

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Н.Д. Шишкин*, В.Н. Железнова**

* *Лаборатория нетрадиционной энергетики ОЭП СНЦ РАН,
Россия, Саратов, n.shishkin-53@mail.ru*

** *Астраханский инженерно-строительный институт,
Россия, Астрахань, megmat@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены конструкции коллекторов солнечной энергии и солнечных водонагревательных установок российского и импортного производства. Выполнена оценка срока окупаемости солнечных водонагревательных установок и себестоимости получаемой тепловой энергии. Даны рекомендации по их совершенствованию и применению. Описаны оригинальные конструкции коллекторов солнечной энергии и солнечных водонагревательных установок. Доказана их экономическая эффективность. Приведены рекомендации по их применению.

Ключевые слова. Коллектор солнечной энергии, солнечная водонагревательная установка, срок окупаемости, себестоимость тепловой энергии.

EFFICIENCY MARK SOLAR WATER HEATING SYSTEMS HEAT FOR VARIOUS OBJECTS

N. D. Shishkin*, V.N. Zheleznova*

* *Laboratory of alternative energy EIA SSC of RAS,
Russia, Saratov, n.shishkin-53@mail.ru*

** *Astrakhan Institute of Civil Engineering,
Russia, Astrakhan, megmat@mail.ru*

Abstract. In the article reviewed designs of solar energy collectors and solar water heating Russian and foreign production. The estimation of the payback period make of solar water-heating installations and the cost of the resulting heat. recommendations for their perfection and application. We describe the original design of solar energy collectors and solar water heaters-tion. Their cost-effectiveness was prove. The recommendations give for their use.

Keywords. collector of solar energy, solar water heater, payback period, cost of thermal energy.

В России в последние годы осуществляется массовое строительство малоэтажных жилых зданий, доступных по цене большим группам граждан со средними доходами. Такое строительство требует экономичного автономного теплоснабжения зданий за счет децентрализованных источников теплоты. Аналогичные задачи возникают при теплоснабжении ряда других автономных объектов, к числу которых можно отнести фермерские хозяйства, производственные и сельскохозяйственные объекты, туристические и санаторно-курортные комплексы, объекты нефтегазовых и рыбных промыслов и др. В целом потребности в автономном теплоснабжении России весьма велики, т. к. значительная часть страны не имеет в настоящее время централизованного электро- и теплоснабжения. Это многочисленные территории Сибири, Дальнего Востока, сельские районы, пригородные зоны больших и малых городов, прибрежные зоны морей и океанов. Для автономного теплоснабжения могут использоваться теплогенераторы, котлы и водонагреватели, использующие топливно-энергетические ресурсы (ТЭР), такие, как природный газ (в ряде случаев сжиженный природный газ), мазут, легкое печное топливо, уголь, торф др., а также установки, использующие возобновляемые источники энергии (ВИЭ): солнечные водонагревательные установки (СВУ), ветроэнергоустановки, биогазовые установки и др. СВУ могут также применяться, как гелиоприставки к котельным [1-6].

Опыт применения СВУ в большинстве регионов России пока весьма незначительный. В настоящее время в нашей стране суммарная площадь солнечных коллек-

торов не превышает 100 тыс. м² [1, 4], в пересчете на численность населения России это 0,7 м²/1000. В 2013 г. Астраханской области в г. Нариманове создана самая крупная в России СВУ, имеющая 2200 коллекторов общей площадью 2,4 тыс. м², что в 2 раза превышает суммарную площадь 10 коллекторов солнечно-топливных котельных в Краснодарском крае, составляющую лишь 1,2 тыс. м² [3, 7]. Таким образом, суммарная площадь коллекторов солнечной энергии (КСЭ) в Астраханской области в настоящее время составляет около 5,0 тыс. м², т.е. 4,5 м²/1000 чел., что 6,4 раза больше, чем в среднем по России, но в десятки и сотни раз меньше, чем в других странах. Для сравнения, на Кипре эксплуатируется КСЭ около 800 м²/1000 чел., в Австрии 450 м²/1000 чел., в Германии 140 м²/1000 чел. [1, 3]. Главная причина такой ситуации заключается в слишком дорогом оборудовании для СВУ и прежде всего КСЭ, также в отсутствии системной государственной поддержки потребителей, использующих ВИЭ, которая существует во многих странах мира.

