

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ РАДИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА

В. И. Карагусов¹, И. С. Колпаков²

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

Актуальность — солнечная энергия относится к экологически чистым и возобновляемым источникам энергии. При эксплуатации радиационных систем теплоснабжения не требуются значительные затраты. Цель исследования — определение влияния погодных факторов на работу радиационной системы обогрева. Задача исследования — определить производительность радиационной системы обогрева. Проведенные экспериментальные исследования показали, что солнечный коллектор способен вырабатывать около 50...100 Вт/м² в зимнее время и 250...400 Вт/м² в летнее время.

Ключевые слова: солнечное излучение, радиационные системы жизнеобеспечения, обогрев помещений, возобновляемые источники энергии.

Введение

Радиационные системы жизнеобеспечения в настоящее время находят все большее распространение в малоэтажном строительстве, так как позволяют значительно экономить на отоплении и горячем водоснабжении. Для отдельно стоящих зданий и хозяйств в малонаселенной местности такие системы обогрева значительно повышают автономность объектов, рентабельность их эксплуатации и создают комфортные условия обитания [1, 2].

Солнечная энергия относится к экологически чистым и возобновляемым источникам энергии [3]. При монтаже радиационных систем теплоснабжения не требуются значительные капитальные вложения, затраты при их эксплуатации минимальны, так как не требуют оплаты за источники энергии. К преимуществам радиационных систем жизнеобеспечения следует отнести возможность их размещения на крышах, площадь которых зачастую никак не используется. Территория России расположена в средних и высоких широтах, но располагает значительными ресурсами солнечной энергии для возможности эффективного ее использования [4]. По количеству ясных дней в году город Омск входит в тройку лидеров по Российской Федерации. В Омске средняя продолжительность ясной солнечной погоды более 2200 часов [5].

Радиационные системы обогрева могут использоваться как в сельских, так и в городских условиях, ограничением в их размещении может быть только тень от высотных зданий. Некоторые схемы радиационных систем жизнеобеспечения приведены в [6, 7].

Солнечное излучение, падающее на приемную панель солнечного коллектора, нагревает воду, находящуюся в каналах. При нагревании воды ее плотность уменьшается, и нагретая жидкость начинает перемещаться из солнечного коллектора

в бак теплового аккумулятора. В баке теплая вода перемещается в верхнюю часть, а нижняя холодная вода поступает в коллектор. Таким образом, поддерживается постоянная циркуляция воды с постоянным ростом ее температуры, т.е. происходит аккумуляция теплоты.

Система радиационного обогрева может состоять и из двух контуров. Первый контур, проходящий через солнечный коллектор, аналогичен с одноконтурной системой, но с появлением змеевика в баке аккумулятора теплоты появляется возможность применения жидкостей, не замерзающих при низких температурах [8, 9]. Вода в баке производит отбор теплоты от змеевика. Данную систему можно оснастить циркуляционным насосом.

В дневное время радиационные панели от солнечного излучателя нагревают теплоноситель, который, в свою очередь, нагревает тепловой аккумулятор и систему обогрева помещений [10]. В ночное время, когда радиационные панели холодные, система питается от теплового аккумулятора. В зимних условиях такое решение позволяет значительно сэкономить на топливе, а в ряде случаев полностью перейти на солнечное теплоснабжение.

На работу радиационных панелей влияет целый ряд природных факторов [11–13], таких как облачность, температура и влажность атмосферного воздуха, осадки, туман, время года и суток, углы положения Солнца и установочные углы солнечных панелей.

Объект исследования

Объектом исследований является влияние погодных факторов на производительность радиационной системы жизнеобеспечения.

Для определения степени влияния погоды необходимо знать данные о погодных условиях с ближайших метеостанций к месту проведения

