

УДК 662.997

И. Е. Семенов, С. Н. Рыженко

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВОК ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Разработаны новые конструкции плоских солнечных коллекторов и баков-аккумуляторов для установок солнечного горячего водоснабжения. Разработана и изготовлена новая высокоэффективная мобильная модульная установка солнечного горячего водоснабжения.

E-mail: otitov@mail.ru

Ключевые слова: нетрадиционные источники энергии, солнечная энергетика, плоские коллекторы, абсорберы, теплообменная панель.

В настоящее время в связи с резким ухудшением экологической обстановки, что связано с загрязнением атмосферы вредными выбросами, мировое сообщество предпринимает кардинальные меры, направленные на уменьшение вредных выбросов в атмосферу, в первую очередь углекислого газа CO_2 , который образуется при сжигании топлива и способствует развитию планетарного парникового эффекта, ведущего к необратимым изменениям климата на Земле. На Всемирных конференциях по изменениям в атмосфере (Торонто, Канада; Киото, Япония) было предложено странам сократить к 2010 г. выбросы CO_2 примерно на 20% от уровня 1988 г. Реализация намеченного была бы невозможна без широкого использования в качестве альтернативных нетрадиционных источников энергии, к которым относятся: солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная и др. В связи с этим в развитых странах ведется большая работа по созданию устройств, преобразующих нетрадиционные виды энергии, и изготовлено большое число таких устройств. Прогнозные исследования развития мировой энергетики однозначно указывают на неизбежное увеличение доли использования практически неисчерпаемых экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что обусловлено как ограниченностью запасов органического топлива, их удорожанием и необходимостью решения экологических проблем, так и непрерывным совершенствованием технологий и соответствующим снижением стоимости установок и систем, разрабатываемых для преобразования энергии ВИЭ [2].

Использование солнечной энергии для горячего водоснабжения — наиболее простое в технологическом и наиболее продвинутое в практическом плане направление широкого внедрения результатов исследований и разработок в области эффективного использования ВИЭ во многих странах мира. Суммарная площадь солнечных водонагревательных установок, действующих в мире, сегодня оценивается в 50 млн м², что соответствует производству тепловой энергии, эквивалентной 5 млн т усл. топл./год. Только в европейских странах к концу 2000 г. площадь действующих солнечных коллекторов составляла 11,7 млн м² и в соответствии с прогнозом ЕС к 2010 г. площадь действующих коллекторов в странах ЕС должна возрасти примерно до 100 млн м² [1, 2].

В России установки солнечного нагрева воды пока не получили широкого применения, что связано с относительно низкими по сравнению с другими странами ценами на энергоносители и с недостаточной подготовленностью рынка. В последние годы в связи с ростом тарифов на энергию и стремлением потребителей к повышению надежности теплоснабжения за счет создания собственных источников энергии интерес к использованию солнечных водонагревательных установок резко возрос как в южных регионах страны, включая Краснодарский край, Ростовскую область, где ежегодно вводится в эксплуатацию на разных объектах несколько тысяч квадратных метров солнечных коллекторов, так и в средней полосе России и даже в ее северных регионах, где проблемы теплоснабжения автономных потребителей стоят особенно остро [2, 3].

Неподготовленность рынка солнечных установок во многом связана с недостаточной информированностью потенциальных потребителей о возможностях и эффективности использования установок в различных климатических условиях. Это, в свою очередь, обусловлено отсутствием надежных научно обоснованных методик оценки эффективности, позволяющих потребителям и производителям солнечных установок в удобном и доступном для них виде прогнозировать технико-экономические показатели установок в зависимости от климатических условий места их применения.

