

Технический справочник

Подключение тепловых насосов
в отопительную систему



nukleon
Естественное тепло в вашем доме

ООО «Нуклеон-Украина»
e-mail: info@nukleon.com.ua
www.nukleon.com.ua

Оглавление:

1	Стандартные принципы подключения тепловых насосов в технологический отопительный комплекс.	
1.1	Расчет мощности теплового насоса	2
1.1.1	<i>Расчет мощности теплового насоса в моновалентном исполнении</i>	3
1.1.2	<i>Расчет теплового насоса в бивалентном исполнении</i>	3
1.2	Выбор системы отопления	4
1.2.1	<i>Отопление панелями, размещёнными в полу</i>	4
1.2.2	<i>Отопление панелями, размещёнными в полу + отопительные радиаторы</i>	4
1.2.3	<i>Отопление радиаторами</i>	5
1.3	Подбор циркуляционных насосов	5
1.4	Содержание: отопительные системы, расширение, аварийное устройство	6
1.5	Защита от проскальзывания компрессора теплового насоса	7
1.6	Конструкция корпуса теплового насоса	7
1.7	Подключение к отопительной системе и регулировка источника тепла	7
1.7.1	<i>Гидравлическое подключение</i>	7
1.7.2	<i>Электрическая схема, регулирование</i>	7
2	Тепловой насос технологической системы вода/вода (разомкнутая система)	
2.1	Описание технологической системы (природная энергия)	8
2.2	Расчет погружного насоса	9
3	Тепловой насос Нуклеон для технологической системы вода/вода (река, или незамерзающее озеро)	
3.1	Описание технологической системы	11
4	Тепловой насос Нуклеон для технологического использования энергии земли	
4.1	Описание технологической системы	11
4.2	Горизонтальный коллектор	12
4.2.1	<i>Классический горизонтальный коллектор</i>	12
4.2.2	<i>Горизонтальный коллектор — SLINKY-H</i>	13
4.2.3	<i>Горизонтальный коллектор — SLINKY-Y</i>	13
4.3	Вертикальный коллектор — земляная скважина	13
4.4	Руководство укладки труб земляного обменника	14
4.5	Построение системы	14
4.6	Соляной раствор (рассолы)	15
4.6.1	<i>Смесь воды и Etylenglykolu</i>	15
4.6.2	<i>Смесь воды и Propylenglykolu</i>	15
4.6.3	<i>Смесь воды и этанол (алкоголь)</i>	16
4.6.4	<i>Смесь воды и CaCl₂</i>	16
4.7	Расширительный бак, первичный контур	16
4.8	Выбор циркуляционного насоса на соляной раствор	17
4.9	Расчет земных обменников используя тепловой насос HPBW	18
4.10	Инструкция по укладке земных коллекторов	19
4.10.1	<i>Горизонтальное исполнение</i>	19
4.10.2	<i>Грунтовые скважины – скважины</i>	21
5	Список литературы	21

1 Стандартные схемы подключения тепловых насосов в технологический отопительный комплекс.

1.1 Расчет мощности теплового насоса.

При определении мощности теплового насоса необходимо знать тепловые потери отапливаемого здания, расход тепла и возмещение его за отопительный сезон, а также схему системы отопления, на которую будет устанавливаться тепловой насос.

Для получения полного и правильного расчета тепловые потери рассчитываются по СНиП 2.04.05-91* используя материалы ЧСН 06 0210.

Тепловой насос необходимо выбирать такой мощности, чтобы покрывал 100% тепловых потерь отапливаемого здания для моновалентной системы, или всего часть тепловых потерь, а всю остальную необходимую мощность аккумулировать и дополнять другим источником тепла (бивалентная система). Мощность бивалентного источника выбирается такой, чтобы могла покрывать в сумме с мощностью теплового насоса тепловые потери отапливаемого здания.

Внимание! Теплопроизводительность теплового насоса сильно зависит от условий правильного выбора источника низкопотенциальной энергии, от которого он отбирает энергию, а также от точности расчета тепловых потерь отапливаемого здания, куда устанавливается тепловой насос. Ошибки расчетов в последствии сильно отражаются на теплопроизводительности, электропотреблении и работоспособности всей системы отопления. Поэтому просим внимательно изучить паспорт теплового насоса, его производительность, источник энергии и выходные температурные показатели. В связи с выше перечисленным, марка теплового насоса выбирается индивидуально под конкретное применение и имеет плавающий показатель номинальной мощности.

Необходимое количество тепла для возмещения тепловых потерь отапливаемого здания определяется индивидуальным теплотехническим расчетом по СНиП 2.04.05-91* и для нахождения суммарных годовых тепловых потерь отапливаемого здания по ЧСН 38 3350. Тепловые потери для обычного жилого дома, рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_d = 24 \times 0.63 \times Q \frac{d \times (t_i - t_{es})}{(t_i - t_{ev})}$$

t_i -внутренняя расчётная температура, в пределах 16-24°C [1];

t_{ev} -наружная расчётная температура (для Киева -22°C) [1];

t_{es} -средняя наружная температура во время отопительного сезона (для Киева +1,2°C) [2];

d - число дней отопительного сезона (для Киева - 187);

Q -тепловые потери (кВт) по СНиП 2.04.05-91*

Полученное по формуле значение Q_d , в кВт*час за год.

Также необходимо учитывать затраты мощности на приготовление горячей хозяйственной воды (TUV).

$$Q_{TUV} = L \times 17$$

Где L - количество ежедневного нагрева воды до 50°C, из расчета 50 л. на человека в день.

Значение Q_{TUV} получаем, в кВт*час за год.

Примечание. Если необходимо получить воду с параметрами 55°C, то в бак нагрева горячей хозяйственной воды необходимо установить дополнительно электрический или другой нагреватель. Количество потребляемой нагревателем энергии Q_{TUV2} (в кВт*час за год) можно определить, умножив величину L на коэффициент 4.
Общий расход тепла Q_c получаем, суммируя значения Q_d , Q_{TUV} и, если необходимо, Q_{TUV2} .

1.1.1 Расчет мощности теплового насоса в моновалентной системе.

При выборе данной схемы необходимо определить, сколько тепловой насос будет производить тепла, потреблять энергии из электрической сети, по какому тарифу пользователь будет потреблять электроэнергию, и какое количество тепла будет аккумулироваться в материалах, из которых построено здание. В зависимости от этих величин зависит максимальный период работы теплового насоса (НДО), для обычных условий НДО составит 22 часа. При необходимости покрыть расход тепла тепловым насосом во время высокого тарифа, нужно увеличить его теплопроизводительность коэффициентом запаса, что во время низкого тарифа позволит выработать большее от необходимой количество тепловой энергии и аккумулировать ее в баках-аккумуляторах.

$$Q_{TIMN} = 1.1 \times Q$$

Где Q - теплотери по СНиП 2.04.05-91*

Потребление электроэнергии рассчитывается исходя из общего расхода тепла за весь отопительный сезон, при отопительном факторе теплового насоса.

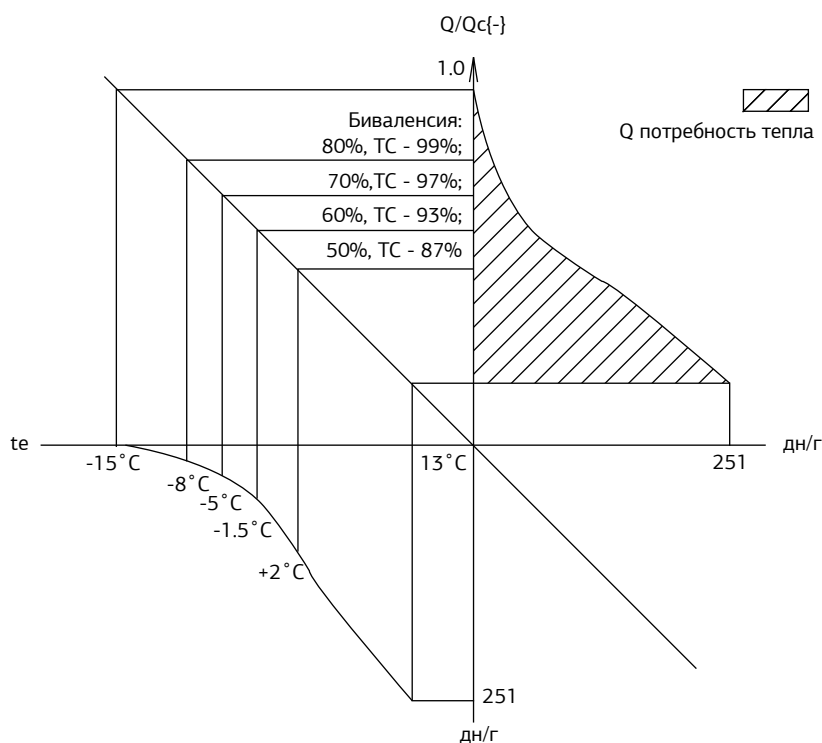
$$Q_{cEL} = Q_c / \varepsilon$$

Где ε - отопительный фактор в отопительный сезон (COP) (приводится в технических характеристиках на тепловой насос, зависит от температуры воды в отопительных приборах при наружной температуре воздуха t_{es})

1.1.2 Расчет термического насоса в бивалентной системе.

Эта система отличается от моновалентной наличием встроенного дополнительного источника тепловой энергии (биваленсия). Такими источниками могут служить ТЕНы, газовые или твердотопливные котлы, гелиосистемы и др. Применение биваленсии позволяет снизить мощность устанавливаемого теплового насоса и, как следствие, понизить капитальные затраты на установку системы отопления.