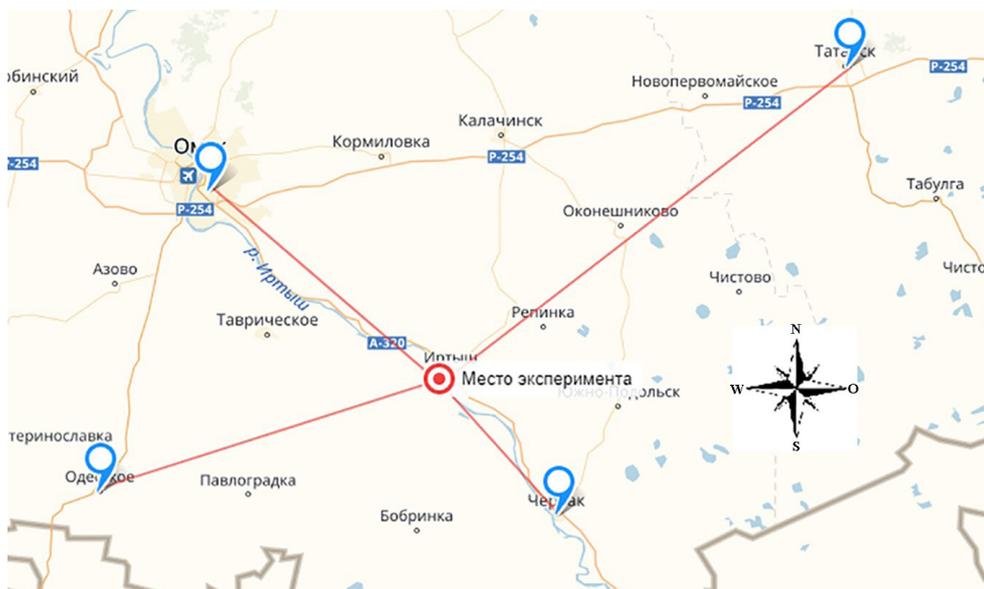


Рис. 1. Карта с отметкой места проведения эксперимента и ближайших метеостанций
Fig. 1. Map with a mark of the location of the experiment and the nearest weather stations

эксперимента. На рис. 1 показано место проведения эксперимента и ближайших метеостанций:

- 1 — метеостанция 2-го разряда (М-2) «Черлак». Метеостанция находится в 40 км юго-восточнее места проведения эксперимента;
- 2 — метеостанция 2-го разряда (М-2) «Одесское». Метеостанция находится в 95 км юго-западнее места проведения эксперимента;
- 3 — объединённая гидрометеорологическая станция Омск (ОГМС Омск). Метеостанция находится в 95 км северо-западнее места проведения эксперимента;
- 4 — метеостанция 2-го разряда (М-2) «Татарск». Метеостанция находится в 139 км северо-восточнее места проведения эксперимента.

В Омске большую часть года, с сентября по апрель, преобладает ветер юго-западного направления, его повторяемость составляет 25...32% за месяц. Летом преобладающим является северо-западный ветер (20...23% за месяц), несколько меньше северный (16...19%) и западный (15%). На направление северо-восток — юго-восток приходится 10...14%, на остальных направлениях повторяемость ветра составляет менее 10%. Средняя скорость ветра имеет хорошо выраженный годовой ход. Наибольшие средние месячные скорости наблюдаются зимой, весной и осенью (4...5 м/с). Самыми ветренными бывают зимние и весенние месяцы, особенно май. Летом скорости ветра наименьшие в году. Слабые скорости ветра (4 м/с и менее) преобладают в летнее время.

Следовательно, в зависимости от направления ветра с большей точностью можно будет отследить зависимость полученных результатов от погодных условий, используя данные всех метеостанций вокруг места проведения экспериментов с определенной задержкой.

Из-за сильного влияния на атмосферу вносимое городом Омском и большое расстояние от метеостанции в Татарске будем использовать

данные с положительной или отрицательной задержкой:

- с метеостанции 2-го разряда (М-2) «Одесское» при условии, что ветер будет юго-западный или северо-восточный;
- с метеостанции 2-го разряда (М-2) «Черлак» при условии, что ветер будет юго-восточный или северо-западный;

Использовать данные с метеостанции «Черлак» предпочтительнее в связи с меньшим расстоянием и нахождением аналогично месту проведения эксперимента в пойме реки Иртыш [14].

Методы исследования

Для определения энергетических характеристик систем солнечного радиационного теплообеспечения и определения влияния природных факторов на ее работу был разработан экспериментальный стенд [2]. С целью уменьшения влияния загрязнений атмосферы экспериментальные исследования проводились на удалении от крупных городов более 100 км (рис. 1).

