

A hand in a blue sleeve is pointing to a technical drawing of a floor heating system on a table. The drawing shows a grid of rooms with various symbols and lines representing the heating layout. The background is a light-colored wall with a grid pattern.

Uponor

ОТОПЛЕНИЕ

Основы проектирования
напольного отопления Uponor

Содержание

	Стр.	
	Введение	3
Глава 1	Система напольного отопления Wirsbo	
	1.1. Комфортное отопление помещения	4
	1.2. Энергосбережение с малыми эксплуатационными расходами	5
	1.3. Универсальность системы	6
	1.4. Естественность и экологичность	6
	1.5. Полная свобода дизайна помещений	6
Глава 2	Трубы Wirsbo-PEX	
	2.1. Система напольного отопления Wirsbo	7
	2.2. Материал PEX	7
	2.3. Маркировка и идентификация	7
	2.4. Кислородный барьер	8
	2.5. Усадка по длине	9
	2.6. Хранение труб	9
Глава 3	Проектные решения	
	3.1. Бетонные наливные полы	10
	3.2. Общие указания	10
	3.3. Петли трубы, закрепленные на арматурной сетке	10
	3.4. Петли трубы, зафиксированные пластиковой крепежной лентой либо скобами	11
	3.5. Деревянные полы на балках	12
	3.6. Настеленные полы	13
	3.7. Материалы для покрытия пола	14
	3.8. Требования к теплоизоляции	15
	3.9. Совместимость с другими системами отопления	15
	3.10. Температура пола	16
	3.11. Регулирование температуры воды	17
	3.12. Регулирование температуры в помещении	18
	3.13. Время реагирования	19
	3.14. Проектирование и установка системы напольного отопления	20
	3.15. Конфигурация петли	20
	3.16. Размер трубы	22
	3.17. Глубина укладки трубы	23
	3.18. Шаг укладки трубы	24
	3.19. Сила расширения и сокращения	25
	3.20. Расположение коллекторов	26
Глава 4	Методы расчетов	
	4.1. Основные положения	27
	4.2. Исходные данные	27
	4.3. Теплопотери	28

	Стр.	
4.4.	Коэффициент теплоотдачи пола	30
4.5.	Коэффициент теплопередачи покрытия пола	31
4.6.	Конструкция пола	32
4.7.	Температура воды	33
4.8.	Расход воды	34
4.9.	Потери давления	36
4.10.	Балансирование петель	38
4.11.	Теплопотери по направлению вниз	39
4.12.	Расширительный сосуд	39
4.13.	Насосная группа	39
4.14.	Спецификация материалов	39
Глава 5	Пример расчета	
5.1.	Предмет изучения	41
Глава 6	Монтаж	
6.1.	Монтаж и заполнение	49
6.2.	Запуск системы	50
6.3.	Обслуживание	51
6.4.	Обнаружение неисправностей	51
6.5.	Наиболее частые неисправности	52
Глава 7	Технические данные	
7.1.	Wirubo-pePEX	53
7.2.	Wirubo-evalPEX	53
Глава 8	Диаграммы и таблицы	
8.1.	Номограмма потерь давления	54
8.2.	Средняя температура воды/потери тепла	55
8.3.	Данные по материалам	56
Глава 9	Приложения	
9.1.	Расчет теплопотерь по направлению вниз	58
9.2.	Пассивное саморегулирование	60
Глава 10	Формы	61
10.1.	Ручной расчет балансировки, предустановки оборотов/коллектор	62
10.2.	Ручной расчет определения насоса/магистральные трубы	63
Глава 11	Обозначения	64
Глава 12	Рисунки/Таблицы/Диаграммы	
12.1.	Рисунки	66
12.2.	Таблицы	66
12.3.	Диаграммы	67

Введение

Еще за 80 лет до н.э. римляне открыли, что лучший способ обогрева закрытых помещений - направить тепло под покрытие пола и дать ему излучаться снизу вверх. Таким образом, римляне сконструировали систему напольного отопления, теплоносителем в которой был воздух, - *hypocaust*, где дым из топки в результате горения древесного угля или дров направлялся через дымоходы под полом здания, обогревая все помещения.



Рис. 1 Hypocaust. Около 80 лет до н.э.

В наши дни, разумеется, *hypocaust* больше не применяется. Системы напольного отопления постепенно становятся все более усовершенствованными.

В 1930-х годах в системах напольного отопления использовались стальные трубы. Позднее, в 60-х и 70-х годах, - медные. Их недостаток заключался в том, что в условиях длительной эксплуатации металлические трубы не выдерживали нагрузки бетонной плиты. Поэтому были разработаны трубопроводные системы из полимерных материалов.

За долгие годы работы фирма Uponor Wirsbo AB приобрела уникальный опыт в области напольного отопления, разрабатывая системы с учетом климатических особенностей северных стран, где зимы, как правило, долгие и суровые. Система напольного отопления Wirsbo доказала свою эффективность в жилых, торговых и промышленных зданиях во всем мире.

Трубопровод, изготовленный из модифицированного полиэтилена Wirsbo-PEX, гарантирует максимально длительный срок эксплуатации напольного отопления.

Цель руководства - ознакомить проектировщиков, инженеров и других специалистов с принципами проектирования и монтажа систем напольного отопления Wirsbo.

Настоящее руководство содержит основную информацию, необходимую для проектирования систем напольного отопления для частных квартир и индивидуальных домов с применением труб Wirsbo-PEX. Информация касательно выбора оборудования, используемого в системах отопления помещений большого размера, может быть предоставлена по Вашему запросу дополнительно.

Концерн Uponor

Uponor - один из мировых лидеров по производству полимерных трубопроводных систем для строительства и коммунального хозяйства. Наша цель - производство высококачественных, экологически чистых систем для улучшения человеческого благополучия и повышения качества жизни.

ЗАО «Упонор Рус» — дочернее предприятие концерна Uponor в России осуществляет оптовые поставки полимерных трубопроводных систем для строительства и коммунального хозяйства, а также для загородного домостроения и ремонта. Вся продукция сертифицирована в России и имеет необходимые гигиенические заключения.

Система напольного отопления Wirsbo

1.1. Комфортное отопление помещения

Согласно демографическим исследованиям в последние годы люди все больше времени проводят дома. Эффективная система отопления – одно из условий домашнего комфорта.

На Рис. 1.2.1 показано идеальное вертикальное распределение температуры в помещении.

Наиболее комфортными считаются такие условия, когда температура поверхности пола 22-25°C, а температура воздуха на уровне головы 19-20°C. Иными словами, люди чувствуют себя наиболее комфортно, когда их ногам немного теплее, чем голове.

В этом отношении напольное отопление Wirsbo представляет собой вид отопления, наиболее близкий к идеальному (Рис. 1.2.2).

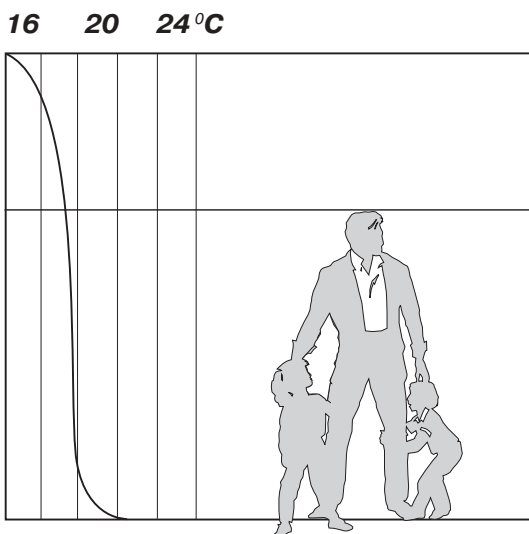


Рис. 1.2.1 Идеальное отопление.

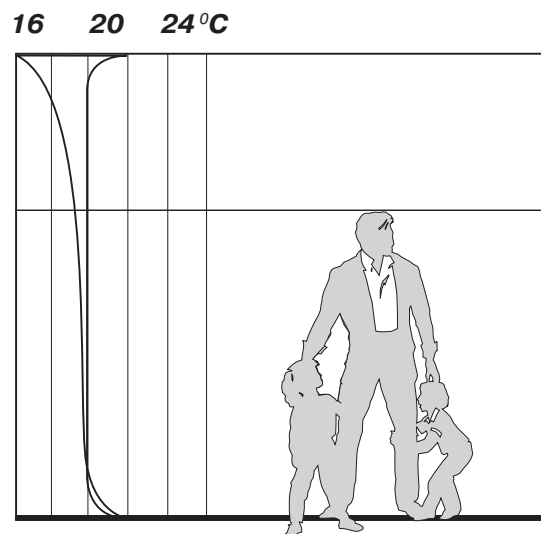


Рис. 1.2.2 Напольное отопление Wirsbo.

Вся поверхность пола становится низкотемпературным радиатором, который обогревает поверхность пола в помещении и обеспечивает равномерное горизонтальное распределение температуры вокруг тела человека. Потери тепла, которые являются основной причиной физического дискомфорта, снижены до минимума.

Напольное отопление - комбинация теплового излучения и медленного конвекторного теплового потока.

Другие способы отопления (Рис. 1.2.3 – 1.2.6) не обеспечивают такого распределения температуры. Системы радиаторного, конвекторного, воздушного или потолочного отопления не распределяют достаточное тепло у поверхности пола. При воздушном отоплении избыточное тепло распределяется

16 20 24°C

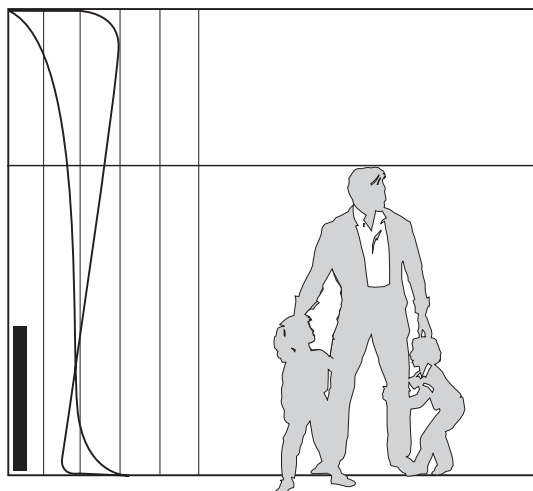


Рис. 1.2.3 Отопление радиаторами.

16 20 24°C

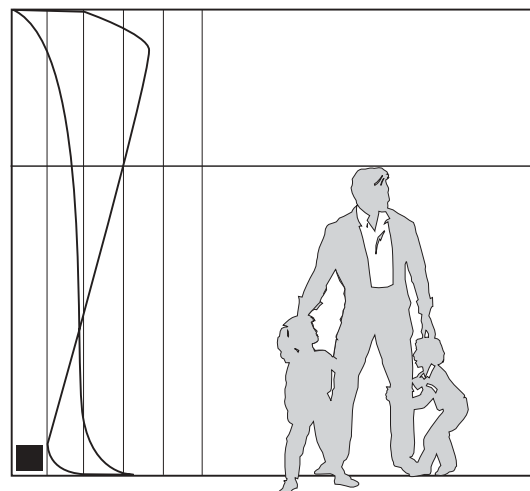


Рис. 1.2.4 Отопление конвекторами.

16 20 24°C

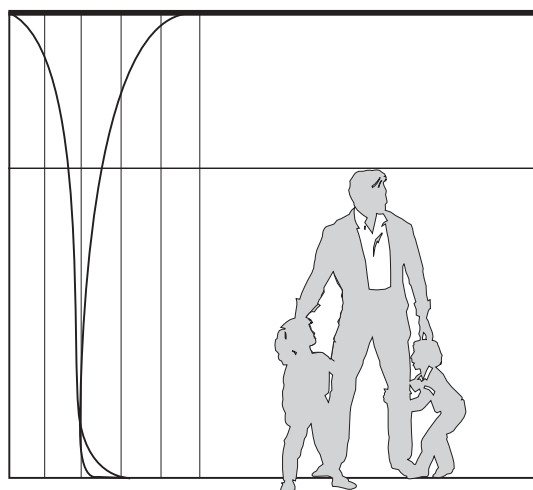


Рис. 1.2.5 Потолочное отопление.

16 20 24°C

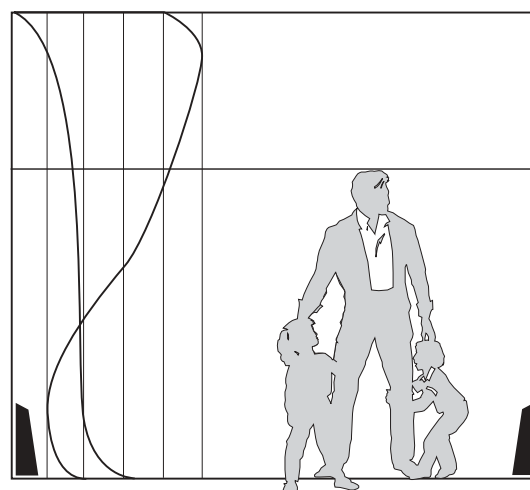


Рис. 1.2.6 Принудительное воздушное отопление.

на уровне головы. Неравномерное распределение температуры в помещении может быть причиной дискомфорта для человека.

1.2. Энергосбережение с малыми эксплуатационными расходами

Напольное отопление - самый эффективный способ передачи тепла. Например, по сравнению с традиционным радиаторным отоплением при эксплуатации системы напольного отопления Wirsbo расходы на топливо/энергию снижаются на 8-15%. Температура поверхности пола проектируется, как правило, до +29°C. Температура каждого помещения регулируется индивидуально. Монтаж системы прост и не занимает много времени. Всем нашим клиентам мы оказываем техническую поддержку и помощь в проектировании.

1.3. Универсальность системы

Для подогрева циркулирующей по трубам воды или другого теплоносителя можно использовать различные источники энергии: геотермику, древесину, газ, нефть, электричество или солнечную энергию. По существу система позволяет выбирать топливо, наиболее экономичное в конкретных условиях.

Система Wirsbo может быть смонтирована под любым типом напольного покрытия и в случае необходимости скомбинирована с другими видами отопительных систем.

1.4. Естественность и экологичность

Системы конвекторного и принудительного воздушного отопления основываются на стабильной циркуляции воздуха. Система напольного отопления Wirsbo дает возможность естественному движению воздуха. Таким образом, пыль и другие переносимые по воздуху частицы, например пыльца, не поднимаются вверх и не распространяются так быстро по дому. Радиаторы, собирающие грязь или бывающие причиной травм, например ожогов, отсутствуют. Система напольного отопления Wirsbo работает тихо и не создает раздражающий звуковой фон. В ванных комнатах и в прихожей пол высыхает моментально.

1.5. Полная свобода дизайна помещений

Благодаря невидимой под полом и защищенной от наружных повреждений системе напольного отопления заказчик либо дизайнер может устанавливать мебель по своему усмотрению. Опасные печи и громоздкие радиаторы, которые портят внешний вид помещения, отсутствуют. Система напольного отопления Wirsbo идеальна для современного дизайна помещений.

Трубы Wirsbo-PEX

2.1. Система напольного отопления Wirsbo

Первая труба Wirsbo-PEX была произведена в 1972 г. С тех пор специально разработаны и усовершенствованы для применения в системах напольного отопления трубы Wirsbo-pePEX и Wirsbo-evalPEX. Wirsbo предлагает комплексную систему напольного отопления, которая содержит полную номенклатуру труб и прочих компонентов для оптимального ее выполнения.

2.2. Материал PEX

Трубы Wirsbo-PEX изготовлены из модифицированного полиэтилена высокой плотности по методу Энгела. Модификация представляет собой химический процесс, в ходе которого двухмерные молекулярные СН- цепи полиэтилена связываются при помощи химических связей в трехмерную сеть. Новая структура материала не дает возможность расплавить или растворить PEX материал, пока не разрушена его структура.

Wirsbo-PEX материал обладает общими свойствами, характерными большинству пластмасс, но некоторые из них уникальны:

- Не подвержен коррозии или эрозии
- Не подвержен влиянию добавок в бетоне
- Силы теплового расширения невелики и не способствуют возникновению трещин в PEX материале или в бетоне, где она находится.
- Устойчивость к царапинам, глубина которых может достигать до 20% толщины стенки трубы
- Очень низкий коэффициент трения
- Легкий вес
- Достаточная эластичность, позволяющая использовать малые радиусы изгиба
- Гибкость при температуре до -40°C
- Эластичность, которая уменьшает гидравлические удары до 70%
- Эластичность, которая уменьшает возникающий в трубах шум

2.3. Маркировка и идентификация

Производство труб, свойства материала и технология производства одобрены в соответствии с разными международными стандартами.

В большинстве случаев стандарты на изготовление показаны в маркировке трубы. В маркировке указывается текущий стандарт вместе с отметкой о соответствии требованиям для данного типа труб. Кроме того, в зависимости от типа труб, указывается орган, осуществляющий контроль над их производством. В некоторых случаях указаны максимальное давление и допустимая температура продолжительной работы. Трубы всегда маркированы наименованием изделия, наружным диаметром, толщиной стенки, датой изготовления и отметками погонного метража.

2.4. Кислородный барьер

Трубы Wirsbo-pePEX и Wirsbo-evalPEX покрыты слоем специального пластика, который служит в качестве барьера против диффузии кислорода. Слои «pe» и «eval» представляют два разных типа диффузионного барьера. У труб Wirsbo-pePEX, которые используются в системах напольного отопления, слой состоит из специального пластика, имеющего хорошую эластичность при низких температурах. Трубы Wirsbo-pePEX специально разработаны для использования в низкотемпературных системах, где максимальная температура не превышает 60°C. Между тем, трубы Wirsbo-evalPEX разработаны для использования при максимальной рабочей температуре до 95°C.

Не зависимо от материала диффузионного барьера кислорода, трубы всегда испытывают согласно стандарту DIN 4726/4729, который рассматривает только трубы PEX с барьером диффузии кислорода.

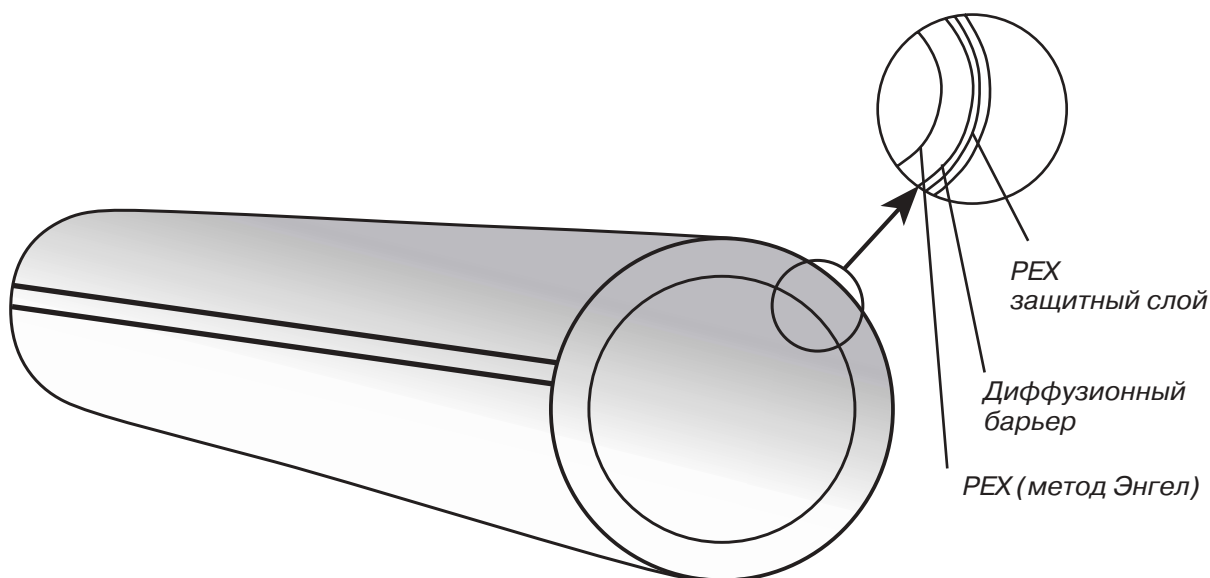


Рис. 2.4.1 Кислородный диффузионный барьер на трубе Wirsbo-pePEX.

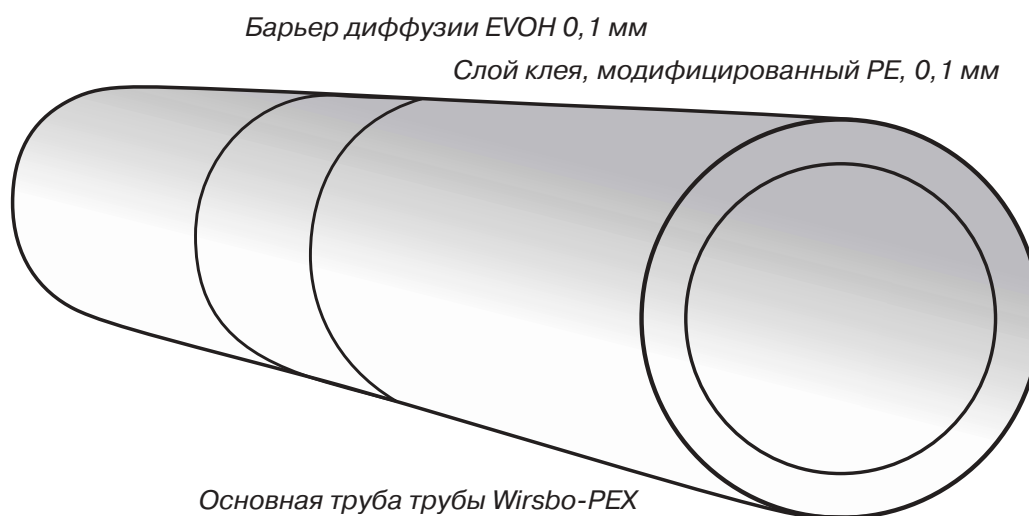


Рис. 2.4.2 Wirsbo-evalPEX.

2.5. Усадка по длине

В процессе эксплуатации трубы могут иметь усадку до 1,5% по длине вследствие понижения температуры и давления (см. следующую главу). Это не является проблемой при применении фитингов, одобренных Wirsbo и корректно смонтированных по инструкциям изготовителя. Надежность системы гарантирована, так как соединение фитинга с трубой сильнее, чем усилия от усадки.

2.6. Хранение труб

Трубы Wirsbo-pePEX поставляются в бухтах, трубы Wirsbo-evalPEX - в бухтах либо прямыми отрезками длиной 6м. Трубы упакованы в коробки или обернуты черным полиэтиленом. Рекомендации по монтажу труб и информация об изделии приложены.

Вместе с трубами поставляются специальные заглушки, которые необходимо оставить на концах труб на время монтажа пока это возможно, чтобы избежать попадания грязи в систему.

Рекомендуется хранить трубы в оригинальной упаковке.

Трубы нельзя подвергать длительному действию УФ-излучения (солнечный свет). Трубы не должны попадать в контакт с продуктами на базе масел, растворителями, красками и тейпами, так как входящие в состав этих продуктов компоненты могут повредить трубу.

Проектные решения

3.1. Бетонные монолитные полы

В монолитных бетонных полах (так называемый «мокрый монтаж») наливной слой распределяет тепло по поверхности, обеспечивая тем самым равномерную температуру поверхности пола. Необходимо проследить, чтобы в бетоне и в особенности вокруг труб не было воздушных карманов, поскольку воздух слабый проводник тепла. Поэтому важно провибрировать бетон. Кроме того, на рынке имеются специальные добавки для бетона, которые помогут решить эту проблему. Эти добавки не влияют на свойства трубы Wirsbo-pePEX и Wirsbo-evalPEX.