В данном случае расчет более затруднительный. Предпочтительный способ заключается в составлении криволинейной характеристики по продолжительности значений минусовой температуры в данном регионе.



Эта диаграмма демонстрирует производство необходимого количества тепла (заштрихованная зона). Временные и температурные параметры взяты из справочника климатологии и не очень значительно отличаются от места расположения территории, показывают, сколько тепла за весь отопительный сезон необходимо производить тепловым насосом и сколько аккумулировать и дополнять биваленсией.

При выборе мощности биваленсии, необходимо учитывать стоимость работ и капитальных затрат, доступность к низкопотенциальному источнику и ограничения с точки зрения мощностного ряда тепловых насосов.

На практике себя зарекомендовала установочная мощность теплового насоса при покрытии примерно до 70% тепловых потерь отапливаемого здания. Остаток мощности покрывается биваленсией, являющейся также системой снятия временной задержки инертности воды. В большинстве случаев, бивалентный источник работает кратковременно от 2 до 4 суток за весь отопительный сезон. При расчетах нельзя забывать, что общая установленная мощность биваленсии, с учетом НДО, должна быть в 1.1 раз больше тепловых потерь по СНиП 2.04.05-91*. Потребляемая мощность с учетом НДО будет минимальной в том случае, если отапливаемого здания имеет малые тепловые потери, и следовательно большую аккумулирующую возможность.

Потребление электроэнергии в бивалентной системе с ТЕНОм рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_{CEL} = Q_{TH} / \varepsilon + Q_{ЕК} \quad (\text{кВт*час})$$

Где Q_{TH} - произведенная тепловым насосом энергия, кВт*час;

ε - отопительный фактор теплового насоса (COP) /Каталог оборудования Нуклеон/;

$Q_{ЕК}$ – потребление электроэнергии бивалентным источником, кВт*час.

1.2 Выбор системы отопления

При проектировании системы отопления с тепловым насосом очень важно сделать правильный выбор типа отопительных приборов. Максимально выгодной является крупнопанельная отопительная система, какой является подпольное отопление, или отопление панелями, размещёнными в стенах, которые не нуждаются в высокой температуре теплоносителя. Преимуществом этих систем заключается в возможности снижения значения температуры в помещении на 2-3°C, по причине теплопередачи путем излучения. Нельзя забывать, что максимальная температура на выходе из обычного теплового насоса 55-62°C, что необходимо учесть при выборе типов и размеров отопительных приборов.

1.2.1 *Отопление панелями, размещёнными в полу (система «теплый пол»).*

Данная система выгодна тем, что для отопления достаточна температура теплоносителя 35°C. Такой системой удобно набирать низкотемпературный градиент +5°C. Неудобство заключается в ограничении максимальной мощности, из расчета на 1 м² отопительной площади пола, не более 96 Вт. Поэтому, чаще всего, применяется сочетание системы «теплый пол» с радиаторными, конвекторными отопительными приборами, или фанкойлами.

Предпочтительно использовать систему «теплый пол» в комбинации с фанкойлами. Это обусловлено тем, что подавляющее большинство фанкойлов работают на температурном перепаде теплоносителя в 5°C. Особенно целесообразно использование фанкойлов в системе отопления с тепловым насосом реверсного типа, который работает в летний период на охлаждение помещений. В таком случае здание может в зимний период отапливаться и в летний период охлаждаться одной системой, что существенно снижает капитальные затраты на этапе строительства такого здания.

1.2.2 *Отопление панелями, размещёнными в полу + отопительные радиаторы.*

Этот вариант требует для правильной работы использование термогидравлического распределителя (THR) и своего распределительного коллектора. Помимо разводки труб, еще потребуется один циркуляционный насос, который бы обеспечивал водой цикл, между радиатором THR и тепловым насосом ТН. Также необходимо в контуре системы «теплый пол» установить трехходовой вентиль и циркуляционный насос, который бы поставлял в контур воду с температурой 35°C и необходимым давлением, потому что настенная отопительная арматура является приоритетной и работает на теплоносителе с параметрами от 55 до 62 °C.

1.2.3 Отопление радиаторами.

Для такой системы советуем выбирать перепад температур из расчета максимальной температуры теплоносителя 45/55 °С. Во время проектирования необходимо пересчитывать номинальные мощностные показатели отопительных приборов и увеличивать их площадь из-за снижения температурного градиента с 90/70 °С, на температуру 55/45°С. Пересчет производится по формуле:

$$Q_{SK} = Q_N \times \left(\frac{t_{SSK} - t_i}{t_{SN} - t_i} \right)$$

Где, t_{SSK} измеренная средняя температура $(t_{под} + t_{обр})/2$

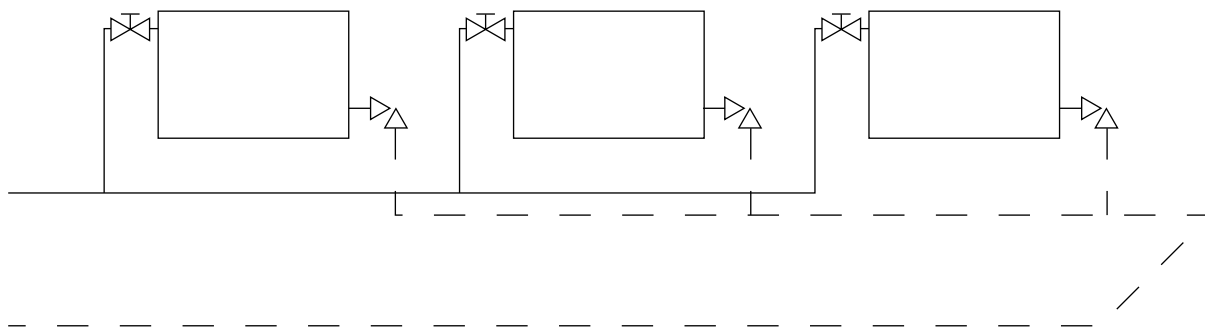
t_{SN} средняя номинальная температура ребра 80°С (90/70)

t_i внутренняя температура помещения

n коэффициент отопительного прибора (задается изготовителем) например: 1.3 для радиаторного отопительного прибора и 1.4 для конвективного.

Упрощённо возможно сказать, что мощность 1 ребра при температурном перепаде 55/45 °С составляет примерно 40% по сравнению с мощностью при температурах 90/70°С.

Особенно стоит обратить внимание на то, что для радиаторной системы отопления следует принимать двухтрубную разводку с параллельным движением теплоносителя. Однотрубная разводка не является пригодной для низкотемпературной отопительной системы. При использовании комнатного термостата, не рекомендуется использовать терморегулирующие головки на отопительных приборах в комнате, в которой расположен такой термостат.



Для простой, одноконтурной системы, тепловой насос можно присоединять напрямую в отопительную систему. В случае наличия в системе двух и более отопительных контуров на каждый нужно установить циркуляционный насос, включая контур нагрева горячей воды TUV. Между тепловым насосом и распределительными устройствами целесообразно присоединить аккумулирующий бак, при необходимости оснастив его нагревательным прибором (ТЕНом). Аккумулирующий бак объединяет в себе несколько функций: краткосрочную аккумуляцию и компенсирование тарифа НДО, место подключения биваленсии, термогидравлическое распределительное устройство и, если бак изготовлен с поплавковым проточным внутренним сосудом для нагрева горячей воды TUV, то и для обеспечения нагрева (или догрева) такой воды.

Еще одним преимуществом этого варианта есть то, что температура воды в аккумулирующем баке подогревается в зависимости от наружной температуры воздуха. Эта модель регулирования обеспечивает равновесие работы теплового насоса в максимально выгодном режиме, потому что от скорости падения температуры воды в радиаторах зависит отопительный фактор COP. В остальном расчеты системы отопления не отличаются от других классических систем.

1.3 Подбор циркуляционных насосов

Для правильного подбора циркуляционных насосов надо произвести гидравлический расчёт разводки труб отопительной системы. Общий напор циркуляционного насоса включает в себя сумму сопротивлений отопительной системы и конденсатора теплового насоса (указан в каталоге оборудования Нуклеон).

При использовании аккумуляторного бака, циркуляционному насосу необходимо иметь напор для преодоления всего сопротивления контура, куда входит сопротивление конденсатора теплового насоса, сопротивление бака, регулирующей арматуры, трубопроводов и т.д. Для нагревательных контуров системы отопления («теплый пол», радиаторы, приготовление воды TUV и т.д.) необходимо устанавливать собственные циркуляционные насосы.

Для правильной работы теплового насоса нужно обеспечить протекание воды через конденсатор с постоянным расходом, поэтому прямое подключение трёхходового смесителя, которой изменял бы направление тока теплоносителя по отношению к источнику тепла, не рекомендуется. При уменьшении расхода воды иногда случается срыв завихрений (турбулентии) в конденсаторе и как результат - снижение теплоотдачи, повышение температуры конденсации и снижение отопительного фактора.

1.4 Содержание: отопительные системы, расширители, аварийные устройства

Система отопления, заправляется обычной водой из водопроводной линии, в которую добавляется предназначенная для отопления антикоррозийная присадка.

