

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВОГО КОЛЛЕКТОРА

*Институт технической теплофизики
Национальной академии наук Украины, Украина*

В статье рассмотрена теплонасосная система теплоснабжения с использованием грунтового коллектора. Приведены основные конструкции грунтовых теплообменников неглубокого залегания. Показаны экспериментальные данные, полученные в начале отопительного сезона 2015–2016 г.

Грунтовые теплообменники (ГТО) предназначены для:

- а) извлечения теплоты грунта;
- б) сезонного аккумулирования-разрядки внешней теплоты.

При извлечении теплоты теплоноситель с температурой меньшей, чем температура грунта, циркулируя по контуру теплообменника, нагревается. Дальнейшее повышение температурного потенциала осуществляется тепловым насосом до параметров, необходимых потребителю для горячего водоснабжения и отопления. При аккумулировании теплоноситель с большей температурой отдает теплоту грунту, который сохраняет ее до периода извлечения.

ГТО можно классифицировать по способу размещения на:

- а) горизонтально ориентированные неглубокого заложения [1, 2];
- б) вертикально ориентированные, располагаемые в буровых скважинах [2, 3];
- в) групповые (размещенные группой в скважинах) [3 – 5].

В качестве теплоносителя во всех типах теплообменников используется вода или смеси различной концентрации полипропиленгликоля с водой.

Схематическое изображение горизонтальных ГТО неглубокого заложения показано на рис. 1. Они применяются только для извлечения теплоты. В связи с тем, что теплообмен с низким температурным потенциалом осуществляется в грунте, и зависит, прежде всего, от его термического сопротивления, теплообменник должен обладать развитой поверхностью теплообмена, а также быть технологичным в монтаже и при последующей эксплуатации. Такие ГТО размещаются, как правило, рядом с объектом теплоснабжения на глубине до 2 м. Их использование ограничивается размерами имеющейся земельной площадки для строительства. В странах Западной и Центральной Европы горизонтальные ГТО обычно представляют собой трубы, которые расположены относительно плотно и соединенные между собой последовательно или параллельно (рис. 1 а, б). Для экономии площади

участка были разработаны усовершенствованные типы теплообменников, например, в форме горизонтальной или вертикальной спирали (рис. 1 д, е). Такая форма теплообменников распространена в США [6].

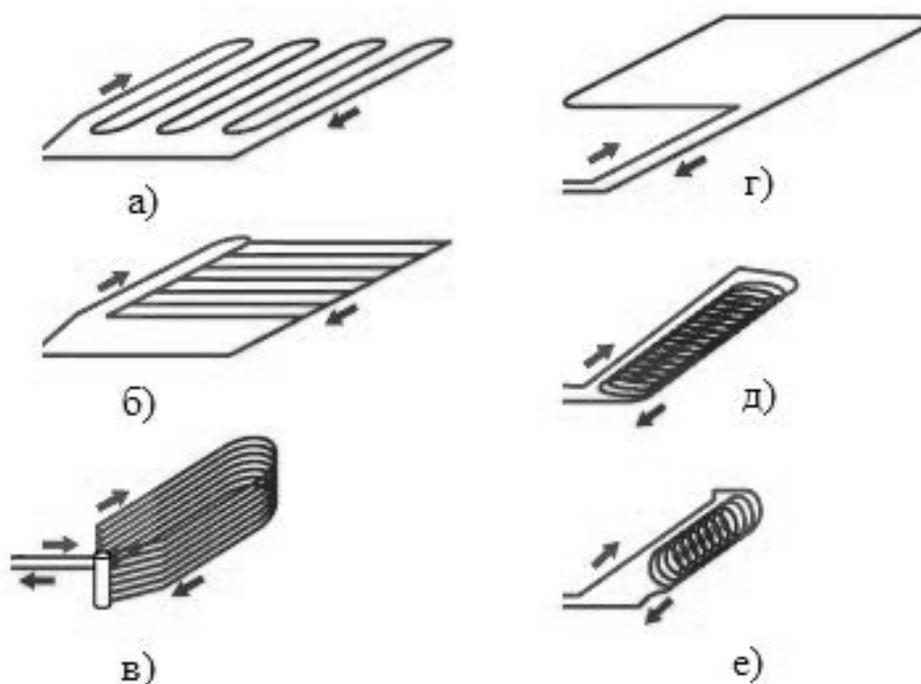


Рис. 1. Схемы горизонтальных ГТО, тут:

а – теплообменник из последовательно соединенных труб; б – теплообменник из параллельно соединенных труб; в – горизонтальный коллектор, уложенный в траншее; г – теплообменник в форме петли; д – теплообменник в форме горизонтальной спирали; е – теплообменник в форме вертикальной спирали.

