

Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 36–44
Vestnik Kurganskoj GSXA. 2024; (2-50): 36–44

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 620.92
Код ВАК 4.3.2

EDN: FJWSEM

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРОВЛИ КОРОВНИКА В КАЧЕСТВЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ НАГРЕВА ВОДЫ

Алина Алексеевна Александрова¹✉, Юлия Михайловна Дулепова², Владимир Леонидович Осокин³, Николай Николаевич Кучин⁴

^{1, 2, 3, 4} Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия

¹ alieksandrova_1990@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6982-7071>

² makjul92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9428-9930>

³ osokinvl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8772-4252>

⁴ nkuchin53@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9176-2988>

Аннотация. Цель исследования – апробация возможности использования кровли здания, имеющей двойное назначение, а именно как ограждающая конструкция и поглощающая поверхность солнечного коллектора для нагрева воды в сельскохозяйственном производстве. Для оценки эффективности применения солнечного коллектора для нагрева воды, используемой в технологических процессах, проводимых в животноводческих комплексах, были выполнены производственные испытания. Предложенная установка была апробирована в сельскохозяйственных организациях ООО «КМ АГРО» Княгининского района и ООО Племенной завод «Большемурашкинский» Большемурашкинского района Нижегородской области. Измерения проводились в безоблачный, малооблачный и облачные дни. Полученные результаты производственных испытаний позволили доказать эффективность использования солнечного коллектора. Температура нагрева воды в безоблачный день в коллекторе достигала максимального значения + 62,8 °С в 13 часов дня. В малооблачный день максимальная температура достигла 61,2 °С. В облачный же день вода в солнечном коллекторе нагрелась до 58,4 °С. Вода данной температуры может быть использована для технологических процессов в коровнике, таких как промывка доильного оборудования (60 °С). Разбавленная вода до 40 °С может применяться для подмывания вымени коров, а до 17–19 °С – для поения крупного рогатого скота. Предложенная конструкция солнечного коллектора, совмещенная с кровлей здания ранее не применялась для нагрева воды в сельскохозяйственном производстве. Такая конструкция солнечного коллектора может быть использована как самостоятельный водонагреватель, так и как первый этап подогрева воды. Однако именно такой способ использования кровли как поглощающей поверхности, позволит адаптировать солнечный коллектор в технологический процесс сельскохозяйственными предприятиями.

Ключевые слова: солнечный коллектор, крыша здания, нагрев воды, коровник, электроэнергия, солнечное излучение.

Для цитирования: Александрова А.А., Дулепова Ю.М., Осокин В.Л., Кучин Н.Н. Использование кровли коровника в качестве солнечного коллектора для нагрева воды // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 36–44. EDN: FJWSEM.

Scientific article

USING THE COWSHED ROOF AS A SOLAR COLLECTOR FOR WATER HEATING

Alina A. Aleksandrova¹✉, Julia M. Dulepova², Vladimir L. Osokin³, Nikolay N. Kuchin⁴
«Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University», Knyaginino, Russia

¹ alieksandrova_1990@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6982-7071>

² makjul92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9428-9930>

³ osokinvl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8772-4252>

⁴ nkuchin53@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9176-2988>

Abstract. The purpose of the study is to test the possibility of using the building roof with a dual purpose, namely as an enclosing structure and an absorbing surface of a solar collector for heating water in agricultural production. In-process tests were carried out to assess the efficiency of using a solar collector to heat water which is used in technological processes taken place in livestock complexes. The proposed equipment was tested in agricultural organizations of KM AGRO LLC of the Knyagininskii district and Bolshemurashkinskii Breeding Livestock Farm LLC of the Bolshemurashkinskii district of the Nizhny Novgorod region. The measurements were carried out on cloudless, slightly overcast, and cloudy days. The obtained results of in-process tests made it possible to prove the efficiency of using a solar collector. On a cloudless day, the water heating

temperature in the collector reached a maximum value of + 62.8°C at 1 p.m. On a slightly overcast day, the maximum temperature reached 61.2°C. On a cloudy day, the water in the solar collector was heated up to 58.4°C. Water of this temperature can be used for technological processes in the cowshed, such as washing milking equipment (60°C). Diluted water up to 40°C can be used to wash the udders of cows, and up to 17-19°C for livestock watering. The proposed solar collector design, combined with the roof of the building, has not previously been used to heat water in agricultural production. This solar collector design can be used as an independent water heater, and as the first stage of water heating. However, it is precisely this method of using the roof as an absorbing surface that will allow the solar collector to be adapted into the technological process by agricultural enterprises.

Keywords: solar collector, building roof, water heating, cowshed, electric power, solar radiation.

For citation: Aleksandrova A.A., Dulepova Ju.M., Osokin V.L., Kuchin N.N. Using the roof of the cowbar as a solar collector for heating water. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2024; 2(50): 36–44. EDN: FJWSEM. (In Russ).

Введение. Энергосбережение на сельскохозяйственных предприятиях является актуальной проблемой. Рост тарифов на потребляемые энергетические ресурсы способствует поиску путей решений сложившихся задач. Одним из вариантов является использование возобновляемых источников энергии [1].

