

Гелиоустановки в России: анализ результатов сооружения в 2018–2019 годах

Рецензия эксперта на статью получена 29.11.2019 [Expert review on the article received on November 29, 2019].

Введение

По данным аналитического центра REN21 (ren21.net), работающего под эгидой Программы ООН по окружающей среде, в мире на начало 2019 года общая установленная мощность солнечного теплоснабжения составляла 480 ГВт (600 млн м²). В России, по экспертным данным, она равна 68 МВт (85 тыс. м²) [1]. Советская система развития солнечного теплоснабжения включала пять основных научных школ, четыре специализированных научно-исследовательских и проектных института, семь заводов по производству солнечных коллекторов (СК) и специализированную организацию «Спецгелиотепломонтаж» (город Тбилиси), которая занималась исследованиями, проектированием, изготовлением СК и монтажом гелиоустановок (ГУ) [2].

Теоретические основы создания в СССР солнечных коллекторов и гелиоустановок были заложены в 1924 году д.т.н. Б.П. Вейнбергом (1871–1942). Оптимизацией конструкции СК и массовым сооружением ГУ в 1930-е годы занимался к.т.н. Б.В. Петухов. Главным гелиотехническим теоретиком СССР в 1970-е годы был д.т.н. Б.В. Тарнижевский (1930–2008), который разработал и испытал большинство советских конструкций СК. Лидер ташкентской гелиотехнической школы д.т.н. Р.Р. Аvezов разработал методы эк-

Теоретические основы создания в СССР солнечных коллекторов и гелиоустановок были заложены в 1924 году д.т.н. Б.П. Вейнбергом (1871–1942). Оптимизацией конструкции солнечных коллекторов и массовым сооружением гелиоустановок в 1930-е годы занимался к.т.н. Б.В. Петухов. Главным гелиотехническим теоретиком СССР в 1970-е годы был д.т.н. Б.В. Тарнижевский (1930–2008)

сергетического анализа и новые конструкции СК. Ведущими проектными институтами по ГУ были Киевский (д.т.н. М.Д. Рабинович, к.т.н. А.Р. Ферт) и Ташкентский (к.т.н. Ю.К. Рашидов) зональные научно-исследовательские и проектные институты (НИПИ) экспериментального проектирования.

В СССР основными производителями солнечных коллекторов были Братский завод отопительного оборудования (до 100 тыс. м² в год) и «Спецгелиотепломонтаж» в Тбилиси (до 40 тыс. м² в год). В 1990-е годы СК с оптимальным соотношением цены и энергетической эффективности производил Ковровский механический завод под руководством А.А. Лычагина (1933–2012). На их основе

УДК 620.92. Научная специальность: 05.14.08.

Гелиоустановки в России: анализ результатов сооружения в 2018–2019 годах

В.А. Бутузов, д.т.н., профессор, Кубанский государственный аграрный университет (КубГАУ, г. Краснодар); **В.В. Бутузов**, к.т.н., главный инженер; **Е.В. Брянцева**, к.т.н., главный специалист; **И.С. Гнатыук**, к.т.н., заместитель главного инженера, ООО «Энерготехнологии-Сервис» (г. Краснодар)

При общей установленной мощности солнечного теплоснабжения во всём мире 480 ГВт (600 млн м²), в России она составляет 68 МВт (85 тыс. м²). Представлены данные о пяти основных советских научных гелиотехнических школах, четырёх научно-исследовательских и проектных институтах, семи заводах по производству солнечных коллекторов (СК). Указаны лидеры гелиотехники по теоретическим основам — д.т.н. Б.П. Вейнберг; конструкциям СК — к.т.н. Б.В. Петухов; гелиоустановкам (ГУ) — д.т.н. Б.В. Тарнижевский, д.т.н. Р.Р. Аvezов; проектированию — д.т.н. М.Д. Рабинович, к.т.н. Ю.К. Рашидов. В современной России исследования по солнечной радиации занимаются МГУ им. М.В. Ломоносова (д.т.н. А.А. Соловьёв, к.э.н. К.С. Дегтярёв), Объединённый институт высоких температур РАН (д.т.н. О.С. Попель, к.т.н. С.Е. Фрид) и Кубанский аграрный университет (д.т.н. В.А. Бутузов). Представлены характеристики СК двух основных российских производителей: АО «НПО «Машиностроение» (г. Реутов, МО) и ООО «Новый Полус» (г. Москва). При близких габаритах СК этих производителей они различаются материалами и технологиями изготовления адсорберов. Представлены также характеристики воздушных и вакуумных СК производства ООО «Новый Полус». Описаны технические решения ГУ с СК ООО «Новый Полус» площадью 240 м² в пос. Дедеркой около г. Туапсе (Краснодарский край), структура стоимости со сроком окупаемости 4,5 года. Представлены также технические решения ГУ с СК АО «НПО «Машиностроение» площадью 100 м² в пос. Архипо-Осиповка Краснодарского края и ГУ площадью 72 м² в пос. Санаторном г. Ялты в Крыму, структура стоимости со сроком окупаемости от семи до 20 лет.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, гелиоустановки, солнечная радиация, адсорберы, экономическая окупаемость.