Систему необходимо изготавливать как напорную, с расширительным баком. Его величина зависит от количества воды в системе отопления, которую необходимо заполнять из расчёта применяемого оборудования. Для примера приводим таблицу:

Система отопления	Удельный объём (л/кВт)
Система отопления с принудительной циркуляцией, отопительные приборы конвективные	6,0
Система отопления с принудительной циркуляцией, «теплый пол»	8,0
Система отопления с принудительной циркуляцией, панельные радиаторы	10,0
Система отопления с принудительной циркуляцией и секционные радиаторы	12,0

$V(l) = \text{установленная мощность(кВт)} \times \text{удельный объём(л/кВт)}$

Рекомендуемый объем напорного расширительного бака зависит от отопительных приборов и выбирается из расчета максимальной температуры радиаторов воды 55°C и давление 180 кПа (абсолютное):

Объём системы (l)	Полезный объём EN (l)
100	4
150	6
200	8
400	18
600	25
1000	50

Защита системы от превышения максимального давления 350 кПа, обеспечивает предохранительный клапан. Необходимо учесть требование, что между предохранительным клапаном и источником тепла не должно быть никакой запорной арматуры. Это требование необходимо для предотвращения случайного закрывания воды в емкости (объёмное

расширение воды) и для предотвращения превышения максимального давления при наполнении, потому что система пополняется от обыкновенной водопроводной сети. Поскольку некоторые комбинации систем предусматривает компенсационный бак, аккумулирующий бак и ТЕН как целое, целесообразно поместить предохранительный клапан, проточный клапан и расширительный бак на один ввод в аккумулирующий бак, а другие предохранительные клапана поместить на вход, или выход конденсатора термического насоса. Автоматика управления фреоновой цепи теплового насоса также косвенно является внутренней защитой от случайного закрытия воды, и регулируются с помощью регулятора высокого давления (малый отбор тепла -> превышения максимального конденсационного давления хладагента).

1.5 Защита от сбоя цикличности компрессора теплового насоса

Тепловой насос имеет электронную защиту от сбоя цикличности. Изготовителем рекомендуется частота цикла термического насоса максимально 4 цикла в час. Это условие выполняется при удельном объёме отопительной системы приблизительно 15 л/кВт. В случае отсутствия возможности выполнения такого условия, уместно рассматривать установку аккумуляционного бака в отопительную систему. Поскольку применение комбинированного аккумуляционного бака исключают возможные проблемы в работе теплового насоса, (в случае малой потребности в тепле во время переходного периода), когда отработывает электронная защита компрессора, включение аккумулирующего бака является лучшим вариантом компоновки такой системы.

1.6 Конструкция корпуса теплового насоса

Тепловой насос Нуклеон сконструирован так, что не нуждается в специальном помещении, поскольку установлен на антивибрационном основании. Погашение вибрации компрессора достигается гибким креплением в корпусе с применением упругих элементов, которые размещены внутри шкафа, чем происходит устранение двойной колебательной массы. Подключение теплового насоса к системе отопления должно производиться гибким напорным шлангом, чтобы предотвратить передачу собственного шума и колебаний в отопительный контур, или в трубопроводную сеть.

Для достижения максимального комфорта в отапливаемом здании рекомендуется установить тепловой насос в удалении от спален, детских, гостиных и других жилых помещений.

1.7 Подключение к отопительной системе и регулировка источника тепла.

1.7.1 Гидравлическое подключение

Как уже было сказано в статье 1.1 и 1.2, существует два варианта подключения тепловых насосов. Ниже приведено несколько других видов включения тепловых насосов Нуклеон.

1.7.2 Электрическая схема, регулирования

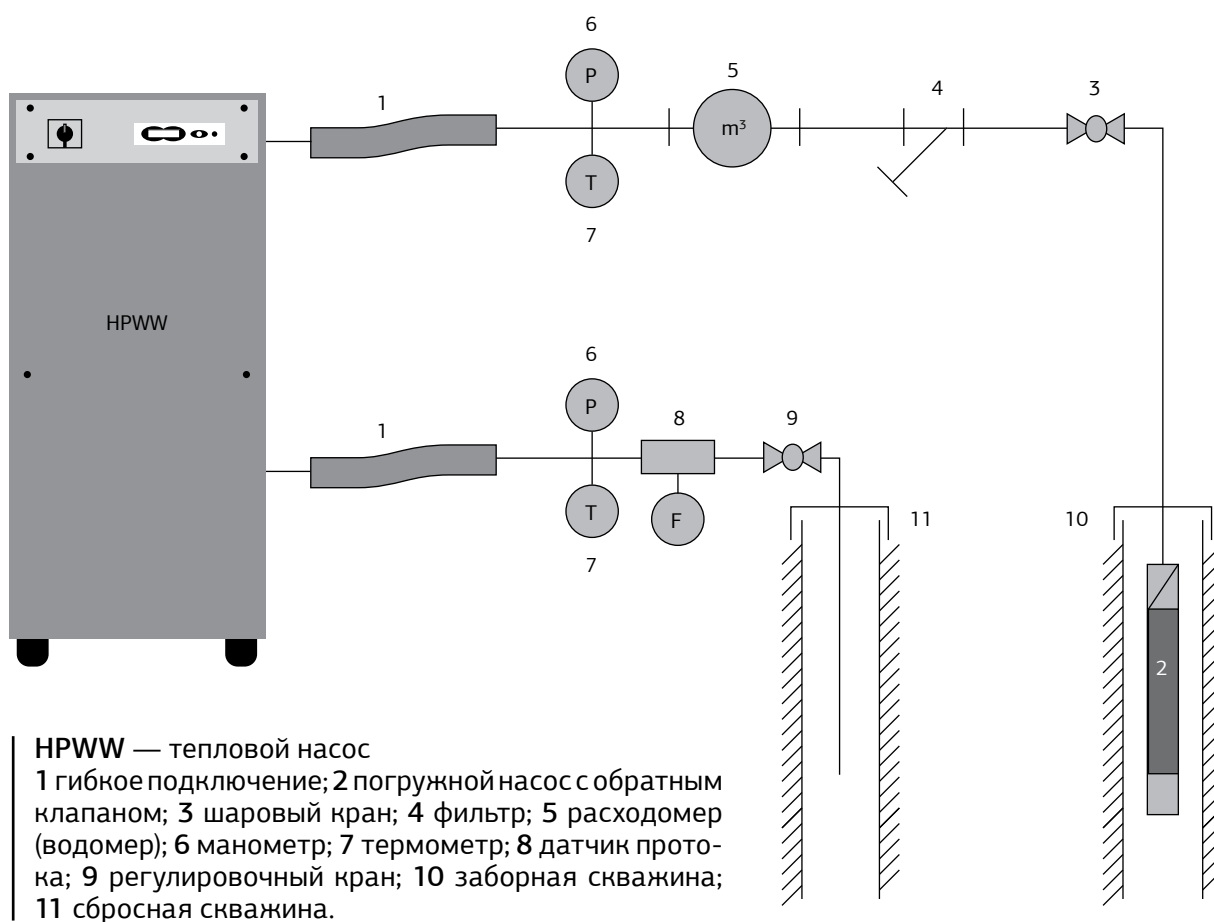
Тепловой насос Нуклеон, в базовом варианте, поставляется с микропроцессорной системой управления, которой не только контролирует и обеспечивает собственную регулировку, но и осуществляет эквитермальную регулировку температуры воды в радиаторах (по наружной температуре), а также управление бивалентного источника в двухступенчатом режиме и, в некоторых случаях, может руководить тремя независимыми нагревательными контурами, при следующих ограничениях:

- не более 2 независимых смесительных контуров отопительной системы
+ управление электроприводом 0-10V
- не более 2 независимых смесительных контуров отопительной системы
+ управление привода трехходовой арматуры
- не более 3 термостатных контуров с циркуляционным насосом
(нагревание воды TUV, подогрев бассейна и т. п.)

Установка оснащена комплектным электрораспределителем, защитами, с возможностью дальнейшего расширения. По желанию, возможно оснастить оборудование несложной системой управления обеспечивающей собственную безопасность компрессорной системы, которая предназначена для руководства системой управления.

2 Тепловой насос в технологическом комплексе вода/вода (разомкнутая система)

2.1 Описание технологической системы.



Трубопроводная сеть должна быть обеспечена уклоном по направлению к колодцу. Укладка труб выполняется на глубине 1,5 м. Трубопроводы необходимо уложить в изоляционных гофрированных трубках из -за электрического подключения погружного насоса. Проход трубопроводов через стену здания необходимо изолировать, лучше всего подходит вспененный полиуретан с нанесением нескольких слоев гидроизоляционного покрытия. После прохода трубами через стену здания, трубы необходимо заизолировать, чтобы предотвратить конденсацию влаги на них.

Предостережение: Хотя тепловые насосы HPWW обеспечены защитой от замораживания испарителя, при использовании радиаторов все равно требуется в контур включить датчик протока (8). Управляющая система обеспечивает защиту погружного насоса от неисправностей и, в случае прекращения подачи воды, приводит его к отключению. В сочетании с магнитным пускателем (базовое оснащение) погружной насос полностью защищен и не приводит к отключению управляющей схемы и аварийных выключателей.

2.2 Расчет погружного насоса

Для определения необходимого расхода нужно знать холодопроизводительность термического насоса. Холодопроизводительность и необходимый расход, включая гидравлическое сопротивление испарителя, приводится в каталоге оборудования Нуклеон. Применяется охлаждение воды $\Delta t = 3-5^{\circ}\text{C}$.

Для расчета расхода воды, используем уравнение:

$$m_v = \frac{Q_{chl}}{4180 \times \Delta t}$$

Где m_v расход грунтовой воды [кг/сек]

Q_{chl} холодопроизводительность ТН [W]

Δt охлаждение воды ($^{\circ}\text{C}$)

Прежде чем рассчитать необходимый расход воды, мы должны определить напор погружного насоса. Исходя из выше сказанного известно, что напор будет зависеть от суммы сопротивлений на трение трубопроводов и испарителя теплового насоса.

Геодезический напор H_c приводится в картах местных условий (глубина залегания водоносного слоя).

