

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

SOLAR ENERGY

СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

SOLAR COLLECTORS

Статья поступила в редакцию 17.07.20. Ред. Рег. №11-05

The article has entered in publishing office 17.07.20 Ed. Reg. No. 11-05

УДК697.329:004.942

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА  
ВЛИЯНИЯ ИНСОЛЯЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ  
СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

*Д.Н. Литвинов<sup>1</sup>, В.С. Костарев<sup>1</sup>, В.А. Климова<sup>1</sup>, В.И. Велькин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
ул. Мира, 19, Екатеринбург 620002, Россия  
тел.: +79024494468, e-mail: dan11.litvinov@ya.ru

doi: 10.15518/isjaee.2020.09.002

Заключение совета рецензентов: 18.08.20

Заключение совета экспертов: 18.08.20

Принято к публикации: 29.08.20

Солнечная энергия является альтернативным ископаемому топливу источником электрической и тепловой энергии. Самое простое применение солнечной энергии – это преобразование солнечного излучения в тепло. По данному принципу устроены солнечные коллекторы, которые преобразуют солнечное излучение в тепло, передавая его воде или низкокипящему теплоносителю для нагрева воды в теплообменнике. Плоские солнечные коллекторы обладают низкой стоимостью и используются для бытовых и промышленных целей. Они преобразуют солнечную энергию при помощи абсорберов, обволакивающих трубки с теплоносителем и передающих ему тепло. Такой коллектор неприхотлив в обслуживании и прост по конструкции. В данной работе проводится теплогидравлический расчет плоского солнечного коллектора при помощи CFD с целью анализа процессов теплопередачи между абсорбером перьевого типа и водой. Моделирование проводится в CFD Solidworks Flow Simulation с использованием штатных средств моделирования солнечного излучения. Итогом работы являются полученные картины потоков теплоносителя внутри коллектора, а также графики распределения температуры и падающего теплового лучистого (солнечного) потока по времени. Результаты расчетов аппроксимировались и продемонстрировали высокий уровень соответствия (в пределах 10-12 %) с характеристиками, полученными в ходе натурных экспериментов. Последнее свидетельствует о достоверности выбранной математической модели солнечного коллектора и методики расчетов.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, солнечная энергетика, вычислительная гидродинамика, плоский солнечный коллектор, солнечное излучение, математическое моделирование, оптимизация возобновляемых источников энергии.

**THE USAGE OF CFD MODELING FOR ANALYZING THE EFFECT OF INSOLATION  
ON THE EFFICIENCY OF SOLAR COLLECTORS**

*D.N. Litvinov<sup>1</sup>, V.S. Kostarev<sup>1</sup>, V.A. Klimova<sup>1</sup>, V.I. Velkin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin  
19 Mira St., Yekaterinburg 620002, Russia  
tel.: +79024494468, e-mail: dan11.litvinov@ya.ru

doi: 10.15518/isjaee.2020.09.002



Solar energy is an alternative to fossil fuel as a source of electrical and thermal energy. The simplest way of solar energy use is the conversion of solar radiation into heat. Arranged according to this principle are the solar collectors that convert solar radiation into heat and transfer it to water or some low-boiling coolant to heat water in a heat exchanger. One of the advantages of flat solar collectors is their cheapness, so they are used for domestic and industrial purposes. They transform solar energy with the help of absorbers which envelope coolant containing tubes of a collector and transfer heat to the coolant. Such collector is easy to design and to maintain. This work presents the results of a thermohydraulic calculation of a flat solar collector using CFD to analyze heat transfer processes between a feather-type absorber and water. The simulation was made with in CFD Solidworks Flow Simulation using standard solar radiation modeling tools. The results of the paper are the pictures of the coolant flows inside the collector, the graphs of the temperature distribution, and the incident heat radiant (solar) flux over time. The results of the calculations were approximated and demonstrated a high level of compliance (within 10-12 %) with the characteristics obtained during field experiments. The latter indicates the reliability of the chosen mathematical model of the solar collector and the calculation method.

**Keywords:** renewable energy, solar energy, computational fluid dynamics, flat solar collector, solar radiation, mathematical modeling, optimization of renewable energy sources.



*Литвинов Данил  
Николаевич  
Litvinov Danil  
Nikolaevich*

**Сведения об авторе:** студент 4 курса кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**Образование:** Уральский федеральный университет им первого Президента России Б. Н. Ельцина (2016-н.в.)

**Награды и научные премии:** Диплом Министерства промышленности и науки Свердловской области за актуальную для Свердловской области научную разработку (2019 г.), стипендиат концерна Правительства Российской Федерации (2020 г.)

**Область научных интересов:** теплогидравлическое моделирование, CAD

**Публикации:** более 5.

**Information about the author:** 5th year student at Ural Federal University, Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources

**Education:** Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin (2015-present)

**Awards and scientific awards:** Diploma of the Ministry of Industry and Science of the Sverdlovsk Region for scientific research relevant to the Sverdlovsk Region (2019), scholarship holder of the Government of the Russian Federation (2020)

**Research interests:** thermohydraulic modeling, CAD

**Publications:** more than 5.



*Костарев Вячеслав  
Сергеевич  
Kostarev Vyacheslav  
Sergeevich*

**Сведения об авторе:** студент 5 курса кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**Образование:** Уральский федеральный университет им первого Президента России Б. Н. Ельцина (2015-н.в.)