UDC 620.92. The number of scientific specialty: 05.14.08.

Solar heat supply in Russia: analysis of construction results in 2018–2019

V.A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University (KubSAU, Krasnodar city); **V.V. Butuzov**, PhD, chief engineer; **E.V. Bryantseva**, PhD, leading specialist; **I.S. Gnatyuk**, PhD, deputy chief engineer, "Energy Technologies-Service", LLC, (Krasnodar city)

With the total installed capacity of the world's solar heat supply 480 GW (600 millions m²), in Russia it is 68 MW (85 000 m²). Data of five major Soviet scientific solar engineering schools, four research and design institutes, and seven factories for the production of solar collectors (SC) are presented. The leaders of solar technology according to the theoretical foundations — B. P. Weinberg, Doctor of Technical Sciences; the designs of solar collectors — B. V. Petukhov, PhD; solar installations — B. V. Tarnizhevsky, Doctor of Technical Sciences; R. R. Avezov, Doctor of Technical Sciences; design — M. D. Rabinovich, Doctor of Technical Sciences, and Yu. K. Rashidov, PhD, are presented. In modern Russia the R & D on the solar radiation is conducted at Lomonosov Moscow State University (A. A. Soloviev, PhD, K. S. Degtyarev, PhD), Joint Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (O. S. Popel, PhD, S. Ef. Fried, PhD), Kuban State Agrarian University (V. A. Butuzov, PhD). The characteristics of SC of two main Russian manufacturers are presented: "NPO "Mashinostroenie", JSC (Reutov city, Moscow region), and "Novy Polyus", LLC (Moscow city). At close dimensions of SC of these producers they differ in materials and technologies of production of adsorbers. The characteristics of air and vacuum SC produced by "Novy Polyus", LLC, are also presented. The technical solutions of solar power plant with solar collectors (SPP with SC) produced by "Novy Polyus", LLC, with an area of 240 m² in the Dederkoy settlement near the Tuapse city, Krasnodar region, the cost structure with a payback period of 4.5 years are described. Also presented are technical solutions of SPP with SC produced by "NPO "Mashinostroenie", JSC, with an area of 100 m² in the Arkhipo-Osipovka settlement of the Krasnodar region and solar installations with an area of 72 m² in the Sanatorium settlement of Yalta city in the Crimea, the cost structure with a payback period of 7 to 20 years.

Keywords: solar collectors, solar thermal stations, solar radiation, adsorbers, economic payback.



в Краснодарском крае д.т.н. В.А. Бутузovým были построены более 100 ГУ общей площадью 10 тыс. м². В 2000-х годах Г.П. Касаткиным в городе Улан-Удэ были разработаны и изготовлены несколько конструкций СК и десятки ГУ общей площадью 4000 м².

В современной России научной школой солнечного теплоснабжения является Объединённый институт высоких температур (ОИВТ) РАН под руководством д.т.н. О.С. Попеля [3]. В «Атласе солнечной радиации России» [4] и компьютерной базе данных ГИС «ВИЭ России» (gisre.ru) представлены необходимые материалы для проектирования гелиоустановок. В книге [5] приведены данные о солнечной радиации городов Краснодарского края, полученные сопоставлением многолетних метеонаблюдений и компьютерной базы данных NASA Power. В работе [6] приведены результаты исследований д.т.н. В.В. Харченко о расчётных данных солнечной радиации российских регионов. В статье С.Е. Фрида и Н.В. Лисицкой [7] представлен анализ типичных параметров и конструкций современных солнечных коллекторов, на основании которого сделан вывод о достижении пределов совершенствования плоских СК. Зарубежный и отечественный опыт сертификации российских СК и гелиоустановок представлен в статье М.Ж. Сулейманова [8].

В работе С.Е. Фрида и А.Б. Тарасенко [9], на основании сопоставления стоимостных показателей тепловых и фотоэлектрических гелиоустановок, сделан вывод о достижении технического предела совершенствования тепловых гелиоустановок и о тенденции замены их фотоэлектрическими ГУ.