В ряде работ [3, 8, 9] была выполнена оценка экономической эффективности СВУ с учетом тарифов на централизованно поставляемую тепловую энергию от ТЭЦ и крупных районных котельных, в то время как для многих потребителей она может вырабатываться другими энергоисточниками, использующими ТЭР: блочными котельными, индивидуальными газовыми теплогенераторами, теплонасосными установками (ТНУ), теплоэлектронагревателями (ТЭН) и др. Поэтому представляется целесообразным более глубокий и полный анализ технико-экономической эффективности СВУ с дополнительным учетом всех этих факторов.

Целью работы является оценка технико-экономической эффективности СВУ в зависимости от конструкций СВУ, природно-климатических условий и типов используемых в системах теплоснабжения энергоисточников на основе ТЭР, а также выработка рекомендаций по их совершенствованию и применению.

Себестоимость тепловой энергии, получаемой за счет солнечной от СВУ с КСЭ различных типов (без учета эксплуатационных затрат) может быть определена в соответствии с [8,9] по формуле:

$$C_{TЭ}^{СВУ} = \frac{a_{КСЭ} k_{КСЭ}}{E_c \eta_{СВУ} T_Э}, \quad (1)$$

где a_k - коэффициент, учитывающий долю капитальных вложений в КСЭ в общие капитальные вложения в СВУ, в соответствии с [3, 8, 9] $a_k = 1,5-2,5 \approx 2,0$; $k_{КСЭ}$ - удельные капитальные вложения, зависящие от типа гелиоколлектора, руб./м²; E_c - удельное годовое количество солнечной энергии, поступающей на гелиоколлектор, ГДж/м²·год; $\eta_{СВУ}$ - энергетический КПД СВУ; $T_Э$ – срок эксплуатации СВУ, лет.

Наиболее широкое применение во всем мире в настоящее время получили селективные плоские КСЭ с двуслойным остеклением (СПК-2) и вакууммированные стеклянные трубчатые КСЭ (ВСТК). показанные на рис.1 и рис. 2.



Рис. 1. Селективные плоские КСЭ с двухслойным слойным остеклением СПК-2



Рис. 2. Вакууммированные стеклянные трубчатые КСЭ

Удельные капитальные вложения в КСЭ в наиболее широко применяемые в настоящее время КСЭ типа СПК-2 и ВСТК по данным [10-15] приведены в табл. 1.

Таблица 1. Удельные капитальные вложения в КСЭ типа СПК-2 и ВСТК

№	Страна производитель	Тип, марка	Удельные капитальные вложения, тыс. руб./м ²
1	Германия	СПК-2 Wolf F3-1	24,36
2	Германия	ВСТК Buderus Logasol CKN2.0-5	21,00
3	Израиль	СПК-2 AMKOR	17,57
4	Италия	СПК-2 Ariston, KAIROS CF20	12,85
5	Китай	ВСТК HeatPipe	8,64
6	Китай	ВСТК XF-II-24-200	9,18
7	Польша	СПК-2 Roda RSSCV20	4,79
8	Россия	СПК-2 Яsolar	11,19
9	Россия	ВСТК Сокол-Эффект-М	9,42
10	Финляндия	СПК-2 FPC-2200	11,22

Как видно из табл. 1 $k_{КСЭ}$ этих типов достаточно велики и составляют от 4,79 тыс. руб./м² для СПК-2 типа Roda RSSCV20 польского производства до 24,36 тыс. руб./м² для СПК-2 Wolf F3-1, произведенных в Германии. Как отмечается в [3-5] $k_{КСЭ}$ на российском рынке изменяется от 5,0 тыс. руб./м² для КСЭ, произведенных в России и Китае до 25,0 тыс. руб./м² для КСЭ, произведенных в Германии. Усредненные значения $k_{КСЭ}$ и $T_{Э}$ для большинства известных типов КСЭ различных типов по данным [3-16], а также результаты оценки $C_{ТЭ}^{CBУ}$ по формуле (1) также приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные технико-экономические показатели СВУ циркуляционного типа с различными КСЭ

