

ТЕПЛОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

В. И. Карагусов¹, В. А. Немыкин²

¹Омский государственный технический университет,
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11

²Научно-технический комплекс «Криогенная техника»,
Россия, 198303, г. Санкт-Петербург, пр. Стачек, д. 105, корп. 5, лит. А, пом. 9Н

Одним из основных достоинств радиационных систем жизнеобеспечения являются использование возобновляемых источников энергии и экологическая теплота. К перспективным направлениям таких систем жизнеобеспечения относятся радиационные солнечные нагреватели, которые обладают рядом преимуществ. Использование систем радиационного нагрева в межсезонье позволяет полностью отказаться от использования органических видов топлива или электроэнергии, а в холодное время года позволяет значительно сэкономить на отоплении зданий. Проведенные экспериментальные и расчетные исследования позволяют прогнозировать тепловую производительность, вырабатываемую радиационной системой жизнеобеспечения. Расчеты, проведенные по экспериментальным данным, показали, что теплоты, вырабатываемой системой солнечного радиационного подогрева воды или незамерзающей жидкости в летнее время, достаточно для горячего водоснабжения круглые сутки, а также для подогрева воды и обеспечения комфортных условий в помещениях в ночное время и при холодных погодных условиях.

Ключевые слова: система жизнеобеспечения, радиационный нагреватель, солнечное излучение, тепловой поток, возобновляемые источники энергии, тепловая производительность, инсоляция.

Введение

Практически вся энергия, используемая в настоящее время, добывается из невозобновляемых источников, таких как нефть, газ, уголь, уран. Запасы этих источников энергии сокращаются и по прогнозам специалистов могут закончиться в недалеком будущем [1]. Сжигание органических видов топлива может привести к экологическим нарушениям окружающей среды и к увеличению концентрации парниковых газов. Эксплуатация атомных электростанций также имеет ряд экологических проблем из-за специальных требований к безопасности работы атомных электростанций и утилизации отработанных отходов.

Тенденции последних десятилетий показывают, что потребление электрической и тепловой энергии возрастает. Поэтому использование экологически чистых возобновляемых источников энергии, таких как радиационная солнечная энергия, является актуальной задачей.

В международном сообществе и в настоящее время преобладает мнение, что изменения климата обусловлены выбросами в атмосферу продуктов сгорания органических топлив. Это положение было постулировано на Парижской конференции по проблемам климата. Соглашение об ограничении углеродных выбросов подписали 127 государств из 194 существующих. Соглашение вступило в действие 4 ноября 2016 года [2].

Существует ряд приложений, в которых применение солнечной энергии является экономически выгодным, а порой и практически

безальтернативным. В первую очередь, это относится к орбитальным объектам и к системам жизнеобеспечения обитаемых помещений в малонаселенной местности. В настоящее время появляется интерес к радиационным системам жизнеобеспечения у владельцев коттеджей и дачных домов.

Системы жизнеобеспечения отдельно стоящих строений, хозяйств и коттеджей рационально строить по возможности автономными и энерго-независимыми от общественных коммуникаций, в особенности в малонаселенной местности. Одним из типов таких систем жизнеобеспечения являются радиационные солнечные нагреватели (коллекторы). Наилучшим соотношением цена/качество обладают нагреватели и подогреватели воды трубчатого типа. Такие системы обогрева жилых и офисных помещений и горячего водоснабжения функционируют за счет солнечной энергии — экологически чистого и возобновляемого источника энергии. Для их эксплуатации не нужны органическое топливо, электроэнергия и другие невозобновляемые ресурсы. Недостатком таких радиационных солнечных систем жизнеобеспечения является их зависимость от погодных условий, а также от времени суток и года.

