

Шаисламов Алишер Шабдурахманович, к.т.н.,
доц., shaislamov55@mail.ru,
Абдуллаев Нодирбек Азатвай угли,
nodirbek_9204@mail.ru,
Ражабов Боходир, магистрант,
Rajabov_b1996@mail.ru,
Ташкентский государственный технический
университет им. Ислама Каримова

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ COMSOLMULTIPHYSICS

В статье представлены результаты исследования грунтовых теплообменных аппаратов разной конфигурации и расположенных в разных глубинах от поверхности земли, с применением специального программного продукта COMSOLMULTIPHYSICS. Целью исследования являлся расчет температуры теплоносителя на выходе из грунтового теплообменника в течение заданного периода. Показано, что данный программный продукт является весьма удобным и эффективным инструментом при проектировании теплонаносных систем с грунтовым теплообменником.

Ключевые слова: COMSOLMULTIPHYSICS, программное обеспечение, тепловой насос, грунтовой теплообменник, температурный профиль грунта.

Shaislamov Alisher Shabdurakhmanovich, C.T.S.,
assoc.prof.,
Abdullaev Nodirbek Azatvay Ogli, assistant,
Rajabov Bakhodir, graduate student,
Tashkent state technical university named after
Islam Karimov

RESEARCHING OF GROUND HEAT EXCHAGER OF HEAT PUMP USING COMSOL MULTIPHYSICS SOFTWARE

The article presents the results of a study of ground heat exchangers of different configurations and located at different depths from the earth's surface, using the special software comsolmultiphysics. The aim of the study was to calculate the temperature of the coolant at the outlet of the soil heat exchanger for a given period. It is shown that this software product is a very convenient and effective tool in the design of heat transfer systems with a ground heat exchanger.

Key words: Comsolmultiphysics, software, heat pump, soil heat exchanger, soil temperature profile.

На сегодняшний день, при решении разного рода задач в различных отраслях жизнедеятельности человека, широко применяются информационные технологии. Такая тенденция наблюдается и при расчете и проектировании теплонасосных установок. С одной стороны необходимо отметить постоянное расширение области использования тепловых насосов из-за их энергетической эффективности, с другой стороны теплонасосные установки являются очень чувствительными к множествам параметров

окружающей среды и грунта. Существуют различные типы тепловых насосов (воздушные, водяные, грунтовые и др.). Среди них, самым инерционным является грунтовый тепловой насос. Причина этому, температура грунта в меньшей степени подвергается изменению параметров окружающей среды в отличие от температуры воздуха и температуры надземных вод [1]. Все же температура грунта является функцией от множества факторов, таких как влажность грунта, тепловое сопротивление грунта, плотность грунта, теплопроводность почвы, температура воздуха над поверхностью земли, скорость воздушных потоков вблизи поверхности земли и др. [2]. В связи с этим, применение информационных технологий, а именно специальных программных продуктов при определении оптимальных параметров теплонаносной системы, является необходимым, а даже единственным путем решения задач.

Профессором Реза Саиди [3] было проведено исследование по грунтовым теплообменникам с использованием программного продукта COMSOL. Он предложил использовать вертикальный спиральный грунтовой теплообменник с дополнительными крылообразными металлическими насадками для интенсификации процесса теплообмена между грунтом и теплообменником. Педрам Бигделу [4] проводил технико-экономический анализ грунтового теплового насоса используя MATLAB в условиях Ирана для теплиц. Он вывел зависимости для расчета оптимальных геометрических размеров грунтового теплообменника, в виде специальных кодов программы. По итогам исследования, ему удалось найти наиболее выгодную конфигурацию грунтового теплообменника с точки зрения технико-экономических параметров. Х.Самоуда [5] использовал программный продукт TRNSYS для изучения термодинамического феномена теплонаносной системы. Он, с теоретической точки зрения смог доказать, что карбонат ангидрид (CO_2) является конкурентоспособным теплоносителем по сравнению широко распространённым фреоном, при правильной его эксплуатации. Используемая нами программа представляет собой интерфейс, состоящий из несколько частей и окон (рис.1).