Анализ множества существующих энергосберегающих устройств, работающих от возобновляемых источников энергии, показал эффективность использования солнечного излучения, которое применяется для получения таких незаменимых в сельском хозяйстве видов энергии, как электрическая и тепловая [2–5].

Установлено, что в сельскохозяйственном производстве для получения горячей воды используются электронагревательные установки, расходующие до 15 % энергии от общего количества ее потребления. В связи с этим задачами многих сельскохозяйственных организаций является снижение затрат на электроэнергию, используемую для нагрева воды, применяемой в большинстве технологических процессов.

Один из способов преобразования солнечного излучения в полезный вид энергии является использование солнечных коллекторов, позволяющих получить тепловую энергию, которую можно использовать и для отопления, и для горячего водоснабжения. Остается подобрать наиболее предпочтительные характеристики установки.

Для решения данной проблемы инженерами и учеными были разработаны различные конструкции солнечных коллекторов [6–8]. Были изготовлены стационарные типа ГВУ (гелиоводонагревательные установки), применяемые на летних доильных площадках, передвижные гелиоустановки типа УДС-3А (универсальная доильная станция), используемые в летних лагерях, гелиоустановки с баками-термосами для снабжения горячей водой доильных площадок, солнечные водонагревательные установки типа УВС-30-1 (узел водосмесительный) и т. д. [9–11]. При рассмотрении данных типов солнечных водонагревателей были выявлены некоторые наиболее распространенные их недостатки: требуется большая площадь для их установки, перепад температур влияет на элементы конструкции, выполненные из стеклопластика и пластичного материала [12].

Материалы и методы. Для устранения выявленных недостатков на базе кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» было разработано устройство для нагрева воды за счет солнечной энергии. Сконструированный солнечный коллектор запатентован как изобретение, относящееся к солнечной энергетике № 267656 РФ [13]. Рассматриваемая установка состоит из следующих элементов: поглощающая поверхность в виде профилированного металлического листа, нижнего плоского металлического листа и труб разных диаметров, применяемых для подвода и отвода воды (рисунок 1). Отличительной особенностью данного устройства является то, что есть возможность его использования не только как солнечного коллектора, но и как ограждающей конструкции здания, т. е. крыши. В этом случае солнечный коллектор защищает здание от атмосферных осадков. Кроме того, нет необходимости в дополнительной организации свободного места для его установки, в отличие ранее рассматриваемых гелиоводонагревательных приборов.

Предлагаемая установка прошла лабораторные испытания, где показала свою эффективность. В процессе исследования был выбран металлический профилированный лист, который имеет минимальные углы затенения. Как рассматривалось ранее [14], этот параметр играет немаловажную роль в поглощающей способности поверхности солнечного коллектора. Расчетными данными по поглощению солнечного излучения поверхностью устройства для нагрева воды установлено следующее: КПД солнечного коллектора без учета углов затенения составляет 53,1 %, а учитывая данный показатель, он равен 43,2 %.

Среди марок профилированных листов обнаружено, что наилучшими показателями обладает профиль НС-44-1000 для настилов и стеновых ограждений с высотой волны 44 мм и монтажной (полезной) шириной 1000 мм. Цвет профилированного листа выбранной марки не менялся, т. к. это ведет к дополнительным затратам. Его характеристики соответствуют необходимым параметрам для разработанного устройства для нагрева воды, в котором потери на углы затенения составляют не более 11 %. Опытный образец был изготовлен

с учетом всех теоретических расчетов. Был получен оптимальный угол наклона, равный 38° , когда происходит наибольшее поглощение солнечного излучения профилированным листом выбранной марки с минимальными углами затенения.

Для проведения лабораторных испытаний был использован циркуляционный насос марки S.A.V. – heat 25/40. Данный циркуляционный насос имеет три режима работы: 1-й режим, мощностью 33 Вт, соответствующий скорости движения воды – 0,11 м/с; 2-й режим, мощностью 39 Вт, равный скорости движения воды – 0,13 м/с и 3-й режим, мощностью 44 Вт, сопоставимый со скоростью движения воды – 0,15 м/с. В результате были получены и выявлены наиболее предпочтительные показатели режима работы циркуляционного насоса, который применяется для подачи воды.

В результате исследований было отмечено, что при максимальном солнечном излучении равном $5,66 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{сут.}$, которое наблюдается в июле, температура воды возрастает на $26,2^\circ\text{C}$

за 120 минут. При более продолжительном времени проведения измерений температура воды пропорционально возрастает.

Кроме лабораторных исследований, проводимых на базе кафедры, были выполнены производственные испытания солнечного коллектора, выполненного в виде кровли [15]. Производственные испытания проводились в нескольких сельскохозяйственных организациях Нижегородской области: ООО «КМ АГРО» Княгининского района и ООО Племенной завод «Большемурашкинский» Большемурашкинского района.

Солнечный коллектор был установлен на крыше коровника на 200 голов ООО Племенной завод «Большемурашкинский» и подключен к существующей системе водоподготовки (рисунок 2). Вода подается из скважины при помощи циркуляционного насоса.

