систем теплоснабжения. Установлено, что в основном в гелиосистемах применяется жидкостной теплоноситель, однако, в ряде случаев целесообразно использовать в качестве теплоносителя также воздух. Гелиосистемы воздушного теплоснабжения (ГСВТ) обладают следующими преимуществами по отно-

шению к жидкостным: более простыми системными решениями; отсутствием возможности замерзания системы и затопления оборудования; более простым управлением и большей антикоррозионной устойчивостью; более высоким эксергетическим КПД [1]. Как отмечают специалисты [2-4] применение воздушного теплоносителя в гелиосистемах теплоснабжения в течении длительного периода (года, срока службы) вполне может конкурировать с жидкостными ГСТ. Важным является применение воздуха, подогретого за счет солнечной энергии, для технологических процессов в сельском хозяйстве (обогрев инкубаторов и брудергаузы, сушка сельскохозяйственной продукции, травы, помета и т.д.).

Основное место в процессе создания высокоэффективных ГСВТ отдаётся гелиотехническому оборудованию. К нему должны предъявляться повышенные требования, заключающиеся в качественном исполнении, применении эффективных конструкций и материалов.

1. ВОЗДУШНЫЙ КОЛЛЕКТОР СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Основным элементом гелиосистем является коллектор солнечной энергии (КСЭ). Именно его эффективность определяет качество преобразования солнечного излучения в полезную тепловую энергию для систем теплоснабжения. Если рассматривать воздушные системы, то КСЭ для них можно поделить на остекленные и неостекленные (на прим. надувные), в свою очередь, первые делятся по типу поглощающего элемента (ПЭ), так называемого абсорбера солнечного излучения: с профилированным (плоские, ребристые, волнообразные пластины) и пористым ПЭ [5]. В качестве абсорбера в основном используют металлический профильный лист (медный, алюминиевый, стальной) с селективными покрытиями, полимерные материалы с развитыми поверхностями поглощения и теплообмена, различные пористые насадки (отходы металлообрабатывающей промышленности, сетки, керамика, пакеты сотовых структур и т.д.). Воздушные КСЭ, которые производятся в мире, по принципу конструкции и процессов теплообмена мало чем рзнятся, имея при этом ряд существенных недостатков. Во-первых, это их высокая стоимость (для Grammer jumbo GLK M 298 € за м² поглощающей поверхности [6]), что ведет к увеличению капитальных затрат на обустройство и низкой рентабельности систем воздушного теплоснабжения. Во-вторых, большой вес коллекторов (для Grammer jumbo GLK M 34,8 кг/м² [6]) ограничивает их использование в существующих строениях, приводит к необходимости усиления проектируемых несущих конструкций или планирования дополнительных опорных сооружений, что опять же неизбежно приведет к увеличению капитальных затрат. Такие проблемы формируют набор требований для воздушных КСЭ, при выполнении которых станет возможным создать действенную, эффективную и рентабельную систему теплоснабжения.

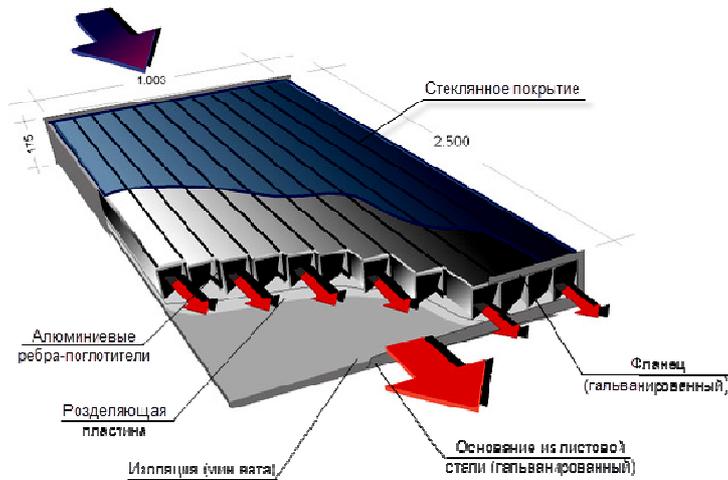


Рис. 1. Общий вид воздушного КСЭ на примере модели Jumbosolar GLK M от Grammer [7]

2. ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНЫМ КОЛЛЕКТОРАМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Для эффективного использования солнечной энергии для воздушного теплоснабжения зданий можно предложить набор требований к КСЭ разработанный в основном на базе анализа условий эксплуатации системы.

