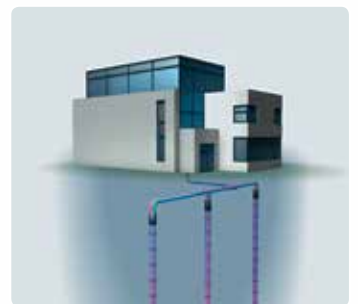
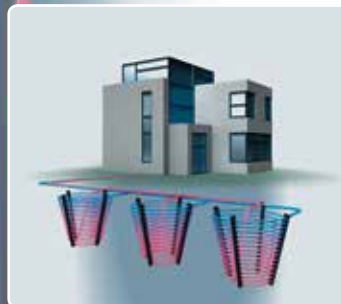
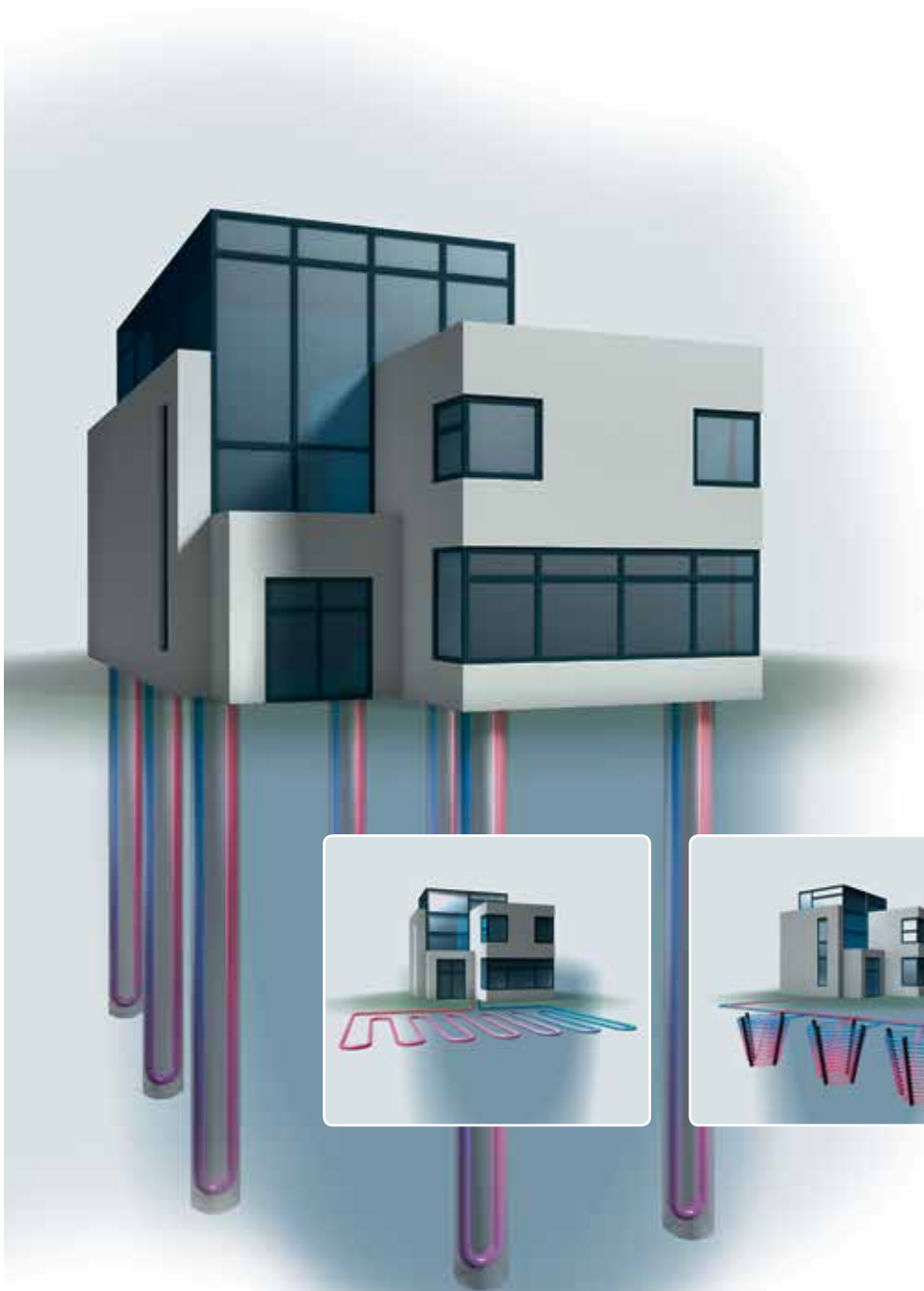


urogor

СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО
КЛИМАТА

Геотермальные системы

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



Оглавление

Вступление	4
Геотермальная энергия – краткое описание	5
Планета Земля – источник энергии	6
Основы	
Общие положения	8
Принцип действия теплового насоса	9
Системы использования геотермальной энергии	
Обзор системы	20
Режимы работы	21
Горизонтальные грунтовые коллекторы	24
Энергетические корзины	32
Энергетические сваи	41
Вертикальные грунтовые коллекторы	56
Материалы для геотермальных систем Uponor	
PE-Xa	63
Quick & Easy	65
Коллекторные колодцы Uponor для труб PE100	66

Вступление

Геотермальная энергия – независимость от энергоносителей

Первоочередная задача европейских стран – добиться сокращения объемов потребления энергии, чтобы снизить зависимость от ископаемых видов топлива, таких как нефть и газ. Если речь идет о зданиях будущего, то Солнце и Земля приобретают все большую и большую важность как источники возобновляемой энергии. С реализацией задачи 20-20-20 ЕС планирует до 2020 года снизить потребление энергии и выбросы парниковых газов на 20% и увеличить в структуре энергоснабжения использование источников возобновляемой энергии на 20% (в 2007 году этот показатель составлял 8,5%). Это способствовало появлению ряда законодательных инициатив во всех странах ЕС с целью продвижения использования источников возобновляемой энергии.

Использование геотермальной энергии имеет ряд преимуществ

- **Возобновляемость:** геотермальная энергия неисчерпаема и доступна круглые сутки для использования в системах отопления и охлаждения.
- **Экологическая безопасность:** использование геотермальной энергии в любом виде снижает объем выбросов парниковых газов.
- **Безопасность и управляемость:** геотермальная энергия является технически подготовленной – уже более 50 лет она используется в системах отопления и охлаждения.
- **Высокая эффективность:** обеспечение всех потребностей в энергии, таких как отопление, охлаждение, горячее водоснабжение и аккумулирование энергии.
- **Универсальность:** возможность применения совместно с другими источниками энергии.
- **Экономическая рациональность:** возможность регионального применения, независимость от внешних поставщиков органического топлива и колебаний валютного курса.
- **Сохранение конкурентоспособности:** использование геотермальной энергии положительным образом влияет на развитие и занятость на региональном уровне.

Геотермальная энергия – универсальное использование

Геотермальная энергия может использоваться не только в системах поверхностного отопления и горячего водоснабжения, но также в системах поверхностного охлаждения, что позволяет в значительной мере снизить уровень эксплуатационных затрат. Геотермальная энергия может быть использована во всех типах зданий, начиная с односемейных домов и заканчивая офисами и промышленными зданиями.

При эксплуатации системы, использующей геотермальную энергию, производственные затраты сводятся практически к нулю, а срок эксплуатации

такой системы весьма продолжительный. Хотя объем инвестиционных расходов на геотермальную систему несколько больше, чем на традиционные котлы и охлаждающие установки, благодаря низкому уровню эксплуатационных затрат срок окупаемости при применении геотермальных систем более короткий.

В сравнении с установкой и использованием двух отдельных систем – отопления и охлаждения – более эффективными и более простыми при монтаже являются совмещенные системы отопления и охлаждения. Применение систем геотермальной энергии

и панельно-лучистых систем – это комплексное решение систем отопления и охлаждения.

К тому же панельно-лучистые системы имеют преимущество: позволяют снизить рабочую температуру для отопления и использовать более высокую рабочую температуру для охлаждения. Таким образом, тепловой насос может эксплуатироваться более эффективно, что позволяет снизить уровень потребления энергии и, следовательно, эксплуатационные затраты.

Геотермальная энергия – краткое описание

Применение

- Отопление.
- Горячее водоснабжение.
- Охлаждение.
- Аккумулирование энергии.

Экологические аспекты

- Сокращение использования органического топлива.
- Сокращение уровня выбросов CO₂.
- Использование источника возобновляемой энергии.
- Надлежащая установка и эксплуатация позволяют избежать негативного воздействия на грунтовые воды и почву.

Сферы применения

- Односемейные и многоквартирные дома.

- Частные и государственные строения.
- Здания промышленного назначения.
- Офисные здания.
- Сельское хозяйство.

Технические аспекты

- Геотермальная энергия доступна в почти неограниченных количествах круглый год.
- Не требуется установка дымохода.
- Безопасная эксплуатация в полностью автоматическом режиме, не требуется особый уход.
- Индивидуальное и централизованное использование системы.

- Возможность совместного использования с другими источниками энергии.

Экономические аспекты

- Низкий уровень эксплуатационных расходов (отсутствуют расходы на органическое топливо).
- Отсутствие необходимости измерений вредных выбросов.
- Отсутствие затрат на чистку дымоходов.
- Относительно высокие инвестиционные затраты.
- Зависимость окупаемости от общих изменений цен на энергоносители.
- Зависимость эффективности применения от надлежащей планировки всей системы, тарифов на электроэнергию и наличия первичных энергоресурсов.



Видимая геотермальная энергия – гейзер в Исландии

Геотермия – это наука, изучающая виды геотермальной энергии, рассматривающая ее использование с технической точки зрения и исследующая тепловое состояние Земли.

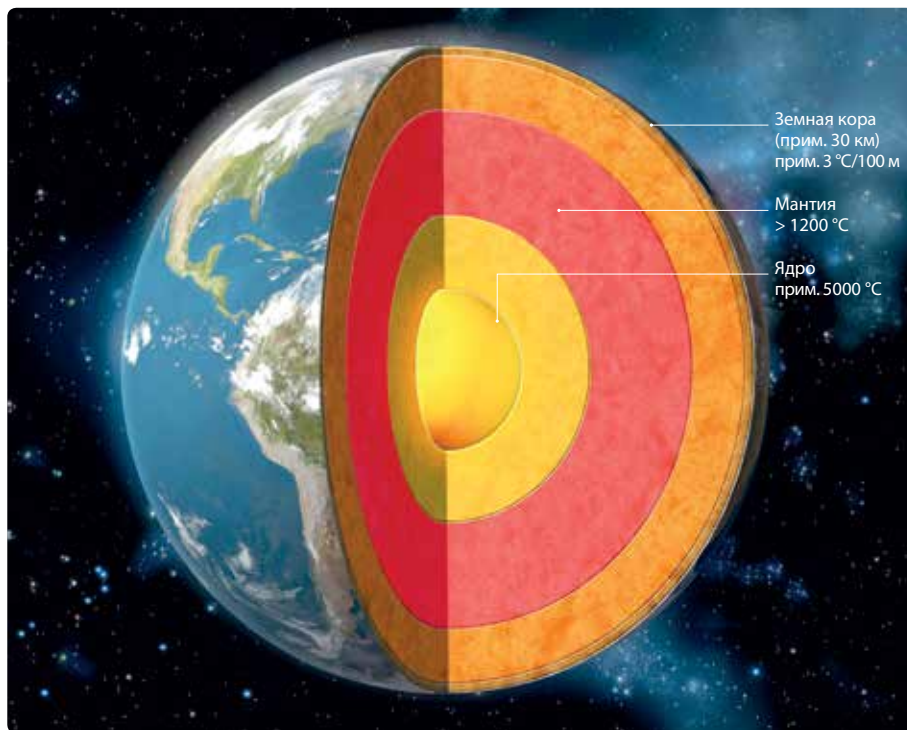
Планета Земля – источник энергии

Диаметр Земли составляет примерно 12 750 километров. Земная кора в сравнении с диаметром Земли – всего лишь тонкий слой. Толщина океанической коры составляет примерно от 5 до 10 километров, в континентальной части планеты ее толщина составляет от 15 до 50 километров. На границе коры и мантии температура достигает почти 1100°C.

Под корой находится мантия, которая по петрофизическим характеристикам разделяется на верхнюю, нижнюю мантию и переходный слой. Верхняя мантия простирается на глубину примерно в 400 км и имеет температуру до 1400 °C, переходный слой уходит вглубь до 900 км, а нижняя мантия – до 2900 км, температура в данной геосфере достигает 3700 °C.

На глубине ниже 2900 км проходит граница ядра Земли, которое делится на жидкое внешнее ядро и твердое внутреннее ядро. Температура внешнего ядра достигает приблизительно 4000 °C, а температура внутреннего ядра превышает уровень в 5000 °C.

Современные геотермальные системы используют верхнюю часть земной коры. При этом различают **поверхностную** и **глубинную геотермию**.



Строение геосферы



Высокопотенциальная геотермальная энергия

Геотермальную энергию можно разделить на два типа применения или системы: гидротермальную и петротермальную системы.

Гидротермальный метод

С помощью гидротермального метода разрабатываются термальные водные ресурсы природного происхождения (горячие водоносные горизонты, содержащие горячие воды). Эти водоносные горизонты могут быть использованы как для прямой (тепло), так и для непрямой (электричество) генерации энергии.

Петротермальный метод

С помощью петротермального метода энергия генерируется с использованием горячего горизонта плотной породы. Геотермальная энергия может использоваться с помощью так называемого метода сухой нагретой породы. Эксплуатация твердой породы происходит посредством бурения скважин глубиной в несколько тысяч метров и закачки воды в породу под высоким давлением, что

приводит к теплообмену. Затем созданный таким образом подземный «теплообменник» направляет энергию в виде водяного пара вверх через другую скважину, где она используется либо в паровых турбинах для генерации электричества, либо для прямого отбора тепла.

Низкопотенциальная энергия грунта

В случае использования скважин глубиной до 400 м речь идет о низкопотенциальной энергии грунта. В среднем на данной глубине температура повышается на 3 °C на каждые 100 м глубины. В отличие от температуры на глубине температура поверхности Земли значительно колеблется в зависимости от солнечной радиации, тепловыделений в атмосферу и других факторов.

В отличие от высокопотенциальной геотермальной энергии энергию грунта нельзя использовать напрямую. Для отопления и горячего водоснабжения уровень тем-

пературы необходимо повысить с помощью теплового насоса до требуемого значения.

Кроме глубины и вида породы важную роль в генерации энергии также играют грунтовые воды. На территории Центральной Европы грунтовые воды имеют практически постоянную температуру в течение всего года. Благодаря стабильному потоку тепловая энергия в постоянном режиме поставляется для нужд отопления или рассеивается для нужд охлаждения.

Даже в случае, когда от сезона к сезону происходят значительные колебания температуры, температура на глубине нескольких метров остается относительно неизменной, в пределах среднего значения в 10 °C. Таким образом, грунт является постоянным источником энергии, которую можно использовать на протяжении всего года, как в системах отопления, так и в системах охлаждения зданий.

ОСНОВЫ

Общие положения

При проектировании геотермальных систем первостепенное значение должно придаваться местным условиям окружающей среды. Определение свойств грунта: влагоемкости, теплопроводности, плотности, удельной теплоемкости, – а также оценка

различных процессов теплообмена являются необходимыми условиями для определения и установления термального потенциала почвы. Расчет источника термальной энергии в значительной степени влияет на энергетический КПД системы

теплового насоса. В случае эксплуатации теплового насоса, расчет которого был проведен не на должном уровне, высокоэффективные установки в значительной мере перерасходуют энергию.

Область с высоким потенциалом термальной энергии



Система теплового насоса

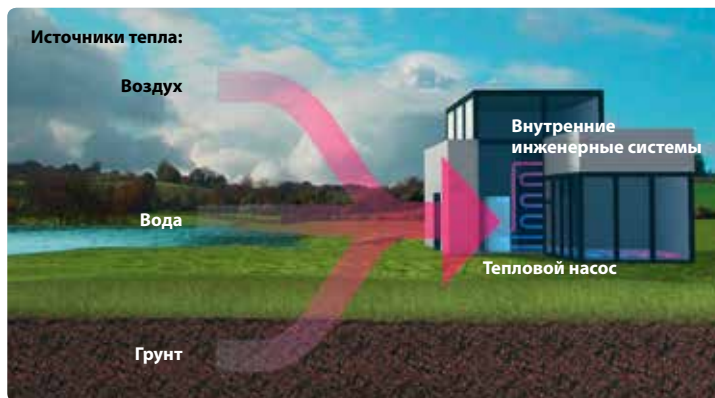
Система теплового насоса представляет собой энергетическую систему, в состав которой входят источник теплоты, тепловой насос и система потребления теплоты.

Источник теплоты

Источниками теплоты для теплового насоса, как правило, могут служить воздух, вода и грунт. Если грунт используется в качестве источника теплоты, то речь идет о геотермальных системах. На эффективность использования теплоты грунта ключевое влияние оказывают геология, гидрология и климатические условия, то есть способность грунта к регенерации.

Геология, гидрология и климатология

Как правило, почва на 35-45% имеет пористую структуру. Если поры наполнить водой вместо воздуха, возрастут теплопроводность, плотность, удельная и скрытая теплоемкость почвы. Это положительным образом способствует достижению максимально возможного уровня производительности грунтового коллектора. Влагосодержа-



Система теплового насоса

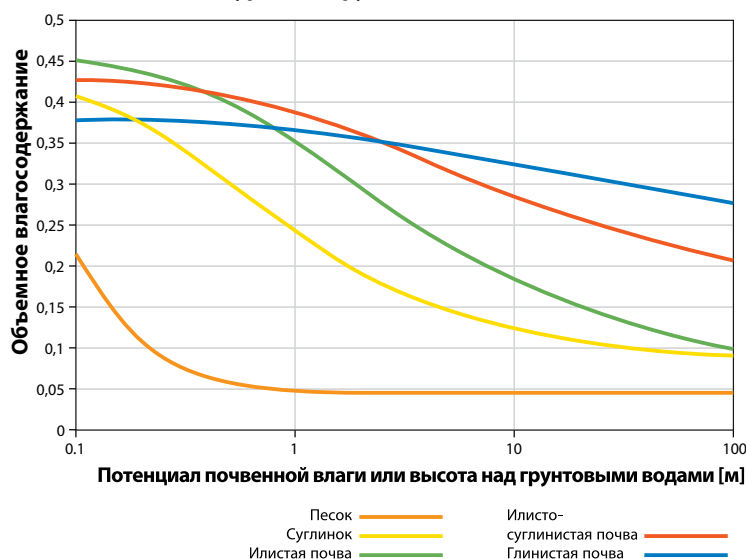
ние почвы зависит от климатических условий, культивации, уровня грунтовых вод, свойства капиллярного поднятия грунтовых вод и фильтрации дождевой воды.

Потенциал почвенной влаги Ψ_M (давление всасывания) описывает, насколько вода связана с почвенной основой. Чем меньше уровень влагосодержания, тем сильнее оставшаяся вода связана с почвенной основой.

Потенциалу почвенной влаги противодействует в основном гравитационный потенциал Ψ_G (динамическое давление) или геодезическая высота над уровнем грунтовых вод. В состоянии равновесия оба потенциала выравняются.

$$\Psi_{Ges} = \Psi_M + \Psi_G = 0 \quad [\% \text{ Об.}]$$

Постоянный уровень влагосодержания в зависимости от высоты над уровнем грунтовых вод



Кроме высоты над грунтовыми водами среднее количество дождевых вод, которое просачивается в почву в течение продолжительных периодов времени, оказывает значительное влияние на уровень ее влагосодержания. Кратковременные осадки, которые вызывают поверхностный сток, практически не оказывают какого-либо влияния.

Чем выше влагосодержание почвы, тем лучше в почву просачивается вода (водопроницаемость грунтовых вод). Относительно постоянные осадки в течение продолжительного периода времени способствуют росту уровня влагосодержания почвы до тех пор, пока вода не сможет просачиваться благодаря гравитационным силам.

Месячное количество воды, которая просачивается в грунт, равно разнице между выпавшими осадками и объемом эвапотранспирации (испарение плюс транспирация растениями). Во время отопительного периода характеристики почвы подвержены изменениям в октябре и ноябре. В течение

этих месяцев рост растений и средняя температура наружного воздуха снижаются, таким образом, также снижается скорость испарения.

Выпадение осадков не очень равномерно. Они впитываются верхними слоями почвы благодаря ее влагоемкости и водопроницаемости, которая зависит от влагосодержания, поэтому только длительные изменения в выпадении осадков влияют на влагосодержание. Таким образом, влагосодержание почвы определяется осадками, выпадающими в среднем за несколько недель.

Почвы представляют собой смесь песка, ила и глины. Они состоят из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной, – от которых зависит плотность, теплопроводность, а также удельная и скрытая теплоемкость.

Данные характеристики очень сложно определить в силу большого разброса. Лучший вариант – обратиться к соответствующим справочникам для различных климатических зон.

Информация

- Удельная теплопроводность λ [Вт/(К • м)] показывает способность породы передавать тепловую энергию посредством теплопроводности. Данная величина зависит от температуры.
- Удельная теплоемкость c_p [мДж/(м³ • К)] определяет количество энергии, необходимое для нагрева 1 м³ породы на 1 К. Чем выше ее значение – тем большее количество энергии порода может поглотить и впоследствии отдать.

Значения удельной теплопроводности и объемной удельной теплоемкости подпочвы при температуре 20 °C

	Тип породы		Удельная теплопроводность, Вт/(м·К) Среднее значение		Объемная удельная теплоемкость, мДж/(м³·К)	Плотность, 10² кг/м³
Рыхлая порода	Глина/ил, сухие		0,4-1,0	0,5	1,5-1,6	1,8-2,0
	Глина/ил, заболоченные		1,1-3,1	1,8	2,0-2,8	2,0-2,2
	Песок, сухой		0,3-0,9	0,4	1,3-1,6	1,8-2,2
	Песок, сырой		1,0-1,9	1,4	1,6-2,2	1,9-2,2
	Песок, заболоченный		2,0-3,0	2,4	2,2-2,8	1,8-2,3
	Гравий/известняк, сухие		0,4-0,9	0,4	1,3-1,6	1,8-2,2
	Гравий/известняк, заболоченные		1,6-2,5	1,8	2,2-2,6	1,9-2,3
	Ледниковые отложения		1,1-2,9	2,4	1,5-2,5	1,8-2,3
Осадочные породы	Торф, бурый уголь		0,2-0,7	0,4	0,5-3,8	0,5-1,1
	Аргиллит/алеваит		1,1-3,4	2,2	2,1-2,4	2,4-2,6
	Песчаник		1,9-4,6	2,8	1,8-2,6	2,2-2,7
	Псефит/брекчия		1,3-5,1	2,3	1,8-2,6	2,2-2,7
	Глинистый известняк		1,8-2,9	2,3	2,2-2,3	2,3-2,6
	Известняк		2,0-3,9	2,7	2,1-2,4	2,4-2,7
	Доломитовый кирпич		3,0-5,0	3,5	2,1-2,4	2,4-2,7
	Сульфатные породы (ангидрит)		1,5-7,7	4,1	2,0	2,8-3,0
	Сульфатные породы (гипс)		1,3-2,8	1,6	2,0	2,2-2,4
	Хлористые породы (каменная соль / солончаки)		3,6-6,1	5,4	1,2	2,1-2,2
Твердые породы магматического происхождения	Голубой уголь		0,3-0,6	0,4	1,3-1,8	1,3-1,6
	Вулканический туф		1,1	1,1		
	Вулканическая порода, от кислой до средней насыщенности	например, риолит, трахит	3,1-3,4	3,3	2,1	2,6
		например, трахибазальт, дацит	2,0-2,9	2,6	2,9	2,9-3,0
	Вулканическая порода, от щелочной до ультращелочной насыщенности	например, андезит, базальт	1,3-2,3	1,7	2,3-2,6	2,6-3,2
	Плутонит, от кислой до средней насыщенности	Гранит	2,1-4,1	3,2	2,1-3,0	2,4-3,0
		Сиенит	1,7-3,5	2,6	2,4	2,5-3,0
	Плутонит, от щелочной до ультращелочной насыщенности	Диорит	2,0-2,9	2,5	2,9	2,9-3,0
		Габбро	1,7-2,9	2,0	2,6	2,8-3,1
Метаморфические твердые породы	с низкой степенью метаморфизма	Сланец	1,5-2,6	2,1	2,2-2,5	2,4-2,7
		Кремниевый сланец	4,5-5,0	4,5	2,2	2,5-2,7
	со средней и высокой степенью метаморфизма	Мрамор	2,1-3,1	2,5	2,0	2,5-2,8
		Кварцит	5,0-6,0	5,5	2,1	2,5-2,7
		Слюдистый сланец	1,5-3,1	2,2	2,2-2,4	2,4-2,7
		Гнейс	1,9-4,0	2,9	1,8-2,4	2,4-2,7
		Амфиболит	2,1-3,6	2,9	2,0-2,3	2,6-2,9
Другие материалы	Бентонит		0,5-0,8	0,6	~3,9	
	Бетон		0,9-2,0	1,6	~1,8	~2,0
	Лед (-10 °C)		2,32		1,89	0,919
	Пластик (HD-PE)		0,42		1,8	0,96
	Воздух (от 0 до 20 °C)		0,02		0,0012	0,0012
	Сталь		60		3,12	7,8
	Вода (+10 °C)		0,56		4,15	0,999

Источник: VDI 4640.

