

УДК 697.329

А.Н. Горин, канд. техн. наук, доц., Донец. ин-т
холод. техники,
А.В. Дорошенко, д-р техн. наук, проф.,
В.П. Чепурненко, д-р техн. наук, проф.,
Одес. гос. акад. холода

СОЛНЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

О.М. Горин, О.В. Дорошенко, В.П. Чепурненко. **Сонячні системи теплопостачання.** Розроблено схемні вирішення для сонячних систем теплопостачання і нове покоління плоских сонячних колекторів, що базуються на використанні полімерних матеріалів в конструкції абсорбера і прозорого покриття. Виконано експериментальні дослідження, які підтверджують високі характеристики розроблених СК і сонячних систем.

A.N. Gorin, A.V. Doroshenko, V.P. Chepurnenko. **Solar systems of heat supply.** Circuit decisions for solar systems of heat supply and new generation of flat solar collectors based on the use of polymeric materials in the design of an absorber and a transparent covering are developed. The comparative experimental research which has confirmed the high characteristics of the developed solar collectors and solar systems are carried out.

Практически все регионы Украины пригодны для развития солнечной энергетики. Системы солнечного горячего водоснабжения (ССГВ) получили широкое распространение (рис. 1). Они отличаются назначением, количеством и конструкцией используемых солнечных коллекторов (СК), способом циркуляции и видом теплоносителя, способом подачи горячей воды потребителю и предназначены для обеспечения производственных и бытовых нужд в горячем водоснабжении и отоплении, могут использоваться для нагрева воды в плавательных бассейнах, нагрева воздуха в солнечных теплицах и сушилках; известны конструкции солнечных опреснителей, установок кондиционирования воздуха, холодильных и водоподъемных установок [1, 2]. Перспективно создание на основе солнечной энергии комбинированных систем теплоснабжения, рационально интегрирующих возможности традиционной и альтернативной энергетики [2...7]. Любой альтернативный источник энергии подвержен естественным колебаниям активности, что требует создания компенсационного механизма.

Солнечный коллектор — основной элемент солнечной установки, в котором солнечное излучение преобразуется в тепловую энергию [1...3]. По виду теплоносителя коллекторы делят на жидкостные и воздушные; по уровню достигаемой температуры на низко- (до 100 °С), средне- (до 200 °С) и высокотемпературные (до 3500 °С). Температура нагрева теплоносителя прямо пропорциональна интенсивности падающей солнечной энергии и обратно пропорциональна тепловым потерям в окружающую среду. Наибольшее распространение в мировой практике получили плоские СК из-за простоты конструкции и дешевизны. Абсорбер плоского СК, как правило, изготавливается из материала с высокой теплопроводностью (стали, алюминия, меди). Прозрачная изоляция представляет собой один или два слоя стекла или полимерной пленки. В случае низкой температуры нагрева теплоносителя (до 30 °С) коллектор может вовсе не иметь прозрачной изоляции. Общий недостаток СК откры-

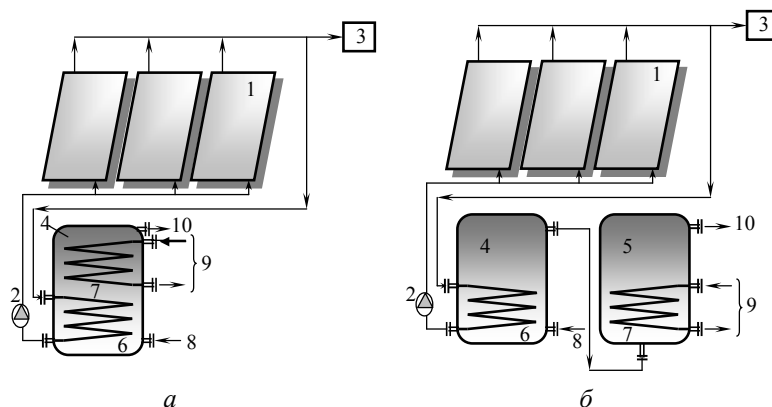


Рис 1. Схемы систем солнечного горячего водоснабжения с одним (а) и двумя (б) баками-теплоаккумуляторами: 1 — СК, 2 — насос, 3 — расширительный бачок, 4 и 5 — баки-теплоаккумуляторы, 6 и 7 — теплообменники, 8 — водопроводная вода, 9 — дополнительный подогрев, 10 — горячая вода потребителю

