

## Вместо котла – тепловой насос

### Исходная ситуация

В свое время отсутствие в поселке газа и неясные перспективы по его подведению вынудили заказчика установить для теплоснабжения дома (отапливаемая площадь – 465 м<sup>2</sup>; удельная тепловая нагрузка – 60 Вт/м<sup>2</sup>) жидкотопливный котел как основной источник тепла и электрический – в качестве резервного. Для нагрева воды применяли водонагреватель накопительного типа. Уже через два года после эксплуатации этой системы, несмотря на достаточно хорошие показатели работы, владелец дома всерьез задумался о поиске альтернативного варианта. Не устраивали его следующие факторы:

- ♦ рост цен на дизельное топливо (в 2005 г. заказчику пришлось заплатить только за отопление более 180 тыс. руб., в 2006-м – 200 тыс.);

- ♦ заполнение емкости для топлива требовало личного присутствия хозяина дома и отвлекало от других дел: заказать, встретить, проконтролировать сам процесс заправки;

- ♦ продукты сгорания дизельного топлива оставляли подтеки на крыше, оседали на приусадебном участке; прогорел колпак на трубе.

После аудита объекта заказчику был предложен тепловой насос мощностью 32 кВт с отбором тепла грунта вертикальными зондами, используемый как единственный теплогенератор для отопления здания и приготовления горячей воды (из расчета, что в доме проживают восемь человек).

Реализация проекта подразумевала решение ряда подзадач. К ним можно отнести:

- ♦ проведение необходимых технических расчетов для инсталляции системы;

- ♦ доставку оборудования из Германии к месту проведения работ;

- ♦ бурение скважин для размещения в грунте оборудования внешнего теплообмена;

- ♦ монтаж теплового насоса, геотермального и другого дополнительного оборудования.

После полного монтажа и запуска системы фирма взялась за проведение постоянного мониторинга ее работы с помощью средств удаленного доступа.

Установка оборудования в доме и разводка коммуникаций уличного контура были осложнены 100-процентной готовностью объекта как внутри, так и снаружи. Упрощало решение задачи то, что проектировщики изначально предусмотрели на объекте комбинированную (радиаторы и «теплый пол») систему отопления.

### Устройство геотермального контура

Расчеты показали, что для отбора тепла из земли на участке заказчика предстояло произвести бурение шести скважин глубиной 90 м каждая. Их суммарная теплоотдача составила 24–27 кВт. Горизонтальные коммуникации, объединяющие зонды в единую систему, также участвуют в процессе теплообмена, выдавая дополнительно 700–900 Вт.

Для устройства зондов заказчиком были выбраны лужайки перед домом размером 7×20 м (здесь разместили четыре скважины) и 5×20 м (две скважины). Бурение скважин велось вращательным методом с промывкой. Все буровые работы выполнялись профильным предприятием под контролем специалистов Veles-GreenHeat, прошедших обучение в специализированной германской буровой компании.

Несмотря на отработанную схему производства этих работ в европейских странах, следует отметить, что применение подобной технологии у нас затруднено. Причина – отсутствие буровой техники с необходимыми качественными характеристиками и применяемых в процессе бурения специальных составов. Потребовалось искать пути преодоления данной проблемы.

После завершения бурения скважин в них установили специальные U-образ-

Тепловые насосы уже вошли в ассортимент почти всех ведущих производителей отопительной техники, предлагающих свою продукцию на российском рынке. Однако реальные проекты с внедрением этого оборудования в нашей стране пока единичны, и, безусловно, опыт осуществивших их компаний заслуживает пристального внимания. В 2004 г. специалистами Veles-GreenHeat (Москва) выполнен заказ, предусматривавший переоборудование действующей системы теплоснабжения коттеджа на работу от теплового насоса. До этого в качестве источника тепла использовали жидкотопливный котел.