Солнечный коллектор — это устройство для приема и преобразования падающего солнечного излучения в теплоту жидкости и перемещения этой нагретой жидкости к месту использования. Если поверхность поглощения имеет площадь, приблизительно равную площади проекции солнечного излучения, то это коллектор плоского типа. В большинстве таких коллекторов поверхности поглощения солнечных лучей плоские. Основные компоненты плоского солнечного коллектора — это поглотитель (абсорбер) с каналами для теплопроводящей жидкости, изолирующий слой под абсорбером, неглубокий корпус и обычно один или два слоя прозрачного покрытия. Поглотитель —

это, как правило, металлическая пластина либо сборка металлических листов или пластин, образующих практически непрерывную поверхность, покрытую слоем поглощающего вещества, например черной краской, черной фарфоровой эмалью или черным металлическим оксидом. Каналы, расположенные внутри или прикрепленные к поглощающей пластине, передают теплопроводящую жидкость для контакта с нагретой поглощающей пластиной, а затем переносят нагретую жидкость к месту использования. Прозрачное покрытие — закаленное оконное стекло, уменьшающее потери теплоты в атмосферу вследствие обеспечения одного или двух слоев стоячего воздуха, предотвращающего конвективные потери. Изоляция под поглотителем и каналами для жидкости уменьшает тепловые потери вниз, а корпус обеспечивает жесткую защитную конструкцию для всей сборки коллектора. Коэффициент полезного действия солнечных коллекторов составляет до 60 % (для плоских коллекторов) [1], что позволяет считать их в настоящее время самым эффективным преобразователем солнечной энергии. На рис. 1 приведена схема двухконтурной термосифонной системы солнечного горячего водоснабжения [2].

Число коллекторов определяется расходом горячей воды и согласуется с объемом бака. Как правило на 100 л воды в баке требуется не менее 2 м² площади солнечных коллекторов. Используя данную схему как базовую и учитывая особенности мобильных установок, была создана конструкция мобильной модульной установки горячего водоснабжения, включающая в себя два модуля солнечных коллекторов (по два коллектора в модуле); бак-аккумулятор; основание, позволяющее регулировать угол наклона коллекторного модуля по отношению к горизонту; соединительную арматуру; расширительный бачок и комплект крепежно-монтажных элементов.

Главными элементами этой конструкции следует считать солнечные коллекторы, на долю которых приходится до 80 % всей стоимости установки. Солнечный коллектор представлен модифицированным вариантом, предназначенным для мобильных систем. Данная конструкция коллектора отличается от базовой наличием специальных патрубков под шланг с внутренним диаметром 1" для быстрого крепления при помощи автомобильных хомутов.

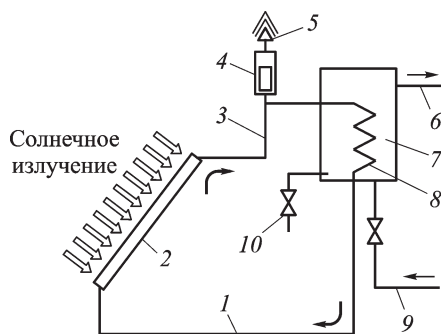


Рис. 1. Схема двухконтурной термосифонной системы солнечного горячего водоснабжения:

1, 3 — трубопроводы; 2 — солнечные коллекторы; 4 — расширительный бачок; 5 — воздушный вентиль; 6 — отбор горячей воды; 7 — бак-аккумулятор; 8 — теплообменник; 9 — подвод холодной воды; 10 — слив воды

Краткая техническая характеристика солнечного коллектора

Активная площадь теплоприемной панели, м ²	1
Поглощательная способность	0,94
Диапазон степени черноты	0,08... 0,12
Производительность коллектора площадью 1 м ² , дц ³ /день	50
Температура теплоносителя, °С	До 80
КПД, %	55
Рабочее давление в каналах, МПа	До 0,6
Толщина стенки теплоприемной панели, мм	0,3... 0,5
Толщина, мм,	
прозрачной изоляции	10
теплоизоляции	Не менее 40
Габаритные размеры, мм	80×630×1830
Масса, кг	Не более 20
Срок службы, годы	20

Коллектор явился результатом проведенных в 1998–2008 гг. работ, направленных, в первую очередь, на создание высокоэффективной поглощающей панели, от которой и зависит в основном КПД коллектора.

Созданная панель относится (в отличие от трубных) к типу штамповарных. Для ее изготовления применяются две пластины из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т с выполненными (хотя бы в одной из них) полуканалами заданной конфигурации. Пластины накладываются друг на друга, образуя замкнутые каналы для теплоносителя полного профиля, соединяются между собой шовной и точечной контактной электросваркой. Предложено два варианта исполнения. Первый — продольные каналы в панели выполняются глубиной 3... 3,5 мм и только на одной пластине толщиной 0,3 мм, а поперечные полуканалы — как на этой пластине, так и на ответной, толщина которой составляет 0,5 мм. Использование листов разной толщины связано с необходимостью обеспечения прочности при рабочем давлении теплоносителя в панели. Второй вариант исполнения — каналы выполняются на обеих пластинах.