Существуют различные решения укладки труб напольного отопления в бетонные конструкции пола в зависимости от конструкции здания и конкретной обстановки.

Следующие решения используются в большинстве случаев при укладке труб в бетонные конструкции пола. Существуют и другие способы с применением различного вида приспособлений для крепежа труб до бетонирования.

3.2. Общие указания

- Трубы укладываются согласно схеме укладки труб
- Минимальная толщина покрывающего трубы бетона 30 мм
- Максимальная толщина покрывающего трубы бетона 70 мм

В случае возможного проведения других видов строительных работ, особенно с применением строительных машин и механизмов на участке, где уложены трубы напольного отопления, их необходимо немедленно забетонировать для защиты от механических повреждений.

3.3. Петли труб, закрепленные на арматурной сетке

Стальная арматурная сетка конструкции пола обеспечивает легкое и экономичное крепление труб согласно требуемой схеме раскладки.

- Уложите арматурную сетку на всю площадь пола.
- Максимальное расстояние между местами крепления к сетке составляет 750 мм. На сгибах 300 мм.

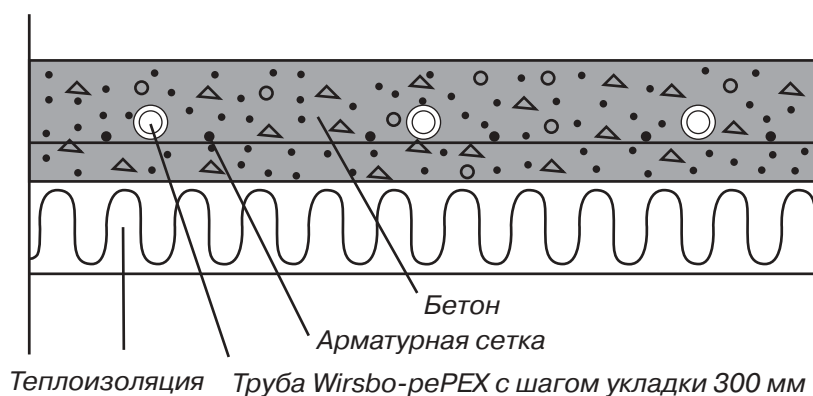


Рис. 3.3.1 Бетонный пол на теплоизоляции. Петли трубы уложены на сетку и закреплены крепежной проволокой до бетонирования.

Примечание: Убедитесь в том, что сетка не лежит прямо на теплоизоляции. Сетка обычно предназначена для армирования бетонной конструкции.

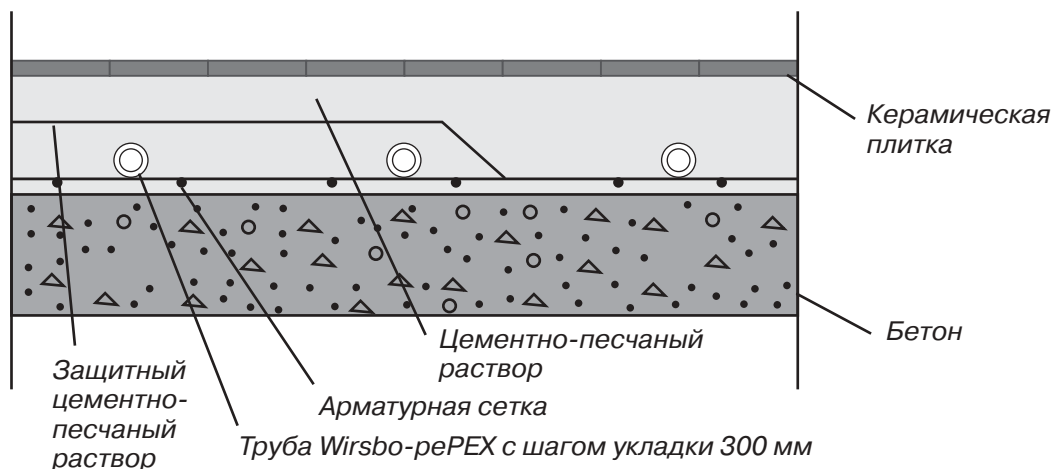


Рис. 3.3.2 Монолитный пол на бетонной плите. Петли трубы уложены на сетке и закреплены при помощи крепежной проволоки до бетонирования.

Здесь петли труб в монолитном полу расположены на бетоне.

3.4. Петли трубы, зафиксированные пластиковой крепежной лентой либо скобами

Пластиковая крепежная лента является приспособлением и поставляется с зубцами или без зубцов. Крепежную ленту с зубцами или скобы удобно использовать, если материал, к которому крепятся трубы, например, полистироловая плита. Если материал, к которому крепятся трубы, бетон, то используйте крепежные ленты без зубцов, прибитые к бетону.

- Уложите крепежную ленту поперек трубы. Соединяйте элементы лент между собой до нужной длины.
- Первая крепежная лента укладывается на расстоянии приблизительно 300 мм от стены, чтобы можно было повернуть петлю трубы.
- Остальные крепежные ленты укладываются на расстоянии приблизительно 750 мм друг от друга.
- Уложите последнюю крепежную ленту на расстоянии 300 мм от стены.

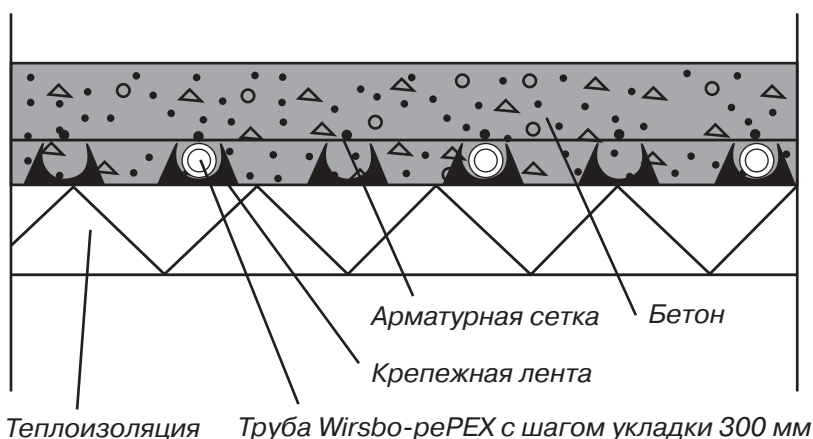


Рис. 3.4.1 Бетонный пол на теплоизоляции из полистироловых плит. Петли трубы уложены на пластиковой крепежной ленте с зубцами или закреплены скобами.

- Вдавите зубцы в полистироловую плиту.
- Защелкните трубы в нужном положении.
- Арматурная сетка укладывается поверх петли трубы.
Если используются пластиковые скобы:
- Прикрепите трубы скобами к полистироловой плите.
- Максимальное расстояние между местами крепления к полистироловой плите составляет 750 мм.
На сгибах не более 300 мм.

Часто скобы применяются в комбинации с пластиковой крепежной лентой для того, чтобы сделать монтаж быстрым и легким.

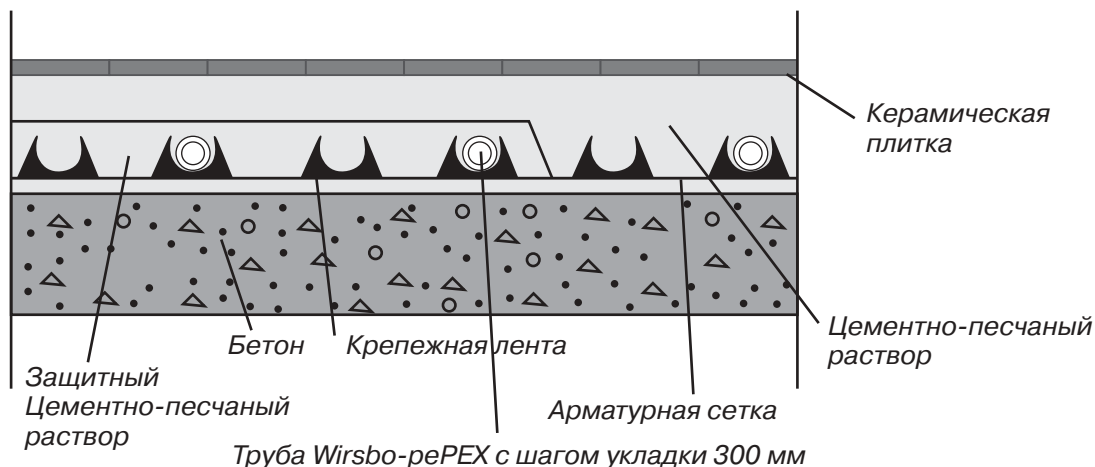


Рис. 3.4.2 Наливной пол на бетонной плите. Петли трубы уложены на пластиковой крепежной ленте без зубцов.

- Укрепите пластиковую крепежную ленту без зубцов на бетоне при помощи стальных гвоздей.
- Защелкните трубы в нужном положении.

3.5. Деревянные полы на балках

Деревянные полы на балках не проводят тепло так эффективно, как бетон. При таких конструкциях необходимо использовать пластины распределения тепла, чтобы достичь равномерной температуры пола. Проверьте, чтобы дерево было как следует высушено (максимальное содержание влаги 10%). Следующее руководство является общим и составлено для случая, когда расстояние между осями балок составляет 600 мм (оно применимо и при расстояния между осями балок меньше, чем 600 мм).

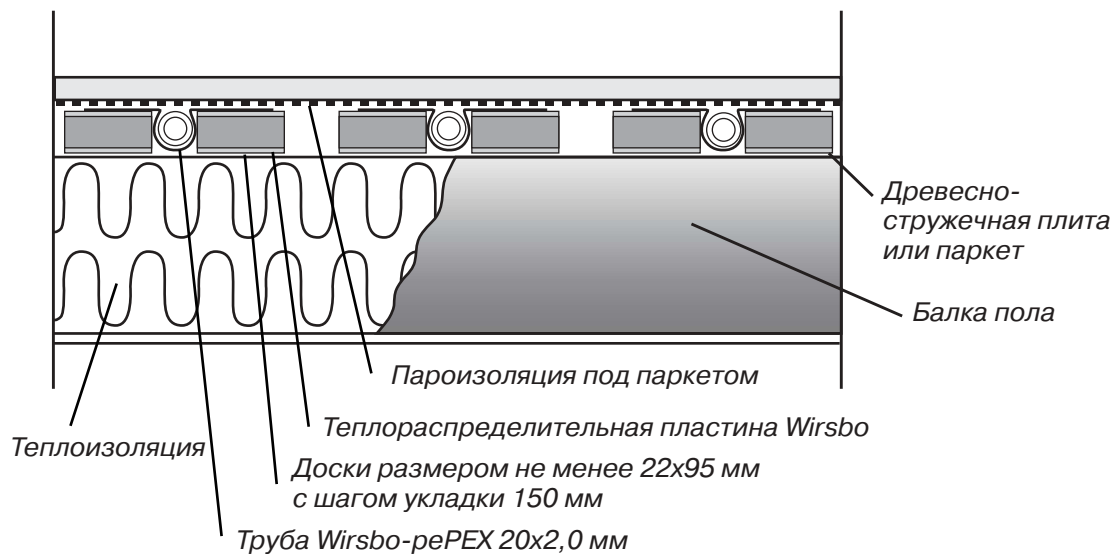


Рис. 3.5.1 Поперечное сечение петли трубы с теплораспределительными пластинами.

- Прибейте поперечные доски размером не менее 22x95 мм двумя гвоздями к каждой балке (используйте предпочтительно гвозди из горячеоцинкованной проволоки). Первая доска должна быть прибита на расстоянии около 50 мм от наружной стены так, чтобы можно было установить алюминиевую пластину.
- Оставьте половину расстояния между крайними балками без досок. На крайнюю балку прибивается доска с учетом сгиба труб.
- Начиная с наружной стены, уложите теплораспределительные пластины. Оставьте свободными около 300 мм от поперечной стены с тем, чтобы дать возможность повернуть обратно петлю трубы. Покройте как можно большую площадь теплораспределительными пластинами (70-90%). Теплораспределительные пластины можно делить на части и подгонять по длине помещения. Зазор между пластинами должен составлять 10-100 мм.
- Прикрепите пластины к доскам так, чтобы желобки для труб находились на одной прямой.
- Уложите трубы согласно схеме укладки труб.
- При необходимости уложите пароизоляцию.
- Отметьте маршрут прохождения труб, чтобы не закрутить шурупы сквозь трубы.
- Древесностружечные плиты (мин. 22 мм) укладываются поперек досок секциями по 600 мм и закрепляются шурупами. Шпунты и желобки приклеиваются.

При укладке непосредственно ламинированного паркета без древесностружечной плиты необходимо придерживаться следующего:

- Конструкция должна быть усилена. Размеры досок должны составлять не менее 28x70 мм. Доски укладываются с зазором 25 - 30 мм от стены и прибиваются ко всем балкам за исключением торцевых. Во время укладки трубы концы досок поднимаются и петли труб проталкиваются вокруг конца доски под доски до их прибивания. Ламинированный паркет укладывается поперек досок.
- Помните, что доски должны быть прибиты гвоздями из горячеоцинкованной проволоки.

3.6. Настеленные полы

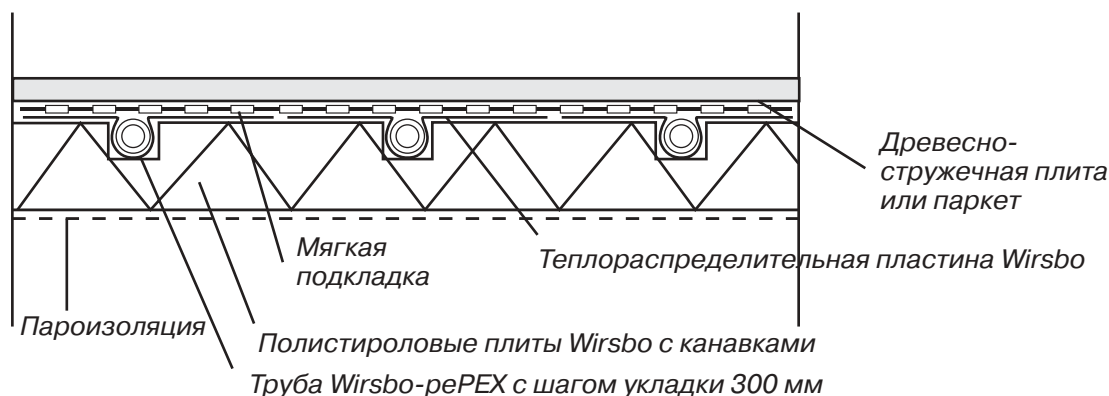


Рис. 3.6.1 Поперечное сечение плавающего пола.

На бетонных полах возможно укладывать напольное отопление, используя полистироловые плиты с канавками для теплораспределительных пластин и труб. Этот альтернативный метод может быть использован для всех типов существующих плоских полов.

- Подготовьте пол (отшлифуйте, наполните и т.д.) согласно действующим нормам или правилам с учетом допустимых отклонений. Очистите поверхность от пыли и грязи при помощи пылесоса.
- Бетонные полы на уровне земли должны быть покрыты устойчивой к старению полиэтиленовой пленкой толщиной в 0,2 мм (пароизоляция).

- Уложите полистироловые плиты в соответствии со схемой укладки труб. Плиты должны быть расположены в шахматном порядке, чтобы свести до минимума расход материала и избежать образования поперечных стыков на одной линии.
- Уложите теплораспределительные пластины в канавки.
- Теплораспределительные пластины можно делить на части и подгонять по длине помещения. Зазор между пластинами может быть 10-100 мм.
- Укладывайте трубы в канавки теплораспределительной пластины.

Настил пола может быть осуществлен различными способами:

- При использовании древесностружечных плит их толщина должна быть минимально 16 мм. В случае полистироловых плит толщиной 30 мм необходимо использовать древесностружечные плиты толщиной 22 мм. Все стыки должны быть проклеены.
- В случае настеленных паркетных полов можно использовать ламинатный паркет толщиной как 22 мм, так и 14 – 15 мм. Если же толщина полистироловой плиты 30 мм, то следует использовать паркет толщиной 22 мм. Опять же, все стыки должны быть проклеены.

3.7. Материалы для покрытия пола

Структура поверхности пола влияет на излучение тепла. Материал для покрытия пола и его толщина оказывают влияние на теплопередачу.

Толстый ковер от стены до стены действует как изолятор, и поэтому потребуется более высокая температура воды для достижения такой же температуры на поверхности, как если бы использовалось более тонкое покрытие. С другой стороны, изолирующие покрытия для пола обеспечивают более равномерную температуру пола. Другие материалы для покрытия пола, например керамическая плитка, хорошие проводники тепла, для которых требуется более низкая температура воды.

Помните следующее:

Убедитесь в том, что материалы для покрытия пола на базе дерева имеют подходящее влагосодержание для применения их в системе напольного отопления.

Относительно паркетных полов Wirsbo рекомендует максимальную температуру пола +27°C.

Для того, чтобы определить степень воздействия материалов покрытия на теплопередачу, можно использовать следующую формулу. Более высокое значение $1/R$ материала означает, что теплопередача осуществляется более эффективно.

Коэффициент теплопередачи материала покрытия пола:

$$\frac{1}{R} = \frac{\lambda}{d} \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

λ = коэффициент теплопроводности, Вт/м К

d = толщина, м

Пример:

Каков коэффициент теплопередачи паркета для пола толщиной 14 мм (0,014 м)

Паркет $\lambda = 0,13 \text{ Вт/м К}$

$$\frac{1}{R} = \frac{0,13}{0,013} = 10 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Если толщина бетонного слоя (но уже с керамической плиткой) над трубами 30 мм, то в расчетах принимается $1/R = 100$. В других случаях рассчитайте, как показано выше.

3.8. Требования к теплоизоляции

Когда речь идет об изоляции здания, необходимо принять во внимание несколько аспектов. Общие аспекты, касающиеся систем отопления, а также специфические аспекты, связанные с системами напольного отопления, следующие:

Теплоизоляция пола

Теплоизоляция пола рекомендуется с тем, чтобы уменьшить потери тепла по направлению вниз. На первом этаже эти потери могут создать проблемы при регулировании температуры в здании. Должна быть использована качественная теплоизоляция ($\lambda \leq 0,04$ Вт/мК).



Уменьшение потери тепла по направлению вниз

Рис. 3.8.1 Теплоизоляция здания.

Чтобы нейтрализовать потери тепла системы напольного отопления по направлению вниз, толщина теплоизоляции под бетонной плитой в контакте с грунтом должна быть увеличена на 80 мм. Эта цифра выходит из расчетов при тепловой нагрузке пола 50 Вт/м². С помощью расчетов проверяется, что потери тепла по направлению вниз были на уровне 10% от общей тепловой нагрузки, что является нормальным для хорошо теплоизолированного скандинавского односемейного дома без напольного отопления (см. более детально в приложении). Если местные нормы потерь тепла по направлению вниз отличаются, на теплоизоляцию могут быть установлены другие требования.

Теплоизоляция, защищающая от влажности

Чтобы обеспечить приемлемый уровень влаги в бетоне ($< 85\%$), перепад температуры через теплоизоляцию под бетонной плитой может быть грубо 4°C . В случае дома, расчетная тепловая нагрузка пола которого 50 Вт/м², толщина теплоизоляции под бетонной плитой должна быть 100 мм (расчет с шириной дома 10 м).

Не превышать определенный максимальный уровень влажности в бетоне важно в случаях, когда бетон покрывается ковровым покрытием либо паркетом. Если уровень относительной влажности превышает 85%, то это может послужить причиной нездорового внутреннего климата.

Большой дом сохраняет часть тепла, как будто «теплое место» под его центром. Чтобы перепад температур был не более 4°C через изоляцию, толщина теплоизоляции должна быть увеличена. При ширине дома, например 20 м, толщина теплоизоляции должна быть 120 мм. Большие дома труднее теплоизолировать от повышенного уровня влажности. В таких случаях рекомендуется использовать бетонные полы без покрытия или керамические либо натуральные каменные материалы.

3.9. Совместимость с кондиционированием воздуха и с другими системами отопления

Напольное отопление может быть использовано в комбинации с другими отопительными системами, такими как кондиционирование воздуха, радиаторное отопление и конвекторы. Эти дополнительные отопительные системы должны быть установлены таким образом, чтобы они не мешали регулированию температуры системы напольного отопления. Это значит, что, например, системы кондиционирования

воздуха должны работать при температуре на 2 - 3°C ниже, чем установленная температура помещения с системой напольного отопления. Для эффективного регулирования температуры система напольного отопления должна превалировать над остальными отопительными системами.

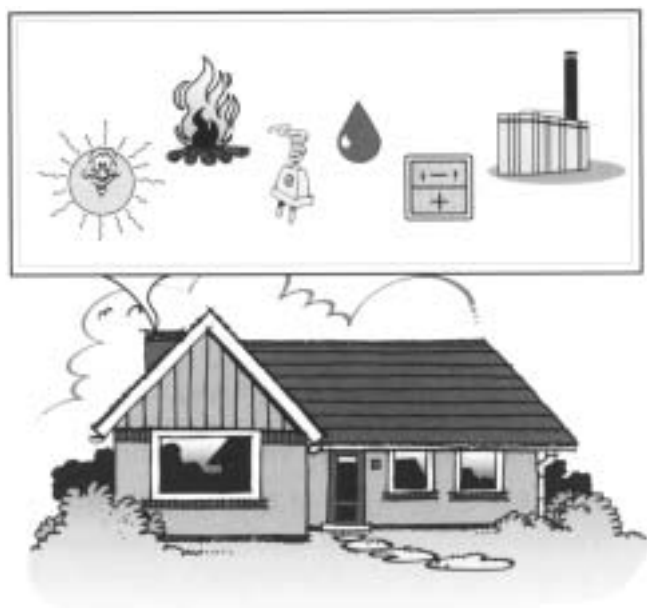


Рис. 3.9.1. Система напольного отопления Wirsbo может быть использована со всеми источниками энергии.

В качестве альтернативы, система напольного отопления может быть запрограммирована на постоянную температуру пола (постоянная температура обратного потока воды).

3.10. Температура пола

Ногу человека можно было бы назвать термостатом человеческого тела. В районах, где суровая зима, люди с древних времен обращали внимание на температуру пола. Доказательством этому служит использование элементарного напольного отопления или материалов покрытия с высокой удельной теплоемкостью, таких как деревянные полы или ковры. Можно сказать, что фактором проектирования, определяющим температуру пола, является чувствительность стопы человека. Температура 21°C на поверхности пола дает ощущение комфорта.

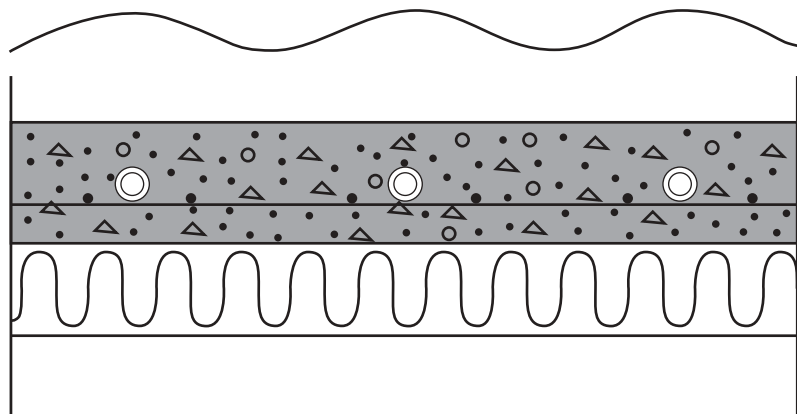
В соответствии со стандартом Ассоциацией международных стандартов ISO 7730 наиболее комфортной для человека температурой является температура 19-26°C. Однако системы напольного отопления могут быть спроектированы и для температуры пола 29°C, например, в ванных комнатах или в зонах, прилегающих к наружным стенам.