ные в основании (конструкция «подшвы» запатентована фирмой-изготовителем) геотермальные зонды фирмы Stüwa (Германия), выполненные из полиэтиленовой трубы (PE 100, SDR11/1,6 МПа). Надежность и долговечность подземной части теплонасосной установки имеют особенное значение. Выбранные зонды соответствовали этому условию, в том числе благодаря перечисленным ниже моментам:

- ♦ система полностью собрана из пластмассы, поэтому не подвержена коррозии;

- ♦ соединение элементов выполнено в заводских условиях методом сварки;

- ♦ в конструкции использованы морозо- и термостойкие (температурные границы от  $-30$  до  $+70$  °С, в зависимости от компонента), а также ударопрочные элементы;

- ♦ высокое качество компонентов подтверждено Южно-немецким центром пластмасс (Süddeutsche Kunststoff-Zentrum, SKZ);

- ♦ каждый зонд сертифицирован изготовителем.

В результате достигаются оптимальные показатели по надежности системы, гарантирующие, кроме прочего, защиту подземных вод от попадания в них теплоносителя.

Сразу после установки зонда в скважину происходит его опрессовка, после чего межтрубное пространство скважины и установленного зонда заполняют специальным составом. Это обеспечивает герметичное и долговременное, физически стабильное сопряжение геотермального зонда с окружающими породами и гарантирует хорошую теплопередачу, препятствуя нарушению водоносных горизонтов.

В настоящее время всё более жесткие требования предъявляют к морозостойчивости уплотняющего материала. Его замерзание может произойти под воздействием теплоносителя первичного контура, в качестве которого используется незамерзающая жидкость. В процессе работы теплового насоса возможно охлаждение рабочей жидкости до температуры порядка  $-8$  °С, что часто случается во время пика отопительного сезона или на установках небольшого размера. Чередование процессов замерзания и оттаивания приводит к образованию трещин или даже к разрушению уплотняющего материала.

При реализации описываемого проекта использовался уплотняющий материал фирмы Stüwa, разработчики которого учли эту проблему. После проведения в лабораторных и практических условиях многократных испытаний было определено, что данная смесь может быть оптимизирована до достижения морозостойкости до  $-10$  °С (более того, положительные результаты получены и при температурах, близких к  $-20$  °С). Этого достаточно для большинства установок, так как при самых неблагоприятных условиях температура циркулирующих веществ может опускаться только до  $-5...-8$  °С.

Отметим: при монтаже контура отбора тепла из грунта следует использовать высококачественные материалы, предлагаемые производителями, специализирующимися в области геотермального оборудования. Находящиеся под землей соединения выполняются с применением электросварных муфт. Существует практика использования резьбовых соединений разнообразного типа с целью удешевления стоимости работ, однако такое решение может привести к нежелательным последствиям. Разгерметизация менее надежных соединений сведет на нет всю работу по устройству геотермального контура. А произвести заново столь значительный объем работ вряд ли окажется возможным.

Места ввода коммуникаций в дом уплотняют при помощи специальных муфт, разработанных именно для этой цели. Это решение упрощает схему производства работ и в то же время гарантирует надежную герметизацию ввода геотермального контура в дом.

В отдельных случаях для объединения геотермальных петель до ввода в здание применяют шахты, что дает возможность уменьшить количество вводимых магистралей в здание до двух («подача» и «обратка»). Шахта представляет собой колодец, выполненный из полиэтилена высокого давления и полностью готовый для монтажа системы. Внутри расположены два (на подающую и обратную магистраль) коллектора с отводами для скважин, число которых рассчитано под конкретный проект. Также предусмотрены возможность регулирования расхода потока жидкости, система удаления воздуха и закрытия при необходимости отдельных скважин. Данный элемент конструкции



зарекомендовал себя с положительной стороны: особенно на начальном этапе, при запуске и диагностировании всей системы, осуществлении контроля работы скважин. Все соединения после завершения монтажа остаются доступными.

# ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

## Система отопления и тепловой насос

Как сказано выше, в доме изначально была предусмотрена комбинированная система отопления (радиаторы и «теплый пол»). Суммарной мощности существующих отопительных приборов и контуров напольного отопления с запасом хватало для покрытия потребности в тепле помещений объекта: только теплоотдача радиаторов при температуре воздуха в помещении 20 °С и параметрах теплоносителя 55/45 °С составляла 35 кВт. При этом 70 % площади дома обогревается напольным отоплением.

Для отопления дома и ГВС был установлен тепловой насос WPF 32 SET фирмы Stiebel Eltron тепловой производительностью 32 кВт (установка включает два модуля WPF 16). Простой и удобный интерфейс его панели управления позволяет пользователю самостоятельно программировать установку на работу в том или ином режиме (их шесть – «Ожидание», «Дневной», «Ночной», «Автоматический», «ГВС», «Дополнительный источник нагрева»).

Сотрудники Veles-GreenHeat отмечают высокое качество продукции, комплексный подход и добросовестное отношение этой компании к комплектации внутреннего оборудования и схемных решений при реализации проекта. Все дополнительные комплектующие (включая буферные накопители, бак ГВС емкостью 400 л, циркуляционные насосы и т.д.) также поставлены Stiebel Eltron.

## Итоги мониторинга

По договоренности с заказчиком, проект осуществлялся в рамках создания демонстрационного объекта. В доме было установлено дополнительное диагностическое оборудование, позволяющее в реальном времени отследить эффективность работы системы: расходомеры, вычислители тепловой энергии, электросчетчик (отдельно на тепловой насос), датчики температуры.

Мониторинг работы системы на протяжении всего срока эксплуатации позволяет сегодня сделать следующие выводы:

- ♦ температура источника низкопотенциального тепла (грунта) на момент ввода оборудования в эксплуатацию в 2006 г. составляла 7 °С. После первой недели эксплуатации она упала до 2,5 °С и постепенно уменьшалась с увеличением

отопительной нагрузки. Наименьшее значение температуры грунта (от –2,5 до –2,8 °С) приходится на самые холодные дни, когда отбор тепла идет наиболее интенсивно. С уменьшением отопительной нагрузки в конце сезона повышается и температура источника – до 0,5 °С. После завершения отопительного сезона отогрев грунта до 7 °С происходит в течение 2–3 мес., когда тепловой насос работает только на приготовление горячей воды;

- ♦ средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон 2006–2007 гг. составила 1,4 °С, за сезон 2007–2008 гг. – 3,8 °С;

- ♦ средняя отопительная мощность за отопительный сезон 2006–2007 гг. – 14,2 кВт, за сезон 2007–2008 гг. – 12 кВт;

- ♦ средний коэффициент преобразования энергии за два года эксплуатации – 4,0;

- ♦ общие затраты на отопление и ГВС за отопительный сезон 2007–2008 г. составили 28711 руб. При этом в доме всегда поддерживалась температура 22 °С (т.е. не использовался энергосберегающий потенциал автоматики теплового насоса);

- ♦ температура в линии подачи системы «теплый пол» варьировалась в пределах 28–38 °С, в зависимости от нагрузки, в контурах радиаторного отопления – 35–45 °С;

- ♦ температура нагрева горячей воды составляла 47 °С, что при объеме бойлера-аккумулятора 400 л обеспечивало вполне комфортное пользование. Для периодической дезинфекции системы ГВС в нее была встроена электронагревательная вставка. Она включается один-два раза в неделю и нагревает воду до 80 °С;

- ♦ общий объем воды с температурой 47 °С, приготовленный тепловым насосом за 7 мес., составил 71 м<sup>3</sup>; пользователю это обошлось в 2450 руб. Коэффициент преобразования энергии по системе ГВС – 2,7.

- ♦ установка работает без сбоев. Специалисты компании Veles-GreenHeat ежемесячно осуществляют ее диагностику (дистанционно). Профилактический осмотр проводится один раз в полгода.



Уже через месяц после всех работ по устройству геотермального контура, на участках, где они проводились, вновь зеленел газон.

