

## Определение параметров ФЭС

| Параметры ФЭС                        | $P_{расч}$ | $P_{ср}$  |
|--------------------------------------|------------|-----------|
| Потребляемая мощность, Вт            | 2 231,12   | 572,92    |
| Расчетное потребление энергии, кВт·ч | 53,55      | 13,75     |
| Количество солнечных модулей         | 177        | 44        |
| Мощность инвертора, Вт               | 2788,9     | 716,15    |
| Емкость АКБ, А·ч                     | 6135,6     | 1575,5    |
| Приблизительная стоимость ФЭС, руб   | ~2 800 000 | ~ 750 000 |

Расчеты были произведены по средней и расчетной мощности. Из таблицы следует, что параметры ФЭС, вычисленные этими методами, существенно отличаются. Различия объясняются случайным характером нагрузки, что сказывается на появлении погрешностей в расчете. Выбор оборудования по  $P_{расч}$  ведет к увеличению затрат, а выбор по  $P_{ср}$  может не обеспечить потребность в электроэнергии при пиковых нагрузках. Следовательно, для выбора наиболее эффективного набора оборудования ФЭС необходим более тщательный подход к анализу графиков нагрузок потребителей и определению расчетной мощности.

### *Библиографический список*

1. Оборудование нетрадиционной и малой энергетики: Справочник-каталог / Министерство топлива и энергетики РФ. М.: АО «Новые и возобновляемые источники энергии», 2000. 167 с.
2. Четошников С.А., Четошникова Е.А. Система автономного электроснабжения загородного дома // Возобновляемые источники энергии: материалы научной молодежной школы с международным участием / под общ. ред. А.А.Соловьева. М.: Университетская книга, 2008. Ч. 2. С. 136-141.

## ГРУНТОВЫЙ ТЕПЛОВЫЙ НАСОС ДЛЯ УДАЛЕННОГО ДОМА

*Яковлев А.О., Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Тягунов Г.В.  
УрФУ*

Климатические особенности России позволяют эффективно использовать уникальную возможность одной из своих национальных особенностей – холодный климат – для снижения затрат на энергообеспечение. Именно холодный климат обеспечивает надежное потребление низкопотенциальной энергии, распространенной повсеместно в природе, и в частности – в грунте. В условиях постоянного роста тарифов на энергоносители все актуальнее звучит вопрос внедрения энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий. Одной из таких технологий является теплонасосное отопление [1], которое может использовать в качестве низкопотенциальной энергии тепло грунта.

В Уральском регионе, имеющем ГСОП (градусо-суток отопительного периода в год) более 6000, любая технология, использующая «дармовую» состав-

ляющую, становится более оправданной в сравнении с другими, менее «жесткими» по градиентам температур, территориями России и зарубежья.

Энергоэффективный дом в пос. Растущем Белоярского района Свердловской области на протяжении ряда лет служит полигоном для отработки технологий и испытаний нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в условиях Уральского региона. Очередным этапом в развитии НВИЭ стала разработка проекта и приобретение теплонасосной установки мощностью 5,5 кВт для отопления одной отдельно взятой квартиры (всего в доме 8 квартир) [2].

Основным «трудозатратным» и технологически сложным элементом теплонасосной установки является скважина испарительного канала. Стоимость бурения и обустройства скважины сопоставима, а зачастую и превосходит цену самого теплового насоса. Поэтому, становится актуальной оптимизация схемы теплоснабжения и минимизации общих затрат. Учитывая имеющееся газовое теплоснабжение, было принято решение произвести монтаж теплонасосной системы и применить гибридный тип, использующий одновременно газовое и теплонасосное отопление. Аргументами являются резервирование систем отопления (в случае отказа одной из них), возможность гарантированного покрытия пиковых нагрузок, а также выбор наиболее экономичного сочетания функционирования обеих.

Расчеты показали, что для отопления всей жилой квартиры (250 кв. м) требуется обеспечить «отбор» низкопотенциальной теплоты грунта из двух вертикальных скважин глубиной 56 м каждая.

В качестве рабочего тела в теплонасосной установке предусмотрен рассол «вода-антифриз» 50 : 50, «пропускаемая» через вертикальные зонды в грунте.

Размещение испарительных каналов теплонасосной установки в грунте показано на рис. 1. Подача теплоты по дому осуществляется через трубчатую разводку полов, выполненную из металлопластиковых труб «Unipair» и «Henka».