Тип коллектора	$k_{КСЭ}$, тыс.руб./м ²	$T_{Э}$, лет	$C_{ТЭ}^{CBУ}$ руб./ГДж
Неселективный плоский КСЭ: без остекления НПК	2,3	13	466
с однослойным остеклением НПК-1	5,0	18	365
с двухслойным остеклением НПК-2	6,5	23	546
Селективный плоский КСЭ: с однослойным остеклением СПК-1	12,0	20	536
с двухслойным остеклением СПК-2	15,0	25	750
Вакууммированные стеклянные трубчатые КСЭ ВСТК	25,0	28	1014

Как видно из табл. 2 $k_{КСЭ}$ возрастают для более совершенных с энергетической точки зрения КСЭ с 2,3 тыс. руб./м² для неселективного плоского КСЭ без остекления НПК до 25,0 тыс.руб./м² для вакууммированных стеклянных трубчатых КСЭ ВСТК, т.е. в 11 раз, при этом в себестоимость тепловой энергии за счет солнечной $C_{ТЭ}^{СВУ}$ возрастает с 466 руб./ГДж до 1014 руб./ГДж, т.е. в 2,2 раза. Таким образом, более совершенные и дорогостоящие КСЭ, главным образом импортного производства, в настоящее время оказываются менее экономичными, чем простые и дешевые, главным образом отечественного производства.

Для определения срока окупаемости СВУ необходимо учесть стоимость (тариф или себестоимость) замещаемой тепловой энергии $C_{ТЭ}$, которая зависит от источника теплоснабжения. Тепловая энергии может получаться потребителем от ТЭЦ или крупной котельной, блочной или крышной котельной, индивидуального теплогенератора или газового водонагревателя, а также от теплового насоса с электрическим приводом компрессора, а в самых неблагоприятных условиях при отсутствии тепловых и газовых сетей - за счет теплоэлектронагревателей (ТЭН), например, масляных радиаторов и электроводонагревателей проточного и емкостного типа.

Срок экономической окупаемости СВУ может быть определен по полученной в [8, 9] универсальной формуле

$$T_0^{СВУ} = \frac{a_{КСЭ} k_{КСЭ}}{E_c \eta_{СВУ} C_{ТЭ}}. \quad (2)$$

Стоимость тепловой энергии, получаемой потребителем от ТЭЦ, крупной котельной равна тарифу на отпускаемую энергию, которая в настоящее время, составляет, например, для Астраханской области 338 руб./ГДж. Себестоимость тепловой энергии, получаемой от блочной, крышной котельной или индивидуального теплогенератора при сжигании природного газа, может быть оценена (без учета прочих эксплуатационных затрат) по формуле

$$C_{ТЭ}^{ТГ} = \frac{Ц_{ПГ}}{Q_{НПГ} \eta_{ТГ}}, \quad (3)$$

где $Ц_{ПГ}$ – цена на природный газ, составляет в настоящее время в России (в Астраханской области) $Ц_{ПГ} = 5,43$ руб./м³; $Q_{НПГ}$ - низшая теплота сгорания природного газа $Q_{НПГ} = 34$ МДж/м³; $\eta_{ТГ}$ - КПД теплогенераторов, можно принять $\eta_{ТГ} = 0,65$.

Коэффициент преобразования теплоты компрессионных ТНУ, с абсолютной температурой теплоносителя $T_1 = 368$ К = 95 °С для отопления и $T_1 = 333$ К = 60 °С для горячего водоснабжения можно определить по приведенной в [2] формуле

$$\mu_{ТНУ} = \eta_{ТНУ} \frac{T_1}{T_1 - T_2}, \quad (4)$$

где $\eta_{ТНУ}$ - коэффициент, учитывающий неидеальность цикла компрессора, механические и тепловые потери в ТНУ; T_2 - температура низкопотенциального источника теплоты, можно принять $T_2 = 283$ К = 10 °С.

Себестоимость тепловой энергии в ТНУ можно оценить по формуле

$$C_{ТЭ}^{ТНУ} = \frac{Ц_{ЭЭ}}{\mu_{ТНУ}}, \quad (5)$$

где $C_{ЭЭ}$ - цена электроэнергии на привод компрессора ТНУ, в настоящее время в России (в Астраханской области) $C_{ЭЭ} = 3,76$ руб./кВт * ч.

