



ТОРГОВО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ „KISAN”

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР УСТАНОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ КИСАН
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ

05-500 Piaseczno, ul. Techniczna 2, tel./fax (48-22) 750-60-55

**ОБОГРЕВАНИЕ ПОЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНЫХ ТРУБ (PE-AL-PE)
СИСТЕМЫ «КИСАН»**

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СБОРКЕ И МОНТАЖУ

Разработка:

Якуб Вильд
Ядвига Вояс
Влодзимеж Мрочек

Варшава, январь 2003 г.

ИНСТРУКЦИЯ РАЗРАБОТАНА НА БАЗЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРАВИЛ И ПРАВОВЫХ НОРМ, КАСАЮЩИХСЯ ПРИМЕНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ПОЛЬША.

Оглавление

1. Обогревание полов – удобно и доступно	5
1.1. Введение	5
1.2. Преимущества системы КИСАН для обогревания полов	6
1.3. Некоторые особенности систем обогревания полов	6
2. Общие сведения	7
2.1. Требования к проекту	7
2.2. Рабочие условия для систем обогревания полов	7
2.2.1. Температура пола	7
2.2.2. Параметры работы систем обогревания полов	7
2.3. Требования к зданиям (помещениям) с обогреванием полов	8
2.3.1. Состояние здания перед установкой системы	8
2.3.2. Потери тепла	8
2.4. Конструкция пола	9
2.4.1. Полы над отапливаемыми помещениями	9
2.4.2. Полы над не отапливаемыми помещениями	10
2.4.3. Полы на грунте	11
2.4.4. Полы в помещениях с большой пользовательской нагрузкой	12
2.5. Требования к материалам, используемым при строительстве	13
2.6. Требования к материалам, используемым в системах обогревания полов	14
3. Инструкция по монтажу	15
3.1. Материалы для системы обогревания полов	15
3.1.1. Трубы КИСАН	15
3.1.2. Соединение труб	16
3.1.3. Распределители	17
3.1.4. Тепловая изоляция	20
3.1.5. Краевая изоляция (по периметру)	20
3.1.6. Элементы крепления нагревательной трубы	21

3.2. Подготовительные работы	21
3.3. Монтаж системы обогрева полов	23
3.3.1. Укладка греющих труб	23
3.3.2. Проверка герметичности системы	24
3.3.3. Промежуточная приемка работ	24
3.4. Изготовление греющей плиты.....	25
3.4.1. Общие требования	25
3.4.2. Материалы	25
3.4.3. Заливка	25
3.5. Запуск и регулировка системы обогревания полов	27
3.5.1. Регулировка температуры в нескольких помещениях	27
3.5.2. Индивидуальная регулировка температуры в каждом помещении	28
3.5.3. Использование настенных регулирующих модулей	29
3.5.4. Явление саморегуляции	31
3.5.5. Совместное использование системы обогревания полов с традиционными отопительными устройствами	31
4. Требования к материалам, используемым для отделки полов	33
5. Замечания по монтажу	34
6. Проектировка системы обогревания полов с использованием труб КИСАН	35
6.1. Методика расчета системы для помещений без учета краевой зоны	35
6.2. Методика расчета системы для помещений с учетом краевой зоны	38
6.3. Примеры расчетов	40
7. Таблицы	45

1. Обогревание полов – удобно и доступно

1.1. Введение

Все без исключения элементы системы обогревания полов КИСАН производятся в Польше.

Встроенные в пол системы отопления относятся к низкотемпературному типу отопления, в котором 70% энергии передается посредством излучения тепла и только 30% посредством конвекции. При таком способе отопления, благодаря равномерному распределению тепла в помещении от пола до потолка достигается «тепловой комфорт», т.е. когда ступнями ног ощущается исходящее от пола тепло, при сохранении оптимальной температуры воздуха на уровне головы.

Системы обогревания полов можно применять

- в квартирах и особенно в частных домах,
- в зданиях и сооружениях общественного назначения, таких как, например, гостиницы, банки и т.п.,
- на промышленных объектах, а также в таких помещениях, как склады, магазины, бассейны и пр.

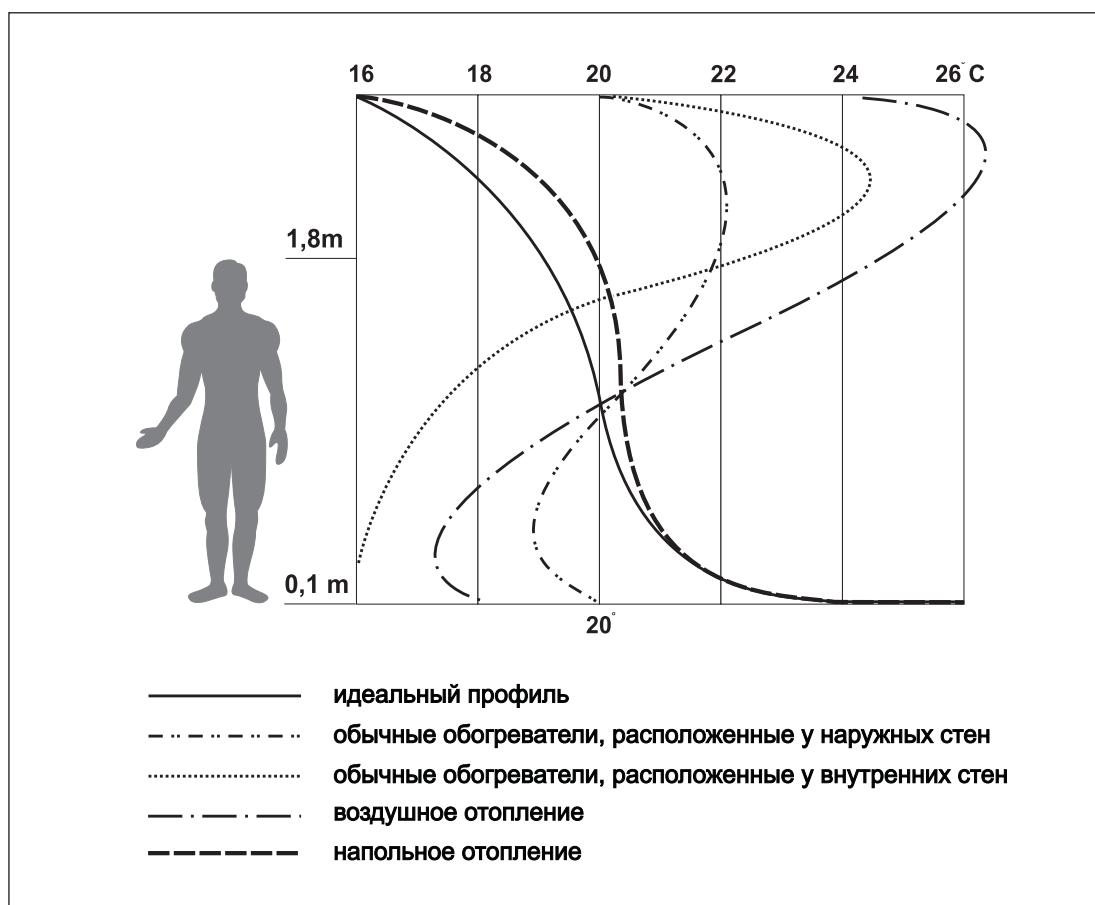


Рис. 1. Распределение температур в помещении с обогреванием полов и с батареями

1.2. Преимущества системы КИСАН для обогревания полов

- а) распределение температур в помещении максимально приближается к оптимальному (рис. 1);
- б) отсутствие в помещении батарей отопления или обогревателей, требующих, как правило, дополнительного облагораживания;
- в) приятное ощущение «теплового комфорта»;
- г) снижение количества пыли в воздухе, благодаря меньшей конвекции воздуха в помещении;
- д) улучшение звукоизоляции благодаря применению изоляционного слоя;
- е) снижение скорости высыхания воздуха в помещении;
- ж) более низкая температура обогрева (максимум 55°C);
- з) экономия энергии вследствие более низкой температуры обогрева и оптимального расположения источника тепла в помещении. По сравнению с традиционными системами отопления, экономия может достигать 20%.
- и) возможность комбинированного использования вместе с традиционными системами отопления, в т.ч. с системой центрального отопления;
- к) элементы системы не подвержены коррозии и осаждению накипи;
- л) легкость монтажа труб КИСАН – трубы не обладают памятью формы и могут изгибаться без разогревания;
- м) возможность выполнения обогревательной петли из одного (целого) отрезка трубы, без дополнительных соединений;
- н) газонепроницаемость системы с применением труб КИСАН, отвечающая требованиям норматива PN-93/C-04607. Прослойка из алюминия в стенках трубы предотвращает попадание кислорода в циркулирующую в системе воду;
- о) срок эксплуатации системы в нормальных условиях свыше 50 лет;
- п) возможность использования нетрадиционных низкотемпературных и экологических источников тепла (например, агрегат теплообменный, солнечные батареи, энергия биораспада) в технологических процессах.

1.3. Некоторые особенности систем обогревания полов

- а) стоимость системы обогревания полов и ее установки примерно на 30-40% выше по сравнению с обычными системами с использованием батарей;
- б) ограниченная тепловая эффективность – в помещениях с большой отдачей тепла (выше 80 В/м²) или с небольшой поверхностью обогревания система обогрева пола может не обеспечивать потребность помещения в тепле. В подобных случаях рекомендуется использовать дополнительное обогревание;
- в) системы обогревания полов характеризуются значительной тепловой инерцией – система реагирует на управление медленнее по сравнению с традиционными системами отопления;
- г) ограничение выбора материалов для полового покрытия – можно применять лишь такие типы покрытий, которые обладают хорошей теплопроводностью.