Рассматриваемый солнечный коллектор имеет следующие конструкционные параметры: ширина – 120 см; длина – 200 см [14]. В качестве поглощающей поверхности использовал-



а



б

а – вид сверху; б – вид сбоку
Рисунок 1 – Конструкция солнечного коллектора



Рисунок 2 – Солнечный коллектор на крыше коровника

ся профилированный лист марки НС-44-1100. Объем воды, вмещаваемый устройством для нагрева, составляет 108 л.

Результаты исследований и их обсуждение. Производственные испытания проводились в разные погодные условия: в безоблачные, малооблачные и в облачные дни. В качестве безоблачного дня рассматривалось 7 июля. В этот день максимальная температура воздуха достигла 31 °С в 13:00, ветер юго-восточный, скорость ветра – 3 м/с.

Начальная температура воды, перед заполнением солнечного коллектора составляла 4 °С, температура воздуха 20,4 °С. Измерения степени нагрева воды на выходе проводились каждый час до 17:00 – подготовки к вечернему доению коров. Результаты измерений представлены на рисунке 3.

Наглядное представление процесса нагрева воды в солнечном коллекторе было получено при помощи тепловизионной съемки (рисунок 4). На рисунке 4а показаны результаты в начале процес-

са нагрева – после заполнения водой солнечного коллектора в 8:00. На рисунке 4б представлена съемка уже в процессе нагрева в 11:00. Показатели измерений температуры воды на выходе были зафиксированы одноканальным термометром Testo 925 (рисунок 5).

Пик нагрева воды до максимального значения наблюдался в 13:00 и составил 68,2 °С. После этого температура воды постепенно уменьшилась. Поэтому для поддержания температуры воды в наибольшем значении ее аккумулируют в баке-накопителе. При необходимости воду подогревают в электрическом водонагревателе, который также подключен к технологической схеме нагрева воды для нужд предприятия.

Воду температурой 60 °С можно использовать для промывки молочного оборудования, в том числе доильных аппаратов, температурой 40 °С для подмывания вымени коров, а 17–19 °С для поения крупного рогатого скота.

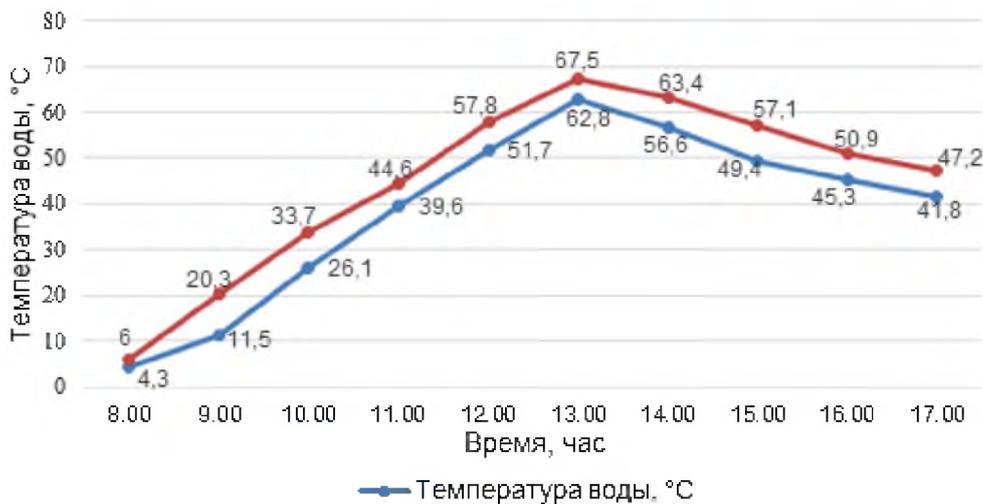
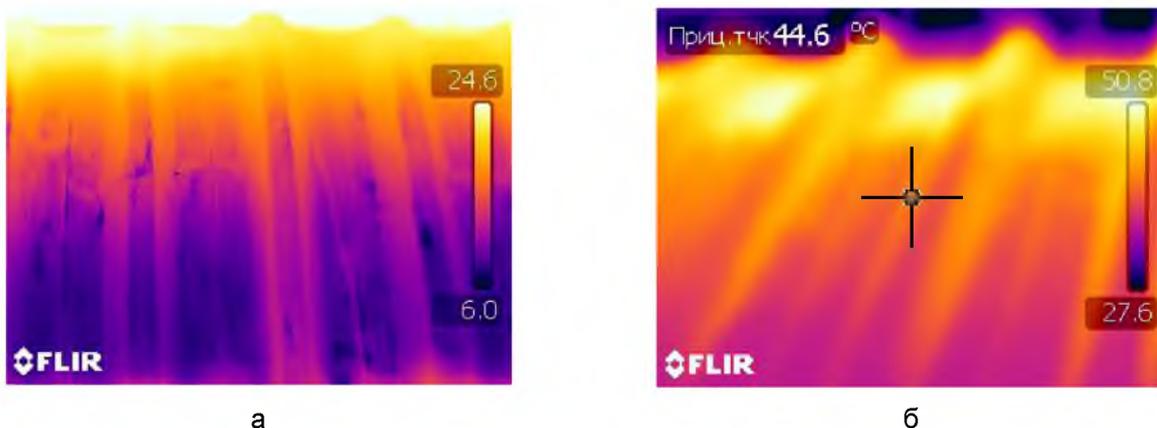


Рисунок 3 – Показатели измерений температуры воды на 7 июля



а – в 8:00; б – в 11:00
Рисунок 4 – Тепловизионная съемка процесса нагрева воды



Рисунок 5 – Показатели термометра в 11:00 7 июля

Режим, при котором подогретая вода напрямую используется в технологических процессах в коровнике, называется летним. Технологическая схема летнего режима работы солнечного коллектора представлена на рисунке 6.