В самых неблагоприятных условиях при отсутствии тепловых и газовых сетей теплоснабжение может осуществляться за счет ТЭНов различных типов, при этом себестоимость тепловой энергии может быть приравнена цене на электроэнергию, т.е.

$$C_{ЭЭ} = 3,76 \text{ руб./кВт * ч} = 1044 \text{ руб./ГДж.}$$

Результаты расчетов технико-экономических показателей СВУ, заменяющих различные источники теплоты по формулам (2)-(5) приведены в табл. 3.

Таблица 3. Техничко-экономические показатели СВУ, заменяющие источники теплоты, использующие ТЭР

№	Источники теплоты	$C_{ТЭ}$, руб./ГДж.	T_o^{CBV} , лет		$k_{КСЭ}^{MAX}$ тыс. руб./м ²
			$k_{КСЭ}$ 5 тыс. руб./м ²	$k_{КСЭ}$ 25 тыс. руб./м ²	
1	ТЭЦ, крупная котельная	338	15	75	2,34
2	Блочная котельная, индивидуальный теплогенератор и водонагреватель	246	21	103	1,71
3	ТНУ для систем отопления	403	13	63	2,79
4	ТНУ для систем горячего водоснабжения	261	19	97	1,81
5	ТЭНы	1044	5	24	7,24

Как видно из табл. 3 себестоимость тепловой энергии изменяется в пределах от 246 руб./ ГДж при выработке ее блочной котельной или индивидуальным теплогенератором до 1044 руб./ ГДж при получении ее от ТЭНов. Соответственно срок окупаемости СВУ изменяется от 5-21 лет при альтернативном получении тепловой энергии от ТЭНов до 21-103 лет при альтернативной выработке ее блочной котельной, индивидуальным теплогенератором или водонагревателем, меньшие сроки окупаемости имеют место при удельных капитальных затратах $k_{КСЭ} = 5$ тыс. руб./м², а большие сроки окупаемости при $k_{КСЭ} = 25$ тыс. руб./м². Следовательно, применение дорогостоящих, главным образом, импортных КСЭ (СПК-1, СПК-2 и ВСТК), имеющих удельные капитальные затраты $k_{КСЭ} = 25$ тыс. руб./м² и СВУ экономически нецелесообразно, т.к. их срок службы не превышает 25-30 лет. Следует отметить, что большинство применяемых в настоящее время СВУ на основе, главным образом, коллекторов типа НПК-2 и СПК-2 имеет срок окупаемости 8-12 лет [3-5], что вполне допустимо, учитывая их средний срок эксплуатации около 20 лет, но не слишком экономически эффективно.

Результаты расчетов максимально допустимых удельных капитальных затрат на экономически эффективные КСЭ для различных альтернативных энергоисточников, использующих ТЭР, выполненные по ранее полученной в [17] формуле

$$k_{КСЭ}^{MAX} = \frac{T_o^{CBV} E_c \eta_{СВУ} C_{ТЭ}}{a_{КСЭ}}, \quad (6)$$

при максимально допустимом сроке окупаемости СВУ не более 7 лет также приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3 величина $k_{КСЭ}^{MAX}$ уменьшается от 7,24 тыс. руб./м² при получении тепловой энергии от ТЭНов до 1,71 тыс. руб./м² лет выработке ее котельной. Экономически эффективно при сроке окупаемости не более 7 лет применение лишь самых дешевых КСЭ типа НПК, имеющих $k_{КСЭ} = 2,3$ тыс. руб./м², как гелиоприставок, вместе с ТЭЦ, с ТНУ для систем отопления и с ТЭНами. В этой ситуации необходима разработка отечественными производителями новых типов достаточно энергетически эффективных, но гораздо более дешевых КСЭ и СВУ на их основе.

Для улучшения технико-экономических показателей КСЭ и СВУ возможны следующие пути совершенствования их конструкций: применение более дешевых полимерных материалов в КСЭ; снижение теплопотерь в СВУ за счет совмещения теплового аккумулятора и КСЭ; применение более простых и дешевых КСЭ и абсорберов в их составе; применение гравитационных, а не циркуляционных СВУ на основе, в основном более простых и дешевых типов абсорберов и КСЭ.

Как отмечается в работе [18], разработанный ОИВТ РАН и ООО «Политермо» опытный образец СВУ из полимерных и композиционных материалов с габаритной площадью 1,5 м² имеет 5 объединенных между собой секций общим объемом 100 л (66 л / м²). Это позволило снизить удельную массу СВУ до 20 кг / м², т.е. в 2,5-3.5 раза по сравнению с известными аналогами. Это, по-видимому, приведет при серийном производстве к существенному снижению удельных капитальных вложений в КСЭ.

