

# АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАДИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В. И. Карагузов, А. В. Зиновьева

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

Солнечная энергия считается возобновляемым, наиболее экологически чистым и безуглеродным видом энергии. Солнечные коллекторы являются одной из реализаций радиационных систем жизнеобеспечения. Их разработка требует достаточно большого количества исходных данных, таких как параметры помещений, требуемая в них температура, объем, теплоизоляция стен, полов и потолков, конструкции окон и дверей, ориентации по сторонам света, углы наклона скатов крыши и пр. Следующая группа факторов связана с местоположением объекта, широтой, высотой над уровнем моря, расстоянием до крупных водоемов, розой ветров и др. Третья группа связана собственно с погодой: количеством осадков, облачностью, температурой наружного воздуха и др., значительная часть из них, таких как туман, дымка, роса, тень от каждого облака, влияет на величину инсоляции, и все это невозможно заранее учесть.

Использование архивов погоды не позволяет в полной мере определить удельную тепловую производительность солнечных коллекторов, так как в архивах не отражается ни средняя, ни текущая инсоляция. Не зная величину реальной инсоляции и тепловые потери на солнечном коллекторе, невозможно определить тепловую производительность радиационной системы жизнеобеспечения за сутки, месяц, сезон или за год.

В данной работе рассматриваются экспериментальные и расчетные исследования радиационной системы жизнеобеспечения, проведенные в 2018–2022 гг.

**Ключевые слова:** радиационная система жизнеобеспечения, тепловой поток, теплоизоляция, возобновляемая энергия, радиационная система нагрева, кондиционирование воздуха.

## Введение

Несмотря на определенные трудности, связанные с внедрением солнечной энергетики в целом ряде регионов нашей планеты, годовая продолжительность солнечных дней позволяет экономически эффективно эксплуатировать радиационные системы жизнеобеспечения на основе теплообменных аппаратов, называемых солнечными коллекторами. Особенно ценно использование солнечных коллекторов в регионах, где большое количество солнечных дней сочетается с суровыми климатическими условиями. В Российской Федерации таких регионов несколько, особенно совпадение этих условий характерно для юга Западной Сибири и Дальнего Востока. Кроме того, эти регионы характеризуются малой плотностью населения, недостаточным развитием коммуникаций, удаленностью части населения от источников энергообеспечения.

Использование солнечных коллекторов позволяет воспользоваться наиболее экологически чистым и возобновляемым безуглеродным видом энергии. Они представляют собой универсальные теплообменные аппараты, преобразовывающие инсоляцию Солнца в теплоту днем и тепловое излучение коллектором в небо ночью с целью генерации холодопроизводительности [1–5] для кондиционирования воздуха или хранения продуктов. Солнечные коллекторы могут обладать практи-

чески неограниченным ресурсом работы, высокой термодинамической эффективностью, просты в эксплуатации, не требуют высокотехнологичного оборудования для производства комплектующих радиационных систем жизнеобеспечения [6–9].

При проектировании радиационных систем жизнеобеспечения следует учитывать такие параметры помещений, как требуемая в них температура, их объем, теплоизоляция стен, полов и потолков, конструкции окон и дверей, ориентации по сторонам света, углы наклона скатов крыши и пр. Следующая группа факторов связана с местоположением объекта, географической широтой, высотой над уровнем моря, расстоянием до крупных водоемов, розой ветров и др. Третья группа связана собственно с погодой: облачность, осадки, температура наружного воздуха и др., значительная часть из них, таких как туман, дымка, роса, тень от каждого облака, влияет на величину инсоляции и все это невозможно заранее учесть.

Использование архивов погоды не позволяет в полной мере определить удельную тепловую производительность солнечных коллекторов, так как в архивах не отражается ни средняя, ни текущая инсоляция. Не зная величину реальной (а не расчетной по астрономическим зависимостям) инсоляции и тепловые потери на солнечном коллекторе, невозможно определить тепловую производительность за сутки, месяц, сезон или за год.

Создание баз данных по работе радиационных систем жизнеобеспечения может оказать большую помощь при их проектировании, тем более при сопоставлении этих баз с архивами погоды. При этом возникает вопрос о величине этих баз по времени, так как погода изменяется год от года.

Представляет интерес возможность применения архивных баз данных погоды для определения параметров, в первую очередь тепловой производительности радиационных систем жизнеобеспечения. При этом следует решить следующие задачи. Первая заключается в том, что метеостанции, поставляющие данные для архивов погоды, расположены неравномерно и достаточно далеко друг от друга. Поэтому необходимо выбрать одну или несколько наименее удаленных или сходных по природным условиям к месторасположению объекта размещения радиационной системы жизнеобеспечения.

Вторая задача заключается в создании экспериментального стенда, имитирующего реальную радиационную систему жизнеобеспечения, который позволяет экспериментально измерять тепловую производительность в светлое время суток и холодопроизводительность в темное.