Замечания:

Для рыхлых пород удельный вес изменяется в значительной степени в зависимости от уплотненности и влагосодержания. При использовании системы на почвах из песчаника, псефита и брекчии наблюдается широкий диапазон значений теплопроводности не только из-за состава, распределения материала и насыщенности водой, но также из-за типа связующего вещества.

Грунтовые воды, обладая высокой теплоемкостью в 4,190 Дж/кг·К при температуре 10 °С, играют важную роль в производительности геотермальных систем. Что касается проницаемости грунтовых вод, здесь относительно рыхлой

или твердой породы следует различать проницаемость пористой структуры и проницаемость через трещины. В случае рыхлой породы (пористый водоносный слой) решающее значение для проницаемости грунтовых вод

имеет размер частиц и характер их связей, а в случае твердой породы – количество и ширина трещин. В таблице ниже указаны справочные значения проницаемости рыхлой породы.

Водопроницаемость рыхлых пород

Порода	Коэффициент гидравлической проводимости k_f [м/с]	Оценка уровня водопроницаемости
Гравий без примеси	свыше 10^{-2}	высокая степень проницаемости
Гравийно-песчаная смесь, средне-/ крупно-зернистый песок	свыше 10^{-4} до 10^{-2}	высокая степень проницаемости
Мелкозернистый песок, илистый песок	свыше 10^{-6} до 10^{-4}	средняя степень проницаемости
Ил, суглинок	от 10^{-8} до 10^{-6}	низкая степень проницаемости
Глина, илистая глина	менее 10^{-8}	отсутствие проницаемости

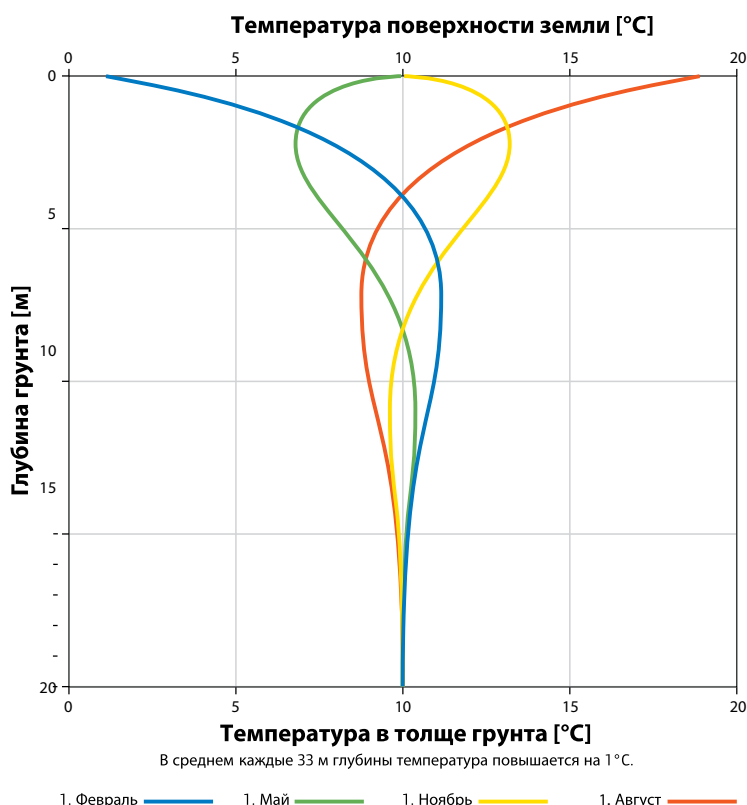
Источник: VDI 4640.

В среднем каждые 100 м глубины температура повышается на 3 °С. На рисунке ниже показано изменение темпера-

тур в течение года (для Центральной Европы) в верхней части грунта до глубины 15 м. В зимнее время температура

воздуха может опускаться ниже нулевой отметки, однако уже на глубине нескольких метров температура почвы уже достигает значения в среднем 10 °С.

В летнее время температура воздуха поднимается в среднем до отметки 20 °С, однако температура почвы на глубине нескольких метров имеет практически постоянную температуру в 10 °С. Это также относится к переходным периодам – весне и осени. Годовые изменения температуры в почве на небольшой глубине показывают, что грунт является постоянным источником энергии.

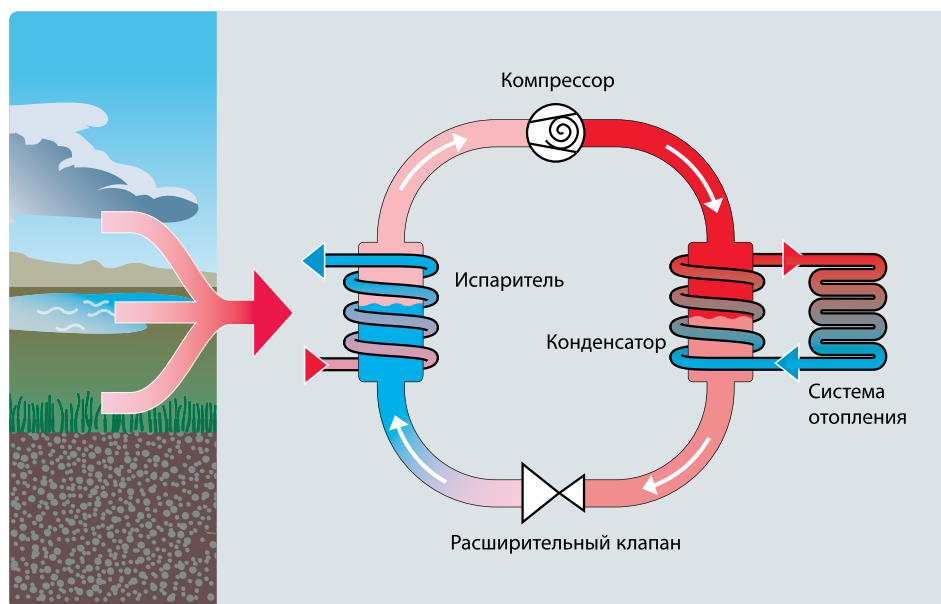


Тепловые насосы

Тепловые насосы – это парокомпрессионные установки, с помощью которых низкотемпературная энергия окружающей среды

может быть использована в системах отопления или охлаждения зданий. Энергия окружающей среды извлекается из окружаю-

щей атмосферы, грунтовых вод или грунта. С помощью электрической энергии уровень температуры доводится до требуемого.



Принцип работы теплового насоса

Обеспечение цикличной работы в тепловом насосе происходит с помощью четырех компонентов: испарителя, компрессора, конденсатора и расширительного клапана. Носителем термальной энергии является хладагент с очень низкой точкой кипения. В испарителе хладагент поглощает тепло из окружающей среды и поэтому переходит в газообразное состояние.

В компрессоре газообразный хладагент сжимается и доводится до более высокой температуры.

Для этого машине необходима электрическая энергия. В конденсаторе тепловая энергия передается в отопительный контур. В расширительном клапане хладагент расширяется для повторения цикла.

Тепловые насосы делятся на следующие категории:

- тепловые насосы типа «воздух – вода»;
- тепловые насосы типа «вода – вода»;
- тепловые насосы типа «соляной раствор – вода».

Тип теплового насоса зависит от того, какая среда поглощает

теплоту и какая среда распространяет теплоту в доме.

В случае если теплота поглощается в грунтовом коллекторе соляным раствором (водой / смесью антифриза) и если вода отдает тепло, например, с помощью системы напольного отопления, то данный тепловой насос относится к типу «соляной раствор – вода».

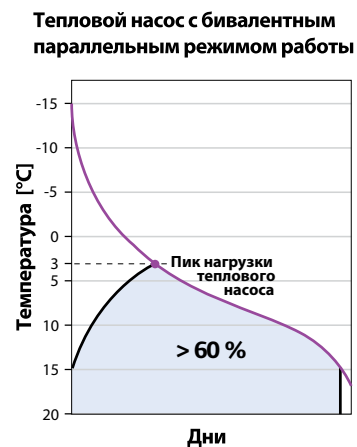
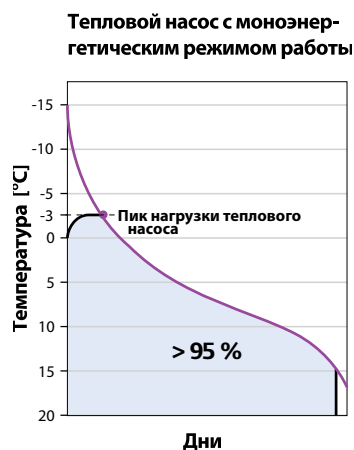
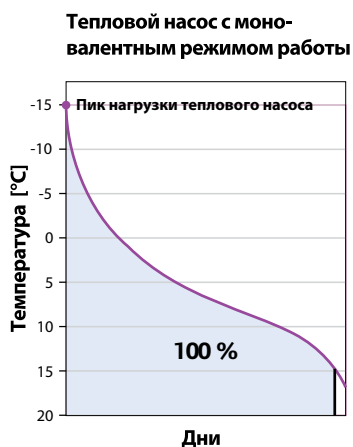
Различаются следующие режимы работы тепловых насосов:

- моновалентный (один источник энергии);
- бивалентный (два источника энергии);
- моноэнергетический (один энергоноситель).

Работа тепловых насосов типа «воздух – вода» зависит непосредственно от колебаний температуры окружающей среды. Таким образом, они обладают наименьшей энергоэффективностью в периоды наивысшей потребности в тепловой нагрузке

ке, т.е. в зимний период, когда окружающий воздух имеет наименьшую энергоемкость. Для обеспечения работы в таких крайних случаях работа теплового насоса типа «воздух – вода» при пиковых нагрузках может быть компенсирована моно-

энергетически – с помощью дополнительного электрического отопления (нагревательного элемента) или бивалентно – с помощью второго источника энергии (например, бойлера, работающего на твердом топливе).



Внутренние инженерные системы



Тепловой насос	тепловой насос типа «соляной раствор – вода»	тепловой насос типа «вода – вода»	тепловой насос типа «воздух – вода»
Источники тепла	Грунт	Вода	Воздух
Теплообмен	Горизонтальный коллектор, вертикальный коллектор, энергетические сваи, энергетические корзины	Грунтовые воды – поверхностные воды	Окружающий воздух

Для использования теплоты грунта применяются тепловые насосы типа «соляной раствор – вода». В данной системе в контуре источника теплоты циркулирует смесь антифриза с водой. Для оценки качества теплонасосной системы используется так называемый сезонный коэф-

фициент полезного действия (КПД) β . Он показывает отношение подаваемой тепловой энергии к использованной электрической энергии (номинальная мощность) в течение одного

года. Чем выше сезонный КПД, тем выше эффективность теплового насоса. Стандартным диапазоном является значение от 3 до 4,5.

$$\text{Сезонный коэффициент полезного действия } \beta = \frac{W_t (\text{получаемая тепловая энергия})}{W_t (\text{использованная электрическая энергия})}$$

Обеспечение эксплуатационной безопасности

Для определения количества энергии или мощности, которые можно извлечь или передать в почву с помощью теплообменника, должны быть определены критерии, с помощью которых можно измерять эффективность и при которых не должны превышать граничные значения.

Для того чтобы не повредить тепловой насос, необходимо придерживаться следующих критериев. Под эксплуатационной безопасностью понимается предотвращение повреждения системы, что подразумевает правильный подбор мощности теплового насоса для обеспечения безопасной работы в течение всего года. В отношении источника теплоты это означает, что температура

раствора никогда не падает ниже температуры застывания и минимальной температуры, установленной производителем теплового насоса. Соляной раствор охлаждается в испарителе для последующего нагрева источником теплоты. Таким образом, в контуре соляного раствора наблюдается самая низкая температура. Теплоносители, содержащие воду, при переходе в фазу застывания расширяются. Следовательно, в случае застывания соляного раствора существует опасность разрыва испарителя. Как правило, теплоносители, которые используются для источников тепла, представляют собой смесь воды и этиленгликоля (в основном моноэтиленгликоль). При соотношении смеси 3:1

гарантируется защита от замерзания при температуре примерно -14°C . Таким образом, необходимо не допускать падения температуры ниже данного уровня. Для этих целей большинство производителей интегрировали в систему устройства защиты, которые заранее отключают тепловой насос при такой угрозе. Эта функция может, например, осуществляться датчиком падения давления, который расположен на всасывающем трубопроводе компрессора. При падении давления ниже уровня, который соответствует температуре испарения при примерно -15°C , или в случае перегрева, что соответствует температуре газа на всасывании -10°C , датчик падения давления отключает тепловой насос. В зависимости

от характеристик теплопередачи испарителя и от скорости распространения температуры в контуре соляного раствора температура всасываемого газа, равная -10°C , соответствует примерно -5°C соляного раствора в обратной трубе. По представленным выше соображениям без-опасности и частично из-за мак-

симального давления компрессора данное значение температуры указывается большинством производителей тепловых насосов в качестве граничного. Следовательно, система теплового источника должна быть спланирована таким образом, чтобы даже во время пиковых нагрузок в зимний период температура соляно-

го раствора в обратной трубе теплового насоса не падала ниже уровня в -5°C .

В нижеследующей таблице показан пример расчета стоимости эксплуатации теплового насоса в сравнении с традиционной системой отопления.

Примерное сравнение стоимости эксплуатации в Германии

	Газ	Тепловой насос
Необходимая тепловая энергия [кВт·ч]	20 000	20 000
Эффективность / сезонный коэффициент полезного действия	85%	4
Полученное количество энергии [кВт·ч]	23 529	5000
Стоимость за кВт ч [евроцентов/кВт·ч]	6,68	13,61
Базовая цена [евро/год]	142,8	41,40
Эксплуатационные расходы [евро/год]	1714,56	721,90
Затраты на измерение отработавших газов [евро/год]	45,11	–
Общая стоимость [евро/год]	1759,65	721,90
Разница [евро/год]	–	1037,75
Затраты в процентах	100%	41%

Системы поверхностного отопления и охлаждения

Низкотемпературные системы отопления и охлаждения особенно подходят для работы с тепловыми насосами. Благодаря большой поверхности теплообмена требуемая рабочая температура лишь немного выше (при отоплении) или ниже (при охлаждении) температуры помещения, что позволяет значительно увеличить эффективность геотермальных тепловых насосов.

В состав низкотемпературных систем входят системы поверхностного отопления и охлаждения, в которых циркулирует вода:

- система напольного отопления и охлаждения;
- системы настенного отопления и охлаждения;
- системы потолочного отопления и охлаждения.

В системах поверхностного отопления или охлаждения энергия передается по большей части с помощью излучения, а не с помощью конвекции. Это позволяет избежать сквозняков и распространения пыли. В силу того что системы поверхностного отопления и охлаждения «невидимы», они не занимают ценного места и предлагают практически неограниченную свободу относительно дизайна и отделки помещений, а также оптимальное соотношение внутреннего и полезного пространства.

Системы напольного отопления и охлаждения

На рынке представлены индивидуальные решения не только для новых зданий, но также и для модернизации существующих полов. Для увеличения комфорта данные системы могут быть также использованы для внутреннего охлаждения. Если планирование было осуществлено ранее, то для функ-

ции охлаждения можно осуществить модернизацию позднее.

Системы напольного отопления и охлаждения могут устанавливаться по-разному. Наиболее распространенными типами для новых и реконструируемых зданий являются:

- системы для реконструкции (Minitec);
- системы «мокрого» типа;
- системы «сухого» типа.

Системы настенного отопления и охлаждения

В качестве альтернативы или дополнения к системам напольного отопления или охлаждения могут использоваться системы настенного отопления или охлаждения.

Различают:

- настенные системы «сухого» типа;
- настенные системы «мокрого» типа.

Настенные системы «сухого» типа используются при реконструкции зданий в случаях, если в конструкцию перекрытия запрещено вносить изменения. Кроме существующих стен в целях установки поверхностей для отопления или охлаждения могут использоваться дополнительные легковесные конструкции стен (каркасные стены). В зависимости от конструкции стены система устанавливается ниже уровня панельной обшивки либо непосредственно на слой штукатурки. Настенные системы «мокрого» типа используются в случае проведения частичной реконструкции либо в случае обновления штукатурного слоя.

Системы потолочного отопления и охлаждения

Организация отопления или охлаждения в виде систем потолочного отопления или охлаждения все чаще используется по соображениям комфорта и экономии в сравнении с системами кондиционирования воздуха.

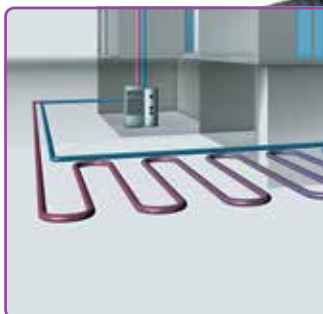
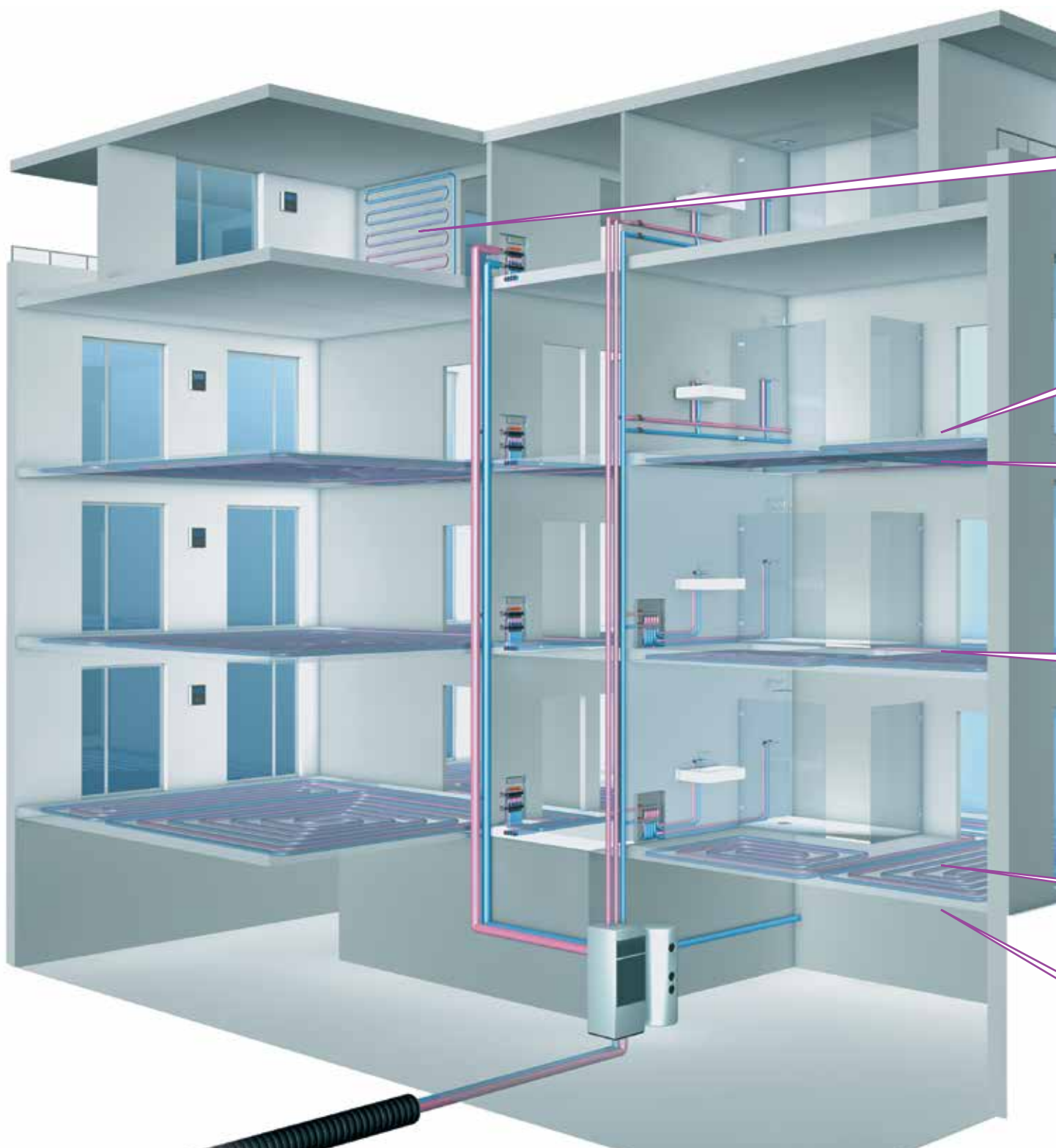
Различают следующие виды систем потолочного отопления и охлаждения:

- подвесные потолки или потолочные панели;
- термоактивные строительные конструкции.

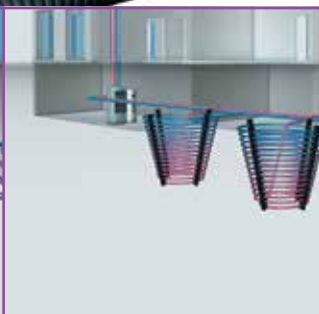
Подвесные потолки используются в новых и реконструируемых зданиях. Отопление и охлаждение с помощью потолочных панелей осуществляется путем встраивания труб, в которых циркулирует вода, непосредственно в данные панели.

Термоактивные строительные конструкции представляют собой бетонные перекрытия, в которые была интегрирована система отопления/охлаждения.

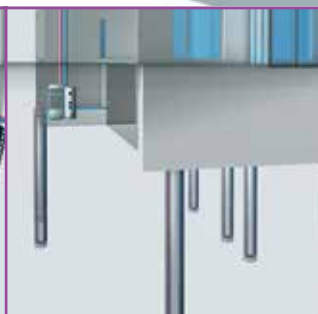
Данное перспективное решение позволяет с помощью коллекторов, в которых циркулирует вода, запасать энергию в перекрытиях. Термоактивные строительные конструкции применяются при строительстве высотных зданий. Использование железобетонной конструкции как аккумулятора теплоты для обеспечения комфорта в зданиях проста, безопасна для окружающей среды и экономична. Данную технологию следует использовать в зданиях с низкими или средними тепловыми нагрузками для компенсации нагрева летом. В зданиях со средними или высокими тепловыми нагрузками технология аккумулирования может использоваться для компенсации базовых нагрузок.