2. Общие сведения

2.1. Требования к проекту

Установке системы обогревания полов должна предшествовать разработка *технического проекта, в котором должны содержаться:*

- расчеты теплоотдачи каждого помещения;
- расчеты рабочих параметров системы;
- способ укладки теплового контура, расстояние между трубами, длина контура;
- тип и характеристики используемых материалов;
- тип и толщина используемого теплоизолятора;
- нормы и правила сборки, установки и регулировки системы.

2.2. Рабочие условия для систем обогревания полов

2.2.1. Температура пола

При использовании систем обогревания пола необходимо помнить об ограничении температуры поверхности пола. Оптимальная температура составляет 24 – 26°C. Для обеспечения „теплового комфорта” температура пола не должна превышать:

- 29°C в помещениях, где люди пребывают постоянно (напр. в квартирах, офисах и т.п.);
- 35°C по периметру;
- 33°C в кухнях и ванных комнатах;
- 27°C в служебных и рабочих помещениях, где люди работают стоя.

При расчетах системы необходимо проверить, обеспечивается ли допустимая температура пола при том или ином расстоянии между трубами. Следует принять во внимание, что фактическая температура пола при работе системы будет значительно ниже расчетной.

2.2.2. Параметры работы систем обогревания полов

При разработке проекта системы обогревания пола необходимо ориентироваться на следующие температурные параметры:

- средняя температура поверхности пола не должна превышать 29°C;
- входная температура подачи системы не должна превышать 55°C;
- разница температур на входе и в возвратном контуре должна быть в пределах $\Delta t = 5 \div 10^{\circ}\text{K}$;
- скорость течения воды в трубах должна составлять 0,1 – 0,6 м/сек;

- длина отрезка трубы теплового контура при диаметре $\varnothing 16$ мм должна быть меньше 120 метров;
- предполагается, что количество тепла, передаваемого в отапливаемое помещение должно быть не менее 90% количества тепла, принесенного греющими трубами;
- для обеспечения в помещении температуры 20°C расчетная теплоотдача на поверхности пола составляет $80 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

2.3 Требования к зданиям (помещениям) с обогреванием полов

2.3.1. Состояние здания перед установкой системы

Перед началом монтажа системы обогревания пола в помещении должны быть выполнены следующие работы:

- полностью смонтированы оконные и дверные проемы, установлены двери и окна;
- закончена укладка электропроводки и установка сантехнических устройств, осуществлена их техническая приемка;
- заделаны углубления для трубопроводов;
- закончены штукатурные и отделочные работы;
- вынесен строительный мусор и ненужные материалы;
- поверхности, на которых предполагается укладывать листы теплоизоляции должны быть вычищены и выровнены. Неровности поверхности не должны превышать 2-3 мм на 1 метр и 5-8 мм на всей длине поверхности;
- должно быть предусмотрено отопление помещения, обеспечивающее как минимум температуру 5°C . При возникновении угрозы замерзания воды в неработающей системе, что может привести к серьезным повреждениям, рекомендуется воду спустить, а систему продуть сжатым воздухом;
- если в результате падения температуры в помещении ниже 0°C произойдет замерзание коллектора, могут быть серьезно повреждены наконечники подающего трубопровода и обратного контура.

2.3.2. Потери тепла

Системы обогревания полов применяются для отопления жилищ, а также для отопления зданий и сооружений общественного назначения. Для предварительного определения возможности применения в данном помещении системы обогревания полов как основного способа отопления, следует считать эффективную теплоотдачу поверхности равной 80 ватт на 1 м^2 . Для того, чтобы этот показатель мог быть достигнут, здание должно соответствовать нормам теплозащиты, содержащимся в PN-B-03406, PN-EN ISO 6946, а также в приложении к Распоряжению Министра внутренних дел и администрации от 30.09. 1997 г. (Dz. U. nr 132). Наружные стены

зданий, внутри которых предполагается установка системы обогревания полов, должны быть теплопроводящими с коэффициентом теплопередачи $k < 0,35 \text{ В/м}^2\text{К}$. Для окон рекомендуется применять коэффициент $k < 2,0 \text{ В/м}^2\text{К}$.

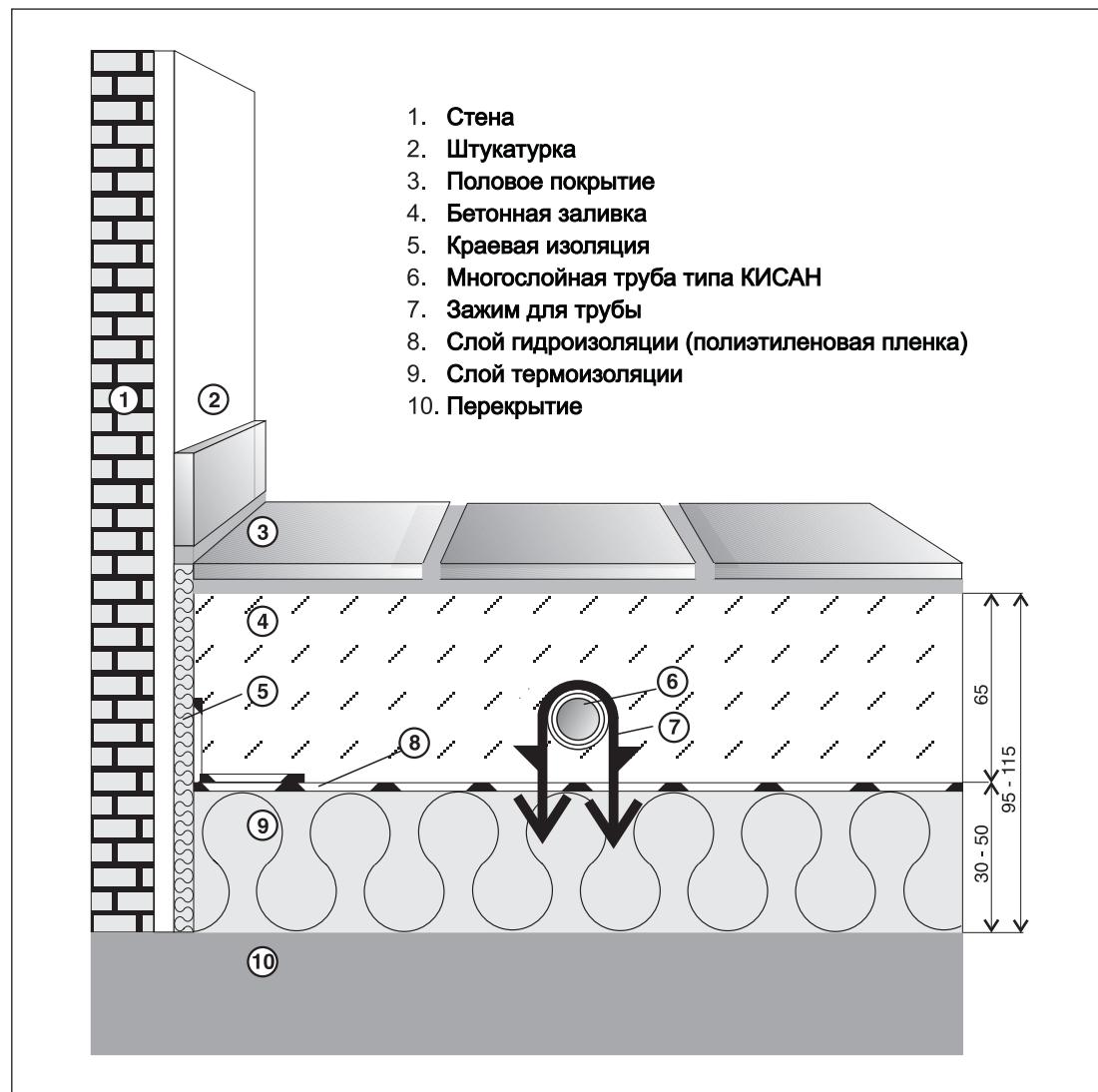
2.4. Конструкция пола

Конструктивно пол представляет собой несколько слоев, а именно:

- слой теплоизоляции,
- слой гидроизоляции,
- греющая плита с трубами,
- половое покрытие,

На рисунках 2–5 представлены различные варианты конструкции пола в зависимости от конкретных условий.

2.4.1. Полы над отапливаемыми помещениями (Рис. 2)



Rис. 2

2.4.2. Полы над не отапливаемыми помещениями (Рис. 3)

- а) в подвальных помещениях,
- б) в ограниченных наружными стенами проемах необходимо дополнительно обеспечивать утепление перекрытия, контактирующего с окружающим воздухом в соответствии с нормами, предусмотренными PN-91/B-02020.