2.1. Теплотехнические требования к элементам КСЭ

Важным мероприятием является необходимость уменьшить величину площади гелиополей, количество и длину воздуховодов и вспомогательных строительных конструкций, сделать меньше расходы на его эксплуатацию, связанные с периодическими ремонтами и очисткой КСЭ от пыли. Достичь этого можно только при условии высокой эффективности использования солнечной энергии. Критерием теплотехнического совершенства солнечного коллектора является его КПД. Рассмотрим выражение для определения мгновенного КПД плоского солнечного коллектора, предложенного в [8]:

$$\eta_k = F' \cdot [(\tau\alpha)_s - U_K \cdot (T_B - T_{oc}) / I_{\Pi}] \quad (1)$$

где:

F' - коэффициент эффективности поглощающего элемента,

$(\tau\alpha)_s$ - приведенная эффективная поглощательная способность коллектора,

U_K - общий коэффициент тепловых потерь коллектора [Вт/(м²·К)],

T_B - средняя температура воздуха в КСЭ [К],

T_{oc} - температура окружающей среды [К],

I_{Π} - интенсивность излучения, падающего на КСЭ [Вт/м²].

Из уравнения (1) видно, что на КПД влияют три величины, которые зависят от конструкторских решений, а именно F' , U_K , $(\alpha)_3$. Коэффициент эффективности ПЭ F' определяется его поглощающей способностью и теплообменными свойствами - это означает, что крайне важен выбор материала и формы абсорбера солнечного излучения. Приведенная эффективная поглощательная способность $(\alpha)_3$ зависит, как от свойств ПЭ так и от вида и качества светопрозрачного покрытия (двух-, трехслойные остекления, использование различной внешней обработки и полимерных материалов). Общий коэффициент тепловых потерь определяется уравнением [9]:

$$U_K = U_L + U_b \quad (2)$$

где:

U_L - коэффициент тепловых потерь коллектора через светопрозрачное покрытие $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$,

U_b - коэффициент тепловых потерь коллектора через теплоизолированный корпус $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$.

Уменьшение U_b достигается простым увеличением толщины изоляции. Что касается U_L , то для воздушных КСЭ эта задача куда более сложная чем для жидкостных, потому что пространство между остеклением и ПЭ, в тоже время, является каналом для прохода воздуха и его нельзя вакуумировать, но решение найдено в многослойных остеклениях, покрытиях КСЭ вакуумными стеклопакетами и сотовыми поликарбонатами.

Следовательно, светопрозрачное покрытие должно иметь пропускную способность не меньше 85% в диапазоне волн до 3 мкм и играть роль экрана теплового излучения в инфракрасной области свыше 3 мкм, что достигается разными селективными покрытиями [5]. Для эффективной работы КСЭ поглощающая способность абсорбера составляет не меньше 90%, а также он должен иметь высокий коэффициент теплопроводности (от 200 Вт/м К) и развитую шероховатую поверхность для увеличения теплопередачи теплоносителю.

2.2. Конструктивные и экономические требования к КСЭ

Основываясь на необходимых тепловых характеристиках элементов КСЭ, и учитывая особенности использования гелиосистем в существующих сооружениях можно выдвинуть ряд требований к конструкциям коллекторов.

Во-первых, солнечные воздухонагреватели должны быть максимально легкими с тем, чтобы оборудование гелиополей на крышах не требовало дополнительных опорных конструкций. Также уменьшение массы КСЭ упрощает, а соответственно и удешевляет монтажные работы. Проблема решается отказом от металлических элементов, отдавая преимущество различным полимерным и композитным материалам при конструировании коллекторов солнечной энергии. Во-вторых, стандартным требованием является повышение прочности и устойчивости к воздействию ультрафиолетового излучения

светопрозрачного покрытия. Пути решения этой задачи известны: это замена стекла на стеклопакеты, поликарбонаты, пленки и т.д. [5].

Следя за тепловыми и конструктивными требованиями, конечно, нельзя забывать о цене КСЭ, ведь экономический эффект является не менее важным чем энергетический. Стоимость солнечных воздухонагревателей формируется из стоимости использованных в нем материалов и технологичности изготовления, так, к примеру, в существующих моделях КСЭ используются довольно дорогие цветные металлы (алюминий, медь), при этом их необходимо обрабатывать селективными покрытиями для улучшения поглощающей способности. Два этих момента и приводят к той стоимости солнечных коллекторов, которую мы имеем на данный момент. Сама собой появляется необходимость поиска и использования неметаллических материалов для ПЭ с природной селективностью, замена стекла на другие материалы и изготовление полимерных корпусов для КСЭ.

3. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГСВТ

Гелиосистемы воздушного теплоснабжения принципиально можно поделить на активные и пассивные. В пассивных системах движение воздуха обусловлено гравитационными силами без участия нагнетателей, как правило, они основаны на принципе стены Тромба-Мишеля [3]. Для эффективной работы пассивные воздушные гелиосистемы необходимо интегрировать в строительные конструкции зданий на стадии проектирования, учитывая расположение строений относительно сторон света, что исключает их использование на существующих объектах, которые в первую очередь нуждаются в снижении энергопотребления. При анализе литературы и патентных документов определено, что предложенные активные гелиосистемы воздушного теплоснабжения мало отличаются и принципиально соответствуют схеме на рисунке 2.

