

A. Adylkanova, Zh. Akishov, A. Bektemissov, T. Umyrzhhan*, A. Kassymov

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka street, 20 A
*e-mail: timirlan-95@mail.ru

LABORATORY STAND FOR STUDYING THE EFFECTIVENESS OF USING NANOFLUIDS TO INTENSIFY HEAT TRANSFER IN HYBRID SOLAR COLLECTORS

Abstract: The article discusses the issues of studying heat transfer in hybrid solar collectors using a developed laboratory stand. The issue of solar energy efficiency is very important in light of the modern concept of carbon neutrality. One of the most promising solar energy technologies is the use of hybrid solar collectors, where, along with electrical energy, thermal energy is also generated. The heat removed from the surface of the solar panel allows to maintain a high level of its efficiency, and the heat removed is used by the consumer. One of the most effective methods for intensifying heat transfer in hybrid solar collectors is the use of nanofluids as a coolant. Nanofluids are a new type of coolant with increased thermal conductivity, consisting of a base fluid and nanoparticles. The most commonly used and economically feasible are nanofluids with the addition of metal oxides. The developed laboratory stand will allow simulating solar radiation and studying the current-voltage characteristics of the solar panel at different lighting levels. The use of different types of nanofluids will allow to determine the most efficient operating modes of a hybrid solar collector. Analysis of thermal and electrical efficiency will provide a more complete picture of production when hybrid solar collectors operate in various modes using different types of nanofluids.

Key words: hybrid solar collector, heat transfer, nanofluid, laboratory stand, energy efficiency.

Introduction

Issues of energy independence, along with environmental safety, are the main priorities of the energy policy of the Republic of Kazakhstan. A large specific share of hydrocarbon generation, exceeding 70% of total output, is one of the main problems of the country's energy industry [1]. The payback period of renewable energy sources is still quite high and cannot compete with traditional energy generation [2]. The presence of relatively cheap coal reserves makes investments in unconventional energy less economically profitable. However, taking the path of green energy is inevitable, so the state needs to support the development of certain most promising sources of renewable energy.

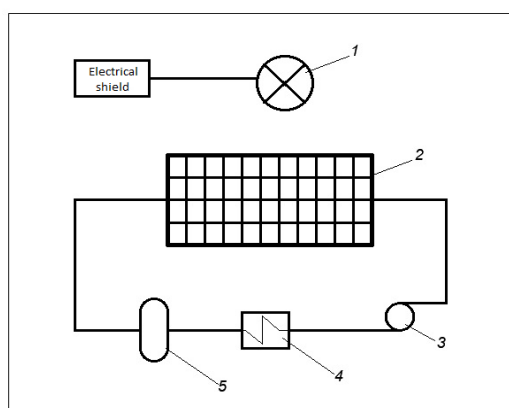
As is known, in recent years, a variety of renewable energy technologies have been developed [3]. However, the increase in generation based on solar energy is the most significant [4]. With the development of new technologies, the price of obtaining photovoltaic elements for solar panels has decreased. One of the most significant problems is the decrease in the efficiency of a solar panel with increasing temperature of the panel surface [5-7]. To prevent this problem, hybrid solar collectors have been developed that allow solving two problems: cooling the panel surface, providing a higher efficiency factor, and obtaining thermal energy for consumer needs.

The most promising method for increasing the efficiency of such panels is to intensify heat transfer in them using nanofluids [8-11]. Previously, the authors obtained certain results on the study of the thermal conductivity of nanofluids [12]. In the presented work, to study the effectiveness of nanofluids for intensifying heat transfer, a laboratory bench was developed to determine the operating efficiency of hybrid solar collectors in real conditions.

Materials and methods

The laboratory stand is designed to conduct thermophysical studies, namely to determine the

efficiency of using various coolants in the thermal part of a hybrid solar collector. Figure 1 shows a diagram of the developed laboratory stand.



1 – halogen spotlight, 2 – solar panel, 3 – circulation pump, 4 – water heater, 5 – liquid container

Figure 1 – Schematic diagram of the laboratory stand

Tables 1 and 2 respectively present the electrical and mechanical characteristics of the photovoltaic module (PVM).

Table 1 – Electrical characteristics of the PVM module

Characteristic		Value
Peak electrical power, W		100
Tolerance, %		0 ~ + 3
Optimal operating voltage, V		20,2
Optimal operating current, A		4,96
Short circuit current (Isc), A		5,24
Open circuit voltage (Uoc), V		24,7
Operating temperature (NOCT), °C		From -40 to 85
Maximum system voltage, V		1000
Maximum series fuse rating, A		15
Quality category		Grade A
PVM element efficiency, %		19,38
PVM efficiency, %		22,60
Temperature coefficients	NOCT	45±2°C
	Pmax	-0,44%/°C
	Voc	-0,34%/°C
	Isc	-0,060%/°C
Standard measurement conditions (SMC):		
AM=1,5	Radiation =1000 W/m	T=25±2°C

Table 2 – Mechanical characteristics of PVM

Characteristic	Value
Overall dimensions of the stand (L × W × H), mm	970× 780 × 1840
Module type	monocrystalline
Module dimensions (L × W × H), mm	770 × 670 × 30
Number of cells	36(4x9)
Weight, kg	5,5
Front glass	Tempered coated glass 3.2 mm
Frame	Anodized aluminum
Terminal box	IP65
Cable	Positive and negative terminals - double insulated cable, cross-section 4 mm ² , length (L) 900 mm, MC4 connector or compatible with it.