Вода из водонапорной башни поступает в коровник. При помощи циркуляционного насоса (Н) она подается в солнечный коллектор, расположенный на крыше коровника. Регулируется циркуляция воды в системе водоподготовки электромагнитными клапанами ЭК1...ЭК10. В момент подачи воды в солнечный коллектор открывается клапан ЭК1, ЭК3, ЭК4 и вентиль (В). Клапаны ЭК1, ЭК6 и ЭК7 в этот момент находятся в закрытом положении. После заполнения солнечного коллектора электромагнитный клапан ЭК2 закрывается и начинается процесс нагревания воды (на рисунке отмечены стрелками) при помощи солнечного излучения. Для циркуляции и равномерного нагрева

воды в солнечном коллекторе используется циркуляционный насос, режим работы которого был описан выше.

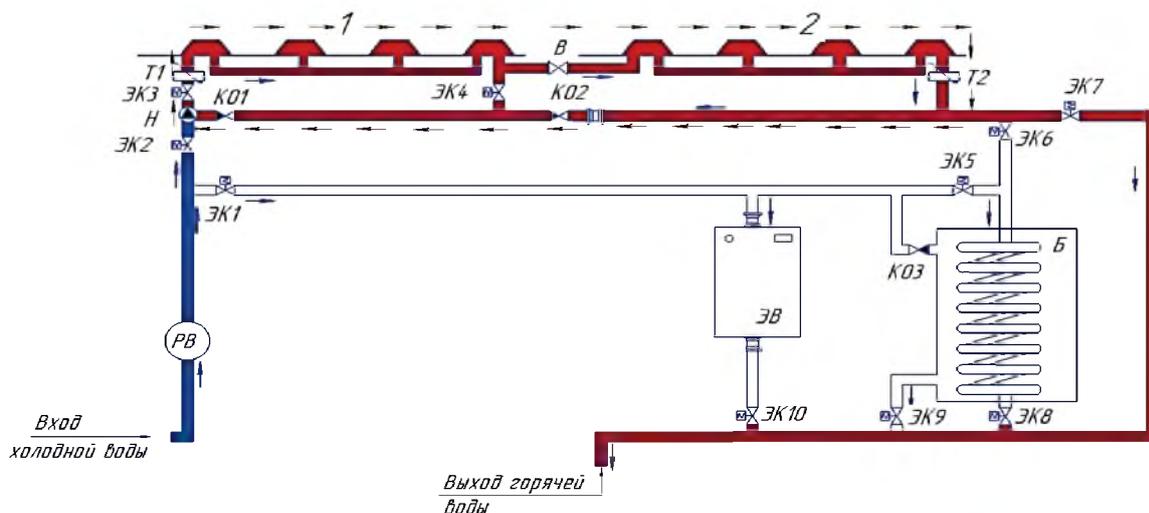
В тех случаях, когда нет необходимости в горячей воде, но надо сохранить или увеличить ее температуру, используется комбинированный режим работы системы водоподготовки, технологическая схема которого представлена на рисунке 7.

Комбинированный режим работы коллектора применяется в период с 13:00 до 17:00, когда горячая вода не используется, но есть необходимость в сохранности её температуры.

После того как вода нагрелась в солнечном коллекторе до наибольшей температуры, открывается электромагнитный клапан ЭК 6. Вода поступает в бак-накопитель бойлерного типа, и там ее температура поддерживается в заданном значении до момента использования. После этого открывается электромагнитный клапан ЭК8, и вода идет на производственные нужды.