В северных регионах и в Сибири использование систем радиационного нагрева в холодное время года позволяет значительно сэкономить на отоплении зданий, а в межсезонье полностью отказаться от использования органических видов топлива и электроэнергии для обогрева и горячего водоснабжения. Использование в конструк-

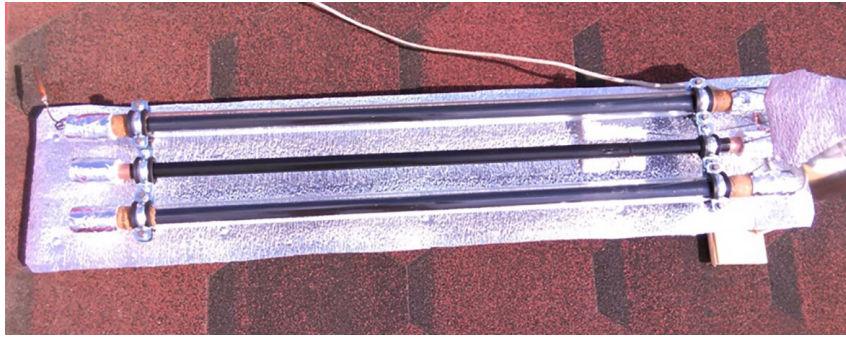


Рис. 1. Внешний вид измерительного модуля с измерительными ячейками трубчатого типа

Fig. 1. General view of the measuring module with measuring cells of tubular type

ции зданий современных технологий и теплоизоляционных материалов позволяет применять солнечные радиационные системы нагрева как в целях отопления, так и подогрева воды для горячего водоснабжения зданий коттеджного типа без дополнительных источников энергии. Описание практической реализации радиационных систем жизнеобеспечения приведены в [3, 4]. В ряде случаев возможно использование теплоты атмосферного воздуха в дневное время, в дополнение к солнечному излучению, для подогрева воды.

Работают системы солнечного нагрева воды или незамерзающего теплоносителя следующим образом. В светлое время суток солнечное излучение в радиационном коллекторе нагревает теплоноситель, который обогревает помещения, а также поступает на разогрев аккумулятора теплоты. В темное время суток теплоноситель передает теплоту от аккумулятора в контур обогрева помещений [5]. При необходимости радиационная система теплоснабжения может быть дополнена контуром горячего водоснабжения, питающимся от того же коллектора или от дополнительного подогревателя.

Объект исследований

Объектом исследований являются радиационная система жизнеобеспечения для обогрева обитаемых помещений и нагрева воды, а конкретно — солнечный радиационный нагреватель трубчатого типа [6].

Радиационная система жизнеобеспечения вырабатывает теплоту для обогрева помещений только в светлое время суток, причем количество этой теплоты значительно разнится в зависимости от времени суток и времени года, погодных условий, особенностей эксплуатации. Для определения влияния некоторых факторов на работу трубчатой радиационной системы подогрева воды или незамерзающего теплоносителя был разработан и изготовлен экспериментальный стенд [3], на котором проводились экспериментальные исследования.

На рис. 1 показан внешний вид измерительного модуля экспериментального стенда для определения тепловой производительности радиационного нагревателя с тремя измерительными ячейками трубчатого типа: с вакуумной тепло-

изоляцией, без теплоизоляции и с воздушной теплоизоляцией. Трубчатый нагреватель представляет собой черненую медную трубу со степенью черноты 0,93...0,95. Вакуумная теплоизоляция выполнялась в виде откачанного зазора между стеклянной и медной трубами. Стеклянная труба бралась однослойной. Текущие экспериментальные исследования проводились с учетом влияния погодного состояния земной атмосферы [7].

Площадь инсоляции каждого из трубчатых подогревателей составляла 0,02 м². Температуры трубчатого нагревателя с вакуумной теплоизоляцией и атмосферного воздуха вблизи измерительного модуля измерялись хромель-алюмелевыми термомпарами (тип К) и фиксировались четырехканальным логгером 88598 с интервалом в 5 минут. Точность измерений температуры не хуже $\pm 0,02^\circ\text{C}$, разрешающая способность дисплея логгера составила 0,1 $^\circ\text{C}$. Давление и влажность атмосферного воздуха измерялись локальной метеостанцией и брались из архивов погоды близлежащих к месту проведения экспериментов метеостанций [8]. Общая и нижняя облачность также бралась из архивов погоды для тех же метеостанций. В ряде случаев природные факторы фиксировались по визуальным наблюдениям в реальном масштабе времени в месте проведения экспериментов, расположенном на удалении от крупных городов на расстояние не менее 100 км, координаты расположения измерительного модуля экспериментального стенда — 54 $^\circ$ северной широты, 74 $^\circ$ восточной долготы.