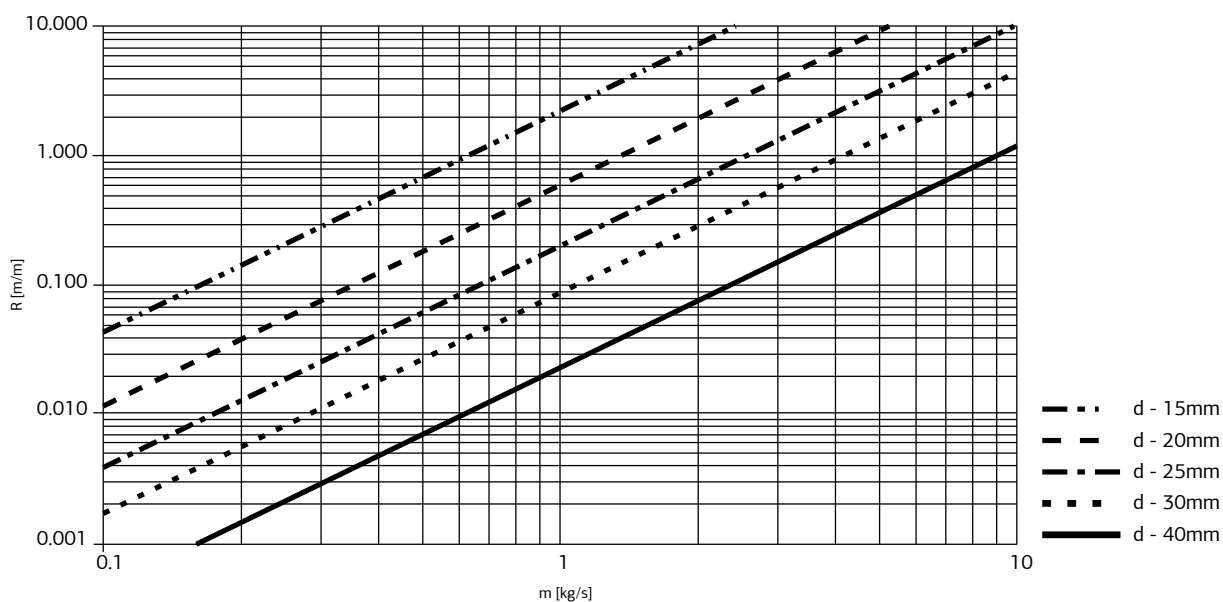
Гидравлическое сопротивление испарителя берется из технических данных термического насоса (каталог оборудования Нуклеон).

Гидравлическое сопротивление труб определяется из ниже приведенного графика путем умножения удельного сопротивления [м/м] на длину труб [м], $H_{pt} = R \times L$.

Гидравлическое сопротивление регулирующей и запорной арматуры определить по данным завода-изготовителя в зависимости от типа применяемой арматуры.

Полный напор подающего насоса H [м] при протоке m_v высчитывается по формуле:

$$H = H_c + H_{tc} + H_{pt} + H_{am}$$



Для облегчения приводим рекомендованные типы погружных насосов WILO для тепловых насосов Нуклеон HPWW. Расчет предусматривает $H_{cc}=15\text{m}$, длину труб 50 м и номинальный расход приведен в технических показаниях отдельных тепловых насосов.

Тепловые насосы Нуклеон HPWW

Модель	Тепло мощ W10W50 (kW)*	Холод мощ W10W50 (kW)*	Расход хол воды (kg/s)	Сопр испар (m)	Ø подх трубы (mm)*	Сопр общее (m)	Рекомен. циркуляц насосы TWU	Эл./действ. потребл мотора (kW)
HPWW18	4,7	3,3	0,27	2,8	PE25	23	4-0211	0,37/0,35
HPWW22	6,1	4,3	0,35	2,5	PE25	25	4-0211	0,37/0,37
HPWW28	7,9	5,6	0,45	3,6	PE25	29	4-0211	0,37/0,39
HPWW34	9,4	6,7	0,53	3,6	PE32	25	4-0211	0,37/0,40
HPWW40	11,0	7,9	0,63	3,7	PE32	26	4-0405	0,37/0,40
HPWW48	13,5	9,8	0,78	2,8	PE32	27	4-0407	0,55/0,55
HPWW61	16,5	11,9	0,95	4,1	PE32	31	4-0407	0,55/0,60
HPWW72	19,5	14,2	1,13	4,3	PE40	26	4-0407	0,55/0,65
HPWW81	22,0	16,0	1,28	3,5	PE40	27	4-0410	0,75/0,95

*толерантность ±10%

**PE25 – наружный диаметр трубы

Поскольку допускается применение и других погружных насосов, а насосы WILO даны для примера, при подборе насосов необходимо соблюсти паспортный расход воды и давление на испарителе теплового насоса.

3 Тепловые насосы Нуклеон для технологической системы вода/вода (река, или незамерзающее озеро).

3.1 Описание технологической системы.

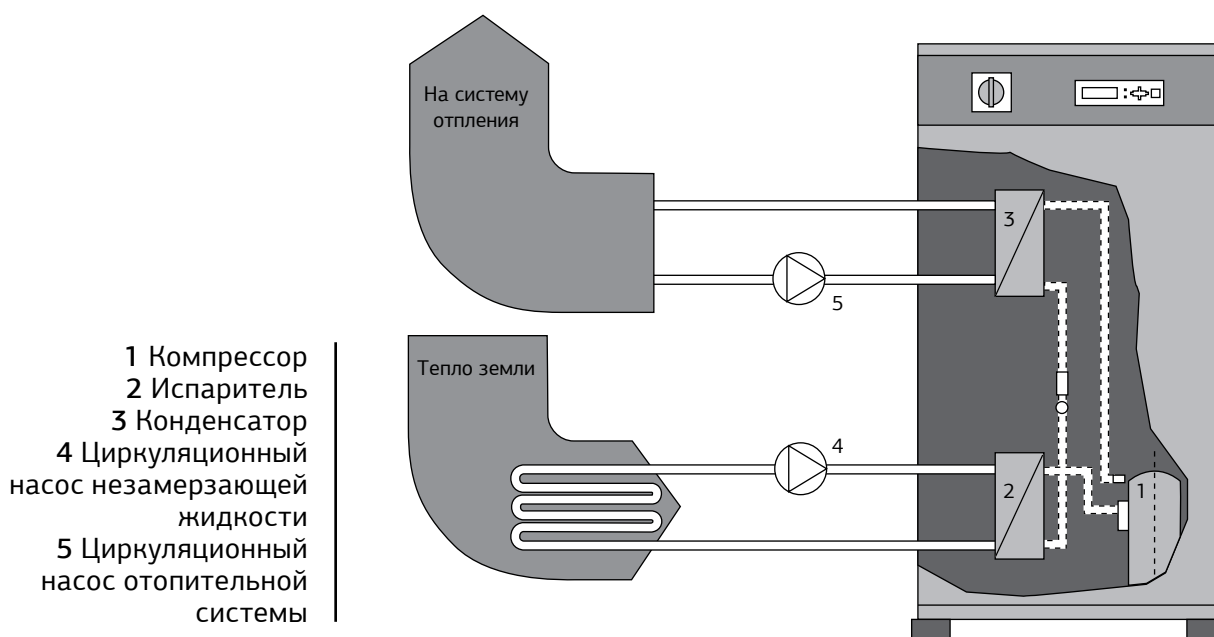
Этот тип природного ресурса также является источником низкопотенциального тепла. По сравнению с предыдущей системой эта менее выгодна в том, что температура воды в ней ниже нежели 5°C , что лишает возможности применения прямого охлаждения. Поэтому применяется комплекс с теплообменником в виде петель из пластиковых труб, который помещается в проток реки, или на днище большого акватория. В систему теплообменника закачивается незамерзающая смесь. Все действия по применению данного теплообменника необходимо согласовывать с органами, которым подчиняется или в чьей собственности находится данная водная акватория.

4 Тепловые насосы Нуклеон для технологического использования тепловой энергии земной поверхности.

4.1 Описание технологической системы.

Это естественный источник аккумулированной энергии солнечного излучения. Каждое лето поверхность Земли нагревается под воздействием солнечного излучения. Зимой эту энергию, можно перенаправить через тепловой насос на нужды отопления.

Для отбора этой энергии необходимо изготовить теплообменник, не поддающийся коррозии и поместить его ниже точки промерзания грунта. Внутри теплообменника циркулирует незамерзающая смесь – раствор этиленгликоля, этанола и т.д. Речь идет, о так называемой замкнутой системе, циркуляция раствора этиленгликоля обеспечивается циркуляционным насосом. Земляной теплообменник изготовлен из полиэтиленовых труб PE32 ($\varnothing 32$ x толщ. стенки 3,5 мм)



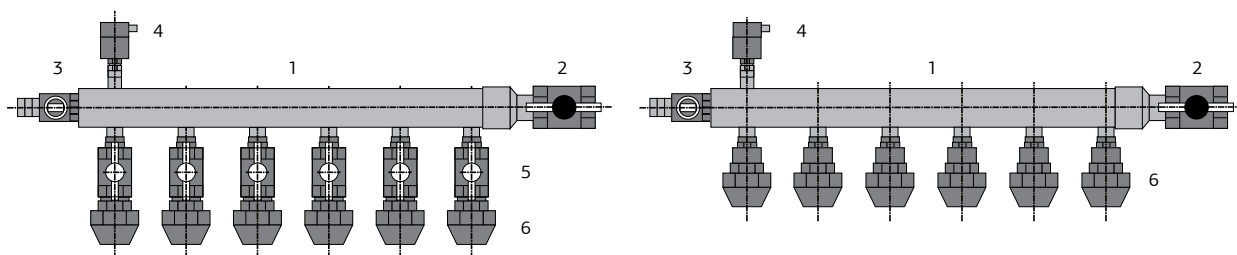
Для использования тепловой энергии поверхности земли в настоящий момент имеется несколько вариантов исполнения.