того типа — высокие теплотери вследствие теплообмена между теплоносителем и светопрозрачным остеклением. Лучшие теплотехнические показатели имеют жидкостные проточные коллекторы с поглотителями в виде плоской панели с каналами. Можно существенно увеличить эффективность СК, применяя селективные покрытия, обеспечивающие высокую поглощающую способность по отношению к солнечному излучению и низкую собственную излучательную способность. Такое возможно благодаря тому, что поглощение и излучение происходят в далеких друг от друга областях спектра: поглощение в коротковолновой (ультрафиолетовой, видимой и высокотемпературной инфракрасной) зоне, а излучение — в длинноволновой (низкотемпературной инфракрасной). Нанося на поглощающую поверхность ряд тонких слоев диэлектрика, металлов или их оксидов, можно обеспечить высокий коэффициент поглощения солнечной радиации при низкой степени черноты покрытия. Основными характеристиками любых СК является уровень рабочих температур, оптический КПД θ , коэффициент потерь U ($\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) и общий КПД. Существуют различные конструкции плоских СК, отличающихся, в основном, типом абсорбера (теплоприемника).

Выполнен анализ и выбор материалов для создания СК из полимерных материалов [1, 2]. Переход к полимерным материалам обеспечивает снижение веса и стоимости СК и гелиосистемы в целом за счет исключения цветных металлов в конструкции; снижение вредных экологических последствий в полном цикле “жизни” нового типа СК. Существует большое количество полимеров, которые потенциально могут быть использованы в конструкции плоского СК, — полипропилен, полиметилметакрилат, поликарбонат, полисульфон, полиэстеровый сульфид, полиамид, аморфный полиамид, волокнистые пластики, поливинилхлорид, полиметилпропилен, акрил. Долгосрочное использование СК в открытой среде выдвигает ряд жестких требований к конструкционным материалам: оптическая прозрачность материала не ниже 75 %; температурная устойчивость в диапазоне $-15 \dots +130$ $^\circ\text{C}$; стабильность к ультрафиолетовому излучению (УФИ). Полипропиленовые и полистироловые пластмассы непригодны из-за плохих оптических свойств, полисульфон и полиэстеровый сульфид стабильны к УФИ, но имеют нежелательный желтый цвет и слишком низкую оптическую прозрачность. Аморфный полиамид можно сделать довольно прозрачным, но он чувствителен к гидролизу и нестабилен к УФИ. Акрил обладает отличной стойкостью к УФИ, но хрупок и используется только при температурах ниже 90 $^\circ\text{C}$. В качестве полимера для конструирования СК выбран поликарбонат. Плита сотового поликарбоната представляет собой два параллельных листа с поперечными перегородками в цельной единой структуре (рис. 2). Температурный диапазон эксплуатации для поликарбоната $-40 \dots +120$ $^\circ\text{C}$, что позволяет использовать его в “открытых” системах.

Максимальное термическое расширение (при перепаде температур $\Delta T = 80$ $^\circ\text{C}$) составляет

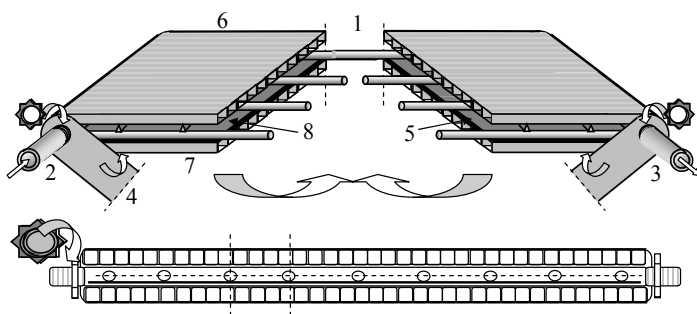


Рис. 2. Общий вид плоского солнечного коллектора переходного типа (металло-полимерный СК-М) с использованием многоканальной полимерной плиты в качестве прозрачного покрытия и теплоизоляции: 1 — трубный регистр абсорбера, 2, 3 — коллекторные трубы, 4 — корпус СК, 5 — металлический лист, 6 — прозрачная изоляция — многоканальная полимерная плита, 7 — теплоизоляция, 8 — воздушный зазор