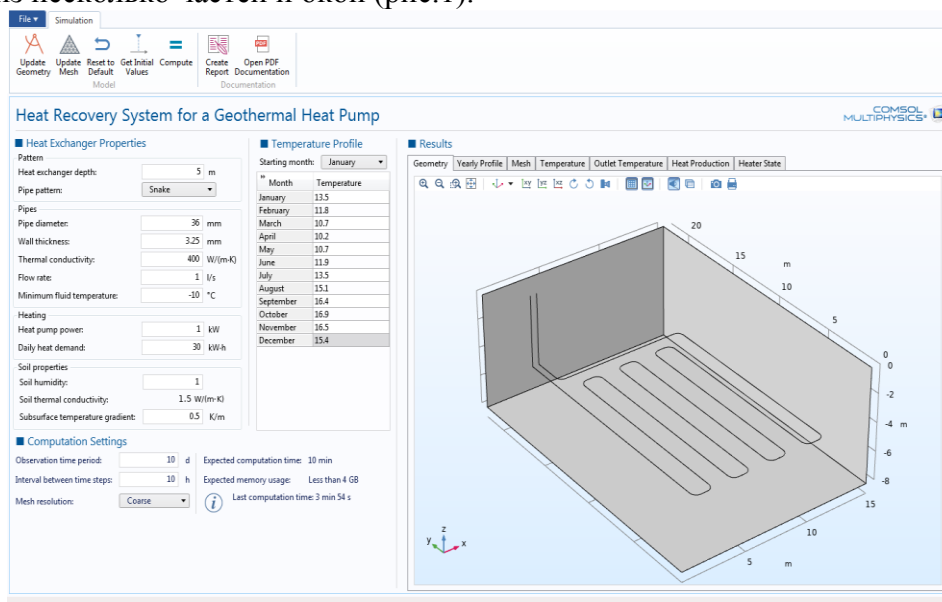


Рис.1.Основной интерфейс программы.

Для ввода параметров грунтового теплообменника и теплофизических свойств грунта отвечает пункт «свойства теплообменника», а для ввода среднемесячной температуры грунта в определенной глубине от поверхности земли отвечает пункт «температурный профиль». Так как, данная программа при расчетах применяет метод конечных элементов, также есть возможность управления степенью точности результатов, задавав число конечных элементов в пункте «настройки вычисления». *Известия ОмГУ, 2019 №3*

Данная программа удобна тем, что результаты показываются в виде трехмерных фигур и графиков на основном интерфейсе.

Теплоноситель внутри теплообменника представляет собой смесь воды и антифриза, в целях предотвращения образования льда во внутренних стеках теплообменника при температуре грунта ниже нуля, а также установлен нижний порог температуры теплоносителя на входе в теплообменник, при достижении которого, работа теплового насоса останавливается.

Таблица 1

Вводные параметры исследуемого теплообменника

Наименование параметра	Значение	Единица измерения
Глубина установки теплообменника	5	м
Диаметр трубы теплообменника	36	мм
Толщина стенки теплообменника	3,25	мм
Расход теплоносителя	1	л/сек
Мощность теплового насоса	1	кВт
Ежедневная тепловая нагрузка	30	кВт*ч
Влажность почвы	1	%
Теплопроводность грунта	1,5	Вт/м*К
Исследуемый период	10	день
Начало исследование	Январь	

Данные по среднемесячным температурам грунта в различных глубинах земли, были взяты из графиков рисунка 2, полученная А.Ш. Шаисламовым и Н.А. Абдуллаевым [6]. При составлении данной диаграммы, авторы применяли метод вертикального распределения температуры грунта [7]. Основное уравнение метода приведено ниже.

$$T_{(soil)} = T_{mean} - T_{amp} \times \left(-D \sqrt{\frac{\pi}{365 \times \alpha}} \right) \times \cos \left(\frac{2\pi}{365} \left(t_{year} - t_{shift} - \frac{D}{2} \sqrt{\frac{365}{\pi \times \alpha}} \right) \right) \quad (1)$$

Температурные профили грунта представлены на рисунке 2.

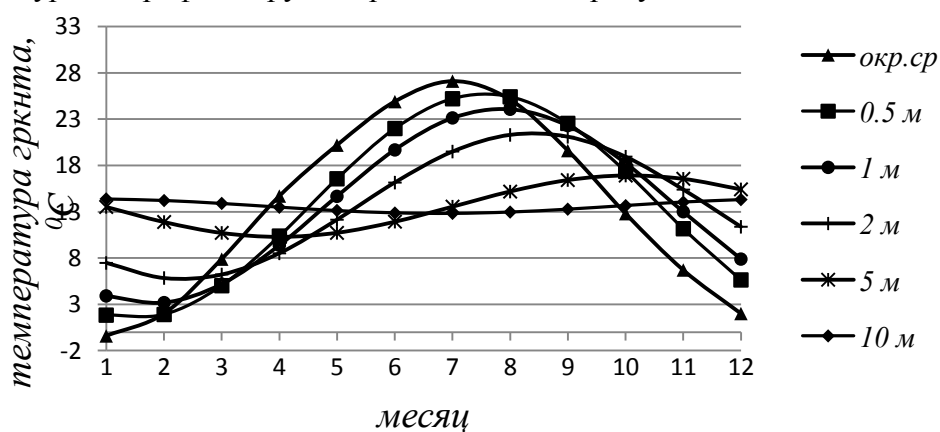


Рис.2. Среднемесячная температура грунта в разных глубинах от поверхности земли в течение года в Ташкенте.

После ввода всех необходимых данных, следует указать в программе степень точности вычислений, от которого зависит длительность времени вычислений. Большая степень точности, требует большее время процесса вычислений. По итогам всех подготовительных и вычислительных процессов, программа выдаст результат в виде трехмерной модели грунтового теплообменника с цветным градиентом по температуре

теплоносителя (рис.3). Кроме этого, пользователю становится доступным в виде графика, температура теплоносителя на выходе из теплообменника как функция от времени (рис.4).