Традиционной технологией изготовления таких пластин является листовая штамповка. Оптимальная площадь коллектора, определенная на основе технико-экономического анализа, составляет 1... 2 м², поэтому для изготовления панелей такой площади необходимо использовать прессы с большим размером рабочего стола и сложной дорогостоящей штамповой оснасткой. Кроме того, процесс штамповки на таком прессе весьма энергоемок, а листы толщиной 0,3 мм поддаются штамповке с большими трудностями или не штампуются вообще (при вытяжке в процессе штамповки металл рвется). По этим причинам поглощающие панели такого типа не получили широкого распространения, несмотря на их сравнительно высокую тепловую эффективность.

Применение более толстых листов приводит к неоправданному перерасходу такого дорогостоящего материала как коррозионно-стойкая сталь.

Разработанная технология листовой локальной формовки первоначально применялась для изготовления рельефов малой глубины на мягких листовых материалах, в частности алюминии. Основой этой технологии является формирование рельефа в листе с помощью горизонтального вала, облицованного полиуретаном, причем заготовка наложена на простую плоскую плиту-матрицу с отфрезерованным на ее поверхности рисунком каналов (что несравнимо проще штамповой оснастки). Горизонтальный привод рабочего стола с матрицей, движущейся относительно установленного над ним вала с полиуретановой облицовкой, осуществляется с помощью ходового винта с приводом от маломощного электродвигателя, который работает только в процессе рабочего хода (40...60 с), что во много раз снижает энергозатраты по сравнению с традиционной штамповкой.

Для штамповки каналов в элементах плоских теплоприемных панелей из коррозионно-стойкой стали с габаритными размерами 2000×1000 мм требуются мощные гидравлические прессы с высокой энерго- и металлоемкостью. Кроме того, существуют ограничения по толщине листовой заготовки. Так, используя лист толщиной $S_0 < 0,6$ мм, оказалось невозможным получить требуемую глубину канала путем формовки в штампе из-за технологических ограничений по допустимой степени деформации листа.

Общий для всех методов обработки металлов давлением недостаток — это наличие больших нагрузок (сил, давлений) и, следовательно, высокая энергоемкость процессов. При штамповке эластичной средой энергоемкость увеличивается еще больше за счет необходимости дополнительного деформирования эластичной оболочки. Поэтому применение локализации очага пластической деформации, особенно при штамповке эластичными средами, является одним из путей повышения эффективности производства изделий из листового металла большой площади и малой толщины.

Процессы деформирования листового металла на станах локальной формовки, где листовую заготовку формируют вращающимся валом с эластичной оболочкой в профилированную матрицу, закрепленную на столе с приводом горизонтального перемещения, эффективны в условиях мелкосерийного производства при изготовлении небольших партий крупногабаритных деталей с рельефной поверхностью. На таком оборудовании были получены элементы плоских теплоприемных и теплообменных панелей из коррозионно-стойких материалов с минимальной толщиной листа от 0,3 мм, что позволило сделать производство панелей более экономичным.

*а**б*

Рис. 2. Теплоприемная (а) и теплообменная (б) панели

Разработаны новые конструкции легких и экономичных теплоприемных панелей солнечных коллекторов с улучшенным теплоприемом (теплоотдачей) из коррозионно-стойкой стали. Теплоприемную панель изготавливают из двух свариваемых между собой элементов. Внешний и внутренний элементы панели имеют каналы шириной B . Поскольку коррозионно-стойкая сталь имеет большой коэффициент сопротивления теплопроводности, то минимальная толщина стенки формируемых теплоприемных каналов улучшает теплопередачу между стенкой канала и теплоносителем. Толщина листа в местах контактной сварки максимальна, что позволяет увеличить прочность соединения.

Теплоприемная панель с толщиной свариваемых элементов 0,3 и 0,5 мм в сборе показана на рис. 2, а.