Методы исследования

Для определения тепловой производительности на измерительном модуле экспериментального стенда производились измерения температуры трубчатого нагревателя и температуры окружающего воздуха. Измерения проводились при горизонтальном положении измерительного модуля экспериментального стенда (рис. 1). Геометрические и теплофизические характеристики измерительного модуля приведены в [3, 9].

На основе экспериментальных данных по известным методикам [10–12] в программной среде MathCad произведен расчет среднемесячного количества полезной теплоты для элемента с вакуумной теплоизоляцией измерительного модуля и его тепловых потерь. По результатам расчетов

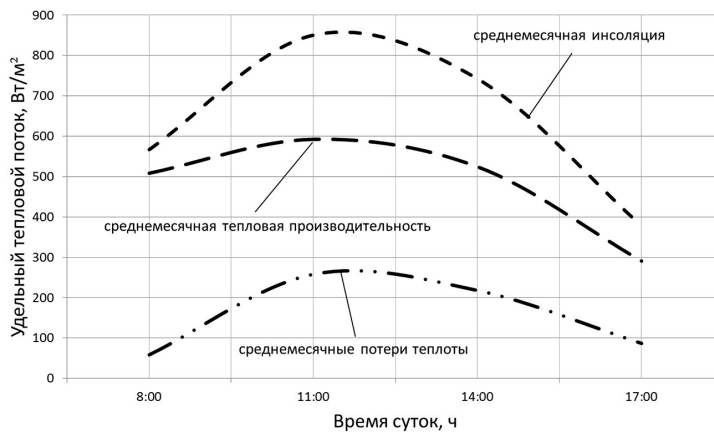


Рис. 2. Среднемесячные данные за июнь 2018 г.
Fig. 2. Monthly average data for June 2018

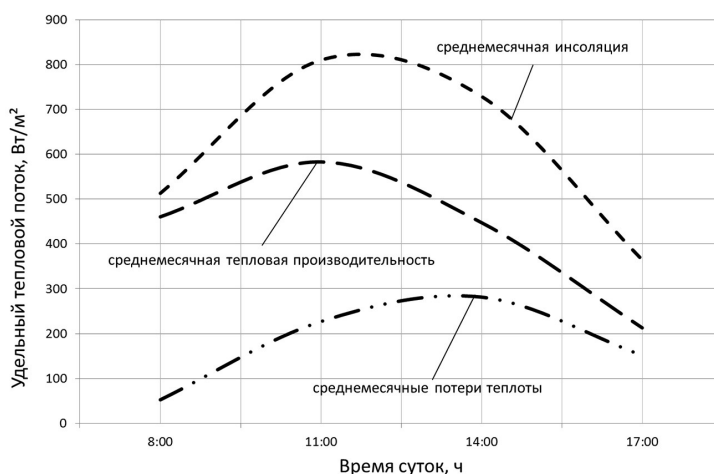


Рис. 3. Среднемесячные данные за июль 2018 г.
Fig. 3. Monthly average data for July 2018

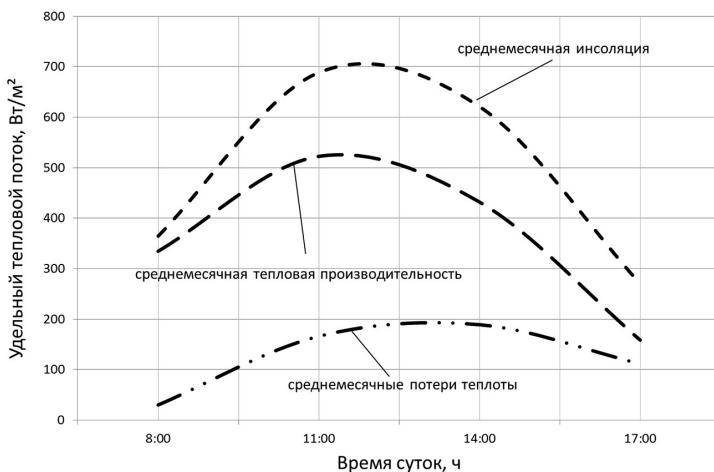


Рис. 4. Среднемесячные данные за август 2018 г.
Fig. 4. Monthly average data for August 2018