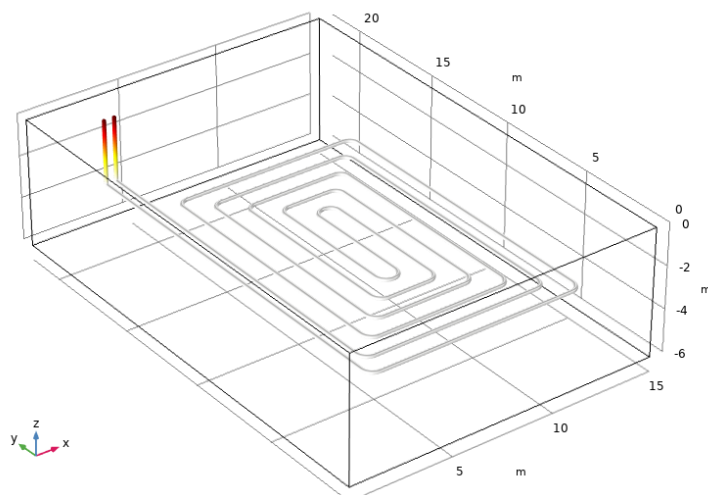


Рис.3. Трехмерная модель грунтового теплообменника

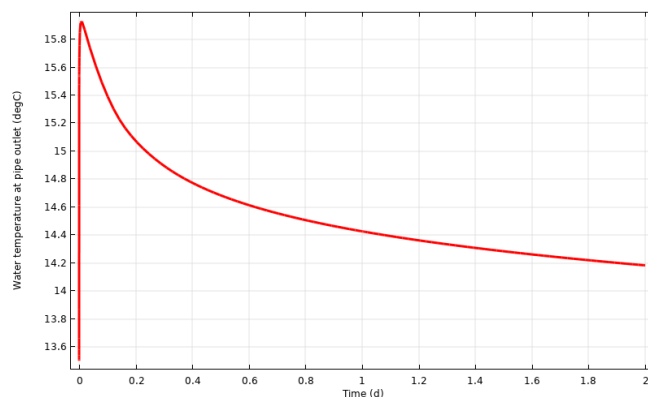


Рис.4. Изменение температуры теплоносителя на выходе из теплообменника.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Критический анализ работ других исследователей, применявшие вычислительные программные обеспечения в своих трудах, показал, что такие симуляционные программы, в том числе COMSOLMULTIPHYSICS, моделировать процессы протекающие в тепловом насосе и дают результаты расчетов с достаточной точностью.
2. Такие программы позволяют проведения исследований, не прибегая к созданию реальной физической экспериментальной модели.
3. В данном исследовании была изучена с теоретической точки зрения изменение температуры теплоносителя на выходе из теплообменника теплового насоса по времени. Анализ кривой изменения температуры на выходе из теплообменника (рис.3) показал, что температура теплоносителя в грунтовом теплообменнике с течением времени понижается за счет постепенного отвода тепла от грунта. Этот процесс имеет тенденцию к достижению постоянного значения температуры теплоносителя.
4. Программный продукт comsolmultiphysics позволяет проводить многовариантные исследования, что позволяет его использование для исследовательских и проектных работ для разработки энергосберегающих инновационных технологий.

Литература:

1. **Jose F.S.** Experimental evaluation of a geothermal heat pump for space heating and domestic hot water simultaneous production. [Text] / P. Alejandro, B. Santiago, J. D.Alberto // Renewable energy, 2012; 48 (2012) 482-488
2. **Jeffrey M.** Review of the Benefits of Geothermal Heat Pump Systems in Retail Buildings; Procedia Engineering. [Text] / M.D. James // 2016; 145 (2016) 1135 – 1143
3. **Reza S.** Numerical simulation of a novel spiral type ground heat exchanger for enhancing heat transfer performance of geothermal heat pump,2018;[Text] / N. Younes, E. Vahid // EnergyConversionandManagement 168 (2018) 296–307.
4. **Younes N.** PedramBigdelou, FathollahPourfayaz, Hossein Yousefi, Numerical modeling and economic analysis of a ground source heat pump for supplying energy for a greenhouse in Alborz province, 2016; Iran. [Text] // Journal of Cleaner Production 131 (2016) 145e154.
5. **Chargui, R.H.** Geothermal heat pump in heating mode: Modeling and simulation on TRNSYS. [Text] / A.F. Sammouda //Internationaljournalofrefrigeration 2012; 35 (2012) 1824 e1832.
6. **ShaislamovA.Sh.** Critically analysis of usage of the geothermalenergy heat pumps. [Text] / N.A. Abdullaev // Problems of improving efficiency of electrical energy use in agricultural industry. International scientific and practical conference, 2018.
7. **Jose M.** MartínezBohorquez and Sergio Gomez Melgar, Ground Thermal Diffusivity Calculation by Direct Soil Temperature Measurement. [Text] / M. Andujar, A. Miguel // Application to very Low Enthalpy Geothermal Energy Systems, 2016.