

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУНТОВЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Ахмадиев Бектурсын Айтжанович, аспирант, ИГД и ГТ им. акад. У.Асаналиева, Кыргызстан, 720001, г.Бишкек, пр.Чуй, 215 Akhmadiyev_bektursyn@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена эффективность использования низкопотенциальной теплоты грунта. Также описаны преимущества и особенности полиэтиленовых труб, используемых в вертикальных теплообменниках в системе тепловых насосов. В работе приведены результаты исследования теплообмена трубчатых элементов грунтовых теплообменников. Определены зависимости распределения температур в грунте в окрестности трубы и изменение температуры по времени в сухом и влажных грунтах.

Ключевые слова: теплообменник, полиэтиленовая труба, распределение температур, грунт, влажный грунт.

STUDY OF HEAT EXCHANGE PROCESSES OF TUBULAR ELEMENTS OF GROUND EXCHANGERS

Keywords: heat exchanger, polyethylene pipe, distribution of temperatures, soil, moist soil.

Введение. Повышение цен на традиционные энергоносители вызывает возрастающий интерес к методам использования возобновляемых источников энергии и, в частности, низкопотенциальной тепловой энергии, запасенной в поверхностных слоях земли. Важным источником энергии является низкопотенциальная энергия, рассеянная в окружающей среде: тепло грунта, грунтовых и геотермальных вод, открытых естественных и искусственных водоемов, воздуха[1-2].

На глубине более 5 м грунт характеризуется невысокой, но постоянной температурой, что позволяет рассматривать его как эффективный источник энергии для тепловых насосов. Это температура составляет от 8 до 12°C в зависимости от климата местности. Для геотермального теплового насоса на скважинах необходимы горизонтальные и вертикальные грунтовые теплообменники[2].

Горизонтальный грунтовой теплообменник устанавливается рядом со зданием на небольшой глубине. Использование таких грунтовых теплообменников ограничено размерами имеющейся площади.

Вертикальный грунтовой теплообменник эффективно работает практически во всех видах геологических сред, за исключением грунтов с низкой теплопроводностью, например, сухого песка или сухого гравия. Системы с вертикальным грунтовым теплообменником не требуют участков большой площади и не зависят от интенсивности солнечной радиации, падающей на поверхность. Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками получили очень широкое распространение[3-5].

В работах[6-8] была предложена математическая модель, а также описан эксперимент по извлечению геологической теплоты вертикальными теплообменниками. Проведены

исследования процесса замораживания грунта с помощью гладких и оребренных тепловых труб. Однако авторы данной работы для исследования теплообмена используют не полиэтиленовые трубы.

В настоящее время в геотермальных грунтовых теплообменниках используются полиэтиленовые трубы марки ПЭ-63, ПЭ-80 и ПЭ-100. Они отличаются от стальных, медных и поливинилхлоридных труб высокой технологичностью, возможностью автоматизации производства. Применение полиэтиленовых труб экономит остродефицитные материалы, многие их виды допускаются повторное использование.

Основные преимущества полиэтиленовых труб:

- 1) высокая прочность и жесткость позволяют трубам выдерживать как внутреннее давление до 1.6 МПа, так и внешние нагрузки грунтов;
- 2) стойкость к химическому воздействию агрессивных грунтов и химических веществ;
- 3) низкий коэффициент модуля упругости материала позволяет снижать максимальную величину динамического давления во время гидроударов;
- 4) нет необходимости наружного изолирования трубопроводов от коррозии и обустройства электрохимической защиты;
- 5) гибкость, жесткость, легкий вес и высокая ударная прочность облегчают монтаж, снижают затраты;
- 6) расчетный срок эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов составляет 50 лет[9].

Учитывая вышеизложенные характеристики полиэтиленовых труб и неустойчивость металлических труб к химическому воздействию агрессивных грунтов и химических веществ, считаем целесообразным использование полиэтиленовых труб в создании теплообменников.

Основной целью настоящей работы является исследование теплообмена трубчатых элементов грунтовых теплообменников. Для достижения поставленной цели необходимо определить зависимости распределения температур в грунте в окрестности трубы, а также получить изменение температуры во времени в сухом и влажном грунтах.