Дальнейшие экспериментальные исследования проводились в теплое время года. По геометрическим и теплофизическим характеристикам радиационной панели площадью 0,02 м² были рассчитаны инсоляция, потери в панели и полезное количество теплоты в светлое время суток для зимних и летних дней. На этих же рисунках приведены температуры элементов солнечного коллектора и окружающей среды, а также облачности. Температуры записывались четырехканальным логгером 88598, с разрешающей способностью по температуре 0,1°C, давление и влажность наружного воздуха измерялись локальной метеостанцией и брались из архивов погоды близлежащих метеостанций. Общая и нижняя облачность также бралась из архивов погоды. В ряде случаев природные факторы фикс-

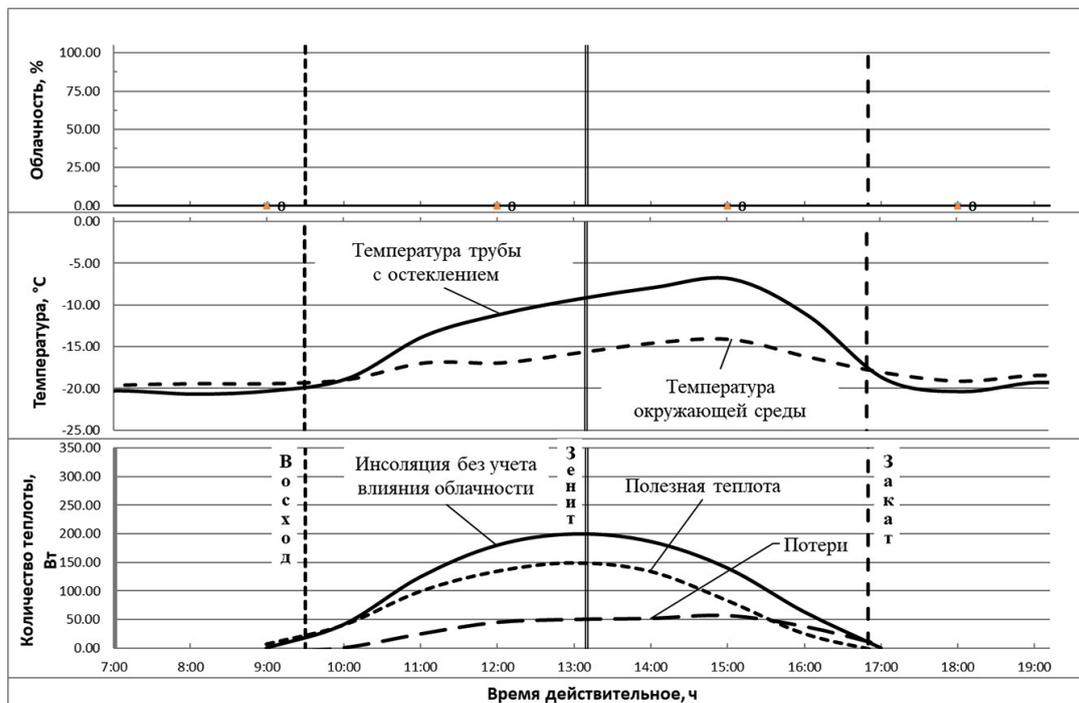


Рис. 2. Результаты моделирования 2 января 2018 г.
Fig. 2. Simulation results January 2, 2018

