

УДК 624.482

НЕДБАЙЛО А.Н.

*Ин-т технической теплофизики НАН Украины*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ГРУНТОВОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ

Розглянуто загальні відомості про підземне акумулювання теплоти. Запропоновано конструкцію експериментальної установки по дослідженню фізичних аспектів ґрунтового акумулювання теплоти низького потенціалу, що скидається. Зроблено висновки та наведено рекомендації відносно ефективності та перспективності даного методу збереження та використання теплоти.

Рассмотрены общие сведения о подземном аккумулировании теплоты. Предложена конструкция экспериментальной установки по исследованию физических аспектов ґрунтового аккумулирования низкопотенциальной сбросной теплоты. Сделаны выводы и риведены рекомендации относительно эффективности и перспективности данного метода сохранения и использования теплоты.

General information about underground heat accumulation is considered. The construction of experimental setup for physical aspects investigation of soil accumulation of low-grade waste heat is suggested. Conclusion and recommendations are given according to efficiency and availability of the method of heat saving and utilization.

ТЭН-нагреватель электрический трубчатый.

### **Введение**

Практически во всех солнечных установках теплоснабжения, действие которых должно быть бесперебойным, всегда существует разрыв между временем потребления теплоты и поступления солнечной энергии, которая используется. По этому необходимо предусматривать специальные системы, которые могли бы накапливать солнечную энергию во время ее поступления. Аккумулирование солнечной энергии может проводиться методами фотосинтеза, фотохимических реакций, фотоэлектрическим и тепловым [1].

Другой метод сохранения теплоты, требует значительно бóльшего объема накопителя. Он должен использоваться при хранении в больших количествах естественной или солнечной теплоты, когда тепловая зарядка накопителя происходит один раз в год. Эти сезонные хранилища теплоты отличаются от краткосрочных хранилищ, которые имеют дневной или недельный цикл зарядки-разрядки. Теплота от тепловых насосов или солнечных коллекторов при помощи теплоноси-

теля, обычно через теплообменники, направляется в хранилища теплоты, которые могут размещаться либо в грунте, либо глубоко под землей, или состоят из водяных накопителей в полостях скалы или хорошо теплоизолированных сверху выемках. Так как грунт и скальные породы имеют относительно низкий коэффициент теплопроводности, теплота может храниться в определенном, ограниченном объеме – ниже поверхности земли. Однако относительно высокие тепловые потери в таких хранилищах значительно зависят от размеров и формы хранилища, а также от уровня температур, теплоизоляционных характеристик грунта и расположения теплохранилища [2]. В последнее время наиболее распространены системы аккумулирования тепловой энергии, которые основаны на использовании высоких значений теплоемкости твердых или жидких можно разделить на три типа:

- водяные аккумуляторы и бассейны,
- грунтовые аккумуляторы,
- аквиферные аккумуляторы.

### Цели исследования

С целью изучения физики процессов зарядки-разрядки грунтового аккумулятора и построения адекватной математической модели грунтового аккумуляирования разработать экспериментальный стенд. Изучить возможность повышения эффективности работы всей аккумулирующей системы и варианты использования ее для нужд теплопотребителей.

### Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка (см. рис. 1) предназначена для воссоздания условий однозначности физической модели процессов подземного аккумуляирования тепловой энергии и проведения комплекса исследований в области математического описания и применения тепловых аккумуляторов.

Она состоит из замкнутого циркуляционного контура, заполненного теплоносителем (водой),