Постановка задачи. Параметрами теплообменной установки типа «грунт-вода» для исследования теплообмена экспериментальным путем являются: расход холодных потоков и разности температуры охлажденного с помощью тепловых труб грунта. Для проведения эксперимента необходимо разработать и создать экспериментальную установку, позволяющую определить основные характеристики процесса теплопередачи и теплоотдачи. Были приняты следующие граничные условия для расчета эксперимента: температура холодной воды на входе $t = 9^{\circ}\text{C}$, температура грунта на участке входа исследуемой трубы с песком $t = 23^{\circ}\text{C}$, температура окружающей среды 23°C .

Эксперимент. Для решения поставленной задачи в лаборатории гидродинамики и теплообмена собран экспериментальный стенд для моделирования процесса теплообмена в теплосъемных элементах теплового насоса в системах «грунт-вода». Схема экспериментального стенда показана на рис.1.

Стенд состоит из двух контуров: 1) внутренний контур с теплосъемной трубой теплового насоса; 2) наружный контур теплопередающего участка с песком. Внутренний контур состоит из термостата, расходомерной шайбы, теплосъемного участка и дифференциального манометра. Наружный диаметр теплосъемной трубы теплового насоса 32 мм, толщина 3,5 мм. В начале и в конце исследуемой трубы установлены термопары. Наружный контур включает в себя теплопередающий участок с грунтом в форме цилиндра с диаметром 100 мм. А также в систему включаются переключатель термопар, термопары, потенциометра для ЭДС термопар и краны регулировки расхода теплоносителя.

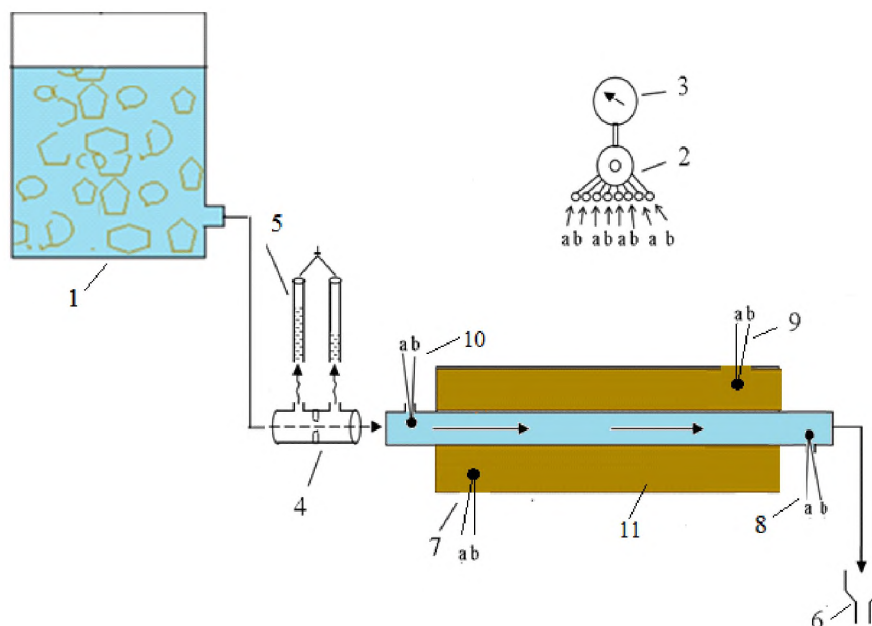


Рис. 1. Экспериментальный стенд для моделирования процессов теплообмена в теплоемких элементах теплового насоса для систем «грунт-вода»: 1-термостат; 2-переключатель термопар; 3-потенциометр для измерения ЭДС термопар; 4-расходомерная шайба теплоемкого участка; 5 - дифференциальный манометр; 6-сливной патрубок городской канализации; 7 - теплоотдающий участок с песком.; 8,9, 10 – термопары (а и б-разъемы для термопар).