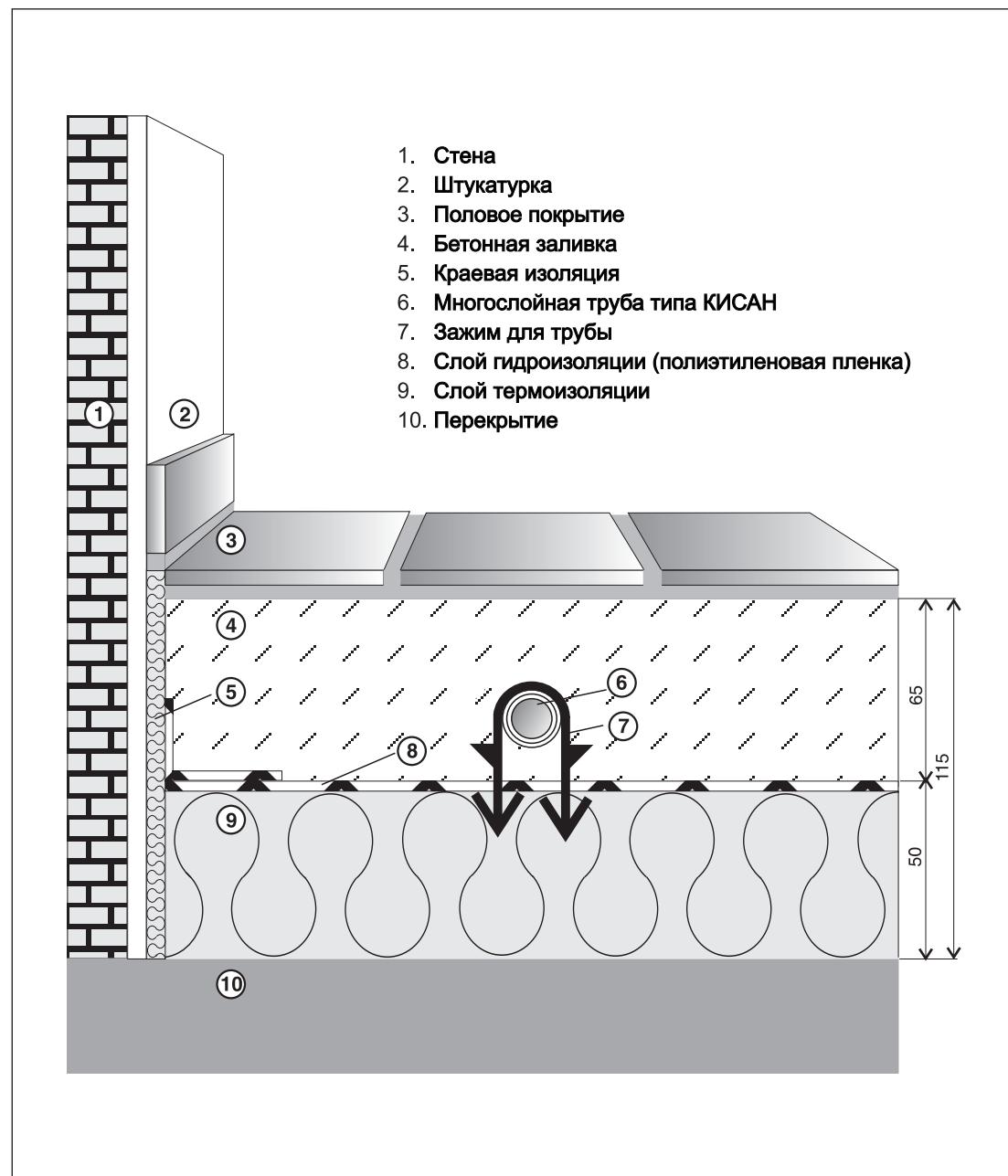


Рис. 3

2.4.3. Полы на грунте (Рис. 4)

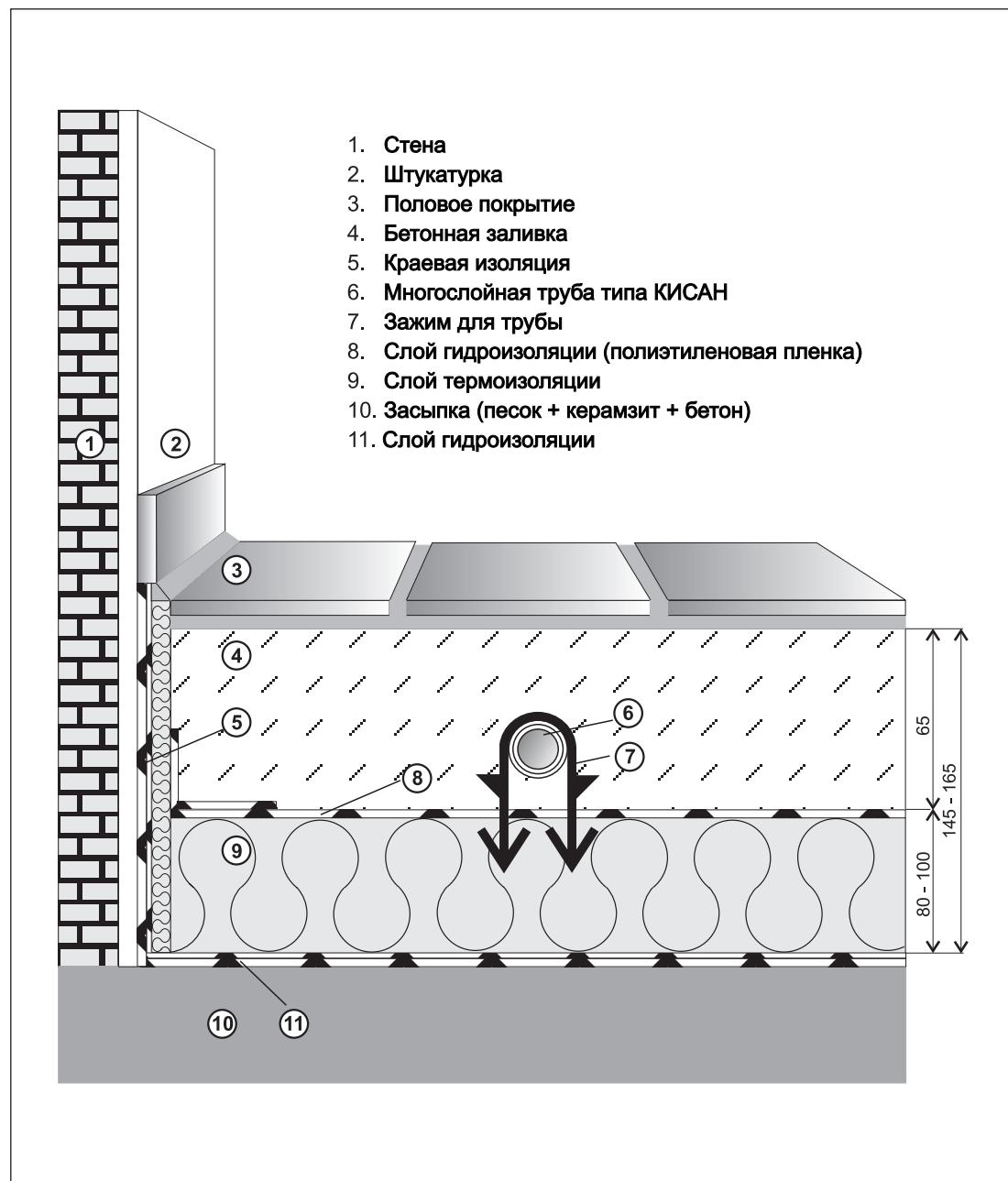


Рис. 4

**2.4.4. Полы в помещениях с большой пользовательской нагрузкой
(Рис. 5)**

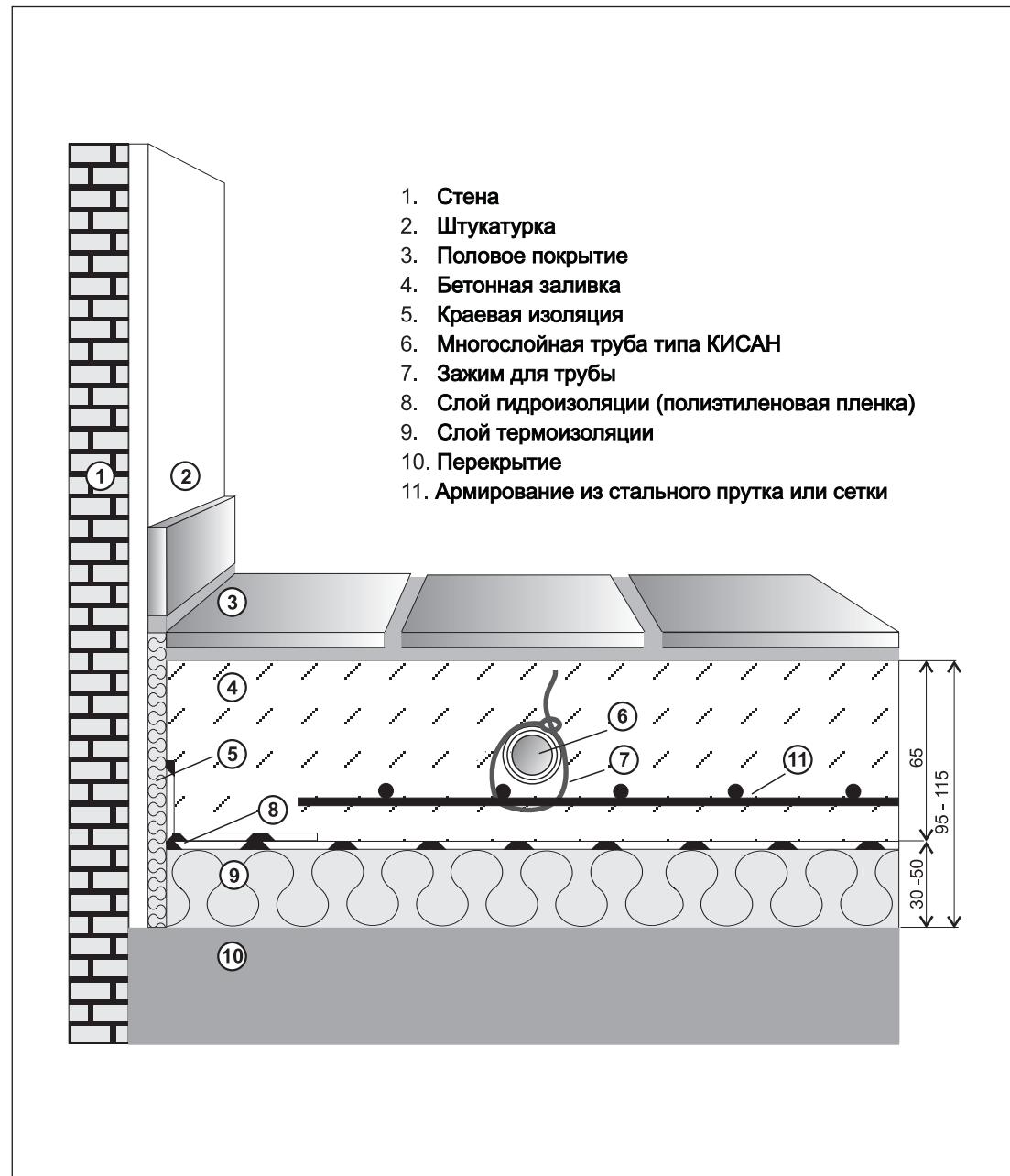


Рис. 5

2.5. Требования к материалам, используемым при строительстве

В статье 10 Закона о строительстве от 7 июля 1994 года (Dz. U. nr 89 от 25 августа 1994 г. и Dz. U. nr 111 от 23 сентября 1997 г.) говорится:

«.... 1. При выполнении строительных работ следует применять такие строительные материалы, характеристики которых позволяют правильно запроектированным и выполненным строительным объектам соответствовать основным требованиям, перечисленными в пункте 1 первого абзаца статьи 5 – как допущенные к обороту и разрешенные к применению в строительстве.