Третья задача — провести экспериментально-расчетные исследования производительности радиационной системы жизнеобеспечения длительностью в несколько лет для оценки разброса параметров в зависимости от годов, сезонов, месяцев и погодных условий. Четвертая задача — провести сравнительный анализ различных погодных и сезонных факторов и влияние их на тепловую производительность. В результате следует выяснить, какие данные из архивов погоды можно принимать за исходные для проектирования радиационных систем жизнеобеспечения.

В данной статье будет рассмотрен только один режим работы радиационной системы жизнеобеспечения, который обеспечивает теплотой объекты для отопления и горячего водоснабжения. Второй режим работы — холодоснабжение — будет рассмотрен в позднее.

Для проведения сравнительного анализа тепловой производительности радиационной системы жизнеобеспечения были проведены экспериментальные исследования на стенде [10–13].

Вторая задача — создание экспериментального стенда, имитирующего реальную радиационную систему жизнеобеспечения, схема которого приведена на рис. 1. Его измерительная ячейка размещена на южном скате пологой крыши одноэтажного строения с уклоном 15 относительно горизонта на юге Западной Сибири с координатами 54°28'39.0"N 74°21'54.6"E на значительном удалении от городов.

Температура окружающей среды измерялась при помощи термопары типа К и размещена на подложке из алюминиевой фольги, от излучения Солнца экранирована отражающим экраном. Ячейки I и II выполнены из черной медной трубы с площадью теплообменной поверхности 0,02 м<sup>2</sup> и прозрачной стеклянной трубы с воздушной теплоизоляцией между ними. Температура медных черных труб измерялась при помощи термопар типа К в воздушном зазоре между медной и стеклянной трубами. Ячейки выполнены одинаковыми для контроля их работоспособности и дублирования данных на случай выхода из строя одной из них. Ориента-

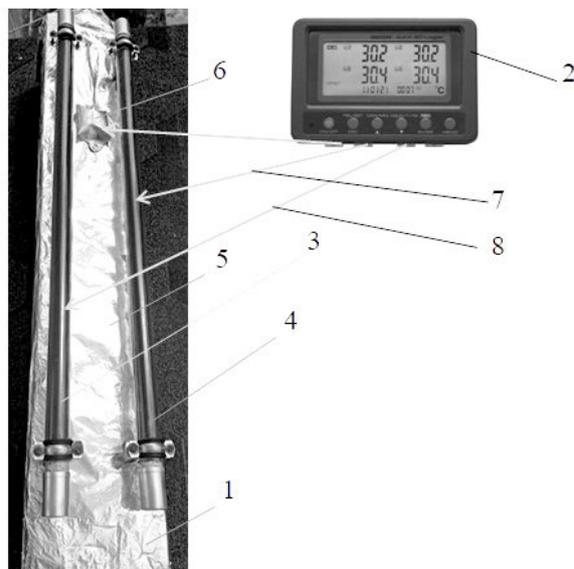


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:  
1 — измерительный модуль; 2 — четырехканальный логгер 88598; 3 — ячейка I — медная труба с воздушной теплоизоляцией; 4 — ячейка II (дублирующая) — медная труба с воздушной теплоизоляцией; 5 — подложка из алюминиевой фольги; 6 — термопара  $t_{0c}$ ; 7 — термопара  $t_1$ ; 8 — термопара  $t_2$

ция измерительной ячейки — медной трубы — восток-запад, излучающая поверхность ориентирована юг-вертикаль минус 15 — север.

Роль вторичного измерительного прибора выполнял четырехканальный логгер 88598, который измерял и записывал в энергонезависимую память температуры медных труб в ячейках I и II, а также температуру окружающей среды. Интервал между измерениями составлял 5 мин. Электропитание экспериментального стенда осуществлялось от сети переменного тока 220 В и имело резервное электропитание от щелочных батарей. Экспериментальный стенд функционировал без обслуживания и надзора по несколько месяцев подряд.

### Методы исследования

Первая задача — выбор локации метеостанции — была решена путем определения наиболее близкого по природным условиям из четырех примерно равноудаленных метеостанций. Выбор был сделан на метеостанцию в рабочем поселке Черлак (Омская область, Россия), находящийся на расстоянии около 40 км на юго-восток от точки измерений. Этот поселок, так же как место локации измерительного стенда, находится на берегу реки Иртыш. Местоположение метеостанции Черлак: широта 54,17, долгота 74,80, высота над уровнем моря 115 м.

По многолетним данным солнечных дней наблюдается в данной местности от 220 до 300 в году.