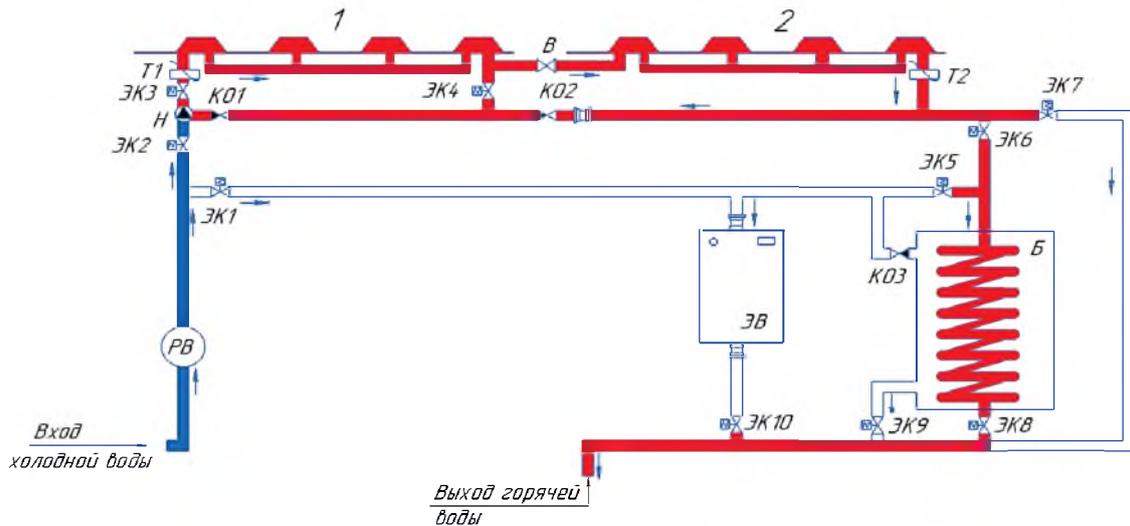
Если возникла необходимость в дополнительном подогреве, то открывается клапан ЭК5 и вода поступает в электрический водонагреватель (ЭВ). Во время использования горячей воды открывается электромагнитный клапан ЭК10. Далее вода также идет на технологические нужды в коровнике.

Аналогичным образом были проведены производственные испытания в малооблачную погоду (21 июля). Температура воздуха достигла 28 °С, ветер юго-западный, скорость ветра 5 м/с. Вода в коллектор была залита в 7:45 с температурой 3,1 °С, а наружная температура воздуха составила 19 °С. Показатели температуры воды на выходе солнечного коллектора снимались каждый час. Результаты приведены на рисунке 8.



РВ – регулировочный вентиль; Н – циркуляционный насос; ЭК1...ЭК10 – электромагнитный клапан; В – вентиль; Т1, Т2 – термодатчик; КО3 – обратный клапан; ЭВ – электрический водонагреватель; 1, 2 – солнечный коллектор

Рисунок 6 – Технологическая схема летнего режима работы солнечного коллектора



РВ – регулировочный вентиль; Н – циркуляционный насос; ЭК1...ЭК10 – электромагнитный клапан; В – вентиль; Т1, Т2 – термодатчик; КО3 – обратный клапан; ЭВ – электрический водонагреватель; 1, 2 – солнечный коллектор

Рисунок 7 – Технологическая схема комбинированного режима работы солнечного коллектора

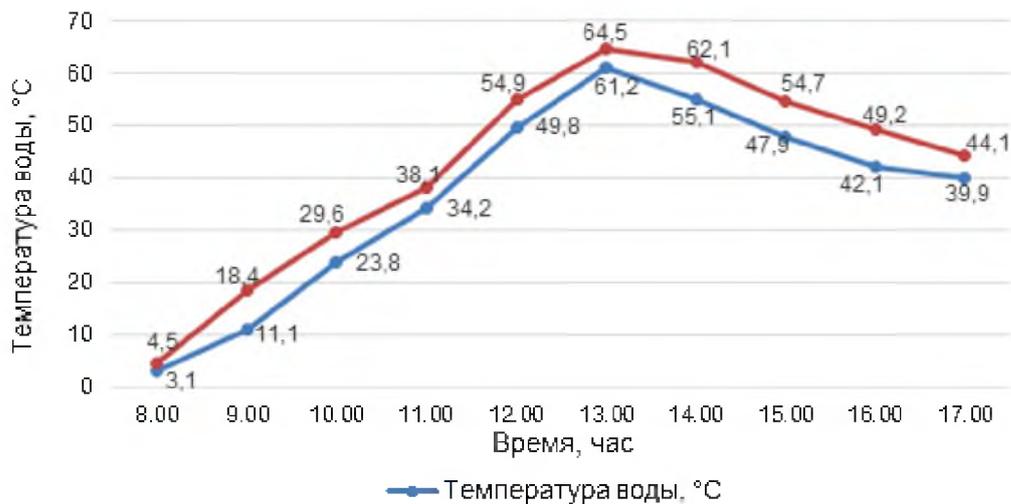


Рисунок 8 – Показатели измерений 21 июля

Установлено, что температура воды в малооблачную погоду увеличилась к 13:00 до 61,2 °С. Из рисунка 8 видно, что за 5 часов работы солнечного коллектора температура повысилась на 58,1 °С. Процесс нагрева воды в установке представлен на рисунке 9.

Полученный результат показателя воды в 11:00 дня представлен на рисунке 10.