**Награды и научные премии:** Диплом Министерства промышленности и науки Свердловской области за актуальную для Свердловской области научную разработку (2019 г.), стипендиат концерна «Росэнергоатом», Президента и Правительства Российской Федерации (2019-н.в.)

**Область научных интересов:** теплогидравлическое моделирование, оптимизация термодинамического цикла АЭС

**Публикации:** более 10, в том числе 3 в реферируемых изданиях.

**Information about the author:** 5th year student at Ural Federal University, Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources

**Education:** Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin (2015-present)

**Awards and scientific awards:** Diploma of the Ministry of Industry and Science of the Sverdlovsk Region for scientific research relevant to the Sverdlovsk Region (2019), scholarship holder of Rosenergoatom Concern and the Government of the Russian Federation (2019-present)

**Research interests:** thermohydraulic modeling, optimization of the thermodynamic cycle of NPP

**Publications:** more than 10, including 3 in refereed journals.





Климова Виктория  
Андреевна  
Klimova Viktoria  
Andreevna

**Сведения об авторе:** старший преподаватель кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**Образование:** УГТУ-УПИ по специальности «Атомные электрические станции и установки» (2007 г.).

**Награды и научные премии:** Почетная грамота министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области за активную работу со студентами по повышению энергоэффективности и развитию новых источников энергии (2011).

**Область научных интересов:** ядерная энергетика и технологии, компьютерное моделирование теплогидравлических процессов.

**Публикации:** более 60, в том числе 11 в реферируемых журналах.

**Information about the author:** Senior lecturer at Ural Federal University, Department of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources

**Education:** Ural State Technical University, now UrFU (2007)

**Awards and scientific awards:** Diploma of the Ministry of Energy of the Sverdlovsk Region for the active work with students aimed at energy efficiency increase and new energy sources development (2011).

**Research interests:** nuclear energy and technologies, computational hydrodynamics.

**Publications:** more than 60, including 11 in refereed journals.



Велькин Владимир  
Иванович  
Velkin Vladimir  
Ivanovich

**Сведения об авторе:** профессор Уральского Федерального Университета, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии, Россия;

**Место работы:** ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии».

**Должность:** профессор кафедры, зам руководителя научной лаборатории «Евроазиатский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения»

**Образование:** высшее, закончил Уральский политехнический институт имени С.М. Кирова (ныне-УрфУ).

**Научное звание:** доцент

**Ученая степень:** доктор технических наук

**Награды и научные премии:** Лауреат Национальной экологической премии Фонда им. В.И. Вернадского, (номинация «Энергетика будущего», 2009 г.)

**Область научных интересов:** Возобновляемые источники энергии, атомная энергетика, энергосбережение

**Публикации:** более 150 публикаций, три монографии, 11 патентов РФ.

**Information about the author:** Professor of the Ural Federal University, Department of nuclear power plants and renewable energy sources, Russia;

**Place of work:** Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Department of Nuclear power plants and renewable energy sources.

**Position:** Professor of the Department, Deputy head of the scientific laboratory "Euro-Asian center for renewable energy and energy saving"

**Education:** higher, graduated from the Ural Polytechnic Institute named after S. M. Kirov (now Urfu).

**Scientific title:** associate Professor

**Academic degree:** doctor of technical Sciences

**Awards and scientific prizes:** Winner Of the national environmental award of the V. I. Vernadsky Foundation, (nomination "Energy of the future", 2009)

**Research interests:** Renewable energy sources, nuclear power, energy saving

**Publications:** more than 150 publications, three monographs, 11 patents of the Russian Federation.

## Введение

В настоящий момент рынок солнечных коллекторов стабильно развивается, поскольку солнечные коллекторы являются доступным средством использования возобновляемой энергии солнечного излучения в виде теплоты, передающейся жидкости или воздуху. Количество используемых солнечных коллекторов возрастает с каждым годом, и по данным на 2018 год их суммарная мощность достигла более 480 гигаватт [1,2]. Солнечные коллекторы используют в бытовых и промышленных масштабах как для нагрева воды в домашней системе водоснабжения, так и, например, для нагрева воды бассейна, а также для

повышения общей эффективности теплоснабжения [3,4,5]. Они неприхотливы в обслуживании, просты в установке, что позволяет значительно снизить удельную стоимость нагретой воды [6,7].

Преобразование энергии в плоском солнечном коллекторе производится следующим образом: солнечное излучение, проходя через стекло, попадает на поглощающую поверхность с высокой степенью абсорбции, которая преобразует энергию солнечного излучения в тепловую и передает энергию теплоносителю (воде или воздуху), проходящему через трубки прямой или меандровой формы. Для снижения потерь под трубками располагают слой теплоизоляции [8,9].

Пластины абсорбера изготавливают из металлов с высокой теплопроводностью, таких как медь и алю-

миний, дополнительно используют селективные покрытия [10,11].