4.1 Горизонтальный коллектор

Величина коллектора системы должна иметь необходимую площадь земли и погружаться в нее на определенную глубину с учетом состава грунта, поскольку каждый грунт имеет свою теплоотдачу. В последующей таблице приведены некоторые параметры разнообразных видов грунта:

Вид грунта	Производительность на метр трубы, Вт/м	Производительность на м ² земли, Вт/м ²	Площадь на кВт теплопроизводительности, м ²
сухой, несвязный	6	10	70
влажный, компактно	12-18	20-30	40-26
Влажный, сыпкий	25	35	20

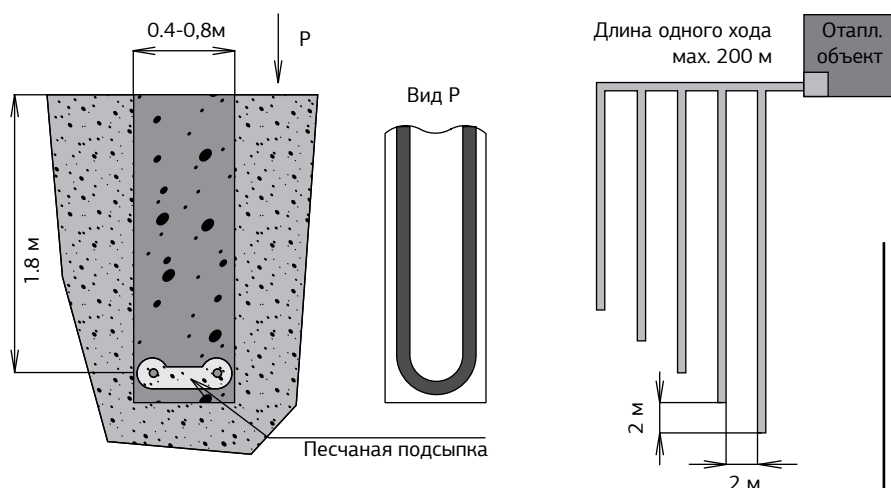
Основное условие коллекторных устройств заключается в том, что все контура должны быть одинаковой длины, чтобы можно было обеспечить одинаковую циркуляцию раствора всеми петлями коллектора. Единицей является модуль земного теплообменника, который рассчитывается по типу грунта на метр длины и определяет тепловую производительность. Все модули, которые создают комплекс земляной водонагревательной установки, объединены посредством распределителя и коллектора.



1. корпус распределителя; 2. запорный шаровый кран; 3. спускной/наполнительный кран; 4. автоматический клапан для удаления воздуха; 5. шаровый кран контура; 6. зажимное резьбовое соединение для РЕ.

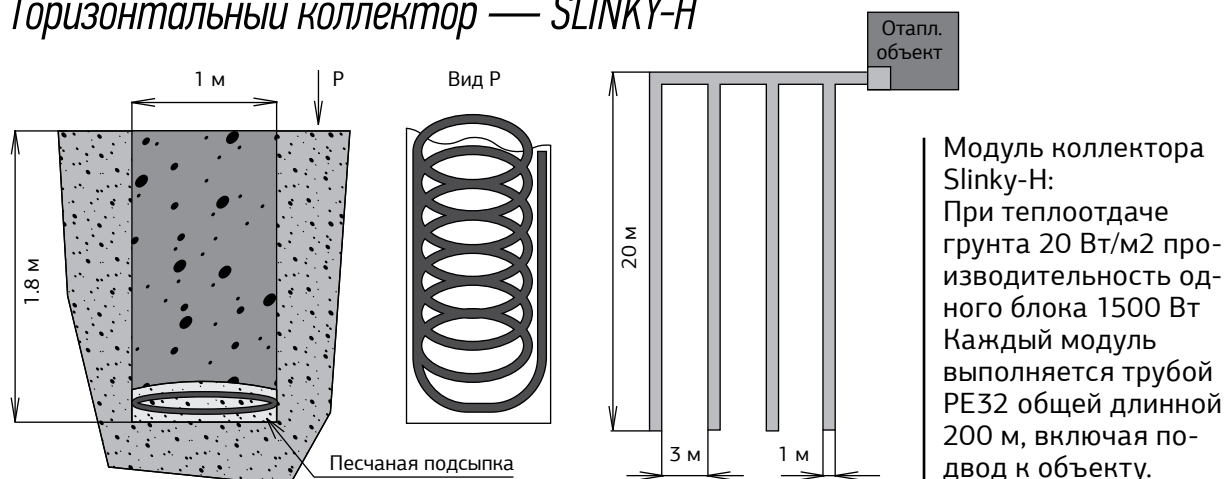
Насчитываются три основных типа горизонтальных коллекторов:

4.2.1 Классический горизонтальный коллектор

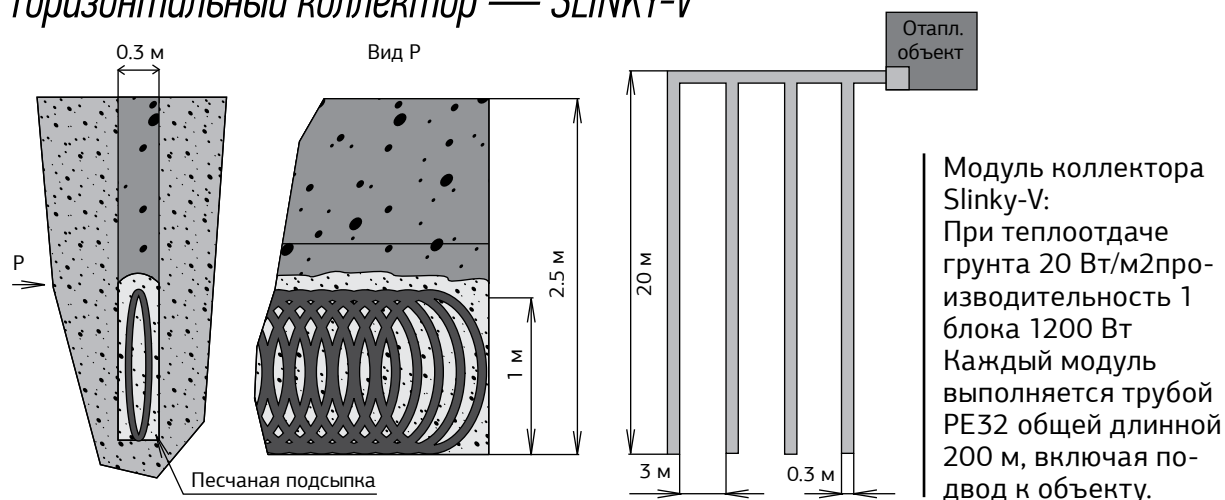


Модуль — классический горизонтальный коллектор:
При теплоотдаче грунта 20 Вт/м² с траншеи, протяженностью 100 м — производительность одного блока 2000 Вт.

4.2.2 Горизонтальный коллектор — SLINKY-H



4.2.3 Горизонтальный коллектор — SLINKY-V



Внимание! Для изготовления земляного теплообменника необходимо разрешение на проведение строительства от отвечающих за это учреждений.

4.3 Вертикальный коллектор — земляная скважина.

Речь идет о земельном теплообменнике, выполненном в виде двойной U-образной трубы, который располагается в скважине.

Модулем в этом случае является 1 м скважины. Максимальная глубина одной пробуренной скважины 100 м. Количество энергии, необходимое для теплового насоса, зависит от мощности насоса, что и определяет количество и глубину скважин. Минимальное расстояние между скважинами 5 м. Минимальное расстояние от скважин до отопительных объектов 5-10 м. Тепловая производительность на 1 м скважины рассчитывается по составу пород грунта.

Вид грунта	Теплоотдача на 1 м скважины, Вт/м.	Глубина бурения для 1 кВт, м.
Сухие породы	30	25
Ил, сланец	60	13
Скала, постоянная порода	80	10