Проектированием гелиоустановок в настоящий момент занимаются ООО «Новый Полюс» (Москва), ООО «Энерготехнологии-Сервис» (город Краснодар) [10], ЗАО «Ростовтеплоэлектропроект» [11]. Экономическое обоснование проектиро-

вания ГУ исследуют в МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва) — к.т.н. К.С. Дегтярёв [12] и к.э.н. А.Е. Копылов [13].

Солнечные коллекторы

В 2018 году в России, по экспертным данным, общая площадь смонтированных солнечных коллекторов составила 1000 м² (100%), в том числе вакуумных трубчатых — 370 м² (37%), из них российского производства 40 м², плоских остеклённых — 630 м² (63%), из них российского производства 500 м².

Солнечные коллекторы в России производят две организации. ООО «Новый Полюс» предлагает СК собственного изготовления серии «Яsolar» следующих видов: плоские жидкостные, воздушные, воздушно-жидкостные, трубчатые вакуумные жидкостные.

Конструкция жидкостного плоского солнечного коллектора серии «Яsolar» предлагается в четырёх модификациях: три с размерами 2070×1070×103 мм и одна — 1073×1070×103 мм. Адсорбер — листотрубный медный. Лист с селективным покрытием TiNOX штампуются с углублением под медную трубку диаметром 9 мм.

Лист и трубки соединены методом пайки бессвинцовым припоем. Производитель предлагает СК со стеклом толщиной 3,2 мм или поликарбонатом 6 мм по цене от 17 500 до 29 800 руб. за СК (на 2019 год). Уплотнение стекла специальной резиной, конструкция корпуса — рамная из алюминиевого профиля, теплоизоляция толщиной 60 мм, тыльная сторона — из листового алюминия.

Воздушный солнечный коллектор при площади 2 м² предлагается по цене 27 300 руб. со стеклом (26 500 руб. с поликарбонатом), воздушно-жидкостный при той же площади со стеклом — 29 800 руб. (28 500 руб. с поликарбонатом). Трубчатые вакуумные солнечные коллекторы предлагаются с 10-ю, 20-ю и 30-ю трубками с площадью 0,83; 1,728 и 2,592 м², с U-образными медными трубками стоимостью от 23 300 до 55 800 руб.

Второй российский производитель жидкостных солнечных коллекторов — АО «НПО «Машиностроение» производит солнечные коллекторы «Сокол-Эффект» размерами 2008×1093×76,7 мм с двумя видами листотрубных адсорберов — медными и алюминиевыми, имеющими селективное поглощающее покрытие чешского производства. Применяется специальное закалённое узорчатое антибликовое стекло толщиной 3,2 мм с низким содержанием железа, с прозрачностью не менее 93,5%. Уплотнение стекла — резиной EPDM. Конструкция корпуса — рамная из алюминиевого профиля. Теплоизоляция толщиной 50 мм. Для монтажа солнечных коллекторов предлагаются специальные конструкции и межколлекторные сильфонные компенсаторы.

Цена СК с медными адсорберами составляет 31 692 руб., с алюминиевыми — 29 590 руб. (на 2019 год).



■ Солнечные коллекторы серии «Яsolar» на крыше частного дома

Фото: ООО «Новый Полюс», newpolus.ru

Гелиоустановки

В России монтажом гелиоустановок в основном занимаются две компании: ООО «Атмосфера», ООО «Новый Полус». В 2018 году ими было установлено 900 м² (100%) ГУ, в том числе 590 м² (59%) смонтировало ООО «Атмосфера» и 310 м² (31%) — ООО «Новый Полус».