В Институте технической теплофизики НАН Украины образован и развивается центр теплонасосных технологий, в котором проводятся исследования энергетической и экономической эффективности использования теплонасосных систем теплоснабжения.

Один из примеров таких систем теплоснабжения – теплонасосная установка (рис. 2), которая использует возобновляемую низкопотенциальную теплоту грунта с помощью горизонтального грунтового теплообменника (ГТО) неглубокого залегания, входной и выходной патрубки 11 которого обозначены стрелками. Конструкция ГТО представляет собой теплообменник из последовательно соединенных полиэтиленовых труб (ПЭ-100) диаметром 32x2 мм (рис. 1а). В контуре циркулирует 20% водный раствор пропиленгликоля.

Основой экспериментальной теплонасосной установки является тепловой насос 1 Greenline Plus С производства IVT (Швеция) теплопроизводительностью 5,9 кВт [7]. В холодный период года теплоснабжение помещений реализуется с помощью системы напольного водяного отопления 3 или системы воздушного отопления на основе фэнкойлов 4 (каждый фэнкойл имеет номинальную тепловую мощность 3,8 кВт). Отопительный контур 3 выполнен из металлопластиковой трубы Rehau

наружным диаметром 17х3 мм, которая проложена по встречнонаправленной спирали с шагом между осями труб 175 мм [8].

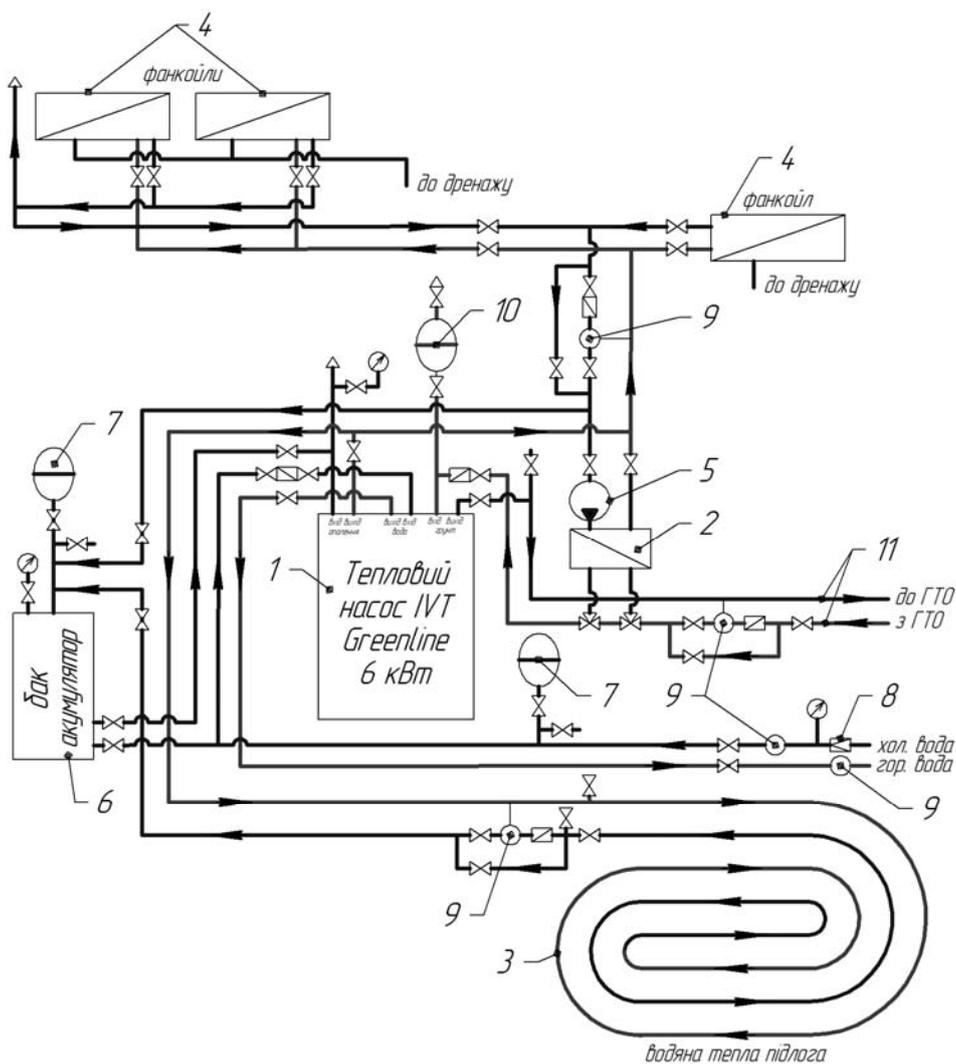


Рис. 2. Принципиальная схема теплонасосной системы теплоснабжения с использованием грунтового коллектора, тут:

- 1 - тепловой насос; 2 - пластинчатый теплообменник;
- 3 - система отопления типа водяной теплый пол;
- 4 - система воздушного отопления (кондиционирования) на основе фэнкойлов;
- 5 - циркуляционный насос; 6 - бак-аккумулятор;
- 7 - расширительная мембранная емкость;
- 8 - редуктор давления холодной воды; 9 - счетчики;
- 10 - расширительная емкость почвенного коллектора;
- 11 - контур грунтового коллектора.

ТН конструктивно оснащен баком-накопителем горячей воды (до 55°С) на 160 литров, что обеспечивает горячее водоснабжение в лаборатории.

Все обратные магистрали систем отопления подведены к теплоизолированной аккумуляционной емкости 6 (объемом 80л) с расширительным мембранным баком 7 (бак объемом 5л) и воздухопускателем. Последние предназначены для компенсации теплового расширения

теплоносителя, выпуска воздуха при заполнении системы, а также аккумуляции теплоты в объеме жидкости при работе ТН, благодаря чему происходит сокращение частоты включения компрессора ТН.

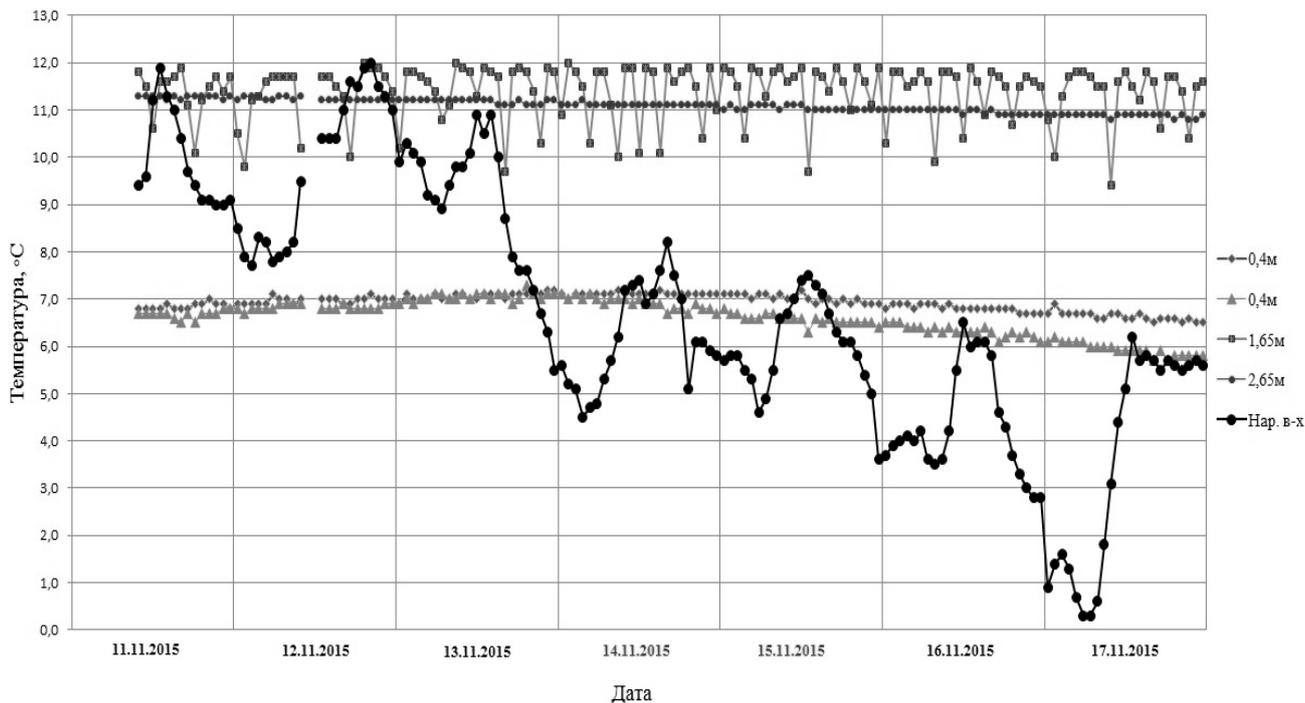


Рис. 3. Изменение температуры грунта и наружного воздуха в начале отопительного сезона 11-17.11.2015 г.