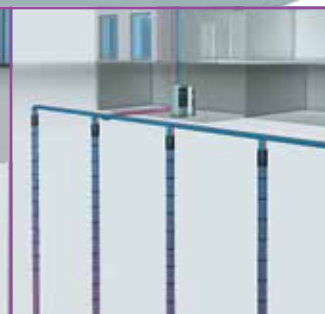
Горизонтальные грунтовые коллекторы Ufonor



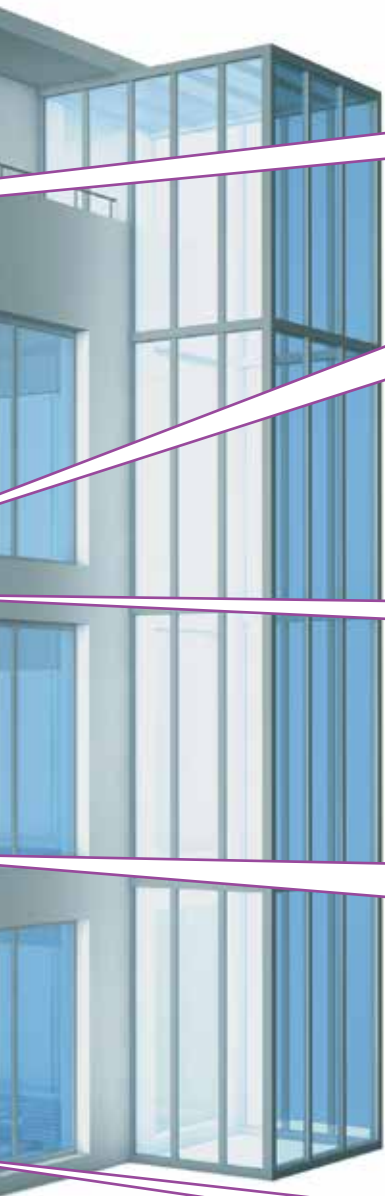
Энергетические корзины Ufonor



Энергетические сваи Ufonor



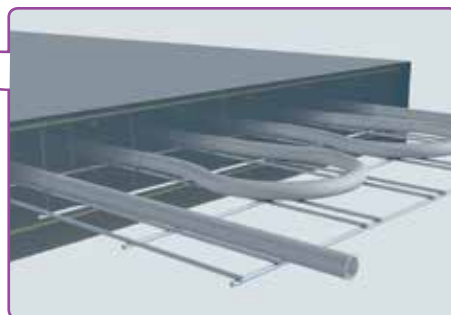
Вертикальные грунтовые коллекторы Ufonor



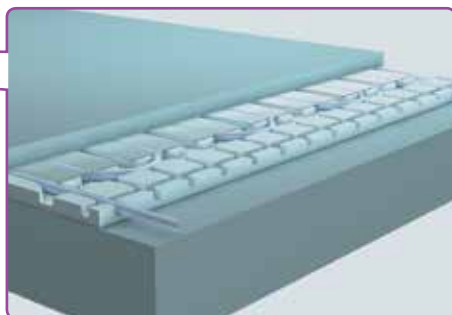
Система Uponor Classic



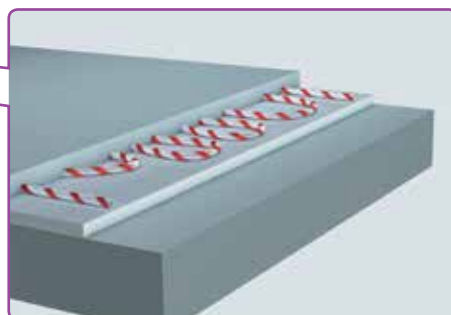
Система Uponor Plaster



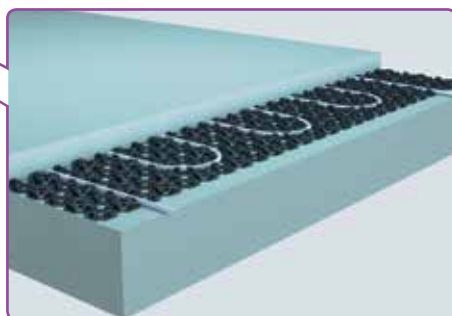
Система Uponor Contec (TABS)



Система Uponor Siccus



Система Uponor Klett



Система Uponor Minitec

Системы использования геотермальной энергии

Обзор системы

Грунтовые коллекторы (теплообменники) бывают горизонтального и вертикального типа.

Традиционные системы геотермальной энергии классифицируются следующим образом:

Горизонтального типа:

- горизонтальный коллектор или поверхностный коллектор;

- спиральные коллекторы и энергетические корзины.

Вертикального типа:

- буровые скважины;
- энергетические сваи.

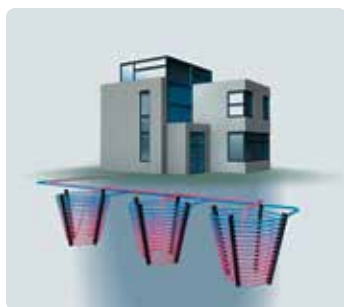
Выбор той или иной геотермальной системы зависит от окружающей среды (свойств почвы и климатических усло-

вий), эксплуатационных данных, режима эксплуатации, типа здания (коммерческого назначения или частного), доступного места и правовых норм.



Горизонтальные грунтовые коллекторы

К данному типу относятся теплообменники, которые устанавливаются по горизонтали или диагонали в верхнем слое грунта на глубине в среднем до 2 м (поверхностный коллектор). Данная система может представлять собой отдельные контуры труб или трубные регистры, которые, как правило, устанавливаются возле здания или под фундаментной плитой.



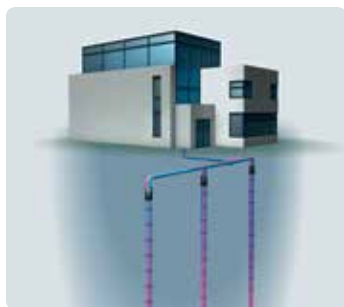
Энергетические корзины

Энергетические корзины – теплообменники, которые устанавливаются в грунте вертикально на глубине до 5 м и представляют собой отдельные контуры труб, закрученные по спирали. Энергетические корзины – это гибрид горизонтальных и вертикальных коллекторов.



Энергетические сваи

Данный вид представляет собой теплообменники, устанавливаемые в свайные фундаменты, применяемые в зонах с недостаточной несущей способностью. Отдельные трубы или группа труб устанавливаются в сваи в U-образной форме, в форме спирали или в виде меандра. Данная операция может быть проведена с помощью заранее изготовленных свай или непосредственно на строительной площадке, где контуры труб размещаются в подготовленных скважинах, которые впоследствии заливаются бетоном.



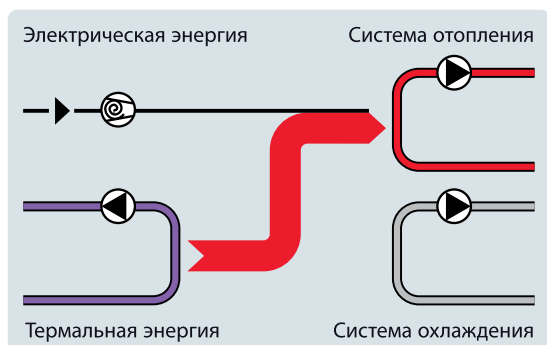
Вертикальные грунтовые коллекторы

Данный вид представляет собой теплообменники, которые устанавливаются в грунте вертикально или диагонально. В данном случае один (одинарный зонд) или два (двойной зонд) U-образных трубных контура либо концентрический зонд (труба в трубе) устанавливаются в скважину.

Режимы работы

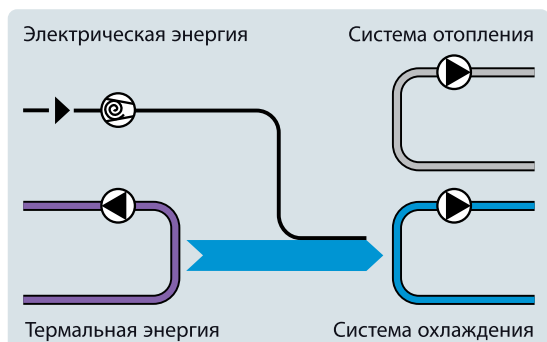
Режимы работы и соответствующие эксплуатационные расходы теплового насоса определяются в соответствии с требованиями систем отопления и охлаждения для соответствующего здания.

Режим отопления



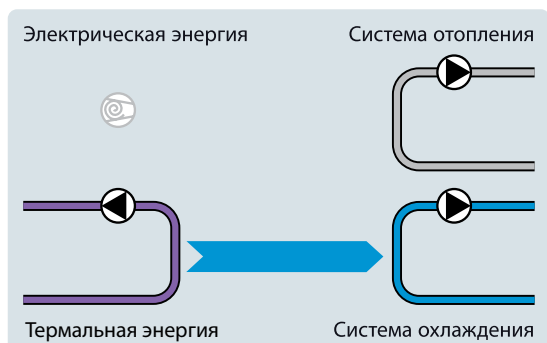
- В качестве источника тепла используется геотермальная энергия.
- Тепловой насос увеличивает температуру теплоносителя до уровня, который нужен для использования в здании.

Режим охлаждения (активный)



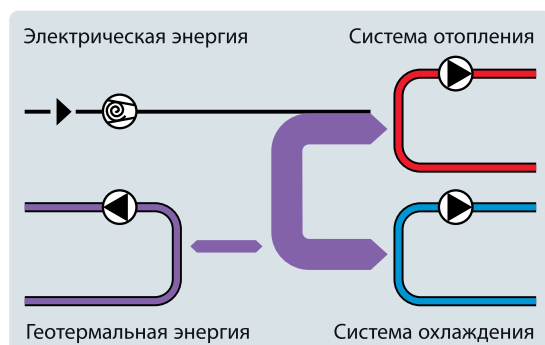
- Геотермальная энергия используется для охлаждения.
- Уровень температуры недостаточен для пассивного охлаждения.
- Компрессор активен.
- Возможна работа в парном режиме.

Режим охлаждения (пассивный)



- Геотермальная энергия используется в качестве теплоотвода (источник охлаждения).
- Уровень температуры термальной энергии достаточен для пассивного охлаждения – активен только циркуляционный насос.
- Работа в парном режиме невозможна.
- Очень низкие эксплуатационные расходы.

Отопление и охлаждение – совместный режим работы



- В зависимости от энергетического равновесия в здании геотермальная энергия используется в качестве источника тепла или в качестве источника холода.

Выбор типа геотермальной системы в зависимости от необходимой мощности и режима работы

Режим работы	Отопление		Охлаждение		Пассивное / Фри-кулинг	
	< 30 кВт	> 30 кВт	Активное < 30 кВт	> 30 кВт	< 30 кВт	> 30 кВт
Мощность системы						
Вертикальные коллекторы	●	●	●	●	●	●
Горизонтальные коллекторы	●	○	–	–	○	–
Энергетические корзины	●	●	–	–	●	–
Энергетические сваи	●	●	–	–	●	○
● пригодна к применению ○ ограниченное использование, зависит от общих условий						

Пассивное охлаждение

Геотермальные системы – единственные системы, которые позволяют производить так называемое пассивное, или естественное, охлаждение. Для данного режима работы вертикальные коллекторы являются наиболее эффективным решением.

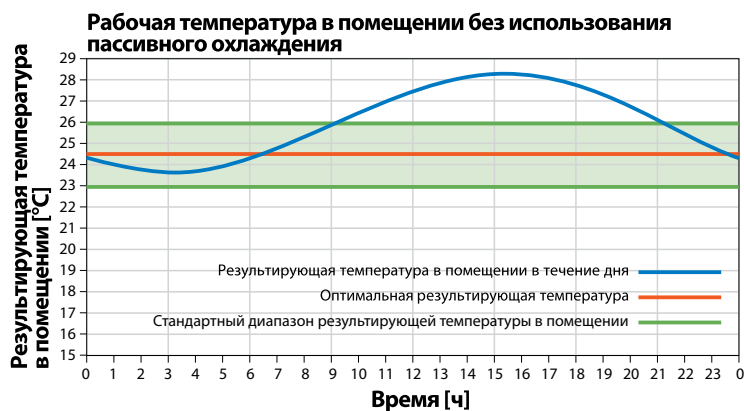
Необходимым условием для естественного охлаждения является использование системы поверхностного отопления или охлаждения.

Естественное охлаждение имеет ряд преимуществ для пользователя и окружающей среды:

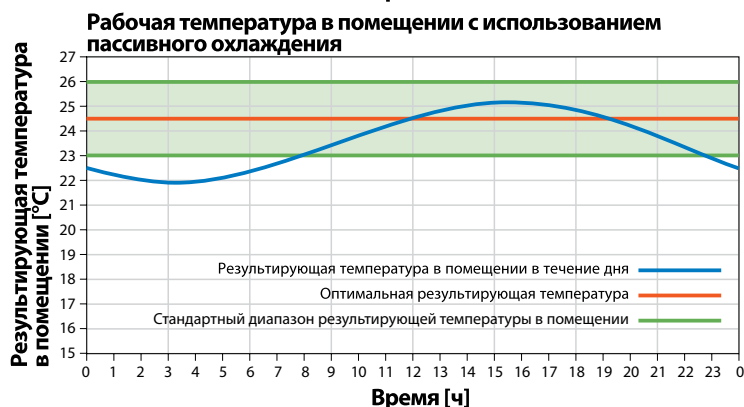
- рост степени жилищного комфорта благодаря приятному микроклимату в помещении;
 - увеличение сезонного КПД всей системы за счет регенерации почвы;
 - минимальные дополнительные инвестиционные затраты, низкие эксплуатационные расходы;
 - экономия энергоресурсов;
 - экологическая безопасность.
- Благодаря улучшенной изоля-

ции новых зданий изменяется соотношение отопления и охлаждения. Если в прошлом акцент делался на отопление, то теперь охлаждению уделяется больше внимания в силу возросшего спроса на комфорт. В теплые периоды года современные здания подвержены перегреву. Для эффективного противодействия этому принимаются меры по затенению таких зданий. Для достижения рабочей температуры в помещении (комфортной температуры) в 26 °C с помощью системы поверхностного охлаждения в здание поставляется энергия охлаждения, саккумулированная из почвы. При передаче излишка тепловой энергии от здания в почву почва активно регенерируется, т.е. снова нагревается. В частных домах зимой из почвы извлекается большее количество тепловой энергии, чем передается в нее в летний. Данный факт можно не считать проблемой, так как в переход-

ный период между отоплением и охлаждением имеется достаточное количество времени для естественной регенерации. Активная регенерация происходит как дополнительный процесс. При использовании пассивного охлаждения предусмотрены лишь минимальные дополнительные инвестиционные затраты. Контроль точки росы и переключение с режима отопления в режим охлаждения может производиться современной регулирующей системой для поверхностного отопления и охлаждения, как, например, с помощью технологии динамического управления энергией (DEM). Дополнительные затраты могут возникнуть за счет обслуживания и установки датчиков точки росы. В случае использования пассивного охлаждения в системе функционируют только циркуляционный насос для контура с соляным раствором и цирку-



Результатирующая температура в помещении без использования пассивного охлаждения
 На рисунке слева изображено изменение температуры внутри помещения, оборудованного внешним затенением, в обычный летний день в июле. Очевиден факт перегрева в помещении.



Результатирующая температура в помещении с использованием пассивного охлаждения
 Использование функции пассивного охлаждения приводит к заметному улучшению результирующей температуры в помещении.

ляционный насос системы охлаждения. Компрессор теплового насоса не работает. Таким образом, эксплуатационные расходы сводятся к

количеству энергии, которое используется циркуляционными насосами.

Пример расчета потенциальных годовых затрат на пассивное охлаждение

	Циркуляционный насос контура с соляным раствором	Циркуляционный насос системы охлаждения
Электрическая мощность	5–70 Вт	16–310 Вт
Электрическая мощность при расчетном расходе	60 Вт	55 Вт
Время эксплуатации	800 часов	800 часов
Общая годовая потребность в энергии	48 кВт·ч	44 кВт·ч
Тариф на электроэнергию за кВт·ч	0,20 евро/кВт·ч	0,20 евро/кВт·ч
Годовые затраты на энергоносители	9,60 евро	8,80 евро
Годовые затраты на энергоносители	18,40 евро	

Пример расчета потенциальных годовых затрат на активное охлаждение

	Компрессор	Циркуляционный насос системы охлаждения
Электрическая мощность	2300 Вт	16–310 Вт
Электрическая мощность при расчетном расходе	–	55 Вт
Время эксплуатации	800 часов	800 часов
Общая годовая потребность в энергии	1840 кВт·ч	44 кВт·ч
Тариф на электроэнергию за кВт·ч	0,20 евро/кВт·ч	0,20 евро/кВт·ч
Годовые затраты на энергоносители	368,00 евро	8,80 евро
Годовые затраты на энергоносители	376,80 евро	

Горизонтальные грунтовые коллекторы

Описание применения

Горизонтальные грунтовые коллекторы являются наиболее распространенным вариантом геотермальных теплообменников. Они состоят из труб, уложенных параллельно поверхности земли.

Преимущества:

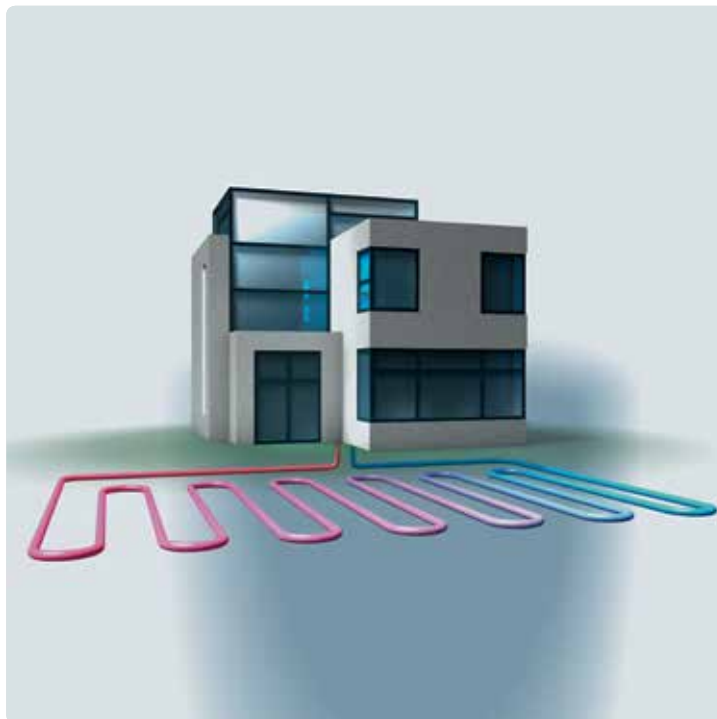
- сравнительно низкие инвестиционные затраты;
- высокий сезонный коэффициент полезного действия;
- простой монтаж;
- идеальное решение для одно- или многосемейных домов, а также для зданий, используемых в малом бизнесе и зданий промышленного назначения;
- низкая глубина монтажа без нарушения водного баланса.

В зависимости от условий отдельные циркуляционные контуры укладываются на расстоянии от 0,5 до 0,8 м (при диаметре труб 40 мм – от 1,2 до 1,5 м), примерно как в системе напольного отопления. Подающие и возвратные трубы отдельных циркуляционных контуров сходятся в распределительные колодцы или коллекторы и подводятся к тепловому насосу.

Важным преимуществом коллекторов горизонтального типа являются относительно низкие инвестиционные затраты при

Примечание

Совместное использование горизонтальных коллекторов с охлаждающей станцией Uronor EPG6 является идеальным решением для естественного охлаждения.



Схематичное изображение системы горизонтального коллектора

относительно высоком сезонном КПД. Из всех систем тепловой энергии коллекторы горизонтального типа являются вариантом решения, требующим самых небольших капиталовложений. Для монтажа системы необходимо запланировать относительно большую открытую площадку.

Альтернативой коллекторам горизонтального типа является активация фундаментных плит с целью отопления и/или пассивного охлаждения. В данном случае кроме фактической площади, занимаемой самим зданием, не требуется дополнительного места под монтаж. Так как конструкция большинства зданий предполагает наличие фундаментных плит, ленточного фундамента или фундамента глубокого заложения либо сочетания таковых, использование тепловой энергии с помощью фундаментов является достаточ-

но перспективным вариантом применения геотермальной энергии.

Под фундаментной плитой или плитой перекрытия, т.е. между почвой и перекрытием, как правило, устраивается так называемый выравнивающий слой, состоящий из бетона или мелкого гравия.

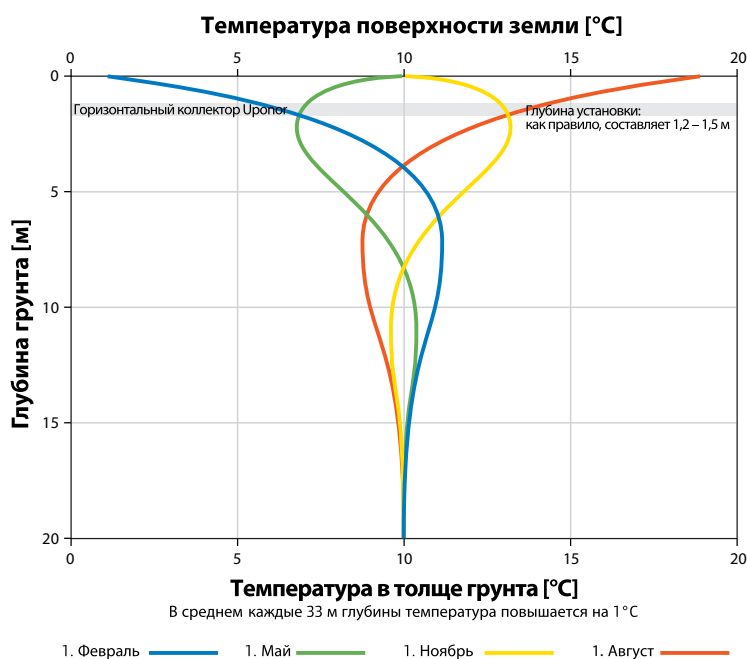
Для использования тепловой энергии можно встроить трубы коллектора именно в данный слой. Уровни мощности, которые могут быть достигнуты при эксплуатации фундаментных плит, ограничены, и они, безусловно, ниже, чем при использовании коллекторов горизонтального типа, расположенных рядом со зданием, причем кроме состояния грунта важное значение имеют уровень грунтовых вод и их движение. При любых условиях необходимо избегать падения температуры в системе ниже температуры замерзания!

До 99% тепловой энергии, полученной из почвы с помощью грунтовых коллекторов горизонтального типа, – это накопленная в почве солнечная энергия, а не энергия ядра Земли. Поэтому решающим фактором эффективной работы системы является тепловой контакт с поверхностью земли. В зимний период количество чистой солнечной энергии, попадающее в почву, является минимальным, а извлечение теплоты грунтовыми коллекторами с помощью тепловых насосов – максимальным. Извлеченная энергия является солнечной энергией накапливаемой в почве в течение летнего периода. Основу энергоемкости составляет фазовый переход воды, которая присутствует в почве. Для того чтобы горизонтальный коллектор использовал данную энергию, необходимо, чтобы его верхняя часть, которой можно придать любую форму, была расположена ниже уровня промерзания грунта.

Физические свойства характерных типов почвы

	Ед. изм.	Песчаная	Глинистая	Суглинистая	Песчано-глинистая
Влагосодержание	% об.	9,3	28,2	38,1	36,4
Теплопроводность	Вт/м·К	1,22	1,54	1,49	1,76
Удельная теплоемкость	Дж/кг·К	805	1229	1345	1324
Плотность	кг/м³	1512	1816	1821	1820

Источник: VDI 4640.



Прокладка отдельных циркуляционных контуров



Фиксация циркуляционных контуров на арматурной сетке

Ограничения

Эффективность грунтового коллектора горизонтального типа зависит в основном от влагосодержания почвы. В песчаной почве с ее низким капиллярным действием дождевая вода быстро просачивается в более глубокие слои. Глинистая почва, обладающая высоким капиллярным эффектом, в противодействии гравитационным силам, может удерживать воду намного лучше. Эти различия приводят к тому, что объемное влагосодержание песчаной почвы, как правило, составляет менее 10%, а у глинистой почвы может превышать значение в 35%. Таким образом, глинистая почва способна удерживать втрое больший объем воды. Эта вода служит хранилищем для горизонтального коллектора. К тому же вода, содержащаяся в почве, увеличивает ее теплопроводность. По этой причине теплота, аккумулируемая более глубокими пластами почвы, и солнечная энергия с земной поверхности поступают в коллекторы намного быстрее. В таблице на предыдущей странице приведены различия между песчаной, глинистой, суглинистой и песчано-глинистой почвой, что в полной мере отражает разнообразие почв, существующих в природе.

Песок, таким образом, – рыхлая почва, состоящая из отдельных зерен (< 5 мм). В данном типе почвы капиллярный эффект очень низок, а проницаемость грунтовых вод высока. Благодаря этому дождевая вода быстро проникает в более глубокие пласты, что обуславливает низкое объемное влагосодержание, не превышающее 10%.

Глинистая почва состоит в основном из смеси песка и суглинка. Суглинистая почва имеет зернистость средней величины (между 2 и 50 мм). Как правило, объемное влагосодержание этих связных почв достигает от 20 до 40% и, таким образом, в сравнении с песчаными почвами они лучше подходят для использования коллекторов горизонтального типа. Песчано-глинистые почвы, большая часть которых состоит из очень мелкого зерна (< 2 мм), обладают еще большим капиллярным эффектом, что увеличивает объемное влагосодержание до уровня выше 30%.