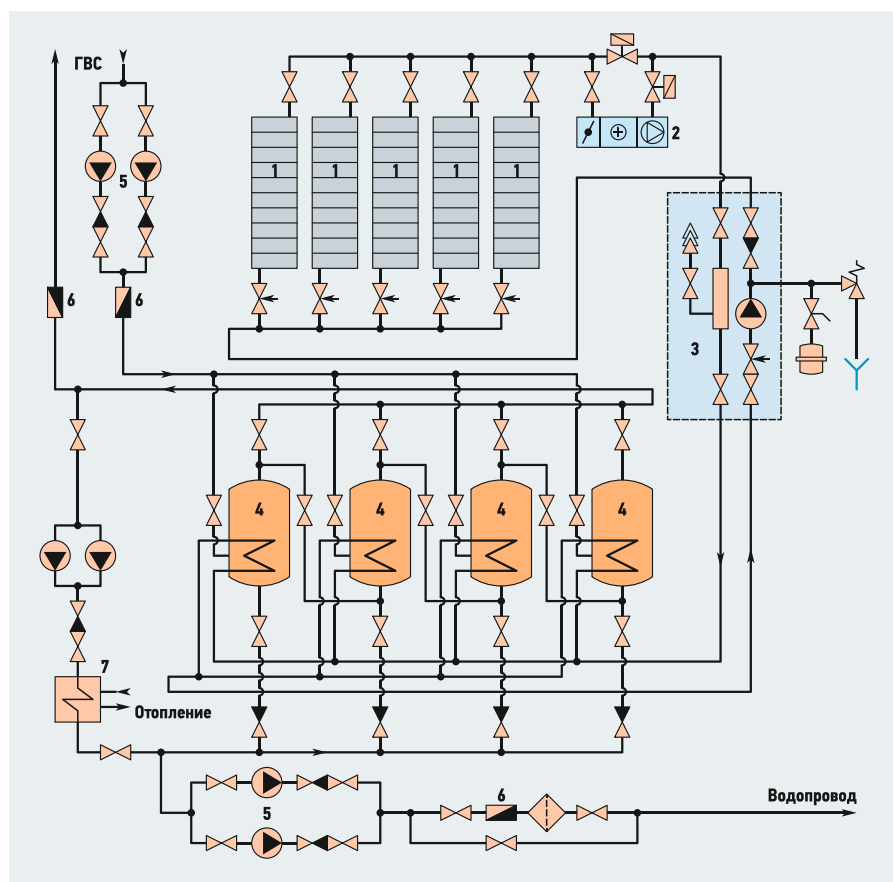
Для анализа современных российских ГУ отобраны установки, построенные в 2018–2019 годах с солнечными коллекторами и баками-аккумуляторами отечественных производителей. Следует отметить, что в связи с резким снижением курса рубля по отношению к мировым валютам в 2015 году (почти вдвое) соответственно увеличились цены на зарубежные СК и оборудование ГУ. Если в 2014 году импорт СК достигал 12 тыс. м², то в последующие годы качественное гелиотехническое оборудование для потребителя в России стало практически недоступно. В настоящее время в наибольших масштабах ГУ эксплуатируются в Краснодарском и Ставропольском краях, Бурятии, Астраханской и Волгоградской областях, Хабаровском и Приморском краях. Самая большая российская ГУ работает в городе Нариманов Астраханской области (4400 м²), она показана на фото 1 [10].



... Фото 1. Гелиоустановка в городе Нариманов (Астраханская область)



... Фото 2. Гелиоустановка в посёлке Архипо-Осиповка (Краснодарский край)



... Рис. 1. Схема гелиоустановки в посёлке Архипо-Осиповка (1 — солнечные коллекторы; 2 — аварийное расхолаживание; 3 — насосная установка; 4 — баки-аккумуляторы; 5 — насосы; 6 — расходомер; 7 — теплообменник отопления)

Компания ООО «Новая энергия» из города Горячий Ключ Краснодарского края смонтировала гелиоустановку базы отдыха АО «НПО «Машиностроение» в посёлке Архипо-Осиповка Краснодарского края с 50 СК типа «Сокол-Эффект-М» собственного производства, общей площадью 100 м² (фото 2). СК размещены на крыше столовой, ориентация южная, угол наклона — 45° к горизонту.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1.

Солнечные коллекторы скомпонованы в пять блоков по десять штук. Схема обвязки блоков СК — противоточная с балансировочными клапанами. Четыре бака-аккумулятора вместимостью по 2 м³ установлены в подвале здания. Гелиоконтур включает в себя СК, змеевики баков-аккумуляторов, насосную станцию, установку аварийного расхолаживания, пластинчатый теплообменник дежурного отопления зданий. Баки-аккумуляторы из нержавеющей стали произведены в Республике Беларусь. Теплоноситель гелиоконтура — производства ООО «Сила солнца», контроллер гелиоустановки — фирмы Resol (Германия).

Сметная стоимость составляет 6,6 млн руб. (100%), в том числе стоимость солнечных коллекторов, оборудования и материалов — 80,3%.



Фото 3. Гелиоустановка в посёлке Санаторный (Республика Крым)

Компания ООО «Атмосфера» в 2019 году смонтировала гелиоустановки общей площадью 370 м², в том числе с плоскими СК — 120 м², с трубчатыми вакуумными — 250 м². В 2019 году фирма завершила монтаж гелиоустановки систем отопления и ГВС санатория «Меллас» (Mellas Health Resort) в посёлке Санаторный города Ялты (Республика Крым) общей площадью 72 м² (фото 3).