При проектировании системы напольного отопления важно, чтобы температура поверхности пола не превышала 29°C, более высокая температура может вызывать дискомфорт. Высокая температура является необычной для систем напольного отопления и считается неоправданной тратой энергии. Также важно обеспечивать такую работу системы отопления, чтобы перепад температур на поверхности пола в разных точках не различался более, чем на 5°C. Более резкое падение температуры будет восприниматься ногой человека, как неравномерная температура пола.

Профиль температуры поверхности пола

Примечание

Различные покрытия пола имеют различные температурные ограничения поверхности пола. Например, для паркета максимальная рекомендуемая температура 27°C. Смотрите дополнительно раздел материалов покрытия пола.



Профиль температуры на поверхности пола

Рис. 3.10.1 Иллюстрация распределения температуры по поверхности пола.

3.11. Регулирование температуры воды

Существуют различные принципы регулирования температуры воды в системах напольного отопления.

Постоянная температура подающей воды при постоянном потоке воды

Этот способ подходит только в случае применения подогретого пола как второстепенного отопительного источника. Компенсируется только минимальная часть всей тепловой нагрузки. Остальные отопительные системы должны контролировать и регулировать температуру помещения. При таких условиях постоянная температура подающей воды дает почти постоянную температуру поверхности пола. Когда в помещении запроецирована определенная температура, то температура подающей воды должна быть на 2 - 3°C ниже установленной. В противном случае, в некоторых ситуациях температура пола может мешать управлению температурой помещения.

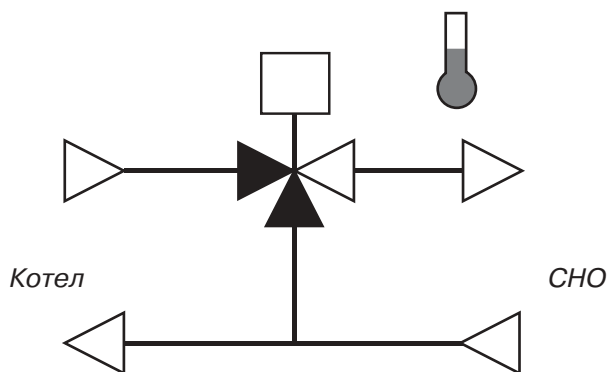


Рис. 3.11.1 Принципиальная схема поддержания постоянной температуры подающей воды.

Постоянная температура воды в обратном трубопроводе при постоянном потоке

Применяется аналогично предыдущему примеру. Когда в помещении запроецирована определенная температура, то температура обратной воды должна быть на 8-10°C ниже установленной в помещении.

Изменение температуры подающей воды при постоянном потоке в зависимости от внутренней температуры

По мнению некоторых экспертов по внутреннему климату, самым лучшим является способ контроля внутренней температуры. Причина в том, что большинство зданий имеет очень высокую тепловую

инерцию. Это означает, что быстрые изменения наружной температуры влияют на внутреннюю температуру очень медленно. Другими словами, контролирование внутренней температуры гармонирует с тепловой инерцией дома. При применении этого способа регулирования риск от влияния пиковых температур на внутренний климат помещения минимален.

Изменение температуры подающей воды при постоянном потоке в зависимости от наружной температуры

Обратно вышесказанному, по мнению некоторых экспертов, лучшим способом регулирования считается контроль наружной температуры. Причина в том, что в этом случае можно работать с предварительно рассчитанными кривыми зависимости температуры подающей воды от наружной температуры. Главное преимущество заключается в том, что когда происходит повышение наружной температуры, контрольная система немедленно понижает температуру подающей воды, доводя до минимума нежелательные потери тепла. С другой стороны, понижение наружной температуры всегда вызывает повышение температуры подающей воды.

Переменный поток при постоянной температуре подающей воды

Некоторые эксперты считают, что самый современный способ регулирования температуры - это применение переменного потока подающей воды с постоянной температурой. Как правило, отдаваемое тепло оценивается измерением разницы температур между подающей и обратной водой в отопительной системе. Большая разница температур указывает на низкую теплоотдачу и, следовательно, малая разница - на высокую.

Постоянная температура поверхности пола

Способ постоянной температуры поверхности пола часто применяется в местах, где поддержание температуры пола крайне существенно, в таких помещениях, как бассейны, душевые и т.д. Поддержание постоянной температуры пола рассматривается только, как часть системы контроля внутреннего климата. Управление температурой производится другими системами отопления. В любом случае, когда температура поверхности пола выше, чем заданная температура помещения, то прогретый пол может влиять на работу системы контроля внутренней температуры.

Принципы и задачи проектирования

Описанные примеры регулирования температуры используются в большинстве случаев комбинированно для того, чтобы осуществить хорошее регулирование внутреннего климата. Это имеет самое большое значение в обеспечении корректного регулирования температуры. В помещении не должно быть поверхностей, выделяющих тепло путем радиации или конвекции, посредством которых генерированный температурный уровень может сбивать систему контроля.

Классической ошибкой является то, что температурные уровни систем отопления и охлаждения связаны почти одинаково и их используют как две индивидуально работающих системы, а не как одну, единоподчиняемую. В некоторых случаях две системы могут, как скаковые лошади на финишной прямой, работать друг против друга на полной мощности. Одной из возможностей избежать этого является использование контроля наружной температуры, который включает одну систему, выключая другую, в зависимости от определенного уровня наружной температуры.

3.12. Регулирование температуры в помещениях

Регулирование температуры в помещениях требуется для достижения максимального комфорта. В одном здании существуют различные потребности тепла в зависимости от внешних факторов (ориентация здания, направление ветра и т.д.) или внутренних факторов (освещение, открытый огонь, время проживания и т.д.). Напольное отопление отвечает этими требованиями. Температура в каждом помещении может быть точно отрегулирована при помощи комнатного термостата. Однако, при планировке открытого типа, разные помещения можно рассматривать как единое целое. В таких случаях Wirsbo рекомендует использовать только один комнатный термостат для контроля всей открытой части, установленный в помещении с наибольшими теплопотерями. Обычно это помещение с наибольшим количеством наружных стен или окон.

Двухпозиционное (вкл-выкл) регулирование

Коррекция температуры в системах Wirsbo обычно происходит по принципу двухпозиционного регулирования. Например, принимаем, что температура помещения немного ниже, чем заданная комнатным термостатом. Термостат включает отопление. Применяя принцип вкл-выкл, термостат открывает приток тепла в течение 5 минут. После этого он закрывает приток независимо от температуры помещения, когда температура помещения все же ниже заданной, термостат включает снова после 5 минут отопление на следующие 5 минут и т.д. Идея такого принципа регулирования - это повышение температуры пола так равномерно, как возможно, что обеспечивает повышенную степень комфорта. В течение 5 минут, когда термостат открыт, вода циркулирует с большой скоростью и заполняет контур напольного отопления полностью новой водой с равномерной температурой.

Регулирование потока

Системой напольного отопления можно также управлять при помощи регулирования потока. Большой расход обеспечивает высокую теплоотдачу с поверхности пола и низкая скорость - наоборот. Однако, это дает неравномерную температуру поверхности пола.

3.13. Время реагирования

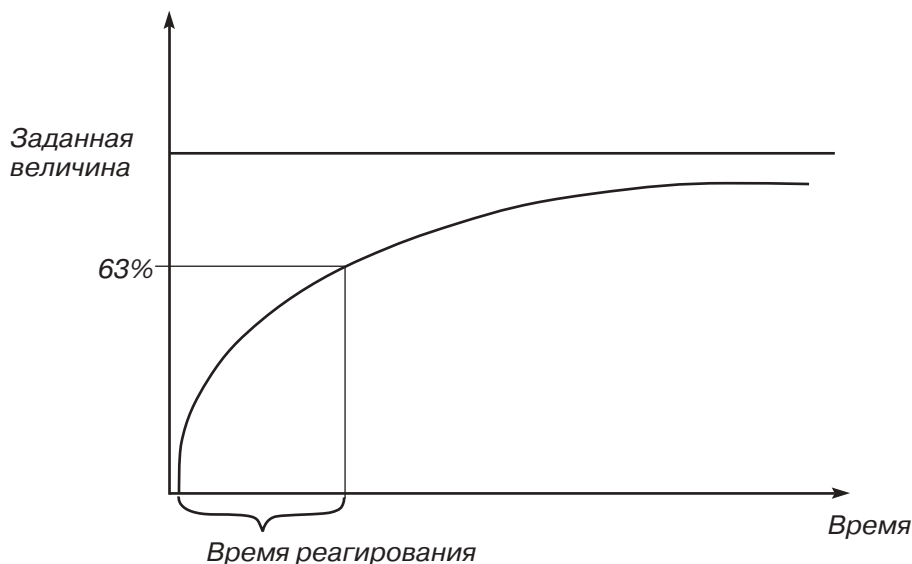


Рис. 3.13.1 Типичный график реагирования.

Различные, связанные между собой факторы климатических условий и конструкций здания влияют на время реагирования системы напольного отопления.

Климатические условия

Время реагирования изменяется в соответствии с наружной температурой. Системы отопления спроектированы таким образом, чтобы они могли справиться с температурами во время самых холодных месяцев года. Несмотря на это, системы не спроектированы только для работы в течение этого периода, до и после холодного сезона имеется резерв мощности, который сокращает время реагирования.

Конструкция здания

Теплоизоляция здания, коэффициент теплопередачи U , влияет на работу системы напольного отопления. Если здание имеет недостаточную изоляцию, это приведет к потере энергии, что будет оказывать влияние на время реагирования.

Конструкция пола также влияет на время реагирования. В домах с монолитными бетонными полами бетон будет накапливать энергию, замедляя первоначальное время реагирования. В общественных зданиях этот эффект накопления энергии может быть использован для экономии энергии в ночное время или в конце недели, когда перепад температуры допустим из-за отсутствия людей в здании. Систему можно, например, регулировать недельным таймером, запрограммированным на реагирование системы. В домах с деревянными полами на балках или настеленными полами – наоборот, более короткое время реагирования, так как дерево имеет низкую теплоемкость.

3.14. Проектирование и монтаж системы напольного отопления

Грамотный проект и правильный монтаж системы крайне важны для удовлетворительной работы системы напольного отопления. Основные аспекты при проектировании, такие как конфигурация петли, размер трубы, шаг и глубина укладки, как и другие важные аспекты, которые влияют на работу системы, например температура воды и необходимый расход, являются расчетными величинами. В заключение, правильная укладка труб и балансирование петель труб обеспечат эффективную работу системы.

3.15. Конфигурация петли

Имеется три основных типа конфигурации петли напольного отопления. Выбор типа конфигурации зависит от техники и традиций строительства в разных странах.

Вообще при составлении планов укладки труб необходимо обратить внимание на то, чтобы направить подающий поток воды к внешним стенам или другим потенциально холодным зонам.

На этой стадии необходимо принять во внимание такой момент, как предотвращение прохождения петель через деформационные швы, которые имеются в бетонной плите.

Понижение температуры в петлях трубы должно удерживаться на низком уровне, приблизительно 5°C , чтобы избежать неравномерной температуры пола.

Конфигурация А

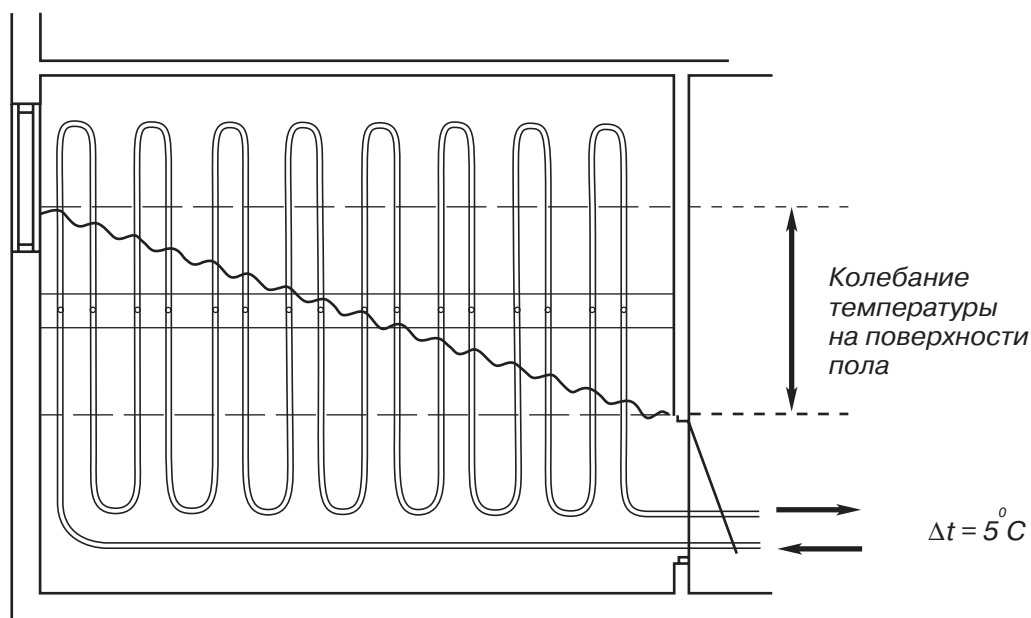


Рис. 3.15.1 Конфигурация А, одиночный змеевик.

Конфигурация А обеспечивает легкий монтаж труб и более равномерное распределение тепла по поверхности пола. Колебания температуры на малых площадях минимальные.

Основным преимуществом конфигурации А является то, что она легко приспособливаема ко всем видам конструкции пола. Она может быть легко преобразована для обеспечения различных потребностей тепла путем изменения шага укладки трубы.

Конфигурация А подходит для большинства систем напольного отопления в жилых домах. Рекомендуется использование очень гибкой трубы, такой как Wirsbo re-PEX.

Конфигурация В

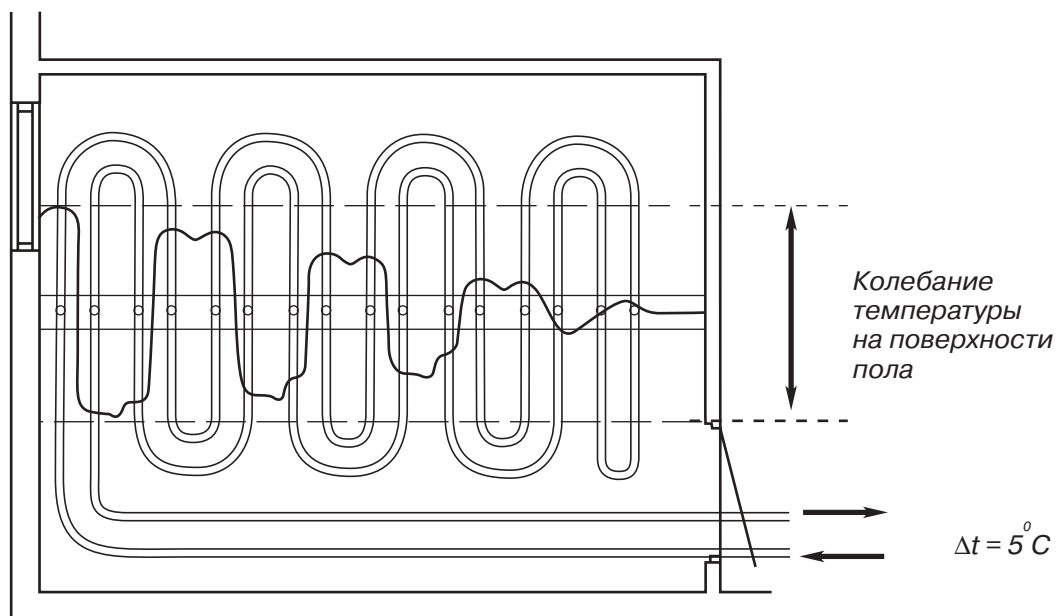


Рис. 3.15.2 Конфигурация В, параллельная укладка подающей и обратной труб.

Эту конфигурацию характеризует то, что трубы подающего и обратного потока воды на схеме укладки петель направляются параллельно друг другу.

Конфигурация В обеспечивает равномерную среднюю температуру, но при ней возможны более высокие колебания температуры на малых площадях. Она подходит для отопления более обширных площадей с повышенной потребностью тепла, например для общественных зданий, ангаров или системы снеготаяния.

Конфигурация С

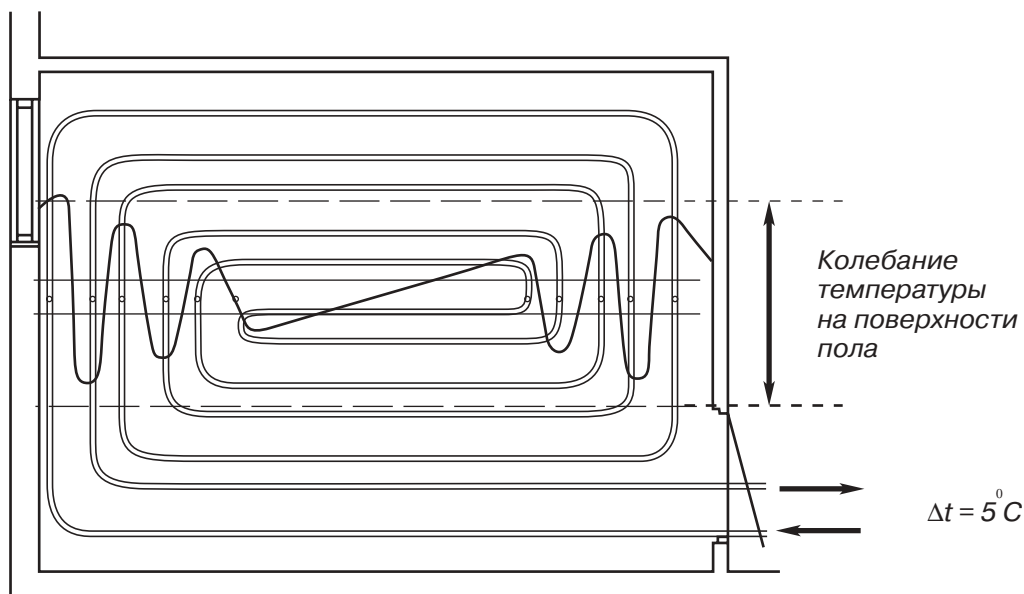


Рис. 3.15.3 Конфигурация С, трубы поступающей и обратной воды уложены параллельно спирали.

Эта конфигурация является, в основном, вариантом конфигурации В, но она выполнена в форме спирали. Конфигурация С подходит для жилых домов с повышенной потребностью тепла. Она не рекомендуется для установки на конструкциях деревянных полов.

Эта конфигурация разрешает проблему жесткости некоторых труб, труба может быть уложена с маленьким шагом.

3.16. Размер трубы

В настоящем руководстве Wirsbo мы рекомендуем трубу Wirsbo rePEX диаметром 20x2,0 мм, которая отвечает требованиям большинства систем. Несмотря на это, могут быть приняты во внимание и другие размеры, например когда имеются специальные требования по теплоотдаче и падению давления. Практические аспекты, такие как гибкость трубы, тоже могут иметь значение при определении диаметра трубы.

Различные диаметры труб требуют корректировку температуры воды. Диаграмма 3.16.1 рядом показывает это отношение в виде поправочного коэффициента.

Например, если труба диаметром 15 мм используется вместо трубы диаметром 20 мм, температура воды должна быть повышена на коэффициент 1,02, т.е. на 2%. Необходимо помнить, что для поддержания постоянного потока воды нужно также увеличить скорость потока, и это в свою очередь ведет к увеличению падения давления.

Поправочный коэффициент

Коэффициент отношения

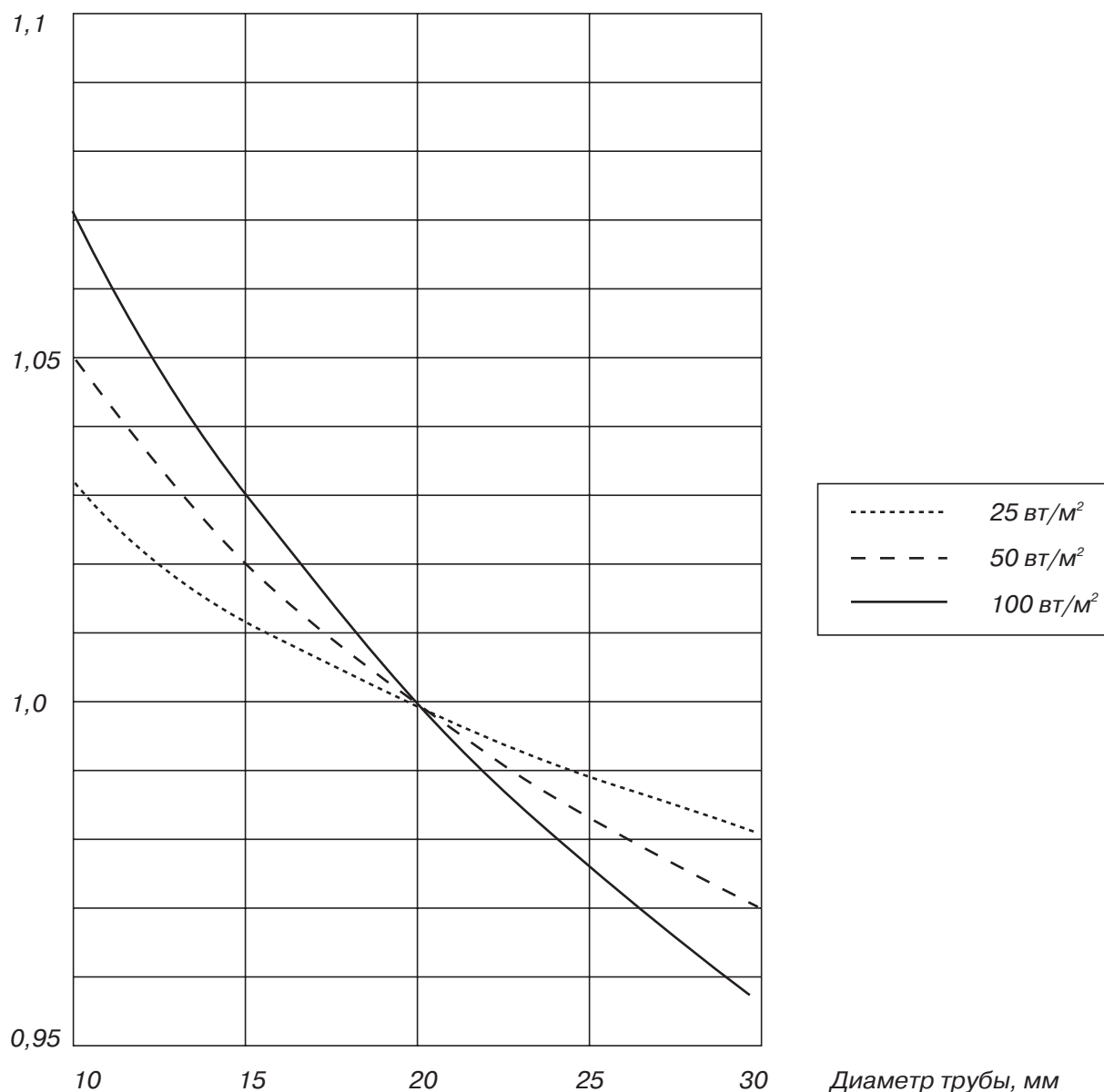


Диаграмма 3.16.1. Зависимость температуры воды от диаметра трубы.