2. Допущенными к обороту и к применению в строительстве считаются:

- 1) строительные материалы и конструкционные элементы, надлежащим образом маркированные, и которым на основании соответствующих нормативов:
 - а) выдан сертификат на знак безопасности, указывающий на обеспечение соответствия техническим требованиям, выработанным на основе польских нормативов, технических исследований, а также соответствующих норм и технических спецификаций в части материалов, подлежащих такой сертификации;
 - б) произведена оценка соответствия и выдан сертификат соответствия польским нормативам или техническим требованиям в части материалов, не подлежащих сертификации, предусмотренной в п. а), но влияющих существенным образом на выполнение хотя бы одного предъявляемого к ним основного требования.
- 2) строительные материалы и конструкционные элементы, перечисленные в перечне материалов, не влияющих существенным образом на выполнение предъявляемых к ним основных требований, а также в перечне материалов, производимых и применяемых в соответствии с повсеместно принятыми правилами строительного искусства ...»

Приведенные выше требования могут считаться выполненными в случае использования материалов и изделий, входящих в состав набора для системы обогревания полов КИСАН, технические характеристики и эксплуатационные параметры которых подтверждены техническими испытаниями, проведенными COBRTI INSTAL:

- AT/98-01-0466-02 многослойные трубы Multilayer Pipes-Kisan-SKS Kańczuga;
- AT/99-02-0775-01 зажимные и запрессовывающиеся соединения и фасонные детали к многослойным трубам Multilayer Pipes-Kisan-SKS Kańczuga;
- AT/98-01-0337-02 зажимные соединения, фитинги и разделители для труб PE и PEX.

а также изданным в России:

- Сертификат соответствия № 3363219 - трубы напорные многослойные из полиэтилена-алюминия-полиэтилена и соединительные детали к ним из латуни.

По результатам технических испытаний изделий производителями выданы Декларации соответствия.

Эти Декларации соответствия к поставляемым нами изделиям и материалам, в соответствии с правилами, служат основанием для технической приемки системы обогревания полов.

2.6. Требования к материалам, используемым в системах обогревания полов

Конструкция системы обогревания полов такова, что она неразрывно связана с конструкцией здания. Поэтому срок ее эксплуатации не может быть короче срока эксплуатации всего здания, т.е. около 50 лет. Замена системы обогревания полов в течение срока службы здания довольно трудоемка и связана со значительными финансовыми затратами. Эти обстоятельства накладывают специфические требования к используемым материалам, а именно:

- срок службы свыше 50 лет;
- кислородоупорность;
- значительное сопротивление на растяжение.

Высокие требования ставятся также перед всеми остальными элементами системы обогревания полов, в том числе и перед материалами, используемыми для изготовления греющей плиты и теплоизоляции.

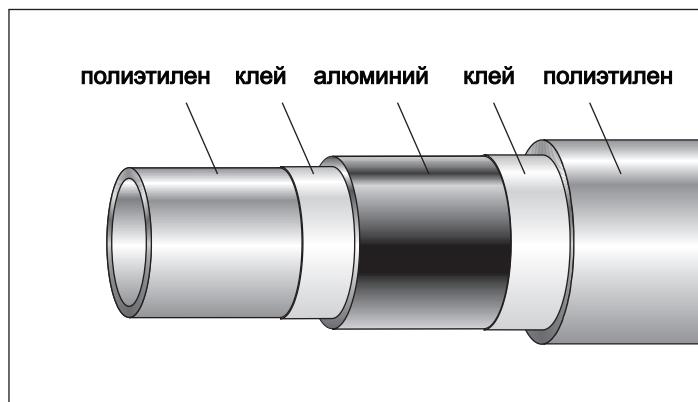
При выборе материалов для изготовления систем обогревания полов следует отдать предпочтение сертифицированным материалам, качество которых гарантирует безаварийную эксплуатацию системы в период между двумя генеральными ремонтами здания.

3. Инструкция по монтажу

3.1. Материалы для системы обогревания полов

3.1.1. Трубы КИСАН

Многослойные трубы КИСАН (Рис. 6) производятся в Польше по лицензии английской фирмы KITECHNOLOGY. Конструкция трубы: алюминиевая лента толщиной 0,2 – 0,25 мм сворачивается в трубу и сваривается продольно. После этого труба покрывается слоем клея и полиэтилена высокой плотности изнутри и снаружи.



Ris. 6

Для изготовления тепловых контуров можно использовать два типа труб КИСАН:

- трубы красного цвета PE80-Al-PE 80 диаметром 16 x 2,0 и 20 x 2,25 мм;
- трубы белого цвета PEX-Al-PEX и PEX-Al-PE 80 с использованием полиэтилена структурированного, диаметром 16 x 0,2 и 20 x 2,25.

Для изготовления других элементов системы обогревания полов, таких например, как стояки, для подсоединения коллекторов, для подключения радиаторов батарей центрального отопления, используемых одновременно с обогревом пола применяются трубы КИСАН белого цвета (см. п. б) диаметром 14 x 2,0; 16 x 2,0; 20 x 2,25, 25 x 2,5, 32 x 3,0 и 40 x 4,0 мм.

Физические свойства труб КИСАН

- | | |
|------------------------------------|-------------|
| - коэффициент теплопроводимости | 0,45 В/МК |
| - коэффициент линейного расширения | 0,025 мм/МК |

Режим эксплуатации и особенности применения труб КИСАН в системах обогревания полов

- | | |
|------------------------------------|---------|
| - максимальная рабочая температура | 60°C |
| - максимальное рабочее давление | 0,6 МПа |

Трубы КИСАН (красные) поставляются в бухтах по 200 метров для труб диаметром 16 x 2,0 и по 240 метров для труб диаметром 20 x 2,25 мм. По желанию клиента трубы могут быть иной длины. Фирменная маркировка нанесена через каждый метр длины. Наименьший допустимый радиус сгиба составляет 5 внешних диаметров трубы. Благодаря наличию слоя алюминия трубы обладают хорошей гибкостью и не обладают памятью формы. Это обстоятельство значительно облегчает монтаж и укладку контуров.

3.1.2. Соединение труб

Трубы в системе обогревания пола соединяются с помощью различных соединителей из латуни:

- Соединители латунные типа VESTOL с О-образной уплотнительной прокладкой (Рис. 7).

Для закрепления соединителя на трубе сначала требуется специальной разверткой подготовить конец трубы, а затем насадить корпус соединителя на трубу и затянуть зажимную гайку. Такой способ соединения не требует дополнительного уплотнения при подключении к другим элементам системы, например, к коллектору или тройнику.

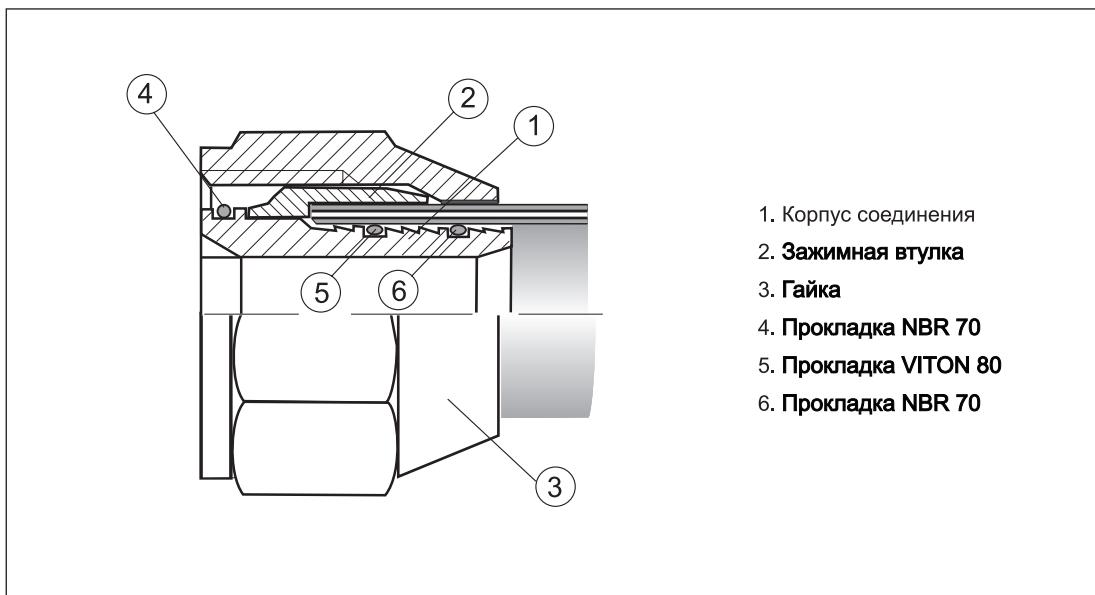


Рис. 7

- Соединители латунные типа VESTOL ZBK (Рис. 8)

Эти соединители являются разновидностью соединителя типа VESTOL с О-образными прокладками и отдельным зажимным кольцом из латуни.