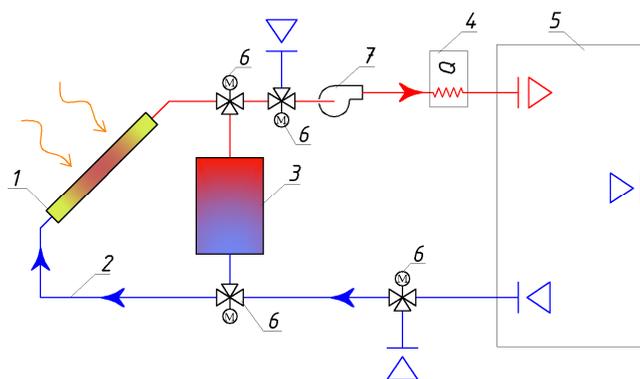


Рис. 2. Схема активной воздушной гелиосистемы: 1 - коллектор солнечной энергии; 2 - воздуховод; 3 - аккумулятор теплоты; 4 - дублирующий источник теплоты; 5 - объект теплоснабжения; 6 - регулирующая арматура; 7 - вентилятор

Такие системы работают следующим образом. Воздух, нагретый в КСЭ путем преобразования солнечной энергии в тепловую, нагнетается вентилятором к объекту теплоснабжения. Потом с подмесом свежего воздуха попадает обратно в воздухонагреватель. Если интенсивность солнечного излучения слишком велика и воздух перегревается, то теплоноситель направляется в тепловой аккумулятор, заряжая его. При недогреве воздуха до расчетных температур, он пропускается через аккумулятор, тем самым разряжая его, а если и в этом случае тепла не хватает, то включается дублирующий (резервный?) источник теплоты.

По настоящему эффективно в климатических условиях современной Украины подобные системы могут работать только в переходные сезоны (весна-осень), поскольку в зимние месяцы дневной приход солнечной энергии слишком мал и вся нагрузка ложится на дублирующий источник, а в летнее время спрос на тепловую энергию для отопления отсутствует. Поэтому использование гелиосистем воздушного теплоснабжения требует индивидуального подхода и точечных внедрений. Это означает, что необходимо находить соответствующие объекты теплоснабжения, примером такого объекта могут послужить не крупные птицеводческие комбинаты. В птичниках для птенцов (брудергаузы) и молодняка температура воздуха необходима в пределах от 21 до 36°C, в зависимости от возраста птицы, так же в них требуется довольно большой воздухообмен (летом до 20 м³/час на кг живого веса), то есть для таких помещений характерна необходимость большого количества теплого воздуха [10]. Летом же когда температура наружного воздуха соответствует температуре внутренней, горячий воздух можно подать в барабанные сушилки помета, которые сейчас повсеместно используются на птицефабриках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздушные гелиосистемы теплоснабжения можно и нужно использовать в гражданских строениях и различных отраслях промышленности ввиду их простоты эксплуатации, довольно высокой эффективности и долговечности. Но при этом их внедрения требует индивидуального подхода и грамотного расчета режимов работы. Также важно отметить необходимость новых конструкторских решений при создании воздушных коллекторов солнечной энергии, поскольку существующие модели имеют ряд недостатков. При решении поставленных задач с помощью построения эффективных ГСВТ можно достичь значительного снижения энергозатрат на теплоснабжение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Зияев Т.З., Теплоэнергетическая характеристика солнечного воздухонагревателя, Т.З. Зияев, В.Д. Ким, Гелиотехника 2006, № 4, с. 12-17.
- [2] Харченко Н.В., Индивидуальные солнечные установки, Энергоатомиздат, М.: 1991, 206 с.

- [3] Зоколей С., Солнечная энергия и строительство, Стройиздат, М.: 1979, 208 с.
- [4] Приймак А.В., Гелиосистема теплоснабжения с воздушным коллектором солнечной энергии матричного типа. Автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03., Киев 1989, 22 с.
- [5] Трушевский С.Н., Вакуумированные стеклопакеты и солнечные коллекторы, Митина И.В., Гелиотехника 2008, № 3, с. 31-37.
- [6] <http://www.enerconcept.com>
- [7] <http://www.grammer-solar.com>
- [8] Бекман У.А., Расчеты систем солнечного теплоснабжения, У.А. Бекман, С.А. Клейн, Дж. А. Даффи, Энергоиздат, М.: 1982, 80 с,
- [9] Даффи Дж.А., Тепловые процессы с использованием солнечной энергии, Дж. А. Даффи, У.А. Бекман, Мир, М.: 1977, 420 с.
- [10] Мишуrow Н.П., Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях. Научный аналитический обзор, ФГНУ «Росинформагротех», М.: 2004, 82 с.

FEATURES OF SOLAR AIR HEATING SYSTEMS

The time of energy wars and rise in the cost of traditional energy resources makes it necessary to review the available means of heating in favor of using alternative sources of thermal energy. One of the most promising sources is solar radiation, since it's free and available everywhere. However, the conversion of solar energy and its further use are associated with a range of problems that includes solving complex engineering problems, an individual approach to a variety of conditions and a point implementation.

Keywords: solar air collector, heating, alternative energy sources