

ТЕПЛОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЗДАНИЙ В ТРЕНДЕ РОССИЙСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В. Ф. Горнов, директор проектного отделения ОАО «Инсолар-Инвест»

Ключевые слова: энергоэффективность, грунтовый теплообменник, теплонасосные системы, удельное потребление энергии, гибридная теплонасосная система

Системы жизнеобеспечения зданий являются перспективной областью применения технологий, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ). В России теплонасосные системы теплоснабжения, использующие в качестве источника теплоты потенциал грунта поверхностных слоев Земли, – это одно из наиболее эффективных направлений для внедрения в практику отечественного строительства. Это доказано опытом проектирования и эксплуатации подобных систем.

Резерв энергосбережения зданий

На сегодняшний момент норматив потребления энергии для жилых зданий выше 12 этажей в Москве составляет $163,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ (см. справку), при этом суммарное потребление энергии на отопление и вентиляцию составляет

$62 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, а потребление электрической энергии на освещение мест общего пользования и работу общедомового электрооборудования $7-10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Таким образом, становится очевидным, что сектор горячего водоснабжения (ГВС) является самым энергоемким – порядка $90 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

При этом, когда речь заходит об энергосбережении, все в первую очередь рассматривают мероприятия по увеличению тепловой защиты здания. Если оценить распределение нагрузки между отоплением и вентиляцией как 60/40, то на отопление придется 34,5 кВт•ч/м²•год, или 21% от суммарного энергопотребления, а на вентиляцию 27,5 кВт•ч/м²•год, или 17% от общей нагрузки. Из этих данных можно сделать вывод, что на сегодняшний момент нормируемая степень теплоизоляции оболочки здания настолько велика, что теплотери через наружные ограждения составляют меньше четверти от всех энергетических нагрузок здания. Получается, что дальнейшее увеличение теплозащиты нецелесообразно. Даже если предположить, что мы еще в два раза увеличим тепловую защиту здания – что, конечно, абсурдно, – то все равно не достигнем требуемой величины энергопотребления в 140,1 кВт•ч/м²•год, которую должны будем получить с 1 января 2020 года: энергопотребление здания снизится только на 10,5%, тогда как требуется 14%-ное снижение. И это при высокой финансовой затратности такого решения.

Результатом такого анализа является вывод, что резерв энергосбережения находится в инженерных системах зданий. Если рассматривать теплоизоляцию как пассивное мероприятие, то здесь можно говорить об активном энергосбережении. То есть экономиться

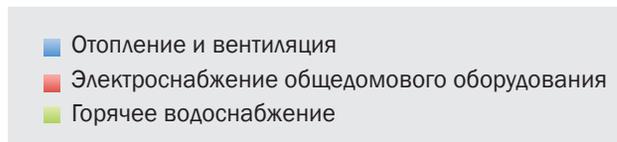
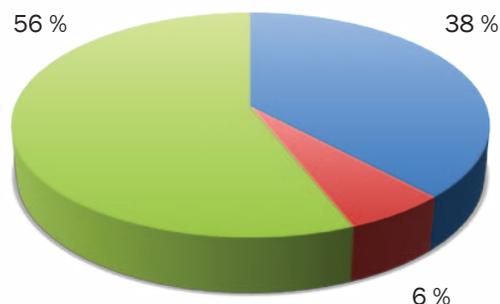


Рис. 1. Структура удельного годового расхода энергии для многоквартирного жилого дома выше 12 этажей для условий Москвы

энергия будет за счет эффективного использования традиционного инженерного оборудования, применения специальных энергосберегающих технологий, обеспечивающих регулирование и управление инженерными системами зданий и возврат тепловых потерь, а также использования возобновляемых источников энергии

СПРАВКА

Требования по снижению энергопотребления зданий

В России действуют требования к поэтапному снижению энергопотребления в строительстве вообще и в жилых зданиях в частности. Базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирных домах установлен Приказом Минстроя России от 6 июня 2016 года № 399/пр. Согласно постановлению Правительства РФ № 18* предусмотрено снижение удельного энергопотребления на 30% относительно базового в период с 2016 по 2020 год, а после 1 января 2020 года должно быть обеспечено уже 40%-ное снижение. Таким образом, все объекты, вводимые в эксплуатацию с 1 января 2016 года (включая здания, прошедшие капитальный ремонт), должны потреблять энергии на 30% меньше по сравнению с базовыми показателями.