В данной работе приводятся экспериментальные и расчетные исследования работы системы в режиме солнечного коллектора в весенне-летне-осенний период в 2018–2022 годах. Сравнительный анализ проводился для сентября 2019 г. и 2020 г. по двум

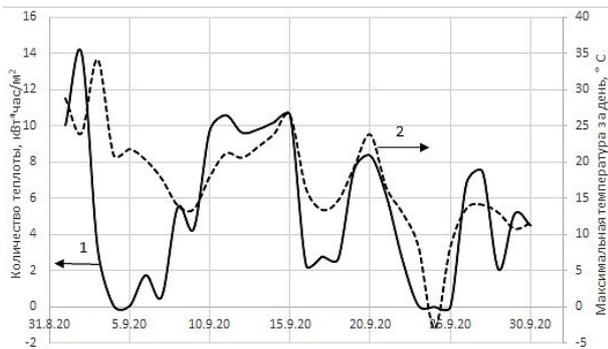


Рис. 2. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г., в сравнении с максимальной ежедневной температурой воздуха 2

Fig. 2. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2020, compared to the maximum daily air temperature 2

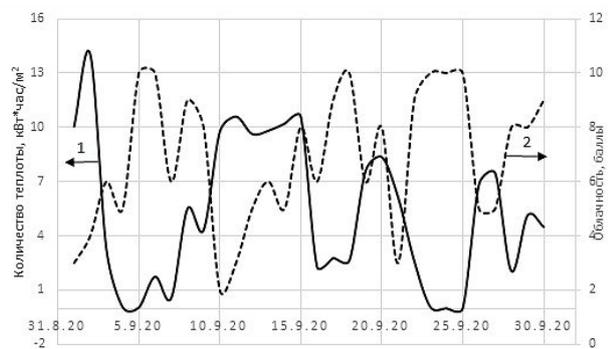


Рис. 3. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г., в сравнении с облачностью 2 (в баллах)

Fig. 3. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2020, compared to cloudiness 2 (in points)

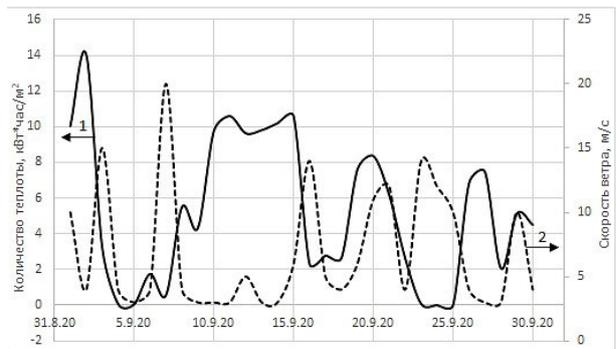


Рис. 4. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г., в сравнении с максимальной скоростью ветра 2 за день

Fig. 4. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2020, compared to the maximum wind speed 2 per day

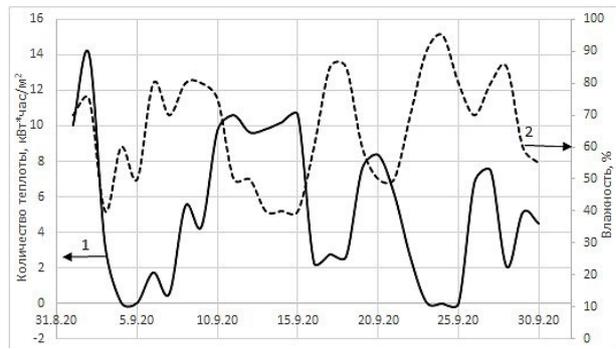


Рис. 5. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г., в сравнении с максимальной влажностью 2 атмосферного воздуха за день

Fig. 5. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2020, compared with the maximum humidity 2 of atmospheric air per day

причинам: в сентябре погода нестабильна не только по дням, но и по годам; а также из-за пусконаладочных работ на экспериментальном стенде отсутствуют данные по радиационной системе жизнеобеспечения за сентябрь 2018 г., и следует попытаться теоретически восполнить недостающие эксперименты. Базы архивов погоды брались из сайта «Погода и климат» [14].

На рис. 2 приведены результаты экспериментальных измерений количества удельной теплоты, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г., в сравнении с максимальной ежедневной температурой воздуха. Так же как и в предыдущих исследованиях [6], учитывалось время, при котором система обогрева выдавала на выходе температуру больше  $19^{\circ}$ , принимавшаяся как минимальная по нормам для жилых помещений. Фактическая температура в помещении будет выше, так как в них присутствуют источники тепловыделений, таких как люди и бытовая техника.

Рис. 2 достаточно хорошо показывает качественное соответствие тепловой производительности и максимальной ежедневной температуры воздуха. В большей части графика чем выше максимальная ежедневная температура воздуха, тем выше тепловая производительность. Наибольшие отличия наблюдаются в начале и в конце месяца. Если посмотреть на рис. 3, на котором показано срав-

нение количества теплоты, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г. в сравнении облачностью (в баллах), то станут понятны несоответствия, так как в начале и конце месяца наблюдалась максимальная облачность 10 баллов.