Также были разработаны новые конструкции теплообменных панелей для баков аккумуляторов СВУ. Теплообменная панель (рис. 2, б) имеет более широкие каналы, чем теплоприемная панель, и ее изготавливают из двух свариваемых между собой элементов, каждый из которых имеет каналы шириной B .

Технологический процесс получения теплоприемных и теплообменных панелей состоит из следующих основных операций:

- 1) резка листа (рулона) на заготовки с заданными габаритными размерами;
- 2) подрезка углов;
- 3) формовка каналов на стане локальной формовки;
- 4) штамповка на гидравлическом прессе сборных поперечных каналов с двух сторон заготовки;
- 5) сборка двух элементов панели в сварочном кондукторе;
- 6) сварка двух элементов панели по плоскостям выступов профиля;
- 7) операция нанесения покрытия.

На рис. 3, а, б приведены полуфабрикаты двух типов теплообменных панелей, на рис. 3, в — полуфабрикат теплоприемной панели после штамповки сборного поперечного канала.

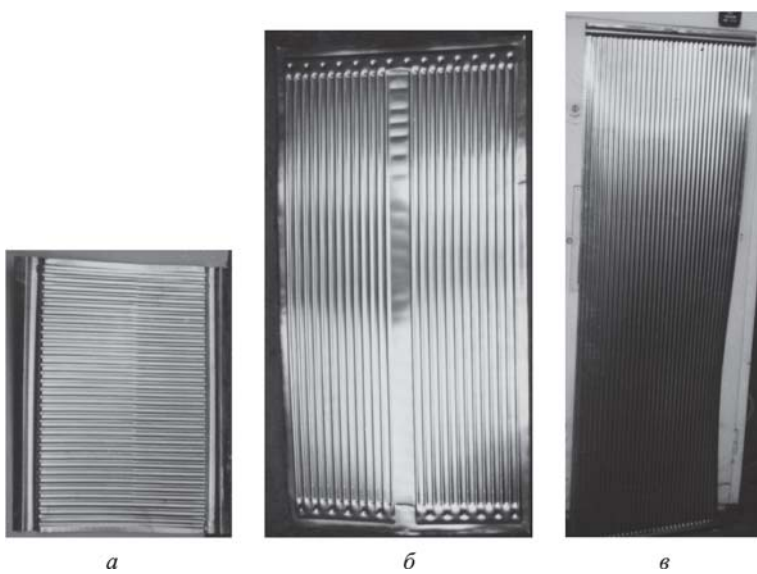


Рис. 3. Элементы теплообменной (а, б) и теплоприемной (в) панелей

В табл. 1 приведены значения технологических параметров обработки тонколистовых элементов панелей из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т на стане локальной формовки с эластичной оболочкой из полиуретана марки СКУ-ПФЛ.

Значения отношения $h/h_{тр}$ (глубины отформованного канала к требуемой глубине канала) изменяются от 0,18 до 1,0 в зависимости от толщины заготовки и ширины формуемого канала. Минимальное значение $h/h_{тр} = 0,18$ получено при деформировании узких каналов шириной $B = 11,5$ мм в заготовке толщиной $S_0 = 0,5$ мм.

В процессе локальной формовки металл заготовки жестко прижимается эластичным валом к матрице по центру плоскостей выступов (являющихся поверхностями контактной сварки при сборке изделия), поэтому течение металла в этих зонах отсутствует, а толщина листа максимальна. Формовка рельефа происходит за счет утонения металла заготовки по поперечному сечению каналов. Из табл. 1 видно, что суммарная степень деформации листа $\Sigma \varepsilon_{ср}^л$ за один проход заготовки под эластичным и жестким валом (средняя по ширине канала) составляет от 0,18 до 0,23 для элементов панелей с различной шириной канала B и достигает значения 0,234 при $B = 26$ мм. Минимальная толщина листа (средняя по ширине канала) составляет: $S_{к.ср} \approx 0,234$ мм для заготовки толщиной $S_0 = 0,3$ мм; $S_{к.ср} \approx 0,306$ мм для заготовки толщиной $S_0 = 0,4$ мм; $S_{к.ср} \approx 0,392$ мм для заготовки толщиной $S_0 = 0,5$ мм. В процессе холодного пластического деформирования заготовки в центральной части канала прочность увеличивается (вследствие увеличения предела прочности металла σ_B) на 20...30%, поэтому потребительские свойства изделий (максималь-