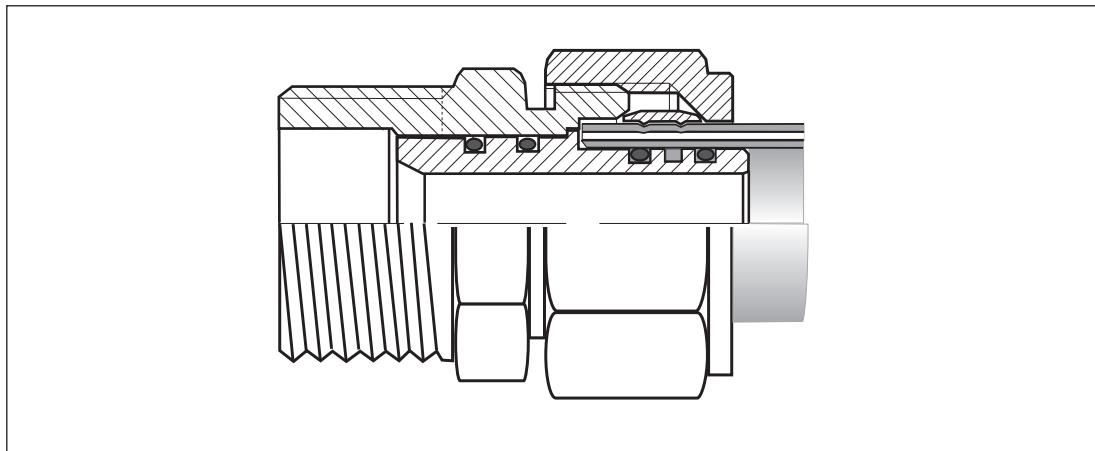


Рис. 8

с) Соединители латунные запрессовывающиеся (Рис. 9).

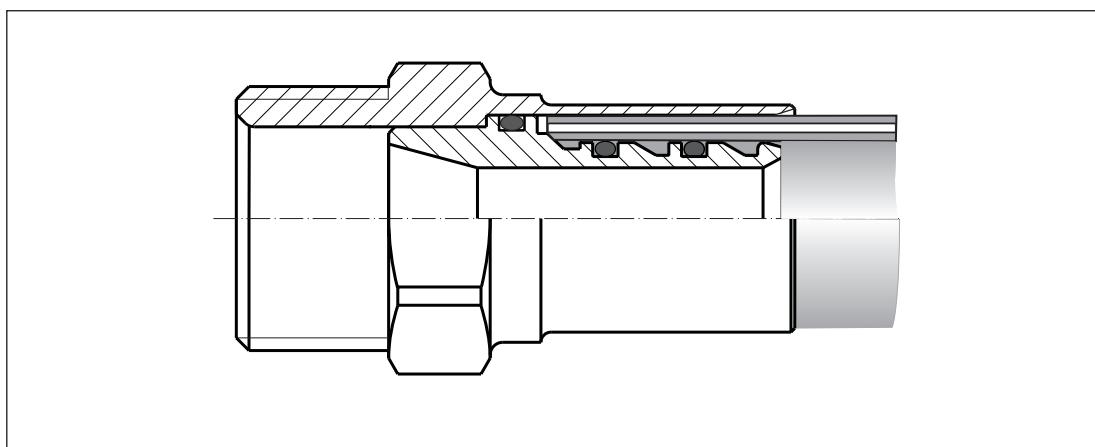


Рис. 9

Подробное описание крепления латунных соединителей к трубам КИСАН содержится в Инструкции по проектированию и монтажу сантехнических систем с использованием многослойных труб системы КИСАН №1 изданой в январе 2003 года.

3.1.3. Распределители

Фирма КИСАН предлагает распределители для напольного отопления с вмонтированными регулирующими клапанами на коллекторе возврата, служащими для выравнивания потоков в отдельных нагревательных контурах. Коллекторы подачи изготавливаются в двух вариантах:

- Коллектор с вмонтированными запорными клапанами (рис. 10) - распределитель RP или RPO.
- Коллектор с вмонтированными терmostатическими клапанами (рис. 11) - распределитель RPT или RPO.

Термостатические клапаны управляются с помощью комнатных терmostатов посредством электротермических сервомоторов либо термостатических головок с вынесенными датчиками. Распределители устанавливаются в навесных либо встроенных шкафах.

Распределители необходимо оборудовать автоматическими воздухоотводчиками (конструкция распределителя дает возможность их установки в устройства воздухоотвода и спускные клапаны). В стеклом шкафу можно кроме того установить тепловой счетчик. Трубы к распределителю крепят с помощью соединений VESTOL 1/2" x 16x2 или G 3/4" / 16x2,0. Если распределители RP и RPT используются для присоединения змеевиков из труб PEX-Al-PEX Ø 20x2,25, то необходимо применить комплектные переходники и соединительные устройства VESTOL 3/4". Гидравлическая характеристика распределителя возврата с регулировочными клапанами на входе представлена в табл. 1, а также на рис. 12. Гидравлическая характеристика распределителя подачи с запорными клапанами представлена на рис. 13.

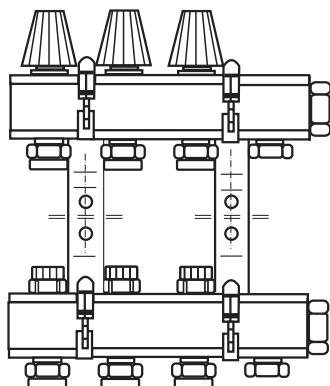


Рис. 10

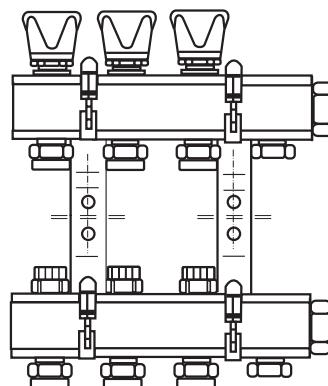


Рис. 11

*Табл. 1.
Характеристика распределителя возврата с клапанами
для предварительного регулирования*

Обороты	$K_v, \text{м}^3/\text{ч}$	Характеристика $\Delta p [\text{Па}]; Q [\text{кг}/\text{ч}]$
0,5	0,399	$\Delta p = 0,639776 Q^2$
1,0	0,757	$\Delta p = 0,177316 Q^2$
1,5	1,063	$\Delta p = 0,089967 Q^2$
2,0	1,368	$\Delta p = 0,054322 Q^2$
2,5	1,600	$\Delta p = 0,039728 Q^2$
3,0	1,822	$\Delta p = 0,030637 Q^2$

Δp - падение давления на распределителе вместе с клапаном, [Па];

k_v - коэффициент циркуляции, [$\text{м}^3/\text{ч}$];

Q - массовый поток циркулирующей воды, [$\text{кг}/\text{ч}$].

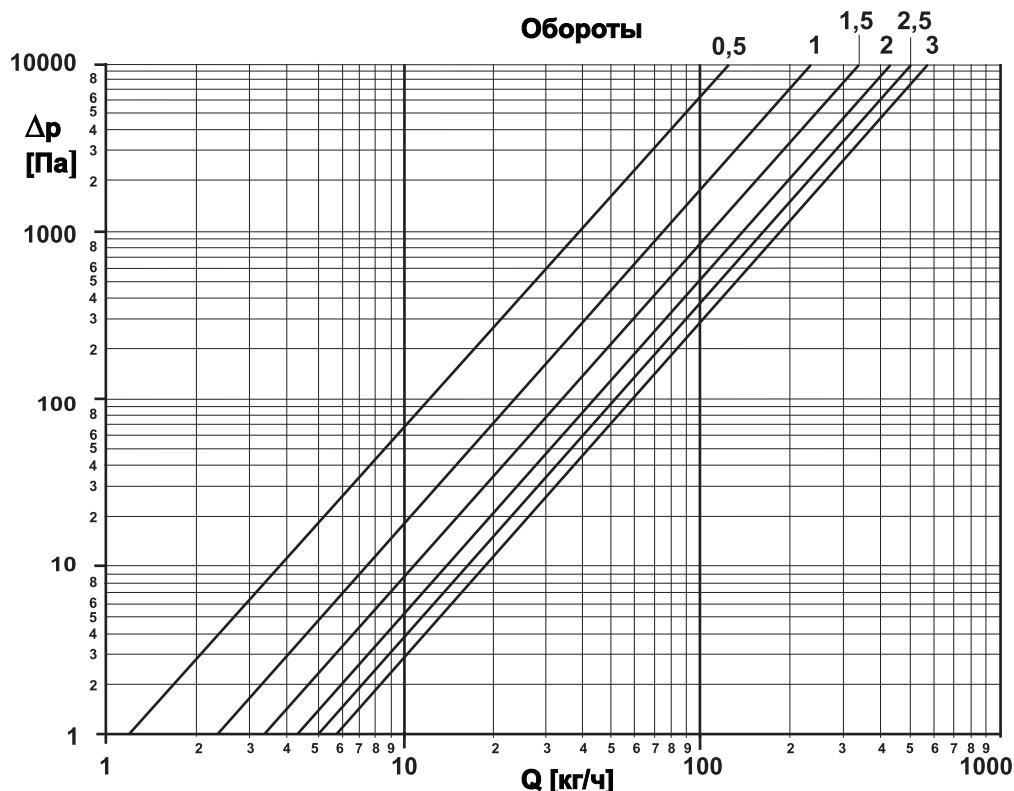


Рис. 12. Характеристика возвратного распределителя с клапанами регулирования на входе.