Из рис. 3 видно, что чем плотнее облачность, тем меньше тепловая производительность солнечного коллектора. Анализ показал, что сравнение по облачности имеет меньшее расхождение с тепловой производительностью, чем по максимальной дневной температуре.

На рис. 4 показано количество теплоты, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г. в сравнении с максимальной скоростью ветра за день. На этом рисунке также видно некоторое соответствие тепловой производительности и скорости ветра. Так как это соответствие то прямое, то обратное, причем примерно в равном соотношении, то принять этот критерий за надежный или хотя бы за применимый не представляется возможным.

Четвертый погодный параметр, который может влиять на работу солнечного коллектора, — это влажность атмосферного воздуха.

На рис. 5 показано количество теплоты, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2020 г., в сравнении с мак-

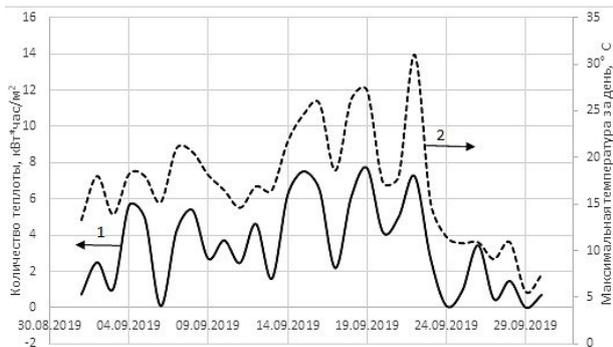


Рис. 6. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2019 г., в сравнении с максимальной ежедневной температурой воздуха 2

Fig. 6. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2019, compared to the maximum daily air temperature 2

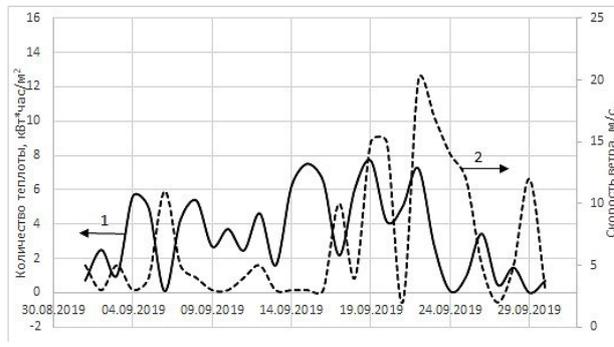


Рис. 8. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2019 г., в сравнении с максимальной скоростью ветра 2 за день

Fig. 8. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2019, compared to the maximum wind speed 2 per day

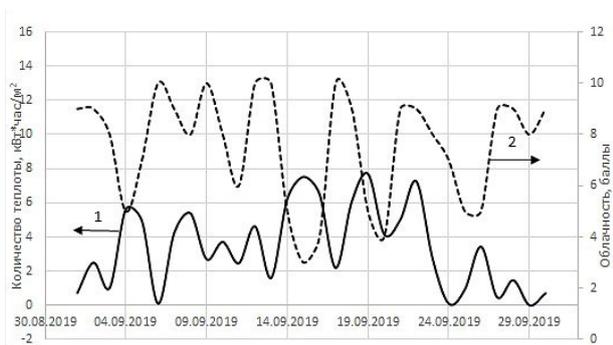


Рис. 7. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2019 г., в сравнении с облачностью 2 (в баллах)

Fig. 7. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2019, compared to cloudiness 2 (in points)

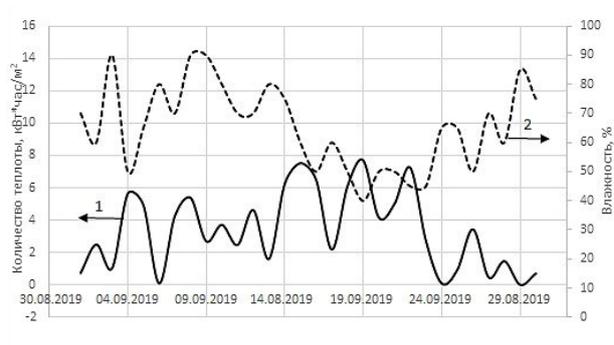


Рис. 9. Количество теплоты 1, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2019 г., в сравнении с максимальной влажностью 2 атмосферного воздуха за день

Fig. 9. The amount of heat 1 received from one square meter of solar collector in September 2019, compared with the maximum humidity 2 of atmospheric air per day

симальной влажностью атмосферного воздуха за день. Влияние влажности атмосферного воздуха на производительность солнечного коллектора схоже с влиянием облачности, в большинстве случаев при повышении влажности производительность солнечного коллектора падает и наоборот. Это связано с тем, что влажный воздух менее прозрачен для инфракрасного излучения, которое вносит основной вклад в нагрев солнечного коллектора. При использовании влажности как критерия вблизи крупных рек может приводить к погрешностям, связанным с расстоянием измерительных приборов от уреза воды крупной реки или другого водоема, направления и скорости ветра, а также от наличия и интенсивности осадков.