Заполнение бака горячего водоснабжения ТН и последующая его подпитка реализованы через редуктор 8 для снижения входного давления питательной воды до 3бар из системы водоснабжения института. В схеме предусмотрено измерения расхода жидкостей во всех контурах: почвенного коллектора, напольного и воздушного отопления теплосчетчиками 9 с компьютерным интерфейсом, а также измерения расхода холодной и горячей воды счетчиками 10. Давление и температура теплоносителя во всех контурах измеряется, соответственно, спиральными манометрами и терморезисторами ТСП-101 (на схеме не приведены).

С целью оценки технологических характеристик грунтового коллектора и анализа экспериментальных данных при исследовании процессов теплообмена и гидродинамики такого рода систем, в грунте на различных глубинах в реперных местах установлены термопреобразователи электрического сопротивления ТСМ-205, которые подключены к восьмиканальным приборам измерения и контроля температуры УКТ-38.

На графике (рис. 3) представлено распределение температуры в грунте на глубинах, соответственно, 0,4м (2 датчика), 1,65м и 2,65м. Как видно из графика, снижение температуры наружного воздуха влияет только на верхние слои грунта, которые непосредственно контактируют с воздухом (глубиной до 0,5 м). Измерения проводились в период с 11.11.2015 по 17.11.2015 года.