2,5 мм/м. Панели поликарбоната имеют светопропускание 70...82% в зависимости от толщины. Панели толщиной 4 мм с наибольшим светопропусканием выбраны в качестве прозрачного покрытия. Современные поликарбонатные панели производятся со специальным покрытием, предотвращающим попадание УФИ внутрь структуры панели. По сравнению с другими остеклениями той же толщины тепловые потери через сотовые панели из ПК значительно ниже и тепловая изоляция намного лучше. Сотовые панели из поликарбоната отличаются высокими механическими характеристиками. Поликарбонат устойчив ко многим химическим веще-

ствам, включая минеральные кислоты высокой концентрации, ко многим органическим кислотам, нейтральным и кислым растворам солей, многим жирам, парафинам, насыщенным алифатам и циклоалифатам, кроме метилового спирта.

Основные задачи при разработке полимерных солнечных коллекторов определены так: создать металло-полимерный переходный тип СК-М, с медным трубным регистром и полимерной плитой в качестве прозрачного покрытия; создать полимерный тип СК-П на основе полимерных материалов из плит сотовой структуры, используемых как в качестве абсорбера, так и в качестве прозрачной изоляции. В качестве абсорбера в традиционном типе СК-А (рис. 3) используются трубы с цельнотянутыми ребрами, выполненные методом экструзии из алюминиевого сплава. В качестве прозрачного покрытия используется оконное стекло толщиной 4 мм. Способ изготовления абсорбера (как единое изделие “труба/ребро”) приводит к минимальному термическому сопротивлению. Использование сотовых поликарбонатных панелей в качестве прозрачного покрытия позволяет снизить вес СК. В коллекторе СК-М стеклянное прозрачное покрытие заменено на поликарбонатную плиту сотовой структуры толщиной 4 мм (см. рисунок 2). В качестве абсорбера использованы профилированные медные трубы для увеличения площади соприкосновения. Коллектор СК-П полностью выполнен из полимерных материалов (рис. 4). В качестве прозрачного покрытия и абсорбера здесь применяются плиты сотовой поликарбоната различных толщин: для прозрачного покрытия — 4 мм, для абсорбера — 8...10 мм.

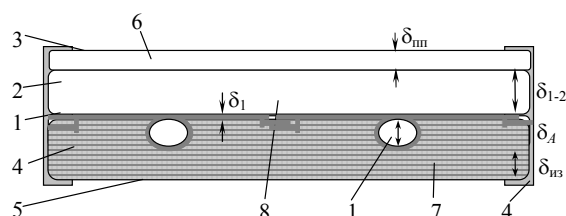


Рис. 3. Общий вид традиционного солнечного коллектора СК-А из алюминиевого сплава: 1 — трубный регистр абсорбера; 2, 3 — коллекторные трубы; 4 — корпус СК; 5 — металлический лист; 6 — прозрачная изоляция; 7 — теплоизоляция; 8 — воздушный зазор

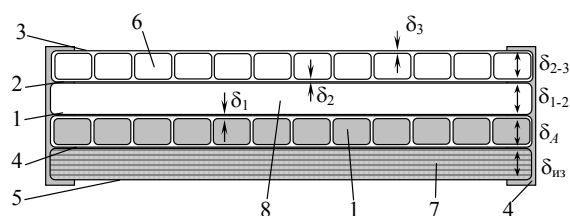


Рис. 4. Полимерный плоский солнечный коллектор СК-П: 1 — многоканальная полимерная плита абсорбера; 2, 3 — коллекторные трубы; 4 — корпус СК; 5 — металлический лист; 6 — прозрачная изоляция — многоканальная полимерная плита; 7 — теплоизоляция; 8 — воздушный зазор

Основной задачей экспериментального изучения характеристик СК явились прямые сравнительные испытания разработанных СК различных модификаций, при их одновременной работе на отдельных установках в идентичных условиях. Стенд симметричен и включает два аналогичных контура для получения сравнительных характеристик СК [1]. Термопары установлены на входе и на выходе СК и в каждом баке-теплоаккумуляторе БТА. Для измерения интенсивности солнечной радиации был использован пиранометр со вторичным прибором — гальванометром М-80. Для измерения скорости ветра использовался анемометр МС-13.