Таблица Нормативы удельного энергопотребления многоквартирных жилых домов на территории Москвы

Наименование показателя	Базовое значение	Нормированное значение, устанавливаемое с	
		1 января 2016 г.	1 января 2020 г.
Удельный годовой расход энергии для многоквартирного жилого дома выше 12 этажей для условий Москвы, кВт•ч/м ² •год	233,5	163,5	140,1
в том числе на отопление и вентиляцию, кВт•ч/м ² •год	88,5	62,0	53,1

* Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

(ВИЭ). На сегодняшний день самым эффективным направлением внедрения ВИЭ в практику отечественного строительства представляется применение теплонасосных систем теплоснабжения.

Применение тепловых насосов в реальном строительстве

Некоторое время назад в Москве активно реализовывалась практика экспериментального проектирования и строительства. Новые решения, которые представляли интерес, сначала отрабатывались на пилотных объектах строительного комплекса и лишь потом могли быть рекомендованы для широкого внедрения.

Пилотный проект

Один из таких экспериментальных объектов – жилой 17-этажный дом на юго-западе Москвы, построенный в 2002 году (далее – Дом). В Доме установлена теплонасосная система, обеспечивающая горячее водоснабжение. В 2009 году была произведена реконструкция данной системы и несколько изменена ее идеология.

В здании предусмотрено центральное теплоснабжение, используемое главным образом на нужды отопления. Вентиляция организована следующим образом: централизованная механическая вытяжка и естественный приток в квартирах через клапаны, установленные в оконных рамах.

Система горячего водоснабжения здания

Вода для ГВС готовится при помощи тепловых насосов, использующих теплоту вентиляционных выбросов здания в комбинации с теплом грунта. Однако после изменения норм¹ мы совместно с компанией Danfoss разработали для Дома новый специальный индивидуальный тепловой пункт (ИТП), который позволил объединить тепловую сеть и теплонасосное оборудование таким образом, чтобы они дополняли друг друга.

Цепочка приготовления горячей воды для ГВС следующая: сначала производится отбор теплоты от удаляемого воздуха – осуществляется предварительный нагрев холодной воды. Затем вода подогревается за счет использования теплонасосного оборудования. Однако после тепловых насосов она нагрета лишь до 50 °С, т. е.

не достигает температуры, соответствующей требованиям СанПиНа. Догрев воды осуществляется так же, как это происходит в традиционных ИТП. При этом схема нового ИТП построена таким образом, чтобы гарантированно не допустить превышения температуры обратной сетевой воды.

Мониторинг энергоэффективности теплонасосной системы

Через несколько месяцев после внедрения обновленной системы теплоснабжения Дома были проведены исследования. Оценивая расходы на потребление тепловой энергии на подогрев воды² для ГВС, мы сравнили затраты жильцов на ГВС от теплонасосной системы с платежами жителей соседних домов, где горячее водоснабжение осуществляется от централизованных тепловых сетей. В результате оказалось, что вариант с тепловым насосом в 2,5 раза выгоднее. При этом наблюдается еще и существенная экономия энергии – 55%.

Похожая схема была запроектирована еще на одном московском 17-этажном жилом доме с подземным гаражом и спортивно-оздоровительным комплексом. Но, в отличие от описанного проекта, в этом здании теплонасосная система работала не только на ГВС, но и на холодоснабжение. Экономия энергии в данном случае возросла до 60%.

Затраты при установке теплового насоса

Когда речь заходит об установке в строящемся здании энергоэффективного и энергосберегающего оборудования, многим сразу представляются фантастические цифры удорожания объекта – на 40÷50%, а то и больше. Но и наш опыт, и опыт коллег показывает, что дополнительные затраты, в зависимости от набора применяемых решений, как правило, не превышают 10%.