Физические свойства почв варьируются от места к месту, на это, среди прочего, влияет различный объем выпадающих осадков. В нижеследующей таблице представлены средние значения физических свойств различных типов почв.

На территории Европы климати-

ческие различия настолько велики, что нет смысла в установке грунтового коллектора горизонтального типа по одинаковым правилам. В более теплых районах возможно достижение более высокой поверхностной удельной мощности отведения без нанесения ущерба системе или окружающей среде.

Строительство и окружающая среда

В режиме отопления коллекторы горизонтального типа извлекают теплоту из почвы так, что она охлаждается до температуры ниже обычного уровня. При расчете систем не следует допускать пагубного воздействия на почву и окружающую среду или их повреждения. В целом существует вероятность, что флора над коллектором горизонтального типа будет развиваться весной с небольшим запозданием. Так как коллектор горизонтального типа располагается, как правило, на глубине более одного метра и на эту глубину проникает лишь незначительное количество корней грунтовых культур, данный эффект является незначительным. В принципе, в зоне расположения горизонтального коллектора можно сажать любые виды растений, даже деревья. Корни растений не могут повредить трубы геотермальной системы, которые

Референтные значения для расчета размеров коллекторов горизонтального типа

Подпочва	Удельная мощность отведения qE при 1800 ч/г [Вт/м²]	Удельная мощность отведения qE при 2400 ч/г [Вт/м²]	Расстояние между прокладываемыми трубами [м]	Глубина установки [м]	Расстояние до подводящих труб [м]
Сухой, несвязный грунт	10	8	1	1,2-2	> 0,7
Связный, илистый грунт	10-30	16-24	0,8	1,2-2	> 0,7
Насыщенный водой песок/гравий	40	32	0,5	1,2-2	> 0,7

В течение более продолжительных периодов работы следует учитывать как удельную мощность отведения q, так и удельный годовой коэффициент отведения. Для коллекторов термальной энергии данное значение должно находиться в пределах 50 и 70 кВт·ч/(м²·год). Справочное значение для подготовки коллектора термальной энергии в соответствии с VDI 4640: используется только для режима отопления и подогрева воды! Однако в силу двустороннего действия грунта на окружающую среду ей может быть нанесен вред в том случае, если образование льда происходит слишком интенсивно.

Установка горизонтального геотермального коллектора должна производиться ниже глубины промерзания грунта. Расчет необходимого размера коллектора производится для каждого проекта индивидуально, с учетом гидрогеологических и климатических характеристик местности.



Монтаж горизонтального грунтового коллектора в толщу фундамента Петли горизонтального грунтового коллектора из труб РЕ-Ха

пролегают на обычной глубине, а воздействие труб на растения является минимальным. Ущерб может быть нанесен скорее не охлаждением, а образованием льда в зимний период времени. Если температура поверхности труб падает ниже 0°C , то вода, находящаяся в окружающем грунте, начинает замерзать. Незначительный уровень образования льда не является проблемой, так как в зимний период почва обычно промерзает на некоторую глубину в зависимости от региона и оттаивает с приходом весны. Тем не менее при совместном воздействии этих двух факторов со слишком интенсивным образованием льда почве или окружающей среде может быть нанесен вред.

Расширение воды во время заморозания

Вода, которая присутствует в порах грунта, при заморозании увеличивается в объеме. В случае если относительно небольшое количество пор заполнено водой, то образование льда протекает без заметных последствий, так как лед в таком случае может расширяться за счет смежных пор, которые заполнены воздухом. Однако, если уровень влагосодержания грунта высок, это ведет к перенапряжению и к различным последствиям. Вначале замерзает и расширяет-

ся вода, которая находится в непосредственной близости к коллектору. Из-за расширения грунта коллекторная труба выталкивается наружу. Даже после таяния льда в весенний период суглинистый грунт особенно предрасположен к сохранению образовавшейся структуры. Таким образом, прекращается термический контакт между трубой коллектора и грунтом. Образовавшееся пространство между трубой и грунтом может быть снова заполнено только после увеличения количества дождевых осадков.

Ущерб от воды весной

Когда радиусы обмерзания вокруг труб коллектора срастаются, прекращается перенос влаги в вертикальной плоскости. После этого весенняя талая вода и растущее количество дождевых осадков не могут просочиться в грунт. На поверхности земли образуется грязь. Слои льда под пластом переувлажненного грунта, в особенности на крутых склонах, могут привести к сходу оползней. Однако коллектор горизонтального типа может беспрепятственно быть установлен при уклоне грунта до 15%. В данном случае установка осуществляется параллельно поверхности земли. Следует рассчитать, чтобы лед вокруг коллекторов растаял вес-

ной вовремя для обеспечения проникновения воды в пустоты, так как годовое колебание температуры и период начала вегетации весной отличаются от региона к региону, нет смысла ориентироваться на определенную дату. Вместо этого подходящим можно считать момент, когда средняя температура воздуха в течение двух – четырех дней продержится на уровне 12°C . Данный момент наступает в промежутке между серединой апреля и серединой мая. До этого времени лед должен быть растоплен до такой степени, чтобы обледеневшие трубы не контактировали друг с другом.

После этого просачивание воды ускорит дальнейший процесс таяния. Последствия от повреждений водой особенно сильны в случае интенсивно насыщенных влагой песчаных почв, которые находятся вблизи уровня грунтовых вод, так как обычно на этих почвах вода просачивается легко, а образовавшийся пласт льда препятствует процессу естественного дренажа.

В условиях глинистых почв вода также просачивается медленно при их заморозании, поэтому закрытый пласт льда оказывает минимальное воздействие на процесс естественного дренажа. При расчете коллектора горизонтального типа в соответствии с предписанием VDI 4640 воздействия на окружающую среду не будет.

Планирование размеров грунтовых коллекторов горизонтального типа

Кроме свойств почвы и климатических условий планирование размеров коллекторов горизонтального типа зависит от годового количества времени эксплуатации теплового насоса.

Как правило, за основу берется максимальное количество рабочих часов, равное 1800.

Необходимая площадь для коллектора горизонтального типа базируется на удельной мощности отведения q_E почвы и мощности охлаждения Q_O теплового насоса типа «соляной раствор – вода».

$$A_{\min} = \frac{Q_O}{q_E} \quad [m^2]$$

Мощность охлаждения соответствует части мощности теплового насоса, полученной из окружающей среды, и составляет разницу между тепловой мощностью Q_H и потреблением электроэнергии P_{el} .

$$Q_O = Q_H - P_{el} \quad [Вт]$$

Необходимая длина трубы коллектора L_K рассчитывается исходя из требуемой площади коллектора A_{\min} и расстояния между трубами коллектора.

$$L_K = \frac{A_{\min}}{s} \quad [м]$$

При уменьшении расстояния между трубами с сохранением мощности отведения, существует риск образования грязи в весенний период. В данном случае ледяные цилиндры вокруг труб не растают вовремя, следовательно, дождевые осадки не смогут просочиться в почву. При увеличении расстояния между трубами температура солевого раствора уменьша-

ется для отведения аналогичного количества тепла. В случае пиковых нагрузок температура соляного раствора в обратной трубе опустится ниже уровня в $-5^\circ C$, что может привести к отключению теплового насоса. Таким образом, отклонение в расстоянии между трубами более чем на 5 см всегда требует уменьшения поверхностной удельной мощности отведения.

Пример расчета:

- тепловой насос (данные предоставлены производителем)
- тепловая мощность $Q_H = 8,9$ кВт
- потребление электроэнергии $P_{el} = 1,98$ кВт
- мощность охлаждения $Q_O = 6,92$ кВт;
- горизонтальный грунтовой коллектор (данные в соответствии с VDI 4640)
- годовой период использования 1800 ч
- мощность отведения $q_E = 25$ Вт/м²
- расстояние между прокладываемыми трубами $s = 0,8$ м
- площадь коллектора $A_{\min} = 277$ м²
- $L_K = 346$ м;
- расчет коллектора горизонтального типа
- 4 отопительных контура 100 м
- фактическое расстояние укладки между трубами = 0,69 м.

При планировании размеров труб коллектора необходимо обеспечить низкие потери давления (важно): повышенный уровень вязкости в сравнении с водой увеличивает мощность циркуляционного насоса и снижает сезонный коэффициент полезного действия β теплового насоса. В случае планирования

размеров моновалентного теплового насоса типа «соляной раствор – вода» площадь источников тепла должна соответствовать тепловой нагрузке здания QG, а не мощности теплового насоса. Общая тепловая мощность QWP включает в себя требуемую тепловую нагрузку здания QG и нагрузку на ГВС Qww с учетом времени блокировки Z.

Если при выборе теплового насоса используется модель

$$Q_{WP} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z \quad [Вт]$$

с меньшим уровнем тепловой мощности или меньшей площадью коллектора, то увеличивается время эксплуатации теплового насоса. Это означает, что коллектор подвергается большей нагрузке или работает с более высоким годовым показателем отведения. Для компенсации роста времени эксплуатации площадь коллектора должна быть увеличена, что приводит к росту энергопотребления.

Тщательное планирование и задание размеров коллекторов горизонтального типа являются обязательными процедурами. Следует избегать занижения размеров, это приведет к снижению рабочих температур соляного раствора и, следовательно, к низким сезонным КПД.

Занижение размеров может привести к снижению температуры теплового источника; в крайних случаях тепловой насос может достичь эксплуатационного предела.

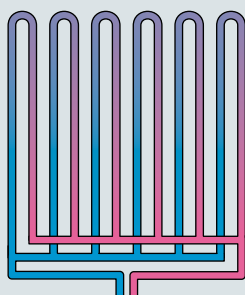
Монтаж

Земляные работы значительно влияют на стоимость горизонтальных грунтовых коллекторов. В принципе, существует возможность снять грунт на всей площади установки или уложить циркуляционный контур в траншее либо использовать неразрушающие методы. При использовании выемки грунта открытым способом траншея выкапывается с помощью относительно небольшого экскаватора с шириной ковша, которая соответствует расстоянию между трубами. После этого в подготовленную траншею укладывается циркуляционный контур. При выкапывании второй траншеи для следующего циркуляционного контура вынутый грунт может использоваться для засыпки первой траншеи. При засыпке следует обеспечить максимальную утрамбовку грунта, так как в неуплотненном грунте снижается капиллярный эффект,

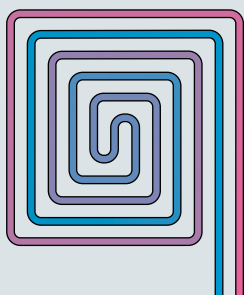
что приводит к низкому уровню влагосодержания и, соответственно, к плохим термальным свойствам грунта. Однако практичной будет укладка труб в траншее только с расстоянием > 40 см. При меньшем расстоянии между трубами нет иной альтернативы, как вынимать грунт на всей площади установки. Основным минусом в данном случае является то, что грунта придется вынимать в два раза больше, так как не будет земляных перегородок между траншеями. К тому же требуется дополнительное свободное место для хранения вынутого грунта. Транспортировка вынутого грунта к свободному месту и обратно к месту установки коллектора – это дополнительные этапы работы, которых можно избежать при укладке труб в траншее. Неразрушающий метод укладки является наиболее эффективным вариантом, однако данная работа требует привлечения соответствующего оборудования.

Все циркуляционные контуры коллекторов горизонтального типа, которые укладываются в грунт, должны иметь одинаковую длину и могут быть подключены к тепловому насосу посредством подающего и обратного трубопровода в соответствии с принципом Тихельмана.

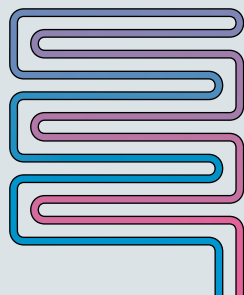
При укладке труб по принципу Тихельмана необходимая длина трубы делится на количество циркуляционных контуров, подключенных параллельно для получения соответствующей мощности отведения. Таким образом, длину и диаметр труб стоит рассчитывать исходя из расхода и потерь давления в одной петле. Отдельные контуры коллектора могут быть спроектированы как петли труб (на рисунке приводится изображение установки по принципу Тихельмана), спирали или двойные меандры.



Укладка по принципу Тихельмана с отопительными контурами в виде петель труб



Укладка контура системы в виде спирали



Укладка контура системы в виде двойного меандра

Возможные варианты установки

В соответствии с предписанием VDI 4640 из-за потери давления длина циркуляционных контуров не должна превышать максимального значения в 100 м, а подключенные к ним собирающая и раздающая линии не должны превышать длину в 30 м до теплового насоса. Если нет возможности укладки циркуляционных контуров одинаковой длины, необходимо использовать балансировочные клапаны с целью поддержания одинакового уровня потери давления в каждой петле.

Эксплуатационная безопасность

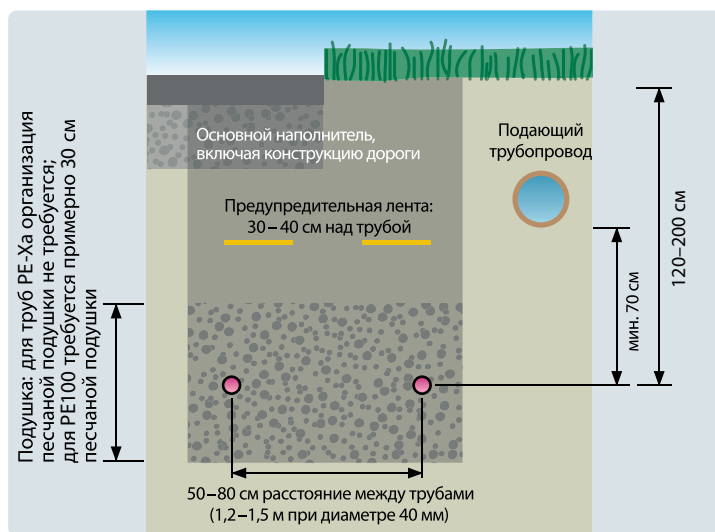
Циркуляционные контуры должны укладываться с минимальным уклоном от коллектора, чтобы была возможность воздухоудаления из системы. Все коллекторы и фитинги должны устанавливаться снаружи зданий в дождезащитных камерах. Кроме того, циркуляционные контуры должны быть оборудованы шаровыми кранами на коллекторах для возможности их отключения. При применении грунтовых коллекторов из полиэтиленовых труб PE100 (HDPE) можно использовать колодцы Upronor со встроенными коллекторами. Трубы циркуляционных контуров должны подключаться к коллекторам без чрезмерных нагрузок. Следует избегать изоляции поверхности грунтового коллектора. При установке коллектора термальной энергии под фундаментной плитой окружающий грунт следует рассматривать в качестве накопителя энергии. Долгосрочный период эксплуатации может быть обеспечен лишь в том слу-

чае, если в течение года используются одинаковые уровни отвода и поступления теплоты (функции отопления и охлаждения), так как регенерация почвы с помощью поверхностно подводимой энергии исключена. Соединения труб, доступ к которым ограничен, должны быть неразъемными, например с применением фитингов Upronor Quick & Easy (для труб PE-Xa), электросварных фитингов (для труб PE-Xa и PE100) или сварки (для труб PE100). В соответствии с требованиями DIN 4140-2 во избежание конденсации воды все подводящие трубы, проходящие в стенах, а также все трубы внутри здания, в которых циркулирует соляной раствор, должны быть изолированы (изоляционный материал должен быть устойчивым к диффузии водяного пара). Минимальная глубина укладки коллекторов горизонтального типа должна быть ниже глубины промерзания, а максимальная – 2,0 м. Это позволит обеспечить опти-

мальный уровень регенерации почвы без риска достижения точки замерзания. Теплоносная система заполняется соляным раствором во избежание замерзания коллектора и испарителя. Как правило, соляной раствор представляет собой смесь воды и этиленгликоля. Теплоносители для грунтовых коллекторов должны всегда выбираться таким образом, чтобы в случае утечки можно было избежать загрязнения грунтовых вод или почвы либо такое загрязнение было минимальным. В соответствии с требованиями предписания VDI 4640 в качестве теплоносителя следует выбирать нетоксичные или биологически разлагаемые

Обратите внимание

Перед заполнением горизонтального грунтового коллектора антифриз и вода должны смешиваться в достаточно большой емкости!



Основание под коллектор горизонтального типа в соответствии с требованиями VDI 4640

органические вещества. Следует позаботиться о том, чтобы была возможность заполнения и спуска системы. Во избежание переполнения теплонасосная система должна быть оборудована предохранительным клапаном. Смесь соляного раствора должна готовиться до ее заливки в теплонасосную систему, чтобы обеспечить надлежащее смешивание и предотвратить замерзание в отдельных местах. Содержание этиленгликоля в смеси обычно составляет 25–30%. Таким образом, потеря давления в трубах коллектора в 1,5–1,7 раз выше, чем в случае заполнения обычной водой. Данную информацию следует учитывать при подборе циркуляционного насоса. Испытание давлением должно проводиться в соответствии с требованиями EN 805. В зависимости от типа исполь-

зуемой трубы (полиэтилен высокой плотности PE100 или сшитый полиэтилен PE-Xa) циркуляционные контуры должны укладываться на песчаную подушку. Только при использовании труб Uponor PE-Xa отпадает необходимость в организации такого песчаного основания, в силу того что они обладают устойчивостью к медленному или быстрому росту трещин. При установке горизонтальных грунтовых коллекторов расстояние между трубами должно выбираться с таким расчетом, чтобы предотвратить срастание образующихся вокруг труб ледя-

ных цилиндров. Диапазон данных расстояний находится в пределах от 0,5 до 0,8 м (1,2–1,5 м для диаметра в 40 мм). Расстояние установки между коллекторами горизонтального типа и другими линиями коммуникации (газ, вода, отопление, электричество и т.д.), зданиями, площадью циркуляции, прилегающими участками и плавательными бассейнами должно быть по крайней мере 0,7 м. Крепление циркуляционных контуров (высота в грунте и зазор) можно произвести с помощью колышков или с помощью установки труб на арматурную сетку.

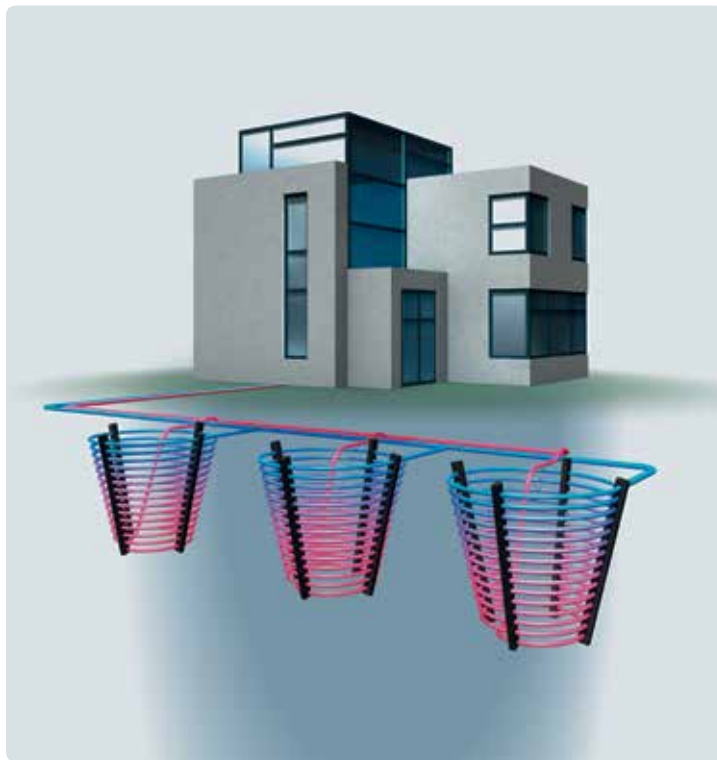
Объем теплоносителя для коллекторов горизонтального типа в зависимости от размера трубы

Труба PE-Xa размером [мм]	Внутренний диаметр [мм]	Объем теплоносителя [л/м]
25 x 2,3	20,4	0,327
32 x 2,9	26,2	0,539
40 x 3,7	32,6	0,835

Правовое регулирование

Для установки горизонтальных грунтовых коллекторов может понадобиться специальное разрешение со стороны ответственных органов в зависимости от страны, в которой проводится данный вид работ. На территории РФ необходимо соблюдать требования действующих нормативных документов и законов.

Энергетические корзины



Схематическое изображение геотермальной системы с использованием энергетической корзины

Энергетические корзины используются на объектах, где невозможно глубокое бурение исходя из условий водного законодательства или гидрологическим причинам либо из-за недостатка свободного места. Энергетическая корзина является экономически и энергетически эффективной альтернативой в сфере использования геотермальной энергии.

Описание применения

При работе соляной раствор (смесь воды и этиленгликоля) циркулирует по трубам энергетической корзины и отбирает теплоту у грунта. При совместном использовании с тепловым насосом уровень температуры можно поднять до пригодного для эксплуатации. В жаркие летние месяцы низкая температура грунта может

быть использована для пассивного охлаждения, также известного как естественного охлаждения. Во время эксплуатации в данном режиме используется только циркуляционный насос соляного раствора теплового насоса. Следовательно, расход энергии во время фазы охлаждения является минимальным, и данное решение, безусловно, является наиболее рентабельным по сравнению с традиционными вариантами организации охлаждения.

Условием для применения этого решения является наличие поверхностной системы отопления и охлаждения. Такое переменное использование грунта из-за нагрева и охлаждения создает энергетический баланс в подпочве и, таким образом, гарантирует работу источника энергии в течение

Преимущества:

- эффективное решение для использования геотермальной энергии с экономической и энергетической точек зрения;
- идеальное решение для одно- или многосемейных домов, а также для зданий, используемых в малом бизнесе, и зданий промышленного назначения;
- требуется небольшая площадь при эффективном использовании объема грунта;
- постоянный съем тепла;
- небольшая глубина установки без воздействия на уровень грунтовых вод.

Примечание

Совместное использование энергетических корзин вместе с охлаждающей станцией Upronor EPG6 является идеальным решением для организации естественного охлаждения.

длительного времени. Энергетические корзины Upronor предназначены для эксплуатации на глубине от 1 до 4 метров. Энергетические корзины устанавливаются в непосредственной близости к поверхности грунта и располагаются на такой глубине, где происходят сезонные колебания уровня температуры. Таким образом, погодные условия на 100% влияют на температуру грунта. Сезонные колебания температуры фиксируются на глубинах примерно до 20 м (в зависимости от региона); ежедневные колебания температуры происходят на глубине примерно 1 м. К тому же наблюдается четкий фазовый сдвиг между температурой воздуха и грунта. В ноябре температура грунта достигает самого высокого уровня, а в мае – самого низко-

го. Данные значения противоположны уровням внешней температуры в аналогичный период времени.

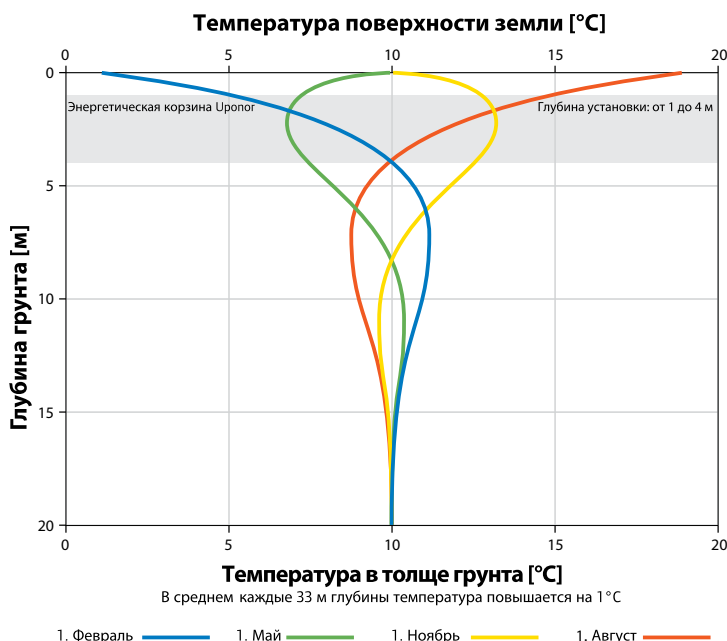
Это происходит потому, что, с одной стороны, грунт является плохим проводником тепла, а с другой стороны, имеет огромную теплоемкость. Вследствие этого солнечная энергия (солнечное излучение), которая проникает в поверхностные слои грунта в начале лета, может сохраняться в течение несколь-

ких месяцев. Температура грунта снижается медленнее, чем температура воздуха.