Проведение эксперимента. Холодная вода из бака поступает в теплоемкую трубу теплового насоса. Температура воды контролируется с помощью термостата, который поддерживает температуру 9°C . Расход холодной воды регулируется краном, а дифференциальный манометр показывает скорость поступающей жидкости в теплоемкую трубу, которая расположена по центру цилиндрического модуля длиной 5 м, заполненного грунтом. Скорость жидкости в измерительной трубе изменялось в диапазоне 0.045-0.072 м/с. Для измерения разности температур охлаждаемой жидкости и грунта в трубах использовались медь-константановые термопары.

По полученным экспериментальным данным определены параметры теплоотдачи и построены графики зависимости, показанные на рис.2.

На рис.2 представлены изменения температуры при разных радиальных расстояниях. Из графика видно, что на ближайшем расстоянии 1.6-2 см кривые изменения температуры при разных влажностях грунта идут параллельно. При изменении диаметра цилиндра до 14 см температура возрастает и в некоторый момент температура грунта становится равной температуре окружающей среды.

Для более качественной оценки эффекта теплоотдачи грунта с различной влажностью был создан другой экспериментальный стенд. В данном случае труба помещалась в цилиндрическую емкость с диаметром 100 мм. Емкость имитирует скважину, которую заполняют сначала сухим грунтом, а затем его увлажняют при различных массовых концентрациях воды.

На рис.3 представлена лабораторная установка.

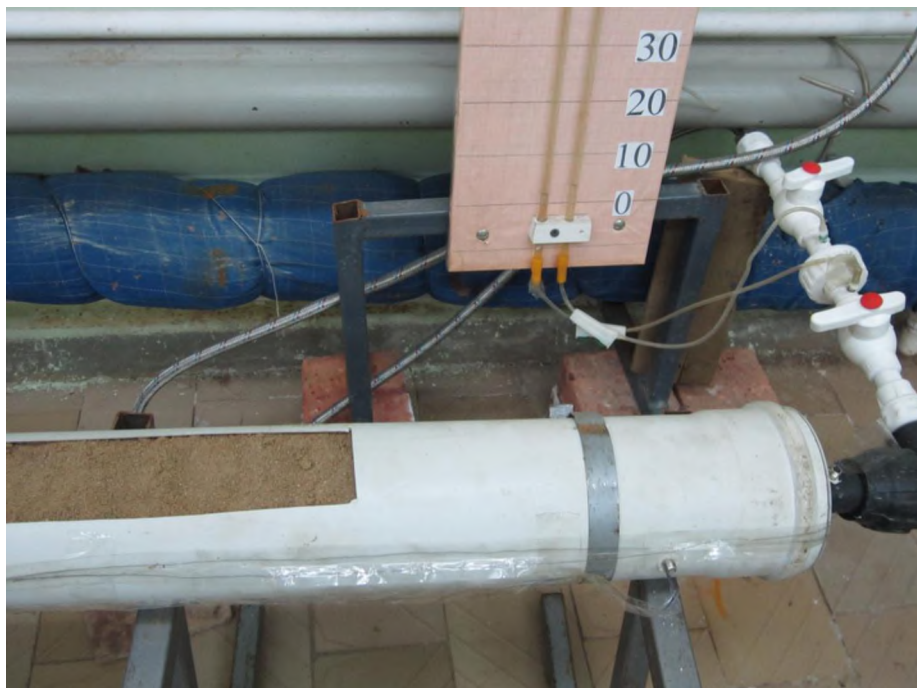


Рисунок 3 – Лабораторная установка для более качественной оценки эффекта теплоотдачи грунта.

Массовые концентрации воды и песка составили 10, 25 и 50 %. Для контроля температур установлены термодатчики, прикрепленные к линейке на разных расстояниях от поверхности трубы. Они показывают распределение температур в грунте в окрестности трубы. Эксперименты проводились в участке, где происходит гидродинамическая стабилизация жидкости.

На рис.4 и 5 показаны результаты исследований. Из рис.4 видно, что температуры в грунте уменьшаются с расстоянием от поверхности трубы. Известно, что теплопроводность резко возрастает по мере увеличения влажности грунтов, поскольку теплопроводность воздуха, вытесняемого водой из пор породы, приблизительно в 30 раз меньше теплопроводности воды.

