

УДК 658.264:621.57 + 621.57

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ СТЕНДЕ

О.С. Пташкина-Гирина, Р.Ж. Низамутдинов, Д.В. Козырев

В работе ведётся поиск наиболее эффективных методов отбора тепла от различных источников тепловой энергии. Приводятся основания для выбора различных форм-факторов испарителей теплонасосных установок.

Ключевые слова: тепловой насос, теплонасосная установка (ТНУ), испаритель, теплообменник.

Вопросы использования возобновляемых источников тепловой энергии актуальны во всем мире, и проблемы их развития обсуждаются на высоком уровне. Экономический потенциал альтернативных источников велик, в России он составляет около 30 % от объема потребления топливно-энергетических ресурсов [1] и создает благоприятные условия для решения энергетических, экологических и др. проблем. Технологии использования приповерхностной низкотемпературной геотермальной энергии малых глубин можно рассматривать как наиболее быстро растущие направления применения возобновляемой энергии в мире.

Распространенные на Западе схемы подключения тепловых насосов в систему теплоснабжения в нашем регионе не всегда подходят, т.к. не учитывают особенности природно-климатических условий. Для более глубоких исследований, детальной проработки схем, имеющих преимущества в нашем регионе, и глубокого анализа источников низкопотенциальной теплоты необходима разработка экспериментальной установки.

Предлагаемые промышленностью России стенды теплонасосных установок имеют примерно одинаковую конструкцию и набор возможностей для проведения лабораторных работ. Как правило, это действующая модель теплового насоса. Основной недостаток представленных в продаже стендов – это отсутствие широких возможностей для проведения исследовательских экспериментов [2, 3, 4].

Для исследования возможных конструкций теплонасосных установок (ТНУ) был разработан стенд, учитывающий природно-климатические условия Южного Урала и позволяющий изучать вариацию сред с низким потенциалом тепла [5, 6, 7, 8].

Основные элементы установки и конструкция стенда. Стенд представляет собой металлический каркас, обработанный антикоррозийным грунтом и покрытый акриловой эмалью, и две плоскости: столешница и вертикальная панель (рис. 1).

Столешница служит основанием для установки. На ней располагаются компрессор, дроссель, теплообменники и система коммутации всех составных элементов установки. Все элементы и системы разведены и установлены поверх столешницы для наглядности устройства теплового насоса.

Вертикальная панель выполняет роль информационного табло. На ней закреплены все приборы и разведена электрическая схема подключения стенда. В число приборов входят: ваттметр, электронный термометр со щупом для измерения температуры исследуемых сред, счётчик потребления электрической энергии, защитная аппаратура (рис. 2).



Рис. 1. Общий вид установки

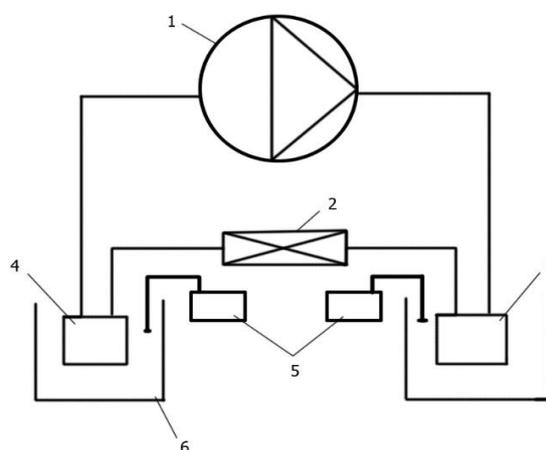


Рис. 2. Схема установки:

1 – компрессор; 2 – дроссель; 3 – конденсатор;
4 – испаритель; 5 – термодатчики с термопарами;
6 – емкость для изучаемой среды

Примеры опытов, проводимых на установке. Наиболее наглядным и удобным является опыт «вода-вода». Он проводится при наличии воды как среды, из которой мы будем забирать тепловую энергию в одной ёмкости, и воды, которой мы будем отдавать тепло в другой ёмкости соответственно. Опыт проводится в 2 этапа по 40 минут каждый. Они отличаются друг от друга тем, что на первом этапе циркуляция жидкости в ёмкостях происходить не будет, а второй этап проходит при наличии циркуляции воды в сосудах.

План эксперимента:

1. Заполнить ёмкости водой (10 литров в каждой).
2. Запустить компрессор теплового насоса

3. В течение 40 минут с интервалами в 5 минут производить замеры температуры.

4. Сделать расчеты количества тепла, переданного в каждый временной интервал.

5. Определить теплопроизводительность установки.