В начале отопительного сезона температура грунта достигает своего максимального значения; самого низкого уровня температура грунта достигает в начале периода охлаждения. На глубине установки энергетической корзины Uropog в течение всего года удерживается относительно постоянный уровень температуры от примерно

7 до 13 °С. Коническая форма энергокорзины Uropog позволяет использовать большой объем грунта, несмотря на относительно маленькую площадь ее верхней части.

Таким образом, большой объем почвы и постоянный уровень температуры отъема препятствуют преждевременному замерзанию окружающего грунта. Формирование льда возможно только на трубах энергетической корзины в случае больших нагрузок. Однако со снижением нагрузки уровень образования льда будет снижаться. В силу того факта, что температуры отъема теплоты являются почти постоянными, данное решение является идеальным источником энергии для теплового насоса. Таким образом, эффективность теплового насоса возрастает в значительной степени. Предпочтительным является использование системы в диапазоне мощностей до 30 кВт.



Расстояние между трубами энергетической корзины Uropog зафиксировано



Установка энергетической корзины Uropog

Ограничения

Благодаря конической форме энергетической корзины Upronor создается увеличенная поверхность для поглощения термальной энергии, кроме того, объемное содержание теплоносителя (соляного раствора) доводится до максимального уровня. Таким образом, отбор термальной энергии из грунта может происходить более равномерно.

Так как отбор теплоты происходит на глубине от 1 до 5 м ниже уровня промерзания грунта, то удастся избежать эффекта так называемого сквозного промерзания. Таким образом,

предотвращается вредное воздействие на находящиеся в почве микроорганизмы. Благодаря этому поверхность над установленной энергокорзиной Upronor может использоваться для садовых или огородных нужд без каких-либо последствий. Следует избегать чрезмерной застройки или изоляции данной площади. Процесс естественной регенерации грунта на месте установки происходит за счет поступления солнечного излучения и увлажнения грунта дождевыми и талыми водами. Небольшая глубина установки предотвращает

изменение водного баланса. Компактные размеры энергетической корзины Upronor требуют на 60% меньше площади для установки в сравнении с площадью установки сопоставимого грунтового коллектора горизонтального типа. Как правило, в случае с энергетическими корзинами не происходит смещение грунта из-за образования ледяных цилиндров при недостаточных размерах коллектора, а также отсутствует вероятность формирования полосы льда ниже уровня поверхности, препятствующей проникновению в почву дождевых и талых вод.

Физические свойства характерных типов почвы

	Ед. изм.	Песчаная	Суглинистая	Илистая	Песчано-глинистая
Влагосодержание	% об.	9,3	28,2	38,1	36,4
Теплопроводность	Вт/м·К	1,22	1,54	1,49	1,76
Удельная теплоемкость	Дж/кг·К	805	1229	1345	1324
Плотность	кг/м³	1512	1816	1821	1820

Источник: VDI 4640.

В приведенной выше таблице указаны различия между песчаной, суглинистой, илистой и песчано-глинистой почвой, что в полной мере отражает широкий спектр почв, существующих в природе. Песчаная почва в данном случае является такой почвой, которая состоит из отдельных зерен (< 5 мм).

В данном типе почвы капиллярный эффект в значительной мере низок, а проницаемость грунтовых вод высокая. Таким образом, дождевая вода быстро проникает в более глубокие пласты, которые кроме грунтовых вод влияют на низкое объемное влагосодержание, не превышающее 10%.

Суглинистая почва состоит в основном из смеси песка

и ила, тогда как илистая почва имеет зернистость средней величины (от 2 до 50 мм). Как правило, объемное влагосодержание этих связных почв достигает от 20 до 40%, и, таким образом, в сравнении с песчаными почвами они лучше подходят для использования энергетических корзин.

Песчано-глинистые почвы, большая часть которых состоит из очень мелкого зерна (< 2 мм), обладают даже еще большим капиллярным эффектом и как результат большим объемным влагосодержанием, уровень которого превышает 30%. От места к месту точные физические свойства почв могут варьироваться, на что, среди

прочего, влияет различный объем выпадающих осадков. В таблице показаны средние значения физических свойств различных типов почв.

Различия в климатических условиях на территории России настолько велики, что нет смысла в создании определенного шаблона по проектированию геотермальных систем. Например, в более теплых районах возможно использование более высокой поверхностной удельной мощности отведения без нанесения ущерба системе и окружающей среде в отличие от северных районов, где необходимо тщательно следить за процессом естественной регенерации теплоты в грунте.

Преимущества:

- не требуется проведения дорогостоящих работ по бурению;
- простая процедура при получении разрешения на строительство;
- благодаря небольшой глубине установки возможно использование даже в водоохранных зонах;
- не оказывает влияния на грунтовые воды;

- отсутствует риск сквозного промерзания, не влияет на рост и развитие деревьев и растений, отсутствует воздействие на капиллярный эффект почвы;
- быстрый процесс регенерации почвы за счет солнечной энергии, дождевых и талых вод;
- пассивное охлаждение;
- требуется площадь

на 50–60% меньше, чем при установке коллекторов горизонтального типа;

- возможна установка на участках земли с затрудненным доступом для тяжелой буровой техники;
- быстрая установка;
- система не требует технического обслуживания.

Расчет энергетических корзин

При расчете системы энергетических корзин следует учитывать следующие факторы.

Основой для правильного расчета системы энергетических корзин является вычисление тепловой нагрузки и проведение точного анализа типа почвы и влажности грунта.

Выбор системы поверхностного отопления и охлаждения

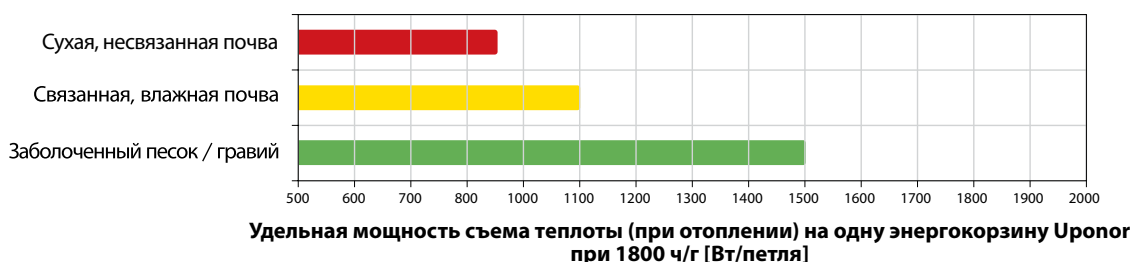
Для системы с использованием энергетических корзин, а также для всех остальных типов систем

термальной энергии исключительно важную роль играет выбор соответствующей системы отопления/охлаждения и температурного графика. Для обеспечения достижения наиболее возможной эффективности производительности системы при выборе системы данный параметр должен быть как можно ниже. На практике используются следующие параметры. Для увеличения температуры в подающей трубе на 1 К требуется примерно на 2,5% больше энергии. Рекомендуемая темпе-

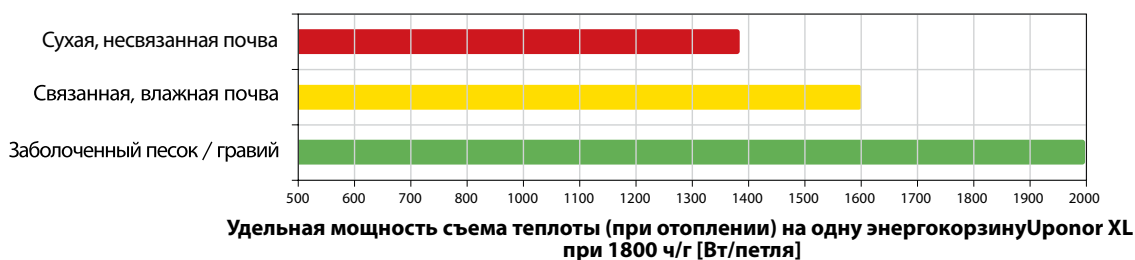
ратура в подающей трубе для систем отопления составляет максимум 35 °С. Исходя из опыта, для расчета энергетических корзин Uropor определены следующие справочные значения. Они используются для оценки условий почвы.

Для установки энергетической корзины Uropor пригодны классы почв 1–4 (в соответствии со стандартом DIN 18300). Если планируется установка системы в почву класса 5, за рекомендацией следует обратиться к производителю.

Справочные значения для расчета энергетических корзин Uropor



Справочные значения для расчета энергетических корзин Uropor XL



Установка энергетических корзин должна производиться ниже глубины промерзания грунта. Расчет необходимого количества корзин производится для каждого проекта индивидуально, с учетом гидрогеологических и климатических характеристик местности.

Если определение класса почвы на месте проведения работ не представляется возможным, следует привлечь специалиста-геолога, который проанализирует грунт.

При режимах работы > 1800 ч количество энергетических корзин Upronog необходимо рассчитывать в соответствии с характеристиками грунта.

Подбор теплового насоса должен осуществляться производителем или теплотехником. Дан-

ный специалист выбирает модель теплового насоса по мощности отопления и охлаждения, исходя из тепловой нагрузки, температуры системы, назначения и времени

эксплуатации. Такой расчет позволяет рассчитать охлаждающую и тепловую мощность. Далее приводится пример расчета необходимого количества энергетических корзин Upronog.

	Односемейный дом
Расчетная мощность отопления *	6 кВт
Мощность охлаждения	4 кВт (по данным производителя тепловых насосов)
Максимальная мощность отведения энергетической корзины Upronog в зависимости от свойств грунта	связанная, влажная почва 1,2 кВт
Необходимое количество энергетических корзин	4
Объем соляного раствора	336 л
Размер коллектора тепловой энергии	на 2 контура

* Включая горячую воду и время блокировки коммунальным предприятием; период в 1800 ч работы.

Расчет потери давления относится к примеру, который представлен выше. В примере использованы данные только для моноэтиленгликоля.

	29-процентный моноэтиленгликоль
Плотность кг/м ³	1051
Удельная теплоемкость кДж/(кг·К)	3,72
Вязкость Па · с	0,00313
Массовый расход кг/с	0,36
Максимальное количество петель в ряду	2
Скорость потока м/с	0,32
Длина труб РЕ-Ха 32 x 2,9 мм на корзину включая подводку (м)	150
Длина труб РЕ-Ха 32 x 2,9 мм при последовательном подключении двух корзин (м)	300
Потеря давления для последовательного подключения энергетической корзины, включая интегрированную подводку	280 мбар
Потеря давления в коллекторе термальной энергии Upronog, на 2 контура	30 мбар
Общая потеря давления, включая коллектор	310 мбар

Монтаж

При планировании участка застройки следует учитывать размещение деревьев, инженерных коммуникаций (водопровод, телефонные линии, канализация и т.д.). Только это позволяет заранее выявить наличие потенциальных проблем и определить точное место для установки энергетической корзины. Допускается последовательная установка энергетических корзин Uponor. Размещение отдельных энергетических корзин может определяться по необходимости.

Следует позаботиться, чтобы над местами установки энергетических корзин не были построены какие-либо сооружения, иначе не будет происходить естественной регенерации.

Следует поддерживать следующие допуски:

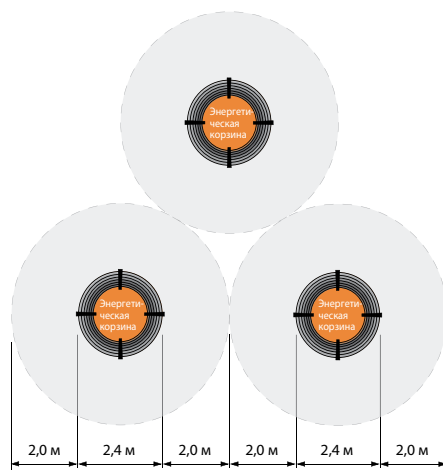
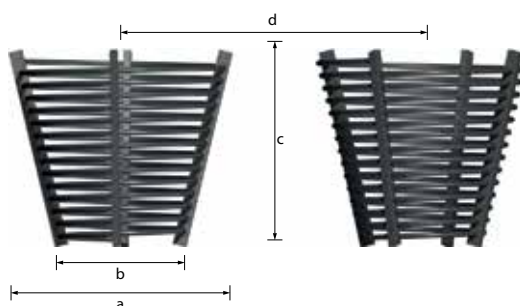
Минимальное расстояние до фундамента, прилегающих участков, проезжих частей, плавательных бассейнов и водопроводных и канализационных коммуникаций должно составлять от 1,5 до 2 м. Оптимальные расстояния между энергетическими корзинами и требуемое для них пространство представлены в таблице технических данных.

В состав энергетической корзины Uponor входит 150 м трубы PE-Xa 32x2,9 мм (200 м – для корзины Uponor XL). Труба крепится на каркас из четырех кронштейнов, выполненных из пенополиуретана. Коническая форма позволяет увеличить поверхность отбора энергии грунта, а также объем теплоносителя. Труба PE-Xa позволяет сделать энергетическую корзину Uponor устойчивой к медленному и быстрому росту трещин. Следует обратить особое внимание на то, что при засыпке котлована под энергокорзину на нее может попасть засыпочный материал с острой кромкой. При использовании традиционных материалов, например PE 100, труба может быть повреждена. Рекомендуется проводить замену грунта на гумус / песчаный грунт. Данная операция не требуется при использовании трубы Uponor PE-Xa.



Энергетическая корзина Uponor PE-Xa

Технические данные	Энергокорзина	Энергокорзина XL
Длина трубы	150 м	200 м
Диаметр верхней части (a)	2,4 м	2,4 м
Диаметр нижней части (b)	1,4 м	1,4 м
Высота (c)	2,0 м	2,7 м
Расстояние между трубами:	114 мм	114 мм
Объем корзины	6,1 м ³	8,1 м ³
Расстояние между осями корзин (d)	6,0 м	7,0 м
Площадь для установки в ряд на корзину	15–20 м ²	20–25 м ²
Площадь для установки в параллель на корзину	35–40 м ²	35–40 м ²
Компоновка	макс. 2 при последовательной установке	прямо к каждому коллектору
Объем соляного раствора	84 л	108 л
Мощность съема теплоты (гарантировано при 1800 ч полной загрузки в год)	1,1–1,5 кВт	1,6–2,0 кВт
Крепление труб	Рейка из полиуретановой пены с фиксирующей лентой	
Интегрированная подающая и обратная подводы	20 м	25 м



Расположение энергетических корзин Uponor в плане

Подключение энергетической корзины Upronog следует проводить по принципу Тихельмана, который гласит, что в трубах одинаковой длины и с одинаковым поперечным сечением протекает одинаковое количество жидкости за единицу времени и наблюдаются равные параметры потока. Следует обеспечить, чтобы разница в длине труб не превышала 10%.

В энергетическую корзину Upronog уже интегрированы подвода подачи и обратки длиной 20 или 25 м. Если в некоторых случаях такой длины будет недостаточно, существует возможность удлинить трубу с помощью технологии Quick & Easy или электросварных фитингов от компании Upronog.

Во избежание расхождения потерь давления в разных контурах необходимо обеспечить, чтобы подводящие трубы были одинаковой длины. Если этого избежать нельзя, настройку можно произвести с помощью расходомеров, установленных на геотермальных коллекторах Upronog.

Энергетические корзины Upronog устанавливаются обычно на глубину 1,4 м. Время установки составляет примерно 1 час на 1 кВт тепловой мощности, т.е. необходимо учитывать, что для установки системы мощностью в 6 кВт для односемейного дома потребуются приблизительно один рабочий день. Доставка энергетических корзин Upronog на стройплощадку про-



Установка энергетической корзины

изводится с помощью грузового транспорта. Благодаря легковесности энергокорзин после разгрузки к месту проведения работ их можно перемещать накатом либо устанавливать с помощью экскаватора.

В зависимости от объемов проекта для выемки грунта рекомендуется использовать экскаватор с минимальным весом 5–7,5 т. Если доступ к месту проведения работ не ограничен, желательно использовать экскаваторы большего тоннажа. Иде-

альным вариантом будет использование экскаватора с объемом ковша 2 м³.

Котлован для энергокорзины может засыпаться ранее вынутым грунтом. Следует позаботиться о том, чтобы вынутый грунт при засыпке котлована под энергокорзину смачивался водой. Во избежание осадки грунта после засыпки можно использовать оборудование для уплотнения грунта. В противном случае в течение первых двух лет может произойти оседание грунта.

Установку энергетической корзины Uropor следует проводить в соответствии с указанными ниже этапами работы:

1. Выемка грунта.
2. Установка энергокорзин Uropor и засыпка вырытого котлована.
3. Подключение к коллектору.
4. Гидравлическое испытание.
5. Заправка системы теплоносителем.
6. Приемка и подписание документов по системе энергокорзин.

Для установки первой энергетической корзины Uropor или Uropor XL с помощью подходящего экскаватора производится

выемка грунта на площади примерно 2,5 x 2,5 м. Глубина выемки грунта зависит от линии промерзания в конкретном регионе.

В большинстве регионов данное значение составляет от 0,7 до 1,2 м ниже поверхности земли. Следовательно, за глубину выемки грунта можно принять значение от 3,2 до 3,7 м. Далее роется траншея для подводящих труб. Глубина траншеи – 1,2 м. Направление – от первого котлована до коллектора.

Прежде чем опустить энергокорзину в котлован, следует выполнить некоторые дополнительные приготовления. Интегрированную в энергокорзину подводку необходимо вытянуть наружу

и закрепить на трубах контура с помощью кабельных стягивающих хомутов. С помощью этого шага убирается «свивка» с подводки, что в дальнейшем облегчает укладку трубы в траншею для подводки. На следующих ниже рисунках вновь повторно показаны этапы проводимой работы.

После проведения выемки грунта энергокорзина опускается в котлован с помощью подходящей техники (экскаватор), далее она засыпается ранее вынутым грунтом. Важным шагом считается заливка котлована достаточным количеством воды. Работы по установке следующих энергокорзин выполняются аналогичным образом.



Отделение труб подводки



Установка труб подводки в определенном положении



Фиксация обратной трубы



Фиксация подающей трубы



Рытье котлована для установки



Размещение энергокорзин в котловане



Заливка котлована



Засыпка энергокорзины Uropor



Установленная энергокорзина после уплотнения грунта

Необходимо обеспечить соблюдение запланированного минимального расстояния между энергокорзинами. После этого между каждыми двумя энергетическими корзинами роются соединительные траншеи, затем их выравнивают с верхней кромкой энергокорзин. После этого каждые две энергокорзины соединяются последовательно. Энергокорзины Upronor XL подключаются только по одной.

На данном этапе в зависимости от варианта установки подводящие трубы отдельных корзин, корзин, соединенных последовательно, либо удлиненные подводящие трубы подключаются к геотермальному коллектору Upronor с помощью штыковых соединителей.

В зависимости от объемного расхода геотермальной системы трубы подводки могут быть различных размеров. Эти значения следует рассчитывать на стадии проектирования. Трубопровод, проложенный в доме, должен быть герметично изолирован. Гидравлические испытания

в соответствии с требованиями стандарта EN 805 необходимо провести на каждом участке трубопровода.

Система энергокорзины должна быть наполнена раствором антифриза в соответствии с требованиями стандарта VDI 4640. Устойчивость к замерзанию не должна быть ниже -15°C . При использовании растворов антифриза

Upronor этому соответствует пропорция для смешивания 3:1. Информация относительно необходимого для энергокорзины количества соляного раствора представлена в технических данных.

Перед заполнением энергетической корзины Upronor антифриз и вода должны смешиваться в достаточно большой емкости!

Объем соляного раствора

	Энергетическая корзина Upronor	Энергетическая корзина Upronor XL
Общий объем соляного раствора	84 л	108 л
Соотношение смешивания	3:1	3:1
> Раствор антифриза	21 л	27 л
> Вода	64 л	81 л

Обратите внимание

Перед заполнением энергетической корзины Upronor антифриз и вода должны смешиваться в достаточно большой емкости!

Объем воды в зависимости от размера трубы

Труба РЕ-Ха размером [мм]	Внутренний диаметр [мм]	Объем воды [л/м]
32 x 2,9	26,2	0,539

Правовое регулирование

Для установки энергетических корзин может потребоваться специальное разрешение со стороны ответственных органов в зависимости от страны, в которой проводится данный вид работ. На территории РФ необходимо соблюдать требования действующих нормативных документов и законов.

Энергетические сваи

Описание и применение

Энергетическая свая выполняет две функции.

Основной функцией является передача нагрузки сооружения на грунт; второстепенной – исполнение роли коллектора геотермальной энергии. При использовании фундаментной сваи в качестве энергетической несущая способность не должна изменяться.

Ограничения в применении

Необходимо исключать снижение несущей способности сваи (формирование наледи, уменьшение площади сечения из-за прохождения теплообменных труб) с помощью ограничения температуры и статических испытаний. Энергетические сваи покрывают базовые тепловые нагрузки.

При необходимости пиковые нагрузки должны компенсироваться за счет использования дополнительных систем тепловой энергии. Односемейные дома, построенные на фундаментах глубокого



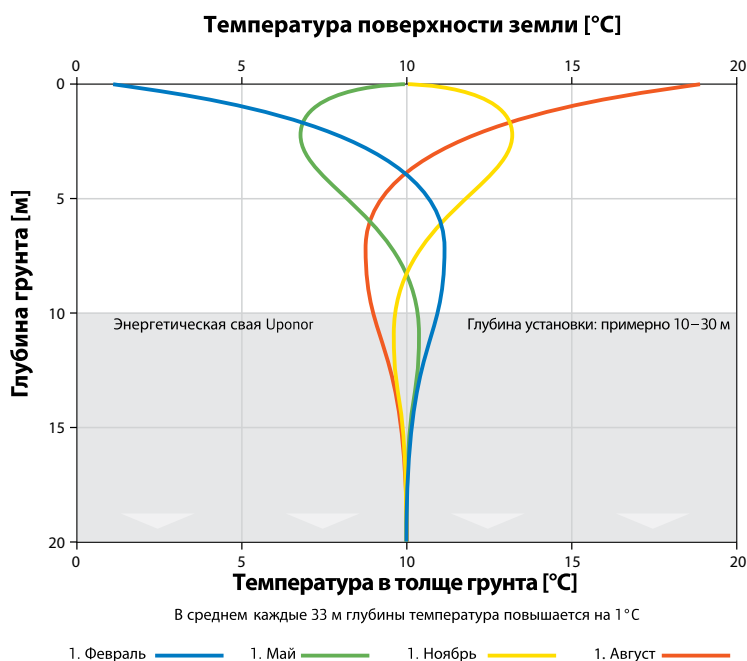
Схематическое изображение системы энергосвай

заложения, благодаря их прекрасной теплоизоляции могут обеспечиваться теплотой с помощью энергосвай в моновалентном режиме, однако данное применение осуществляется редко.

Преимущества:

- низкие дополнительные инвестиционные затраты в случае запланированных свайных фундаментов;
- возможность использования в качестве базовой нагрузки;
- может использоваться со всеми типами фундаментов глубокого заложения;
- идеальное решение для жилых и нежилых зданий.

Статика здания помогает определить расположение и количество фундаментных свай. Расположение фундаментных свай в соответствии с энергетическими аспектами зачастую не является экономически выгодным (исключение составляют, например, бюджетные готовые забивные сваи, которые частично используются в качестве так называемых «пустых свай»).



Систему энергосвай следует использовать в качестве переменного накопителя, систематически чередуя режимы отопления и охлаждения. Таким образом достигается оптимальная мощность отведения для генерации как тепла, так и холода. Тепловой баланс системы энергосвай может быть рассчитан так, чтобы обе-

спечить равномерную энергоэффективность. Практически равномерный тепловой баланс на протяжении нескольких лет позволяет минимизировать тепловое взаимодействие между соседними энергетическими сваями.

Опыт использования систем энергосвай средних и больших

размеров показывает, что эксплуатация при базовых нагрузках является наиболее экономически выгодной. С этой целью при расчете необходимо запланировать и определить оптимальное соотношение «мощность – работа». Главным образом выполняемая работа по отоплению и охлаждению определяет эффективность системы энергосвай.



Установка арматурного каркаса



Процедура бетонирования набивных свай



Наполнение трубы для бетонирования



Контроль сборки свай

Фундаментные сваи

Если говорить о фундаментных сваях, следует различать тип их сборки и установки.