Results and discussion

The developed laboratory stand will allow to determine the efficiency of using nanofluids in hybrid solar collectors. This will make it possible to study promising nanofluids and compare laboratory data on the thermophysical properties of nanofluids with their behavior under the conditions of a real hybrid solar collector.

The use of a halogen spotlight is due to the fact that the emission spectrum of a halogen lamp is closest to that of the sun compared to other types of lamps. Changing the power of the spotlight allows to simulate different degrees of solar radiation. The solar panel is cooled by a coil heat exchanger, where the nanofluid will circulate and provide heat exchange with the surface of the solar panel. The function of the water heater is to simulate the temperature at which the panel operates.

Simulating the operation of a hybrid solar collector with a circulating nanofluid will provide a number of important experimental data for further research into the efficiency of electrical energy generation at different solar panel surface temperatures.

Conclusion

The joint production of thermal and electrical energy in hybrid solar collectors is one of the promising technologies for the development of renewable sources in the Republic of Kazakhstan. The developed laboratory stand will allow a number of studies to be carried out in the field of determining the effectiveness of the use of nanofluid coolants in the circuits of hybrid solar collectors. Analysis of temperatures at characteristic points of the circuit, as well as determination of the current-voltage characteristics of the panel under various operating modes of the collector will provide valuable data for studying the issues of intensifying heat transfer in hybrid solar collectors.

References

1. Dzhumamukhambetov N.G. Development of renewable energy in Kazakhstan / N.G. Dzhumamukhambetov, V.A. Yashkov // Publisher agency: Proceedings of the 4th International Scientific Conference «Scientific Research and Experimental Development» (September 28-29, 2023). – London, England, 2023. – 202 p.
2. Schultz H.S. Design, greenhouse emissions, and environmental payback of a Photovoltaic Solar Energy System / H.S. Schultz, M. Carvalho // *Energies*. – 2022. – T. 15, № 16. – P. 6098.
3. Sharif A. A step towards sustainable development: role of green energy and environmental innovation / A. Sharif, U. Mehmood, S. Tiwari // *Environment, Development and Sustainability*. – 2024. – V. 26, № 4. – P. 9603-9624.
4. Role of solar energy in reducing ecological footprints: An empirical analysis / A. Sharif et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – V. 292. – P. 126028.
5. Investigation of the effect temperature on photovoltaic (PV) panel output performance / A.R. Amelia et al // *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* – 2016. – V. 6, № 5. – P. 682-688.
6. Peng Z. Cooled solar PV panels for output energy efficiency optimisation / Z. Peng, M.R. Herfatmanesh, Y. Liu // *Energy conversion and management*. – 2017. – V. 150. – P. 949-955.
7. Siecker J. A review of solar photovoltaic systems cooling technologies / J. Siecker, K. Kusakana, B.P. Numbi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – V. 79. – P. 192-203.
8. Advances in PV and PVT cooling technologies: A review / A.K. Hamzat et al // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. – 2021. – V. 47. – P. 101360.
9. Nasrin R. Water/MWCNT nanofluid based cooling system of PVT: Experimental and numerical research / R. Nasrin, N.A. Rahim, H. Fayaz // *Renewable energy*. – 2018. – V. 121. – P. 286-300.
10. Experimental investigations on unglazed photovoltaic-thermal (PVT) system using water and nanofluid cooling medium / G.S. Menon et al // *Renewable Energy*. – 2022. – V. 188. – P. 986-996.
11. Mahmood Alsalame H.A. Performance Evaluation of a Photovoltaic Thermal (PVT) system using nanofluids / H.A. Mahmood Alsalame, J.H. Lee, G.H. Lee // *Energies*. – 2021. – V. 14, № 2. – P. 301.
12. Intensification of heat transfer in hybrid solar collectors by using nanofluids as a coolant / A. Kassymov et al // *Scientific journal «Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan»*. – 2023. – V. 348, № 4. – P. 69-79.

Funding information

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant no. AP19678220).