Ориентация гелиоустановки юго-восточная (азимутальный угол — 35°). Угол наклона СК — 45° к горизонту. Принципиальная схема ГУ представлена на рис. 2. 36 СК производства АО «НПО «Машиностроение» установлены на плоской кровле здания в трёхрядном исполнении.



Проектом предусмотрено три режима работы установки. Летом при максимальном расходе воды ГВС в работе два стальных эмалированных бака и дальнейший догрев воды в котельной. При уменьшении расхода воды на ГВС контроллер SR1568 производит последовательный нагрев воды в одном, затем во втором баке. В зимнее время баки-аккумуляторы отключаются, и теплоноситель гелиоустановки нагревает сетевую воду дежурного отопления здания

В каждом ряду по два блока из шести СК. Два бака-аккумулятора вместимостью по 2 м³ имеют по два встроенных греющих змеевика. Гелиоконтур включает в себя СК, змеевики баков-аккумуляторов, насосную станцию и пластинчатый теплообменник для дежурного отопления зданий. Проектом предусмотрены три режима работы установки. Летом при максимальном расходе воды ГВС в работе два стальных эмалированных бака вместимостью по 2 м³ и дальнейший догрев воды в котельной. При уменьшении расхода воды на ГВС контроллер SR1568 (Китай) производит последовательный нагрев воды в одном, затем во втором баке.

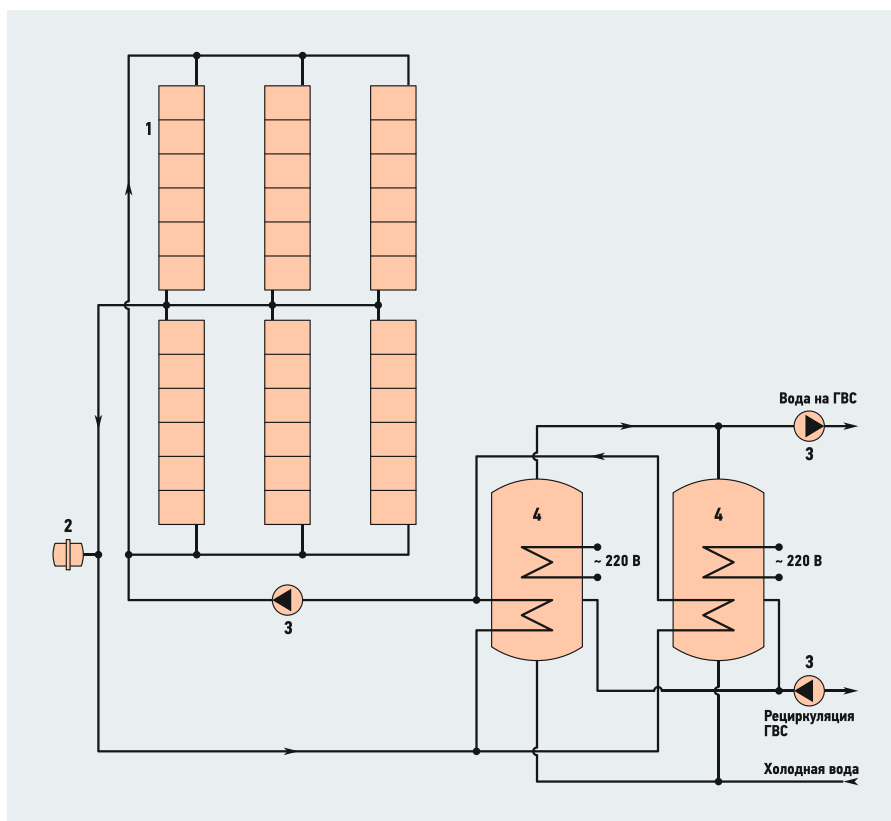


Рис. 2. Схема гелиоустановки в посёлке Санаторный (1 — солнечные коллекторы; 2 — расширительный бак; 3 — насосы; 4 — баки-аккумуляторы; 5 — теплообменник отопления)



В зимнее время баки-аккумуляторы отключаются, и теплоноситель ГУ нагревает сетевую воду дежурного отопления здания. Сметная стоимость гелиоустановки — 3,5 млн руб., в том числе одна треть — приобретение солнечных коллекторов. Проектная мощность гелиоустановки — 48 кВт, дневная выработка тепловой энергии — 240 кВт·ч. ГУ оборудована узлом учёта тепловой энергии.

В 2019 году ООО «Новый Полус» завершено строительство гелиоустановки горячего водоснабжения детского оздоровительного лагеря «Зелёный огонёк» в посёлке Дедеркой (город Туапсе Краснодарского края), фото 4. На кровле столовой смонтированы 120 СК блоками по пять единиц. Основные технические характеристики СК: площадь — 240 м², адсорбер — медный листотрубный, паяный, собственного производства.