построены среднемесячные графики инсоляции, тепловой производительности солнечного радиационного нагревателя и потерь его производительности.

Обработанные результаты измерений за июнь, июль и август приведены на рис. 2–4. На этих рисунках показаны среднемесячные температуры в светлое время суток, усредненные за

текущий месяц. По шкале времени можно определить количества теплоты, которые можно получить с солнечного радиационного подогревателя, а также влияние облачности и температуры окружающей среды на его работу.

Из рис. 2–4 видно, что максимум среднемесячной облачности в данной местности в летнее время приходится примерно на астрономиче-

ский полдень, что подтверждается многолетними наблюдениями погоды.

Из рис. 2 видно, что максимум температуры нагревателя в июне наблюдался при меньшей облачности.

Рис. 3 и 4 показывают, что максимумы температуры нагревателя в июле и августе наблюдались при максимальной облачности, что требует дополнительных исследований и анализа.

Использование вакуумной теплоизоляции с двойным трубчатым остеклением позволяет значительно снизить потери и тем самым увеличить производительность трубчатого подогревателя [13]. В этом случае следует учитывать почти двукратное удорожание трубчатого подогревателя при увеличении производительности в 1,2...1,4 раза. При недостатке инсоляционных площадей такие трубчатые подогреватели с двойным остеклением могут быть выгодны. При достаточности площадей для размещения солнечных коллекторов экономически выгодно примерно в 1,5 раза большее количество трубчатых подогревателей с одинарным остеклением, чем меньшее с двойным.

На рис. 2–4 показаны результаты математической обработки экспериментальных измерений температур и среднемесячные значения удельных характеристик за летние месяцы: июнь, июль и август соответственно. Из этих рисунков видно, что трубчатый нагреватель воды достаточно хорошо выполняет свои функции в широком диапазоне среднемесячной облачности от 54% до 70%. Расчеты показали, что при проведенных экспериментальных исследованиях радиационная система нагрева имела полезную (нетто) тепловую производительность с учетом тепловых потерь от 250 Вт/м² до 600 Вт/м².

Результаты и обсуждение

Из теплофизики известно [13–15], что использование вакуумной теплоизоляции с двойным трубчатым остеклением позволяет значительно снизить потери и тем самым увеличить производительность радиационной системы нагрева. В этом случае следует учитывать почти двукратное удорожание трубчатого подогревателя при увеличении производительности в 1,2...1,4 раза. При недостатке инсоляционных площадей такие трубчатые подогреватели с двойным остеклением могут быть экономически выгодны. Оценочные расчеты показали, что при достаточности площадей для размещения солнечных коллекторов экономически выгодно большее, примерно в 1,5 раза, количество трубчатых подогревателей с одинарным остеклением, чем меньшее, с двойным.

Среднемесячные данные по инсоляции, температуре и облачности, а также результаты обработки экспериментальных измерений трубчатого подогревателя воды позволяют прогнозировать количество теплоты, вырабатываемое радиационной системой жизнеобеспечения как в течение суток, так и в течение месяцев. Для этого необходимо рассчитать положение Солнца для всех дней в году [16], по углам расположения Солнца определить инсоляцию [17], потери и полезную производительность радиационной систе-

мы жизнеобеспечения [18]. При необходимости эти данные можно адаптировать для конкретной системы жизнеобеспечения, расположенной в конкретной местности. Эти данные могут быть взяты за исходные при составлении технико-экономического обоснования, для расчетов теплообменных поверхностей при проектировании радиационных систем жизнеобеспечения, для определения будущих текущих затрат на отопление и горячее водоснабжение.