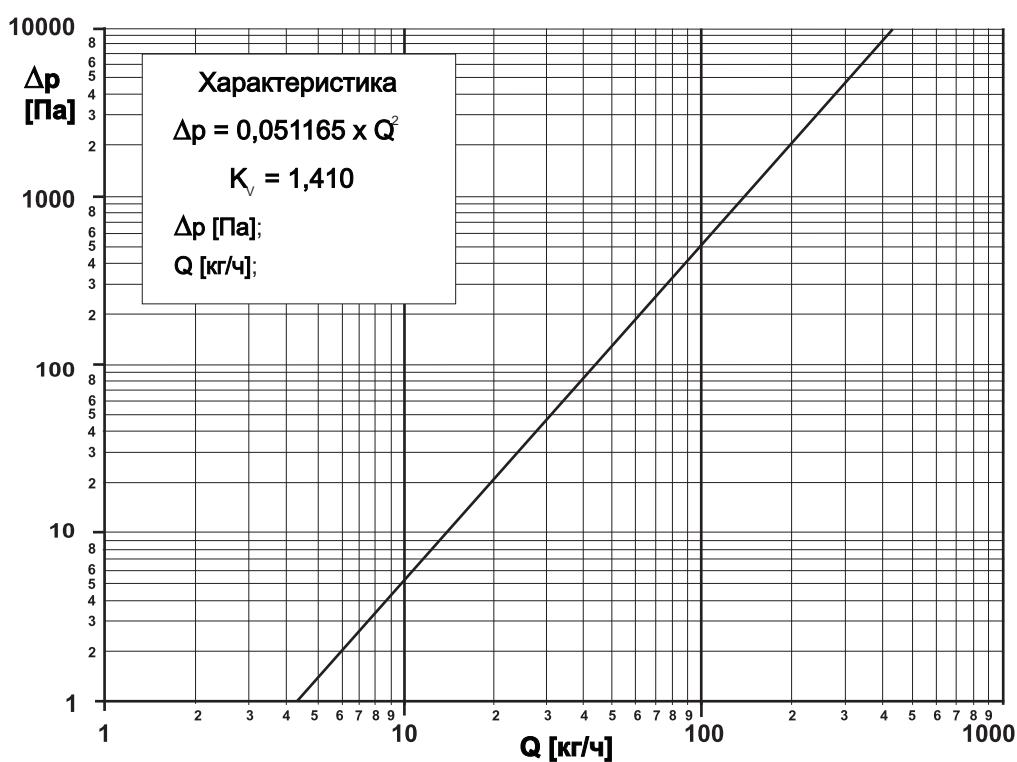


Рис.13. Характеристика распределителя подачи с запорными клапанами фирмы Хеймейер.

3.1.4. Тепловая изоляция

Тепловую изоляцию можно изготовить из пенополистирола высокой твердости с минимальной плотностью 20 кг/м³ - в соответствии со стандартом BN-91/ 6363-02. Толщина изоляции от 30 до 100 мм зависит от типа помещения, где требуется подогрев пола. В качестве изоляции можно также применять минеральную вату с усилением смолами. Чтобы защитить тепловую изоляцию от отсыревания, она накрывается слоем полиэтиленовой пленки либо полиэтиленовой пленки с нанесенным на нее отражающим слоем (Al).

При укладке напольного отопления на основание необходимо кроме того под тепловой изоляцией иметь изоляцию из полиэтиленовой пленки для защиты от увлажнения. Во влажных помещениях, например, ванные комнаты, можно использовать еще один противоувлажнющий слой изоляции над трубами, который предохраняет от попадания влаги.

Фирма KISAN имеет в продаже пенополистирол польского производства толщиной 30 либо 50 мм, покрытый заводским способом многослойной пленкой с расположенным внутри металлизированным слоем, который представляет собой тепловой экран. Плита из пенополистирола поделена на полосы, что дает возможность скручивать ее в рулон и облегчает транспортировку и кроме того – монтаж изоляции.

На пленке нанесена сетка с размером ячеек 5 и 10 см, что позволяет точно располагать обогревательные трубопроводы.

Тепловая изоляция кроме того выполняет роль поглотителя звука.

3.1.5. Краевая изоляция (тепловая, звукопоглощающая и дилатации)

Краевая изоляция отделяет нагревательные плиты от вертикальных строительных ограждений, конструкционных и разделительных перегородок. Она выполняет следующие функции:

- играет роль компенсатора при тепловом расширении нагревательной плиты;
- ограничивает потери тепла от нагревательной плиты через стены здания;
- выполняет роль изоляции от шума между конструктивными элементами.

Полоса краевой изоляции представляет собой ленту около стенки (из пенополиуретана толщиной 8 мм и шириной 150 мм), к которой прикреплена полиэтиленовая пленка. Данная пленка после укладки на участок тепловой изоляции не дает возможности бетону попасть между стенкой и плитой тепловой изоляции во время выливания слоя раствора. Выступающая часть краевой изоляции обрезается только после укладки покрытия пола.

3.1.6. Элементы крепления нагревательной трубы

В качестве элементов крепления труб можно использовать:

- индивидуальные захваты (фиксаторы), устанавливаемые непосредственно в слое тепловой изоляции;
- монтажные шины с углублениями, устанавливаемые перпендикулярно направлению укладки трубопроводов; примеры размещения монтажных шин даны на рис. 14; они обеспечивают дополнительную помощь при укреплении змеевиков на полиэтиленовой пленке без наличия растра; таким образом, углубления в шинах, изготовленные на расстоянии около 5 см, дают возможность укладки труб на запланированном расстоянии; крепежные шины располагаются на расстоянии до 1,4 м перпендикулярно направлению хода труб;
- сетки из стальных прутков 3-6 мм, к которым крепят трубы с помощью фиксаторов из искусственных материалов либо проволоки с оболочкой из синтетического материала; сетка дополнительно играет роль крепления подложки для больших помещений; например, в фабричных цехах, магазинах, лавках.

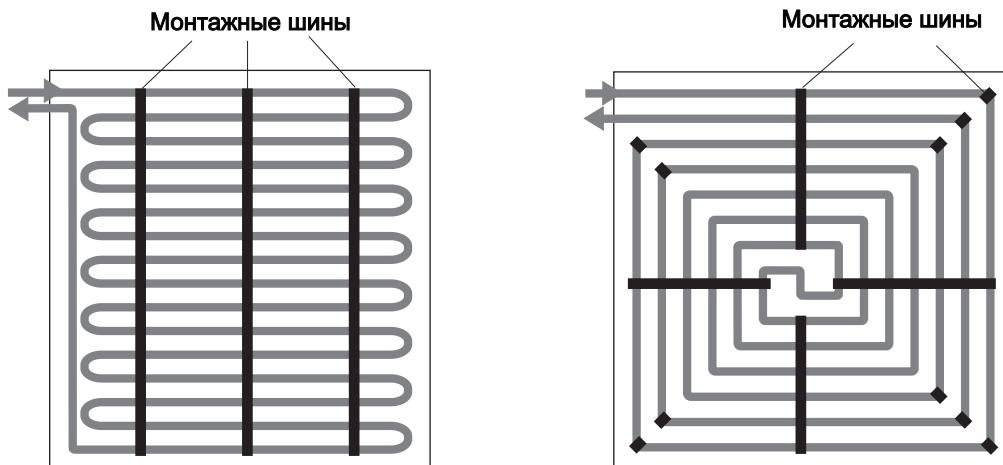


Рис. 14

Чтобы гарантировать хорошую отдачу тепла через трубы, их следует располагать на высоте 1 см над слоем тепловой изоляции. При креплении труб с помощью захватов можно применять дистанционные прокладки.

3.2. Подготовительные работы - укладка тепловой изоляции, а также выполнение тепловой компенсации

На подготовленном основании распределяют тепловую изоляцию в виде плит из пенополистирола. В случае основания на грунте изоляция укладывается в виде двух слоев - в первую очередь слой 5 см пенополистирола FS-20, а затем слой пенополистирола от 3 до 5 см с металлической фольгой.

Изоляция около стен укладывается вдоль наружных и внутренних стен, а также в запроектированных местах тепловой компенсации между нагревательными плитами. Если площадь поверхности пола превышает 40 м², то ее необходимо разделить на несколько нагревательных плит. Компенсационные зазоры должны проходить от изолирующего слоя вплоть до внешней отделочной поверхности покрытия пола. Трубы змеевика следует располагать таким образом, чтобы до минимума ограничить перемещение труб в результате тепловой компенсации. Трубы соединительного оборудования, которое проходит через компенсационные зазоры, укладываются в защитные трубы длиной около 30 см. Далее указанные концы необходимо загерметизировать клейкой лентой, чтобы раствор не мог попасть внутрь. Для того, чтобы проконтролировать форму бетона (в случае возникновения напряжений во время затвердевания), применяют ложные швы из тонкого деревянного листа и заполнения эластичной синтетической смолой после высыхания раствора.

Лента у стенки может быть размещена над первым слоем тепловой изоляции (рис. 15).