3.17. Глубина укладки трубы

Глубина укладки трубы находится в прямой зависимости от температуры воды. Диаграмма 3.17.1 ниже показывает это отношение. В системе, где труба уложена на большей глубине, температура воды должна быть выше. Несмотря на это, при более глубокой укладке температура пола будет более равномерной.

В бетоне рекомендуемая глубина укладки 30-70 мм. Если труба установлена слишком близко к поверхности бетонной плиты, температура по поверхности пола может изменяться чересчур много. С другой стороны, если труба установлена глубоко внутри бетонной плиты, часть энергии тепла будет накапливаться. Такая ситуация увеличивает время реагирования.

Примечания:

В системах, где материал над трубой имеет более низкую теплопроводность (дерево), труба может быть расположена ближе к поверхности.

Когда трубы укладываются в бетон, важно избегать воздушные пустоты вокруг трубы, которые могут уменьшить передачу тепла в бетоне.

Поправочный коэффициент

Коэффициент отношения

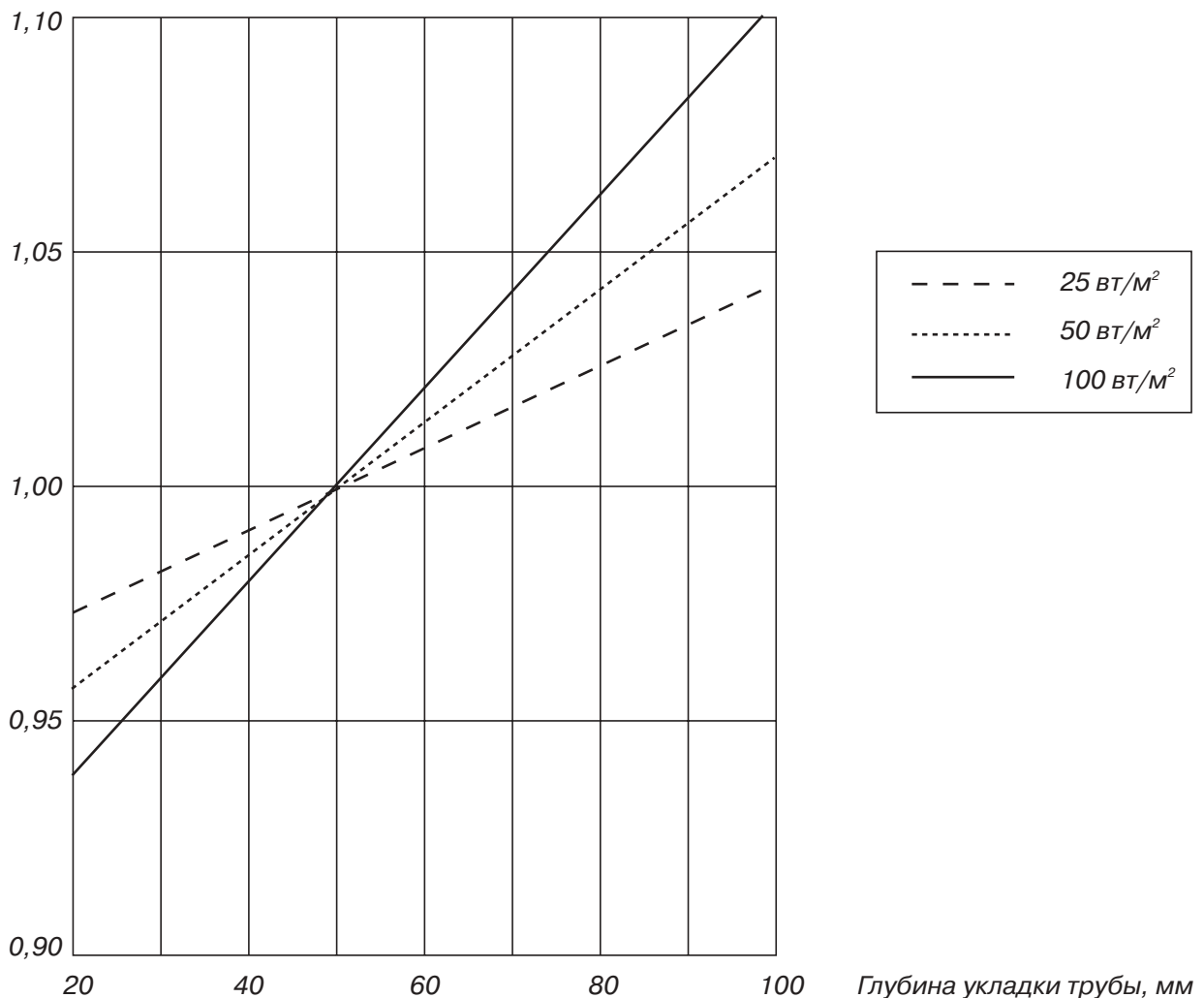


Диаграмма 3.17.1 Зависимость температуры воды от глубины укладки трубы.

3.18. Шаг укладки трубы

Исходя из экономических и технических аспектов, шаг укладки трубы (расстояние между осями соседних труб) 300 мм делает оптимальными проектирование и монтаж напольного отопления. Данный шаг укладки широко распространен в системах напольного отопления в скандинавских странах.

Одним важным фактором, определяющим шаг укладки трубы, является колебание температуры на поверхности пола. Исследования чувствительности стопы человека показывают, что он не может различать колебания температуры менее 2°C . Шаг трубы 300 мм для конфигурации А в ранее уложенном бетоне на глубине минимально 30 мм поддерживает температуру в пределах, где человеческая стопа не в состоянии почувствовать любое колебание температуры пола.

Поправочный коэффициент

Коэффициент отношения

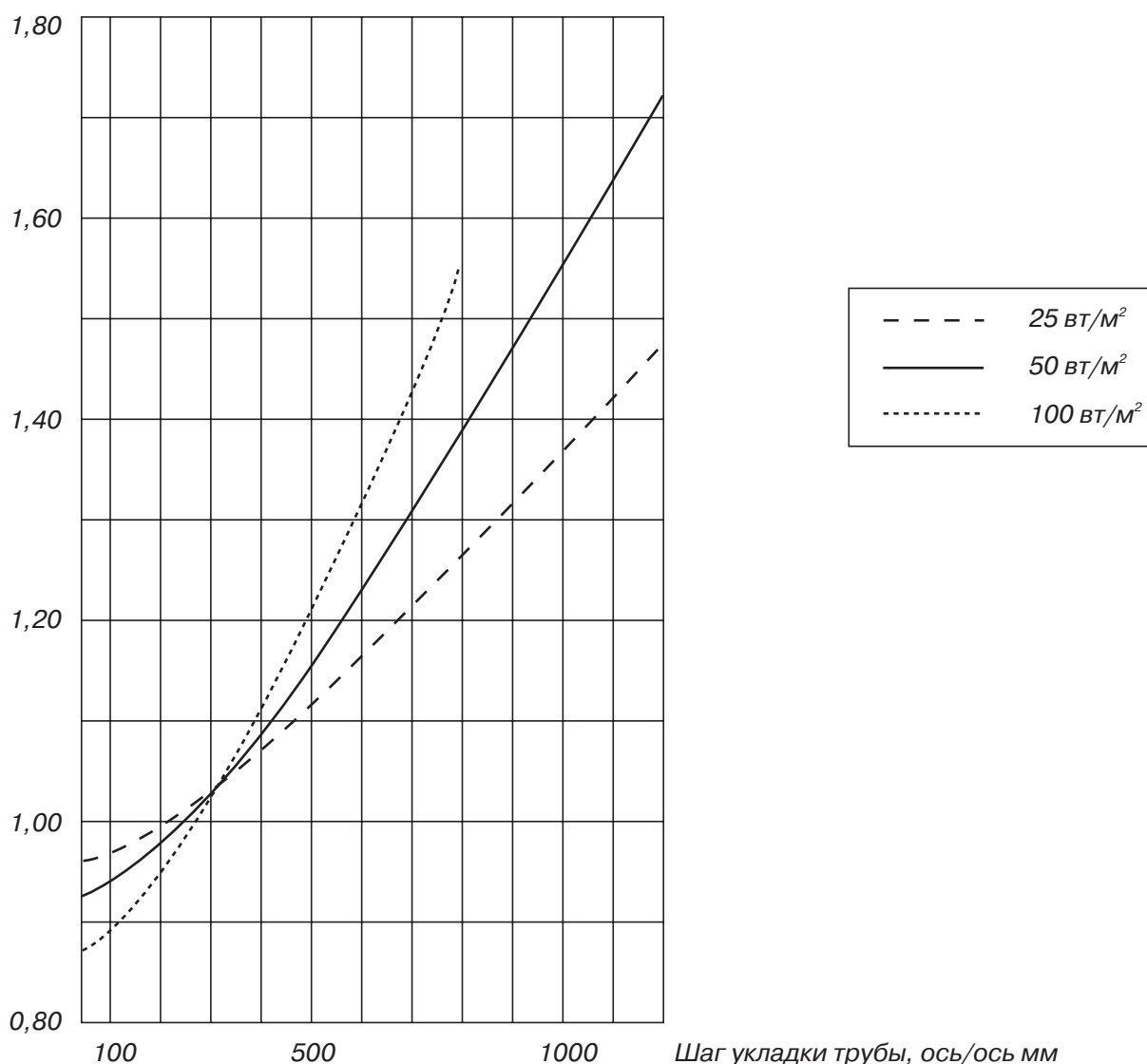


Диаграмма 3.18.1 Зависимость температуры воды от шага укладки трубы.

Существуют три основных переменных величины при проектировании напольного отопления: теплотери, температура воды и шаг укладки трубы. Решающей переменной величиной являются, конечно, теплотери. Для упрощения проектных расчетов можно оставить постоянной либо температуру воды, либо шаг укладки трубы.

а) Постоянная температура воды

Если температура подаваемой воды поддерживается постоянной, то теоретически различающийся шаг укладки трубы будет уравнивать неравномерность распределения температуры пола. Однако, изменение шага укладки трубы имеет больше пользы при переменных температурах.

В домах с различными конструкциями пола, например бетонный пол на грунте на первом этаже и пол на деревянных балках на втором этаже, где разница требуемой температуры воды между этажами может быть более, чем 15°C, трудно компенсировать разницу температур только изменением шага укладки трубы. Поэтому системы с постоянной температурой воды главным образом применяются там, где назначение отапливаемого пола второстепенное и/или когда подающая вода только с одной температурой: например в случае, когда для напольного отопления применяются отработанное тепло или тепловые насосы.

Не только это является причиной ограниченного применения, но и технические неудобства укладки труб с различным шагом. Другой недостаток очевиден в случае, если покрытие пола заменяется другим, например при замене керамических плиток на ковер от стены до стены: шаг укладки остается прежним, таким образом уменьшая теплоотдачу.

б) Постоянный шаг укладки трубы

При постоянном шаге укладки трубы происходит изменение температуры подающей воды. Упрощается проектирование (чертежи и т.д.) и монтаж. Монтажник укладывает трубы с одним и тем же шагом и остается лишь вопрос регулировки температуры.

Необходимо помнить, что существуют ограничения температуры воды (см. Температура пола выше и Температура воды гл.4). В случаях, когда требуется более высокая температура необходимо применить разный шаг укладки трубы и разную конфигурацию петли.

Если контур спроектирован шагом укладки трубы не 300 мм, температура воды должна быть принята другой для достижения такой же теплоотдачи. См. диаграмму 3.18.1 выше. Например, если шаг укладки трубы 400 мм вместо 300 мм, необходимо повышение температуры воды на 10%. Шаг укладки трубы 100 мм наоборот потребует уменьшения температуры воды на 10%. Однако, обратите внимание на то, что при этом понадобится большее количество труб для покрытия одной и той же площади, и соответственно увеличится стоимость системы.

3.19. Силы при удлинении и усадке

Тепловое расширение

В системе напольного отопления, где используются трубы Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм и Wirsbo-evalPEX < 25x2,3 мм, силы от теплового расширения незначительны. Удлинение и расширение труб Wirsbo не может происходить, когда они залиты в бетон. Тем не менее, поперечное расширение приводит к незначительному увеличению толщины стенки. Это значит, что трубы не повредят бетон, например, вызвав трещины, как в случае металлических труб.

Максимальная сила расширения

Сила, которая возникает, когда закрепленная труба нагревается до максимальной рабочей температуры 95°C.

Максимальная сила сокращения

Сила сокращения, которая возникает в результате теплового сокращения, а также продольной усадки трубы, если она уложена и закреплена при максимальной рабочей температуре.

Сила сокращения

Остаточная сила в трубе при температуре монтажа в результате продольной усадки, когда закрепленная труба была подвергнута максимальному рабочему давлению и температуре некоторое время.

Удлинение, мм/м

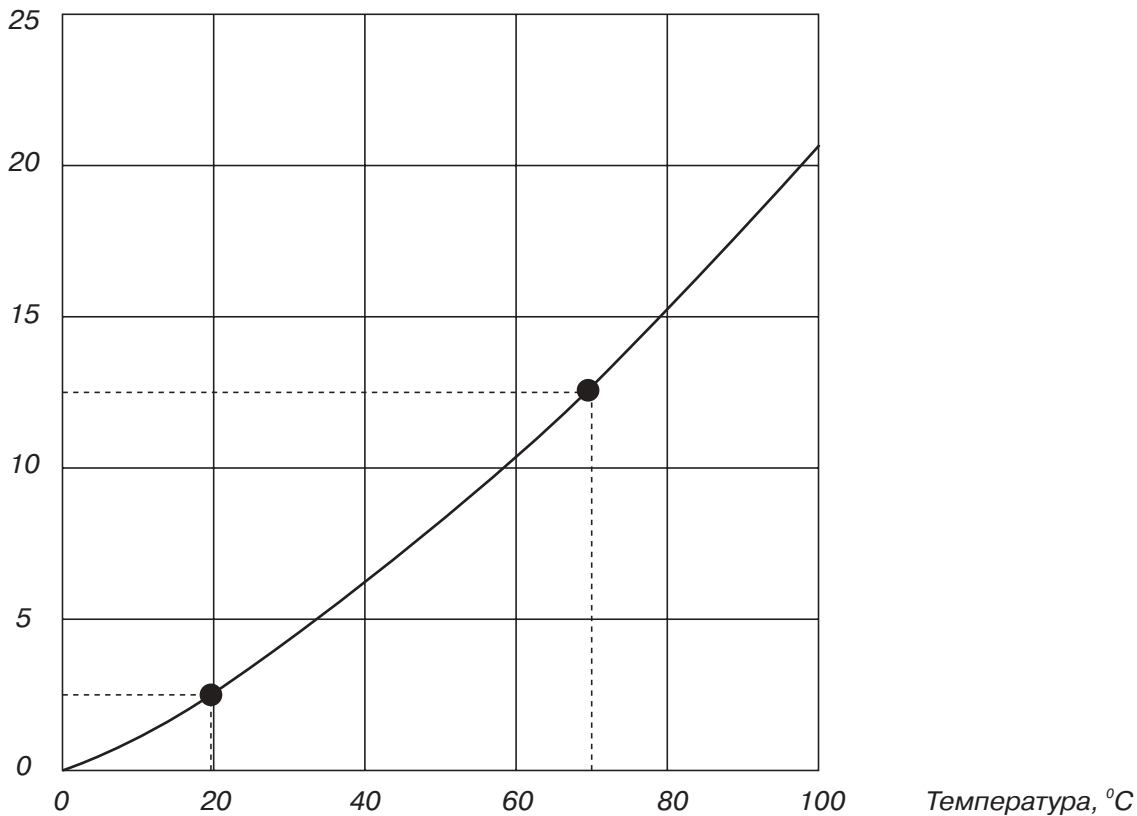


Диаграмма 3.19.1 Тепловое удлинение.

3.20. Расположение коллекторов

В начальной стадии проектирования необходимо тщательно продумать расположение коллекторов. Коллекторы должны быть расположены по возможности в центре здания, чтобы длина проложенных труб между коллекторами и индивидуальными зонами отопления была минимальной. Это поможет сбалансировать систему и улучшить регулирование температуры в отдельных помещениях. Коллектор должен быть размещен таким образом, чтобы было легко проводить обслуживание и чтобы уменьшить возможный ущерб от затопления водой, если возникнет необходимость ремонта. При этом эстетическая сторона играет несущественную роль, так как коллекторы спрятаны в стене и таким образом не видны.

Методы расчетов

4.1. Основные положения

В полный проект системы напольного отопления входят:

- Спецификация материалов
- Схема укладки труб
- Техническая информация относительно перепада давления, температуры воды и предустановки вентилей для балансирования петель трубы

Проект может быть выполнен вручную (см. пример расчета, приведенный в главе 5)

В первую очередь, до начала проектирования и осуществления расчетов нужно проверить, чтобы имелась вся необходимая исходная информация. Должны быть:

- Ясный и четкий чертеж здания с указанием масштаба
- Детальные теплотери ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
- Указание расположения котла в здании и место расположения стояков или ответвлений внутри здания.
- Инструменты, такие как измерительное колесико для замера расстояний на чертежах и лекало для нанесения петель трубы.

Во-первых, выберите место расположения коллекторов (см. предыдущую главу). Коллекторы могут быть расположены в гардеробе, кладовке, под раковиной или встроены в стену и закрываться крышкой шкафчика. В общественных зданиях для этой цели можно использовать закрывающийся на замок металлический шкаф. Для каждого помещения желательно, чтобы была своя петля трубы. Для больших помещений необходимы 2 и более петель. Один термостат может контролировать до 5 петель и коллекторы могут обслуживать до 10-12 петель. Тем не менее, в индивидуальных домах обычных размеров более практично ограничить это число до 6-8 петель.

Конструкция пола должна отвечать действующим государственным требованиям и стандартам, касающимся дренажа, пароизоляции и т.д. В домах, построенных на бетонной плите, теплоизолирующий слой должен быть увеличен на 80 мм для того, чтобы уменьшить потери тепла по направлению вниз. Толщина теплоизолирующего слоя должна быть одинаковой по всей площади. Полы деревянной конструкции на балках также должны быть теплоизолированы (более детально требования к теплоизоляции, см. предыдущую главу).

Всегда следуйте инструкциям производителя материала для напольного покрытия.

4.2. Исходные данные

- Настоящее руководство рассматривает в основном следующие исходные данные:
- Температура в помещении 20°C
- Теплотери здания составляют $< 100 \text{ Вт}/\text{м}^2$, исключая теплотери через пол (для ограничения температуры пола до 29°C)
- Понижение температуры в петле трубы приблизительно 5°C
- Конфигурация петель по типу А (см. предыдущую главу)
- Шаг укладки трубы 300 мм
- Петли из трубы Wirsbo-pePEX диаметром 20x2,0 мм
- Магистральные трубы Wirsbo-evalPEX

4.3. Потребность тепла ($q_{\text{расч}}$)

Климатические условия и высокое качество строительных работ в Скандинавии обычно требуют максимального значения $q_{\text{расч}} = 50 \text{ Вт/м}^2$ (плотность теплопотока) для того, чтобы достичь внутри помещения температуры 20°C . Низкая потребность энергии - результат отличной теплоизоляции зданий (окна с тройным остеклением и т.д.). Такая $q_{\text{расч}}$ применяется в расчетах при проектировании напольного отопления объектов в странах с более мягким климатом. Несмотря на это, принято делать расчеты, исходя из $q_{\text{расч}} = 100 \text{ Вт/м}^2$, которая покрывает потребность энергии в большинстве случаев и обеспечивает температуру пола 29°C , что является максимальной комфортной температурой пола.

Обратите внимание на то, что связь между $q_{\text{расч}}$ и температурой пола не зависят от таких переменных величин проекта напольного отопления, как скорость потока воды, температура воды, шаг укладки трубы, глубина укладки трубы, размер трубы и конфигурация петли (см. раздел ниже Коэффициент теплопередачи пола).

Расчет с $q_{\text{расч}} = 100 \text{ Вт/м}^2$ по сравнению с $q_{\text{расч}} = 50 \text{ Вт/м}^2$ не влияет на расход материала (количество петель), используемого в системе. Это значит, что заранее выполненные проектные работы по составлению спецификации материалов остаются прежними независимо от $q_{\text{расч}}$. Параметры, которыми можно варьировать в соответствии с $q_{\text{расч}}$, - это расход воды, который определяет размер магистральных труб, размер насоса или регулирование насоса, и температура воды, которая определяет температуру поступающего потока.

Величина $q_{\text{расч}}$ рассчитывается:

$$q_{\text{расч}} = \frac{P}{A_{\text{пол}}} \text{ Вт/м}^2$$

P = теплотери, Вт

$A_{\text{пол}}$ = площадь пола, м^2

Теплотери P , зависят от конструкции самого здания и требуются в расчетах при выборе типа отопительной системы. Другими словами, их определение является обычной частью процесса проектирования. Тем не менее, при проектировании отопительных систем необходимо принимать во внимание следующее.

Общая формула для расчета P :

$$P = \Delta T \cdot (U_{\text{пот}} \cdot A_{\text{пот}} + U_{\text{пол}} \cdot A_{\text{пол}} + U_{\text{стн}} \cdot A_{\text{стн}} + U_{\text{окн}} \cdot A_{\text{окн}} + U_{\text{двр}} \cdot A_{\text{двр}} + V \cdot C_p \cdot \rho \cdot n \cdot 1000/3600) \text{ Вт}$$

(пот = потолок, пол = пол, стн = стена, окн = окна, двр = двери)

$$\Delta T = T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}, ^\circ\text{C}$$

$T_{\text{вн}}$ = расчетная температура в помещении, $^\circ\text{C}$

$T_{\text{нар}}$ = расчетная наружная температура, $^\circ\text{C}$

$U_{\text{пот}}$ = общий коэффициент теплопередачи для поверхности потолка, $\text{Вт/м}^2\text{K}$

$A_{\text{пот}}$ = площадь поверхности потолка, м^2

V = объем воздуха в здании/помещении, м^3

C_p = удельная теплоемкость 1 м^3 воздуха при постоянном давлении, кДж/кгK около $1,0 \text{ кДж/кгK}$
($1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт с}$)

ρ = $1,20 \text{ кг/м}^3$ для воздуха при температуре 20°C

n = кратность воздухообмена, раз/час

Пример:

Рассчитайте $q_{\text{расч}}$ для следующего здания:

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

Длина	= 10 м	$U_{\text{пот}}$	= 0,2 Вт/м ² К
Ширина	= 10 м	$U_{\text{пол}}$	= 0,3 Вт/м ² К
Высота	= 2,5 м	$U_{\text{стн}}$	= 0,3 Вт/м ² К
$A_{\text{пол}}$	= 10 · 10 = 100 м ²	$U_{\text{окн}}$	= 2,0 Вт/м ² К
V	= 100 · 2,5 = 250 м ³	$U_{\text{двр}}$	= 1,0 Вт/м ² К
N	= 0,5 раз/час	$A_{\text{окн}}$	= 25 м ²
$T_{\text{вн}}$	= 20°С внутри	$A_{\text{двр}}$	= 4 м ²
$T_{\text{нар}}$	= -20°С снаружи		

Расчет:

$$P = (20+30+21,3+50+4+41,7) \cdot (20 - (-20)) = 167 \cdot 40 = 6680 \text{ Вт}$$

(потолок + пол + стены + окна + двери + вентиляция) · разница температуры

$U_{\text{пот}} \cdot A_{\text{пот}}$	= 0,2 · 100	= 20	12,0%
$U_{\text{пол}} \cdot A_{\text{пол}}$	= 0,3 · 100	= 30	18,0%
$U_{\text{стн}} \cdot A_{\text{стн}}$	= 0,3 · ((10+10+10+10) · 25-25-4)	= 21,3	13,0%
$U_{\text{окн}} \cdot A_{\text{окн}}$	= 2,0 · 25	= 50	30,0%
$U_{\text{двр}} \cdot A_{\text{двр}}$	= 1,0 · 4	= 4	2,3%
$\frac{V \cdot C_p \cdot \rho \cdot 1000 \cdot n}{3600}$	= $\frac{250 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,5}{3600}$	= $\frac{41,7}{167}$	$\frac{24,7\%}{100,0\%}$

$$q_{\text{расч}} = \frac{P}{A_{\text{пол}}} = \frac{6680}{100} = 67 \text{ Вт/м}^2$$

Комментарий:

Интересно рассмотреть структуру распределения тепловых потерь в доме, приведенном выше. Площадь окон составляет 8% от общей площади, но потери тепла через них составляют 30% от общих потерь.