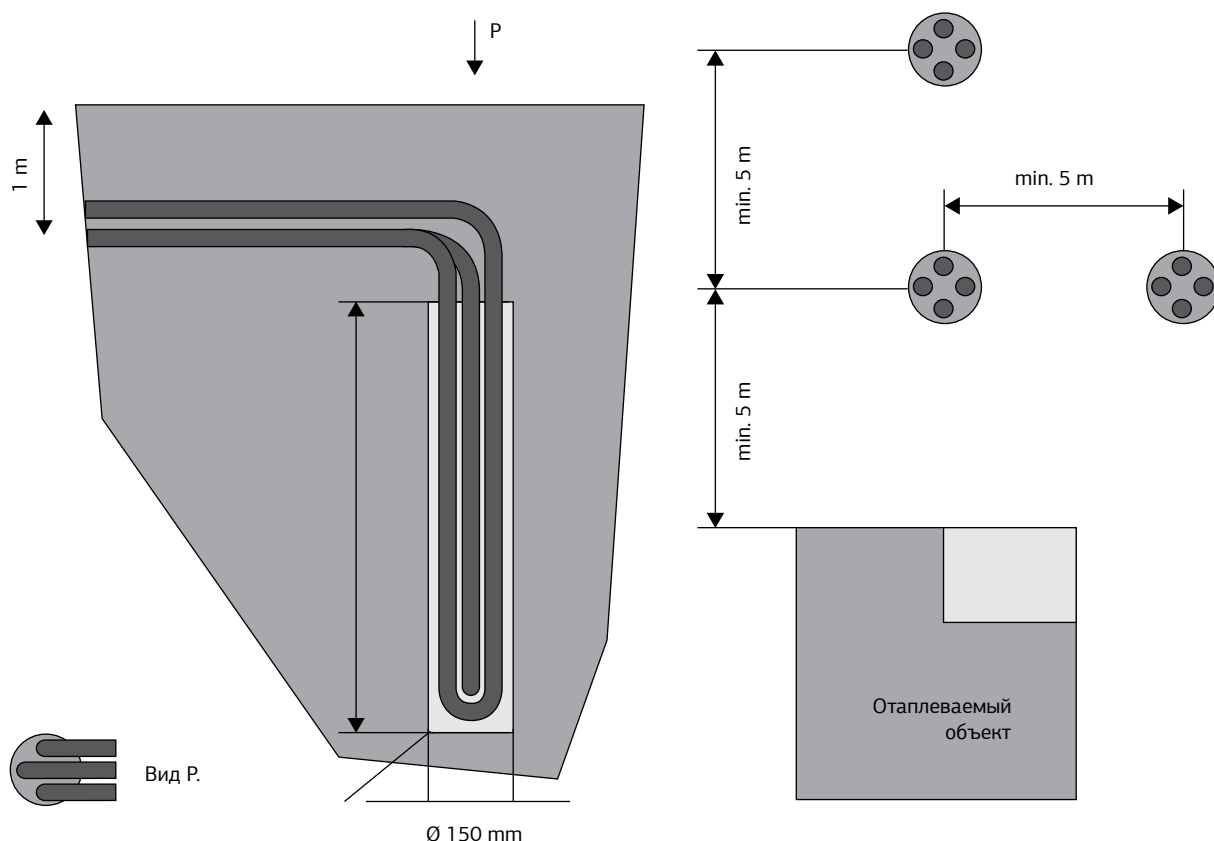
Перед проведением буровых работ необходимы данные геологической разведки места предполагаемой установки коллектора. Из карты разреза станет понятно, о какой модели установки вести разговоры и каковы термические свойства грунта. Бурение скважины должны выполнять квалифицированные специалисты фирм имеющих лицензии на данный вид работ, они же сразу устанавливают теплообменник и бетонируют его.

4.3.1 Изготовление коллектора:

Речь идет о двух теплообменных трубках РЕ32, сваренных в пластмассовый наконечник на конце с помощью двух U-образных колен. К теплообменнику на пластмассовый наконечник привязывается 2 метровый железный груз, который может быть, например труба, заполненная бетоном, для направления движения теплообменника по скважине.

После выполнения бурения и изъятия бурильного инструмента, а также удаления воды, (если позволяют грунты - без обсадных труб) бережно вставляется пара теплообменных трубок и через центральную трубку, специально вложенную в центр между теплообменными трубками, под давлением, закачивается заранее приготовленным раствором бетонита, или жидкой цементной смесью, до его полного заполнения.

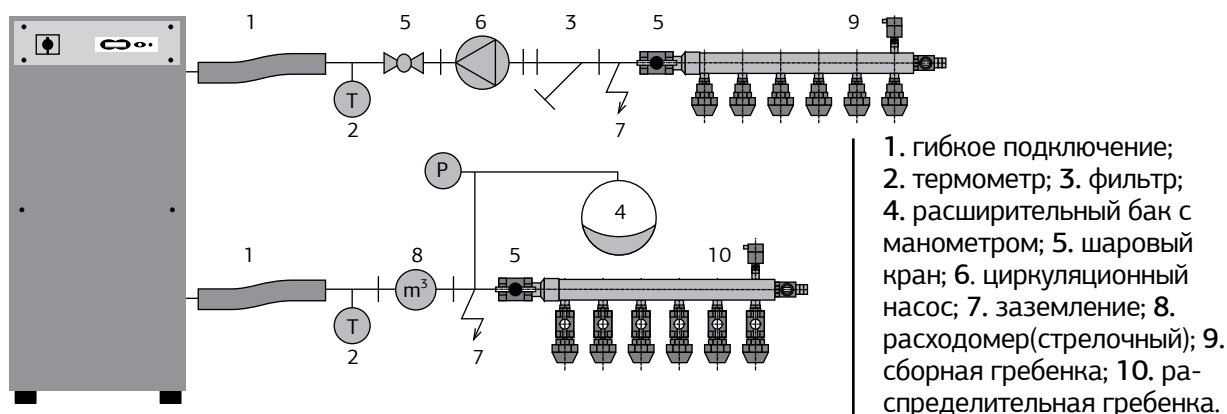
Длина трубы скважины составляет 4 глубины скважины + 4 длины от скважины до теплового насоса.



4.4 Руководство укладки труб земляного теплообменника

При укладывании труб земляных теплообменников, необходимо выдерживать расстояние от водопроводных коммуникаций не менее 1.5 м, от канализации не менее 1 м и от зданий не менее 5м. Проход в стену нужно хорошо изолировать, лучше всего вспененным полиуретаном и снаружи заделать гидроизоляционным лакокрасочным покрытием. Каких-либо требований по проводке труб внутри объекта нет. Их необходимо просто изолировать, чтобы не происходила конденсация, или намораживание льда на поверхности труб.

4.5 Построение технологической системы



Наполнение незамерзающим раствором и деаэрация производится по каждому отдельному контуру, путём перекачки из отдельной емкости незамерзающую смесь при помощи погружного насоса. Температура замерзания раствора первичного контура (земельного коллектора), для теплового насоса Нуклеон НРВW -12 -14°C.

Является необходимым, чтобы все элементы первичного контура были выполнены из антикоррозионных материалов. Распределительное устройство и коллектор, можно изготовить из пластмассы, или из медных труб и т.д..

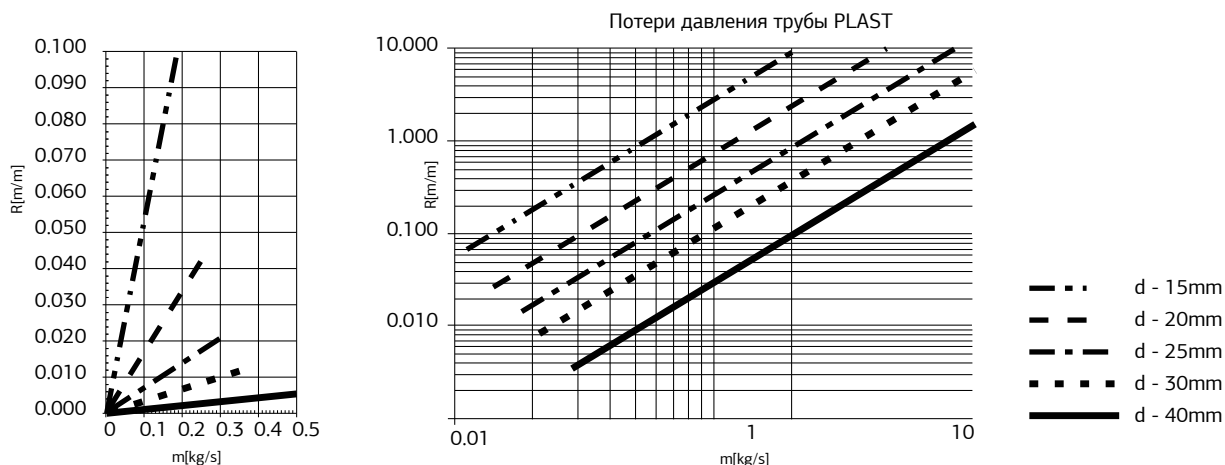
4.6 Антифризы (рассолы).

Антифриз — незамерзающая смесь, используется в трубопроводной сети первичного контура. Существует несколько видов незамерзающей смеси, которые используют чаще всего. Испаритель теплового насоса пригоден для использования незамерзающих смесей. Но нужно учитывать, что гидравлическое сопротивление испарителя при этом увеличится. Гидравлическое сопротивление труб, при прохождении по ним незамерзающих смесей, определяются по гидравлическому расчету с учетом коэффициента вязкости незамерзающих смесей. Для примера ниже приведены графики удельных гидравлических сопротивлений для труб первичного контура.

Необходимо учесть, что использование антифриза в ниже указанных концентрациях не дает гарантии не замерзания его при резко отрицательных наружных температурах. Поэтому, трубы первичного контура необходимо укладывать ниже уровня промерзания земли.

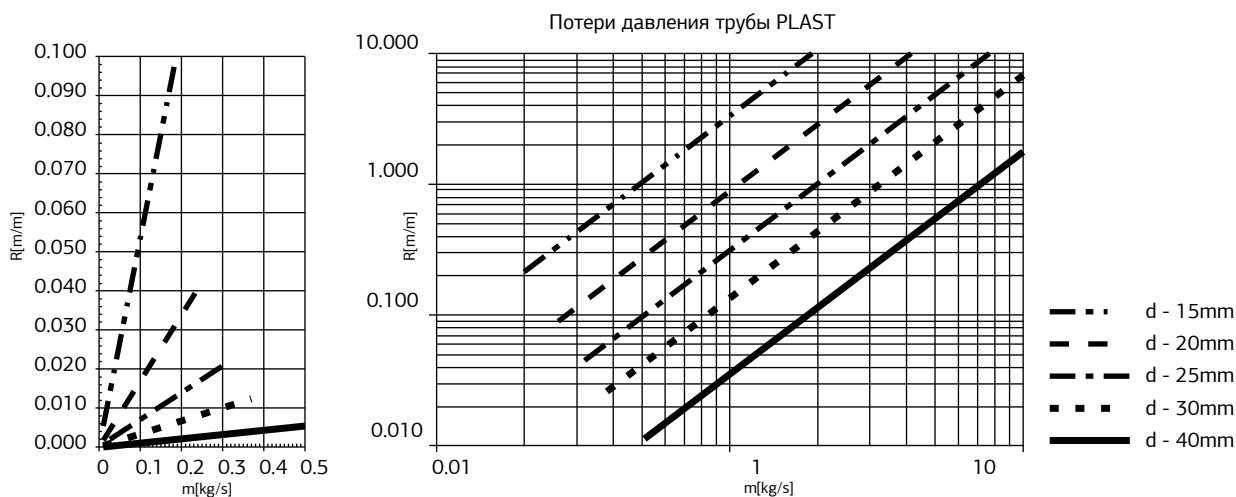
4.6.1 Смесь воды и этиленгликоля.