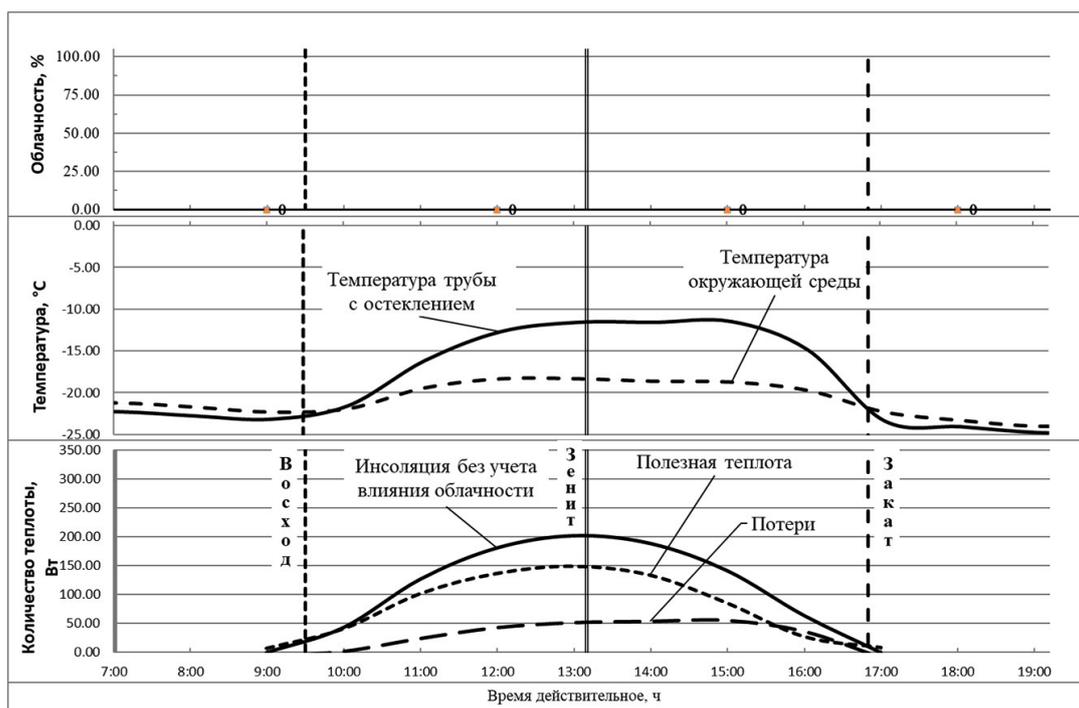


Рис. 3. Результаты моделирования 3 января 2018 г.
Fig. 3. Simulation results January 3, 2018

сировалась по визуальным наблюдениям в реальном масштабе времени в месте проведения экспериментов.

Результаты и обсуждение

На рис. 2–5 представлены графики результатов моделирования термодинамических процессов, происходящих в системе радиационного

жизнеобеспечения с отметками облачности в соответствии с полученными данными от метеостанций.

Как видно из рисунков, система радиационного теплоснабжения вырабатывает тепловую мощность, достаточную для теплоснабжения даже при 100 % облачности.

При ясной погоде максимальные температуры солнечного коллектора наблюдались вскоре

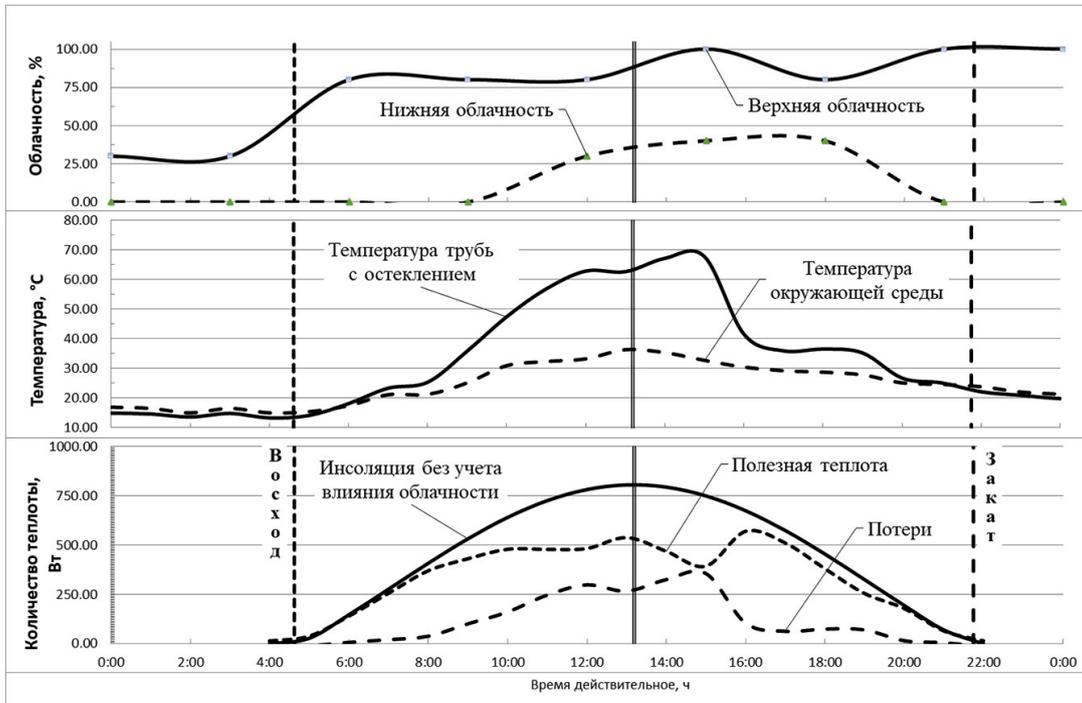


Рис. 4. Результаты моделирования 6 июля 2018 г.
 Fig. 4. Simulation results July 6, 2018