Принципиальная схема гелиоустановки представлена на рис. 3.

Схема гелиоустановки — двухконтурная. Вспомогательное оборудование ГУ размещено в отдельном модуле размерами 8×3×4 м. Применены четыре бака-



Фото 4. Гелиоустановка в посёлке Дедеркой (Краснодарский край)



Посёлок Дедеркой (Краснодарский край)

аккумулятора белорусского производителя с греющими змеевиками. Аварийное расхолаживание обеспечивается четырьмя тепловентиляторами, управляемыми контроллером ТРМ (ООО «Овен», Москва). Циркуляция теплоносителя (ЕСО «Сила солнца») — принудительная. Работой гелиоустановки управляет контроллер ТРМ. Ведётся дистанционный мониторинг работы ГУ через модем.

Экономическая окупаемость

Для анализа перспектив российского рынка ГУ практически неприменима международная методика определения выравненных затрат на единицу производимой энергии за жизненный цикл (Levelized Cost of Energy, LCoE). Резкое изменение в 2015 году курса национальной валюты, нестабильность налоговой поддержки при оценке экономической

целесообразности сооружения ГУ делает актуальным упрощённый подход с использованием формулы:

$$T = \frac{K(1+k)}{\sum(J_{\text{солн}})K_3\eta C_T K_{\text{п}}},$$

где T — срок экономической окупаемости; K — удельные инвестиционные затраты (сметная стоимость), руб/м²; k — коэффициент удельных эксплуатационных затрат; $\sum(J_{\text{солн}})$ — суммарная солнечная радиация в плоскости СК, кВт·ч/м²; K_3 — коэффициент использования солнечной радиации; η — коэффициент преобразования солнечной радиации; C_T — удельная стоимость замещаемой тепловой энергии, руб/кВт·ч; $K_{\text{п}}$ — коэффициент прогнозного роста стоимости замещаемой тепловой энергии.

Эксплуатационные затраты на ГУ складываются из стоимости приобретения ремонтных комплектов СК и обо-

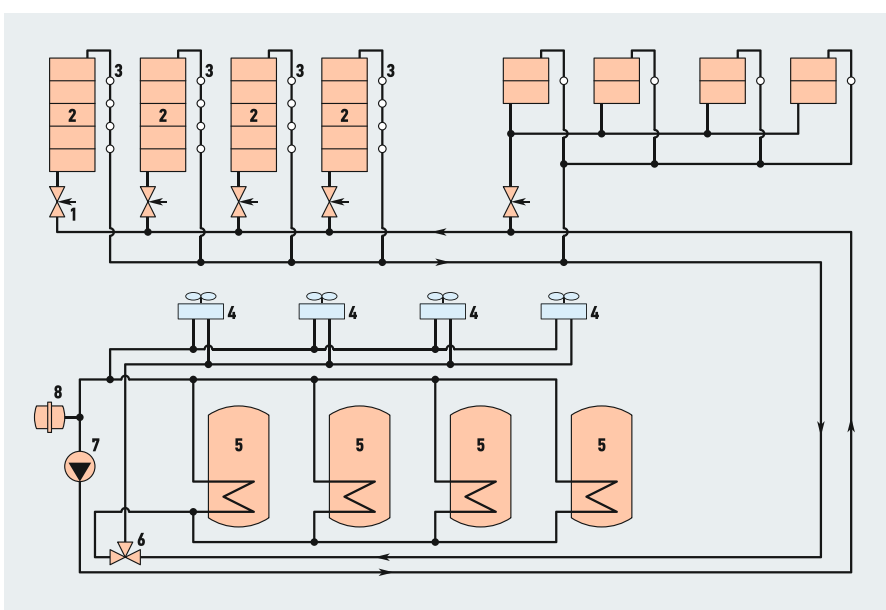


Рис. 3. Схема гелиоустановки в посёлке Дедеркой (1 — балансирующие краны; 2 — солнечные коллекторы; 3 — воздухоотводчики; 4 — установки расхолаживания; 5 — баки-аккумуляторы; 6 — клапан расхолаживания; 7 — насосы; 8 — расширительный бак)



:: Посёлок Дедеркой (Краснодарский край)

рудования, работ по обслуживанию, замены теплоносителя, электроснабжения, поверки и ремонта приборов и оцениваются в 3–5% стоимости инвестиционных затрат. Суммарная интенсивность солнечной радиации в плоскости СК определяется по известным методикам [10] на основе компьютерных баз данных. Поправочный коэффициент K_z учитывает фактическую работу ГУ в утренние и вечерние часы по команде контроллера и оценивается в 0,85–0,9. Коэффициент преобразования солнечной радиации определяется конструкцией СК и режимами работы ГУ и составляет 0,4–0,5. Коэффициент прогнозного роста стоимости замещающей тепловой энергии определяется государственной политикой и на ближайшие годы оценивается в 1,03.