А. Адылканова, Ж. Акишов, А. Бектемисов, Т. Умыржан*, А. Касымов

Университет имени Шакарима г. Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

В статье рассмотрены вопросы исследования теплообмена в гибридных солнечных коллекторах с помощью разработанного лабораторного стенда. Вопрос эффективности солнечной энергетики является весьма важным в свете современной концепции углеродной нейтральности. Одной из наиболее перспективных технологий солнечной энергетики является использование гибридных солнечных коллекторов, где наряду с электрической энергией вырабатывается и тепловая энергия. Теплота, отводимая от поверхности солнечной панели позволяет поддерживать высокий уровень ее эффективности, а отведенное тепло используется потребителем. Одним из наиболее действенных методов интенсификации теплообмена в гибридных солнечных коллекторах является использование наножидкостей в качестве теплоносителя. Наножидкости являются новым типом теплоносителей с повышенной теплопроводностью, состоящие из базовой жидкости и наночастиц. Наиболее часто используемыми и экономически целесообразными являются наножидкости с добавлением оксидов металлов. Разработанный лабораторный стенд позволит имитировать солнечное излучение и исследовать вольт-амперную характеристику солнечной панели при различных уровнях освещения. Использование различных видов наножидкостей позволит определить наиболее эффективные режимы работы гибридного солнечного коллектора. Анализ тепловой и электрической эффективности позволит получить более полную картину выработки при эксплуатации гибридных солнечных коллекторов в различных режимах с использованием разных типов наножидкостей.

Ключевые слова: гибридный солнечный коллектор, теплообмен, наножидкость, лабораторный стенд, энергоэффективность.

А. Адылканова, Ж. Акишов, А. Бектемисов, Т. Умыржан*, А. Касымов

Семей қ. Шәкәрім атындағы Университет,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЛАРЫНДА ЖЫЛУ АЛМАСУДЫ ҚАРҚЫНДАТУ ҮШІН НАНОСҰЙЫҚТЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН ЗЕРТХАНАЛЫҚ СТЕНД

Мақалада әзірленген зертханалық стендті пайдаланып гибриді күн коллекторларында жылу алмасуды зерттеу мәселелері қарастырылған. Күн энергиясының тиімділігі мәселесі көміртегі бейтараптығының заманауи тұжырымдамасы тұрғысынан өте маңызды. Ең перспективалы күн энергиясы технологияларының бірі гибриді күн коллекторларын пайдалану болып табылады, мұнда электр энергиясымен қатар жылу энергиясы да өндіріледі. Күн панелінің бетінен алынған жылу оның тиімділігін жоғары деңгейде ұстауға мүмкіндік береді, ал алынған жылуды тұтынушы пайдаланады. Гибриді күн коллекторларында жылу алмасуды қарқындатудың ең тиімді әдістерінің бірі салқындатқыш ретінде наносұйықтықтарды пайдалану болып табылады. Наносұйықтықтар – негізгі сұйықтық пен нанобөлшектерден тұратын жоғары жылу өткізгіштігі бар салқындатқыштың жаңа түрі. Ең жиі қолданылатын және экономикалық жағынан тиімдісі металл оксидтері қосылған наносұйықтықтар болып табылады. Әзірленген зертханалық стенд күн радиациясын имитациялауға және жарықтандырудың әртүрлі деңгейлерінде күн панелінің тоқ кернеуінің сипаттамаларын зерттеуге мүмкіндік береді. Наносұйықтықтардың әртүрлі түрлерін пайдалану гибриді күн коллекторының ең тиімді жұмыс режимдерін анықтауға мүмкіндік береді. Жылулық және электрлік тиімділікті талдау гибриді күн коллекторларын әр түрлі

наносұйықтықтарды пайдалана отырып, әртүрлі режимдерде пайдалану кезінде өндірістің толық көрінісін береді.

Түйін сөздер: гибриді күн коллекторы, жылу алмасу, наносұйықтық, зертханалық стенд, энергия тиімділігі.

Сведения об авторах

Айнур Жарылкасыновна Адылканова – докторант ОП Техническая физика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941.

Жандос Қайбекұлы Акишов – магистрант ОП Теплоэнергетика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhandosakishov@gmail.com.

Ануар Алмасбекович Бектемисов – докторант ОП Техническая физика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632.

Темірлан Нұрланұлы Умыржан* – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

Аскар Багдатович Касымов – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508.

Авторлар туралы мәліметтер

Айнур Жарылкасыновна Адылканова – Техникалық физика ББ докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941.

Жандос Қайбекұлы Акишов – Жылу энергетикасы ББ магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhandosakishov@gmail.com.

Ануар Алмасбекович Бектемисов – Техникалық физика ББ докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632.

Темірлан Нұрланұлы Умыржан* – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

Аскар Багдатович Касымов – PhD докторы, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а.; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508.

Information about the authors

Ainur Zharylkasynovna Adykanova – PhD student in Technical Physics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941.

Zhandos Kairbekuly Akishov – Master's student in Heat Power Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhandosakishov@gmail.com.

Anuar Almasbekovich Bektemissov – PhD student in Technical Physics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632.

Temirlan Nurlanuly Umyrzhhan – senior lecturer of the department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

Askar Bagdatovich Kassymov – PhD, acting associate professor of the department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508.

Received 31.05.2024

Revised 03.06.2024

Accepted 11.06.2024