В случае с 17-этажным жилым домом в Москве увеличение стоимости объекта составило всего 3% (или плюс 1 700 руб. к стоимости 1 м² жилья, данные 2010 года). И это с учетом тепловых насосов, грунтовой системы, системы утилизации тепла вентиляционных выбросов, ИТП, насосной станции ХВС и пожаротушения, а также системы кондиционирования. Как можно видеть, страхи по поводу значительного удорожания необоснованны и преувеличены.

¹ Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 20 от 7 апреля 2009 года введены в действие «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074–01"» в части требований к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения: горячая вода должна быть не менее 60 °С на самом удаленном водоразборном приборе.

² Стоимость самой воды из подсчетов исключалась.

Пример теплонасосной системы с функцией тепло- и холодоснабжения

Существует возможность применения тепловых насосов для нужд отопления в зимний период и охлаждения – в летний. Например, функция тепло- и холодоснабжения возложена на теплонасосную систему, установленную в многофункциональном здании, по большей части используемом под офисы (оно расположено недалеко от Московской кольцевой автодороги). Причем, несмотря на имеющуюся возможность подключения данного здания к газовым сетям, заказчик посчитал, что экономически более выгодно автономное теплоснабжение всего здания на тепловых насосах.

В результате были применены различные технические решения, довольно интересные с инженерной точки зрения. В частности, в здании практически отсутствуют отопительные приборы. Вместо них используется система поверхностного отопления и охлаждения, для чего в полу, стенах и в потолке проложены змеевики, по которым движется теплоноситель. Температура теплоносителя в таких системах ниже, чем в традиционных отопительных приборах, что увеличивает эффективность тепловых насосов.

В теплонасосной системе многофункционального здания использовались грунтовые теплообменники: двойные U-образные конструкции из труб диаметром 32 мм с толщиной стенки 3 мм. Материал труб – полиэтилен низкого давления. Общая протяженность теплообменников 33 000 м.

Важные моменты при расчете поля скважин

■ Понижение температуры грунта

Вследствие извлечения тепла из грунта происходит понижение его температуры. Если температура грунта к началу нового отопительного периода не успевает восстановиться, то к следующей зиме грунт имеет температуру ниже естественной. Такая тенденция к понижению температуры грунта будет сохраняться в течение всего срока эксплуатации системы, хотя после 5 лет работы дальнейшее понижение температуры грунта становится практически незаметным: грунт выходит на новый температурный режим.

Как известно, изменение температуры грунта сказывается на работе грунтовых теплообменников и теплонасосной системы в целом. Если система спроектирована неправильно, без учета описанного эффекта, то результатом такой ошибки может стать недостаток мощности теплонасосного оборудования по причине изменения режима его работы.



Международная выставка сантехники, отопления, кондиционирования, возобновляемых источников энергии

Франкфурт-на-Майне
14. – 18. 3. 2017

Energy

У нас есть решения:
эффективность,
возобновляемая энергия,
комфорт

www.ish.messefrankfurt.com

info@russia.messefrankfurt.com

Тел. +7 (495) 649-87-75

Страна-партнер



■ Тепловое влияние теплообменников друг на друга

Поскольку скважин для грунтовых теплообменников требовалось большое количество (более 300) на довольно ограниченной площади, необходимо было выяснить их взаимное тепловое влияние. Этот фактор также очень важен.

Грунтовые теплообменники, находящиеся в центре поля, окружены другими теплообменниками, поэтому приток тепла из грунта к ним возможен только снизу, тогда как к расположенным по краям поля теплообменникам тепло поступает и в горизонтальном направлении. В результате эффективность центральных теплообменников оказывается ниже, чем периметральных. А эффективность последних, в свою очередь, ниже, чем она могла бы быть, если бы теплообменник был только один. Игнорирование взаимного влияния ведет к тем же последствиям, что и понижение температуры грунта.