В зависимости от устанавливаемой отопительной системы распределение потерь тепла может изменяться. Например, системы, основанные на радиаторах и конвекторах, имеют наивысшую комнатную температуру близко к потолку (см. рис. 1.2.3) и, таким образом, обеспечивают более высокие потери тепла при вентиляции воздуха. Их можно сократить с помощью установки дополнительного теплового насоса или теплообменника, который утилизирует тепло выходящего воздуха.

Системы напольного отопления имеют наиболее высокие потери тепла в конструкции пола (см. рис. 1.2.2). Это можно исправить с помощью установки дополнительной теплоизоляции под конструкцией пола (см. разделы Требования к теплоизоляции в предыдущей главе и разделы Тепловые потери по направлению вниз в этой главе).

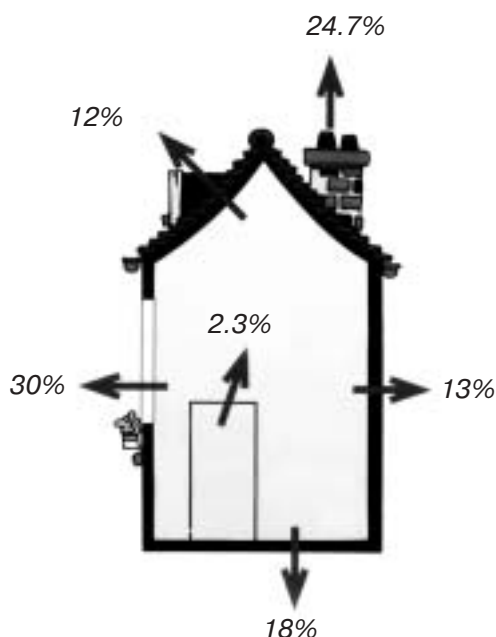


Рис. 4.3.1 Распределение потерь тепла.

4.4. Коэффициент теплоотдачи пола

Коэффициент теплоотдачи пола $\alpha_{\text{пол}}$ составляет 10 - 12 Вт/м²К. $\alpha_{\text{пол}}$ имеет два компонента: радиацию и конвекцию, каждый из которых покрывает около 50% от общей $\alpha_{\text{пол}}$.

Следующую формулу можно применить для расчета средней температуры поверхности пола:

$$\Delta T = t_{\text{пол}} - t_{\text{пом}} = \frac{q_{\text{расч}}}{\alpha_{\text{пол}}}$$

Пример:

Рассчитайте температуру пола здания при $q_{\text{расч}} = 63 \text{ Вт/м}^2$.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

$$q_{\text{расч}} = 63 \text{ Вт/м}^2$$

$$\alpha_{\text{пол}} = 11 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

$$t_{\text{пом}} = 20^\circ\text{C}$$

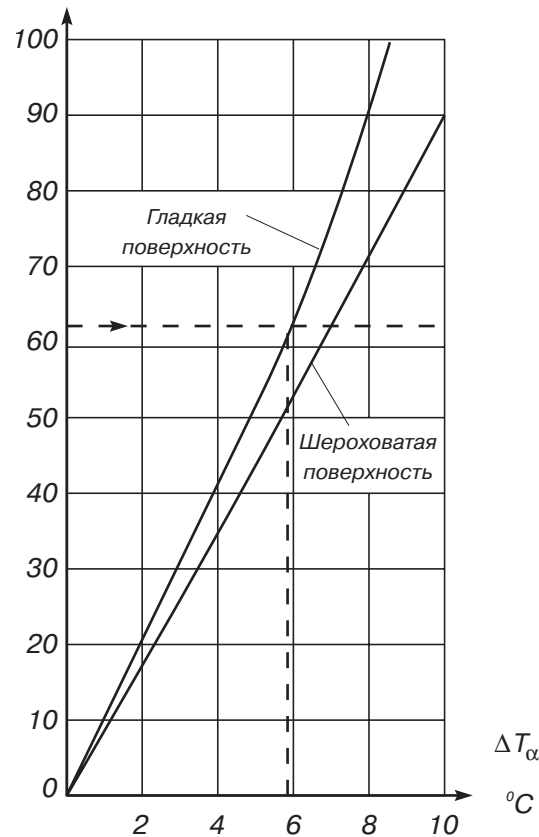
Расчет:

$$t_{\text{пол}} = \frac{20 + 63}{11} = 25,7^\circ\text{C}$$

(Заметьте, что эта цифра не должна превышать максимальную температуру пола, см. раздел Температура пола в предыдущей главе).

$\Delta T_{\alpha} = t_{\text{пол}} - t_{\text{пом}}$ можно определить по диаграмме 4.4.1 внизу. Эта диаграмма учитывает свойства поверхности пола, т.е. является ли поверхность гладкой (керамическая плитка) или нет (ковер от стены до стены). Диаграмма для гладкой поверхности хорошо согласуется с DIN 4725. Понижение температуры ΔT_{α} равно приблизительно 5,7°C, к ней надо прибавить $t_{\text{пом}} = 20^\circ\text{C}$. Таким образом, температура пола будет составлять $20 + 5,7 = 25,7^\circ\text{C}$.

q , Вт/м² поверхность пола



Пример:
 $\Delta T_\alpha \approx 5,7^\circ\text{C}$

Диаграмма 4.4.1 Теплоотдача поверхности пола.

4.5. Коэффициент теплопередачи покрытия пола

Тип материала для покрытия пола и его толщина влияют на понижение температуры в этом слое. Коэффициент теплопередачи можно рассчитать по следующей формуле:

$$\frac{1}{R} = \frac{\lambda}{d}$$

R = термическое сопротивление, м²К/Вт

λ = коэффициент теплопроводности, Вт/мК

d = толщина, м

Пример 1:

Рассчитайте величину коэффициента теплопередачи $1/R$ для паркетного пола.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

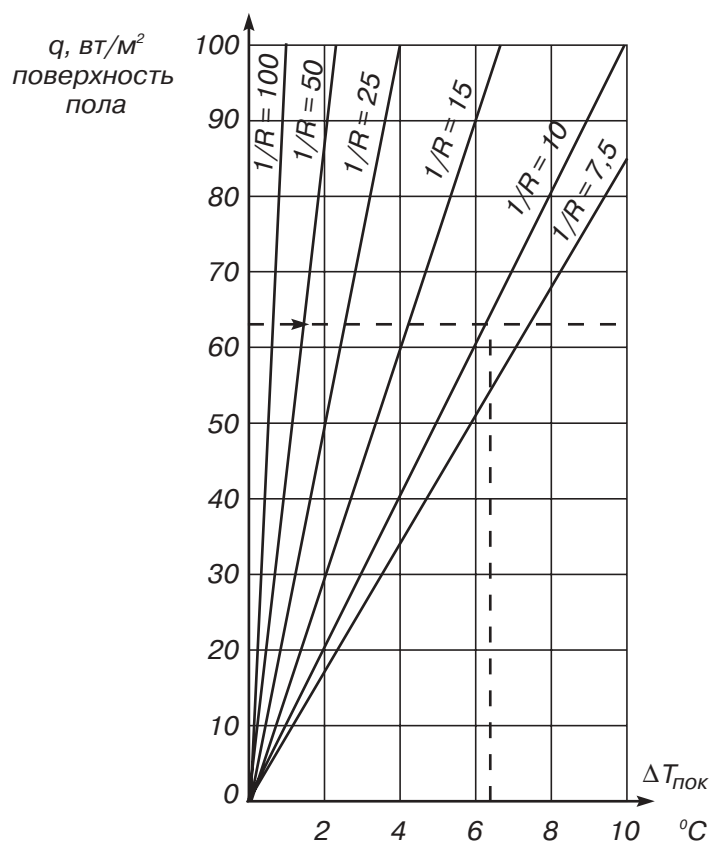
$\lambda = 0,13$ Вт/мК

$d = 13$ мм

Расчет:

$$\frac{1}{R} = \frac{0,13}{0,013} = 10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Понижение температуры через покрытие пола.



Пример:
 $\Delta T_{\text{пок}} \approx 6,3$ °C

Диаграмма 4.5.1 Понижение температуры через покрытие пола.

Пример 2:

Рассчитайте понижение температуры через покрытие пола.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

$$\frac{1}{R} = 10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$
$$q_{\text{расч}} = 63 \text{ Вт/м}^2$$

Расчет:

Понижение температуры через покрытие пола при $q_{\text{расч}} = 63$ Вт/м² и $1/R = 10$ Вт/м²К можно определить по диаграмме 4.5.1. Понижение температуры составляет приблизительно 6,3°С.

4.6. Конструкция пола

Трубы напольного отопления могут быть установлены в различных конструкциях пола, как описано в разделах в начале предыдущей главы.

Понижение температуры через эти конструкции пола показано на диаграмме 4.6.1 внизу, где:
 Линия А относится к бетонным наливным полам*
 Линия В относится к настеленным полам с древесностружечной плитой толщиной 16 мм**
 Линия С относится к полам деревянной конструкции с древесностружечной плитой толщиной 22 мм**
 *) Слой бетона над трубой от 30 до 70 мм
 **) 80% площади пола покрыто алюминиевыми теплораспределительными пластинами

Пример:

Рассчитайте понижение температуры через бетонный монолитный пол.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

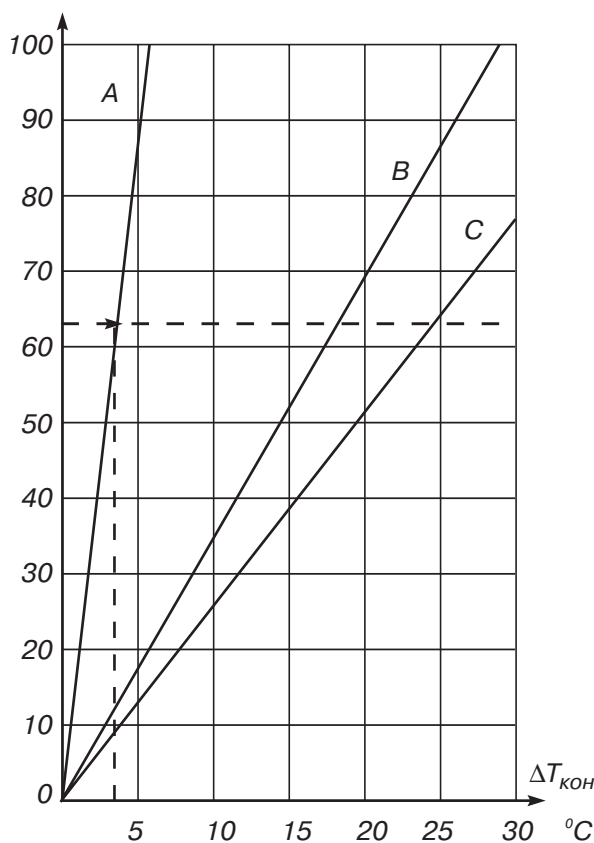
Толщина бетонного слоя = 40 мм

$q_{\text{расч}} = 63 \text{ Вт/м}^2$

Расчет:

Из диаграммы 4.6.1, линия А, понижение температуры $\Delta T_{\text{кон}}$ приблизительно $3,2^\circ\text{C}$.

$q, \text{ Вт/м}^2$
поверхность пола



Пример:
 $\Delta T_{\text{кон}} \approx 3,2^\circ\text{C}$

Диаграмма 4.6.1 Понижение температуры в полах различной конструкции.

4.7. Температура воды

Температура воды в трубах напольного отопления определяется температурой помещения, которая должна быть достигнута при определенной $q_{\text{расч}}$. Эта температура является средней температурой воды.

Системы напольного отопления обычно спроектированы с понижением температуры в петле на 5°C. Это может быть выражено, как $\Delta T_{\text{пет}} = t_{\text{под}} - t_{\text{обр}} = 5^\circ\text{C}$. Незначительное понижение температуры в петле трубы обеспечивает более равномерную температуру пола.

$\Delta T_{\text{пет}} = 5^\circ\text{C}$ означает, что температура подающего потока воды рассчитана путем прибавления 2,5°C к средней температуре воды и температура обратного потока воды рассчитана путем вычитания 2,5°C из средней температуры.

Пример:

Рассчитайте среднюю температуру, температуру подающего и обратного потока воды в доме.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

$$\Delta T_{\text{пет}} = 5^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{расч}} = 63 \text{ Вт/м}^2$$

$$t_{\text{ном}} = 20^\circ\text{C}$$

Тип покрытия пола = паркет, толщина 13 мм

Тип конструкции пола = бетонный монолитный пол (слой над трубой 40 мм)

Расчет:

Средняя температура воды, $t_{\text{срд}} = t_{\text{ном}} + \Delta T_{\alpha} + \Delta T_{\text{пок}} + \Delta T_{\text{кон}}$

$$\Delta T_{\alpha} = 5,7^\circ\text{C, см. диаграмму 4.4.1}$$

$$\Delta T_{\text{пок}} = 6,3^\circ\text{C, см. диаграмму 4.5.2}$$

$$\Delta T_{\text{кон}} = 3,2^\circ\text{C, см. диаграмму 4.6.3}$$

$$T_{\text{срд}} = 20 + 5,7 + 6,3 + 3,2 = 35,2^\circ\text{C}$$

$$\text{Температура подающей воды, } t_{\text{под}} = t_{\text{срд}} + 2,5 = 35,2 + 2,5 = 37,7^\circ\text{C}$$

$$\text{Температура обратной воды, } t_{\text{обр}} = t_{\text{срд}} - 2,5 = 35,2 - 2,5 = 32,7^\circ\text{C}$$

4.8. Расход воды

В системе напольного отопления поток воды несет тепло к полу.

Величина расхода воды определяется количеством тепла, которое должно быть передано, и заданным понижением температуры.

Расход воды для системы может быть рассчитан по следующей формуле:

$$Q = \frac{P \cdot 0,86}{\Delta T_{\text{вода}} \cdot 3600}$$

Q = Расход воды, л/с

P = Теплотери, Вт

$$\Delta T_{\text{вод}} = t_{\text{под}} - t_{\text{обр}}, ^\circ\text{C}$$

Пример 1:

Рассчитайте расход воды для насоса в системе напольного отопления в доме.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

Теплопотери = 6304 Вт

$\Delta T_{\text{вод}} = 5^\circ\text{C}$

Расчет:

$$Q = 6304 \cdot 0,86/5 \cdot 3600 = 0,30 \text{ л/с}$$

Площадь помещения может меняться в зависимости от планировки интерьера дома. Теплопотери будут пропорциональны площади помещения и петли труб, соответственно, будут различной длины. Обычно самое большое помещение имеет наибольшие теплопотери. Теплопотери меняются в зависимости от расположения помещения, количества наружных дверей и окон.

Пример 2:

Рассчитайте расход воды для отдельных помещений дома.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

$P = 6304 \text{ Вт}$

$\Delta T_{\text{вод}} = 5^\circ\text{C}$

$A_{\text{дом}} = 100\text{м}^2$

$A_{\text{пом 1...8}} = 20, 15, 12, 10, 15, 7, 8, 13 \text{ м}^2 \quad (100 \text{ м}^2)$

$P_{\text{пом 1...8}} = 1260, 946, 756, 630, 946, 442, 504, 820 \text{ Вт} \quad (= 6304 \text{ Вт})$

Расчет:

$$Q_{\text{пом 1}} = \frac{P_{\text{пом 1}} \cdot 0,86}{\Delta T_{\text{вод}} \cdot 3600} = \frac{1260 \cdot 0,86}{5 \cdot 3600} = 0,06 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{пом 2...8}} = 0,045, 0,036, 0,03, 0,045, 0,021, 0,024, 0,039 \text{ л/с} \quad (=0,24 \text{ л/с})$$

Примечание:

Минимальная скорость потока воды для транспортирования пузырьков воздуха различна в зависимости от размера трубы. В системе напольного отопления Wirsbo с трубой Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм скорость потока воды должна превышать 0,2 м/с. Тем не менее, в доме, где имеются маленькие помещения, требующие малого потока воды, что приводит к низкой скорости потока воды, особое внимание должно быть уделено инструкциям по заполнению системы в разделе 6.

Скорость потока воды может быть рассчитана следующим образом:

$$v = \frac{Q}{V_{\text{трубы}}}$$

v = скорость потока воды, м/с

Q = расход воды, л/с

$V_{\text{трб}}$ = объем воды на метр трубы, л/м (0,197 л/м для трубы Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм, для других размеров см. брошюру по Wirsbo-PEX)

4.9. Потери давления

Для определения мощности насоса для системы напольного отопления необходимо иметь данные о суммарных потерях давления и расходе воды. Расход воды может быть получен как показано в предыдущем разделе.

Суммарные потери давления могут быть получены путем сложения потерь давления в:

1. Петлях труб напольного отопления
2. Коллекторах
3. Трубах подающей и обратной воды
4. Котле, клапанах и т.д.

Пример:

Рассчитайте необходимую мощность насоса для системы напольного отопления в доме.

Примечание:

Номограмма вентилей коллектора (диаграмма 4.9.1), применяемая в примерах расчета, в данном руководстве дана только для иллюстрации и упрощения расчетов. Ее нельзя использовать при практических расчетах.

Для практических расчетов необходимо использовать диаграммы, соответствующие используемым коллекторам.

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

Общий расход воды,	Q	= 0,3 л/с
Длина труб подающей и обратной воды,	L	= 10 м
Потери давления в трубах поступающей и обратной воды		= 0,2 кПа/м
Расход воды в самой длинной петле трубы		= 0,06 л/с
Длина самой длинной петли		= 70 м

Расчет:

Потери давления в самой длинной петле можно определить по диаграмме 9.1.1, при выборе параметров 0,06 л/с и 70 м, равняются $0,085 \cdot 70 = 5,95$ кПа

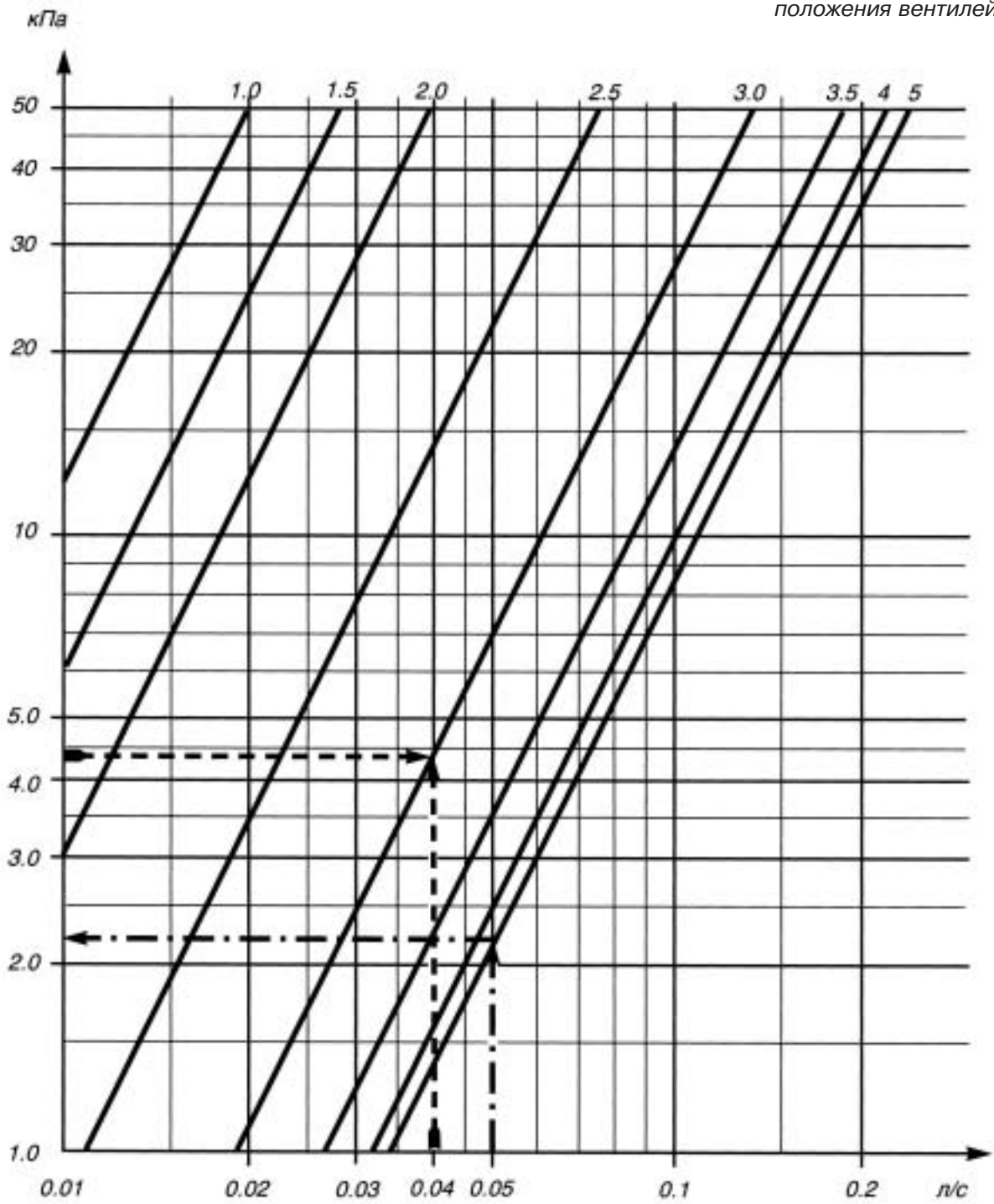
Потери давления в вентилях (коллекторах) можно определить по диаграмме 4.9.1, при выборе параметра 0,06 л/с, полностью открытые клапана, = 3,0 кПа. (см. примечание)

Потери давления в трубах подающей и обратной воды получаем путем умножения 10 м на 0,2 кПа/м, = 2 кПа.
Суммарные потери давления = $5,95 + 3,0 + 2,0 = 10,95$ кПа.