Математическая обработка экспериментальных данных показала, что теплоты, вырабатываемой трубчатой системой солнечного нагрева воды небольшого строения коттеджного типа при площади южного ската крыши 200 м² (10 м на 20 м), которая составляет от 50 кВт до 120 кВт в летнее время, достаточно для горячего водоснабжения круглые сутки и подогрев воздуха в помещениях в ночное время и при холодных погодных условиях.

Выводы и заключение

Из обработанных результатов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Максимум среднемесячной облачности в данной местности в летнее время приходится примерно на астрономический полдень, что подтверждается многолетними наблюдениями погоды.
2. Максимум температуры подогревателя в июне наблюдался при меньшей облачности.
3. Максимумы температуры подогревателя в июле и августе наблюдались при максимальной облачности, что требует дополнительных исследований и анализа.
4. Теплоты, вырабатываемой трубчатой системой солнечного подогрева воды при площади южного ската крыши 200 м² (10 м на 20 м), которая составляет от 50 кВт до 120 кВт в летнее время, достаточно для горячего водоснабжения круглые сутки и подогрев воздуха в помещениях в ночное время и при холодных погодных условиях.
5. Обработка результатов экспериментальных исследований позволяет прогнозировать количество теплоты, вырабатываемое радиационной системой жизнеобеспечения.

Список источников

1. Энергоэффективная Россия // 2018 г. URL: www.energy2020.ru (дата обращения: 01.12.2018).
2. Национальное рейтинговое агентство // 2018 г. URL: www.ra-national.ru (дата обращения: 01.12.2018).
3. Karagusov V. I., Goshlya R. Yu., Serdyuk V. S., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyaev I. N. Experimental stand for investigation of the radiation life-support systems: First experiments // AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2007, no. 1. 030014. DOI: 10.1063/1.5051875.
4. Аvezов Р. Р., Барский-Зорин М. А., Васильева И. М. [и др.]. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. М.: Стройиздат, 1990. 328 с. ISBN 5-274-00605-1.
5. Карагузов В. И., Колпаков И. С., Немыкин В. А., Погуляев И. Н. Экспериментальное исследование радиационной системы жизнеобеспечения с вакуумной и воздушной теплоизоляцией // Омский научный вестник. Сер.

Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2018. Т. 2, № 1. С. 26–32. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-26-32.

6. Bhowmika H., Amin R. Efficiency improvement of flat plate solar collector using reflector // *Energy Reports*. 2017. Vol. 3. P. 119–123. DOI: 10.1016/j.egyр.2017.08.002.

7. Лаповок Е. В., Ханков С. И. Влияние пропускания атмосферой теплового излучения земной поверхности на климат Земли // *Вестник Международной академии холода*. 2017. № 1. С. 62–65. DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-1-62-65.

8. Архив погоды // 2019 г. URL: www.pogodaiklimat.ru (дата обращения: 01.12.2018).

9. Karagusov V. I., Serdyuk V. S., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyaev I. N. Experimental determination of rate and direction of heat flow of the radiation life-support system with vacuum heat insulation // *AIP Conference Proceedings*. 2018. Vol. 2007. 030015. DOI:10.1063/1.5051876.

10. Chen Z., Furbo S., Perers B. [et al.]. Efficiencies of Flat Plate Solar Collectors at Different Flow Rates // *Energy Procedia*. 2012. Vol. 30. P. 65–72. DOI: 10.1016/j.egyр.2012.11.009.

11. Hashim W. M., Shomran A. T., Jurmut H. A. [et al.]. Case study on solar water heating for flat plate collector // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2018. Vol. 12. P. 666–671. DOI: 10.1016/j.csite.2018.09.002.

12. Tanaka H. Theoretical analysis of solar thermal collector and flat plate bottom reflector with a gap between them // *Energy Reports*. 2015. Vol. 1. P. 80–88. DOI: 10.1016/j.egyр.2014.10.004.