После прохождения первого этапа эксперимента получили следующие зависимости (рис. 3 и 4):

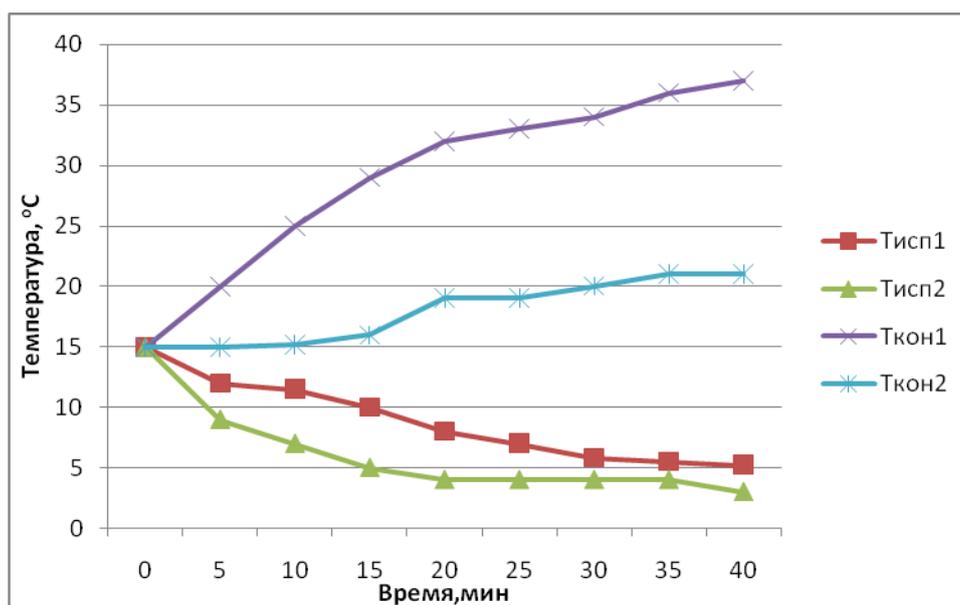


Рис. 3. График температуры воды в различных слоях при отсутствии циркуляции

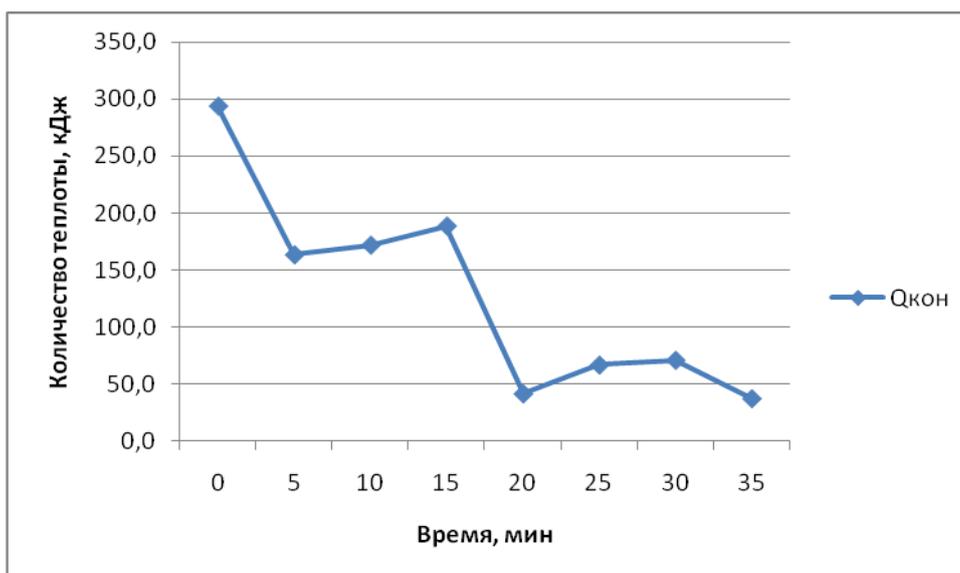


Рис. 4. График количества теплоты, выделяемой на конденсаторе при отсутствии циркуляции

Так как на первом этапе циркуляции в ёмкостях нет, жидкость расслаивается; теплые слои идут вверх, а холодные опускаются ниже. Поэтому необходимо замерять температуру в слоях жидкости, после чего искать среднюю температуру жидкости и по этим данным находить количество тепла, которое выделилось на конденсаторе. На графике рис. 3 видно, как изменяется температура в слоях жидкости.

Основная проблема на этом этапе эксперимента – это обледенение испарителя. Он покрывается коркой льда, что отрицательно сказывается на передаче тепла от жидкости к теплообменнику, что уменьшает КПД тепловой машины. График количества теплоты, которая выделяется за единицу времени, на рис. 4. Поэтому было решено провести второй этап эксперимента и сравнить результаты.