Необходимая мощность насоса для данной системы: $Q = 0,3$ л/с, $p = 10,95$ кПа

Обратите внимание на то, что в расчет не включены потери давления в котле, вентилях и т.д.

Повороты от закрытого положения вентилей



Потери давления с учетом работы подающего и обратного вентилей

Диаграмма 4.9.1 Номограмма вентилей коллектора.

4.10. Балансирование трубных петель

Система с петлями труб различной длины и различными требуемыми расходами воды будет иметь разные потери давления в разных петлях. Для того, чтобы добиться равномерного распределения тепла между помещениями, потери давления в разных петлях системы должны быть сбалансированы (выровнены).

В системах напольного отопления Wirsbo это можно сделать при помощи регулирующих вентиля, которые устанавливаются в обратном коллекторе.

Пример:

Рассчитайте предустановку регулирующего вентиля в обратном коллекторе системы напольного отопления Wirsbo

Данные:

Исходные данные, как было приведено выше, плюс следующие:

Длина петли в помещении 1...8	= 70,	53,	42,	35,	53,	26,	30,	46 м
$Q_{\text{пом 1...8}}$	= 0,060,	0,045,	0,036,	0,030,	0,045,	0,021,	0,024,	0,039 л/с
Потери давления петля 1... 8	= 5,25,	2,39,	1,30,	0,77,	2,39,	0,29,	0,45,	1,61, кПа

Расчет:

В самой длинной петле (помещение 1) расход воды составляет 0,06 л/с. Потери давления в коллекторе можно определить по диаграмме 4.9.4. Они составляют 3,0 кПа, включая потери давления в подающих и обратных коллекторах при полностью открытом вентиле. Суммарные потери давления в самой длинной петле и вентилях коллектора будут составлять $5,25 + 3,0 = 8,25$ кПа.

Номер комн.	Длина петли	Расход в петле	Потери давления в вентиле	Потери давления	Сумма	Разница*	Предустановка** вентилей
м	л/сек	кПа	кПа	кПа			
1	70	0,06	5,25	3,0	8,25	3,0	5,0
2	53	0,045	2,39	1,75	4,14	5,86	3,0
3	42	0,036	1,30	1,1	4,40	6,95	2,7
4	35	0,03	0,77	<1,0	<1,77	7,48	2,5
5	53	0,045	2,39	1,75	4,14	5,86	3,0
6	26	0,021	0,29	<1,0	<1,29	7,96	2,2
7	30	0,024	0,45	<1,0	<1,45	7,80	2,3
8	46	0,039	1,61	1,3	2,91	6,64	2,8

Таблица 4.10.1 Предустановка вентилей.

*) Возьмите наивысшее значение в колонке «Сумма». Это 8,25 кПа. Вычтите колонку «Потери давления в петле» из 8,25 кПа.

**) Установочное число вентиля найдите по диаграмме 4.9.4. Для помещения 1 вентиль полностью открыт, т.е. на 5 оборотов. Для других помещений установочное число вентилей получаем, используя значения в колонках «Расход в петле» и «Разница». Например, для помещения 5 расход воды составляет 0,045 л/с и разница давления 5,86 кПа, что дает 3,0 оборота от закрытого положения вентиля.

4.11. Теплопотери в направлении вниз

Теплопотери по направлению вниз увеличиваются при установке системы напольного отопления, если в конструкции пола не предусмотрен дополнительный слой теплоизоляции. Причина больших теплопотерь заключается в том, что сам пол станет теплее.

Тип материала конструкции пола и его толщина влияют на потерю тепла. Другой фактор - разница температур (температура воды минус температура под слоем) через пол.

Обычно достаточно дополнительного слоя теплоизоляции в 80 мм для снижения потерь по направлению вниз (см. глава 3). Более детальную информацию Вы найдете в главе 9, Приложении.

4.12. Расширительный сосуд

В системах напольного отопления требования к расширительным сосудам не отличаются от требований в других системах.

Объем воды в системе напольного отопления Wirsbo может быть рассчитан следующим образом:

$$V = V_{\text{трб}} \cdot L$$

V = объем воды в трубах напольного отопления, л

$V_{\text{трб}}$ = приблизительно 0,2 л/м в трубе Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм

L = общая длина трубы, м, = приблизительно 3,5 м/м² при расстоянии между осями 300 мм

Объем воды на м² согласно выше приведенным цифрам будет составлять приблизительно 0,7 л/м². При выборе расширительного сосуда необходимо учесть также объем воды в магистральных трубах и котле.

Коэффициент теплового расширения воды составляет $1,8 \cdot 10^{-4}/\text{K}$ при 20°C.

4.13. Насосная группа

Насосная группа нужна обычно для обеспечения необходимой температуры воды и давления в системе напольного отопления. Системы напольного отопления работают при малом понижении температуры и их необходимо совмещать с различными источниками тепла.

Система напольного отопления Wirsbo может быть снабжена насосной группой Wirsbo.

4.14. Спецификация материалов

При проектировании системы напольного отопления составляется точный перечень материалов, необходимых для системы. Длины и размеры магистральных труб (Wirsbo evalPEX) зависят от специального проекта здания. Однако остальную часть системы можно подсчитать следующим образом:

Таблица 4.14.1 Количество требуемых специальных принадлежностей.

Петли трубы

Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм. Теоретическая длина составляет 3,33 м/м² (шаг укладки 300 мм). Обычно учитывают расход труб 3,8 м/м², но с учетом магистральной трубы от коллектора и запаса - приблизительно 4,2 м/м².

Крепежная проволока 2 шт/метр трубы (упаковка содержит 250 шт.)

Угловой фиксатор сгиба 2 шт/петля

Крепежная лента 2,2 шт/м²

Крепежные скобы	2 шт/метр трубы (7шт/м ² при ц/ц 300 мм)
Компенсационная лента	Для монолитных бетонных полов. Должна быть уложена по периметру всех стен и вокруг колонн до заливки полов.
Теплораспределительные пластины	Приблизительно 2,5 шт/м ² . Длина пластины 1,15 м и она может быть разделена на три части; 1/3, 1/2 и 1/6 (один способ для определения количества пластин - это расчет количества 1/6 частей на длину каждой трубы).
Полистироловые плиты Wirsbo	С канавками для теплораспределительных пластин и труб. Размер 1200x1200мм = 1,44 м ² , т.е. 0,7 шт/м ² . Рассчитайте с запасом 10-20%. Толщина 30 мм, 10 шт/упаковка Толщина 50 мм, 6 шт/упаковка Толщина 70 мм, 4 шт/упаковка
Коллекторы	Максимально 10-12 петель/коллектор Коллекторы с двумя, тремя и четырьмя ответвлениями должны быть скомбинированы в необходимом количестве. Когда применяется больше, чем один коллектор, то может оказаться дешевле осуществить соединительную проводку между коллекторами, чем применять дополнительные трансформаторы. Для каждого комплекта коллекторов необходимы: Пара кронштейнов для коллектора Пара запорных вентилей Пара наконечников для коллектора
Регулирование температуры в помещении	1 комнатный термостат/исполнительный механизм или в больших помещениях с несколькими петлями не более 5 исполнительных механизмов/комнатный термостат 1 исполнительный механизм/петля 1 трансформатор/максимально 12 петель (исполнительных механизмов)

Пример расчета

5.1. Предмет изучения

В настоящей главе рассмотрен пример проектирования системы напольного отопления индивидуального дома, план которого приведен на рис. 5.1.1.

Гостиная	22,0
Спальня	14,9
Ванная	7,5
Гостиная	17,8
Спальня	8,4
Прачечная	15,0
Кухня	19,9
Прихожая	8,0
Спальня	8,2

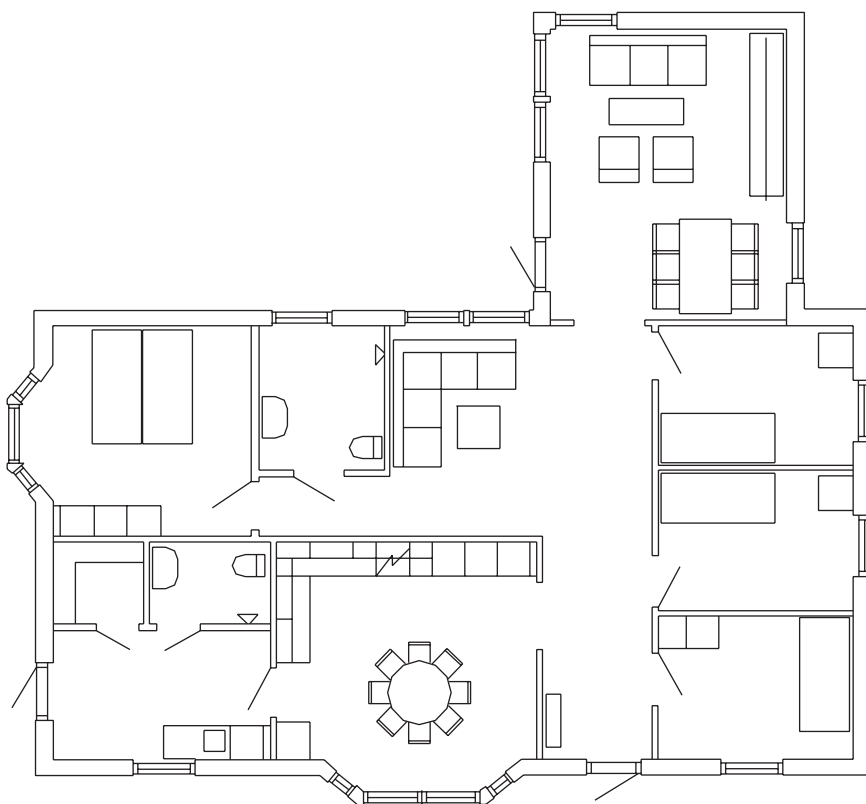


Рис. 5.1.1 Архитектурный чертеж дома.

Ниже будут определены материалы, необходимые для системы, и рассчитаны средняя температура воды, значения предустановок вентилей для балансирования петель труб и мощность насоса.

Примечание

Важно, чтобы на чертеже дома присутствовали размеры, особенно, если с чертежа делается фотокопия или он посылается факсом, поскольку такого рода оборудование искажает действительный масштаб чертежа. На чертеже должна быть представлена схема расположения помещений дома предпочтительно для каждого этажа.

Данные:

Исходные данные, как в разделе 4, плюс следующие:

Теплопотери: 9950 Вт
 Площадь дома: 133 м² (жилая площадь дома)
 Конструкция пола: Бетон
 Метод закрепления труб: См. глава 3 Бетонные монолитные полы

Комната	Название	Площадь, м ²	Материал покрытия пола
S11	Гостиная	22,0	Паркет
S12	Спальня	8,4	Ковер от стены до стены
S13	Спальня	8,4	Ковер от стены до стены
S14	Спальня	8,2	Ковер от стены до стены
S15	Кухня	19,9	Керамическая плитка
S16	Прихожая	8,0	Керамическая плитка
S17	Гостиная	17,8+2,5	Керамическая плитка
S21	Прачечная	15,0	Керамическая плитка
S22	Спальня	14,9	Ковер от стены до стены
S23	Ванная	7,5	Керамическая плитка
		133 м	

Расчет:

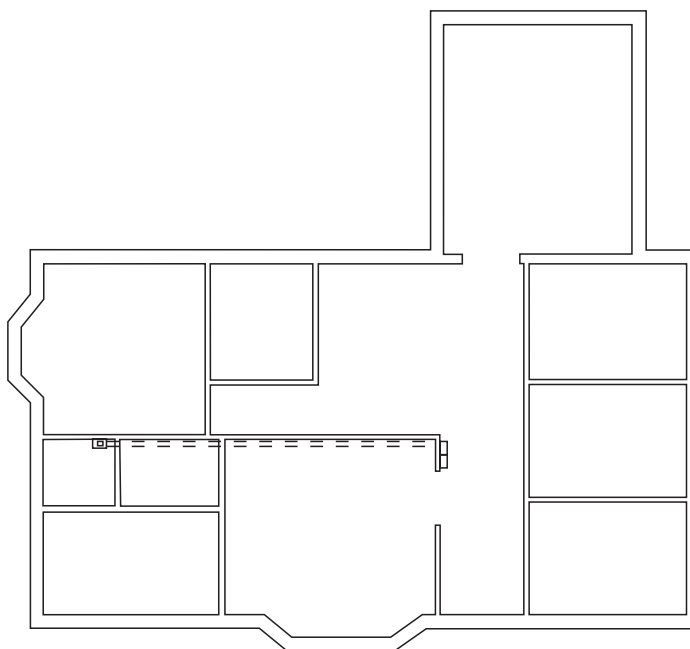


Рис. 5.1.2 План стен и перегородок.

Шаг 1 - Выполните чертежи в соответствии с рисунком 5.1.2 и 5.1.3

На рисунке 5.1.2 с чертежа 5.1.1 дома убраны несущественные детали интерьера. Основная конфигурация системы определяется местом расположения коллекторов, которые должны находиться как можно ближе к центру (см. глава 3). Заметьте, что магистральные трубы могут располагаться как в полу, так и в потолке.

На рисунке 5.1.3 начерчены петли труб. Заметьте, что подающий поток направлен вдоль внешних стен дома и петли расположены параллельно длинной стороне помещения для уменьшения количества сгибов. Сначала начертите петли труб в зонах, удаленных от коллектора, чтобы избежать пересечения труб.

Особое внимание следует уделить моменту направления труб сквозь внутренние стены, учитывая конструкцию дома. Если трубы нельзя пропустить сквозь несущие стены, альтернативой является их пропуск через дверной проем.

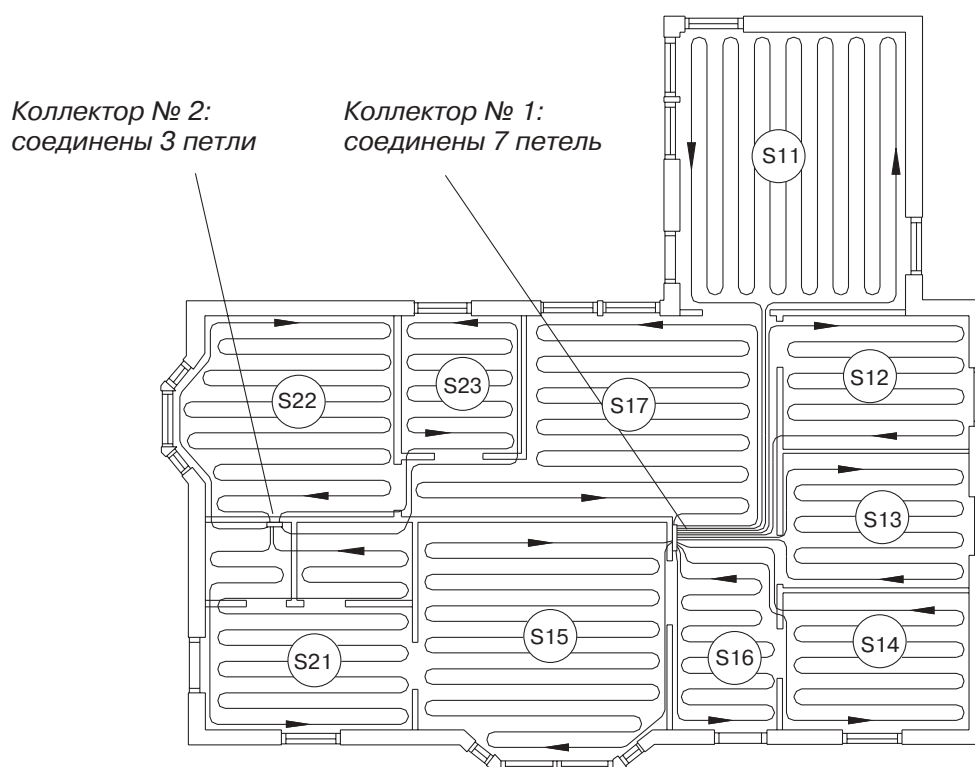


Рис. 5.1.3 Чертеж дома с петлями труб и коллекторами.

Очень большие помещения требуют более одной петли, чтобы ограничить расчетные потери давления в системе. С другой стороны, выгодно объединить петлю очень маленьких помещений (<5 м²) временного пользования, с петлей трубы смежного помещения. Тем не менее, ванные, несмотря на малые размеры, должны иметь отдельную петлю трубы.

Шаг 2 - Рассчитайте максимальную среднюю температуру воды, макс $t_{\text{срд}}$

Величина тепловой нагрузки $q_{\text{расч}}$ - результат следующего расчета:

$$q_{\text{расч}} = \frac{P}{A_{\text{пол}}} = \frac{9950}{133} = 75 \text{ Вт/м}^2$$

Для того, чтобы определить помещение с наивысшей средней температурой воды, необходимо осмотреть все помещения по очереди. В каждом случае следует использовать диаграмму 8.2.1 в главе 8.

Начинаем, например с помещения S11, гостиной с паркетным покрытием, определяем по левой части

диаграммы требуемую температуру поверхности пола. Находим, что падение температуры при $q_{расч} = 75 \text{ Вт/ м}^2$ для гладкой поверхности (паркет) составляет 7°C . Прибавляя это число к проектной температуре помещения 20°C , получим среднюю температуру поверхности пола равной 27°C .

Затем определяем по средней части диаграммы падение температуры в паркете. Паркет имеет $1/R = 10 \text{ Вт/ м}^2\text{K}$ (см. предыдущую главу Коэффициент теплопередачи покрытия пола).

При $q_{расч} = 75 \text{ Вт/ м}^2$ падение температуры составляет $7,5^\circ\text{C}$.

Затем определяем по правой части диаграммы падение температуры в наливном бетонном полу (кривая А). При $q_{расч} = 75 \text{ Вт/ м}^2$ падение температуры составляет 4°C .

Теперь находим среднюю температуру воды для помещения S11. Она составляет:

$$t_{срд} = 27 + 7,5 + 4 = 38,5^\circ\text{C}$$

Повторите операцию для каждого помещения. Результаты будут следующие:

Номер помещения	$t_{средняя} \text{ }^\circ\text{C}$
S11	38,5
S12	43,3
S13	43,3
S14	43,3
S15	32,8
S16	32,8
S17	32,8
S21	32,8
S22	43,3
S23	32,8

Из выше приведенной таблицы видно, что максимальная средняя температура воды $43,3^\circ\text{C}$.

Шаг 3 – Поправка для определения температуры подающей воды.

Цифра $2,5^\circ\text{C}$ должна быть прибавлена к максимальной средней температуре воды чтобы получить величину температуры подающей воды из насоса (см. предыдущую главу Температура воды).

Таким образом, температура составляет:

$$t_{срд} + 2,5^\circ\text{C} = 45,8^\circ\text{C}$$

Шаг 4 - Рассчитайте суммарный расход воды

Применяя формулу из главы 4, Расход воды:

$$Q = \frac{P \cdot 0,86}{\Delta T \cdot 3600} = \frac{9950 \cdot 0,86}{5 \cdot 3600} = 0,475 \text{ л/сек}$$

Суммарный расход воды составляет $0,475 \text{ л/с}$

Шаг 5 - Рассчитайте длину петли для каждого помещения

Номер помещения	Площадь, м^2	Длина петли, м	Примечание/ расстояние от коллектора
S11	22,0	$75 + 13 = 88$	$2 \cdot 6,5\text{м}$
S12	8,4	$29 + 10 = 39$	$2 \cdot 5\text{м}$
S13	8,4	$29 + 7 = 36$	$2 \cdot 3,5\text{м}$
S14	8,2	$28 + 10 = 38$	$2 \cdot 5\text{м}$
S15	19,9	$68 + 1 = 69$	$2 \cdot 0,5\text{м}$
S16	8,0	$27 - 2 = 25$	Практически обслуживается другой петлей
S17	$17,8 + 2,5$	$69 + 1 = 70$	$2 \cdot 0,5\text{м}$
S21	15,0	$51 + 1 = 52$	$2 \cdot 0,5\text{м}$
S22	14,9	$51 + 4 = 55$	$2 \cdot 2\text{м}$
S23	$\frac{7,5}{133}$	$26 + 9 = 35$	$2 \cdot 4,5\text{м}$
		$\frac{507}{507}$	

Длина каждой петли трубы дана выше. Заметьте, что общая длина каждой петли включает длину от комнаты до коллектора и обратно. В помещении S11, например, это $75\text{м} + (2 \cdot 6,5\text{м}) = 88\text{м}$. Это фактически самая длинная петля. В данном случае, где $q_{\text{расч}} = 75 \text{ Вт/м}^2$, длинная петля трубы не должна представлять проблем. Тем не менее, важно заметить, что при проектировании с $q_{\text{расч}} = 100 \text{ Вт/м}^2$ и трубой Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм максимальная длина петли не должна превышать 80 м (около 23 м^2).

Шаг 6 - Рассчитайте потери давления в самой длинной петле.

Самая длинная петля 88м в помещении S11. Расход воды в этой петле составляет:

$$Q_{S11} = \frac{P_{S11} \cdot 0,86}{\Delta T \cdot 3600} = \frac{A_{S11} \cdot q \cdot 0,86}{\Delta T \cdot 3600} = \frac{22 \cdot 75 \cdot 0,86}{5 \cdot 3600} = 0,079 \text{ л/сек}$$

Потери давления/м можно определить по диаграмме 8.1 (глава 8) для трубы Wirsbo-pePEX 20x2,0 мм. Потери давления составляют 0,14 кПа/м. Потери давления в петле составят $0,14 \times 88 = 12,3 \text{ кПа}$.

Шаг 7 - Рассчитайте потери давления в коллекторе

Максимальный расход воды через коллектор составляет 0,079 л/с. По диаграмме 4.9.1 (глава 4) при полностью открытых вентилях потери давления составят 5,2 кПа.

Шаг 8 - Рассчитайте потери давления в магистральных трубах

Длина магистральной трубы от котла до коллектора составляет 8 м (подающая + обратная = $8 \cdot 2 = 16 \text{ м}$). Потери давления/м составляют 0,2 кПа/м. Потери давления в подающих трубах составят $16 \cdot 0,2 = 3,2 \text{ кПа}$.

Примечание:

Выберите магистральные трубы (Wirsbo-evalPEX) так, чтобы потери давления не превышали 0,2 кПа/м. По сравнению с металлическими трубами, Wirsbo-evalPEX могут быть использованы с большими потерями давления/м, поскольку более высокая скорость потока воды не приводит к эрозии или возникновению заметного шума.

Шаг 9 - Рассчитайте суммарные потери давления в системе напольного отопления.

Используя цифры, полученные в шагах 6-8 выше:

Потери давления в петле	12,3 кПа
Потери давления в коллекторе	5,2 кПа
Потери давления в магистральных трубах	3,2 кПа
Суммарные потери давления составляют	20,7 кПа:

Заметьте, что мы сейчас на стадии резюмирования требуемых данных для выбора насоса для этой системы, следовательно:

Расход воды	= 0,475 л/с
Требуемое давление	= 20,7 кПа
Требуемая температура	= 45,8 °C

Шаг 10 - Балансирование потерь давления в петлях

Когда значения для балансирования рассчитаны, можно использовать формы 1 и 2 (см. главу 10).

а) Начните с заполнения колонок «№ петли / Название», «Длина петли», «Теплопотери», «Расход воды в петле», «Потери давления: петля трубы, коллектор и суммарные (D=L+M)» в форме 1. Теперь можно заполнить колонки «Суммарный расход воды» и «Макс. D». Для каждого коллектора заполните одну форму.