Список обозначений	
Буквы греческого алфавита	
$\partial$	Частная производная
$\varepsilon$	Турбулентная диссипация
$\rho$	Плотность жидкости, кг/м <sup>3</sup>
$\tau_{ik}$	Тензор вязких напряжений
$\tau$	Время, ч
Буквы латинского алфавита	
H	$h + u^2/2$ (так и есть, вставлено для краткости в формулу)
h	Энтальпия
p	Давление
Q <sub>H</sub>	Источник или сток теплоты на единицу объема
S <sub>i</sub>	Распределенная по массе внешняя сила
T <sub>абс</sub>	Температура воды на поверхности коллектора, °C
T <sub>вых</sub>	Температура воды на выходе из коллектора, °C
t	Время
u <sub>i,j</sub>	Скорость жидкости

x <sub>i,j</sub>	координата
r	Расстояние от точки до оси вращения
Единицы измерения	
°C	Градусы Цельсия
Вт/м <sup>2</sup>	Ватт на квадратный метр
м <sup>2</sup>	Квадратный метр
мм	Миллиметр
Ч	Час
Индексы верхние	
R	Напряжения Рейнольдса
2	Вторая степень
Индексы нижние	
H	Heat
i	i-я координата
j	j-я координата
абс	На поверхности абсорбера
вых	На выходе
Аббревиатуры	
CFD	Computational fluid dynamics
САПР	Система автоматизированного проектирования

### 1. Моделирование с использованием пакетов вычислительной гидродинамики (CFD)

В настоящее время прикладные модули вычислительной гидродинамики всё чаще используются для решения задач теплообмена. Компьютерное моделирование в этой сфере стремительно развивается, позволяя анализировать все более широкий спектр процессов [12, 13, 14, 15].

На кафедре атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского федерального университета используется САПР Solidworks. Данная система обладает высоким функционалом, упрощающим построение трёхмерных моделей рассматриваемых объектов, а также прикладными модулями, в том числе Solidworks Flow Simulation, предназначенным для анализа процессов теплообмена и гидродинамики. Ряд работ, проведенных студентами и преподавателями кафедры, в том числе авторами данного исследования, доказал эффективность применения упомянутого программного обеспечения для решения задач.

При помощи CFD проводилась работа по моделированию теплогидравлических процессов в змеевиковом теплообменнике с целью определить тепловую эффективность аппарата и повысить коэффици-

ент теплоотдачи [16]. Была разработана компьютерная модель теплообменника, проведен анализ его теплогидравлических характеристик. Результатом расчёта стала тепловая эффективность аппарата, а также детальные картины тепловых потоков.

С использованием включенной в состав модуля FlowSimulation модели солнечного излучения проводилось моделирование режимов пассивного отвода остаточных тепловыделений от контейнеров с радиоактивными отходами с учётом погодных условий [17]. Для анализа использовался контейнер для хранения битумированных, жидких, радиоактивных отходов с равномерно распределенными внутренними источниками тепла, находящийся на открытом воздухе под воздействием солнечного излучения. В рамках той работы было проведено сравнение данных моделирования с экспериментальными данными, которое показало удовлетворительное совпадение.

В Solidworks Flow Simulation для анализа течения используется система уравнений Навье-Стокса для ламинарного и турбулентного течения, которые являются формулировками законов сохранения массы, импульса и энергии для потока жидкости или газа [18]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}(p u_i) = 0; \tag{1}$$



$$\frac{\partial p u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (p u_i u_j) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + S_i, \quad i = 1, 2, 3; \quad (2)$$

$$\frac{\partial p H}{\partial t} + \frac{\partial p u_i H}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (u_j (\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + q_i) + \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \rho \varepsilon + S_i u_i + Q_H, \quad (3)$$

где  $u$  – скорость текучей среды;  $\rho$  – ее плотность;  $S_i$  – распределенная по массе внешняя сила (сила гравитации, а также силы, возникающие вследствие вращения или сопротивления пористого тела);  $H = h + u^2/2$ ;  $h$  – энтальпия;  $Q_H$  – источник или сток теплоты на единицу объема;  $\tau_{ik}$  – тензор вязких напряжений,  $\tau_{ik}^R$  – тензор вязких напряжений Рейнольдса,  $q_i$  – диффузионный тепловой поток. Индексы обозначают суммирование по трем координатным направлениям.

Система дополняется уравнениями состояния, определяющими природу текучей среды, и эмпирическими зависимостями плотности, вязкости и теплопроводности от температуры. Одна и та же математическая модель используется для прогнозирования как ламинарных, так и турбулентных течений.

## 2. Объект исследования

Возможности Flow Simulation для моделирования солнечного излучения были использованы при ана-

лизе эффективности плоского солнечного коллектора.

Для исследования была создана модель солнечного коллектора с произвольно выбранными размерами. В составе коллектора входят:

- 10 медных трубок диаметром 22 мм с толщиной стенки 1 мм;
- 2 латунных коллектора диаметром 50 мм с толщиной стенки 2 мм;
- медный абсорбер толщиной 1 мм;
- изоляция из стекловаты;
- алюминиевый корпус.

Ширина коллектора 720 мм, длина 1190 мм, высота 40 мм. Площадь коллектора 0,86 м<sup>2</sup>. Площадь абсорбера 0,73 м<sup>2</sup>. Данная площадь абсорбера соответствует рекомендуемому отношению от 0,5 до 1 кв. фута площади поглощающей поверхности на один галлон потребляемой горячей воды.