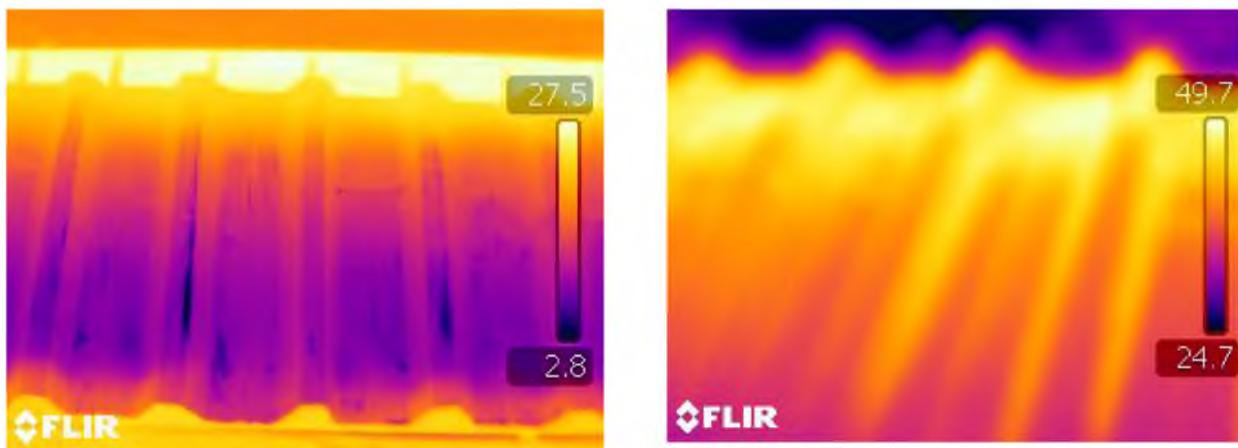
Также были проведены измерения в облачную погоду 24 июля. Температура воздуха в 8:00 составила 18 °С, максимальная температура в этот день достигла 24 °С. Ветер юго-западный, скорость ветра 7 м/с. Результаты измерений проводились каждый час (рисунок 11).

В период с 8:00 до 13:00 температура воды в солнечном коллекторе увеличилась на 54,2 °С и достигла максимального значения 58,4 °С. Полу-

ченную воду такой температуры можно использовать для технологических нужд на животноводческих фермах: подмывание вымени коров и поение животных.

Тепловизионная съемка солнечного коллектора проведена в 8:00 (сразу после заполнения его водой) и в 11:00 (в процессе нагрева) приведена на рисунке 12.

Заключение. Полученные результаты по проведенным производственным испытаниям показали эффективность использования кровли здания как поглощающей поверхности солнечного коллектора. Использование солнечного коллектора в системе подогрева воды в коровнике позволит сократить до 30 % потребления электроэнергии за один сезон.



а

б

а – в 7:45; б – в 11:00

Рисунок 9 – Тепловизионная съемка процесса нагрева воды



Рисунок 10 – Показатели термометра в 11:00 21 июля

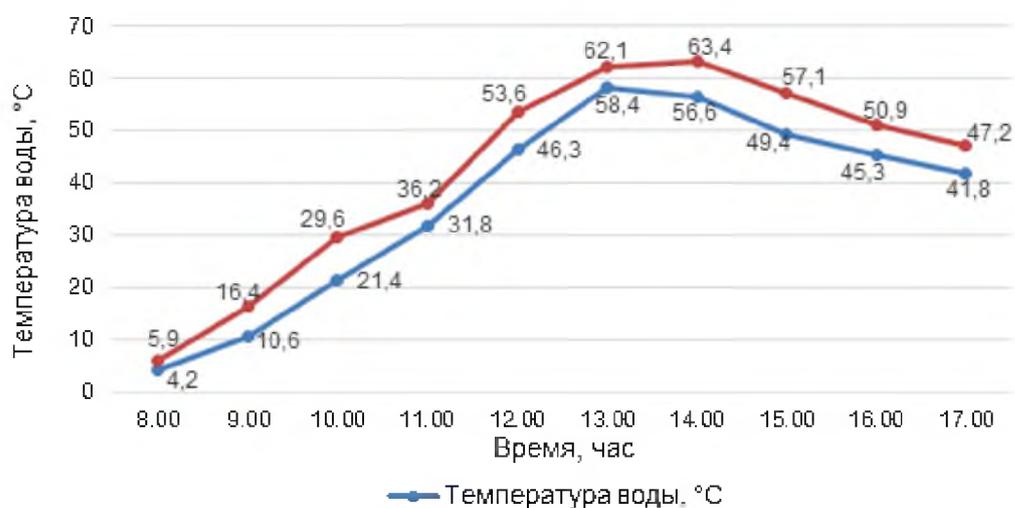
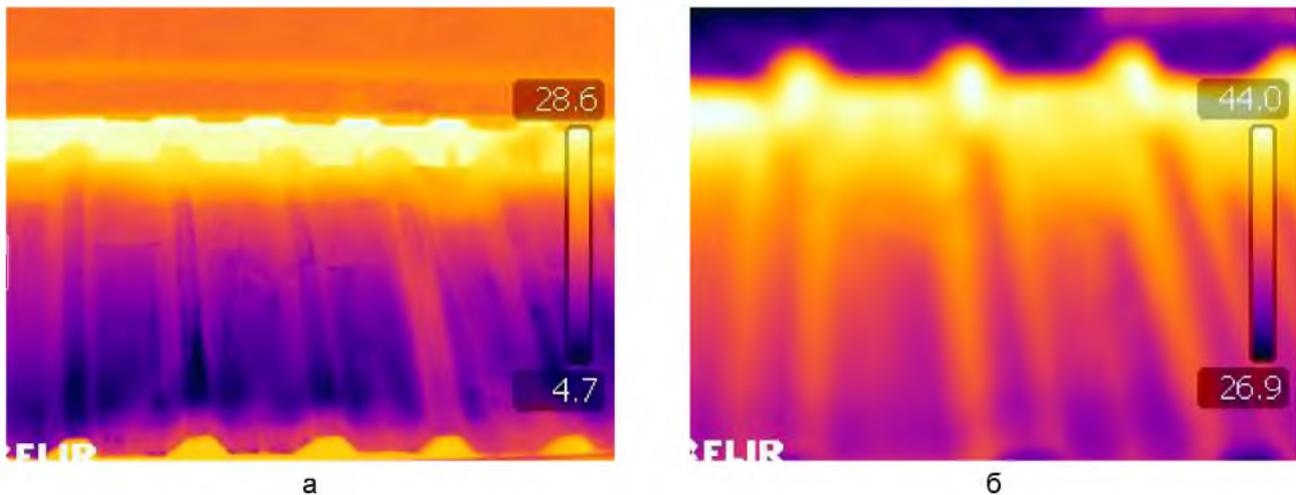