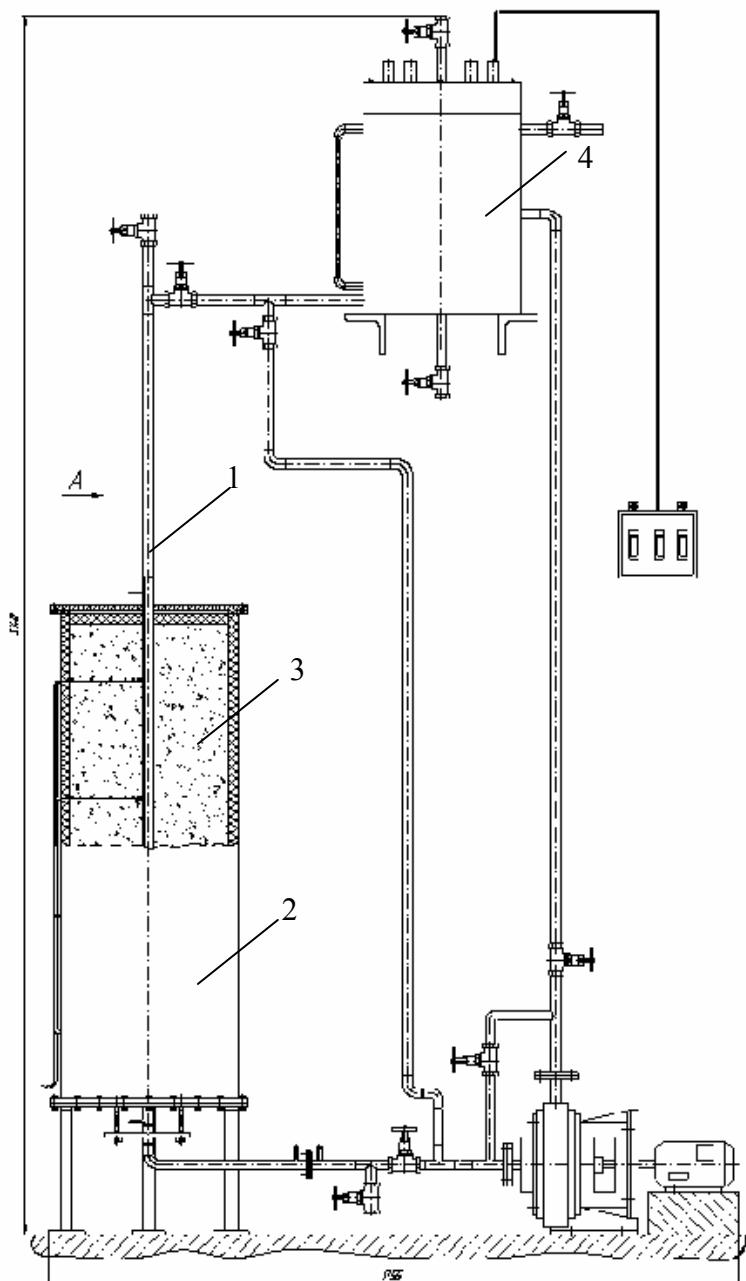


Рис. 1. Экспериментальная установка.

который может иметь температуру в пределах (10...80) °С. Циркуляционный контур состоит из труб диаметром 25 × 1 из хромоникелевой нержавеющей стали класса X18Н10Т.

Теплоноситель, проходя внутри трубы 1, помещенной в емкость (рабочий участок 2, заполненную песком (или другой засыпкой, имитирующей грунт), с размерами 1250 × 400 мм цилиндрической формы, отдает теплоту засыпке 3, температура которой ниже температуры теплоносителя.

Емкость состоит из стальной нержавеющей оболочки небольшой толщины, закрытой с торцов стальными крышками и обечайкой на фланцевых соединениях и теплоизолированной поверхностью цилиндрической ее части и торцов. Рабочий участок установлен на стальных несущих опорах.

За счет теплоемкости песка (засыпки) происходит аккумуляция тепловой энергии в емкости с засыпкой с постепенным изменением ее температурных полей в радиальном направлении.

Измерение температуры засыпки осуществляется высокоточными малоинерционными хромель-копелевыми термопарами ХК<sub>68</sub> ГОСТ 3044-77, расположенными в нескольких радиальных сечениях емкости с некоторым небольшим неравномерным шагом, увеличивающимся по периферии, и выводами термоэлектродов через стенку емкости с засыпкой. Направляющая планка с расположенными на ней термопарами изготовлена из гетинакса толщиной 1мм, имеющего коэффициент теплопроводности близкий по значению к коэффициенту теплопроводности песка. Она имеет специальную форму для минимизации вносимых искажений в распространение теплоты. Измерение температуры теплоносителя на входе в рабочий участок и на выходе из него для расчета плотности теплового потока в сечении емкости и количества аккумулируемой теплоты осуществляется гильзовыми хромель-копелевыми термопарами ХК<sub>68</sub> ГОСТ 3044-77, заделанными в стенку трубы циркуляционного контура. Показания термопар фиксируются на потенциометре КСП-012-УХЛ 4.2 ГОСТ 7164-78 в течение опыта. Ожидаемая абсолютная погрешность измерения температур составляет 0,1 °С. Массовый расход теплоносителя составляет примерно 0,2 кг/с и