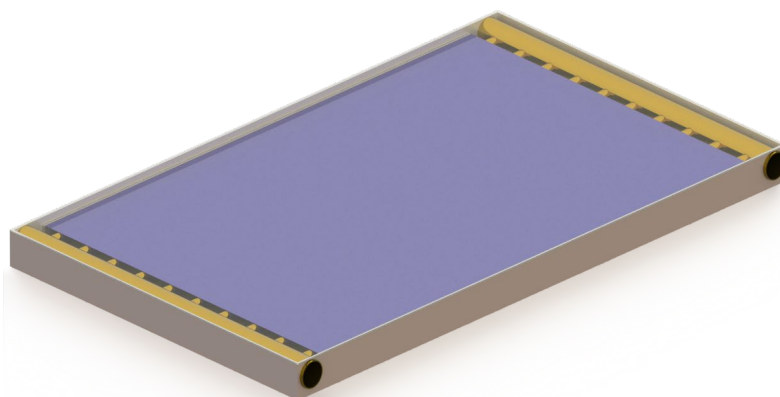


Рис. 1. Фотореалистичное изображение моделируемого плоского солнечного коллектора  
Fig 1. Photorealistic picture of the model of a flat solar collector

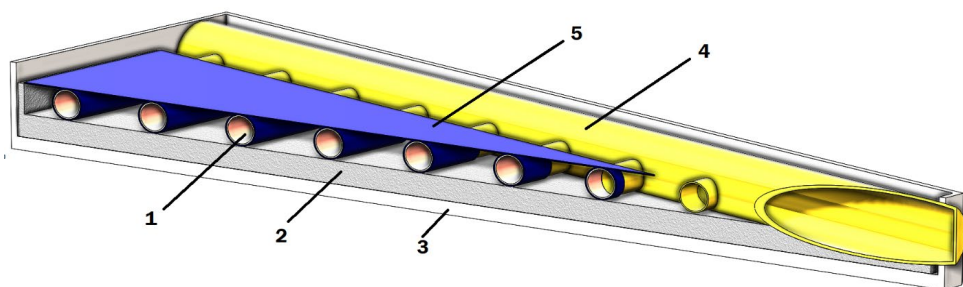


Рис. 2. Разрез плоского солнечного коллектора: 1 – медная трубка; 2 – изоляция; 3 – корпус; 4 – коллектор; 5 – абсорбер.  
Fig. 2. The cross section of the solar collector: 1 – copper tubes; 2 – insulation; 3 – case; 4 – collector; 5 – absorber.

### 3. Анализ при помощи модуля вычислительной гидродинамики (CFD)

Для анализа работы коллектора создан следующий сценарий работы: подключение и запуск в 9 часов 15 июля в Москве при ясном небе с рассматриваемой длительностью работы 10 часов. На входе в коллектор поступает вода с объёмным расходом 30 литров в час.

Так как солнечный коллектор используется на открытом воздухе, условия окружающей среды, такие как влажность и температура воздуха, скорость ветра, влияют на процессы теплообмена. Но точное моделирование состояния окружающей среды в каждый конкретный момент времени (ветер, облачность) не представляется возможным, поэтому приняты

допущения, а именно – постоянная температура воздуха, ясный день, отсутствие ветра.

Для конструктивных элементов коллектора были заданы материалы с соответствующими теплофизическими свойствами. Заданы свойства поверхностей, участвующих в теплообмене излучением: для корпуса алюминий, для абсорбера абсорбирующая стенка, латунь для коллекторов. Медные трубки не взаимодействуют с солнечным излучением, поэтому для них поверхность радиационного теплообмена не задана. В качестве текучей среды используется воздух в межтрубном пространстве и вода в трубках.

Тепловой поток за счет солнечной радиации выбирался из встроенной базы данных по географической широте места, дате и времени. Последнее определяет угол падения света.

Были поставлены следующие цели расчёта:

- рассчитать средний падающий лучистый поток (солнечный) на поверхность абсорбера;
- температуры воды на входе и выходе из коллектора и их разность.

### 4. Результаты и обсуждение

По результатам расчётов в Solidworks Flow Simulation был проведён анализ процессов теплообмена при преобразовании энергии солнечного излучения в тепловую при помощи солнечного коллектора в течение дня.

На рисунке 3 представлена картина температур в среднем сечении плоского солнечного коллектора. На рисунке 4 представлен график изменения температуры и падающего на поверхность абсорбера среднего лучистого теплового потока в течение дня. Результаты моделирования в виде средней температуры поверхности абсорбера  $T_{\text{абс}}$  и температуры воды на выходе из солнечного коллектора  $T_{\text{вых}}$  приведены в таблице 1. Время от начала работы обозначено  $\tau$ .

Максимальная величина лучистого теплового потока на поверхности абсорбера приходится на третий час работы солнечного коллектора, что соответствует 12 часам дня реального времени.

Пиковая температура теплоносителя приходится на конец третьего часа работы. Расхождение с пиковым значением лучистого теплового потока связано с удельной теплоёмкостью абсорбера и с незначительным падением лучистого теплового потока, падающего на абсорбер.