Срок окупаемости гелиоустановки в посёлке Архипо-Осиповка по приведённой формуле при стоимости замещающей электроэнергии 6 руб/кВт·ч и круг-

логодичном режиме работы превышает 20 лет (срок службы СК). Срок окупаемости ГУ в Крыму с аналогичными СК при стоимости замещающей тепловой энергии 8 руб/кВт·ч (котельная на дизельном топливе) и круглогодичном режиме работы составит 17 лет. Стоимость ГУ в посёлке Дедеркой (Туапсе) значительно ниже, чем двух предыдущих, так как её

Современные российские разработки, технические и проектные решения обеспечивают возможность производства солнечных коллекторов мирового уровня теплотехнического совершенства и гелиоустановок на их основе. Для современного этапа сооружения ГУ в России характерно их применение в основном для систем горячего водоснабжения с насосной циркуляцией



:: Посёлок Архипо-Осиповка (Краснодарский край)

монтаж выполнен изготовителем СК. При стоимости СК, оборудования и материалов 5,1 млн руб. и стоимости работ 2,8 млн руб., при сезонном режиме работы и стоимости замещающей тепловой энергии 8 руб/кВт·ч срок окупаемости ГУ составит 4,5 года.

Заключение

С учётом изложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Современные российские научные разработки, технические и проектные решения обеспечивают возможность производства солнечных коллекторов мирового уровня теплотехнического совершенства и гелиоустановок на их основе.
2. Для современного этапа сооружения гелиоустановок в России характерно их применение в основном для горячего водоснабжения с насосной циркуляцией со сроком окупаемости от 4,5 года, что делает их конкурентоспособными для дальнейшего тиражирования.
3. Формирование в России рынка солнечного теплоснабжения будет возможно при государственной поддержке их строительства на региональном и федеральном уровнях. ●

1. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение: статистика мирового рынка и особенности российского опыта // Теплоэнергетика, 2018. №10. С. 78–88.
2. Бутузов В.А. Столетний опыт работы российских научных школ солнечного теплоснабжения // Энергия: экономика, техника, экология, 2019. №2. С. 16–29.
3. Попель О.С. Возобновляемая энергетика в современном мире: учебн. пособие / О.С. Попель, В.Е. Фортун. — М.: Изд-во МЭИ, 2015. 450 с.
4. Попель О.А. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России / О.А. Попель, С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец и др. — М.: ОИВТ РАН, 2010. 83 с.
5. Амерханов Р.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем / Р.А. Амерханов, В.А. Бутузов, К.А. Гарькавый. — М.: Энергоатомиздат, 2009. 502 с.
6. Даус Ю.В., Харченко В.В. Оценка применимости данных по интенсивности суммарной солнечной радиации их полученных источников актинометрической информации // Гелиотехника, 2018. №2. С. 48–53.
7. Фрид С.Е., Лисицкая Н.В. Современные солнечные коллекторы: технические параметры и тенденции их применения // Гелиотехника, 2017. №2. С. 27–37.
8. Сулейманов М.Ж. Сертификация солнечных водонагревательных установок в России / Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов: Мат. XI Школы молодых учёных им. Э.Э. Шпильрайна. — Махачкала: Алеф, 2018. Вып. 7. С. 316–319.
9. Фрид С.Е., Тарасенко А.Б. Использование фотобатарей для горячего водоснабжения — опыт и перспективы // Альтернативная энергетика и экология, 2018. №16–18. С. 23–38.
10. Бутузов В.А. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии / В.А. Бутузов, В.В. Бутузов. — М.: Интехэнерго; Теплоэнергетик, 2015. 314 с.
11. Зайченко В.М. Автономные системы энергосбережения / В.М. Зайченко, А.А. Чернявский. — М.: Недра, 2015. 285 с.
12. Дегтярёв К.С. Экономика возобновляемой энергетики в мире и в России // Журнал С.О.К., 2017. №9. С. 80–87.
13. Копылов А.Е. Экономика ВИЭ. — М.: Грифон, 364 с.

References — see page 95.

Solar heat supply in Russia: analysis of construction results in 2018–2019. Pp. 88–93.