**Технологические параметры обработки тонколистовых элементов
теплоприемных и теплообменных панелей**

Технологические параметры	Панели					
	теплоприемные				теплообменные	
Ширина канала B , мм	11,5		21		26	58
Толщина листа S_0 , мм	0,3	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4
Максимальная глубина канала h , отформованная эластичным валом, мм (при $\varepsilon_{\text{доп}}^{\text{эл}} = 0,27$)	1,75	0,45	4,0	2,0	4,5	12
Требуемая глубина канала $h_{\text{тр}}$, мм	2,5	2,5	5,0	5,0	6,0	12,0
Отношение глубины отформованного канала к требуемой глубине $h/h_{\text{тр}}$	0,7	0,18	0,8	0,4	0,75	1,0
L_h , мм	13	11,6	24	21,4	31	70
$L_{h_{\text{тр}}}$, мм	14	14	25	25	32,4	70
Степень деформации листа эластичной оболочкой $\varepsilon_{\text{эл}}^{\text{л}}$ (при $\varepsilon_{\text{доп}}^{\text{эл}} = 0,27$)	0,130	0,017	0,143	0,019	0,192	0,207
Степень деформации листа жестким профилированным валом $\varepsilon_{\text{ж}}^{\text{л}}$	0,077	0,199	0,042	0,168	0,042	—
Суммарная степень деформации листа $\Sigma\varepsilon_{\text{ср}}^{\text{л}} = \varepsilon_{\text{эл}}^{\text{л}} + \varepsilon_{\text{ж}}^{\text{л}}$ (средняя по ширине канала)	0,207	0,216	0,185	0,187	0,234	0,207
Конечная толщина заготовки (средняя по ширине канала) $S_{\text{к.ср}}$, мм	0,234	0,392	0,245	0,407	0,306	0,317

но допустимое давление теплоносителя $p_{\text{max}}^{\text{л}}$), полученных из полуфабрикатов методом локальной формовки, уменьшаются не более чем на 15 % по сравнению с подобными изделиями, полученными листовой штамповкой. Кроме того, штамповкой на прессе нельзя получить полуфабрикат панели толщиной менее 0,6 мм из-за технологических ограничений ($\varepsilon_{\text{доп}}^{\text{эл}} < 0,25$). Таким образом, массу панелей из полуфабрикатов, полученных локальной формовкой, удастся уменьшить в 2 раза. Это приводит к значительной экономии металла, снижению себестоимости изделий и дает возможность производить теплообменники с улучшенной теплоотдачей.

Переход к изготовлению пластин поглощающих панелей солнечных коллекторов из коррозионно-стойкой стали потребовал нового цикла экспериментальных работ, поскольку значительно изменились как технологические свойства материала, так и требуемая глубина формовки каналов. Эта задача была решена, и освоено опытное производство пластин теплоприемных панелей размером 1770×565 мм, имеющих 33 канала глубиной 3,5 мм, что позволило получить на том же станочном оборудовании панель с высокой тепловой эффективностью.

Второй оригинальной технологией, разработанной авторами, является способ получения селективного покрытия для рабочей поверхности поглощающей панели.

Селективное покрытие резко снижает тепловые потери панели в окружающую среду. В структуре этого многослойного покрытия обязательно присутствует зеркальный слой, поверх которого расположен черный слой очень малой толщины (менее 1 мкм) с высоким коэффициентом поглощения в области видимого спектра солнечного излучения. При поглощении солнечного излучения этим черным слоем происходит нагрев панели и, следовательно, рост ее радиационных потерь в окружающую среду, но это тепловое излучение панели лежит уже в инфракрасной области спектра, т.е. имеет большую длину волны, поэтому это длинноволновое излучение не “чувствует” верхнего тонкого черного слоя покрытия и поверхность панели излучает как зеркальная, при этом ее коэффициент излучения в 8–10 раз меньше, чем у окрашенной обычной черной краской поверхности, и реальные радиационные тепловые потери панели резко снижаются, а ее рабочая температура возрастает.