После прохождения второго этапа эксперимента получены графики (рис. 5, 6):

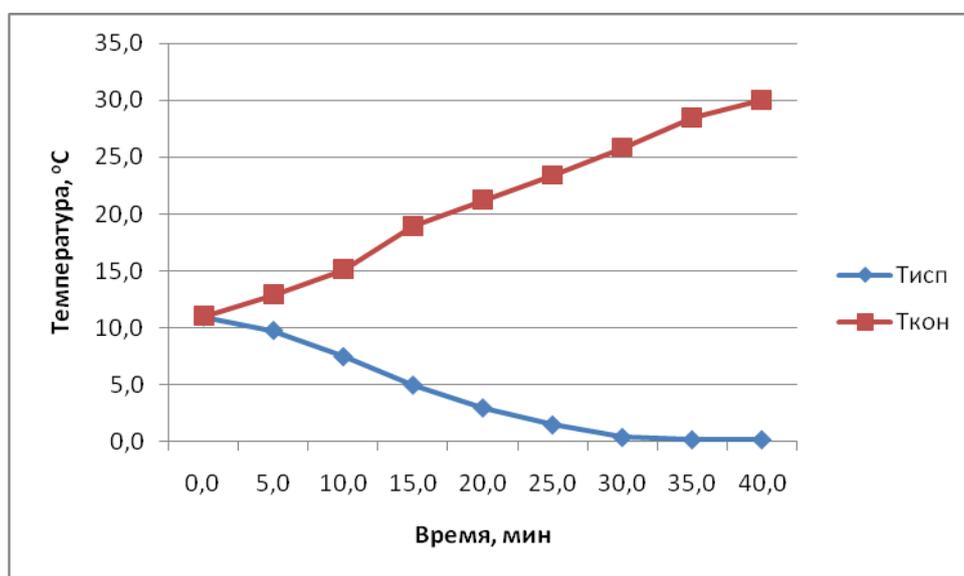


Рис. 5. График температуры воды при интенсивной циркуляции

На этом этапе жидкость внутри ёмкостей циркулирует и равномерно перемешивается, что позволяет ей равномерно отдавать тепловую энергию в испаритель. График температуры представлен на рис. 5.

Из графика видно, что температура на испарителе в этом случае понижается равномернее, удаётся собрать большее количество тепла и жидкость подходит к границе фазового перехода. Образование льда вокруг испарителя не наблюдается, увеличивается КПД. График выделения теплоты за единицу времени представлен на рис. 6.

Если сравнить два графика, то будет наглядно видна разница в выделении тепла на двух этапах эксперимента (рис. 7).

Данный опыт показывает возможности стенда и приводит нас к выводу о том, что наибольшую роль в производительности теплового насоса игра-

ет конструкция теплообменного аппарата испарителя и основной проблемой теплонасосных установок является эффективный отбор тепла.

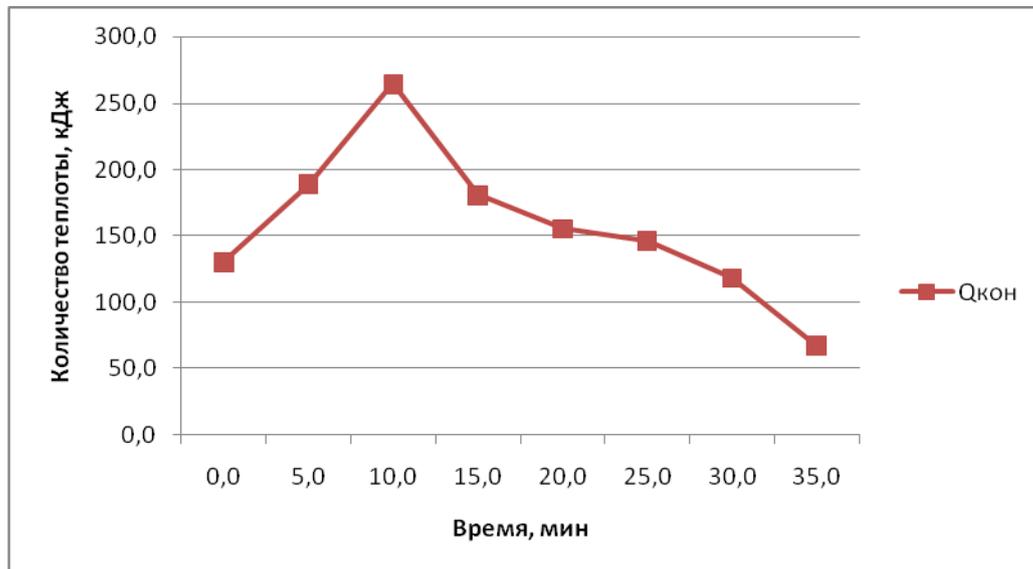


Рис. 6. График количества теплоты, выделяемой на конденсаторе при интенсивной циркуляции