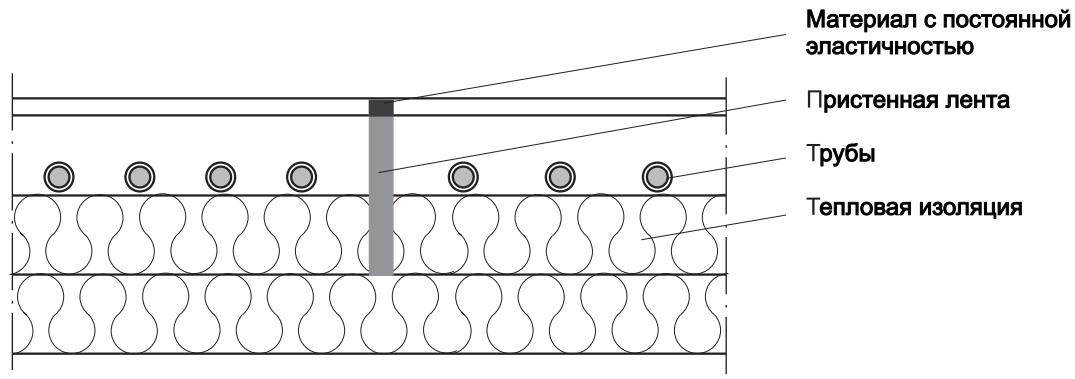


Рис. 15

Пространство над тепловым компенсатором необходимо заполнить материалом с постоянной эластичностью, например, синтетической смолой (при укладке слоя наружной отделки пола).

Полиэтиленовая пленка PE, которая с одной стороны приклеивается к пристеночной полосе, укладывается на слой пенополистирола таким образом, чтобы предотвратить проникновение бетона между тепловой изоляцией и пристеночной изоляцией. Когда пристеночная полоса располагается в тепловом компенсаторе, то по одной его стороне укладываются проклеиваемую пленку, в то время как с другой стороны зазор между полосой и пенополистиролом необходимо закрыть, заклеив его широкой самоклеящейся лентой.

3.3. Монтаж оборудования для обогревания полов

3.3.1. Укладка греющих труб

Трубы можно укладывать двумя способами:

- змеевик располагают в форме меандра (рис. 16), в этом случае начало змеевика с наивысшей температурой устанавливается у стен с наибольшими потерями тепла;
- в форме петлеобразного змеевика (червячного, спирального) (рис. 17), благодаря чему обеспечивается более равномерное распределение температуры пола.

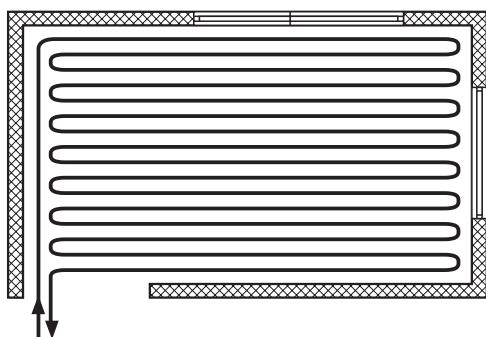


Рис. 16

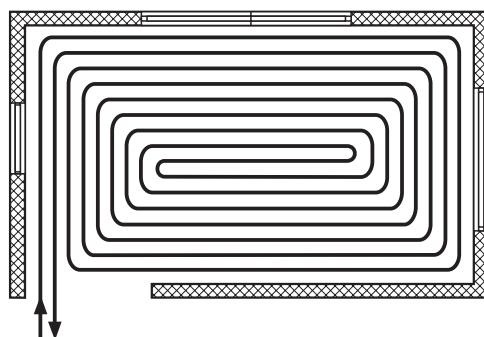


Рис. 17

В местах с большими тепловыми потерями, при наличии больших оконных и дверных проемов, можно использовать небольшую краевую зону шириной около 1 м вдоль наружных стен, где трубы укладываются с меньшим зазором. В этой зоне допускается более высокая температура пола (2.2.1). Змеевик в краевой зоне чаще всего представляет независимый нагревательный контур (рис. 18). В помещениях небольшого размера допускается соединение змеевика в краевой зоне с основным контуром (рис. 19).

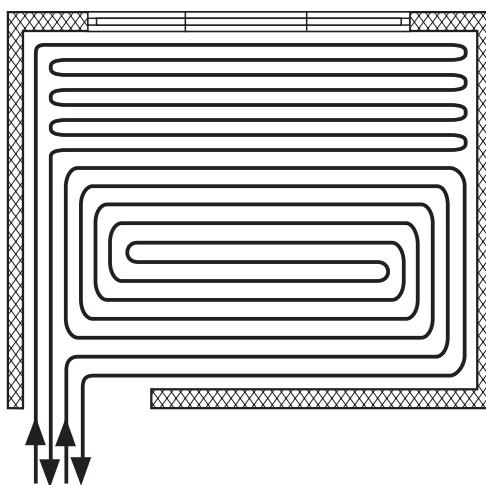


Рис. 18

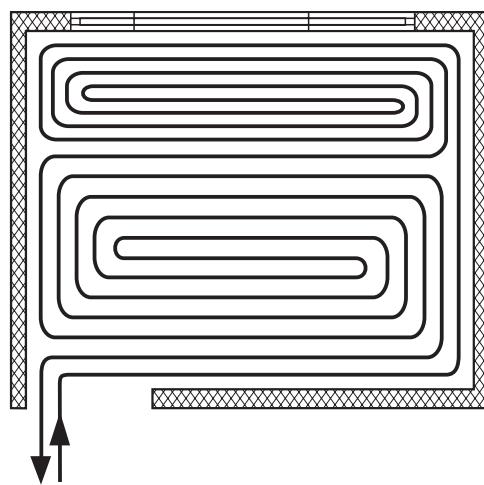


Рис. 19

Примерные способы укладки труб в краевой зоне приведены на рис. 20.

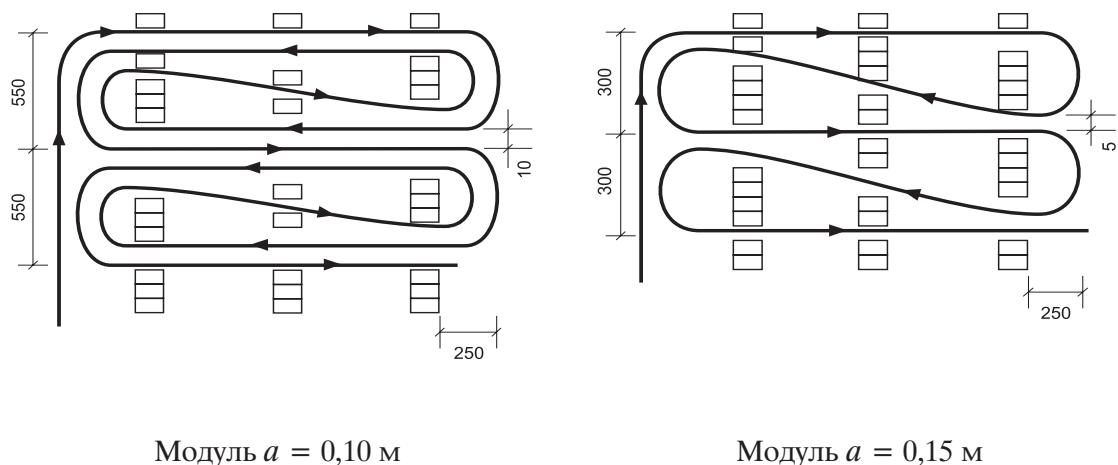


Рис. 20

Участки труб, присоединяемые к распределителю, должны проходить через защитные трубы (например, гофр). Длина защитной трубы в нагревательной плите составлять около 1 м, а окончание в плите должно быть предохранено от попадания раствора внутрь защитной трубы.

3.3.2. Проверка герметичности системы

Перед заливкой труб бетоном оборудование необходимо испытать на герметичность давлением 0,6 МПа в течение 24 часов. Во время затвердевания бетона (20-28 дней) трубы должны оставаться под давлением 0,2 - 0,3 МПа.

Нельзя запускать оборудование непосредственно перед затвердеванием бетона.

3.3.3. Промежуточная приемка работ

Частичная приемка оборудования для напольного отопления должна производиться в присутствии инвестора либо его представителя. После завершения монтажных работ при приемке оборудования напольного отопления необходимо проверить соответствие установленных материалов и устройств с проектом:

- проведение теплозащитной изоляции и изоляции против увлажнения,
- правильное исполнение температурной компенсации,
- укладку нагревательных контуров,
- оформить протокол испытания герметичности и давления в оборудовании напольного нагрева,
- произвести запись о приемке оборудования в строительный журнал.

3.4. Изготовление нагревательной плиты

3.4.1. Общие требования

Нагревательная плита в оборудовании напольного отопления для жилищного строительства должна иметь устойчивость на сжатие минимально 12 МПа и на растяжение — минимально 3 МПа. Не рекомендуется изготавливать нагревательную плиту толщиной более 10 см. В случае напольного отопления для иных применений, например, выставочные залы, продовольственные, устойчивость может определяться в соответствии с проектом в зависимости от предназначения объекта. Нагревательная плита должна изготавливаться плавающей, это значит, что она отделена от конструкционных элементов здания краевой полосой (3.2.).

Растворы, применяемые для изготовления нагревательной плиты, должны иметь консистенцию, которая обеспечивает удаление воздуха из раствора, отсутствие воздушных отверстий в выложенном слое раствора и дополнительное засорение нагревательных трубопроводов.

3.4.2. Материалы и добавки

Для изготовления нагревательной плиты применяют два типа растворов:

- цементные,
- ангидритовые.