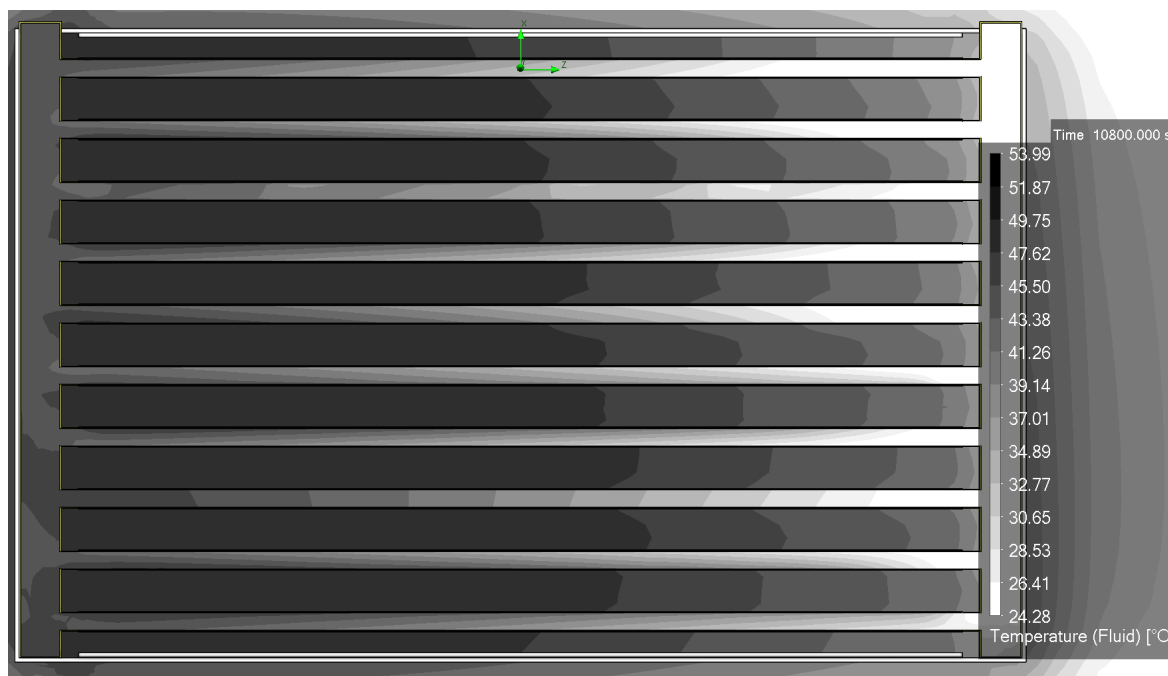


Рис. 3. Поле температур теплоносителя и заполняющего пространство солнечного коллектора воздуха в 12 часов дня.

Fig. 3. The temperature of the coolant and air filling the space of the solar collector at 12 AM.

Таблица 1.  
Значения температур воды на выходе из коллектора и на поверхности абсорбера в зависимости от времени.  
Table 1.  
Indicators of water temperature at the outlet of the collector and on the surface of the absorber as a function of time.

$\tau$ , ч.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{\text{вых}}$ , °C	39,13	46,59	49,46	50,27	49,65	48,03	45,57	42,41	38,81	35,11
$T_{\text{абс}}$ , °C	42,86	50,07	52,89	53,54	52,79	50,92	48,14	44,67	40,72	36,69

Анализ полученных значений показывает, что расчёт с использованием CFD Flow Simulation позволяет получить вполне достоверную картину работы плоского солнечного коллектора с погрешностью

около 10%. Высокое значение погрешности обусловлено созданием модели коллектора, руководствуясь лишь соотношением потребляемой горячей воды в день к активной площади абсорбера.

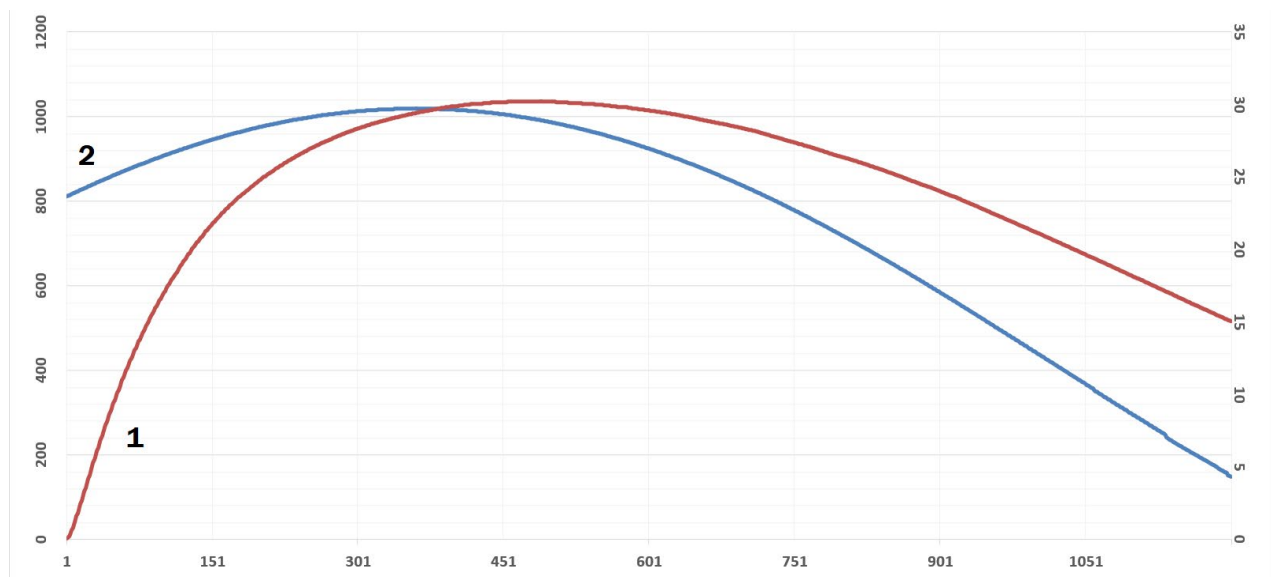


Рис. 4. График перепада температуры и лучистого теплового потока, падающего на абсорбер, синим – тепловой поток; оранжевым – температура.  
Fig. 4. The graph of the temperature change and average incident radiant flux (solar) on absorber: 1 – temperature; 2 – average incident radiant flux