При проведении сравнительного анализа удельной тепловой производительности не учитывались осадки, так как расстояние между экспериментальным стендом и метеостанцией составляло около 40 километров, что при кратковременных осадках не совпадало для этих двух локаций.

На рис. 6–9 показаны графики, аналогичные четверым предыдущим, но для сентября 2019 года.

### Результаты и обсуждение

Одним из результатов сравнительного анализа появилась возможность методами линейных интер-

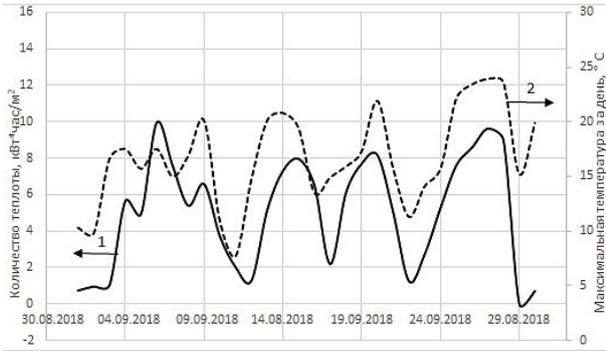
поляции и экстраполяции получить недостающие экспериментальные данные по удельной тепловой производительности солнечного коллектора. За исходные были взяты экспериментально-расчетные данные за сентябрь 2019 года и за сентябрь 2020 года. Результаты показаны на рис. 10–13.

Как видно из результатов, полученная кривая достаточно хорошо коррелирует с линиями максимальной ежедневной температуры воздуха и облачности, как это наблюдалось в 2019–2020 годах. Эти погодные характеристики могут быть взяты как критерии для расчетов солнечных коллекторов.

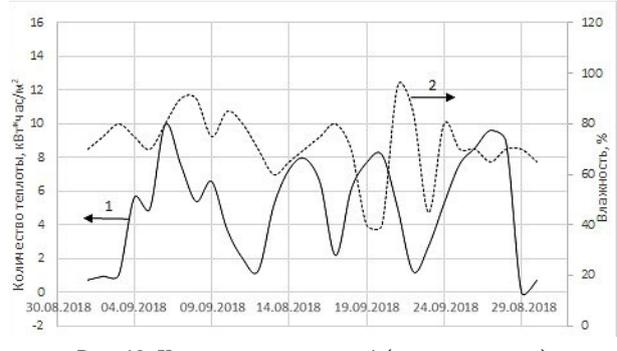
Максимальная скорость ветра и влажность атмосферного воздуха не подходят в качестве критериев при расчетах тепловой производительности солнечных коллекторов, но по возможности эти атмосферные параметры следует учитывать из-за их влияния на прозрачность атмосферы и потери в солнечных коллекторах из-за условий теплообмена с атмосферным воздухом.

Результаты обработки экспериментальных данных по определению количества теплоты, полученного с одного квадратного метра солнечного коллектора с накоплением в течение месяца, за период 2018–2022 годов, показаны на рис. 14.

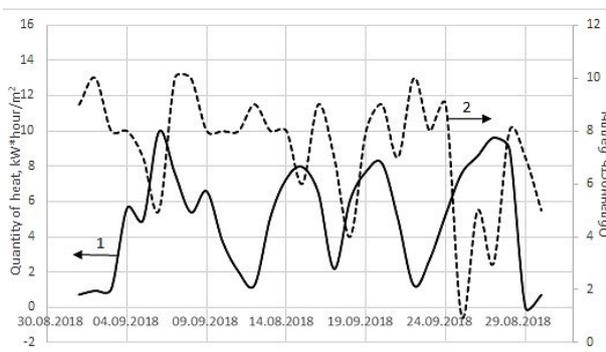
Возможен еще один способ оценки характеристик солнечных коллекторов — по среднемесячным температурам атмосферного воздуха, которые так-



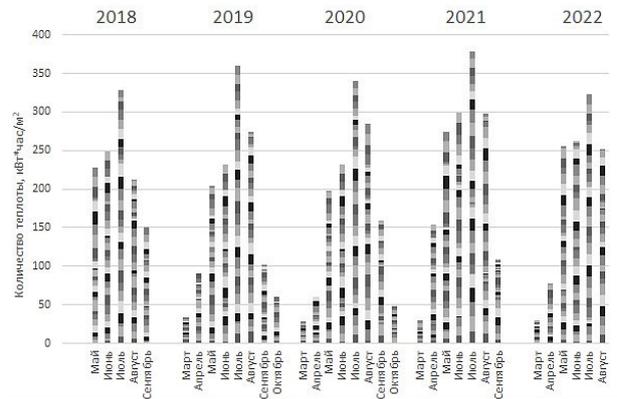
**Рис. 10.** Количество теплоты 1 (экстраполяция), полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2018 г., в сравнении с максимальной ежедневной температурой воздуха 2  
**Fig. 10.** The amount of heat 1 (extrapolation) obtained from one square meter of solar collector in September 2018, compared to the maximum daily air temperature 2