обеспечивается циркуляционным насосом центробежного типа БЦ-1,2-20-У1.1 ГОСТ 26287-64. Точное измерение расхода осуществляется при помощи протарированной расходомерной диафрагмы (шайбы) в паре с U-образным манометром, помещенной в трубу после выхода из рабочего участка. Рабочей жидкостью дифференциального U-образного манометра является четыреххлористый углерод. Ожидаемая абсолютная погрешность измерения объемного расхода теплоносителя составляет 0,001 л/с.

Подогрев теплоносителя до задаваемой в эксперименте температуры проводится при помощи ТЭНов (трубчатых электронагревателей), помещенных в демпфирующую емкость 4. Электрическая мощность каждого ТЭНа равна 2 кВт. Электрическая мощность, развиваемая группой электронагревателей, составляет порядка 12 кВт (предусмотрен резерв мощности в сторону увеличения вплоть до 24 кВт).

В установке также предусмотрены: байпас (для изменения и регулирования (опционально) расхода теплоносителя), слив теплоносителя в дренаж (для возможного демонтажа установки и профилактического ремонта, а также тарировки расходомерного устройства объемным способом), демпферная емкость (для удаления воздуха при заполнении циркуляционного контура и гашения возможных пульсаций расхода теплоносителя при выходе на стационарный режим без разрыва потока, визуального наблюдения за уровнем заполнения жидкостью циркуляционного контура из системы водопровода при помощи водомерного стекла (или пьезометра), а также подогрева циркулирующего в контуре теплоносителя помещенными в нее ТЭНами), фланцевое соединение днища и корпуса емкости (для облегчения извлечения или замены засыпки, монтажа и демонтажа установки) и фланцевые соединения элементов циркуляционного контура.

Из трех направлений решения проблемы аккумуляции солнечной энергии – водяного, аквиферного и грунтового – наиболее сложными для расчетов являются два последних. Каждому из направлений присущи определенные недостатки и преимущества. Окончательные выводы можно сделать только после построения адекватных фи-

зических и математических моделей явлений и конкретных расчетов.

Исходя из общих представлений о процессах подземного аккумулирования теплоты, можно предположить, что основным недостатком аквиферного аккумулирования является неопределенность объема аккумулирующего массива, необходимость существенных допущений касательно структуры этого массива и сложностей с закачиванием в пласт теплоносителя. К достоинствам следует отнести развитую поверхность теплообмена. Основным недостатком грунтового аккумулирования является ограниченность поверхности теплообмена, снижение потенциала энергии в нерабочие часы аккумулирования, существенные потери энергии. Преимущества – относительно малые затраты на сооружение таких систем, относительная легкость управления процессом. Заслуживает внимания проработка комбинированных схем.

## **Выводы**

1. Рассматриваемая автором экспериментальная установка является достаточно точным приспособлением для воссоздания физических условий при изучения процессов подземного аккумулирования теплоты.

2. Для изучения и анализа процессов грунтового аккумулирования теплоты необходимо проведение комплекса научно-исследовательских работ на экспериментальной установке, описание которой представлено выше.

Работа выполнена при частичной поддержке Фонда фундаментальных исследований министерства образования и науки Украины (проект № 040700066).

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Богословский В.Н., Булкин С.Г.* Системы солнечного отопления и горячего водоснабжения.- М.: Стройиздат, 1988.- 152 с.
2. *Дж.А. Даффи, У.А.Бекман.* Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.- М: Мир, 1999.- 420 с.

*Получено 02.11.2004 г.*