Для приготовления такой смеси с температурой замерзания -13°C, необходимо перемешать в соотношении 75% воды и 25% этиленгликоля (от требуемого объема). По сравнению с чистой водой, состав имеет повышенную вязкость и приводит к падению термической мощности, а также к повышению гидравлического сопротивления.



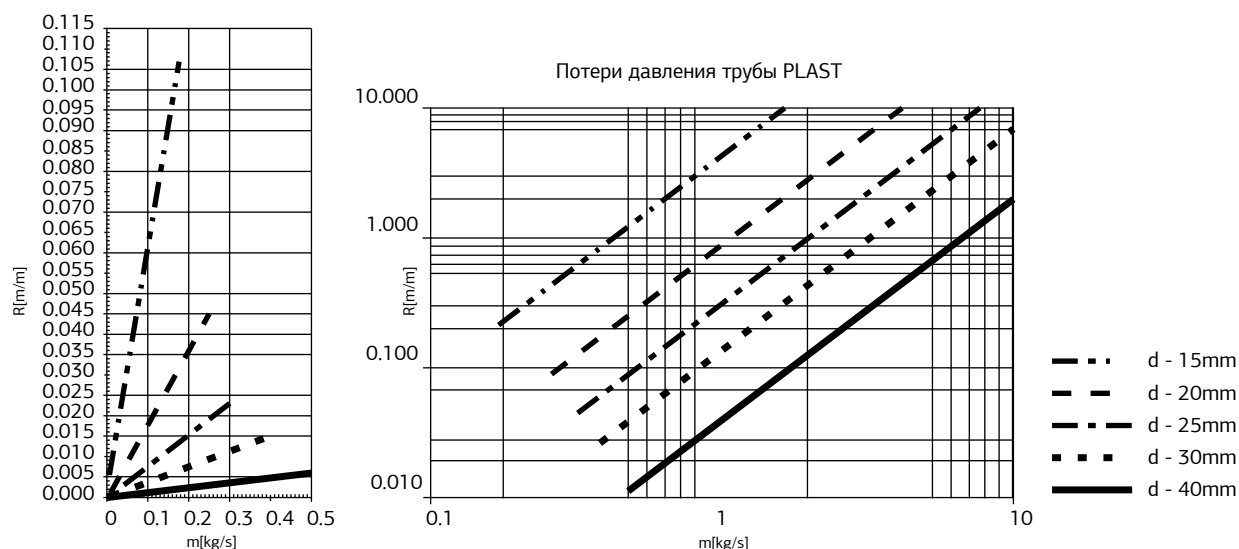
4.6.2 Смесь воды и пропиленгликоля

Для приготовления такой смеси необходимо перемешать в соотношении 70% воды и 30% пропиленгликоля (от требуемого объема). Недостаток такой смеси заключается в повышенной вязкости, что, как и в предыдущем случае, влечет за собой повышение проточного сопротивления. Падение термической мощности, однако, не так заметно как в предыдущем случае. Преимуществом такой смеси является отсутствие едкости раствора.



4.6.3 Смесь воды и этанола (спиртовой раствор)

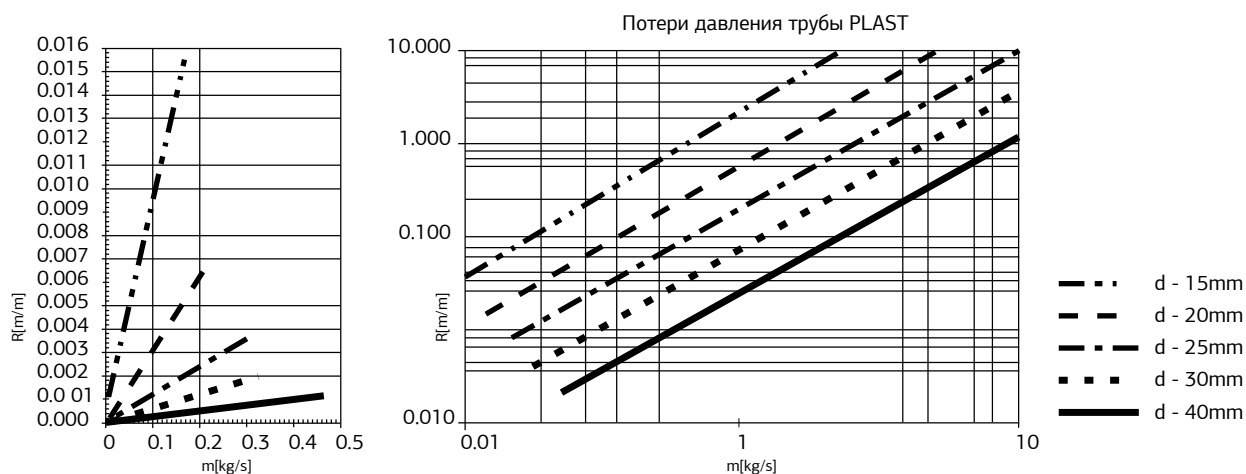
Для приготовления такой смеси с температурой заморозания -14°C перемешивается в соотношении 75% воды и 25% алкоголя (от требуемого объема). Повышение термической мощности незначительное, преимущество заключается в умеренной плотности. Необходимо довести до сведения, что растворы химических составляющих и испарение этанола приводят к уменьшению объема смеси. Поэтому приходится вести расчёт, что после смешения 100 л воды и 100 л этанола, общий объем всего 180 л. У этой смеси, в отличие от выше перечисленных, не требуется применение нейтральных комплектующих, так как использование особенно чистого спирта не приводит к старению системы. В случае использования обычного бродильного спирта срок службы реагента около 5 лет.



4.6.4 Смесь воды и CaCl_2

Перемешивается в соотношении 82% воды и 18% соли от массы раствора (температура заморозания -13°C). Недостаток заключается в падении тепловой мощности по сравнению

чистой водой, однако частично компенсировано более высокой плотностью раствора. Также к недостаткам следует отнести большую агрессивность раствора, поэтому в использовании данного раствора не рекомендуется.



4.7 Расширительный бак первичного контура.

Для обеспечения возможности объемного расширения незамерзающему раствору необходимо в первичный контур включить расширительный напорный бак. Применяются типы, предназначенные для отопительных систем. Величина расширительного бака зависит от объема незамерзающего раствора в контуре.

Объем незамерзающего раствора, (л.)	Объем бака, (л.)
100	2
200	4
400	8
800	15
1600	30

4.8 Выбор циркуляционного насоса первичного контура.

Для определения циркуляционного насоса необходимо знать пропускную способность незамерзающего раствора в контуре, который приводятся в технических документах каждого теплового насоса. Для расчета расхода необходимо определить напорное сопротивление всего контура. Затем по характеристикам циркуляционных насосов определить необходимую модель.

При выборе типа и марки циркуляционного насоса необходимо обязательно консультироваться с поставщиком насосов о пригодности данного типа к работе с выбранным вами антифризом!

Для примера приводим таблицу подбора теплового насоса с указанием необходимого количества труб земляного теплообменника и циркуляционным насоса фирмы Wilo для раствора вода/этанол 25%. Для расчета принято гидравлическое сопротивление местных сопротивлений 0,5 м. и расстояние от земляного теплообменника до места установки теплового насоса 10м.

4.9 Таблица подбора тепловых насосов с земляными коллекторами и циркуляционными насосами.