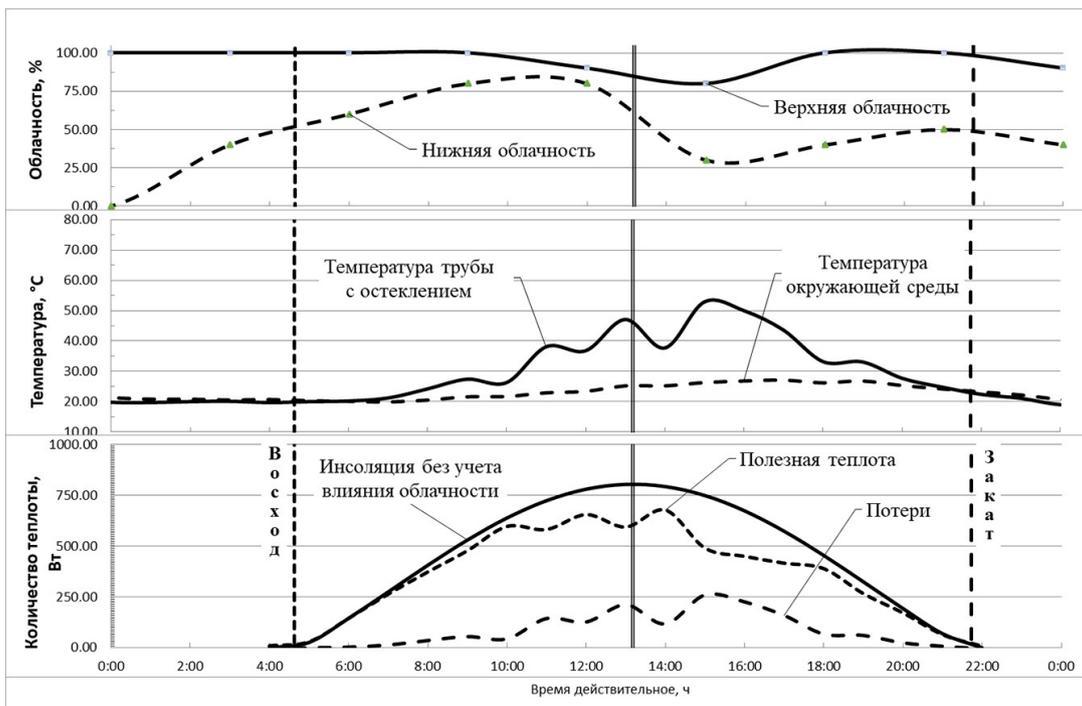


Рис. 5. Результаты моделирования 7 июля 2018 г.
 Fig. 5. Simulation results July 7, 2018

после астрономического полудня, что достаточно хорошо коррелируется с температурой окружающей среды. Это явление вызвано инерционностью нагрева атмосферы.

Следует отметить, что архив погоды дает среднюю облачность на достаточно большую площадь поверхности Земли и не учитывает отдельные облака, которые влияют на облучение панели. Колебания температур на рисунках вы-

званы затемнением солнечной панели отдельными облаками.

Влияние отдельных облаков затрудняет численный анализ влияния облачности, полученной из архивов погоды, на работу радиационной системы обогрева. Для учета влияния отдельных облаков необходимо экспериментально фиксировать инсоляцию в точке нахождения экспериментального стенда в режиме реального време-

ни, что позволит определить производительность системы солнечного обогрева, как в каждый момент времени, так и интегрально.

Тем не менее архивные данные облачности позволяют оценить ее влияние на производительность системы солнечного обогрева. Изменение облачности на 15...25% приводит к примерно такому же изменению производительности, но с противоположным знаком.

Выводы

Проведенные эксперименты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Система радиационного теплоснабжения способна вырабатывать тепловую мощность, достаточную для теплоснабжения даже при 100% облачности.