Тип сборки

Готовая свая:

- перед установкой в грунт свая изготавливается в полном объеме или частично;
- массивные бетонные сваи;
- пустотелые центрифугированные бетонные сваи;
- стальные трубы.

Свая из монолитного бетона

Свая собирается на месте установки в грунт посредством заливки бетона в скважину цилиндрической формы.

Тип установки

Забивная свая и пресс-свая

Свая забивается или впрессовывается в грунт с помощью статического давления.

Буронабивная свая

Свая устанавливается в буровую скважину. Буровые скважины устраиваются с помощью разных методов бурения.

Методы бурения

■ Метод «Келли»

С помощью метода «Келли» изготавливаются буронабивные сваи с полным, частичным креплением, или без крепления скважины обсадными трубами, или с использованием бентонитового раствора. Буровой инструмент крепится на телескопической штанге «Келли». При использовании полного крепления обсадные трубы забуриваются в грунт до достижения требуемой глубины, после чего бурение продолжается до достижения проектной отметки.

■ Метод «Келли» при установке свай с уширенной пятой

Уширение пяты сваи основывается на принципе равномерного симметрического увеличения диаметра в нижней части буровой скважины. Уровень внешней несущей способности сваи возрастает при увеличении площади опоры концевой зоны сваи о несущий грунт. Решение об уширении принимается с учетом параметров существующего грунта и критериев геометрического ограничения в соответствии со статическими требованиями. Другим вариантом увеличения уровня несущей способности является заливка скважины раствором. Данный метод

позволяет увеличить поверхностное сцепление буронабивной сваи, что достигается путем заливки цементной суспензии.

■ Метод SOB

Данный метод устройства свай является процедурой бурения с помощью шнека, который позволяет пробуривать глубоко-проходные скважины в твердом грунте. При использовании данного метода в качестве бурового инструмента используется непрерывный проходной шнек. После достижения проектной отметки через трубу полого шнекового бура подается бетонная смесь, которая заполняет пространство снизу вверх.

■ Метод DKS

Система с двойной вращающейся головкой – это сочетание метода SOB с использованием непрерывного проходного шнека и метода «Келли» с укреплением стенок скважины обсадными трубами. Результатом является скважина с обсадной трубой, устроенной с помощью непрерывного проходного шнека.

■ Метод VDW

Для возведения в городе новых зданий рядом с уже существующими была разработана система «перед стеной». Принцип устройства скважин соответствует методу DKS, однако здесь используются головки меньшего диаметра.



Сборка буронабивной сваи



Готовая бетонная буронабивная свая

Типы фундаментных свай

Буронабивные сваи

Буронабивные сваи (пустотелые центрифугированные сваи) – это сваи цилиндрической формы, которые изготавливаются из бетона и погружаются в грунт различными способами. Они переносят конструкционные нагрузки на более глубокий твердый грунт, при связывании они образуют подпорную стенку для вырытых котлованов или насыпей, помогают удалить препятствия в грунте или заблокировать грунтовые воды под поверхностью. В зависимости от применения сваи отличаются по длине, диаметру, конструкции и расположению.

Существует специальный вид буронабивных свай, называемых микросваями. Они представляют собой элементы фундамента с диаметром до 300 мм.

С их помощью конструкционная нагрузка передается в более глубокие слои грунта за счет поверхностного сцепления. Отличительной особенностью микросвай является то, что при небольшом диаметре достигается высокая несущая способность с помощью использования технологий нагнетания цементного раствора в тело сваи под давлением.

Благодаря наличию разнообразных устройств для установки буронабивных свай небольшого диаметра в местах, где невозможно применять крупногабаритную технику, используются высокопродуктивные методы.

Здания, которые получили повреждения в силу неравномерного оседания, могут быть укреплены и/или возведены с помощью предварительно напряженных микросвай. Использование различных методов устройства микросвай позволяет адаптировать их под соответствующие грунтовые условия. Буронабивные сваи изготавливаются с использованием армирования

непрерывного типа, которое позволяет поглощать растягивающие нагрузки, давление или переменные нагрузки.

Передача нагрузки на окружающий грунт происходит за счет инъекции или заливки скважины цементным раствором (с или без зернового состава). После устройства в сваю нагнетается цементный раствор для увеличения поверхностного сцепления/передачи нагрузки.

Пустотелые бетонные забивные сваи

Пустотелые центрифугированные бетонные забивные сваи являются чрезвычайно экономически выгодной и технически оптимальной альтернативой традиционным фундаментным системам. Эластичная забивная свая – это быстрое, гибкое и простое устройство фундаментной системы, где в зависимости от необходимой длины сегмента гибкие трубы из литейного чугуна, которые вставляются одна в одну с помощью рукавов, вбиваются в грунт с целью распределения нагрузки.

В зависимости от свойств грунта свая изготавливается в качестве опорной или заливается раствором под давлением. В зависимости от передаваемой нагрузки сваи изготавливаются с различным диаметром труб и соответствующей толщиной стенки. Использование легковесных и маневренных гидравлических экскаваторов также позволяет проводить незначительные объемы строительных работ в местах, где невозможно применение крупногабаритной техники. На стройплощадке сваи устанавливаются с помощью гидравлического молота двойного действия практически без вибраций.

Массивные бетонные сваи, вводимые прессовочным методом

Массивные бетонные сваи, вводимые прессовочным методом,

состоят из секций, которые впрессовывают в грунт с помощью гидравлической системы. Существующее здание или балластная система обеспечивают необходимую для этого реакцию. Свая изготавливается из армированных бетонных секций, размещаемых одна на одну. Грунт можно изымать через полую сердцевину сваи, что позволяет достичь проектной отметки без необходимости сильной реакции. При достижении сваей проектной глубины в металлические мешки под сваей подается сухой цементный раствор для уширения пяты сваи. Сердцевина сваи заполняется бетоном. При использовании данного метода вибрации отсутствуют.

Так как используются легковесные разборные механизмы, данная система в значительной степени подходит для работ в трудных условиях, а также в местах, где невозможно применение крупногабаритной техники.

Массивная бетонная свая, вводимая прессовочным методом, используется в основном для работ по подведению фундамента. Необходимая в данном случае опора обеспечивается, как правило, за счет самого здания с помощью укладки нового бетонного перекрытия. В данное бетонное перекрытие цементируются анкеры, оставляются открытыми отверстия, через которые впрессовываются сваи. С помощью данной технологии можно крепить сваи к перекрытию при предварительной нагрузке. Минимальная рабочая высота составляет 0,8 м. Поэтому представляется возможным вдавить железобетонную сваю под существующий фундамент. Данный существующий фундамент используется в дальнейшем в качестве противовеса для вдавливания сваи.

Готовые бетонные сваи

Готовые бетонные сваи изготавливаются с цилиндрическим или прямоугольным сечением и имеют цельную структуру. Они передают высокие конструкционные нагрузки в более твердые пласты грунта с помощью поверхностного сцепления и передачи нагрузки. Изготавливаются с использованием армирования непрерывного типа.

Готовые бетонные забивные сваи

Готовая бетонная забивная свая также является экономически выгодной и технически оптимальной альтернативой традиционным фундаментным системам.

Готовые цельные сваи устанавливаются на месте проведения работ с помощью гидравлического молота двойного действия практически без вибраций. В зависимости от условий подпочвы существует вероятность того, что изначально запланированная глубина установки сваи не будет достигнута и выступающую часть сваи придется срезать. В случае использования готовых свай со встроенными грунтовыми теплообменниками удаление выступающей части сваи может привести к повреждению труб теплообменника.

Набивные сваи

При использовании буронабивных свай большого диаметра грунт не сдвигается в сторону, в грунт вводится стальная труба с отверстием в нижней части. После этого грунт удаляется,



Установка металлического арматурного каркаса в скважину

вставляется внутренняя арматура и заливается монолитным бетоном. Затем стальная труба снова вынимается. Данный тип набивных свай используется для статически сложных фундаментов, используемых в многоэтажных домах.

Разрезные стены

Разрезные стены представляют собой стены, которые устраиваются в грунте из так называемого монолитного бетона и могут располагаться на больших глубинах. Такие стены устраиваются с применением малозумных и низковибрационных методов. Толщина стен соответствует статическим требованиям и используемому оборудованию.

Влияние деформации на разрезные стены минимально, поэтому они используются главным образом в качестве подпорных стен во внутренних фундаментах

городских зданий. Благодаря относительно высокому уровню водонепроницаемости они также используются в качестве наружных стен здания. В некоторых случаях отдельные элементы разрезных стен также используются для фундаментов глубокого заложения. Разрезные стены герметизируют плотины и мусорные свалки, хранилища или другие промышленные предприятия, выбросы которых могут нанести вред грунтовым водам. С помощью специальных захватов или фрез изымается грунт для формирования разреза, после чего разрез укрепляется жидким цементным раствором.

■ Разрезные стены из монолитного бетона

После достижения стеной проектной отметки жидкий цемент заменяется, как правило, армированным бетоном, что позволяет устраивать стены, которые устойчивы к статической нагрузке и предохраняют от попадания грунтовых вод.

■ Однофазные уплотнительные перегородки

Однофазные уплотнительные перегородки являются разновидностью разрезных стен. Они изготовлены из самотвердеющего раствора и устраиваются в разрезе грунта. Самотвердеющий раствор служит одновременно в качестве подпорки. Дополнительно могут быть установлены такие уплотняющие элементы, как диафрагмы или шпунтовые стенки.

Активация фундаментных свай

Бурунабивные сваи

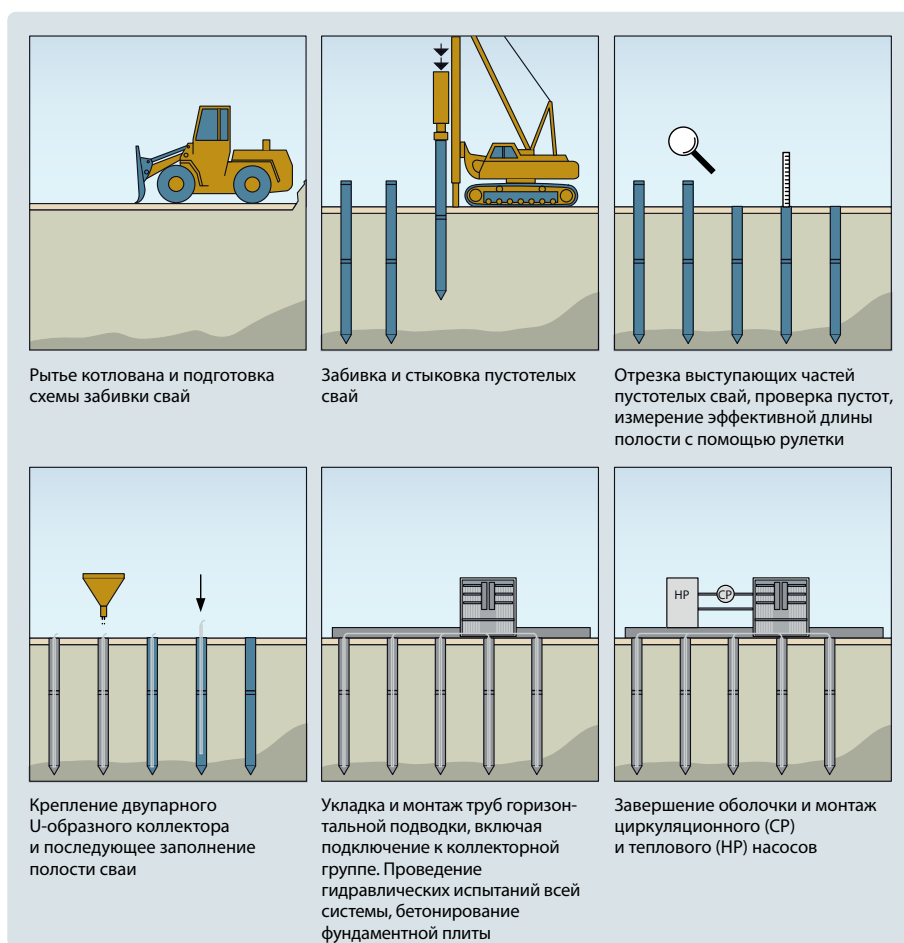
Пустотелые центрифугированные забивные сваи и пресс-сваи оборудуются коллекторными трубами только после того, как будут установлены в грунт. Это также является большим преимуществом пустотелых центрифугированных бетонных свай, так как длину коллекторных труб можно подогнать под фактическую глубину погружения, при этом предварительная проверка полости сваи позво-

ляет свести риск повреждения коллекторных труб к минимуму.

Аналогично скважинным коллекторам в грунт погружаются и засыпаются два циркуляционных контура. В случае минимального радиуса изгиба циркуляционных контуров рекомендуется использовать U-образные колена, подключаемые методом электросварки или, в качестве альтернативы, использовать непосредственное погружение коллекторов

в скважину. При засыпке следует убедиться, что засыпочный материал обладает высокой теплопроводностью, хорошим контактом с материалами при различных внешних условиях и что при засыпке данным материалом не образуются пустоты.

Трубы подачи и обратки соответствующей энергосваи могут быть объединены с помощью Y-образного или T-образного тройника и сгруппированы с другими сваями.



Установка термоактивных пустотелых свай

Готовые бетонные забивные сваи

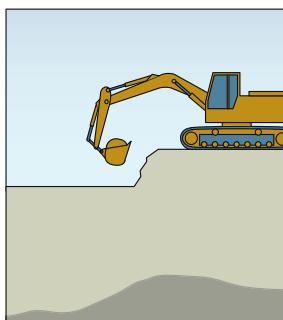
Готовые бетонные забивные сваи уже оборудованы соответствующими коллекторными трубами в заводских условиях. Для этого коллекторные трубы крепятся с внутренней стороны арматурного каркаса, и изготовление сваи продолжается с помощью заливки бетонной смеси. Количество циркуляционных контуров выбирается с учетом формы и диаметра сваи. В пяточной области сваи устраивается углубление для подво-

дящих труб. Концы труб выводятся наружу сваи так, чтобы они выступали после установки. Во время установки направление выступающих концов труб следует выбирать таким образом, чтобы соединительные трубы не пришлось обводить вокруг сваи.

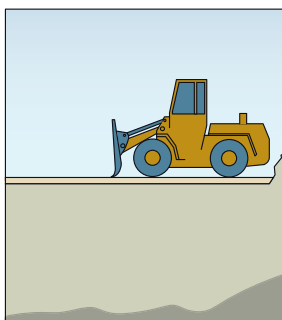
В зависимости от условий подпочвы существует вероятность того, что изначально запланированная глубина не будет достигнута и выступающую часть сваи придется срезать.

В случае активации с помощью циркуляционных контуров срез выступающей части бетона может привести к повреждению труб теплообменника.

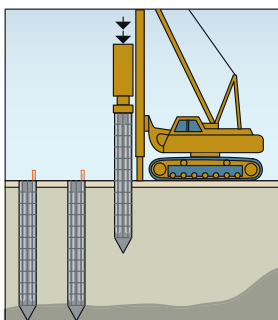
Преимущество в использовании готовых бетонных свай заключается в том, что установка труб коллектора и проведение гидравлических испытаний осуществляются в заводских условиях, при этом исключается вероятность повреждения труб, как при бетонировании непосредственно на стройплощадке.



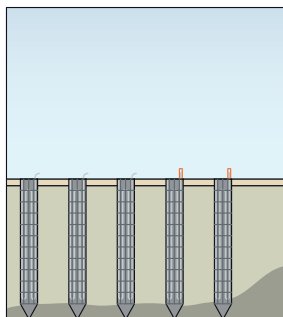
Рытье котлована



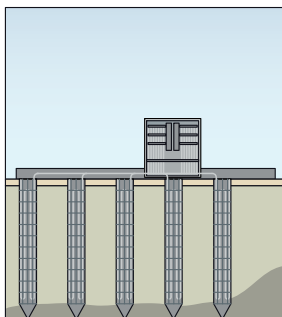
Подготовка схемы забивки свай



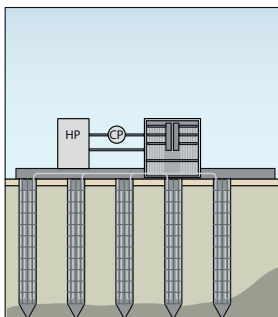
Погружение готовых бетонных свай



Удаление защитного покрытия и установка кронштейнов под углом 90°



Укладка и монтаж труб горизонтальной подводки, включая подключение к коллекторной группе. Проведение гидравлических испытаний всей системы, бетонирование фундаментной плиты



Завершение оболочки и монтаж циркуляционного (CP) и теплового (HP) насосов

Установка термоактивных готовых бетонных свай

Сваи из монолитного бетона

Для устройства свай, изготавливаемых по методу заливки монолитного бетона, используется арматурный каркас с коллекторными трубами, который погружается в подготовленную скважину. Коллекторные трубы крепятся, как

правило, во внутренней части арматурного каркаса во избежание повреждения труб при погружении каркаса в скважину. Во время проведения данной операции коллекторные трубы крепятся с помощью кабельных стягивающих хомутов вертикально в виде спирали на

стенку арматурного каркаса или крест-накрест в пяточной зоне сваи или в виде отдельных циркуляционных контуров с перенаправлением (Омега-изгиб) на стенке арматурного каркаса или крест-накрест в пяточной зоне сваи в арматурном каркасе.



Хранение арматурных каркасов со встроенными трубами



Подводящие магистрали изготовлены из труб Upronor PE-Xa для геотермальных систем



Арматурные каркасы со встроенными циркуляционными контурами



Установка циркуляционных контуров из PE-Xa



Отрезка установленных циркуляционных контуров необходимой длины



Крепление циркуляционных контуров

Варианты установки



В виде меандра



В виде параллельных
циркуляционных контуров



В виде циркуляционных
контуров, расположенных
крест-накрест



В виде спирали

Особенно необходимо учитывать значения радиуса изгиба при использовании свай небольшого диаметра. В случае минимального радиуса изгиба рекомендуется использовать угловые фиксаторы труб или U-образные электросварные колена.

При использовании свай небольшой длины допускается укладка труб в меандр при непосредственном подключении подающей и обратной подводок к коллектору. Количество устанавливаемых в сваю циркуляционных контуров зависит от диаметра арматурной решетки. Ориентировочные значения:

Диаметр сваи	Количество вертикальных труб
20–70 см	4–6 U-образных колен или использования метода электроплавки при подключении U-образных колен в пяточной зоне
75–80 см	4–6 с Омга-изгибами в пяточной зоне
90–120 см	6–8
130–180 см	8–12

Трубы подачи и обратки энергосвай могут быть объединены с помощью коллектора оголовка сваи, с использованием Y-образного или T-образного тройника и объединены с другими сваями в группе. В случае различных уровней выполнения строительных работ концы труб у оголовка сваи должны быть в защитных кожухах или защищены многослойной изоляцией по крайней мере на глубину бетонного слоя, который будет удален после установки сваи. Все концы труб должны быть герметично закрыты, чтобы предотвратить попадание в них посторонних предметов и частиц.

Как правило, при установке компонентов в фундаментную сваю из бетона следует учитывать потенциальное статическое ослабление.

Во избежание повреждения труб коллектора сваю следует бетонировать с помощью бетононаливной трубы (метод вертикальной перемещаемой трубы). Во время заливки бетонной смеси необходимо предотвратить возможность повреждения труб коллектора рукавом бетононаливной трубы. При утрамбовке бетона не должны использоваться вибраторы для уплотнения бетона. Если сваю бетонируют вибрационным методом, об этом необходимо предупредить специалиста, отвечающего за геотермальную систему.

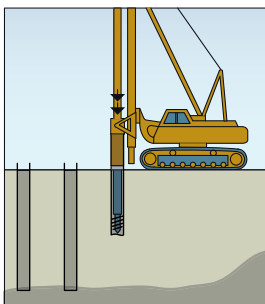
Фундаментные стены

При устройстве фундаментных стен на месте проведения работ перед закладкой коллекторных труб их необходимо закрепить на арматурном каркасе. Во избежание повреждения труб при погружении арматур-

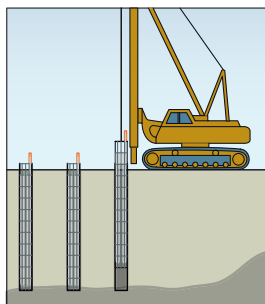
ных каркасов в скважины они крепятся, как правило, во внутренней части арматурного каркаса.

Длина традиционных фундаментных стен составляет примерно 10–30 м. Температура в верхнем слое земли подвержена

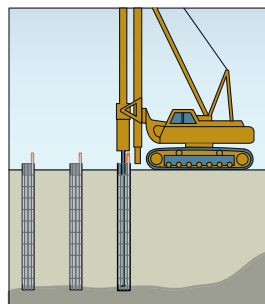
сезонным колебаниям. Однако на глубине ниже границы промерзания амплитуда таких колебаний снижается. Начиная с глубины примерно 15 м в грунте наблюдается практически постоянная температура.



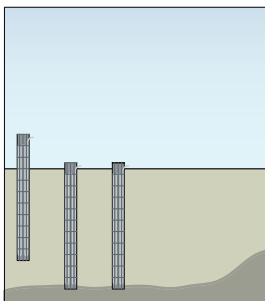
Устройство скважины путем бурения с помощью проходного шнека и забивка обсадных труб



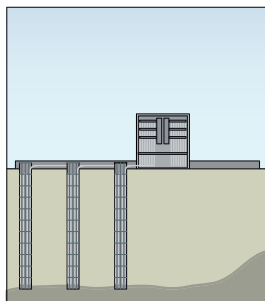
Погружение арматурного каркаса с трубными регистрами



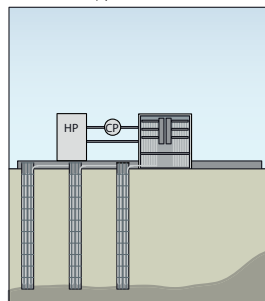
Заполнение обсадных труб бетоном методом вертикальной перемещаемой трубы и одновременным извлечением обсадных труб



Удаление защитного покрытия и установка колен под углом 90°



Укладка и монтаж труб горизонтальной подводки, включая подключение к коллекторной группе. Проведение гидравлических испытаний всей системы, бетонирование фундаментной плиты



Завершение оболочки и монтаж циркуляционного (СР) и теплового (НР) насосов

Установка термоактивных монолитных бетонных свай

Расчет энергетических свай

Расчет энергетических свай зависит от годового количества часов эксплуатации теплового насоса и конструкции бетонных свай, а также уровня теплового взаимодействия между энергосваями.

Чем ниже термическое сопротивление R_E энергетической сваи, тем выше уровень передачи тепла. Термическое сопротивление указывает на потерю температуры во время передачи тепла от подпочвы теплоносителю (соляному раствору). Значительное влияние на уровень термического сопротивления оказывают диаметр буронабивной сваи, теплопроводность материала сваи и тип энергосвай.

Чем меньше диаметр сваи, тем меньше тепловое сопротивление. Чем выше показатель теплопроводности материала сваи, тем меньше потеря тепла во время теплопередачи, т.е. меньше термическое сопротивление.

Таким образом, термическое сопротивление энергосвай R_E складывается из значений переходных сопротивлений отдельных элементов и удельных значений сопротивления материала.

Переходные сопротивления:
Грунт < > материал сваи < > труба < > теплоноситель (соляной раствор).

Сопротивление материала:

$$R_E = R_c + R_R + R_p \quad [\text{м}^2\text{К/Вт}]$$

R_c Сопротивление теплопередаче теплоноситель / труба

R_s Сопротивление теплопередаче циркуляционных контуров

R_p Сопротивление теплопередаче материала сваи

Необходимая длина циркуляционного контура L базируется на удельной мощности отведения q_e почвы и мощности охлаждения Q_o теплового насоса типа «соляной раствор – вода».

$$L = \frac{Q_o}{q_e} \quad [\text{м}]$$

Холодопроизводительность соответствует части мощности теплового насоса, полученной из окружающей среды, и составляет разницу между тепловой мощностью Q_H и потреблением электроэнергии P_{el} .

$$Q_o = Q_H - P_{el} \quad [\text{Вт}]$$

При расчете подводящих труб энергетических свай необходимо обеспечить низкие потери давления, так как увеличение мощности циркуляционного насоса снижает сезонный коэффициент полезного действия β теплового насоса. Важно учитывать повышенный уровень вязкости соля-

Удельная мощность отведения на метр глубины сваи

Подпочва	Удельная мощность отведения q_e на метр глубины сваи для мощности отопления до 30 кВт	
	1800 ч/г	2400 ч/г
Плохое качество подпочвы, сухие отложения	25 Вт/м	20 Вт/м
Нормальная твердая подпочва, отложения насыщены водой	60 Вт/м	50 Вт/м
Сцементированная порода с высоким уровнем теплопроводности	84 Вт/м	70 Вт/м

В течение более продолжительных периодов работы следует учитывать как удельную мощность отведения q , так и удельный годовой коэффициент отведения.