На рис.5 показаны зависимости температуры грунтов с различной влажностью от времени. В сухом грунте температура изменяется в течение часа на 4°C , а во влажном грунте всего на $1-2^{\circ}\text{C}$. Отсюда следует, что влажный грунт увеличивает теплосъем.

Заключение. Поскольку в настоящее время не существует стандартных теплообменников для извлечения теплоты из грунта, то такие системы должны проектироваться для каждого конкретного объекта отдельно. Следует отметить, что с точки зрения теплофизики грунт является довольно сложной системой. Путем экспериментальных исследований на стендах авторами работы получены зависимости изменения температур сухого и влажных грунтов от времени и распределение температур в грунте в окрестности полиэтиленовых труб, используемых в качестве теплосъемных элементов тепловых насосов. Проведенные эксперименты подтвердили, что в сухом грунте изменение температуры будет больше, чем во влажном. Это дает возможность применения влажного грунта в качестве заполнителя скважин грунтовых теплообменников.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия Республики Казахстан на период 2004-2015 гг. – Астана.
2. Васильев Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии грунта поверхностных слоев Земли для теплоснабжения здания// Теплоэнергетика.1994.№2, - С.31-35.

3.Бондарь Е.С., Калугин П.В. Тепловой насос- энергетически эффективная составляющая систем кондиционирования воздуха. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы».2008.№5.

4.Кусаиынов К.К., Турдыбеков К.М., Шуюшбаева Н.Н., Кужуханова Ж.А. Разработка электрогидроимпульсной технологии бурения скважин для установки теплосъемных элементов тепловых насосов// 11-я Международная научная конференция «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики».Украина. Алушта. 2013.- С.420 – 425.

5.Кусаиынов К.К., Сакипова С.Е., Нусупбеков Б.Р.,Турдыбеков К.М., Кужуханова Ж.А. Разработка электроимпульсной технологии создания теплообменников для извлечения теплоты грунта на малых глубинах // Теплонасосные технологии в Украине. Состояние и перспективы развития. Материалы научно-технической конференция (23-25 мая 2012г.), Киев, Украина, 2012.

6.Кусаиынов К.К., Турдыбеков К.М., Кужуханова Ж.А., Саденова К.К. Разработка электрогидро-импульсной технологии подготовки грунтовых каналов для использования теплообменников // Актуальные проблемы современной физики: Материалы международной научной конференции, посвященной 80-летию профессора Исатаева С.И. (29-30 марта 2012): - Алматы, 2012 – С.59-63.

7.Кусаиынов К.К., Турдыбеков К.М., Саденова К.К., Кужуханова Ж.А. Электроимпульсная технология создания теплообменников для извлечения теплоты грунта на малых глубинах // Вестник Карагандинского университета.- Серия Физика, 2012, №2 (66).- С.31 -35.

8.K. Kusaiynov, S.E.Sakipova, B.A.Ahmadiev, N.N.Shuyushbaeva., J.A.Kuzhuhanova. Electro-pulse technology of production heat exchangers for extracting the heat from the ground at shallow depths// Eurasian Physical Technical Journal. – 2012. – Vol.9. – №2 (18). – P. 19-23.

9.K. Kusaiynov, B.A.Ahmadiev.,N.N.Shuyushbaeva., J.A.Kuzhuhanova. Development of electro-hydraulic pulse technology of drilling wells for installation of heat exchange elements of heat pumps// FMNS-2013: Proceedings of the Fifth International Scientific Conference (12 июнь – 16 июнь), Благоевград, Болгария, 2013.- P.51-56.

10.Stoyev M., K. Kussaiynov, K.M.Turdybekov., N.N.Shuyushbaeva., J.A.Kuzhuhanova. Electro technology of heat exchange drilling in rocky soil// Вестник Карагандинского университета. – Серия физика. – 2013.- №3 (71).– С. 62-66.

11.Кусаиынов К.К., Турдыбеков К.М., Шуюшбаева Н.Н., Кужуханова Ж.А. Разработка электрогидроимпульсной технологии бурения скважин для установки теплосъемных элементов тепловых насосов// 11-я Международная научная конференция «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики». Украина, Алушта, 2013.- С.420 – 425.