2. Изменение облачности на 15...25% приводит к примерно такому же изменению производительности радиационной системы теплоснабжения, но с противоположным знаком.

3. Солнечный коллектор способен вырабатывать около 50...100 Вт/м² в зимнее время и 250...400 Вт/м² в летнее время. При жилой площади небольшого сельского дома 60 м² площадь южного ската крыши составляет 50...70 м², что позволяет получить 2,5...7 кВт мощности для обогрева помещений. При традиционной теплоизоляции такой мощности достаточно для отопления в несильные (до -20°C) морозы, при более сильных морозах необходимо дополнительное электрическое, печное или котельное отопление.

4. Использование современных строительных теплоизоляционных материалов позволяет поддерживать комфортную температуру в жилых помещениях при мощности обогрева 2...5 кВт для 60 м² отапливаемой площади.

Список источников

1. Авезов Р. Р., Барский-Зорин М. А., Васильева И. М. [и др.]. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. М.: Стройиздат, 1990. 324 с. ISBN 5-274-00605-1.

2. Karagusov V. I., Goshlya R. Yu., Serdyuk V. S. [et al.]. Experimental stand for investigation of the radiation life-support systems: First experiments // AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2007, Issue 1. DOI: 10.1063/1.5051875.

3. Вялов М. И., Касанджан Б. И. Системы солнечного теплоснабжения. М.: МЭИ, 1991. 137 с. ISBN 5-7046-0020-4.

4. Бутузов Б. А. Солнечное теплоснабжение в России: состояние дел и региональные особенности // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 7 (75). С. 48 – 51.

5. Климат Омска / под ред. Ц. А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 246 с.

6. Меляков И. Н., Пантелеев В. П. Введение в солнечные установки. Бишкек: Алтын Принт, 2012. 56 с.

7. Муравлева Е. А. Оценка использования энергии солнечного излучения на территории России // Вестник аграрной науки Дона. 2015. Т. 1, № 29. С. 38 – 45.

8. Qingyuan Z., Yu L. Potentials of Passive Cooling for Passive Design of Residential Buildings in China // Energy Procedia. 2014. Vol. 57. P. 1726 – 1732. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.10.161.

9. Goforth M. A., Gilchrist G. W., Sirianni J. D. Cloud effects on thermal downwelling sky radiance // Proc. SPIE 4710, Thermosense XXIV, Mar. 15, 2002. Orlando, 2002. P. 203 – 213. DOI: 10.1117/12.459570.

10. Karagusov V. I., Serdyuk V. S., Kolpakov I. S. [et al.]. 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, Issue 1. DOI: 10.1063/1.5051876.

11. Карагусов 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.

12. Карагусов В. И., Колпаков И. С. Влияние облачности и температуры воздуха на производительность радиационной системы обогрева // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 9-й Междунар. науч.-техн. конф., 26 – 28 фев. 2019 г. / ОмГТУ. Омск, 2019. С. 140 – 141.

13. 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.

14. Погода и климат. URL: www.pogodaiklimat.ru (дата обращения: 07.02.2019).

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

SPIN-код: 7624-3122

AuthorID (РИНЦ): 176942

ORCID: 0000-0002-7268-649X

Адрес для переписки: karvi@mail.ru

КОЛПАКОВ Иван Сергеевич, инженер 2-й категории НТК «Криогенная техника», г. Санкт-Петербург.

Адрес для переписки: I.Kolpakov2020@yandex.ru

Для цитирования

Карагусов В. И., Колпаков И. С. Влияние погодных факторов на работу радиационной системы обогрева // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2019. Т. 3, № 1. С. 66 – 72. DOI: 10.25206/2588-0373-2019-3-1-66-72.

Статья поступила в редакцию 13.03.2019 г.

© В. И. Карагусов, И. С. Колпаков

THE IMPACT OF WEATHER FACTORS ON OPERATION OF RADIATION HEATING SYSTEM

V. I. Karagusov¹, I. S. Kolpakov²

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

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

Solar energy refers to clean and renewable energy sources. The operation of radiation heating systems does not require significant costs. The work of radiation panels is affected by a number of weather factors such as cloudiness, temperature and humidity of atmospheric air, precipitation, fog, season of year and day, sun position angles and inclination angles of solar panels. With an insolation area of a solar collector of 0.02 m², it is capable to produce about 1...2 W (50...100 W/m²) in winter and 5...8 W (250...400 W/m²) in summer. With a living area of small farmhouse of 60 m², the area of the southern slope of the roof is 50...70 m², which makes it possible to get 2,5...7 kW of power for premises heating. With traditional thermal insulation, such power is enough for heating under light frost (up to –20°C), with stronger frosts, additional electric, stove or boiler heating is necessary.