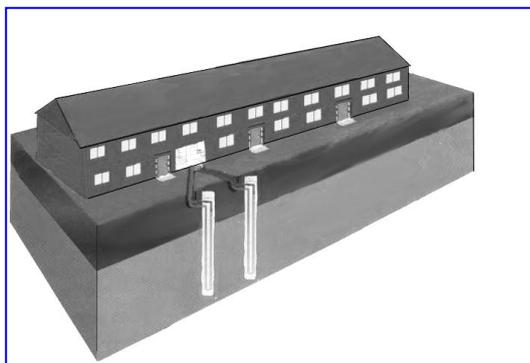


Рис. 1. Схема разреза по линии размещения вертикальных испарительных каналов теплонасосной установки объекта «Энергоэффективный дом» в пос. Растущий

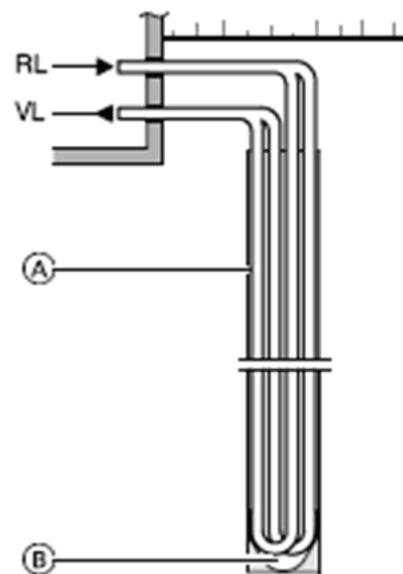
Транспортировка теплонасосной установки непосредственно в помещение дома осуществлялась инициативным способом (рис. 2.)



Рис. 2. Транспортировка теплонасосной установки в помещение энергоэффективного дома (июль 2010 г.)

Грунтовый зонд представляет собой две двойных U-образных петли полимерного трубопровода, расположенные в скважине расчетной глубины (рис. 3).

Рис. 3. Схема U-образного трубчатого зонда:  
 RL-обратный трубопровод рассола,  
 VL-подающий трубопровод рассола,  
 А- бетоннито-цементная суспензия,  
 В – защитная крышка



В верхней части параллельные ветви U-образных труб объединены и соединены с входным и выходным коллекторами – распределителями рассола. Охлажденный рассол перетекает к нижней части зонда по двум ветвям труб, затем обратно возвращается вверх, нагреваясь при этом, и поступает во входной коллектор, а далее - к испарителю теплового насоса. Все промежутки между трубами и грунтом заполняются материалом с хорошей теплопроводностью.

Для сопоставления технических характеристик и экономической эффективности в таблице представлены варианты отопления площади 150 кв. м с применением газового котла, котла на мазуте, электрического котла и теплового насоса.

| Технические характеристики                      | Установка для обогрева помещения        |   |                                   |                               |
|---|---|---|-----------------------------------|-------------------------------|
|   | Газовый котел                           | Котел на жидком топливе                 | Электрический котел               | Тепловой насос                |
| Стоимость                                       | Средняя                                 | Средняя                                 | Низкая                            | Высокая                       |
| Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>            | 150                                     | 150                                     | 150                               | 150                           |
| Мощность установки, кВт                         | 15                                      | 15                                      | 15                                | 15                            |
| Расход электрической энергии в час, кВт·ч       | 0,5                                     | 0,8                                     | 15                                | 5,0                           |
| Источник тепловой энергии                       | Газ                                     | Диз. топливо                            | Электр. ток                       | Тепло земли                   |
| Расход энергоносителя в год                     | 4000 м <sup>3</sup>                     | 8500 литров                             | 30000 кВт·ч                       | Бесплатно                     |
| Срок службы                                     | 5-10 лет                                | 5-7 лет                                 | 5-10 лет                          | 20-30 лет                     |
| Пожароопасность                                 | Опасен (постоянный огонь)               | Опасен (постоянный огонь)               | Опасен                            | Безопасен                     |
| Взрывоопасность                                 | Опасен                                  | Опасен                                  | Опасен                            | Безопасен                     |
| Стоимость агрегата (тыс. руб.)                  | 30,0                                    | 20,0                                    | 10,0                              | 50,0                          |
| Стоимость комплекса монтажных работ (тыс. руб.) | 140,0<br>(с подводимым газопроводом)    | 25,0<br>(с системой резервирования)     | 15,0<br>(с разводкой эл. системы) | 160,0<br>(с грунтовым зондом) |
| Уровень экологической опасности                 | Вреден (выделяет СО и NO <sub>x</sub> ) | Вреден (выделяет СО и NO <sub>x</sub> ) | Безвреден                         | Безвреден                     |
| Годовые затраты на отопление (тыс. руб.)        | 15,0                                    | 20                                      | 65,0                              | 10,0                          |

Из таблицы видно, что применение теплонасосной установки для отопления квартиры в удаленном доме уже сегодня является перспективным и экономически оправданным мероприятием даже с учетом сложного устройства грунтовых зондов.

По мере дальнейшего повышения тарифов окупаемость всей ТН-установки ускорится до 2,5...3 лет.

### *Библиографический список*

1. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. М.: Стройиздат, 1985. 352 с.
2. Откеев А., Гусакова Е.Е., Леонтьева М.В., Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Проект теплонасосной установки для энергоэффективного дома в п. Растущий // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сб. материалов Всероссийской студенческой олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых. 17-21 декабря 2007 г. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007.С. 338-340.