Рассмотрим также два других пути улучшения технико-экономических показателей КСЭ и СВУ за счет совершенствования их конструкций. В 2015 г. в соответствии с планом работы ЛНЭ СНЦ РАН при АГТУ разработан ряд наиболее простых и дешевых КСЭ типа НПК, НПК-1 и НПК-2. Они состоят из различных трубчатых и оребренных трубчатых абсорберов, пластинчатых, листотрубных панелей и др., помещенных в теплоизолированный корпус (ТК), имеющий одинарное, остекление или двойное остекление из стандартных пластиковых окон. 2 конструкции КСЭ типа НПК-1 и НПК-2 показаны на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. КСЭ, разработанных ЛНЭ СНЦ РАН

а) спиральный трубчатый абсорбер в корпусе КСЭ (без остекления и теплоизоляции; б) трубчатый абсорбер из алюминиевого профиля с двойным остеклением КСЭ из стандартных пластиковых окон

Корпус КСЭ, показанного на рис. 3а деревянный из досок толщиной 20-30 мм и шириной 80-120 мм. Днище корпуса КСЭ из ДВП и оцинкованной жести. Короб тщательно теплоизолируется снизу пенополистиролом. Сверху теплоизоляции в корпусе

КСЭ закрепляется лист оцинкованной жести, поверх которого укладывается сам абсорбер. Последний крепится в корпусе хомутами. Трубы абсорберов КСЭ окрашиваются черной матовой краской. Покровное стекло герметизируется для снижения конвективных теплопотерь.

В другом варианте КСЭ, показанном на рис.3б используется двойное остекление из стандартных пластиковых окон, практически в 2 раза снижающее теплопотери через остекление КСЭ. С внешней стороны ТК КСЭ окрашивается белой краской для снижения радиационных теплопотерь [9]. Абсорбер представляет собой параллельно расположенные алюминиевые трубки прямоугольного профиля, присоединенные сверху и снизу к пластиковым трубам КСЭ большего сечения.

Одна из экспериментальных СВУ термосифонного типа с рассмотренными КСЭ со змеевиковым абсорбером, смонтированная на полигоне ЛНЭ СНЦ РАН на крыше 8 учебного корпуса АГТУ показана на рис. 4.



Рис. 4. Экспериментальная СВУ термосифонного со змеевиковым абсорбером ЛНЭ СНЦ РАН при АГТУ

Она состоит из КСЭ, расположенным строго на юг (азимут равен 0) под оптимальным для СВУ сезонного типа (работающих с середины апреля до середины октября) углом к горизонту, равном $\beta = \varphi - 15 = 33^\circ$, где $\varphi = 48^\circ$ - географическая широта, на которой расположен г. Астрахань, бака-аккумулятора теплоты (теплового аккумулятора), смонтированных на подставках из уголка и листовой стали, а также теплоизолированных трубопроводов для циркуляции теплоносителя (воды). СВУ имеет площадь КСЭ $F_{КСЭ} = 0,35 \text{ м}^2$ при объеме теплового аккумулятора $V_{ТА} = 18 \text{ л}$ (66 л/м^2).

Расчеты по известным методикам [6, 16] показывают, что экспериментальные СВУ позволят в теплый период (с апреля по октябрь) подогревать воду до 45-60 °С без дополнительного источника энергии. Более точные данные по рабочим параметрам установок будут получены, как предусмотрено планом ЛНЭ СНЦ РАН, в 2016 г. Предварительные оценки показывают, что удельные затраты на изготовление предлагаемых КСЭ при серийном производстве не превысят $k_{КСЭ} = 2-5 \text{ тыс. руб./м}^2$. Эти данные для каждого из разработанных типов КСЭ также будут уточнены в 2016 г.