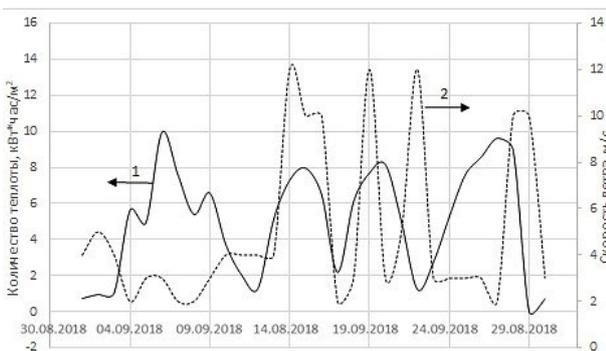
**Рис. 13.** Количество теплоты 1 (экстраполяция), полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2018 г., в сравнении с максимальной влажностью 2 атмосферного воздуха за день  
**Fig. 13.** The amount of heat 1 (extrapolation) received from one square meter of solar collector in September 2018, compared with the maximum humidity 2 of atmospheric air per day



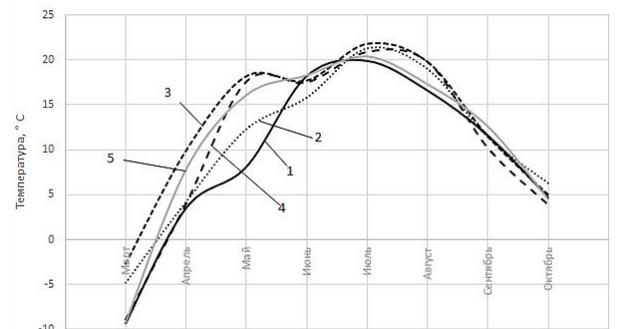
**Рис. 11.** Количество теплоты 1 (экстраполяция), полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2018 г., в сравнении с облачностью 2 (в баллах)  
**Fig. 11.** The amount of heat 1 (extrapolation) received from one square meter of solar collector in September 2018, compared to cloudiness 2 (in points)



**Рис. 14.** Количество теплоты с накоплением за месяц, полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора за период с 2018 г. по 2022 г.  
**Fig. 14.** The amount of accumulated heat per month received from one square meter of solar collector for the period from 2018 to 2022



**Рис. 12.** Количество теплоты 1 (экстраполяция), полученное с одного квадратного метра солнечного коллектора в сентябре 2018 г., в сравнении с максимальной скоростью ветра 2 за день  
**Fig. 12.** The amount of heat 1 (extrapolation) received from one square meter of solar collector in September 2018, compared to the maximum wind speed 2 per day



**Рис. 15.** Средние месячные температуры атмосферного воздуха в Черлаке из архива погоды: 1 — 2018 г.; 2 — 2019 г.; 3 — 2020 г.; 4 — 2021 г.; 5 — 2022 г.  
**Fig. 15.** Average monthly atmospheric air temperatures in Chelak from the weather archive: 1 — 2018; 2 — 2019; 3 — 2020; 4 — 2021; 5 — 2022

же размещаются в базах архивов погоды. На рис. 15 показаны средние месячные температуры атмосферного воздуха в Черлаке из архива погоды [14]. Для наглядности показаны те же годы и месяцы, что и на рис. 14. Если рассматривать кривые качественно, то следует отметить несоответствие характера

кривых 2020 г. и 2021 г. на рис. 14 и 15, особенно для мая и июня.

Вторая трудность этого подхода заключается в том, что эти данные не показывают, сколько дней за месяц солнечный коллектор сможет работать в режиме обогрева.

## Выводы и заключение

Экспериментально-расчетный сравнительный анализ показал, что, несмотря на заметное различие погодных условий в 2018–2022 годах, месячная тепловая производительность в большинстве случаев отличается незначительно. Максимальное отличие (около 50 %) тепловой производительности наблюдалось в сентябре 2020 года, что определялось более теплой погодой.

Результаты проведенных работ показали, что в качестве критериев для исходных данных при проектировании радиационных систем жизнеобеспечения можно использовать максимальную ежедневную температуру атмосферного воздуха и плотность облаков. Скорость ветра и влажность атмосферного воздуха брать за основу расчетов солнечных коллекторов нецелесообразно, но следует учитывать их влияние на условия теплообмена и на инфракрасную прозрачность атмосферы.

Методами линейной экстраполяции и интерполяции возможно получение недостающих экспериментальных данных.

При данном анализе для наглядности рассматривалось только автономное использование солнечных коллекторов без других источников обогрева. При анализе результатов по тепловой производительности солнечных коллекторов не учитывались технические потери, так как они зависят от конкретной реализации системы жизнеобеспечения, от качества теплоизоляции коммуникаций, тепловых аккумуляторов, помещений, розы ветров и пр.