б) Рассчитайте значение потерь давления (S) в магистральных трубах от котла к коллекторам для каждого коллектора на форме 2. Трасса магистральных труб может быть разделена на секции, например:

насосная группа НГ – распределительный тройник Т
 распределительный тройник Т – коллектор К1
 распределительный тройник Т – коллектор К2.

Заметьте, что наибольшие потери давления не обязательно происходят на самом длинном участке труб.

в) Занесите в форму 1 рассчитанные значения S и рассчитайте S + макс.D. Сравните значение S + макс. D для каждого коллектора, наивысшее значение составляет «Расчетные потери давления (A)», в данном примере 18,80 кПа.

г) Занесите это значение в форму 2. «A» является минимальным давлением для выбора насоса. Расход воды для насоса составляет в этом примере 0,475 л/с.

д) Рассчитайте «Разница A-S-L» в форме 1 для каждого коллектора. Колонка «Разница A-S-L» дает необходимые значения потерь давления для каждой петли, чтобы балансировать всю систему напольного отопления.

Для получения правильного значения потерь давления для каждой петли необходимо отрегулировать вентили обратного коллектора. Количество поворотов от закрытого положения можно найти по диаграмме 4.9.1. В данном примере в петле № S11 наибольшие потери давления по всей системе, таким образом, вентиль должен быть полностью открыт, т.е. открыт на 5 оборотов. Затем соответственно регулируются остальные петли. Например, в петле № S14 потери давления должны составлять 15,29 кПа. Подставьте это значение и расход воды 0,03 л/с на диаграмму 4.9.1. Вы можете определить 2,2 установочных оборота.

Повторите эту процедуру для всех петель в системе.

WIRSBO[®]
Systems

Форма 1

Ручной расчет балансировки, предустановки оборотов

Проект Основной Проект № 6
 Место расположения _____ Дата 1994-02-04
 Проектировщик МН Страница 1

Коллектор: M 1

Петля №/Назван	Длина петли м	Теплопотери Вт	Расход воды л/сек	Потери давления			кПа	
				Петля трубы (L)	Коллектор (M) (5 ответвлений)	(D)=L+M	Разница A-S-L	Обороты
L11	88	650	0,08	10,56	5,6	16,16	5,60	5,0
L12	39	630	0,03	0,90	0,9	1,80	15,26	2,20
L13	36	630	0,03	0,83	0,9	1,73	15,33	2,20
L14	38	620	0,03	0,87	0,9	1,77	15,29	2,20
L15	69	1490	0,07	6,90	4,2	11,10	9,26	3,30
L16	25	600	0,03	0,58	0,9	1,48	15,59	2,20
L17	70	1520	0,07	7,00	4,2	11,20	9,16	3,30
Суммарный расход воды л/сек			0,34	л/сек	макс. D	16,16		
Магистральные трубы, кПа (S)			2,64		S + макс. D	18,80		

Рис. 5.1.4 Форма 1, заполненная в соответствии с примером расчета для коллектора M1.

Ручной расчет балансировки, предустановки оборотов

 Проект Основной Проект № 6
 Место расположения _____ Дата 1994-02-04
 Проектировщик МН Страница 2
Коллектор: М 1

Петля №/Название	Длина петли м	Теплопотери Вт	Расход воды л/сек	Потери давления			кПа	
				Петля трубы (L)	Коллектор (M) (5 ответвлений)	(D)=L+M	Разница A-S-L	Обороты
L21	52	1125	0,05	2,86	2,2	5,06	14,96	2,65
L22	55	1125	0,05	3,03	2,2	5,23	14,80	2,65
L23	35	570	0,03	0,81	0,9	1,73	17,02	2,20
Суммарный расход воды л/сек			0,13	л/сек	макс. D	5,23		
Магистральные трубы, кПа (S)			0,98		S + макс. D	6,21		

Рис. 5.1.5 Форма 1, заполненная в соответствии с примером расчета для коллектора М2.

Ручной расчет определения насоса

 Проект Основной Проект № 6
 Место расположения _____ Дата 1994-02-04
 Проектировщик МН Страница 3
Подающие трубы

От -до	Вентиль кПа	Расход воды л/сек	Длина М (x2)	Размер	Потери давления		
					кПа/м	кПа	Итого кПа
K1-T1		0,34	12	32-3,0	0,18	2,16	2,16
K2-T1		0,13	5	25x2,3	0,10	0,50	0,50
T1-НГ		0,47	4	40x3,7	0,12	0,48	0,48
K1- НГ							2,64
K2- НГ							0,96

Данные насоса:

 Расчетное понижение давления 18,8 кПа

 Расчетный расход воды 0,47 л/сек

Рис. 5.1.6 Форма 2, заполненная в соответствии с примером расчета.

Шаг 11 - Перечень материалов для системы

См. главу 4 Перечень материалов. В данном случае требуются:

Трубы:

Wirsbo-rePEX 20x2,0 мм 540 м

В соответствии с расчетом, номинальная длина труб составляет 507 м. Стандартные длины бухт 60, 120, 240 и 480 м. Бухта длиной 480 м и бухта длиной 60 м удовлетворяют потребность для прокладки системы напольного отопления.

Дополнительные детали:

Крепежная проволока	5 упаковок	($507 \cdot 2/250 = 4,056$ упаковок)
Угловой фиксатор гйба	20 штук	
Компенсационная лента	(50 м/моток)	3 мотка
Коллекторы 3 ответвления	2 пары	
Коллекторы 2 ответвления	2 пары	
Кронштейны для коллектора	2 пары	
Запорные вентили	2 пары	
Наконечники для коллектора	2 пары	
Комнатные термостаты	10 штук	
Исполнительные механизмы	10 штук	
Трансформатор	2 компл.	

Монтаж

6.1. Монтаж и заполнение

Коллекторы, трубы и фитинги

- Закрепите кронштейны коллектора на стене или в углубленные в стене шкафы, которые требуют глубину для установки около 85 мм.
- Соберите коллектор и закрепите его зажимами в нужном положении.
- Смонтируйте угловой фиксатор сгиба на трубу, оставив достаточной длины отрезок трубы для подсоединения ее к коллектору. Подсоедините трубу к подающему коллектору и проложите петлю трубы в соответствии со схемой укладки. Петли необходимо прокладывать бережно и аккуратно. Смонтируйте угловой фиксатор сгиба на обратной трубе таким же образом, как и на подающей трубе. Обрежьте трубу и подсоедините ее к обратному коллектору.
- Маркируйте номер петли для идентификации.
- Отметьте точную длину каждой петли в соответствии с метровой маркировкой трубы и сравните с проектом укладки. Значительное отклонение в длине может потребовать корректировки предустановок вентилей для балансирования петли.

Заполнение

Заполните систему по следующей инструкции:

1. Закройте все вентили коллекторов, как подающего, так и обратного.
2. Подсоедините два шланга к наконечникам коллектора. Подсоедините один из шлангов к водопроводу. Второй шланг подсоедините к подходящему сливу.
3. Включите воду в водопроводе. Откройте вентили в наконечнике коллектора для заполнения и опорожнения системы.
4. Откройте подающий и обратный вентиль для одной петли. Прогоните воду через петлю, пока из петли не выйдет весь воздух. Если вода не проходит через трубу, это значит, что труба может быть перекручена.
5. Закройте оба вентиля и повторите цикл для оставшихся петель, по одной, пока все петли не будут заполнены и воздух не будет удален.
6. Откройте все вентили и проведите опрессовку системы (3-4 бар). В течение первых часов давление будет падать, но затем установится при постоянной окружающей температуре и отсутствии течи.
7. Строительство пола может быть закончено (бетонирование, покрытие древесно-стружечными плитами, паркетом и т.д.) после того, как будет проведена дополнительная проверка на герметичность.

Примечание: Имеется опасность повреждения системы морозом, если температура ниже температуры замерзания воды.

6.2. Запуск системы

При запуске системы следуйте настоящим инструкциям:

1. Когда петли трубы заполнены, воздух удален и проведены гидравлические испытания, закройте вентили всех петель на коллекторе и откройте запорные вентили коллекторов.
 2. Заполните подающие трубы и источник тепла водой и выпустите из них воздух, воздух может быть выпущен через наконечники коллектора (подающем и обратном). В многоэтажных домах следует начинать выпуск воздуха из коллекторов с подвала.
 3. Откройте все петли и снова проверьте, чтобы из них был выпущен воздух, как описано раньше. Если в петлях все еще присутствует воздух, повторите операцию заполнения.
 4. Система обычно ставится под давление 0,5-1,5 бар. Включите насос и котел. Откройте одну петлю в коллекторе. Теперь температура будет медленно подниматься. В обратной петле коллектора чувствуется, что теплая вода циркулирует в петле. Повторите эту процедуру со всеми петлями. В больших системах удобно открывать один коллектор и одну петлю в коллекторе одновременно. Обычно каждый коллектор должен быть снабжен запорным вентилем.
 5. Установите рассчитанные значения предустановок на регулирующих вентилях (обратных вентилях) для каждой петли. Сосчитайте количество оборотов от закрытого положения вентиля (см. также главу 4. Балансирование петель труб). Эта операция продельвается при помощи 4 мм шестигранного ключа. Если эта процедура не сделана тщательно, вся потребность тепла дома будет расходоваться за счет одной или двух петель.
 6. В случае применения ручных регуляторов вентиляей, температура воды, поступающей из котла, должна регулироваться, чтобы избежать чрезмерно высокой температуры. Это можно сделать при помощи датчика наружной температуры или центрально расположенного комнатного датчика и соответствующего контрольного оборудования.
- Поскольку система напольного отопления является низкотемпературной, максимальная температура воды деревянных полов на балках не должна превышать 55°C и быть еще ниже при бетонной конструкции.
- Там, где температура поступающей воды регулируется при помощи центральной установки, которая реагирует на наружную температуру, установите на панели более плоскую кривую реагирования, чтобы система могла функционировать в необходимых пределах системы напольного отопления.
7. При регулировании температуры в помещении с помощью комнатных термостатов и исполнительных механизмов температуру поступающей воды можно поддерживать на постоянном уровне круглый год. Циркуляция воды в петле включается периодически на 5-6 минут только до тех пор, пока не будет достигнут заданный уровень комнатной температуры.
 8. Важно, чтобы регулирующее оборудование у источника тепла и комнатные термостаты функционировали корректно и были правильно настроены, особенно если материалом покрытия пола является паркет.

Комментарии:

А. Бетонная плита

После окончания монтажа системы напольного отопления и при условии, что источник тепла уже установлен, можно запустить всю систему во время заливки бетона. Однако, надо заметить, что пока бетон не затвердел (это длится приблизительно 17 дней), максимальная допустимая температура воды может быть не более 25°C. После этого срока систему напольного отопления можно запускать с проектной температурой.

В. Деревянные полы на балках

В домах деревянной конструкции необходимо следовать местными нормам или рекомендациям в отношении содержания влаги в древесине. Если материалом покрытия пола является паркет,

необходимо выполнять инструкции изготовителя в отношении содержания влаги. Система напольного отопления помогает поддерживать предусмотренный уровень влаги.

В соответствии с SS-27 23 44 (стандарт Швеции) содержание влаги не должно превышать 10% ни в конструкции пола, ни в паркете. См. главу Деревянные полы на балках и Материалы для покрытия пола. (Это требование не является особым требованием для системы напольного отопления).

6.3. Обслуживание

В принципе, система напольного отопления Wirsbo не требует обслуживания и она спроектирована для функционирования в течение многих лет.

Здесь приведены некоторые моменты для рассмотрения:

1. Необходимо время от времени проверять давление в системе отопления. Если давление в системе не соответствует проектному значению, проверьте путем выпуска воздуха через воздушники, что из системы выпущен воздух. Большой пузырь воздуха может нарушить циркуляцию воды в системе.

2. Если система по-прежнему неработоспособна, проверьте, нет ли утечек. Может возникнуть необходимость подтягивания соединений.

3. При необходимости система заполняется заново. Если, несмотря на это, давление невозможно поддерживать, вы должны провести более тщательное обследование и найти неисправности и, если это необходимо, вызвать экспертов для проверки всей системы.

При нахождении неисправностей следуйте процедурам, приведенным ниже:

6.4. Нахождение неисправностей

1. Проконтролируйте, что система установлена в соответствии с инструкциями фирмы Wirsbo. Петли уложены согласно чертежам. Теплопотери и тип пола отвечают описанию на чертежах.

2. Проверьте, что система маркирована надлежащим образом. Петли должны быть четко маркированы и указывать, какое помещение они обслуживают, чтобы избежать перекрестного подсоединения петель к коллектору. Убедитесь, что все петли правильно подсоединены.

3. Убедитесь, что температура горячей воды, поступающей к коллектору, является верной. Если нет, то проверьте следующее:

- Котел имеет достаточную мощность
- Все вентили открыты
- Выбран и установлен правильный циркуляционный насос и установлен правильный режим.

Примечание 1: Если длина магистральных труб от котла до коллектора велика, необходимо установить байпас на коллекторы с тем, чтобы вода циркулировала в этих трубах.

Примечание 2: Бетонные полы и стены в процессе высушивания расходуют значительное количество тепла. Бетонные полы должны затвердеть до того, как будет пущено тепло. Или следуйте процессу, описанному выше в разделе Запуск системы.

Примечание 3: При пуске больших систем легче осуществлять запуск системы по секциям, чтобы проверить повышение температуры поверхности пола.

4. Убедитесь, что система заполнена водой и из нее выпущен воздух в соответствии с инструкциями фирмы Wirsbo.

Наличие воздуха в петлях является наиболее распространенной причиной плохого функционирования системы. При заполнении системы следуйте инструкциям.

Примечание: Почти невозможно удалить из петель воздух без запорных вентилей на коллекторах.

5. Убедитесь, что система правильно сбалансирована.

Проверьте еще раз, что теплотери, длина петель, размеры и укладка магистральных труб соответствуют проекту. Если это не так, необходимо сделать новые расчеты с соответствующей корректировкой балансировки.

6.5. Неисправности: наиболее частые

1. Одно из помещений холодное

Все петли функционируют удовлетворительно. Одно из помещений холодное и понижение температуры обратного потока воды слишком велико.

Если это так, теплотери для данного помещения выше рассчитанных. Проверьте, не слишком ли высока температура приточной вентиляции и достаточна ли теплоизоляция в помещении. Если все верно и проблема остается, откройте постепенно обратный вентиль приблизительно на 1/2 оборота. При необходимости увеличьте температуру поступающей воды и сбалансируйте петли. Также закройте обратные вентили помещений, где слишком тепло, постепенно приблизительно на 1/2 оборота.

2. Полы холодные

Полы холодные, хотя в помещении надлежащая температура. Это значит, что там имеется еще один источник тепла в доме. Если, например система отопления представляет собой комбинацию напольного отопления и вентиляции, проверьте температуру поступающего воздуха. Она должна быть на 2-3°C ниже желаемой комнатной температуры.

Если помещение отапливается другими источниками тепла (например, конторское оборудование, лампы и т.д.), комнатный термостат и исполнительный механизм должны быть заменены на ручной привод на коллекторе, чтобы обеспечить постоянную циркуляцию воды в петле этого помещения.

3. Температура пола в помещении слишком высока

Если температура пола в помещении слишком высока, это значит, что температура воды в петле слишком высока. Одной возможной причиной этого может быть факт, что шпиндель вентиля на подающем коллекторе неплотно закрывается.

Перекройте поток воды в петле коллектора. Это можно сделать при помощи ручного привода вентиля или, если на коллекторе стоит исполнительный механизм, отсоединив питание от исполнительного механизма. Хорошо закройте обратный вентиль.

Отсоедините обратную трубу петли. Если подающий вентиль плотно закрыт, вода не будет выливаться из трубы.

Примечание: Если со шпинделем вентиля случится неисправность, необходимо заменить полностью весь подающий коллектор.

Технические данные

7.1. Wirsbo-pePEX

Специальные свойства

Wirsbo-pePEX обозначает трубы Wirsbo-PEX с дополнительными барьерами диффузии кислорода из PVON (поливинил-алкоголь).

В системе отопления молекулы кислорода могут проникать сквозь стенку трубы и окислять воду. Поэтому трубы Wirsbo-PEX снабжены диффузионными барьерами. Барьер, прикрепленный к внешней стороне трубы Wirsbo-PEX, состоит из пленки PVON, дополнительно покрытой полиэтиленом с обеих сторон. Между слоями находится очень тонкий слой клея. Полиэтилен обеспечивает хорошее сцепление с трубой Wirsbo-PEX и защитным слоем PEX-а, который прикреплен к внешней стороне диффузионного барьера. Общая толщина слоя составляет 0,3 мм.

Кислородонепроницаемость трубы Wirsbo-pePEX соответствует DIN 4726.

7.2. Wirsbo-evalPEX

Специальные свойства

Wirsbo-evalPEX обозначает - трубы Wirsbo-PEX, снабженные дополнительным диффузионным барьером из EVON, этилвинил-алкоголь пластик.

При подаче горячей воды молекулы кислорода могут диффундировать (проникать) сквозь стенку трубы и окислять подаваемую воду. Поэтому труба Wirsbo-evalPEX снабжена диффузионным барьером из EVON (этилвинил-алкоголь).

Тонкий слой модифицированного полиэтилена с таким же тонким слоем пластика EVON наносится на поверхность труб Wirsbo-PEX. Пластик EVON действует как диффузионный барьер для кислорода, а слой полиэтилена увеличивает сцепление между трубой и диффузионным барьером.

Трубы Wirsbo-evalPEX по кислородонепроницаемости соответствует DIN 4726.

Диаграммы и таблицы

8.1. Номограмма потерь давления

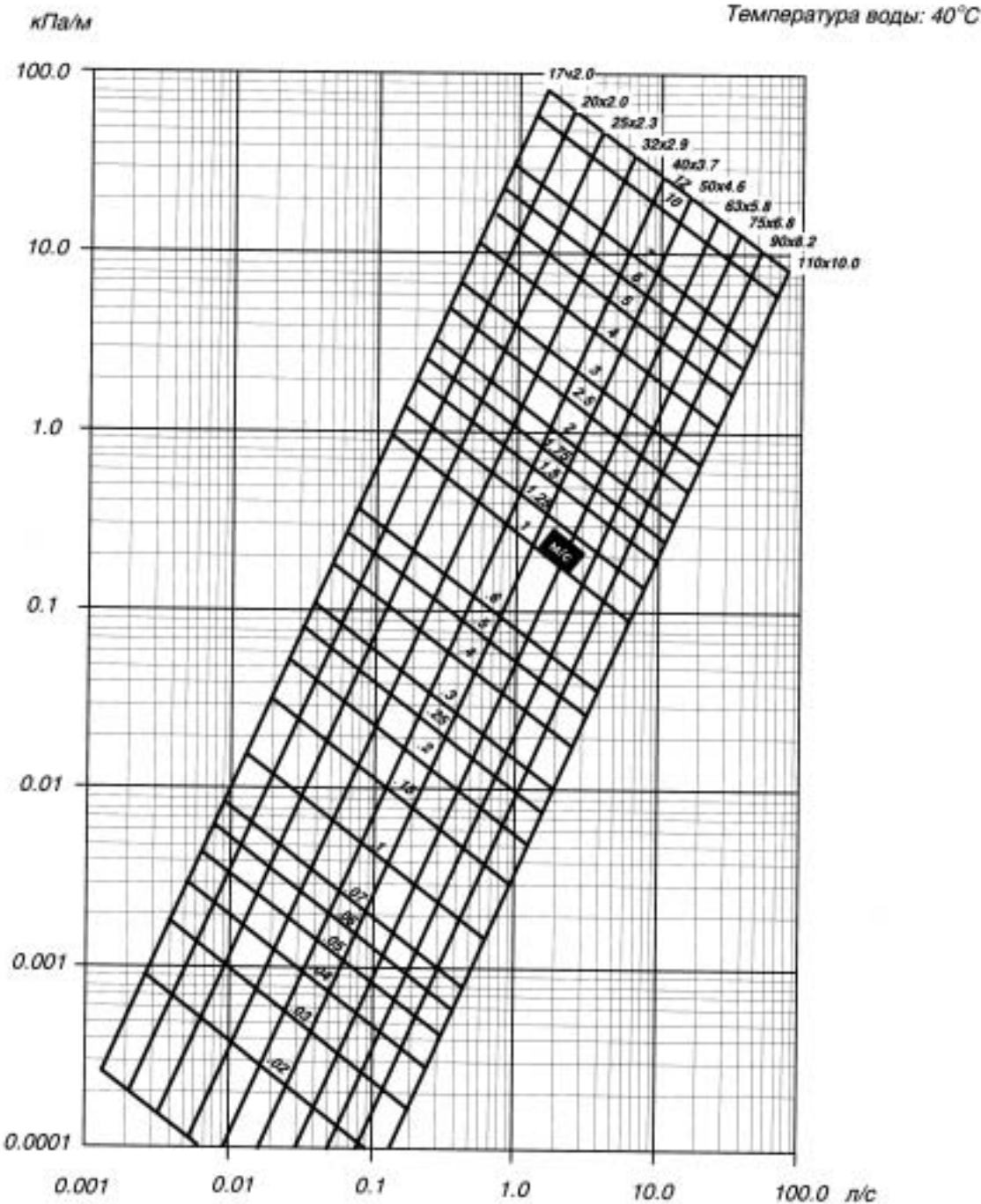


Диаграмма 8.1.1 Номограмма потерь давления в трубах Wirsbo-pePEX и Wirsbo-evalPEX.

8.2. Средняя температура воды/потери тепла

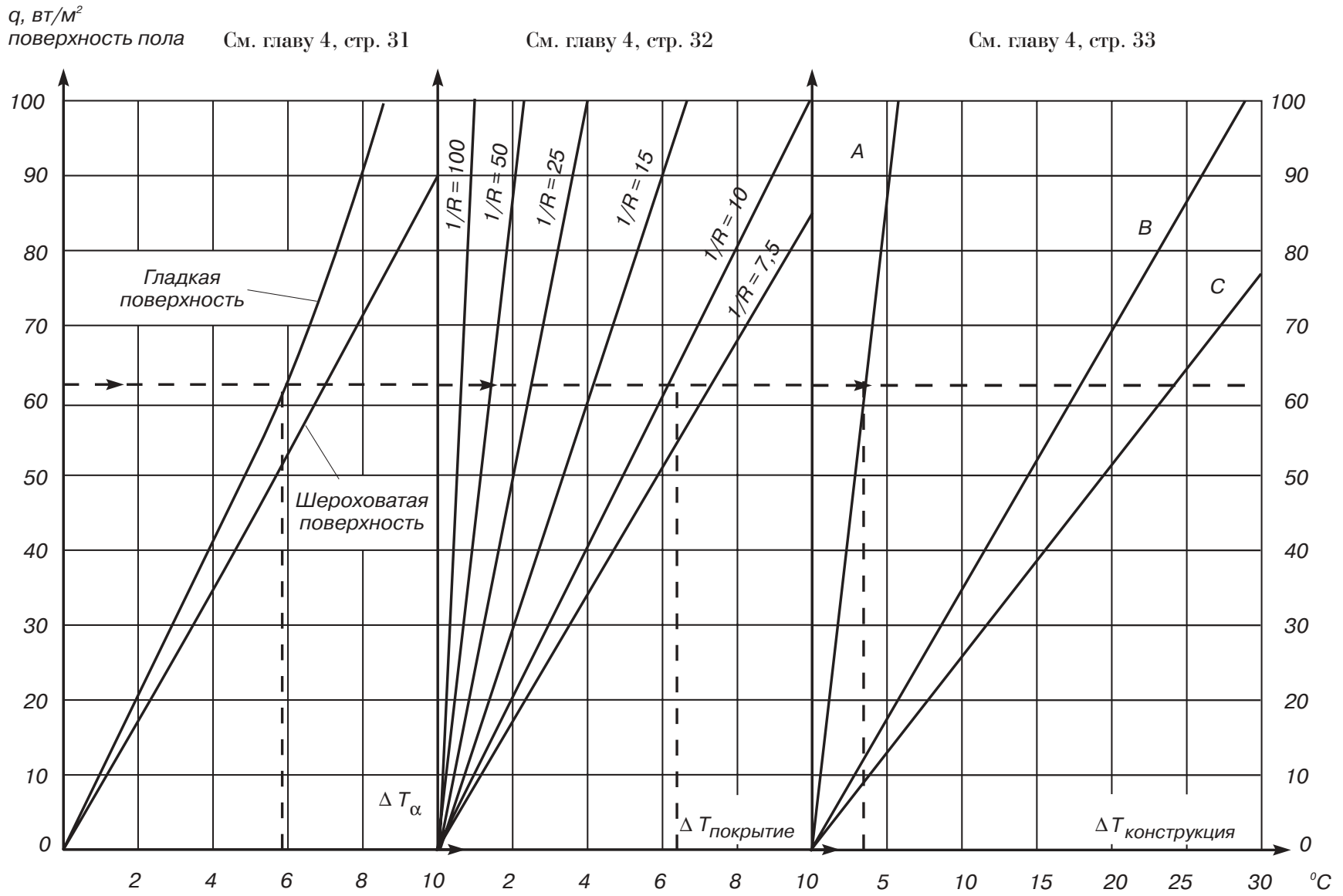


Диаграмма 8.2.1 Средняя температура воды/потери тепла.