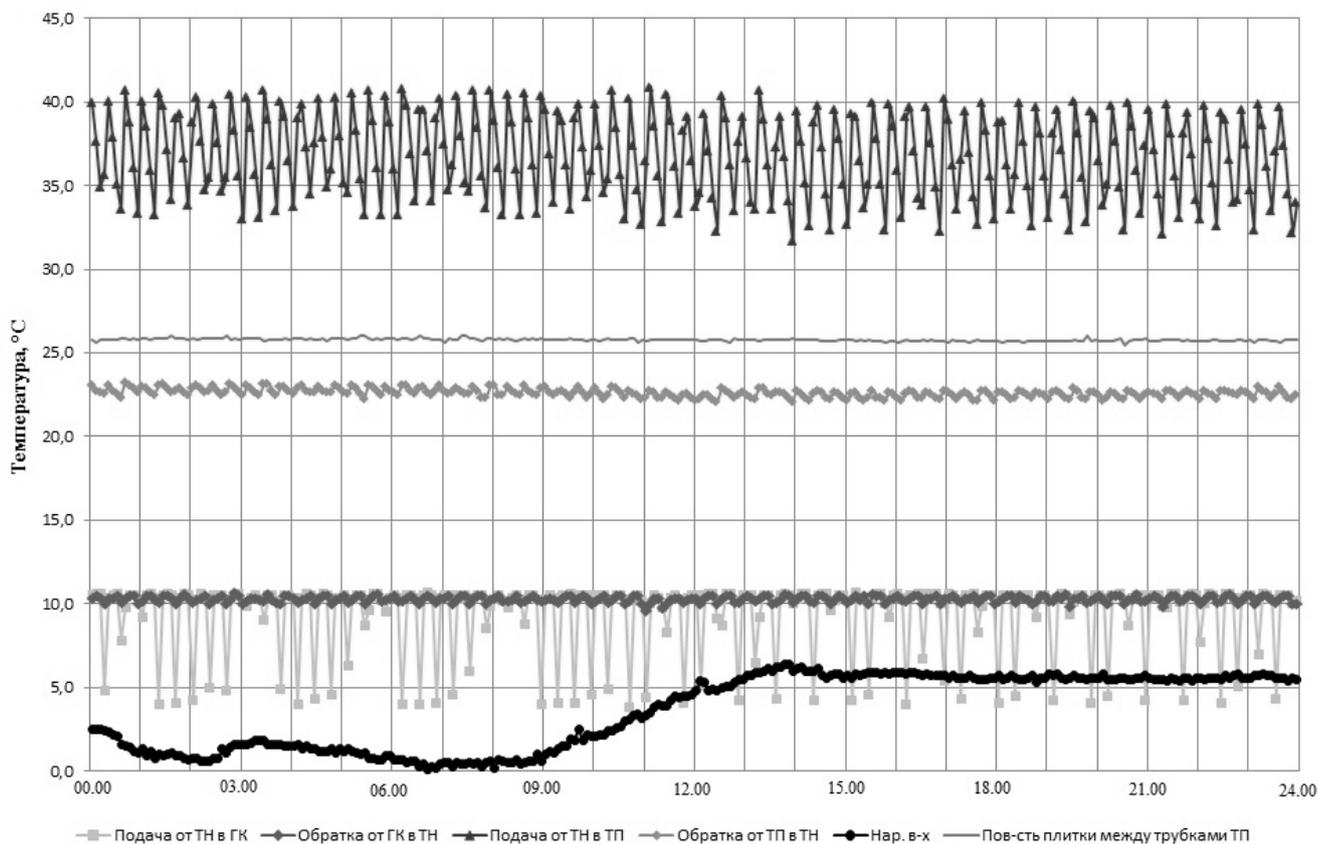


Рис. 4. Изменение температуры в характерных точках теплонасосной системы теплоснабжения за сутки 17.11.2015 г.

На графике (рис. 4) показаны температуры теплоносителя в характерных контурах – подача от теплового насоса в грунтовой коллектор, обратка из грунтового коллектора в тепловой насос, подача теплоносителя в тёплый пол, обратка из тёплого пола, температура наружного воздуха и температура поверхности пола. При этом температура воздуха в помещении фиксировалась на уровне 23 – 24°C. Данные были взяты за сутки 17.11.2015 года.

Выводы и перспективы применения результатов работы. Таким образом, разработанная теплонасосная система теплоснабжения с использованием грунтового коллектора успешно используется для отопления и горячего водоснабжения лабораторного помещения в Институте технической теплофизики НАН Украины. Данная система позволяет оценить эффективность использования теплонасосных установок с грунтовым коллектором для целей теплоснабжения потребителей небольшой мощности (общественные здания, частные дома и т.д.).

Литература

1. Васильев Г. П. Энергоэффективные здания с теплонасосными системами теплоснабжения / Г. П. Васильев., Н. В. Шилкин // М. : АВОК. – 2003. – № 2.

2. ORKUSTOFNUN Working Group, Iceland, 2001: Sustainable production of geothermal energy – suggested definition // IGA News, № 43. January – March, 2001. – P. 1–2.
3. *B. Matthey*. Stockage de chaleur solaire par sondes verticales et couplage a une pompe a chaleur / *B. Matthey, S. Freiburghaus, S. Langel* // GEOTHERMIE CH. Bulletin de la Societe Suisse pour la Geothermie (SSG) 9. – № 24, 1999. – P. 9–12.
4. *A. J. Wijman*. Seasonal heat store in Groningen / *A. J. Wijman, Th. M. van Meurs G.A.M.* // EC conference on solar heating, INCONNU, France, D. Reidel Pays – BAS, 1984. – P. 886–893.
5. *Sanner, Burkhard*. Shallow geothermal energy / *Burkhard Sanner* // Justus Liebig University, Giessen, Germany, 2003. – P. 14.
6. *Rybach L*. Ground-source heat pump systems – the USA experience / *L. Rybach, B. Sanner* // Geo Heat Center Bull, 2000. – P. 21–23.
7. *Лунина А. А.* Експериментальна теплонасосна установка з ґрунтовим колектором для автономного теплопостачання і кондиціонування / *А. А. Лунина, А. І. Тесля, А. Р. Коба, А. Н. Недбайло, Т. Г. Беляева, М. А. Хибина, М. В. Ткаченко* // Пром. теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 7. – С. 25–31.
8. *Ткаченко М. В.* Експериментальна низкотемпературна водяна система опалення типу «теплый пол» / *М. В. Ткаченко, А. Н. Недбайло, А. А. Лунина* // Пром. теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 5. – С. 59.
9. *Басок Б. И.* Научно-технический центр теплонасосных технологий ИТТФ НАН Украины / *Б. И. Басок, А. И. Накорчевский и др.* // Тезисы докладов 7-й международной конференции «Проблемы промышленной теплотехники», Киев, 2011. – С. 76–77.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
З ВИКОРИСТАННЯМ ҐРУНТОВОГО КОЛЕКТОРА**

Божко І. К., Недбайло О. М., Ткаченко М. В.

У статті розглянута теплонасосна система теплопостачання з використанням ґрунтового колектора. Наведено основні конструкції ґрунтових теплообмінників неглибокого залягання. Показані експериментальні дані, отримані на початку опалювального сезону 2015–2016 г.

**EXPERIMENTAL STUDIES OF HEAT PUMP HEATING SYSTEM
WITH GROUND COLLECTOR**

I. Bozhko, A. Nedbailo, M. Tkachenko

The article deals with the heat pump heating system using ground collector. The basic design of heat exchangers shallow groundwater are shown. Showing the experimental data obtained at the beginning of the heating season 2015–2016 years.