Используя общедоступные архивы погоды, следует помнить, что в них используются on-line данные и литературные источники. Некоторые сайты с архивами погоды копируют их с других сайтов без должной верификации. Для получения достоверных результатов следует сравнивать архивы из нескольких источников.

## Список источников

1. Marif Y., Chiba Y., Belhadj M. M. [et al.]. A clear sky irradiation assessment using a modified Algerian solar atlas model in Adrar city // *Energy Reports*. 2018. Vol. 4. P. 84–90. DOI: 10.1016/j.egy.2017.09.002.
2. Qiu G., Ma Y., Song W. [et al.]. Comparative study on solar flat-plate collectors coupled with three types of reflectors not requiring solar tracking for space heating // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 169. P. 104–116. DOI: 10.1016/j.renene.2020.12.134.
3. Karagusov V. I., Pogulyaev I. N. Average Daily Cooling Performance of the Radiation Cooling System in the Summer Period // *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2141. P. 030040. DOI: 10.1063/1.5122090.
4. Heo S. Y., Lee J. G., Song Y. M. Heat-shedding with photonic structures: radiative cooling and its potential // *Journal of Materials Chemistry*. 2022. Vol. 10 (27). P. 9915–9937. DOI: 10.1039/D2TC00318J.
5. Shanhui F., Li W. Photonics and thermodynamics concepts in radiative cooling // *Nature Photonics*. 2022. Vol. 16 (3). P. 182–190. DOI: 10.1038/s41566-021-00921-9.
6. Chen Z., Zhu L., Raman A. [et al.]. Radiative cooling to deep sub-freezing temperatures through a 24-h day–night cycle // *Nature Communications*. 2016. Vol. 7. P. 13729. DOI: 10.1038/ncomms13729.

7. Tsoy A. P., Granovskiy A. S., Baranenko A. V. [et al.]. Effectiveness of a night radiative cooling system in different geographical latitudes // *AIP Conference Proceedings*. 2017. Vol. 1876. P. 020060. DOI: 10.1063/1.4998880.

8. Enderlin A. R. Radiative Cooling to the Night Sky: Theses // *Chemical Engineering Undergraduate Honors*. 2015. URL: <https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1061&context=chehuat> (дата обращения: 15.12.2022).

9. 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.

10. Karagusov V. I. Functioning of the Radiation Life — Support System in the Spring Period // *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2285. P. 030044. DOI: 10.1063/5.0029930. EDN: JZEMGP.

11. Карагусов В. И. Экспериментально-расчетные исследования радиационных панелей системы жизнеобеспечения // *Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение*. 2021. Т. 5, № 1. С. 28–33. DOI: 10.25206/2588-0373-2021-5-1-28-33. EDN: EYVKSF.

12. Karagusov V. I. Functioning of the Radiation Life — Support System in the Spring Period // *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2285. P. 030044. DOI: 10.1063/5.0029930. EDN: JZEMGP.

13. 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*. 2017. Т. 2, № 1. С. 26–32. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-26-32. EDN: XMRQMH.

14. Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 25.12.2023).

**КАРАГУСОВ Владимир Иванович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник (Россия), профессор кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск. SPIN-код: 7624-3122

AuthorID (РИНЦ): 176942

ORCID: 0000-0002-7268-649X

Адрес для переписки: karvi@mail.ru

**ЗИНОВЬЕВА Анастасия Владимировна**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 6823-1344

AuthorID (РИНЦ): 176944

AuthorID (SCOPUS): 57397184100

## Для цитирования

Карагусов В. И., Зиновьева А. В. Анализ тепловой производительности радиационной системы жизнеобеспечения на основе экспериментальных данных // *Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение*. 2024. Т. 8, № 1. С. 9–16. DOI: 10.25206/2588-0373-2024-8-1-9-16.

Статья поступила в редакцию 30.01.2024 г.

© В. И. Карагусов, А. В. Зиновьева

# THE ANALYSIS OF THERMAL PERFORMANCE OF RADIATION LIFE SUPPORT SYSTEM BASED ON EXPERIMENTAL DATA

V. I. Karagusov, A. V. Zinovieva

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

Solar energy is considered a renewable, most environmentally friendly and carbon-free form of energy. Solar collectors are one of the implementations of radiation life support systems. Their development requires a fairly large amount of initial data, such as the parameters of the premises, the required temperature, volume, thermal insulation of walls, floors and ceilings, the design of windows and doors, orientation to the cardinal points, the angles of inclination of the roof slopes, etc. The next group of factors is related to the location object, latitude, altitude above sea level, distance to large bodies of water, wind rose, etc. The third group is related to the weather itself: precipitation, cloudiness, outside air temperature, etc., a significant part of them, such as fog, haze, dew, shadow from each cloud affects the amount of insolation and all this cannot be taken into account in advance.