В качестве основы технологии селективного покрытия была принята технология, разработанная в НПО “Энергия” и НПО “Машиностроение” для космической станции “Алмаз”, т.е. для заатмосферных условий эксплуатации. Для наземных условий, тем более в солнечных коллекторах, где влажность внутри корпуса в течение длительного времени может достигать 100 % при высоких температурах, это покрытие было совершенно непригодно. Направлением технологической проработки было выбрано повышение адгезии покрытия к поверхности панели в условиях высокой влажности и температуры при сохранении его оптических свойств в этих условиях на весь срок службы коллектора (10–20 лет) без заметного ухудшения оптических характеристик (коэффициентов поглощения и излучения). В результате было получено селективное покрытие с коэффициентами поглощения 0,92...0,94 и излучения (степенью черноты) 0,08...0,12, которое выдержало два цикла испытаний подряд в климатической камере, что соответствует 14 годам эксплуатации, без снижения оптических характеристик. Испытания проводились в ЛИИ им. Громова.

Эта технология основана на комбинированном магнетронном плюс плазмохимическом нанесении покрытия, осуществляемом последовательно в двух вакуумных камерах, при полной экологической чистоте процесса.

Итогом работ явилось создание новой высокоэффективной конструкции солнечного коллектора с площадью поглощающей панели 1 м².

Испытания коллектора проводились независимо от друг друга в ЦАГИ, Институте физики высоких температур (ИФВТ) РАН и Научно-

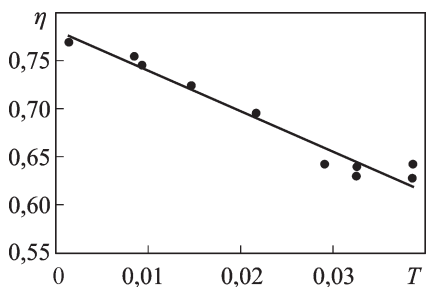


Рис. 4. Тепловая характеристика солнечного коллектора

Помимо того, в г. Махачкале (Дагестан) и г. Жуковском (М.О.) на стендах с искусственным солнцем по методике, разработанной ИФВТ РАН, проведены: испытания герметичности и влагонепроницаемости; тепловые (определение постоянной времени и кривой КПД) и гидравлические (определение гидравлического сопротивления) испытания; испытания на предельный нагрев, внутренний и внешний тепловые удары, внутреннее давление. Модификации коллекторов успешно прошли все этапы испытаний. Отработанные модели имеют хорошие показатели по всем параметрам и не уступают лучшим японским коллекторам такого класса. На рис. 4 приведена тепловая характеристика солнечного коллектора с эффективной площадью 1 м^2 (η — эффективность использования солнечной энергии, $T = (T_{\text{ср}} - T_a) / I \text{ К} \cdot \text{м}^2 / \text{Вт}$, где $T_{\text{ср}}$ — средняя температура воды в коллекторе; T_a — температура окружающего воздуха; I — плотность солнечной радиации).

Авторами разработана и изготовлена мобильная модульная установка “Радуга М”, предназначенная для подогрева воды в полевых условиях для хозяйственных нужд (горячее водоснабжение) с использованием в качестве основного источника теплоты солнечной энергии и в качестве дополнительного источника теплоты — электронагревателя.

Конструкция устройства предусматривает возможность его монтажа с помощью несущей арматуры на открытых площадках за 30 мин.



Рис. 5. Бак-аккумулятор

исследовательском энергетическом институте им. Г.М. Кржижановского. Эти испытания отвечали требованиям ГОСТ 28310–89 “Солнечные коллекторы. Общие технические условия” и показали соответствие изделия как требованиям этого стандарта, так и требованиям стандартов основных зарубежных стран — производителей коллекторов.

В состав устройства “Радуга М” входят модули солнечных коллекторов в сборе, аккумулятор теплоты (бак для воды) в сборе, соединительная трубопроводная арматура, несущая арматура, стандартные крепежные изделия.

Было разработано три разных варианта баков-аккумуляторов (рис. 5), их технические данные и характеристики представлены в табл. 2.