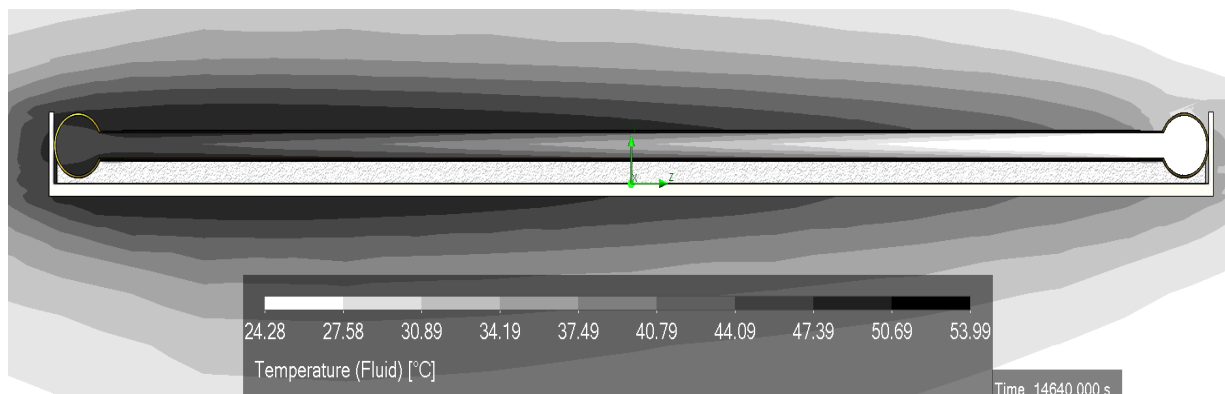


Рис. 5. Температура воды в сечении первой медной трубки солнечного коллектора.  
Fig. 5. The cut plot of the water temperature in first copper tube of the solar collector.

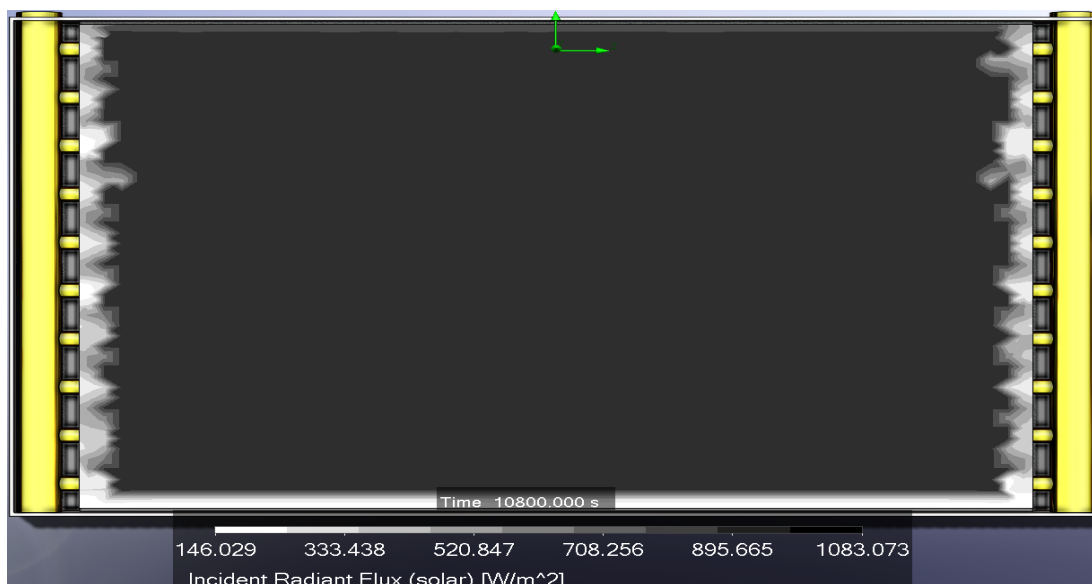


Рис. 6. Картина падающего на абсорбер солнечного излучения в момент его максимальной величины.  
 Fig. 6. Net radiant flux (solar) plot on absorber during the time of its maximal value