Модель теплового насоса HPBW	Тепловая мощность BOW35, (кВт)	Холодильная мощность BOW35,	Расход антифриза (кг/сек)	Потери давления в испарителе, (м)	PE труба	Число модулей/ длина модуля	Общая длина труб, (м)	Объем антифриза, (л.)	Потери давления-общие, (м)	Тип насоса
------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------------	----------	-----------------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------	------------

Горизонтальный коллектор

18.И	3,8	2,8	0,22	3,0	PE32	3/50	360	177	4,2	Star RS25/6
22	4,6	3,3	0,26	2,1	PE32	4/45	440	216	3,2	Star RS25/6
28	5,9	4,3	0,34	3,1	PE32	5/45	550	270	4,2	Star RS25/6
34	7,0	5,1	0,40	3,2	PE32	3/90	600	294	5,8	TOP-S25/7
40	8,2	6,1	0,48	3,0	PE32	4/80	720	352	5,3	TOP-S25/7
48	10,4	7,7	0,60	2,7	PE32	5/80	900	440	5,0	TOP-S25/7
61	12,3	9,1	0,71	3,7	PE32	6/80	1080	528	6,0	TOP-S30/10
72	14,9	11,2	0,87	3,8	PE32	7/80	1260	616	6,3	TOP-S30/10
81	16,7	12,5	0,98	3,4	PE32	7/90	1400	686	6,5	TOP-S30/10

Коллектор типа Slinky - H

18.И	3,8	2,8	0,22	3,0	PE32	4/10	480	236	4,1	Star RS25/6
22	4,6	3,3	0,26	2,1	PE32	4/12	560	276	3,4	Star RS25/6
28	5,9	4,3	0,34	3,1	PE32	5/12	700	345	4,4	Star RS25/6 2)
34	7,0	5,1	0,40	3,2	PE32	4/18	720	352	5,2	TOP-S25/7
40	8,2	6,1	0,48	3,0	PE32	5/18	900	440	4,8	TOP-S25/7
48	10,4	7,7	0,60	2,7	PE32	6/20	1200	588	4,8	TOP-S25/7
61	12,3	9,1	0,71	3,7	PE32	7/20	1400	686	5,8	TOP-S30/10
72	14,9	11,2	0,87	3,8	PE32	8/20	1600	784	6,1	TOP-S30/10
81	16,7	12,5	0,98	3,4	PE32	9/20	1800	882	5,7	TOP-S30/10

Модель теплового насоса HPBW	Тепловая мощность BOW35, (кВт)	Холодильная мощность BOW35, (кВт)	Расход антифриза (кг/сек)	Потери давления в испарителе, (м)	PE труба	Число модулей/длина модуля	Общая длина труб, (м)	Объем антифриза, (л.)	Потери давления-общие, (м)	Тип насоса
------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	---------------------------	-----------------------------------	----------	----------------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------	------------

Вертикальные скважины (для влажных грунтов)

18.И	3,8	2,8	0,22	3,0	PE32	1/50	240	118	4,5	Star RS25/6
22	4,6	3,3	0,26	2,1	PE32	1/60	280	138	4,2	Star RS25/6
28	5,9	4,3	0,34	3,1	PE32	2/40	400	196	4,3	Star RS25/6 2)
34	7,0	5,1	0,40	3,2	PE32	2/45	440	216	4,6	TOP-S25/7
40	8,2	6,1	0,48	3,0	PE32	2/55	520	256	4,8	TOP-S25/7
48	10,4	7,7	0,60	2,7	PE32	2/70	640	316	5,1	TOP-S25/7
61	12,3	9,1	0,71	3,7	PE32	2/90	800	392	7,2	TOP-S30/10
72	14,9	11,2	0,87	3,8	PE32	3/70	960	474	6,3	TOP-S30/10
81	16,7	12,5	0,98	3,4	PE32	3/80	1080	528	6,3	TOP-S30/10

1. Точность указанной величины находится в пределах $\pm 10\%$,
2. PE25 — внутренний диаметр трубы PE32.

Внимание! Гидравлическое сопротивление трубы изменяется в пятой степени в зависимости от изменения внутреннего диаметра трубы. Приведенный в таблице диаметр трубы является минимально допустимым. При уменьшении диаметра на 1 мм., гидравлическое сопротивление вырастает приблизительно в 1,2 раза.

4.10 Инструкция по укладке земельных коллекторов

Все земляные работы (бурение шурфов, откапывание котлованов ит.д.) должны проводиться специализированными лицензированными организациями при наличии всех разрешительных документов.

4.10.1 Горизонтальное исполнение

Земляная траншея — пружинообразная укладка:

Для одного модуля необходимо выкопать траншею длиной 20 м., 1м. шириной 2 м. глубиной, или узкую 0,3 м. шириной и 2,5 м. глубиной.

Количество модулей зависит от исполнения теплового насоса (см. глава 4.9). В условиях сыпучих грунтов траншея не должна иметь вертикальные стенки, так как они могут свёртываться. Минимальное расстояние между траншеями составляет 3 м.

Земляная траншея — прямая укладка:

Для одного модуля необходимо выкопать траншею длиной 100 м., 0,4-0,6м. шириной 1,6-2 м. глубиной.

Количество модулей зависит от исполнения теплового насоса (см. глава 4.9). В условии сыпучих грунтов траншея не должна иметь вертикальные стенки, так как они могут свёртываться. Минимальное расстояние между траншеями составляет 1 м.

Производство и установка земных спиральных теплообменников:

Для подготовки укладки теплообменника необходимо 2-3 человека.

Спиральный коллектор

Изготавливается траншея необходимой ширины и глубины для РЕ трубки.

Трубка необходимо покупать в бобинах с протяженностью 200м (вес 54 кг.). Каждая траншея выкапывается для использования одной 200м бобины, ширина изготавливается в зависимости от диаметра бобины.

Бобину положить на землю в конце траншеи, выровнять, начиная с последних витков трубки, и разложить ее по длине в сторону машинного отделения. Длина трубы должна покрывать сумму длины траншеи спиральной части трубки + длину траншеи до машинного отделения (место установки теплового насоса) +3м резерв.

Далее взять верхнюю часть трубок спирали с начала бобины и через 3 метра длины веревки подвязать каждую четвертую спираль трубки, проделав это со всей бобиной. Потом растянуть веревку с последующим растяжением спирали на всю длину траншеи. Следите, чтобы спираль была равномерно расположена по длине траншеи, не имела опасности передавливания грунтовыми камнями и другим, что могло бы повредить или сказаться на дальнейшей работе теплообменника. Конец трубки отмотать на длину траншеи к машинному отделению +3м резерв (так же, как и первого конца). В целях удобства выполнения работ, спиральную часть теплообменника рекомендуем обвязывать с нескольких сторон, тогда, взяв за концы веревок, удобно его вращать и перемещать.

После укладки теплообменника завести оба конца в здание к месту установки теплового насоса. После этого необходимо опрессовать трубы для выявления утечек. Устранив утечки, если такие имели место, в опрессованном состоянии произвести засыпку траншеи. Трубы коллектора засыпать песком на 0,3-0,4 м. выше от верхней точки трубы, для осадки грунта пролить траншею водой, далее засыпать извлеченным с траншеи грунтом. Глубина траншеи рассчитывается из диаметра спирали + глубина точки промерзания. Необходимо учитывать, что длина модулей должна быть одинаковой.

Внимание! *Если в трубе коллектора в процессе гидравлических испытаний выявлен пробой, рекомендуем после устранения пробоя не укладывать такую трубу в землю.*

Прямая укладка

Длина труб одного модуля коллектора определяется исходя из такого расчета: 2 умножить на (габаритная длина траншеи + расстояние до технического помещения + 5 м резерв). Трубки разворачиваются на всю необходимую длину и обрезаются на равные части. Каждая пара трубок сваривается в „U” образный теплообменник, который укладывается на дно самой дальней траншеи. В траншею возможно поместить и два „U” образных теплообменника друг над другом - первый на дно и второй на 40 см выше с засыпкой.

Концы трубок в траншее маркируются и заводятся в здание. Место прохода труб в здание нужно загерметизировать пенообразным полиуретаном и возобновить гидроизоляцию.

Выполнив все выше указанные операции необходимо опрессовать трубы для выявления утечек. После устранения утечек, если такие имели место, в опрессованном состоянии произвести засыпку траншеи. Трубы коллектора засыпать песком на 0,3-0,4 м. выше от верхней точки трубы, для осадки грунта пролить траншею водой, далее засыпать извлеченным с траншеи грунтом. В процессе засыпки труб необходимо следить, чтобы грунт не содержал крупных слипшихся кусков и камней, которые могут в процессе оседания грунта создать неравномерное давление на трубы коллектора, повредив их герметичность.

Контур, уложенный на глубине 1,5 м, может иметь значительную просадку, поэтому, засыпка производится ручным способом и использовать технику можно только после уплотнения грунта.

4.10.2 Грунтовые скважины – шурфы.

Скважины

Пробурите скважины в количестве и глубиной согласно расчета. Минимальный диаметр скважины 150 миллиметров. Обсадную трубу использовать не обязательно, если есть гарантия, что скважина не будет свертываться.

После бурения и изъятия бурильного инструмента, необходимо (как можно скорее) вложить грунтовый теплообменник, поэтому некоторые операции производить заранее.

Изготовление грунтового теплообменника:

К скважине доставляем РЕ трубу и раскладываем на полную протяженность: (полная глубина шурфа + расстояние в машинном отделении + 5 м резерв) x 4. трубы.

Каждую пару труб свариваем между собой при помощи „U”-образного колена. При сварке необходимо следить за тем, чтобы так называемая память материала действовала друг против друга так, чтобы сваренные трубы были параллельны друг другу. На эти концы соединения теплообменника прикрепляется в середину арматурное железо, металлическая труба или другой материал, для создания груза, с длиной приблизительно 2,5 м. Потом трубки крепко стягиваются через каждые 4 м изоляционной лентой или затяжной пластмассовой лентой. Таким образом, созданный теплообменник хорошо вкладывается в пробуренный шурф.

Острые теплообменника и его груз, достигнув дна шурфа, упирается. По величине остатка труб можно определить, весь ли теплообменник установлен. Далее, в скважину по краям и во внутрь, между трубками, заливается жидкий бетон, или лучше бентонитовая смесь для улучшения контакта с грунтом и увеличения теплопередачи.

Под оставшуюся часть теплообменника выкопать траншею на глубине 20 см ниже точки промерзания, по направлению к входу в здание. В проход пропустить трубы, после чего заделать пенообразным полиуретаном и восстановить гидроизоляцию. После этого трубы маркируют, опрессовывают и приступают к засыпке траншеи.

5

Список литературы.

1. СНиП 2.04.05-91
2. Архітектурно-будівельна фізика.
О. В. Сергійчук. Київ, «Такі справи», 1999 р.

Для заметок

Для заметок

Для заметок