Расчет необходимого количества энергетических свай производится для каждого проекта индивидуально с учетом гидрогеологических характеристик местности.

Источник: VDI 4640.

ного раствора в сравнении с водой.

Максимальная скорость потока должна составлять 1 м/с. Течение в энергетических сваях должно иметь турбулентный характер, так как это увеличивает теплообмен между трубой и соляным раствором, что, в свою очередь, увеличивает температуру соляного раствора.

При подборе моновалентного теплового насоса типа «соляной раствор – вода» площадь источников теплоты должна соответствовать требуемой тепловой нагрузке здания Q_G , а не мощности теплового насоса.

Общая необходимая мощность Q_{WP} включает в себя тепловую нагрузку здания Q_G и нагрузку на ГВС Q_{ww} с учетом времени блокировки Z .

$$Q_{WP} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z \quad [W]$$

Если при выборе теплового насоса используется модель с меньшим уровнем тепловой мощности или меньшей длиной циркуляционных контуров, то увеличивается время эксплуатации теплового насоса. Это означает, что энергосвая подвергается большей нагрузке, чтобы достичь более высокого годового показателя отведения. Для компенсации роста времени эксплуатации длина циркуляционного контура должна быть увеличена, что приводит к росту энергопотребления.

При расчете систем с энергосваями важную роль играют тепловые свойства подпочвы. Они определяются при расчете теплопроводности образцов породы, полученных при проведении пробного бурения. Однако данный метод является сложным и может быть осуществлен только в лабораторных условиях.

Для расчета систем энергосвай с использованием моделирующих программ требуется информация относительно теплопроводности по всей глубине скважины. Данную информацию можно получить непосредственно на месте проведения работ с помощью проведения теста теплопроводности (TRT).

Тест теплопроводности

Тест теплопроводности проводится с помощью энергосвай в собранном состоянии. Во время проведения теста к энергосвае подводится постоянная тепловая мощность, после чего происходит ее отбор. Оценка производится на основе теории линейного источника Кельвина. Полученные результаты позволяют увидеть точные геологические условия на месте проведения работ по всей длине энергосвай при стандартных условиях эксплуатации, включая воздействие потенциально существующего движения грунтовых вод.

Из-за сложных процессов геологической и гидрогеологической корреляции расчет энергосвай, а также проектирование и моделирование систем энергосвай должны проводиться только специалистами.

Монтаж

Системы энергетических свай всегда должны эксплуатироваться попеременно для нагрева и охлаждения. Из-за застроенной поверхности поступление естественной теплоты является недостаточным, и, следовательно, при использовании системы в течение нескольких лет уровень температуры в грунте может опуститься и достигнуть значения ниже допустимого для использования. Во время эксплуатации в режиме отопления уровень температуры должен быть максимально низким ($< 35^{\circ}\text{C}$), а при эксплуатации в режиме охлаждения – максимально высоким ($> 16\text{--}18^{\circ}\text{C}$).

Все энергосваи, включая подводящие трубы, должны иметь одинаковую длину и должны быть подключены к тепловому насосу по принципу Тихельмана.

При укладке труб по принципу Тихельмана необходимая длина энергосвай делится на количество энергосвай, подключенных

параллельно для получения соответствующей мощности отведения. Таким образом, длину и диаметр труб в отдельных энергосваях следует подбирать, учитывая объемный расход и потери давления.

Если нет возможности установки контуров энергосвай, включая подводящие трубы одинаковой длины, необходимо использовать балансирующие клапаны для поддержания одинаковых потерь давления во всех циркуляционных контурах.

Подающие и обратные трубы энергосвай могут быть объединены с помощью коллекторов в оголовках свай с использованием Y-образного или T-образного тройника и объединены с другими сваями в группе.

Подключение к горизонтальным подводящим трубам осуществляется в оголовке свай. Концы труб выходят из оголовка свай, поэтому нет необходи-

мости обходить подводящие трубы вокруг свай. Вертикальные трубопроводы, выходящие из свай, подключаются к горизонтальным подводящим трубам под углом в 90° с помощью фитингов, что позволяет предотвратить образование воздушных карманов.

Для воздухоудаления подводящие трубы необходимо прокладывать с минимальным уклоном по отношению к коллектору. Данную операцию предпочтительно осуществлять горизонтально в выравнивающем слое или песчаной подушке под фундаментной плитой до соответствующего коллектора. При использовании труб РЕ-Ха организация песчаной подушки не требуется.

Необходимо, чтобы распределительные трубы не находились в непосредственном контакте одна с другой, чтобы не вызвать тепловое короткое замыкание

Энергосваи: использование термальной энергии подпочвы

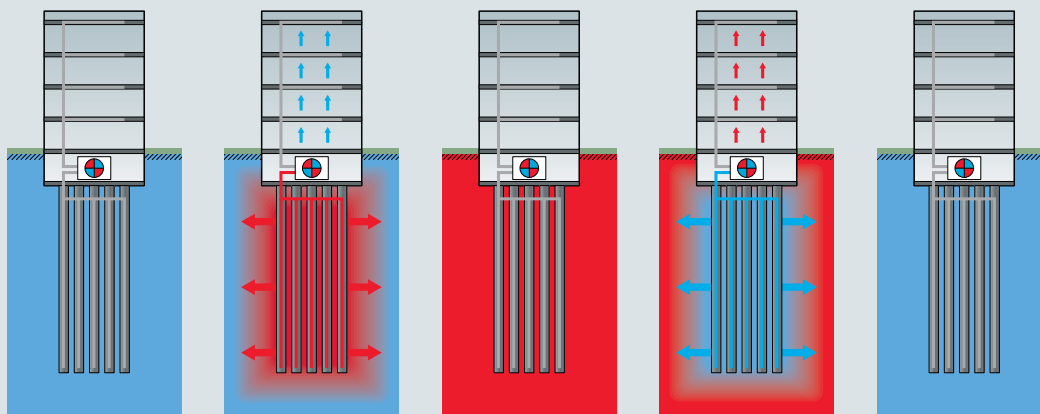
Исходная ситуация:
температура подпочвы составляет примерно $8\text{--}12^{\circ}\text{C}$

Охлаждение в летний период:
подпочва функционирует в качестве теплоотвода

Осень:
аккумуляция теплоты в подпочве, примерно $12\text{--}16^{\circ}\text{C}$

Отопление в зимний период:
отопление помещений, подпочва используется в качестве источника теплоты

Весна:
аккумуляция холода в подпочве, примерно $4\text{--}8^{\circ}\text{C}$



между трубой подачи и обратной трубой. Идеальный вариант – это использование изолированных труб, например Uponor Ecoflex Thermo Single.

Трубы подводки могут быть подключены к соответствующему коллектору как отдельно (параллельно), так и в связке (последовательно). Преимущество подключения каждой отдельной сваи к соответствующему коллектору заключается в том, что при отказе теряется производительность только одной сваи.

Все коллекторы и фитинги должны устанавливаться в удобных для обслуживания местах снаружи зданий в дождезащитных камерах. Все энергосваи должны быть оборудованы шаровыми кранами на коллекторах для возможности их отключения. Подводящие трубы должны быть подключены к коллекторам без перенапряжений.

Следует учитывать тепловое взаимодействие энергетических свай. Определение количе-



Uponor Ecoflex Thermo Single

ства и места расположения энергетических свай невозможно только в соответствии с энергетическими принципами. Большее значение имеют статические условия зданий. Таким образом, возможна установка свай, не являющихся термоактивными, или энергетических свай, не несущих статической нагрузки здания.

Соединения труб, доступ к которым ограничен, должны быть неразъемными, например с применением фитингов Uponor Quick & Easy или электросварных фитингов.

В соответствии с требованиями DIN 4140-2 во избежание конденсации воды все подводящие трубы, проходящие в стенах,

а также все трубы внутри здания, в которых циркулирует соляной раствор, должны быть изолированы (изоляционный материал должен быть устойчивым к диффузии водяного пара).

Теплонасосная система заполняется соляным раствором во избежание замерзания коллектора и испарителя. Как правило, соляной раствор представляет собой смесь воды и этиленгликоля.

Обратите внимание

Необходимо учитывать ограничения температуры (мин. > 0°C / макс. 25–30 °C).



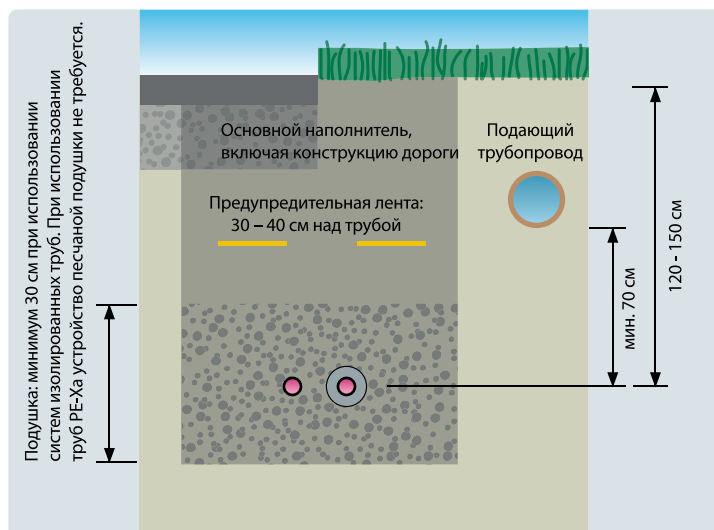
Гидравлические испытания энергосвай



Подключение энергосвай с помощью труб Uponor PE-Xa

Теплоносители для теплообменника и подводящих труб должны всегда выбираться таким образом, чтобы в случае утечки можно было избежать загрязнения грунтовых вод или почвы либо такое загрязнение было минимальным. В соответствии с предписанием VDI 4640 в качестве теплоносителя следует выбирать нетоксичные или биологически разлагаемые органические вещества. Следует предусмотреть возможность заполнения и спуска системы. Во избежание переполнения, теплонасосная система должна быть оборудована предохранительным клапаном.

Содержание этиленгликоля в смеси обычно составляет 25–30%. Таким образом, потери давления в трубах коллектора в 1,5–1,7 раз выше, чем в случае заполнения водой. Это следует учитывать при подборе циркуляционного насоса. Испытание давлением должно проводиться в соответствии



Основание под подводку. Труба подачи не изолируется – обратная труба изолируется

с требованиями стандарта EN 805. В зависимости от типа используемой трубы циркуляционные контуры должны укладываться на песчаную подушку. Только при использовании труб Uponor PE-Xa отпадает необходимость в организации такого песчаного основания в силу того, что они обладают устойчи-

востью к медленному или быстрому росту трещин. Крепление подводящих труб (высота в грунте и расстояние) можно произвести с помощью крючков или с помощью установки труб на арматурную сетку.

Обратите внимание

Перед заполнением энергетической сваи Uponor антифриз и вода должны смешиваться в достаточно большой емкости!

Объем воды в зависимости от типоразмера труб PE-Xa

Типоразмер труб [мм]	Внутренний диаметр [мм]	Объем воды [л/м]
20 x 2,0	16,0	0,201
25 x 2,3	20,4	0,327
32 x 2,9	26,2	0,539
40 x 3,7	32,6	0,835
50 x 4,6	40,8	1,307
63 x 5,8	51,4	2,075
75 x 6,8	61,4	2,961
90 x 8,2	73,6	4,254
110 x 10,0	90,0	6,362
125 x 11,4	102,2	8,203

Правовое регулирование

Для установки энергетических свай может понадобиться специальное разрешение со стороны ответственных органов в зависимости от страны, в которой проводится данный вид работ. На территории РФ необходимо соблюдать требования действующих нормативных документов и законов.

Вертикальные грунтовые коллекторы

Вертикальные грунтовые коллекторы часто используются с целью экономии площади. Кроме того что они занимают достаточно мало места, вертикальные коллекторы пригодны к использованию почти во всех видах грунта.

Преимущества:

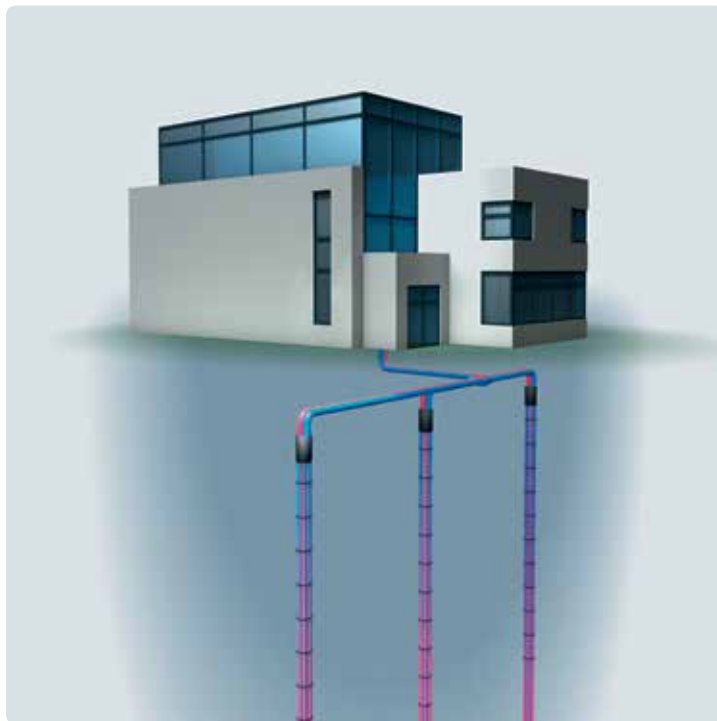
- относительно компактный вид системы геотермальной энергии;
- для установки могут использоваться различные грунты;
- допустимо использование как для активного, так и для пассивного (естественного) охлаждения и отопления;
- идеальное решение для жилых и нежилых зданий.

Описание применения

В принципе, вертикальные коллекторы – это теплообменники, которые устанавливаются в грунт в вертикальной плоскости. С помощью теплового насоса извлеченная из грунта теплота передается в систему отопления или горячего водоснабжения при пригодной для использования температуре. Так же как и другие системы термальной энергии, вертикальные коллекторы могут использоваться для пассивного (естественного) и активного охлаждения в летний период. Это является одним из основных преимуществ в сравнении с традиционными системами отопления. При

Ограничения в применении

Как правило, вертикальный коллектор состоит из одной или двух параллельно идущих пластиковых труб U-образной формы. По этим двум трубам циркулирует теплоноситель,



Схематическое изображение системы вертикального коллектора

охлаждении здания в летний период поглощенное тепло отводится в грунт. Уровень необходимой мощности отведения зависит от геологических и климатических условий, технологии извлечения тепла и сезонных колеба-

ний тепловой нагрузки со стороны потребителя. Для получения большей мощности создаются так называемые коллекторные поля. Они представляют собой объединение нескольких вертикальных коллекторов.



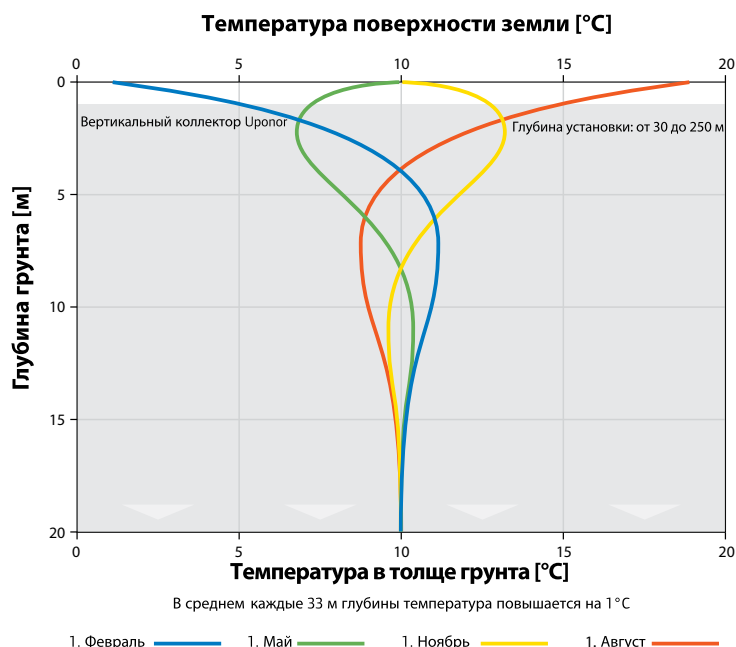
Простой U-образный коллектор Upronor

так называемый соляной раствор – смесь воды и антифриза. Соляной раствор забирает теплоту из грунта, переносит ее к испарителю теплового насоса и охлажденным снова

подается в вертикальный коллектор. Извлеченная из грунта энергия помогает нагреть теплоноситель в тепловом насосе до необходимой для системы отопления темпе-

ратуры. Как правило, температура подачи составляет примерно 35 °С. Температура системы должна быть максимально низкой, чтобы создать условия для высокого сезонного коэффициента полезного действия.

В зависимости от системы вертикальные геотермальные коллекторы имеют длину до 400 м. Прочность сварочных швов между U-образным коленом и трубой проверяется в заводских условиях с помощью гидравлических испытаний в соответствии с требованиями стандарта EN 805. Сварочные работы на вертикальном коллекторе на месте установки не производятся. Контур вертикального коллектора должен поставляться к месту установки в собранном состоянии после гидравлических испытаний. Температура

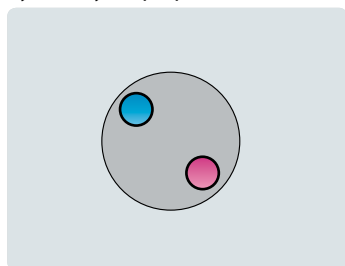


в верхнем слое почвы подвержена сезонным колебаниям. Однако на глубине ниже границы промерзания амплитуда таких колебаний значительно снижается. Начиная с глубины

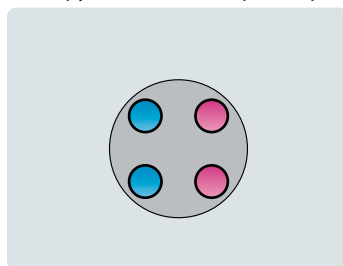
15 м в грунте наблюдается практически постоянная температура. Таким образом, вертикальные коллекторы редко подвержены воздействию колебаний температуры.

Типы вертикальных коллекторов

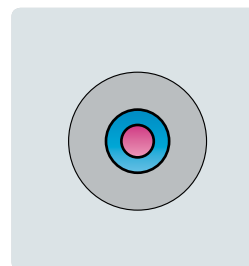
Существует три различных базовых конструкции коллекторов вертикального типа:



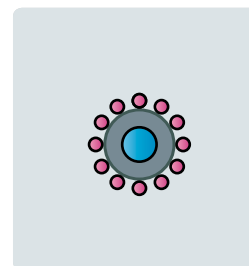
Одиночный U-образный коллектор в поперечном разрезе



Сдвоенный U-образный коллектор в поперечном разрезе



Коаксиальный коллектор в поперечном разрезе



Специальный вид: изолированная труба с закрепленными по кругу наружными неизолированными трубами

Одиночный U-образный коллектор

Одиночный U-образный коллектор состоит из двух коллекторных труб, которые соединены в нижней части с помощью U-образного приварного фитинга PE. Таким образом, в одиночном U-образном коллекторе находится по одной подающей и обратной трубе.

Сдвоенный U-образный коллектор

Сдвоенный U-образный коллектор состоит из четырех коллекторных труб, которые соединены в нижней части, попарно, с помощью U-образных приварных фитингов PE. Таким образом, в сдвоенном U-образном коллекторе находится по две подающих и обратных трубы.

Коаксиальный коллектор

Коаксиальность обозначает соосное расположение трехмерных элементов. Таким образом, коаксиальный грунтовой коллектор – это коллектор, который состоит из двух встроенных друг в друга труб (внутренняя труба и наружная труба). В зависимости от режима работы внутренняя труба может использоваться в качестве трубы подачи или обратного тока.

Расчет вертикального грунтового коллектора

Расчет вертикальных коллекторов зависит от свойств грунта, годового времени эксплуатации теплонасосной системы, диаметра скважины, материала засыпки скважины, расположения труб в скважине и теплового взаимодействия систем вертикальных коллекторов.

Чем ниже термическое сопротивление скважины R_b – тем выше интенсивность теплообмена. Термическое сопротивление скважины указывает на потерю температуры во время передачи теплоты от грунта теплоносителю (соляному раствору). Весомое влияние на уровень термического сопротивления скважины оказывают диаметр скважины, теплопроводность материала засыпки и тип вертикального коллектора.

Чем меньше диаметр скважины – тем меньше ее термическое сопротивление. Чем выше теплопроводность материала засыпки скважины – тем интенсивнее теплопередача и, соответственно, ниже термическое сопротивление скважины. Таким образом, термическое сопротивление скважины складывается из значений переходных сопротивлений отдельных элементов и удельных сопротивлений материалов.

Переходные сопротивления:
грунт < > засыпка скважины < >
труба < > теплоноситель (соляной раствор)

Сопротивления материалов:

$$R_b = R_c + R_s + R_v \quad [\text{м}^2\text{K/Вт}]$$

R_c Сопротивление теплоотдачи теплоноситель / труба

R_s Сопротивление теплопроводности трубы вертикального коллектора

R_v Сопротивление теплопередаче материала засыпки скважины

Необходимая длина коллектора L базируется на удельной мощности отведения q_e подпочвы и мощности охлаждения Q_o теплового насоса типа «соляной раствор – вода».

$$L = \frac{Q_o}{q_e} \quad [\text{м}]$$

Мощность охлаждения соответствует части мощности теплового насоса, полученной из окружающей среды, и составляет разницу между тепловой мощностью Q_n и потреблением электроэнергии P_{el} .

$$Q_o = Q_n - P_{el} \quad [\text{Вт}]$$

При расчете подводящих труб горизонтальных коллекторов необходимо обеспечить низкие потери давления, так как мощность циркуляционного насоса снижает сезонный коэффициент полезного действия β теплового насоса. Важно учитывать повышенный уровень вязкости соляного раствора в сравнении с водой.

Удельная мощность отведения на метр вертикального коллектора

Подпочва	Удельная мощность отведения q_e на м вертикального коллектора для мощности отопления до 30 кВт	
	1800 ч/г	2400 ч/г
Плохое качество подпочвы, сухие отложения	25 Вт/м	20 Вт/м
Нормальная твердая подпочва, отложения насыщены водой	60 Вт/м	50 Вт/м
Сцементированная порода с высоким уровнем теплопроводности	84 Вт/м	70 Вт/м

Источник: VDI 4640.

В течение более продолжительных периодов работы следует учитывать как удельную мощность отведения q , так и удельный годовой коэффициент отведения. Для вертикальных коллекторов термальной энергии данное значение должно находиться в пределах 100 и 150 кВт·ч (м²·год).

Расчет необходимого количества и глубины вертикальных грунтовых коллекторов производится для каждого проекта индивидуально с учетом гидрогеологических характеристик местности.

Максимальная скорость потока должна составлять 1 м/с. Течение в грунтовом контуре должно иметь турбулентный характер, так как это усиливает теплообмен между трубой и соляным раствором, что, в свою очередь, увеличивает его температуру.

При подборе моновалентного теплового насоса типа «соляной раствор – вода» площадь источников теплоты должна соответствовать требуемой нагрузке здания Q_G , а не мощности теплового насоса.

Общая необходимая мощность Q_{WP} включает в себя требуемую нагрузку здания Q_G и нагрузку на ГВС Q_{ww} с учетом времени блокировки Z .

$$Q_{WP} = (Q_G + Q_{ww}) \cdot Z \quad [Вт]$$

Если при выборе теплового насоса используется модель с меньшим уровнем тепловой мощности или меньшей длиной контура, то увеличивается время эксплуатации теплового насоса. Это означает, что вертикальный коллектор подвергается большей нагрузке или имеет более высокий годовой показатель отведения. Для компенсации роста времени эксплуатации длина контура

должна быть увеличена, что приводит к росту энергопотребления.