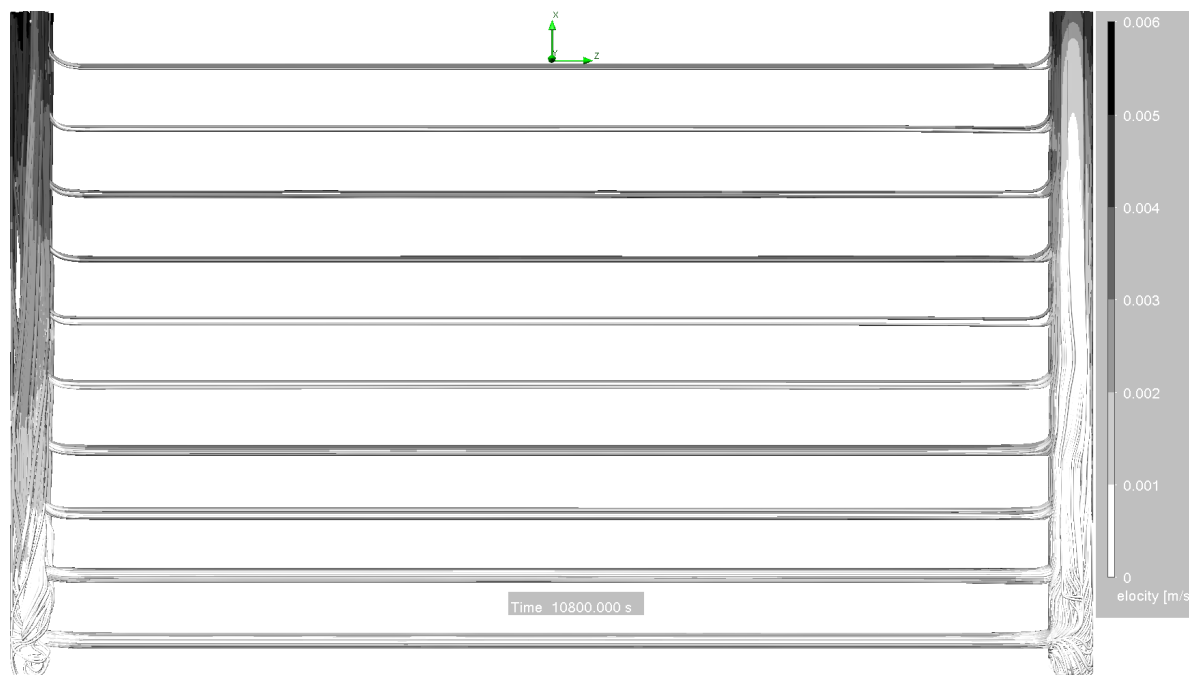


Рис.7. Траектории потока воды в солнечном коллекторе.  
 Fig.7. Water flow trajectories in the solar collector.

### Заключение

Моделирование плоского солнечного коллектора производилось под воздействием солнечного облучения в диапазоне от 148,86 Вт/м<sup>2</sup> до 1018,98 Вт/м<sup>2</sup>, что соответствует минимальному и максимальному солнечному лучевому тепловому потоку в городе Москва. Температура теплоносителя на выходе из солнечного коллектора варьируется в пределах от 20,1 °С до 50,2 °С.

Полученные картины потоков теплоносителя, распределения температуры, зависимости нагрева

теплоносителя от падающего на поверхность абсорбера солнечного излучения позволяют сказать о достоверности полученных результатов в соответствии с эмпирическими параметрами.

### Список литературы

1. REN21. 2019. Renewables 2019 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).
2. Бутузов В. А. Гелиоустановки Краснодарского края / В. А. Бутузов, Е. В. Брянцева, И. С. Гна-





тук // Промышленная энергетика. 2011. №7. С. 45–47.

3. German Aerospace Centre (DLR), 2007, «Aqua-CSP: Concentrating Solar Power for Seawater Desalination».

4. Калашян М. С. Экспериментальный жилой дом с системой солнечного теплоснабжения в пос. Мерцаван Арм. ССР / М. С. Калашян, О. С. Попель, Э. Э. Шпильрайн // Гелиотехника. 1986. №3. С. 66–71.

5. Бутузов В. А. Повышение эффективности систем теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии: дис. на соискание уч. ст. д. т. н. / В. А. Бутузов. М.: ВИЭСХ, 2004, 297 с.

6. Helind LLC – Your energy alternative [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://helind.com/>, свободный. – 15.04.2020.

7. Амерханов Р. А., Бутузов В. А., Гарькавый К. А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, – 2009, 504 с.

8. Харченко, Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. – М.: Энергоиздат, 1991. – 27 с.

9. Данилов В. С., Коржавин С., Щеклеин С. Е., Велькин В. И. Экспериментальное исследование эффективности комбинированной системы солнечной теплогенерации // Альтернативная энергетика и экология. №3, 2012, С. 77-81

10. International Journal of Research and Engineering ISSN: 2348-7860 (O) | 2348-7852 (P) | Vol. 5 No. 6 | June 2018 | PP. 430-433

11. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / НИИ строительной физики РААСН. М., 2004.

12. Моделирование теплогидравлических процессов в змеевиковом теплообменнике для определения эффективности теплообмена / Д. Е. Шумков, Д. Н. Литвинов, В. А. Климова, О. Л. Ташлыков // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции- Даниловские чтения— Екатеринбург : УрФУ, 2017. — С. 990-993.

13. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Логинов М.И., Чернобай Е.В. [Графический анализ экспериментальных данных и результатов математической модели кластеров ВИЭ. Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 2-2 \(120\). С. 130-136.](#)

14. Велькин В.И., Логинов М.И. [Выбор оптимального состава оборудования в кластере возобновляемых источников энергии на основе регрессионного анализа. Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 3. С. 100-104.](#)

15. Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах: монография / В.И. Велькин; науч. ред. С.Е. Щеклеин. Екатеринбург: УрФУ, 2015. 226 с.

16. Kostarev V.S., Klimova V.A., and Tashlykov O.L. Simulation of passive removal of residual heat from

radioactive wastes subject to weather conditions: AIP Conference Proceedings 2174, 020122 (2019)

17. Technical Reference. Solidworks Flow Simulation 2020.

18. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; Volume 6 Issue IV, April 2018

## References

1. REN21. 2019. Renewables 2019 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).

2. Butuzov V. A. Helioinstallations of the Krasnodar Territory / V. A. Butuzov, E. V. Bryantseva, I. S. Gnatyuk // Promyshlennaya energetika. 2011. №7. С. 45–47.

3. German Aerospace Centre (DLR), 2007, «Aqua-CSP: Concentrating Solar Power for Seawater Desalination».

4. Kalashyan M. S. Experimental residential house with a solar heat supply system in the village of Mertsavan, Arm. USSR / M. S. Kalashyan, O. S. Popel, E. E. Shpilrain // Heliotechnika. 1986. No. 3. pp. 66-71.

5. Butuzov V. A. Improving the efficiency of heat supply systems based on renewable energy sources: diss. V. A. Butuzov, M.: VIESKH, 2004, 297 p. (in Russian).