Еще более экономичной представляется СВУ гравитационного типа с многоступенчатым (ГТМ) КСЭ, выполненным из разнородных наиболее дешевых элементов КСЭ, например, НПК, НПК-1, НПК-2 [16]. Вытекая из расходного бака и протекая последовательно через эти элементы КСЭ вода постепенно нагревается и посту-

пает в тепловой аккумулятор. Удельные капитальные затраты на СВУ ГТМ КСЭ могут быть определены по правилу аддитивности по формуле

$$k_{СВУ}^{ГТМКСЭ} = \eta_{цт} k_n \sum_{i=1}^n A_i B_i \quad (7)$$

где A_i - коэффициенты, учитывающие долю площади i -го элемента КСЭ в общей площади КСЭ; η_i - энергетические КПД каждой из ступеней КСЭ; k_n - удельные затраты на n -ый элемент КСЭ, руб./м²; B_i - коэффициенты, учитывающие соотношение капитальных затрат на i -й и наиболее дорогостоящий n -ый элемент многоступенчатого КСЭ.

Расчеты, приведенные в [8, 16] показывают, что для СВУ ГТМ КСЭ типа НПК, НПК-1 и НПК-2 коэффициенты $A_1 = 0,69$, $A_2 = 0,22$, $A_3 = 0,09$. На основе данных по стоимости элементов КСЭ, приведенных в табл. 2, коэффициенты B_i равны соответственно $B_1 = 0,35$, $B_2 = 0,77$, $B_3 = 1,00$. Расчеты по формуле (7) показывают, что удельные капитальные вложения в СВУ ГТМ КСЭ будут равны $0,4 k_n = 2,6$ тыс. руб./м², т.е. СВУ ГТМ КСЭ будет дешевле СВУ циркуляционного типа с КСЭ НПК-2 в 2,5 раза.

При использовании оригинальных еще более дешевых, но достаточно энергетически эффективных КСЭ типа НПК-2 удельная стоимость такого комбинированного КСЭ не превысит $k_{КСЭ} = 2,0$ тыс. руб./м², а следовательно СВУ ГТМ КСЭ будут иметь срок окупаемости не более 6 лет и быть экономически эффективными для большинства потребителей, использующих в настоящее время ТЭР. Это позволит потребителям затратить существенно меньше средств, чем на серийно выпускаемые КСЭ отечественного и импортного производства и СВУ на их основе и получить экономиию ТЭР до 40-60 %.

Библиографический список

1. Фортов В.Е., Попель О. С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. 168 с.
2. Амерханов Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М.: Колос, 2003. 532 с.
3. Бутузов В.А., Брянцева Е. В., Бутузов В. В. и др. Гелиоустановки: основные факторы экономической окупаемости // Промышленная энергетика. 2013. № 5. С. 55-57.
4. Бутузов В.А. Перспективы производства солнечных коллекторов в России // Промышленная энергетика. 2009. № 5. С. 47-49.
5. Оборудование нетрадиционной и малой энергетики: Справочник-каталог. Третье издание / Под ред. П.П.Безруких. М.: АО "Новые и возобновляемые источники энергии". 2005. 170 с.
6. Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики / под ред. О.С. Попеля. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. 888 с.
7. Шишкин Н.Д., Ильин Р.А. Использование солнечной энергии в Астраханской области // Вестник АГТУ. 2013. № 2. С. 74-80.
8. Шишкин Н.Д. Комплексная оценка эффективности энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник АГТУ. 2014. № 2. С.59-66.
9. Ильин Р.А., Шишкин Н.Д. Комплексная оценка эффективности и создание экспериментальной солнечной водонагревательной установки // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 21. С. 1-6.
10. Солнечные коллекторы. 2014. // www.astraenergoeffect.ru.
11. Гелиоустановки - Buderus. 2015. // www.aerkom.ru.
12. Солнечные коллекторы. 2009. // Zona-postroyki.ru.
13. Солнечные панели. 2013. // www.altenergo.lv.

14. Гелиосистемы и солнечные коллекторы Ariston-Kairos.2013 // Domteplo.ru ..
15. Маркин А., Мысливец А.Производительность коллекторов при различных режимах эксплуатации.2014. // www.temos.com.ua
16. Шишкин Н.Д. Эффективное использование возобновляемых источников энергии для автономного тепло-снабжения различных объектов . Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. 208 с.
17. Шишкин Н.Д. Энергетическая и технико-экономическая эффективность солнечных водонагревательных установок // Вестник АГТУ. 2015. № 2. С.51-59.
- 18.Попель О.С., Фрид С. Е., Мордынский А. В. и др. Результаты разработки солнечной водонагревательной установки аккумуляционного типа из полимерных и композитных материалов // Теплоэнергетика. 2013. № 4. С. 40-42.