Технические данные и характеристики баков

Параметры	Бак		
	исполнение 1	исполнение 2	исполнение 3 (цилиндрический)
Объем, дм ³	200	300	200
Температура нагрева воды, °С	50–90	50–90	50–90
Толщина теплоизоляции, мм	Не менее 40	Не менее 40	Не менее 40
Габаритные размеры с теплоизоляцией, мм	600×600×1200	600×850×1200	∅540 × 1500
Масса, кг	17	20	16
Электронагреватель (тип ТЭН — 6АВ/1.6 П220 по ГОСТ 13268-83 или ТУ 16-531.690-80), мощность, кВт	1,6	1,6	1,6
Интервал регулирования температуры (регулятор типа ТУДЭ), °С	0–100	0–250	0–250

Испытания различных модификаций солнечных коллекторов проводились в натуральных условиях (опыт десятилетней эксплуатации в условиях полигона в Московской области) и в независимых специализированных лабораториях: в лаборатории испытания солнечных коллекторов

ИФВТ в г. Махачкале (Дагестан); в лаборатории Высшей школы г. Ульма (Германия); в лаборатории ЦАГИ в г. Жуковском (М.О.).

Натурные испытания проводились на установках пяти следующих типов: первый — один коллектор + бак на 70 л без теплообменника; второй — два коллектора + бак на 110 л с теплообменником; третий — два коллектора + бак на 110 л без теплообменника; четвертый — четыре коллектора + бак на 200 л с теплообменником; пятый — четыре коллектора + бак на 300 л с теплообменником.

В процессе испытаний измеряли расход теплоносителя, температуру теплоносителя на входе и выходе из коллектора, температуру воды в баке на трех уровнях, температуру окружающей среды, скорость ветра. На рис. 6, а приведены результаты испытаний установки третьего типа, полученные в середине апреля 2002 г. при скорости ветра 3,5 м/с.

На рис. 6, б представлены результаты испытаний для той же установки, полученные 30 июня 2002 г. при скорости ветра 2,7 м/с.

На рис. 7 приведена мобильная модульная установка с баком-аккумулятором на 200 л, разработанная и изготовленная в лаборатории кафедры МТ-10 МГТУ им. Н.Э. Баумана. Мобильная модульная установка монтируется за 30 мин и запускается (вместе с монтажом) за 60 мин.

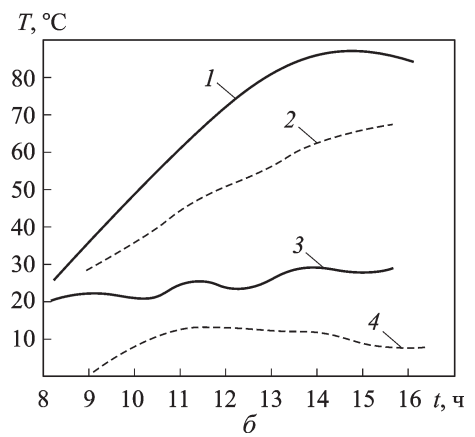
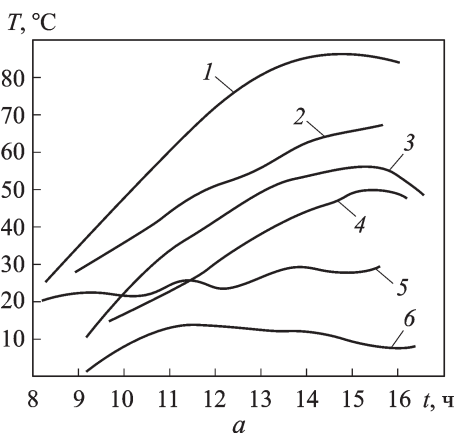


Рис. 6. Результаты испытаний установки с двумя коллекторами и баком на 110 л воды, полученные в середине апреля 2002 г. при ясной погоде и средней скорости ветра 3,5 м/с (а) и 30 июня 2002 г. при скорости ветра 2,7 м/с (б):
а – кривые 1, 2 – температура воды на выходе и входе солнечного коллектора; 3, 4, 5 – температура верхнего, среднего и нижнего слоев воды в баке соответственно; *б* – температура окружающего воздуха; 2 – средняя температура воды на выходе солнечного коллектора; 2 – средняя температура воды в баке; 3 – температура окружающего воздуха; 4 – разность температур верхнего и нижнего слоев воды в баке