Стенд позволяет сравнивать характеристики работы двух различных СК в естественных условиях, при солнечном излучении и погодных условиях, как если бы они работали в составе реальной гелиосистемы. Динамика поведения температуры имеет несколько определенных зон: первая зона характерна для прогрева воды в БТА; во второй идет постепенное увеличение температур теплоносителя, причем увеличение температуры на выходе из СК пропорционально солнечному излучению; в третьей зоне происходит постепенное снижение указанных температур, вызванное снижением солнечной активности; четвер-

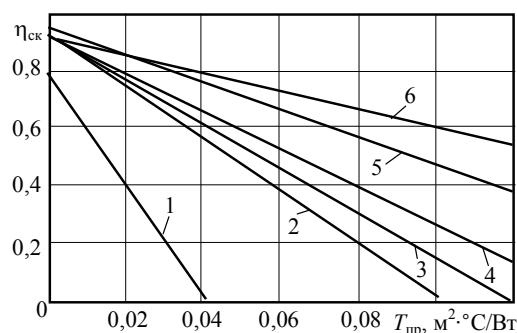


Рис. 5. Характеристики различных типов СК: 1 — для бассейнов (без прозрачного покрытия); 2 — СК-П и СК-М; 3 — СК-А; 4 — с селективным покрытием; 5 — с вакуумными трубами; 6 — с концентраторами

тая зона соответствует относительному покою системы в ночное время. В зависимости от интенсивности солнечной радиации изменяется и длительность существования этих зон. Получены сравнительные характеристики СК в виде зависимости $\eta_{СК}$ от приведенной температуры, где $\eta_{СК} = f(T_{пр})$ (рис. 5).

Учитывая изложенное, можно сделать выводы о том, что основным направлением по удешевлению традиционного типа СК, уменьшению его веса и материалоемкости выбрано использование полимерных материалов в конструкции; одним из наиболее перспективных материалов для создания полимерного СК является поликарбонат, из которого могут изготавливаться как прозрачное покрытие, так и абсорбер; при использовании поликарбоната в качестве прозрачного покрытия целесообразно применять не литые листы, а панели сотовой структуры с воздушными каналами, что улучшает теплотехнические характеристики и удешевляет конструкцию СК; тепловые характеристики полимерного СК лежат на уровне СК традиционного типа.

Литература

1. Шестопалов К.А. Теплотехнические характеристики полимерных солнечных коллекторов для систем теплоснабжения: Автореф. дис.... канд. техн. наук / Одес. гос. акад. холода. — Одесса, 2005. — 17 с.
2. Дорошенко А. Энергия солнца: технологии ее использования // ЭСТА. — Одесса: Данко, 2001. — С. 40 — 44.
3. Дорошенко А. Использование солнечной энергии в системах термовлажностной обработки воздуха / Дорошенко А., Корейша О., Белал Брахим // Холодил. техника и технология. — Одесса, 2002. — Вып. 4 (78). — С. 5 — 10.
4. Солнечные системы автономного теплоснабжения / Дорошенко А., Ахизер В., Гликсон А. и др. // Техн. газы. — 2002. — № 2. — С. 10 — 21.
5. Дорошенко А. Гелиосистемы и тепловые насосы в системах автономного тепло- и хладоснабжения / Дорошенко А., Гликсон А. // АВОК (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика) — М., 2004. — № 7. — С. 2 — 6.
6. Doroshenko A. Aternative Refrigerating, Heat-Pumping and Air-Conditioning Systems on the basis of the open absorption cycle and Solar Energy / Doroshenko A., Kirillov V., Kontsov M. // INTAS. Brussels. Technical Report, INTAS. — 2000. — Number 96-1730.
7. Дорошенко А. Альтернативные системы кондиционирования воздуха (солнечные холодильные и кондиционирующие системы на основе открытого абсорбционного цикла) / Дорошенко А., Горин А. / АВОК (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика). — М., 2005. — № 1. — С. 60 — 64.

Поступила в редакцию 17 сентября 2006 г.