Рисунок 11 – Показатели измерений 24 июля



а – в 8:00; б – в 11:00

Рисунок 12 – Тепловизионная съемка процесса нагрева воды



Рисунок 13 – Показатели термометра в 11:00 24 июля

Список источников

1. Определение конструктивных параметров ветроэнергетической установки для электроснабжения удаленных объектов АПК / А.А. Евдокимов [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 4(44). С. 66-72. DOI: 10.52463/22274227_2022_44_66. EDN: YLSJOQ.
2. Александрова А.А., Дулепова Ю.М., Сеницин А.А. Результаты исследования конструктивных особенностей устройства для нагрева воды за счет солнечной энергии // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2(46). С. 113-117. DOI: 10.51794/27132064-2022-2-113. EDN: ZODZUM.
3. Использование фотоэлектрических водонагревателей в условиях жаркого климата / С.Е. Фрид [и др.] // Проблемы региональной энергетики. 2020. № 3(47). С. 92-100. DOI: 10.5281/zenodo.4018982. EDN: CPGXPP.
4. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение: статистика мирового рынка и особенности российского опыта // Теплоэнергетика. 2018. № 10. С. 78-88. DOI: 10.1134/S0040363618100016. EDN: UWYIDM.

5. Strebkov D.S., Penjiyev A.M. Solar Power Plants with Parabolic Trough Concentrators in the Desert Area of Karakum // Applied Solar Energy. 2019. Vol. 55. No. 3. P. 195-206.

6. Strebkov D.S., Shogenov A.K. Solar Photovoltaic Plants // Power Technology and Engineering. 2018. Vol. 52. No. 1. P. 85-90.

7. Strebkov, D. S., Filippchenkova N. S., Gadjev I. P. Solar Concentrator Modules for Residential Power Supply // Applied Solar Energy. 2020. Vol. 56. No. 4. P. 252-256.

8. Стребков Д.С., Шогенов Ю.Х., Бобовников Н.Ю. Повышение эффективности солнечных электростанций // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 3. С. 480-497. DOI: 10.15507/2658-4123.030.202003.480-497. EDN: ZPNMXL.

9. Modeling the energy supply of a biogas plant based on solar modules of various designs / V.A. Panchenko [et al.] // International Journal of Hydrogen Energy. 2024. Vol. 51. No. Part D. P. 119-129.

10. Фрид С.Е., Лисицкая Н.В., Попель О.С. Результаты анализа применимости данных спутниковых наблюдений и реанализа для моделирования автономных солнечных энергоустановок // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488. № 6. С. 609-611.

11. Перспективы развития возобновляемой энергетики при использовании комплексных гелиоустановок малой мощности / В.А. Бутузов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 24. С. 188-196.

12. Анализ солнечных коллекторов в виде ограждающих конструкций / А.А. Александрова [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2023. № 6 (145). С. 52-62.

13. Устройство для нагрева воды за счет солнечной энергии: пат. 2672656 Рос. Федерация. № 2016126648 / А.А. Маслова, В.Л. Осокин; заявл. 01.07.16; опубл. 16.11.18. Бюл. № 32.

14. Выбор конструкции поглощающей поверхности солнечного коллектора, используемого в животноводческом комплексе /

А.А. Александрова [и др.] // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 4(52). С. 54-60. DOI: 10.22314/27132064-2023-4-54. EDN: LGJAKO.

15. Александрова А.А. Определение параметров солнечного коллектора в виде кровли и режимов работы системы подогрева воды в коровниках: дис. ... канд. техн. наук: 04.03.02: утв. 14.06.23. М., 2023. 142 с. EDN: CTXOWW.

References

1. Evdokimov A.A. et al. Opredelenie konstruktivnykh parametrov vetroenergeticheskoi ustanovki dlya elektrosnabzheniya udalennykh ob'ektov APK [Determination of the design parameters of a wind power plant for power supply of remote objects of AIC]. *Vestnik Kurganskoy GSXA*. 2022; 4(44): 66-72. DOI: 10.52463/22274227_2022_44_66. EDN: YLSJOQ. (In Russ).