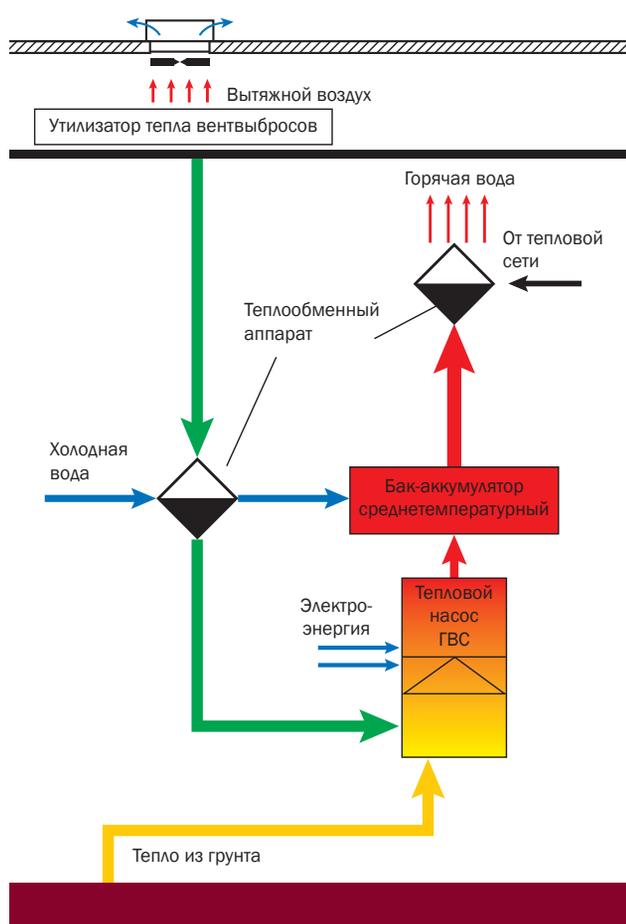


Рис. 2. Принципиальная схема гибридной теплонасосной системы, использующей теплоту грунта и вентиляционных выбросов для покрытия нагрузок горячего водоснабжения

Пассивное холодоснабжение в теплый период года

Для восстановления температуры грунта, а также с целью снижения затрат энергии на кондиционирование в данном проекте было предложено использовать пассивное холодоснабжение в теплый период года. Поскольку в здании используется панорамное остекление, то даже в климатических условиях Московской области нагрузка на охлаждение превысила нагрузку на теплоснабжение (2 170 и 1 535 кВт соответственно).

Поскольку в данном случае есть большое поле скважин, в которых за зимний период накапливается холод, закономерна идея использовать его в жаркие летние дни для охлаждения помещений. Причем холод получается практически бесплатным. Таким образом, одна и та же система в зимний период отапливает помещения, а в летний период охлаждает.

Более того, достигается двойной положительный эффект: во время охлаждения помещений здания происходит восстановление температурного потенциала грунта. Это значит, что к очередному отопительному периоду грунт не только не остынет, но даже, возможно, будет иметь более высокую температуру относительно природного уровня.

Испытания грунтовых теплообменников

В процессе монтажа грунтовой системы многофункционального здания проводились натурные испытания грунтовых теплообменников: определялось, сколько они фактически дают холода или тепла, с целью подтверждения расчетных параметров.

Расчетные параметры были получены с использованием специально разработанного программного комплекса HeatPump, который осуществляет:

- моделирование эксплуатационных режимов геотермальных систем и определение оптимальных параметров их основных элементов;
- расчеты теплообмена в грунте, учитывающие различные факторы, оказывающие существенное влияние на теплофизику процесса, например фазовые переходы влаги (замерзание, конденсация), содержащейся в грунте.

Использование данного программного обеспечения позволяет исключить ошибки, возникающие при проведении упрощенных расчетов по укрупненным и усредненным данным, приведенным в зарубежных стандартах для отличных от наших климатических условий и режимов работы грунтовых систем. Такие ошибки могут привести к неработоспособности теплонасосной системы! При проведении расчетов по данной программе прогнозируется поведение грунта на срок не менее пяти лет.