8.3. Данные по материалам

Таблица 8.3.1 Данные по материалам.

Материал	Теплопроводность Вт/мК	Плотность кг/м ³	Теплоемкость к Дж/кг К при 20°С
Строительный раствор/Бетон			
Цементный раствор	1,2	2,000	1,0
Штукатурный раствор	1,0	1,800	1,0
Известковый раствор	0,9	1,700	1,0
Бетон мелкой фракции	1,9	2,500	-
Бетон	0,9	2,300	1,7
Кирпич/Блоки			
Опорный кирпич	-	-	-
Клинкерный кирпич	-	-	-
Дырчатый кирпич	0,60	1,700	-
Фасадный кирпич	0,50	1,500	-
Бетонный блок	0,70	2,000	-
Полый блок	0,60	1,500	-
Легкая строительная плита	0,48	800	~1,5
-"-	0,57	1,000	-
-"-	0,66	1,200	~1,9
Пористый бетонный блок	0,47	800	-
Напольные керамические плитки			
Цементный слой	-	-	0,8
Плитка Тераццо	1,05	-	-
Плитка Кварри	-	-	-
Шифер	-	-	-
Мрамор	2,1..3,5	2,500..2,800	0,8
ПВХ	0,2	1,350	1,0
Отделка пола			
Деревянные доски	0,12	500	~2,4
Паркетные плиты	0,276	-	-
Виниловая плитка	-	-	-
Мрамор	337	-	0,9
Ковер	-	-	-
Ковер от стены до стены	0,094	0,04	-
Теплоизоляция			
Стекловата	0,035	-	-
Минеральная вата	0,040	400	-
Каменная вата	0,045	50..200	-
Полистирол	0,040	20-40	-
Стекловолокно	0,035	-	-
Плиты			
Прессованная плита, твердая	0,13	1,000	-
Прессованная плита, мягкая	0,05	300	-
Древесностружечная плита	0,14	600	2,3
Фанера	0,13	540	-
Гипсовая плита	0,22	840	~1,0
Дерево, сосна	0,14	500	-
Дуб	0,16	700	-

Продолжение

Материал	Теплопроводность Вт/мК	Плотность кг/м ³	Теплоемкость к Дж/кг К при 20°С
Прочие			
Снег	0,05	100	-
	0,64	500	-
Лед	2,22	910	2,1
Вода	0,60	999	4,18
Фреон, R12	-	-	1,05
Аммиак	-	-	4,73
Гликоль	-	1160	2,40
Стекло	0,93	2500	0,84
Песок, сухой	0,41	1500	0,8

Строительные элементы

Значение коэф. теплопередачи U Вт/м² К

Окна			
Дерево	Одинарное стекло	5	
	Двойное стекло	2,5	
	Тройное стекло	1,9	
Алюминий	Одинарное стекло	5,8	
	Двойное стекло	3,4..4,3	
	Тройное стекло	2,7..3,5	
Двери	Внешние, одинарные	1,3	без окна
		3,4	с окном
	Внешние, двойные	0,7	без окна
		1,7	с окном
Воздушный зазор	Толщина мм	Невентилируемый, значение R, м ² К/Вт	
		5	0,11
		10	0,14
		20	0,16
		50-100	0,17

Таблица 8.3.2 Силы от расширения и усадки.

Размер мм	Макс. сила расширения Н	Макс. сила сокращения Н	Сила сокращения Н
22x3,0	400	650	250
25x2,3	350	550	200
25x3,5	500	800	300
28x4,0	700	1,100	400
32x2,9	600	1,000	400
32x4,4	800	1,300	500
40x3,7	900	1,500	600
40x5,5	1,300	2,100	800
50x4,6	1,400	2,300	900
50x6,9	2,100	3,400	1,300
63x5,7	2,300	3,80	1,500
63x8,7	3,300	5,400	2,100
75x6,8	3,200	5,300	2,100
90x8,2	4,600	7,500	2,900
110x10,0	6,900	11,300	4,400

Приложение

9.1. Расчет теплотерь по направлению вниз

Описание расчета

Основная цель этой главы - это наглядно показать технические приемы расчета толщины теплоизоляции, необходимой для ограничения потери тепла по направлению вниз через бетонную плиту, расположенную на грунте. Расчет начинается с дома без напольного отопления и затем показывается, на сколько нужно увеличить толщину для того, чтобы держать температуру под теплоизоляцией на том же уровне при напольном отоплении. Расчеты выполняются, применяя теорию теплопередачи через параллельные слои.

Основные предположения

Для того, чтобы выполнить расчеты, должны быть составлены определенные предположения следующим образом:

- Нормированные теплотери отапливаемой площади пола 50 Вт/м² (Скандинавский стандарт).
- Теплопроводность теплоизоляции 0,035 Вт/м К.
- Теплопроводность бетона 1,2 Вт/м К.
- Петли труб напольного отопления проложены внутри бетона на глубине 30 мм от поверхности бетона.
- Толщина бетона 100мм.
- При отсутствии напольного отопления, толщина теплоизоляции под бетонной плитой 70 мм (Шведские строительные нормы 1980, SBN 80).
- Нормированные теплотери 10% или 5 Вт/м² (Скандинавская стандартная величина).
- Температура помещения 21°C.
- В помещении паркетный пол толщиной 14 мм

Расчет 1

Бетонная плита без напольного отопления.

Расчет температуры на нижней поверхности теплоизоляции.

В этом случае мы рассчитаем теплопередачу от поверхности пола изнутри дома к нижней поверхности теплоизоляции под бетонной плитой. Используя приведенные выше данные, получим следующее:

$$R_{\text{пол}} = \frac{0,014}{0,13} + \frac{0,1}{1,2} + \frac{0,07}{0,035} = 2,19$$

Так как

$$U = \frac{1}{R},$$

таким образом, $U = 0,457$ Вт/м² К

Итак, при заданных $q = 5$ Вт/м², $U = 0,457$ Вт/м² К и $T_1 = 21^\circ\text{C}$ можно рассчитать температуру нижней поверхности теплоизоляции. Применяя уравнение $q = U \cdot (T_1 - T_2)$, находим, что T_2 приблизительно 10°C.

Следствие: Температура нижней поверхности теплоизоляции под бетонной плитой составляет 10°C.

Расчет 2

Бетонная плита с напольным отоплением.

Расчет средней температуры напольного отопления.

Подготавливаясь рассчитать теплопередачу через бетонную плиту, с установленным напольным отоплением, необходимо расчет выполнять для верхнего и для нижнего слоя напольного отопления. Данным расчетом мы определяем среднюю температуру воды в системе напольного отопления. Для этого рассчитаем так, как если бы там был определенный слой, генерирующий тепло внутри бетона. Расстояние между этим слоем и поверхностью бетонного слоя должно составлять 40 мм. Это расстояние между осями труб напольного отопления и верхней поверхностью бетона. Используя такую же методику как в расчете 1, мы получим:

$$R = \frac{1}{11} + \frac{0,014}{0,13} + \frac{0,04}{1,2} = 0,23193$$

Таким образом, $U = 4,312$. Применяя уравнение $q = U \cdot (T_1 - T_2)$, если $q = 50 \text{ Вт/м}^2$, $U = 4,312 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ и $T_2 = 21^\circ\text{C}$, получим $T_1 = 33^\circ\text{C}$

Следствие: Температура воды в системе напольного отопления приблизительно 10°C.

Расчет 3

Бетонная плита с напольным отоплением.

Расчет требуемой толщины теплоизоляции под бетонной плитой.

В расчете 1 мы рассчитали уровень температуры на нижней поверхности теплоизоляции под бетонной плитой.

В расчете 2 мы рассчитали температуру слоя генерирующего тепло внутри бетона.

В расчете 3 мы рассчитаем толщину теплоизоляции под бетонной плитой, которую необходимо использовать, чтобы обеспечить такую же температуру на нижней поверхности теплоизоляции под бетонной плитой. Расстояние между слоем, генерирующем тепло, и нижней поверхностью бетонной плиты должно составлять 60 мм.

Применяя уравнение $q = U \cdot (T_1 - T_2)$, если $q = 5 \text{ Вт/м}^2$, $T_1 = 33^\circ\text{C}$ и $T_2 = 10^\circ\text{C}$, получим

$$U = 0,21739 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Применяя уравнение

$$U = \frac{1}{R},$$

получаем:

$$\frac{1}{U} = 4,6 = \frac{0,06}{1,2} + \frac{X}{0,035}$$

Следствие: Результат расчета 3 дает требуемую толщину теплоизоляции 160 мм, т.е. необходимо увеличить толщину теплоизоляционного слоя на 90 мм.

Эти расчеты выполнены для хорошо теплоизолированного дома, где теплотери по направлению вниз не больше 10% от общих потерь тепла дома.

Заключение

В случае паркетного пола толщиной 14 мм на бетонной плите с напольным отоплением толщина теплоизоляции должна быть увеличена с 70 мм до 160 мм. Увеличение толщины теплоизоляции зависит от температуры напольного отопления, которая в свою очередь зависит от материала покрытия пола. Например, в случае пола с керамической плиткой, где кафель имеет теплопроводность $\lambda = 1,2 \text{ Вт/м К}$, требуемое увеличение толщины теплоизоляции с 70 мм до 130 мм.

В заключение, рассматривая примеры расчета выше, можно сказать, что если цель - ограничить теплопотери по направлению вниз в пределах 10%, то в случае напольного отопления в бетонной плите потребуются увеличение толщины теплоизоляционного слоя приблизительно на 80 мм. Чем больше теплопотерь по направлению вниз допускаем, тем меньший слой дополнительной теплоизоляции потребуются для утепления.

Диаграмма 9.1.1 ниже показывает толщину теплоизоляции как функциональное отношение от теплопотери во вниз.

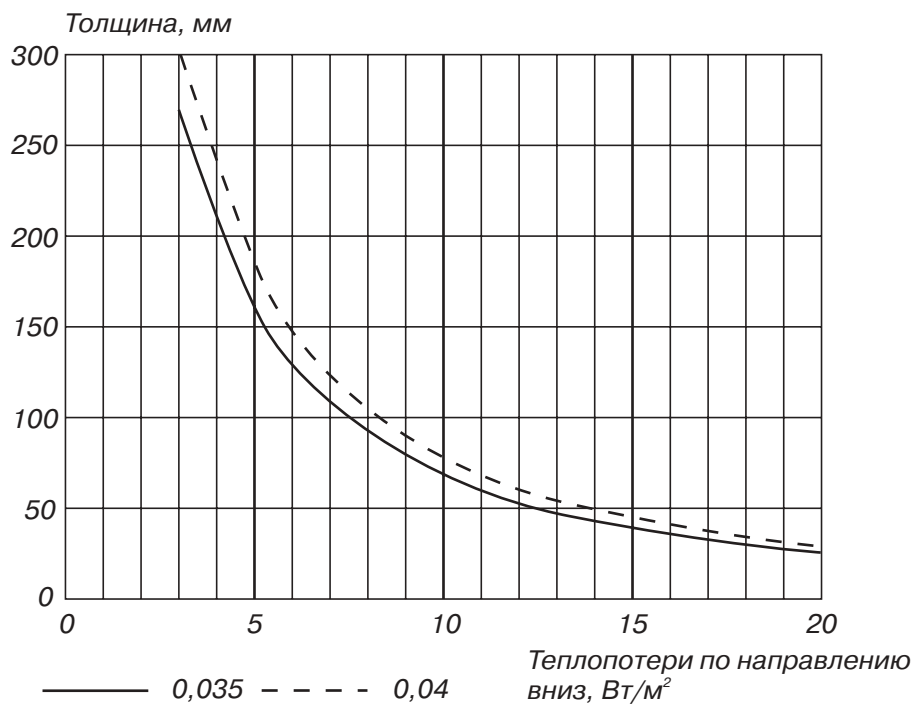


Диаграмма 9.1.1 Толщина теплоизоляции.

9.2. Пассивное саморегулирование

Несмотря на то, что системы напольного отопления применяются совместно с регуляторами температуры различной степени сложности, система обеспечивает свое собственное пассивное саморегулирование. Температура пола немного выше температуры воздуха в помещении. Повышение температуры воздуха вследствие солнечного света или увеличения количества жильцов означает, что вскоре воздух станет таким же теплым, как и пол. Как только достигается эта точка равенства, законы физики диктуют, что с пола не должно подниматься тепло. Эффект такой, как будто система перекрыта. Процесс этот быстрый и точный. Поступление тепла с пола будет уменьшаться по мере повышения температуры воздуха. При температуре воздуха 20°С и температуре пола 23°С поступление тепла с пола уменьшится на одну треть в расчете на каждый градус температуры, на который повысилась температура воздуха.

Формы

**10.1. Ручной расчет балансировки,
предустановки оборотов/коллектор**

**10.2. Ручной расчет определения
насоса/ магистральные трубы**

Ручной расчет балансировки, предустановки оборотов/коллектор

Проект _____ Проект № _____
 Расположение _____ Дата _____
 Проектировщик _____ Страница _____

Коллектор

Петля №/ Название	Длина петли м	Тепло- потери Вт	Расход воды л/сек	Потери давления			кПа	
				Петля трубы (L)	Коллектор (M) (5 позиций)	(D)=L+M	Разница A-S-L	Обороты
Суммарный расход воды				л/сек	макс. D			
Магистральные трубы, кПа (S)					S + макс. D			

Ручной расчет определения насоса/магистральные трубы

Проект _____ Проект № _____
Расположение _____ Дата _____
Проектировщик _____ Страница _____

Подающие трубы

От -До	Вентиль кПа	Расход воды л/сек	Длина М (x2)	Размер	Потери давления		
					кПа/м	кПа	Итого кПа

Данные по насосу:

Расчетное понижение давления _____ кПа

Расчетный расход воды _____ л/сек

Обозначения

Таблица 11.1 Обозначение символов.

Символ	Единица измерения	Наименование
P	Вт	Теплопотери
$P_{\text{пом.1}}$	Вт	Теплопотери для помещения 1
$P_{\text{пом. 1...8}}$	Вт	Теплопотери для помещения 1...8
P_{S11}	Вт	Теплопотери для петли S11
Q	л/сек	Расход воды
$Q_{\text{пом.1}}$	л/сек	Расход воды для помещения. 1
$Q_{\text{пом. 1...8}}$	л/сек	Расход воды для помещения. 1...8
Q_{S11}	л/сек	Расход воды в петле S11
$q_{\text{расч}}$	Вт/м ²	Расчетная тепловая нагрузка q Вт/м ²
$A_{\text{пол}}$	м ²	Тепловая нагрузка
$A_{\text{пот}}$	м ²	Площадь пола
$A_{\text{дом}}$	м ²	Площадь потолка
$A_{\text{стн}}$	м ²	Площадь пола в доме
$A_{\text{окн}}$	м ²	Площадь стен
$A_{\text{двр}}$	м ²	Площадь окон
$A_{\text{пом 1}}$	м ²	Площадь дверей
$A_{\text{пом 1...8}}$	м ²	Площадь пола в помещений 1
$U_{\text{пол}}$	Вт/м ² К	Площадь пола в помещении 1...8
$U_{\text{пот}}$	Вт/м ² К	Общий коэффициент теплопередачи пола
$U_{\text{стн}}$	Вт/м ² К	Общий коэффициент теплопередачи потолка
$U_{\text{окн}}$	Вт/м ² К	Общий коэффициент теплопередачи стен
$U_{\text{двр}}$	Вт/м ² К	Общий коэффициент теплопередачи окон
V	м ³	Общий коэффициент теплопередачи дверей
$V_{\text{трб}}$	л/м	Объем
V	л	Объем воды на метр трубы
C_p	кДж/кг К	Объем воды
C	кг/м ³	Сдельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении около 1,0 к Дж/кг К
N	раз/час	Плотность воздуха, 1,2 кг/м ³ при 20°С
$T_{\text{вн}}$	°С	Кратность воздухообмена
$T_{\text{нар}}$	°С	Внутренняя температура
ΔT	°С	Наружная температура
$\Delta t_{\text{вод}}$	°С	Разница температуры ($T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}$)
ΔT_{α}	°С	Разница температуры воды (подающий поток - обратный поток)
$\Delta T_{\text{пок}}$	°С	Разница температуры (поверхность - воздух)
$\Delta T_{\text{кнс}}$	°С	Разница температуры через покрытие пола
$\Delta T_{\text{пет}}$	°С	Разница температуры в конструкции пола
$\Delta T_{\text{пет}}$	°С	Разница температуры в петле (температура воды)
$\Delta T_{\text{пет}}$	°С	Разница температуры, в направлении вниз через конструкции пола.

Символ	Единица измерения	Наименование
T	$^{\circ}\text{C}$	Разница температуры
$t_{\text{пол}}$	$^{\circ}\text{C}$	Температура пола
$t_{\text{под}}$	$^{\circ}\text{C}$	Температура подающей воды
$t_{\text{обр}}$	$^{\circ}\text{C}$	Температура обратной воды
$t_{\text{срд}}$	$^{\circ}\text{C}$	Средняя температура воды
$t_{\text{вниз}}$	$^{\circ}\text{C}$	Температура внизу
$T_{\text{вен}}$	$^{\circ}\text{C}$	Разница температуры воздуха в системе вентиляции
$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	Температура воздуха внутри помещения
R	$\text{м}^2 \text{K}/\text{Вт}$	Термическое сопротивление
$1/R$	$\text{Вт}/\text{м}^2 \text{K}$	Коэффициент теплопередачи
$\lambda_{\text{пол}}$	$\text{Вт}/\text{м K}$	Коэффициент удельной теплопроводности
d	м	Толщина
α	$\text{Вт}/\text{м}^2 \text{K}$	Коэффициент теплоотдачи (теплопотока) пола
v	$\text{м}/\text{сек}$	Скорость потока воды
p	кПа	Потери давления
L	м	Длина трубы
K_v	Значение K_v .	Расход воды через вентиль при перепаде давления на 1 бар.

Рисунки, таблицы, диаграммы

12.1. Рисунки

Номер рисунка	Текст	Стр.
1	Нурocaust	3
1.2.1	Идеальное отопление	4
1.2.2	Напольное отопление	4
1.2.3	Отопление радиаторами	5
1.2.4	Отопление конвекторами	5
1.2.5	Потолочное отопление	5
1.2.6	Принудительное воздушное отопление	5
2.4.1	Кислородный диффузионный барьер на трубе Wirsbo-pePEX	8
2.4.2	Wirsbo-evalPEX	8
3.3.1	Бетонный пол на теплоизоляции	10
3.3.2	Наливной пол на бетонной плите	11
3.4.1	Бетонный пол на теплоизоляции из полистироловых плит	11
3.4.2	Наливной пол на бетонной плите	12
3.5.1	Поперечное сечение петли трубы с теплораспределительными пластинами	12
3.6.1	Поперечное сечение плавающего пола	13
3.8.1	Теплоизоляция здания	15
3.9.1	Система напольного отопления Wirsbo	16
3.10.1	Иллюстрация распределения температуры по поверхности пола	17
3.11.1	Принципиальная схема поддержания постоянной температуры подающей воды	17
3.13.1	Типичный график реагирования	19
3.15.1	Конфигурация А, одиночный змеевик	20
3.15.2	Конфигурация В, параллельная укладка подающей и обратной труб	21
3.15.3	Конфигурация С, трубы поступающей и обратной воды уложены параллельно спиралью	21
4.3.1	Распределение потерь тепла	30
5.1.1	Архитектурный чертеж дома	41
5.1.2	План стен и перегородок	42
5.1.3	Чертеж дома с петлями труб и коллекторами	43
5.1.4	Форма 1, заполненная в соответствии с примером расчета для коллектора М1	46
5.1.5	Форма 1, заполненная в соответствии с примером расчета для коллектора М2	47
5.1.6	Форма 2, заполненная в соответствии с примером расчета	47

12.2. Таблицы

Номер таблицы	Текст	Стр.
4.10.1	Предустановка вентиляей	38
4.14.1	Количество требуемых специальных принадлежностей	39
8.3.1	Данные по материалам	56
8.3.2	Силы от расширения и усадки	57
11.1	Обозначения символов	64

12.3. Диаграммы

Номер таблицы	Текст	Стр.
3.16.1	Зависимость температуры воды от диаметра трубы	22
3.17.1	Зависимость температуры воды от глубины укладки трубы	23
3.18.1	Зависимость температуры воды от шага укладки трубы	24
3.19.1	Тепловое удлинение	26
4.4.1	Теплоотдача поверхности пола	31
4.5.1	Понижение температуры через покрытие пола	32
4.6.1	Понижение температуры в полах различной конструкции	33
4.9.1	Номограмма вентилей коллектора	37
8.1.1	Номограмма потерь давления в трубах Wirsbo-pePEX и Wirsbo-evalPEX	54
8.2.1	Средняя температура воды/потери тепла	55
9.1.1	Толщина теплоизоляции	60

Wirsbo-PEX® является зарегистрированной торговой маркой компании Upronor Wirsbo AB, Швеция. Изделия, описанные в данном руководстве, защищены патентами по всему миру. Учитывая стремление фирмы улучшать и развивать свою продукцию, Wirsbo оставляет за собой право изменять технические условия на свои изделия без предварительного сообщения об этом.

ЗАО “Упонор Рус”
www.uponor.ru

129085, Москва
ул. Годовикова, д. 9-1
+7 (495) 789 69 82
+7 (495) 789 69 83
info@uponor.ru

199026, Санкт-Петербург
В. О., Большой пр., д. 86-1
+7 (812) 327 56 88
+7 (812) 322 77 15
uponor@uponor.ru

620100, г. Екатеринбург
ул. Сибирский тракт, 12
здание 11, офис 205
+7 (343) 379 41 93
+7 (912) 232 79 93
elamina@uponor.ru

uponor