13. Митина И. В. Повышение эффективности солнечных коллекторов с вакуумированными стеклопакетами: дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 148 с.

14. Kagner M. G. *Thermal Insulation in Cryogenic Engineering*. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1969. P. 152–166.

15. Баранов И. В., Вишнякова Е. В. Многослойная вакуумная суперизоляция // *Научный журнал НИУ ИТМО*.

Сер. Холодильная техника и кондиционирование. 2016. № 3. С. 36–47.

16. Положение солнца. URL: <https://pvcdrum.pveducation.org/RU/index.html> (дата обращения: 01.12.2018).

17. ГОСТ Р 57795–2017. Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции. Введ. 2018–02–01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200157352> (дата обращения: 01.02.2019).

18. Архаров А. М., Александров А. А., Афанасьев В. Н. *Теплотехника*. 5-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 880 с. ISBN 978-5-7038-4662-9.

КАРАГУСОВ Владимир Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник (Россия), профессор кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» Омского государственного технического университета, г. Омск.

SPIN-код: 7624-3122

AuthorID (РИНЦ): 176942

ORCID: 0000-0002-7268-649X

Адрес для переписки: karvi@mail.ru

НЕМЫКИН Владислав Александрович, ведущий инженер НТК «Криогенная техника», г. Санкт-Петербург.

Адрес для переписки: 9239238@gmail.com

Для цитирования

Карагусов В. И., Немыкин В. А. Тепловая производительность радиационного нагревателя в летний период // *Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение*. 2019. Т. 3, № 3. С. 26–32. DOI: 10.25206/2588-0373-2019-3-3-26-32.

Статья поступила в редакцию 07.05.2019 г.

© В. И. Карагусов, В. А. Немыкин

THERMAL PERFORMANCE OF RADIATION HEATER IN SUMMER PERIOD

V. I. Karagusov¹, V. A. Nemykin²

¹Omsk State Technical University,
Russia, Omsk, Mira Ave., 11, 644050

²Scientific and Technical Complex «Cryogenic technique»,
Russia, Saint Petersburg, Stacheck Ave., 105/5, letter A, office 9H, 198303

One of main advantages of radiation life support systems is the use of renewable energy sources and ecological warmth. The promising areas of such life-support systems include radiation solar heaters, which have several advantages. The use of radiation heating systems in the offseason allows you to completely abandon the use of organic fuels or electricity and in cold season allows significant savings on heating buildings. Experimental and computational studies performed allow us to predict the thermal performance produced by the life support radiation system. Calculations made using experimental data showed that the heat generated by the solar radiation heating of water or non-freezing liquid in summer is sufficient for hot water supply around the clock, as well as for heating water and providing comfortable conditions in the rooms at night and in cold weather conditions.

Keywords: life support system, radiation heater, solar radiation, heat flux, renewable energy sources, thermal performance, insolation.