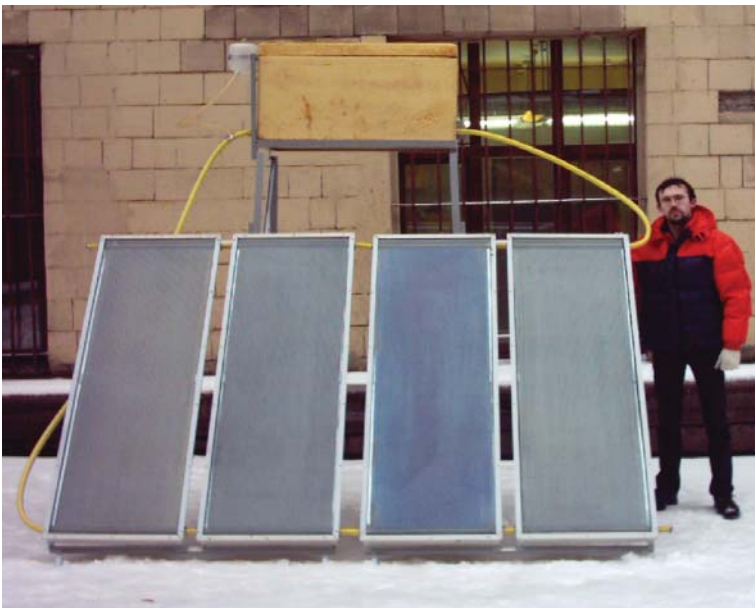


Рис. 7. Мобильная модульная установка с баком-аккумулятором на 200 л

Модульные мобильные установки для нагревания воды могут поставляться предприятием-изготовителем в следующей комплектации. Минимальная комплектация содержит один коллекторный модуль с баком на 150 л. Максимально возможная комплектация состоит из бака на 300 л и трех коллекторных модулей (площадью 2 м²).

В процессе выполнения настоящей работы были получены следующие результаты:

1. Разработана оптимальная конструкция солнечного коллектора типа “Радуга М” с эффективной площадью поверхности абсорбера 1 м^2 .

2. Разработаны оптимальные конструкции баков-аккумуляторов с плоским теплообменником, тэном и регулятором температуры.

3. Спроектирована и изготовлена быстро разборная конструкция модульной мобильной установки для нагревания воды.

4. Проведены пуско-монтажные работы новой быстро разборной конструкции модульной мобильной установки для нагрева воды: масса установки (сухая) составляет 147 кг (с двумя коллекторными модулями; время сборки и монтажа установки составляет 30 мин, запуска установки — 30 мин, суммарное время сборки и запуска составляет один час, что подтверждает ее высокую мобильность.

Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию Министерства науки и образования РФ в рамках госбюджетной темы ОЦО № 1.17.10.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. W e i s s W. Come in from the cold. The solar thermal market in Europe // Renewable Energy World. 2002. – V. 5, No. 4. – P. 91–97.
2. Л о ф Д ж. О. Д ж. Плоские и неконцентрирующие коллекторы // Университет шт. Колорадо, Форт Коллинс и корпорация “Solaron” Денвер, Колорадо, 1990. – 250 с.
3. D u f f i e J. A. Beckman W. A. Solar engineering of thermal processes. – New York Wiley. 1980.

Статья поступила в редакцию 21.10.2010

Иван Евгеньевич Семенов окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1974 г. Д-р техн. наук, профессор кафедры “Оборудование и технологии прокатки” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 120 научных работ в области теории пластической деформации тонколистового металла и нетрадиционных источников энергии.

I.Ye. Semenov graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1974. D. Sc. (Eng.), professor of “Equipment and Technologies of Rolling” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 120 publications in the field of theory of plastic deformation of thin-sheet metal and non-traditional energy sources.



Сергей Николаевич Рыженко окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1972 г. Канд. техн. наук, зам. начальника Управления научных исследований МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 30 научных работ в области обработки металлов давлением.

S.N. Ryzhenko graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1972. Ph. D. (Eng.), deputy head of Administration for Scientific Research of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 30 publications in the field of plastic metal working.