2. Aleksandrova A.A., Dulepova Yu.M., Sinitsin A.A. Rezul'taty issledovaniya konstruktivnykh osobennostei ustroystva dlya nagreva vody za schet solnechnoi energii [Results of a study of the design features of a device for heating water using solar energy]. *Machinery and technologies in livestock*. 2022; 2(46): 113-117. DOI: 10.51794/27132064-2022-2-113. EDN: ZODZUM. (In Russ).

3. Fried S.E. et al. Ispol'zovanie fotoelektricheskikh vodonagrevatelei v usloviyakh zharkogo klimata [Using photovoltaic water heaters in hot climates]. *Problems of the regional energetics*. 2020; 3(47): 92-100. DOI: 10.5281/zenodo.4018982. EDN: CPGXPP. (In Russ).

4. Butuzov V.A. Solnechnoe teplosnabzhenie: statistika mirovogo rynka i osobennosti rossiiskogo opyta [Solar heating: world market statistics and features of Russian experience]. *Teploenergetika*. 2018; (10): 78-88. DOI: 10.1134/S0040363618100016. EDN: UWYIDM. (In Russ).

5. Strebkov D.S., Penjiyev A.M. Solar Power Plants with Parabolic Trough Concentrators in the Desert Area of Karakum. *Applied Solar Energy*. 2019; 55(3): 195-206.

6. Strebkov D.S., Shogenov A.K. Solar Photovoltaic Plants. *Power Technology and Engineering*. 2018. 52(1): 85-90.

7. Strebkov, D. S., Filippchenkova N. S., Gadjevi I. P. Solar Concentrator Modules for Residential Power Supply. *Applied Solar Energy*. 2020; 56(4): 252-256.

8. Strebkov D.S., Shogenov Yu.Kh., Bobovnikov N.Yu. Povyshenie effektivnosti solnechnykh elektrostantsii [Increasing the efficiency of solar power plants]. *Engineering technologies and systems*. 2020; 30(3): 480-497. DOI: 10.15507/2658-4123.030.202003.480-497. EDN: ZPNMXXL. (In Russ).

9. Panchenko V.A. et al. Modeling the energy supply of a biogas plant based on solar modules of various designs. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024; 51(Part D): 119-129.

10. Frid S.E., Lisitskaya N.V., Popel O.S. Rezul'taty analiza primenimosti dannykh sputnikovykh nablyudenii i reanaliza dlya modelirovaniya avtonomnykh solnechnykh energoustanovok [Re-

sults of the analysis of the applicability of satellite observation data and reanalysis for modeling autonomous solar power plants]. *Doklady akademii nauk*. 2019; 488(6): 609-611. (In Russ).

11. Butuzov V.A. et al. Perspektivy razvitiya obnovlyaemoi energetiki pri ispol'zovanii kompleksnykh gelioustanovok maloi moshchnosti [Prospects for the development of renewable energy using complex low-power solar plants]. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2010; (24): 188-196. (In Russ).

12. Alexandrova A.A. et al. Analiz solnechnykh kolektorov v vide ograzhdayushchikh konstruktivnykh ustroystv [Analysis of solar collectors in the form of enclosing structures]. *Bulletin NGIEI*. 2023; 6(145): 52-62. (In Russ).

13. Ustroystvo dlya nagreva vody za schet solnechnoi energii [Device for heating water using solar energy]: Pat. 2672656 Rus. Federation. No 2016126648/A.A. Maslova, V.L. Osokin; dec. 01 July 2016; publ. 16 November 2018; Bull. No 32. (In Russ).

14. Alexandrova A.A. et al. Vybór konstruktivnykh pogloshchayushchei poverkhnosti solnechnogo kolektora, ispol'zuemogo v zhivotnovodcheskom komplekse [Choosing the design of the absorbing surface of a solar collector used in a livestock complex]. *Machinery and technologies in livestock*. 2023; 4(52): 54-60. DOI: 10.22314/27132064-2023-4-54. EDN: LGJAKO. (In Russ).

15. Alexandrova A.A. Opredelenie parametrov solnechnogo kolektora v vide krovlí i rezhimov raboty sistemy podogreva vody v korovnikakh [Determination of parameters of a solar collector in the form of a roof and operating modes of a water heating system in barns]. [Dissertation]. Moscow; 2023: 142. EDN: CTXOWW. (In Russ).

Информация об авторах

А.А. Александрова – кандидат технических наук; AuthorID 729968.

Ю.М. Дулепова – кандидат технических наук; AuthorID 729964.

В.Л. Осокин – кандидат технических наук, доцент; AuthorID 628202.

Н.Н. Кучин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; AuthorID 723093.

Information about the authors

A.A. Aleksandrova – Candidate of Technical Sciences; AuthorID 729968.

Ju.M. Dulepova – Candidate of Technical Sciences; AuthorID 729964.

V.L. Osokin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 628202.

N.N. Kuchin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; AuthorID 723093.

Статья поступила в редакцию 15.04.2024; одобрена после рецензирования 21.05.2024; принята к публикации 13.06.2024.

The article was submitted 15.04.2024; approved after reviewing 21.05.2024; accepted for publication 13.06.2024.