

УДК 697.329:004.942

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ИНСОЛЯЦИИ И ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

**Д. Н. Литвинов¹, В. С. Костарев², В. А. Климова³,
В. И. Велькин⁴**

^{1,2,3,4} Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Росси

¹ dan11.litvinov@ya.ru

Аннотация. В работе описан теплогидравлический расчет плоского солнечного коллектора при помощи CFD в целях анализа процессов теплопередачи между абсорбером перьевого типа и водой, а также изучения влияния погодных условий (таких как скорость ветра) на эффективность работы коллектора. Итогом работы являются полученные картины потоков теплоносителя внутри коллектора, графики распределения температуры и падающего теплового лучистого (солнечного) потока по времени, зависимости перепада температур теплоносителя на входе и выходе из коллектора от времени работы при разных значениях скорости ветра.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, плоский солнечный коллектор, солнечное излучение, потери тепла, конвективный теплообмен

THE USAGE OF CFD-SIMULATION FOR THE ANALYSIS OF THE INSOLATION EFFECT AND WIND LOAD INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF THE SOLAR COLLECTORS

D. N. Litvinov¹, V. S. Kostarev², V. A. Klimova³, V. I. Velkin⁴

^{1,2,3,4} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ dan11.litvinov@ya.ru

Abstract. The paper presents the results of a thermohydraulic calculation of a flat solar collector using CFD to analyze heat transfer processes between a feath-

er-type absorber and water and the weather conditions such as wind velocity on the collector operation efficiency. The results of the paper are the figures of the coolant flows inside the collector, the graphs of the temperature distribution, and the incident heat radiant (solar) flux over time and the dependence of the heat carrier temperature difference at the collector inlet and outlet on the operating time for the different values of wind velocity.

Keywords: computational fluid dynamics, flat solar collector, solar radiation, heat loss, convective heat exchange

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, по данным на 2018 г. их суммарная мощность достигла более 480 ГВт [1]. 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 [2]. Они неприхотливы в обслуживании, просты в установке, что позволяет значительно снизить удельную стоимость нагретой воды [3].

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 [4].

Авторами настоящей работы изучались потери солнечного коллектора за счет конвективного теплообмена с окружающей средой, интенсивность которого во многом зависит от влажности воздуха, скорости ветра и других погодных факторов. Для исследования было проведено моделирование в среде Solidworks Flow Simulation: создана модель солнечного коллектора с произвольно выбранными размерами.

Для анализа работы коллектора создан следующий сценарий работы: подключение и запуск в 9:00 15 июля в Москве при ясном небе

с рассматриваемой длительностью работы 10 ч. На входе в коллектор поступает вода с объемным расходом 30 л/ч. Для моделирования ставилась внешняя задача с включением в расчет внутреннего пространства коллектора. В проекте использовалось три текущих среды: внешняя (воздух), внутри корпуса коллектора (разреженный воздух) и теплоноситель внутри труб (вода).

Солнечный коллектор используется на открытом воздухе, поэтому погодные условия влияют на теплообмен коллектора с окружающей средой. Однако точное моделирование состояния окружающей среды в каждый конкретный момент времени (ветер, облачность) не представляется возможным, поэтому приняты следующие допущения: постоянная температура воздуха, нулевая влажность, ясный день. Для моделирования ветра задавались скорость и направление движения для внешней текучей среды. Скорость изменялась в диапазоне от 0 до 4 м/с с шагом 1 м/с, что соответствует типичным для Москвы значениям скорости ветра. Направление задавалось под углом 45° к поверхности коллектора и оставалось постоянным на протяжении всего расчета.

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

В ходе расчета вычислялись средний падающий лучистый поток (солнечный) на поверхность абсорбера и температуры воды на входе и выходе из коллектора.

Моделирование работы плоского солнечного коллектора проводилось под воздействием солнечного облучения в диапазоне от 148,86 до 1018,98 Вт/м², что соответствует минимальному и максимальному солнечному лучевому тепловому потоку в Москве. Рассматривалось воздействие ветра в диапазоне скоростей от 0 до 4 м/с, также наиболее характерных для Москвы. При увеличении скорости ветра до 4 м/с зафиксировано падение перепада температуры на 26,46 % относительно безветренной погоды.

На рис. 1 представлен перепад температур на входе и выходе из коллектора для разных скоростей ветра в зависимости от времени в период наибольшего нагрева — со второго по седьмой час работы, что соответствует 12:00 и 17:00.

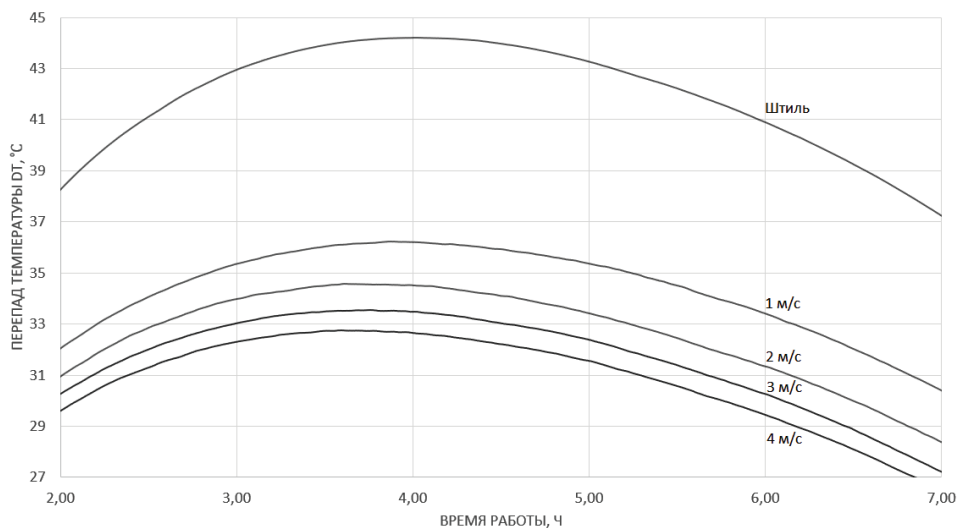


Рис. 1. График перепада температур теплоносителя между входом и выходом из коллектора по времени

Полученные результаты показывают, что наличие ветра существенно влияет на эффективность преобразования солнечной энергии в тепловую, поэтому при выборе места установки солнечного коллектора нужно учитывать не только угол падения солнечного излучения, но и розу ветров.

Список источников

1. Renewables 2019 Global Status Report [Electronic resource]. URL: <https://www.ren21.net/gsr-2019/> (date of access: 04.12.2020).
2. Камотина Е. В., Швецов М. А., Велькин В. И. Повышение эффективности теплоснабжения объекта включением солнечных коллекторов в существующую схему // Труды третьей науч.-техн. конф. молодых ученых Урал. энергет. ин-та. Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 158–161.
3. Aqua-CSP: Concentrating Solar Power for Seawater Desalination — Final Report. German Aerospace Centre (DLR), 2007 [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/259894735_AQUA-CSP_Concentrating_Solar_Power_for_Seawater_Desalination_-_Final_Report (date of access: 04.12.2020).
4. Helind LLC — Your energy alternative [Electronic resource]. URL: <https://helind.com/> (date of access: 04.12.2020).