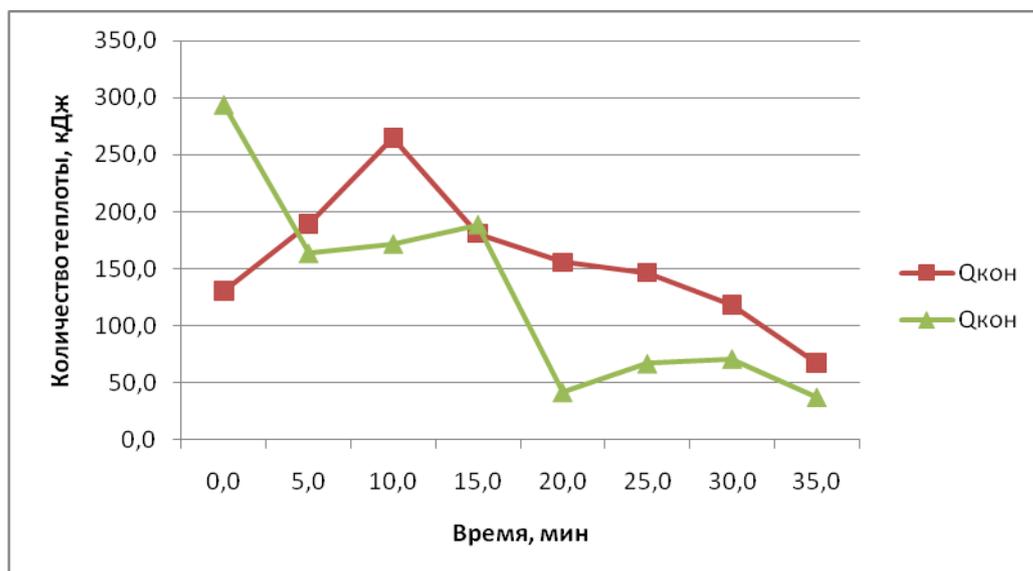


Рис. 7. График сравнения выделения тепла при различных состояниях источника

Вторая серия опытов была направлена на исследование эффективности ТНУ при работе с песчаным грунтом различной влажности.

После сбора данных выявлена зависимость выделяемого тепла на конденсаторе от влажности грунта для определённого типа теплообменника, установленного на лабораторном стенде. В нашем опыте теплообменник выполнен в форме змеевика.

В результате исследования было выведено прикладное выражения для расчета количества теплоты, выделяемой на теплообменнике, в зависимости от влажности почвы:

$$Q = 3,5\varphi + 441,7,$$

где Q – количество теплоты, которое выделится на конденсаторе, кДж; φ – влажность песка, %.

Выводы. Проведенные исследования показали возможность стенда в поиске вариантов источников низкопотенциальной тепловой энергии и формы теплообменника с целью повышения эффективности работы ТНУ.

Библиографический список

1. Шерьязов, С.К. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гиринина. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – 280 с.
2. Лабораторный стенд ГалСэн – Тепловой насос [Электронный ресурс]. – URL: <http://galsen.ru/catalog>.
3. Стенд-тренажер «Тепловой насос-2» [Электронный ресурс]. – URL: <http://uchteh.ru/vus/6558/6562.html>.
4. Стенд-тренажер «Тепловой насос с использованием геотермальной низкопотенциальной энергии» [Электронный ресурс]. – URL: <http://uch-oborudovanie.ru/stend-trenazher-teplovoy-nasos>.
5. СНиП 23-01-99. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kwark.ru/files/gs/010.pdf>.
6. Низамутдинов, Р.Ж. Использование низкопотенциальной тепловой энергии Земли для теплоснабжения сельского потребителя в условиях Южного Урала: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р.Ж. Низамутдинов. – Челябинск: ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», 2013. – 26 с.
7. Голованова, И.В. Тепловое поле Южного Урала / И.В. Голованова; отв. ред. В.Н. Пучков; Ин-т геологии Уфим. НЦ РАН. – М.: Наука, 2005. – 189 с.
8. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал. Уральское территориальное геологическое управление / ред. В.Ф. Прейс. – М.: «Недра», 1972. – 648 с.

[К содержанию](#)