References

1. Energoeffektivnaya Rossiya [Energy efficient Russia] // 2018 g. [2018]. URL: www.energy2020.ru (accessed: 01.12.2018). (In Russ.).
2. Natsional'noye reytingovoye agentstvo [National Rating Agency] // 2018 g. [2018]. URL: www.ra-national.ru (accessed: 01.12.2018). (In Russ.).
3. Karagusov V. I., Goshlya R. Yu., Serdyuk V. S., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyaev I. N. Experimental stand for investigation of the radiation life-support systems: First experiments // AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2007, no. 1. 030014. DOI: 10.1063/1.5051875. (In Engl.).
4. Avezov R. R., Barskiy-Zorin M. A., Vasil'yeva I. M. [et al.]. Sistemy solnechnogo teplo- i khladosnabzheniya [Solar heat and cold supply systems]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1990. 328 p. ISBN 5-274-00605-1. (In Russ.).
5. Karagusov V. I., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyaev I. N. Eksperimental'noye issledovaniye radiatsionnoy sistemy zhizneobespecheniya s vakuumnoy i vozduшной teploizolyatsiyey [Experimental investigation of radiation life support system with vacuum and air heat insulation] // Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatsonno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2018. Vol. 2, no. 1. P. 26–32. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-26-32. (In Russ.).
6. Bhowmika H., Amin R. Efficiency improvement of flat plate solar collector using reflector // Energy Reports. 2017. Vol. 3. P. 119–123. DOI: 10.1016/j.egypr.2017.08.002. (In Engl.).
7. Lapovok Ye. V., Khankov S. I. Vliyaniye propuskaniya atmosferoy teplovogo izlucheniya zemnoy poverkhnosti na klimat Zemli [Earth's climate and the transmission of earth's heat radiation through the atmosphere] // Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2017. No. 1. P. 62–65. DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-1-62-65. (In Russ.).
8. Arkhiv pogody [Weather archive] // 2019 g. [2019]. URL: www.pogodaiklimat.ru (accessed: 01.12.2018). (In Russ.).
9. Karagusov V. I., Serdyuk V. S., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyaev I. N. Experimental determination of rate and direction of heat flow of the radiation life-support system with vacuum heat insulation // AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2007. 030015. DOI: 10.1063/1.5051876. (In Engl.).
10. Chen Z., Furbo S., Perers B. [et al.]. Efficiencies of Flat Plate Solar Collectors at Different Flow Rates // Energy Procedia. 2012. Vol. 30. P. 65–72. DOI: 10.1016/j.egypr.2012.11.009. (In Engl.).
11. Hashim W. M., Shomran A. T., Jurmut H. A. [et al.]. Case study on solar water heating for flat plate collector // Case Studies in Thermal Engineering. 2018. Vol. 12. P. 666–671. DOI: 10.1016/j.csite.2018.09.002. (In Engl.).
12. Tanaka H. Theoretical analysis of solar thermal collector and flat plate bottom reflector with a gap between them // Energy Reports. 2015. Vol. 1. P. 80–88. DOI: 10.1016/j.egypr.2014.10.004. (In Engl.).
13. Mitina I. V. Povysheniye effektivnosti solnechnykh kollektorov s vakuumirovannymi steklopaketami [Improving the efficiency of solar collectors with vacuum glazed windows]. Moscow, 2009. 148 p. (In Russ.).
14. Kagner M. G. Thermal Insulation in Cryogenic Engineering. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1969. P. 152–166. (In Engl.).
15. Baranov I. V., Vishnyakova E. V. Mnogosloynnaya vakuumnaya superizolyatsiya [Multi-layered vacuum superinsulation] // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Ser. Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovaniye. *Scientific Journal NRU ITMO. Series Refrigeration and Air Conditioning*. 2016. No. 3. P. 36–47. (In Russ.).
16. Polozheniye solntsa [Sun position]. URL: <https://pvcdrrom.pveducation.org/RU/index.html> (accessed: 01.12.2018). (In Russ.).
17. GOST R 57795–2017. Zdaniya i sooruzheniya. Metody rascheta prodolzhitel'nosti insolyatsii [Buildings and

structures. Calculation methods for duration of insolation]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200157352> (accessed: 01.02.2019). (In Russ.).

18. Arkharov A. M., Aleksandrov A. A., Afanas'yev V. N. Teplotekhnika [Heat Engineering]. Moscow: Bauman MSTU Publ., 2017. 880 p. ISBN 978-5-7038-4662-9. (In Russ.).

KARAGUSOV Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of Refrigeration and Compressor Engineering and Technology Department, Omsk State Technical University, Omsk.

SPIN-code: 7624-3122

AuthorID (RSCI): 176942

ORCID: 0000-0002-7268-649X

Address for correspondence: karvi@mail.ru

NEMYKIN Vladislav Alexandrovich, Leading Engineer of Scientific and Technical Complex «Cryogenic technique», Saint Petersburg.

Address for correspondence: 9239238@gmail.com

For citations

Karagusov V. I., Nemykin V. A. Thermal performance of radiation heater in summer period // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2019. Vol. 3, no. 3. P. 26–32. DOI: 10.25206/2588-0373-2019-3-3-26-32.

Received 07 May 2019.

© V. I. Karagusov, V. A. Nemykin