Vitaliy A. Butuzov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (KubSAU, Krasnodar city); **Vitaliy V. Butuzov**, PhD, chief engineer; **Elena V. Bryantseva**, PhD, leading specialist; **Ilya S. Gnatyuk**, PhD, deputy chief engineer, "Energy Technologies-Service", LLC (Krasnodar city)

1. V.A. Butuzov. *Solnechnoe teplosnabzhenie: statistika mirovogo rynka i osobennosti rossijskogo opyta* [Solar heat supply: world market statistics and features of the Russian experience]. *Teplojenergetika* ["Heat power engineering" Magazine]. 2018. No. 10. Pp. 78–88. [In Russian]
2. V.A. Butuzov. *Stoletnij opyt raboty rossijskikh nauchnykh shkol solnechnogo teplosnabzhenija* [Years of experience in Russian scientific schools of solar heat supply]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija* ["Energy: economics, technology, ecology" Magazine]. 2019. No. 2. Pp. 16–29. [In Russian]
3. O.S. Popel', V.E. Fortov. *Vozobnovljaemaja jenergetika v sovremennom mire: uchebn. posobie* [Renewable energy in the modern world: A training manual]. Moscow. Izd-vo MJEI [Publishing House of Moscow Power Engineering Institute]. 2015. 450 p. [In Russian]
4. O.A. Popel', S.E. Frid, Ju.G. Kolomic et al. *Atlas resursov solnečnoj jenergii na territorii Rossii* [Atlas of solar energy resources in Russia]. Moscow. OIVT RAN [Publishing House of Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences]. 2010. 83 p. [In Russian]
5. R.A. Amerhanov, V.A. Butuzov, K.A. Gar'kavyj. *Voprosy teorii i innovacionnyh reshenij pri ispol'zovanii geliojenergeticheskikh sistem* [Issues of theory and innovative solutions when using solar energy systems]. Moscow. Jenergoatomizdat ["Energoatomizdat" Publishers]. 2009. 502 p. [In Russian]
6. Ju.V. Daus, V.V. Harchenko. *Ocenka primenimosti dannyh po intensivnosti summarnoj solnečnoj radiacii ih poluchennykh istochnikov aktinometricheskoj informacii* [Assessment of the applicability of data on the intensity of the total solar radiation of their obtained sources of actinometric information]. *Geliotekhnika* ["Solar engineering" Magazine]. 2018. No. 2. Pp. 48–53. [In Russian]
7. S.E. Fried, N.V. Lisickaja. *Sovremennye solnechnye kollektory: tehnicheckie parametry i tendencii ih primenenija* [Modern solar collectors: technical parameters and trends in their application]. *Geliotekhnika* ["Solar engineering" Magazine]. 2017. No. 2. Pp. 27–37. [In Russian]
8. M.Zh. Sulejmanov. *Sertifikacija solnechnykh vodonagrevatel'nykh ustanovok v Rossii* [Certification of solar water heating plants in Russia]. *Aktual'nye problemy osvoenija vozobnovljaemykh jenergoresursov: Materialy XI Shkoly molodyh uchenykh im. Je.Je. Shpil'rajna* [Actual problems of the development of renewable energy: Proc. of the XI School of young scientists named after E.E. Shpilrayn]. Mahachkala. Alef ["Printing House "Aleph", LLC]. 2018. Issue 7. Pp. 316–319. [In Russian]
9. S.E. Fried, A.B. Tarasenko. *Ispol'zovanie fotobatarej dlja gorjachego vodosnabzhenija — opyt i perspektivy* [Using photovoltaic batteries for hot water supply — experience and prospects]. *Alternativnaja jenergetika i jekologija* ["Alternative energy and ecology" Magazine]. 2018. No. 16–18. Pp. 23–38. [In Russian]
10. V.A. Butuzov, V.V. Butuzov. *Ispol'zovanie solnečnoj jenergii dlja proizvodstva teplovoj jenergii* [The use of solar energy to produce thermal energy]. Moscow. Intehjenergo ["Intechenergo" Publishers]; *Teplojenergetik* ["Heat power engineer" Magazine]. 2015. 314 p. [In Russian]
11. V.M. Zajchenko, A.A. Chernjavskij. *Avtonomnye sistemy jenergosberezhenija* [Autonomous energy saving systems]. Moscow. Nedra ["Bowels of the Earth" Publishers]. 2015. 285 p. [In Russian]
12. K.S. Degtarev. *Jekonomika vozobnovljaemoj jenergetiki v mire i v Rossii* [Economics of renewable energy in the world and in Russia]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2017. No. 9. Pp. 80–87. [In Russian]
13. A.E. Kopylov. *Jekonomika VIJe* [Economics of renewable energy]. Moscow. Grifon ["The griffin" Publishers]. 364 p. [In Russian]