На практике используются следующие параметры: при расчете моновалентного теплового насоса типа «соляной раствор – вода» мощность теплового насоса должна составлять минимум 100% требуемой производительности.

При расчете более крупных систем коллекторов вертикального типа (> 30 кВт) очень важную роль играют тепловые свойства грунта. Они определяются при расчете теплопроводности образцов грунта при проведении пробного бурения. Однако данный метод является сложным и может быть осуществлен только в лабораторных условиях.

Для расчета вертикальных грунтовых коллекторов с использованием моделирующих программ требуется информация относительно теплопроводности по всей глубине скважины. Данную информацию можно получить непосредственно на месте проведения работ с помощью проведения теста теплопроводности (TRT).

Тест теплопроводности

Тест теплопроводности проводится с помощью изготовленного в заводских условиях грунтового коллектора. Во время проведения теста к коллектору подводится постоянная тепловая мощность, после чего происходит ее отъем. Оценка производится на основе теории линейного источника Кельвина. Полученные результаты позволяют увидеть точные геологические условия на месте проведения работ на всей глубине скважины и при стандартных условиях эксплуатации, включая воздействие потенциально существующего движения грунтовых вод.

Из-за сложных процессов геологической и гидрогеологической корреляции расчет вертикальных грунтовых коллекторов, а также проектирование и моделирование геотермальных систем должны проводиться только специалистами.

Монтаж

Можно применять вертикальные грунтовые коллекторы Uponor из полиэтилена PE100 и сшитого полиэтилена PE-Xa. Все вертикальные коллекторы, включая подводящие трубы, должны иметь одинаковую длину и быть подключены к тепловому насосу по принципу Тихельмана.

При подключении вертикальных грунтовых коллекторов по принципу Тихельмана необходимая длина распределительного коллектора делится на количество вертикальных коллекторов. Таким образом, длину и диаметр труб отдельных грунтовых коллекторов следует подбирать исходя из расхода и потерь давления.

Если нет возможности установки вертикальных грунтовых коллекторов (включая подводящие трубы) одинаковой длины, необходимо использовать балансировочные клапаны с целью поддержания одинаковых потерь давления в каждом циркуляционном контуре.

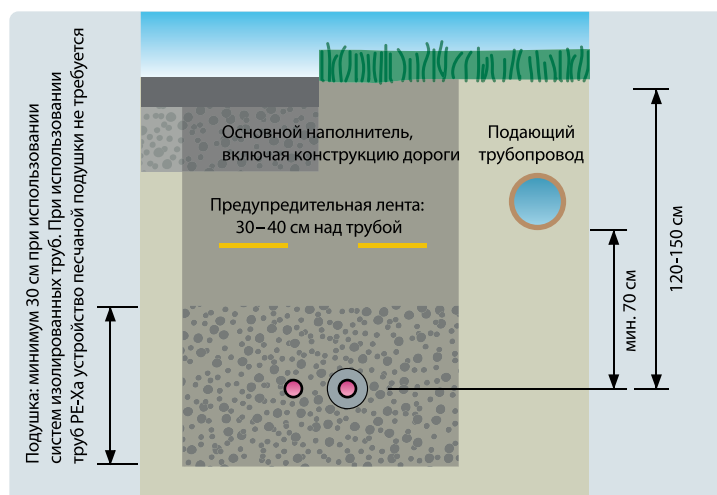
Для воздухоудаления подводящие трубы необходимо прокладывать с минимальным уклоном по отношению к коллекторной группе.

Эксплуатационная безопасность

Все коллекторы и фитинги должны устанавливаться снаружи зданий в дождезащитных камерах. Кроме того, циркуляционные контуры должны быть оборудованы шаровыми кранами на коллекторах для возможности их отключения. При применении грунтовых

коллекторов из полиэтиленовых труб PE100 (HDPE) можно использовать колодцы Uponor со встроенными коллекторами. Трубы циркуляционных контуров должны подключаться к коллекторам без чрезмерных нагрузок. Во избежание теплового взаимодействия вертикальные коллекторы должны устанавливаться с минимальной допустимой дистанцией

такого песчаного основания в силу того, что они обладают устойчивостью к медленному или быстрому росту трещин. Соединения труб, доступ к которым ограничен, должны быть неразъемными, например, с применением фитингов Uponor Quick & Easy (для труб PE-Xa), электросварных фитингов (для труб PE-Xa и PE100) или сварки (для труб PE100).



Основание под подводу. Труба подачи не изолируется – обратная труба изолируется

друг от друга, независимо от окружающих условий (зависит от региона установки). В условиях водоносных подпочв вертикальные коллекторы должны быть расположены под правильным углом относительно направления тока грунтовых вод. Следует избегать изоляции зон, в которых установлены вертикальные коллекторы. В зависимости от типа используемой трубы (PE100, PE-Xa), циркуляционные контуры должны укладываться на песчаную подушку. Только при использовании труб PE-Xa отпадает необходимость в организации

В соответствии с требованиями DIN 4140-2 во избежание конденсации воды все подводящие трубы, проходящие в стенах, а также все трубы внутри здания, в которых циркулирует соляной раствор, должны быть изолированы (изоляционный материал должен быть устойчивым к диффузии водяного пара).

Для предотвращения замерзания коллекторной системы вертикального типа и испарителя теплонасосная система заполняется соляным раствором, обычно смесью воды и этиленгликоля.

Строительство и окружающая среда

Теплоносители для геотермальных систем должны всегда выбираться таким образом, чтобы в случае утечки можно было избежать загрязнения грунтовых вод или почвы либо такое загрязнение было минимальным. В соответствии с требованиями предписания VDI 4640 в качестве теплоносителя следует выбирать нетоксичные или биологически разлагаемые органические вещества. Следует позаботиться о том, чтобы была возможность заполнения и спуска системы. Во избежание переполнения теплонасосная система должна быть оборудована предохранительным клапаном.

Содержание этиленгликоля в смеси обычно составляет 25 – 30%. Таким образом, потери давления в трубах коллектора в 1,5–1,7 раза выше, чем в случае заполнения водой. Данную информацию следует учитывать

при подборе циркуляционного насоса.

Вертикальные коллекторы поставляются на стройплощадку в готовом виде. Для того чтобы установить вертикальный коллектор после бурения, во избежание его всплытия перед установкой он должен быть наполнен теплоносителем. Как правило, к нижней части коллектора крепят дополнительные утяжелители. Их следует также принимать во внимание при расчете глубины скважин.

Выбор диаметра скважины зависит от конструкции вертикального коллектора и региональных условий. Чем меньше диаметр скважины, тем лучше происходит теплообмен.

В случае если необходима засыпка вертикального коллектора, данную операцию следует производить с помощью материала засыпки с улучшенными термальными свойствами. Значение теплопроводности таких стандартных материалов для засып-

ки, как бентонит, составляет 0,7–0,8 Вт/м·К; у материала засыпки с улучшенными термальными свойствами данный показатель может достигать значения до 2,5 Вт/м·К. Таким образом это позволяет достичь более высокого уровня температур соляного раствора или при сохранении такой же температуры соляного раствора может быть уменьшена длина контуров. Для предотвращения образования пустот бетонирование вертикальных коллекторов следует проводить под давлением через заливную и инжекторную трубу по направлению снизу вверх.

Распорки между трубами контура препятствуют термальному короткому замыканию между трубами подачи и обратки.

С помощью распорок трубы контура фиксируются к стенке скважины ближе к внешней части, и таким образом увеличивается теплообмен между стенкой скважины и трубами контура.

Объем воды в зависимости от типоразмера труб PE-Xa

Типоразмер труб [мм]	Внутренний диаметр [мм]	Объем воды [л/м]
40 x 3,7	32,6	0,835
50 x 4,6	40,8	1,307
63 x 5,8	51,4	2,075
75 x 6,8	61,4	2,961
90 x 8,2	73,6	4,254
110 x 10,0	90,0	6,362
125 x 11,4	102,2	8,203

Обратите внимание

Перед заполнением коллектора вертикального типа Uropog антифриз и вода должны смешиваться в достаточно большой емкости!

Гидравлические испытания должны проводиться в соответствии с требованиями стандарта EN 805. Данные испытания

должны проводиться вскоре после засыпки, до схватывания материала засыпки или после, что позволяет предотвратить

появление воздушного просвета между стенкой трубы и материалом засыпки после сброса давления. Формирование воздушного просвета ведет к появлению изоляционного эффекта со стороны воздуха и, таким образом, значительному снижению интенсивности теплоотдачи к стенке трубы и теплоносителю.

Фиксация труб подводки (высота в грунте и расстояние) осуществляется с помощью крепления труб на арматурной сетке или с помощью грунтовых крюков.

Правовое регулирование

Для установки вертикальных грунтовых коллекторов может понадобиться специальное разрешение со стороны ответственных органов в зависимости от страны, в которой проводится данный вид работ. На территории РФ необходимо соблюдать требования действующих нормативных документов и законов.

Материалы для геотермальных систем Uponor

PE-Ха

Длительный срок эксплуатации и чрезвычайная прочность труб Uponor PE-Ха позволяет им обеспечивать не только надежное водоснабжение, но также отличное соотношение между стоимостью и техническими характеристиками. Пользователи получают несравнимую степень надежности на многие десятилетия.

Компания Uponor является единственной компанией, которая предлагает продленный срок гарантии на 10 лет, включая денежное покрытие за ущерб размером в 1 миллион евро в отдельных случаях за укладку труб без песочной подушки в соответствии с общепринятыми действующими нормами.

Кроме использования с системой фитингов Uponor Quick & Easy трубы Uponor PE-Ха могут соединяться с использованием традиционных электросварных фитингов. Данные соединения обладают таким же качеством, что и соединения труб из обычного полиэтилена.

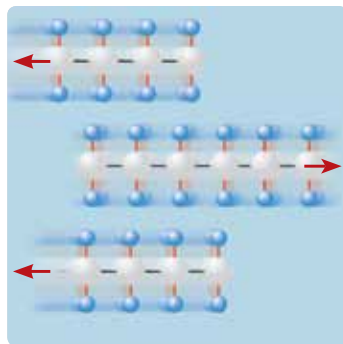
При производстве труб Uponor PE-Ха молекулы полиэтилена образуют высокопрочную трехмерную решетку. Достигается это с помощью запатентованной процедуры. Благодаря такому поперечному сшиванию труба приобретает великолепные термальные и механические характеристики, которые не оставляют сомнений в выборе ее для использования в системах термальной энергии.

Трубы Uponor PE-Ха для систем термальной энергии – это трубы из поперечно сшитого полиэтилена, произведенные по запа-

тентованному методу Энгеля.

При использовании данного процесса высококачественный поли-этилен расплавляется, и из него формируют трубы в так называемых плунжерных экструдерах.

Благодаря высокой температуре протекания данного процесса и высокому давлению добавляемый пероксид вступает в реакцию в процессе плавления и частично отделяет атомы водорода от атомов углерода в молекулярной цепочке поли-



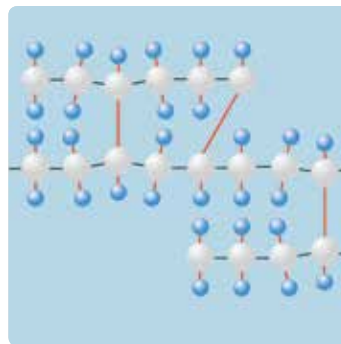
«Разрыв» молекулярной цепи при механическом воздействии на трубы из обычного полиэтилена

этилена. В образовавшихся местах молекулярные цепи переплетаются. Образуется устойчивая трехмерная молекулярная решетка, которая не может «разорваться». Таким образом, трубы PE-Ха особенно подходят для всех видов укладки, при которых материал подвержен механическому воздействию.

В отличие от труб из обычного полиэтилена трубы из поперечно сшитого полиэтилена имеют так называемый «эффект памяти». Это свойство материала позволяет автоматически восстанавливать свою первоначальную



Восстановление перегибов с помощью горячего воздуха



Молекулярная структура поперечно сшитого полиэтилена PE-Ха препятствует разрыву при механическом воздействии

форму после снятия деформирующей нагрузки, например растяжения.

Нагрев трубы максимум до 140 °C позволяет восстанавливать даже места перегибов.

Эффект памяти труб PE-Ха является основой механизма соединения с помощью технологии подключения Uponor Quick & Easy. При использовании данной технологии вначале производится расширение трубы PE-Ха, после чего туда вставляется фитинг. Под воздействием эффекта памяти труба PE-Ха, наоборот сужается с необходимой силой и без дополнительных герметизирующих элементов на фитинге – быстро и надежно!

Полностенные трубы из PE 80 или PE 100 имеют множество преимуществ в сравнении с металлическими трубами. Однако при их укладке необходимо всегда использовать песчаную подушку – трудоемкий и дорогостоящий процесс. Вместе с тем трубы, изготовленные из пероксидного поперечно сшитого полиэтилена PE-Xa,



Укладка труб PE-Xa без песчаной подушки

Труба Uponor PE-Xa для использования в системах термальной энергии показала лучшие результаты в четырех наиболее важных испытаниях:

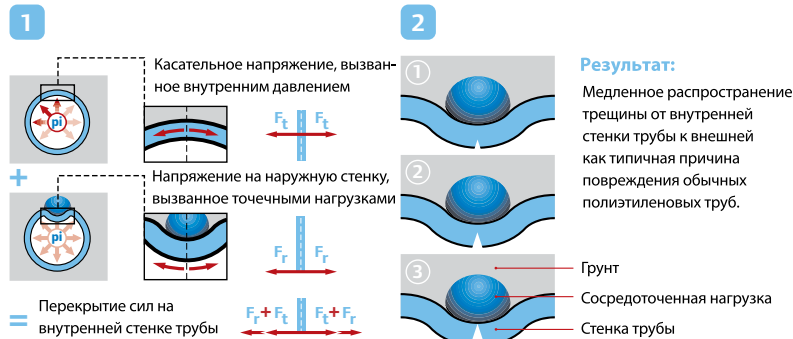
- **испытание на стойкость к медленному распространению трещин:** проведение испытания было остановлено без результатов (при 14 300 ч);
- **испытание на стойкость к быстрому распространению трещин:** при проведении испытания S4 распространения трещин не зафиксировано;
- **тест на определение предела ползучести:** 30 лет испытаний в реальных условиях позволяют определить срок эксплуатации в более чем 100 лет;
- **изменение производительности при сосредоточенной нагрузке:** изменений не зафиксировано, одобрено для установки без песчаной подушки в соответствии с требованием DVGW W400-2.

обладают значительной пластичностью, устойчивы к высоким механическим нагрузкам и могут устанавливаться без применения песчаной или гравийной подушки в соответствии с требованиями DVGW Спецификация W 400-2. Часто вынутый грунт может использоваться непосредственно для засыпки. Это позволяет экономить время и деньги.

Если пластиковые трубы укладываются без песчаной подушки, они подвержены значительным механическим нагрузкам. На трубу одновременно воздействуют следующие силы: напряжение на наружную стенку, вызванное точечными нагрузками извне, например

Убедительное преимущество материала было подтверждено независимыми испытаниями (S4, Notch, FNC-Test). Важным критерием для кладки без использования песчаной подушки является проведенный анализ предела ползучести труб в испытании FNCT (испытание всего разреза на ползучесть). Данное испытание позволяет измерять предел прочности материала на разрыв при повышенных температурах. Для этого в образце по кругу делается насечка глубиной 10% от толщины материала, после чего образец подвергается воздействию растягивающей силы в ванне с умеренным количеством поверхностно-активных веществ.

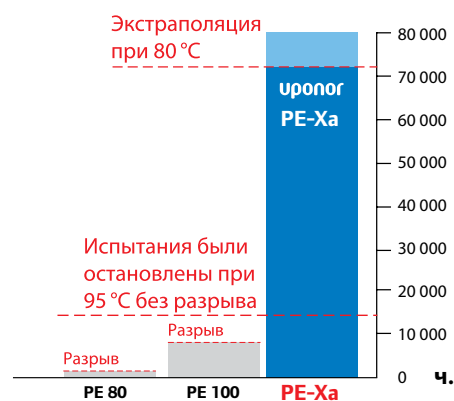
Образование трещин в трубах из неперекротно сшитого полиэтилена



из-за камней и других предметов, и касательное напряжение, вызванное внутренним давлением. Обе силы перекрываются на внутренней части стенки трубы. В трубах из обычного полиэтилена трещины в стенке трубы со временем распространяются к ее внешней части.

В трубах Uponor PE-Xa для использования в системах термальной энергии трещины не возникают и не распространяются в материале благодаря специальной технологии поперечного сшивания на уровне молекулярной решетки.

FNCT – $\sigma = 4 \text{ Н/мм} \cdot \text{время ползучести при } v = 80^\circ\text{C}$



После этого фиксируется время до образования в области насечек трещины, трещина продолжает прогрессировать до полного разрыва трубы. Испытания труб Uponor PE-Xa, проводимые при температуре 95 °C, были остановлены после 14 300 часов, в течение которых не было зафиксировано ни одной трещины. Если провести экстраполяцию при тестовой температуре в 80 °C, которая является стандартной при использовании PE, получится предел ползучести более чем в 70 000 часов, значение, что на порядок выше характеристик современных материалов из обычного полиэтилена. Благодаря такой высокой стой-

кости к механическим нагрузкам трубы Uponor PE-Xa особенно хорошо подходят для использования в системах термальной энергии.

При использовании энергетических свай из монолитного бетона могут возникать механические нагрузки и повреждения при креплении труб на арматурный каркас, при погружении собранного арматурного каркаса, а также при заливке свай.

Из-за происходящих на стройке процессов трубы подводки для вертикальных коллекторов и энергетических свай часто подвергаются механическому воздействию во время и после установки. В результате это при-

водит к несоответствующей укладке труб и нагрузке на трубы со стороны рабочих и техники.

Дополнительным преимуществом труб PE-Xa является то, что их не нужно укладывать на песчаную подушку; в силу своей низкой теплопроводности сухой песок, например, является плохой термальной подушкой, если речь идет о горизонтальных коллекторах. При использовании труб PE-Xa для подушки может использоваться исходный грунт, который чаще обладает лучшей теплопроводностью. Кроме получения более высоких результатов энергоэффективности системы это также позволяет сэкономить средства.

Quick & Easy

Свойством труб Uponor PE-Xa (поперечно сшитый по методу Энгеля полиэтилен высокой плотности) является температурная память, так называемый эффект памяти. Это обеспечивает исключительную способность материала возвращаться в свою первоначальную форму, которую мы используем в технологии соединения Quick & Easy. Если расширить трубу Uponor PE-Xa специальным инструментом, то в течение короткого периода времени расширенная часть трубы примет свой изначальный вид. Благодаря этому материал трубы не нуждается в дополнительной герметизации, так как

сам становится герметизирующим материалом. Фитинг Quick & Easy обеспечивает глухую посадку по форме. Обеспечивается на 100% надежное соединение труб без применения уплотнительных колец.

Сначала на конец трубы надевается стопорное кольцо, для того чтобы расширить его вместе с трубой. Для этого используются гидравлический, электрический или ручной инструмент и расширительные головки для разных типоразмеров труб Uponor PE-Xa.

Прежде чем расширенный конец трубы примет свою первоначальную

форму, в него вставляется фитинг Uponor Quick & Easy. Уже в течение нескольких секунд труба сжимается вокруг фитинга, образуя абсолютно герметичное соединение. В зависимости от рабочей температуры после завершения монтажных работ проводятся гидравлические испытания.

На рынке представлен ассортимент фитингов Uponor Quick & Easy из PPSU, применяемых в геотермальных системах. Высокоэффективный пластик полифенилсульфон (PPSU) выделяется своей стойкостью к механическим нагрузкам и температуре.



Надеть стопорное кольцо на трубу



Расширить конец трубы с кольцом



Надеть трубу с кольцом на фитинг

Коллекторные колодцы Uponor для труб PE100

Компания Uponor производит широкий ассортимент распределительных колодцев для подключения от 2 до 20 контуров.

Подбор

Распределительные колодцы компании Uponor для систем, включающих в себя до 10 контуров, подключаются подводящими трубами диаметром 63 мм. Распределительные колодцы для систем, рассчитанных на более чем 10 контуров, подключаются подводящими трубами диаметром 110 мм. При необходимости в случае использования длинных подводящих труб возможен подбор более подходящего диаметра подключения в зависимости от располагаемого давления.

Коллекторы распределительных колодцев Uponor снабжены либо шаровыми кранами на подающих и возвратных патрубках для перекрытия каждого циркуляционного контура, либо шаровыми кранами на подающих и регулируемыми клапанами на возвратных патрубках – для балансировки циркуляционных контуров при их разной длине.

Компания Uponor предлагает распределительные колодцы для установки как вне зон движения транспорта, так и под проезжей частью.

Установка распределительных колодцев, не предназначенных для зон движения транспорта

Необходимо выровнять дно котлована с помощью дренажного слоя толщиной 100 мм. Материал дренажа – щебень или гравий. Это особенно важно, если крышка колодца находится ниже уровня земли.

Высоту колодца нельзя увеличивать. При необходимости монтажа на большей глубине он может быть присыпан землей. Можно также установить бетонное кольцо от крышки до уровня земли. Следует помнить о риске протекания воды в колодец, что может затруднить доступ к клапанам.

Данные колодцы предназначены для установки на озелененной территории, где, как правило, не предполагается движение наземного транспорта. Колодцы рассчитаны на случайную нагрузку. Это может быть, например, газонокосилка, трактор, и т.д., которые могут проехать возле колодца или по нему (если он закрыт крышкой).

Трубы, подходящие к колодцу, должны быть изолированы как минимум на 2 м от колодца.



Колодец Uponor для зон без движения транспорта

Установка распределительных колодцев, предназначенных для зон движения транспорта

В таблице ниже представлены требования к высоте засыпки для распределительных колодцев Uponor диаметром 1000 и 1300 мм.

Засыпка вокруг колодца должна производиться равномерно. Подходящий для этого материал должен засыпаться слоями, чтобы данную область можно было полностью уплотнить.

Трубы, подходящие к колодцу, должны быть изолированы как минимум на 2 м от колодца.



Колодец Uponor для зон движения транспорта

Требования к высоте засыпки для коллекторного колодца Upronor со смотровым люком, диаметр 1000 мм

Класс	Нагрузка при испытании		Описание зоны расположения	Требование к высоте засыпки (А)*
D	40 т	400 кН	Проезжая часть (включая пешеходную зону), асфальтированная обочина и автостоянка	45 см
C	25 т	250 кН	Зона водоотводной канавы	25 см
B	12,5 т	125 кН	Тротуар, пешеходная зона, автостоянка или многоуровневая автостоянка	20 см
A	1,5 т	15 кН	Пешеходная зона с велосипедной дорожкой	20 см

* Если необходима меньшая высота засыпки, просьба обратиться в компанию Upronor за консультацией.

Uponor – в партнерстве с профессионалами

Uponor занимает лидирующие позиции среди поставщиков трубопроводных систем водоснабжения, отопления и канализации для коммунального хозяйства. Основные направления деятельности – напольное и радиаторное отопление, водоснабжение и наружные сети.

Более подробную информацию о продукции Uponor вы можете получить на сайте www.uponor.ru

Наши офисы в России:

Москва

Адрес ул. 2-я Хуторская, д. 38а, стр. 8
Телефон: +7 495 785 69 82
Факс: +7 495 789 45 74

Санкт-Петербург

Адрес В. О., ул. Детская, д. 5а
Телефон: +7 812 327 56 88
Факс: +7 812 327 56 90

Склад

Адрес: Город Щелково
ул. Хотовская, д. 47

Краснодар

Адрес: ул. Дмитриевская Дамба, д. 5,
оф. 302
Телефон: +7 988 240 89 98

Самара

Адрес: ул. Ерошевского, д. 3а, оф. 500а
Телефон: +7 919 802 22 76

Уфа

Адрес: Республика Башкортостан,
ул. Кирова, д. 1
Телефон: +7 987 254 38 83

Екатеринбург

Адрес: ул. Блюхера, д. 50, оф. 338
Телефон: +7 912 600 79 96

Новосибирск

Адрес: Красный проспект, д. 163/2, оф. 407/2
Телефон: +7 913 900 11 13

Единый справочный номер в России

Телефон: +7 800 700 69 82

uponor
simply more