Keywords: solar radiation, radiation life support systems, heat insulation, heating, renewable energy sources.

References

1. 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. 324 p. ISBN 5-274-00605-1. (In Russ.).
2. Karagusov V. I., Goshlya R. Yu., Serdyuk V. S. [et al.]. Experimental stand for investigation of the radiation life-support systems: First experiments // AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2007, Issue 1. DOI: 10.1063/1.5051875. (In Engl.).
3. Vyalov M. I., Kasandzhan B. I. Sistemy solnechnogo teplosnabzheniya [Solar heating systems]. Moscow: MPEI Publ., 1991. 137 p. ISBN 5-7046-0020-4. (In Russ.).
4. Butuzov V. A. Solnechnoye teplosnabzheniye v Rossii: sostoyaniye del i regional'nyye osobennosti [Solar heating in Russia: status and regional characteristics] // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal Al'ternativnaya energetika i ekologiya. *Alternativnaya Energetika i Ekologiya*. 2009. No. 7 (75). P. 48–51. (In Russ.).
5. Klimat Omska [The climate of Omsk] / Ed. Ts. A. Shver. Leningrad: Gidrometeoizdat Pub., 1980. 246 p. (In Russ.).
6. Melyakov I. N., Panteleyev V. P. Vvedeniye v solnechnyye ustanovki [Introduction to solar installations]. Bishkek: Altyn Print Publ., 2012. 56 p. (In Russ.).
7. Muravleva E. A. Otsenka ispol'zovaniya energii solnechnogo izlucheniya na territorii Rossii [Estimation of the use of solar radiation energy in the territory of Russia] // Vestnik agrarnoy nauki Dona. *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. 2015. Vol. 1, no. 29. P. 38–45. (In Russ.).
8. Qingyuan Z., Yu L. Potentials of Passive Cooling for Passive Design of Residential Buildings in China // Energy Procedia. 2014. Vol. 57. P. 1726–1732. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.10.161. (In Engl.).
9. Goforth M. A., Gilchrist G. W., Sirianni J. D. Cloud effects on thermal down welling sky radiance // Proc. SPIE 4710, Thermosense XXIV, Mar. 15, 2002. Orlando, 2002. P. 203–213. DOI: 10.1117/12.459570. (In Engl.).
10. Karagusov V. I., Serdyuk V. S., Kolpakov I. S. [et al.]. 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, Issue 1. DOI: 10.1063/1.5051876. (In Engl.).
11. Karagusov V. I., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyaev I. N. Eksperimental'noye issledovaniye radiatsionnoy sistemy zhizneobespecheniya s vakuumnoy i vozdushnoy 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.).
12. Karagusov V. I., Kolpakov I. S. Vliyaniye oblachnosti i temperatury vozdukha na proizvoditel'nost' radiatsionnoy sistemy obogreva [Influence of clouds and air temperature on the performance of a radiation heating system] // Tekhnika i tekhnologiya neftekhimicheskogo i neftegazovogo proizvodstva. *Oil and gas engineering*. Omsk, 2019. P. 140–141. (In Russ.).
13. 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.).
14. Pogoda i klimat [Weather and climate]. URL: [www.pogodaiklimat.ru](http://pogodaiklimat.ru) (accessed: 07.02.2019). (In Russ.).

KARAGUSOV Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Science, 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

KOLPAKOV Ivan Sergeevich, Engineer of Scientific and Technical Complex «Cryogenic technique», Saint-Petersburg.

Address for correspondence:

I.Kolpackov2020@yandex.ru

For citations

Karagusov V. I., Kolpakov I. S. The impact of weather factors on operation of radiation heating system // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2019. Vol. 3, no. 1. P. 66–72. DOI: 10.25206/2588-0373-2019-3-1-66-72.

Received 13 March 2019.

© **V. I. Karagusov, I. S. Kolpakov**