6. Helind LLC – Your energy alternative [Elektronnyi resurs]. –Rezhim dostupa : <https://helind.com/>, svobodnyi. – 15.04.2020.

7. Amerkhanov R. A., Butuzov V. A., Garkavy K. A. Questions of theory and innovative solutions in the use of solar energy systems. - M.: Energoatomizdat, - 2009, 504 p.

8. Kharchenko, N.V. Individual'nye solnechnye ustanovki / N.V. Kharchenko. – М.: Ehnergoizdat, 1991. – 27 s.

9. Danilov V. S., Korzhavin S., Shcheklein S. E., Velkin V. I. Experimental study of the efficiency of the combined solar heat generation system // Alternative Energy and Ecology. No. 3, 2012, pp. 77-81

10. International Journal of Research and Engineering ISSN: 2348-7860 (O) | 2348-7852 (P) | Vol. 5 No. 6 | June 2018 | PP. 430-433

11. SP 23-101-2004. Design of thermal protection of buildings / Research Institute of Construction Physics RAASN. M., 2004.

12. Modelirovanie teplogidravlicheskih protsessov v zmeevikovom teploobmennike dlya opredeleniya ehffektivnosti teploobmena / D. E. Shumkov, D. N. Litvinov, V. A. Klimova, O. L. Tashlykov // Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netraditsionnye i vobnovlyaemye istochniki ehnergii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii– Danilovskie chteniya — Ekaterinburg : UR-FU, 2017. — S. 990-993.

13. Velkin V. I., Shcheklein S. E., Loginov M. I., Chernobai E. V. Graphical analysis of experimental data and results of the mathematical model of renewable energy clusters. International scientific journal Alternative Energy and Ecology. 2013. No. 2-2 (120). pp. 130-136.



14. Velkin V. I., Loginov M. I. Selection of the optimal equipment composition in a cluster of renewable energy sources based on regression analysis. International scientific journal Alternative Energy and Ecology. 2012. No. 3. pp. 100-104.

15. Velkin V. I. Methodology for calculating integrated RES systems for use on autonomous objects: monograph / V. I. Velkin; scientific ed. by S. E. Shcheklein. Yekaterinburg: UrFU, 2015. 226 p.

16. Kostarev V.S., Klimova V.A., and Tashlykov O.L. Simulation of passive removal of residual heat from radioactive wastes subject to weather conditions: AIP Conference Proceedings 2174, 020122 (2019)

17. Technical Reference. Solidworks Flow Simulation 2020.

18. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; Volume 6 Issue IV, April 2018

Транслитерация по BSI



## «Будущее энергетики» глазами профессионалов»



В рамках XII Гайдаровского форума состоялась экспертная дискуссия «Будущее энергетики», в которой приняли участие заместитель Председателя Правительства РФ Александр Новак, председатель правления, генеральный директор ПАО «Газпром нефть» Александр Дюков и президент ассоциации «Глобальная энергия» Сергей Брилев.

Эксперты обсудили актуальные вопросы развития мировой энергетики, в частности – перспективы внедрения трансграничного углеродного налога на импорт в страны ЕС с 2022 года. Этот налог затронет интересы всех российских экспортеров энергоресурсов и энергоемкой продукции.

По мнению Александра Новака, чтобы минимизировать негативные последствия для экспортеров, важно продолжить работу по унификации российских НПА с методиками ЕС. «При расчете выбросов CO<sub>2</sub> в топливном эквиваленте по каждой стране должно учитываться и поглощение углекислого газа лесами. Минэкономразвития с Минприроды предстоит провести большую работу: разработать новую методику и классификацию учета выбросов загрязняющих веществ, соответствующую европейским стандартам, для

учета при поставках в Европу с расчетом «углеродного следа», — отметил Александр Новак.

По словам Александра Дюкова, нефтяная отрасль, вопреки распространенным стереотипам, не является главным «виновником» парникового эффекта в мире. «Вклад транспорта в эмиссию CO<sub>2</sub> незначителен по сравнению с той долей, которую вносят ЖКХ или промышленность в целом. Удельные выбросы CO<sub>2</sub> в пересчете на 1 тонну произведенной продукции в «нефтянке» примерно в 10 раз меньше, чем, например, в производстве стали», — отметил глава «Газпром нефти». Поэтому, по мнению Дюкова, все отрасли промышленности должны не менее ответственно подходить к вопросам внедрения «чистых» технологий.

Президент «Глобальной энергии» Сергей Брилев, выступивший модератором диалога, полагает, что роль углеводородов в мировом энергобалансе в ближайшие годы будет оставаться существенной – несмотря на декларируемый в ЕС постепенный переход на ВИЭ. Участники дискуссии согласились с этой точкой зрения, добавив, что в этих условиях особенно важно обеспечить развитие новых технологий в российском ТЭК. Александр Новак отметил перспективы технологий промышленного применения водорода. «Важно скоординировать эту деятельность с учетом мирового спроса. Россия может занять очень существенную нишу в качестве экспортера технологий и производителя водорода», — заявил вице-премьер правительства РФ. Со своей стороны Александр Дюков рассказал о разработках «Газпром нефти» — в частности, о развитии технологии закачивания CO<sub>2</sub> в нефтяные пласты, которая позволит одновременно и повышать коэффициент извлечения нефти, и решать проблемы утилизации углекислого газа.

[globalenergyprize.org](http://globalenergyprize.org)