Нормативно-техническое регулирование

До недавнего времени имела место достаточно неприятная ситуация: проектировщики и заказчики проявляли интерес к теплонасосным системам, хотели их применить, но не обладали достаточной нормативной поддержкой. Действовал только СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» (теперь СП 60.13330.2012), в котором тепловые насосы были лишь упомянуты. Сегодня уже есть документы, регламентирующие использование тепловых насосов.

■ **ГОСТ Р 54865–2011 «Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с тепловыми насосами».** Представленная в нем методика позволяет рассчитать затраты энергии теплонасосной системой с учетом режимов ее работы, состава и характеристик основного и вспомогательного оборудования и прочих факторов. Методика базируется на использовании приведенных в технической документации эксплуатационных параметров оборудования, а также на характеристиках оборудования, полученных в результате испытаний по российским или европейским методикам. В данный ГОСТ частично вошла наша разработка: проводились исследования по эффективности применения тепловых насосов, использующих низкопотенциальную теплоту грунта, в зависимости от района России.

■ **СТО НОСТРОЙ 2.23.166–2014 «Устройство теплонасосных систем теплохладоснабжения зданий. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ»³.** Стандарт посвящен монтажу, вводу в эксплуатацию и пусконаладке теплонасосных систем. Данный стандарт разработан в развитие положений СП 60.13330.2012 (раздел 11), а также с целью конкретизации положений документа «Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии».

■ Помимо этого, ОАО «Инсолар-Инвест» выпустило ряд документов чисто технического характера, которые связаны с проектированием теплонасосных систем и их отдельных элементов:

- технические рекомендации ТР 209–09 «Альбом типовых технологических схемных и технических решений гибридных теплонасосных систем теплохладоснабжения (ГТСТ) многоэтажных жилых зданий в условиях плотной городской застройки»;
- «Альбом типовых технических решений термоскважин систем сбора низкопотенциального тепла грунта и блоков-утилизаторов низкопотенциального тепла вентвыбросов для гибридных теплонасосных систем теплоснабжения многоэтажных жилых зданий»;
- Технические условия ТУ 3113–001–26362384–09 «Теплообменники грунтовые (термоскважины)».

■ Кроме того, за последнее время было опубликовано несколько переводных документов, имеющих отношение к тепловым насосам:

- Межгосударственный стандарт ГОСТ EN 378–1–2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ EN 378–2–2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ EN 378–3–2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 3. Размещение оборудования и защита персонала»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ EN 378–4–2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33657.1–2015 «Кондиционеры с воздушным охлаждением и воздухо-воздушные тепловые насосы. Методы испытаний и расчета сезонного коэффициента эффективности. Часть 1. Сезонный коэффициент эффективности охлаждения»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33657.2–2015 «Кондиционеры с воздушным охлаждением и воздухо-воздушные тепловые насосы. Методы испытаний и расчета сезонного коэффициента эффективности. Часть 2. Сезонный коэффициент эффективности нагрева»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33657.3–2015 «Кондиционеры с воздушным охлаждением и воздухо-воздушные тепловые насосы. Методы испытаний и расчета сезонного коэффициента эффективности. Часть 3. Годовой коэффициент эффективности»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 32969–2014 «Кондиционеры и воздухо-воздушные тепловые насосы с воздуховодами. Испытания и оценка рабочих характеристик»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 32970–2014 «Кондиционеры и тепловые насосы без воздухопроводов. Испытания и оценка рабочих характеристик»;

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33662.1–2015 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Определения, классификация и критерии выбора» (вступает в силу 1 июля 2017 года);

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33662.2–2015 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация» (вступает в силу 1 июля 2017 года);

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 33662.4–2015 «Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление» (вступает в силу 1 июля 2017 года). ■

³ Разработан специалистами ОАО «Инсолар-Инвест» для объединения НОСТРОЙ.