The use of weather archives does not allow us to fully determine the specific thermal performance of solar collectors, since neither the average nor the current insolation is reflected in the archives. Without knowing the amount of real insolation and heat losses on the solar collector, it is impossible to determine the thermal performance of the radiation life support system per day, month, season or year.

This paper discusses experimental and computational studies of the radiation life support system carried out in 2018–2022.

**Keywords:** radiation life-support systems, heat flow, heat insulation, renewable energy, radiation heating systems, air conditioning.

## References

1. Marif Y., Chiba Y., Belhadj M. M. [et al.]. A clear sky irradiation assessment using a modified Algerian solar atlas model in Adrar city // *Energy Reports*. 2018. Vol. 4. P. 84–90. DOI: 10.1016/j.egyrs.2017.09.002. (In Engl.).
2. Qiu G., Ma Y., Song W. [et al.]. Comparative study on solar flat-plate collectors coupled with three types of reflectors not requiring solar tracking for space heating // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 169. P. 104–116. DOI: 10.1016/j.renene.2020.12.134. (In Engl.).
3. Karagusov V. I., Pogulyaev I. N. Average Daily Cooling Performance of the Radiation Cooling System in the Summer Period // *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2141. P. 030040. DOI: 10.1063/1.5122090. (In Engl.).
4. Heo S. Y., Lee J. G., Song Y. M. Heat-shedding with photonic structures: radiative cooling and its potential // *Journal of Materials Chemistry*. 2022. Vol. 10 (27). P. 9915–9937. DOI: 10.1039/D2TC00318J. (In Engl.).
5. Shanhui F., Li W. Photonics and thermodynamics concepts in radiative cooling // *Nature Photonics*. 2022. Vol. 16 (3). P. 182–190. DOI: 10.1038/s41566-021-00921-9. (In Engl.).
6. Chen Z., Zhu L., Raman A. [et al.]. Radiative cooling to deep sub-freezing temperatures through a 24-h day–night cycle // *Nature Communications*. 2016. Vol. 7. P. 13729. DOI: 10.1038/ncomms13729. (In Engl.).
7. Tsoy A. P., Granovskiy A. S., Baranenko A. V. [et al.]. Effectiveness of a night radiative cooling system in different geographical latitudes // *AIP Conference Proceedings*. 2017. Vol. 1876. P. 020060. DOI: 10.1063/1.4998880. (In Engl.).
8. Enderlin A. R. Radiative Cooling to the Night Sky: Theses // *Chemical Engineering Undergraduate Honors*. 2015. URL: <https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1061&context=chequht> (accessed: 15.12.2022). (In Engl.).
9. 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.).
10. Karagusov V. I. Functioning of the Radiation Life — Support System in the Spring Period // *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2285. P. 030044. DOI: 10.1063/5.0029930. EDN: JZEMGP. (In Engl.).
11. Karagusov V. I. Eksperimental'no-raschetnyye issledovaniya radiatsionnykh paneley sistemy zhizneobespecheniya [Experimental and computational studies of radiation panels of life support system] // *Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatzionno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2021. Vol. 5, no. 1. P. 28–33. DOI: 10.25206/2588-0373-2021-5-1-28-33. (In Russ.).
12. Karagusov V. I. Functioning of the Radiation Life — Support System in the Spring Period // *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2285. P. 030044. DOI: 10.1063/5.0029930. EDN: JZEMGP. (In Engl.).
13. Karagusov V. I., Kolpakov I. S., Nemykin V. A., Pogulyayev I. N. Eksperimental'noye issledovaniye radiatsionnoy sistemy zhizneobespecheniya s vakuumnoy i vozdušnoy teploizolyatsiyey [Experimental investigation of radiation life support system with vacuum and air heat insulation] // *Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatzionno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2017. Vol. 2, no. 1. P. 26–32. DOI: 10.25206/2588-0373-2018-2-1-26-32. EDN: XMRQMH. (In Russ.).

14. Pogoda i klimat [Weather and climate]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (accessed: 25.12.2023). (In Russ.).

**KARAGUSOV Vladimir Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk.

SPIN-code: 7624-3122

AuthorID (RSCI): 176942

ORCID: 0000-0002-7268-649X

Correspondence address: karvi@mail.ru

**ZINOVIEVA Anastasia Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate

Professor of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, OmSTU, Omsk.

SPIN-code: 6823-1344

AuthorID (RSCI): 176944

AuthorID (SCOPUS): 57397184100

**For citations**

Karagusov V. I., Zinovieva A. V. The analysis of thermal performance of radiation life support system based on experimental data // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-rocket and power engineering. 2024. Vol. 8, no. 1. P. 9–16. DOI: 10.25206/2588-0373-2024-8-1-9-16.

**Received January 30, 2024.**

© **V. I. Karagusov, A. V. Zinovieva**