Для регулирования характеристик **цементных растворов**, прежде всего пластичности, добавляют **пластификатор**. Количество добавляемой воды зависит от вида применяемого пластификатора. Добавление его уменьшает количество обрабатываемой воды до 15 %, что уменьшает усадку во время отверждения раствора, а также понижает пористость. Кроме того, ускоряется затвердевание бетона, особенно в начальный период времени, устойчивость в отношении зрелых бетонов возрастает приблизительно на 15 %, корректируется удобство укладки и пластичность используемой рабочей смеси, впитываемость уменьшается даже до 50 %. Цементные растворы следует приготавливать из портландского цемента. Для наполнителя необходима зернистость 0 - 8 мм, причем доля фракции 0-4 мм должна составлять ≤ 70 %. Вода для приготовления применяемых растворов должна отвечать требованиям стандарта.

В качестве **ангидритного раствора** для приготовления нагревательных плит применяют готовые, сухие смеси.

3.4.3. Изготовление нагревательной плиты (заливка)

Для изготовления нагревательной плиты из цементного раствора выбираются композиции с составом, приведенным в табл. 2:

Таблица 2
Рекомендуемый состав монолитного бетона

Зернистость заполнителя [мм]	0-8	0-8	0-8
Количество цемента на 1 м ³ бетона [кг/м ³]	300-350	375-425	425-475
Соотношение воды к бетону	0,45	0,55	0,70
Прочность [Н/мм ²]	22,50	30,00	50,00

Фирма KISAN рекомендует учитывать следующие указания при изготовлении нагревательной плиты для водяного напольного отопления:

- пластификатор необходимо применять в соответствии с инструкцией изготавителя,
- рекомендуемая доля цемента в покрытии должна составлять 320-350 кг/м³,
- каждая порция бетона должна иметь точно такое же соотношение по рецептуре для заполнителя, цемента, воды и времени перемешивания,
- бетон следует доводить до однородной сухо-пластичной консистенции, неводной,
- не рекомендуется проводить подачу бетона штукатурным устройством - данные работы следует проводить вручную,
- залитый участок необходимо предохранить от прохода по нему в частности при схватывании бетона - минимально в течение семи дней,
- забетонированный участок необходимо смачивать водой один раз в день после прохождения промежутка времени в 24 часа с момента укладки в течение семи дней,
- дозревание бетона должно протекать в течение 28 дней, в это время нельзя подвергать его механическим напряжениям; необходимо ограничить вентиляцию помещения с помощью прикрывания окон таким образом, чтобы нагревательная плита схватывалась в одинаковых условиях по всей поверхности,
- для изготовления нагревательной плиты рекомендуется применение цемента марки 35; в качестве заполнителя применяется натуральный песок либо каменная крошка из твердых мелкораздробленных пород,
- утапливаемая в покрывном слое сетка должна быть в соответствии с размерами участка тепловой компенсации (сетка не должна касаться полосы тепловой компенсации); концы проводов сетки необходимо подогнуть вверх для исключения возможности их контакта с трубами.

ВНИМАНИЕ!

Во время изготовления полового покрытия:

- *оборудование напольного отопления должно быть под давлением с целью выявления возможных повреждений трубопроводов, которые могут появиться во время проведения работ по герметизации,*
- *нельзя пользоваться острыми предметами и твердой обувью.*

Кроме того во время изготовления нагревательной плиты необходимо сохранять расстояние между краевой полосой и слоем изоляции против увлажнения. Раствор не должен проходить в зазоры тепловой компенсации либо иметь соприкосновение с конструкционными элементами здания.

При изготовлении нагревательных плит из ангидрита с применением специальных самовыравнивающихся масс (специально приготовленных для указанной цели) необходимо действовать согласно инструкции изготовителя.

Во время изготовления нагревательной плиты давление воды в нагревательных трубах должно составлять 0,2 - 0,3 МПа. Сохранение давления свидетельствует о том, что при изготовлении плиты нагревательные трубопроводы не имели повреждений.

3.5 Запуск в эксплуатацию и регулировка гидравлического оборудования напольного обогрева

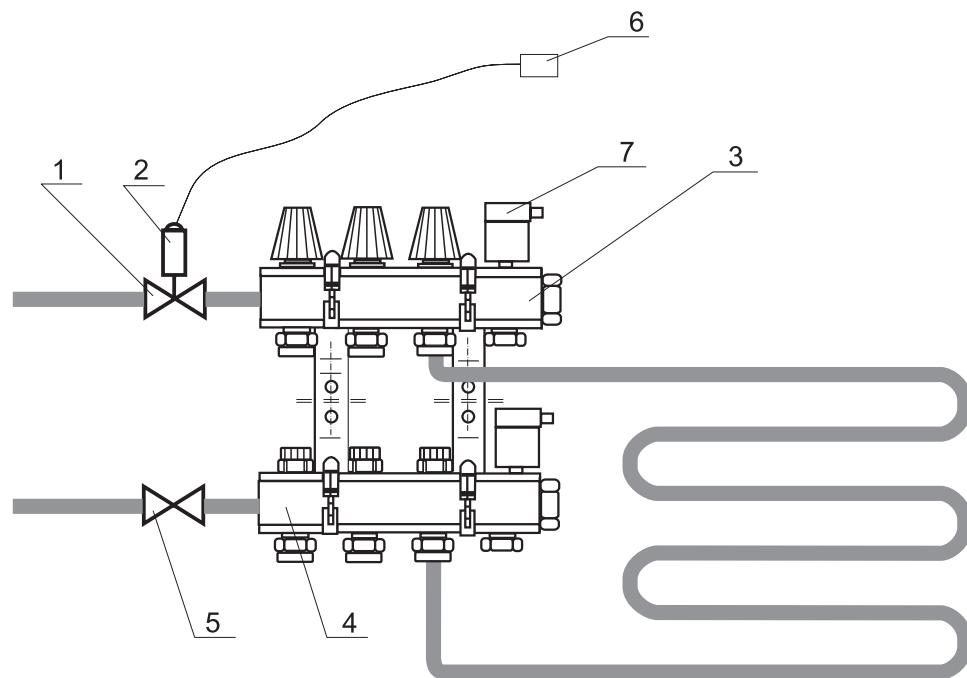
Во время пуска необходимо в течение 3 суток держать температуру на подаче равной 25°C, затем постепенно повышать по 5 градусов в течение суток до максимальной температуры. Пуск в эксплуатацию должен происходить после прохождения периода схватывания (для бетона это составляет 20-28 дней, а для ангидритного монолитного пола - 7 дней).

Характерным признаком напольного отопления является большая инерция тепла, это значит, что после прохождения промежутка нагревания нагревательная плита еще в течение длительного времени отдает тепло. В связи с этим возникают трудности с автоматическим регулированием температуры в таких помещениях, где возможны внешние значительные источники тепла, например, от солнечного освещения либо по технологическим причинам. При напольном отоплении можно воспользоваться следующими способами регулировки: общая, индивидуальная, с применением регулировочных модулей, саморегулирующаяся либо постоянная.

3.5.1. Общая регулировка температуры в помещениях

Перед распределителем типа RP (с запорными клапанами) устанавливается терmostатирующий клапан, снабженный термостатической головкой с выносным

датчиком, либо управляемый с помощью электротермического сервомотора (Рис. 21). В этом случае все змеевики регулируются посредством одной и той же установки терmostата, который расположен в наиболее представительной части помещения по температуре.



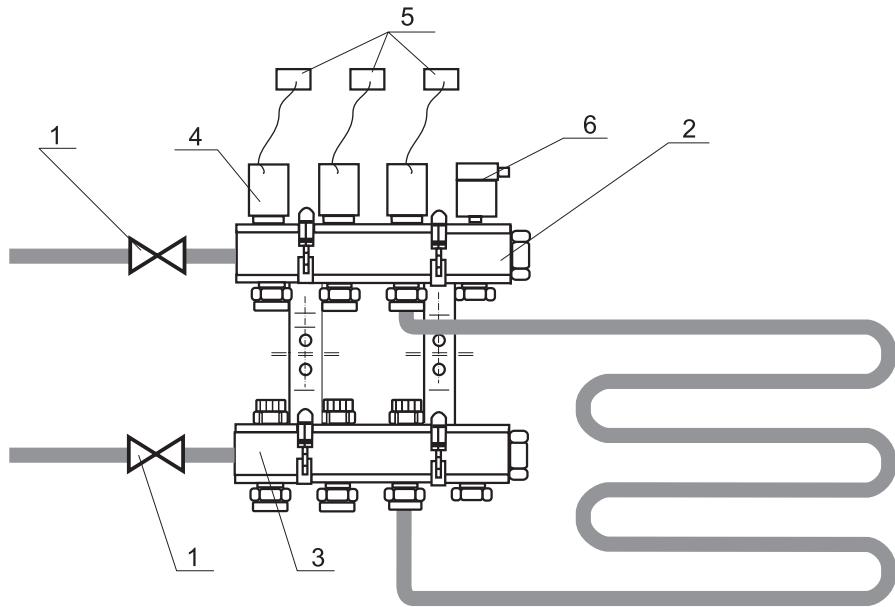
1. Терmostатический клапан.
2. Терmostатическая головка с выносным датчиком либо электротермическим сервомотором.
3. Коллектор подачи с встроенными запорными клапанами.
4. Коллектор возврата с встроенными регулирующими клапанами.
5. Шаровой клапан.
6. Комнатный терmostат.
7. Автоматический воздухоотводчик.

Рис. 21

3.5.2. Индивидуальная регулировка температуры в помещениях

Когда возникает необходимость независимой регулировки температуры в отдельных помещениях, обслуживаемых с помощью разных змеевиков, то для этого следует применять распределители с вмонтированными терmostатическими клапанами типа RPT. Регулирование производится с помощью комнатного терmostата благодаря электротермическим сервомоторам (Рис. 22).

Каждый терmostат может управлять несколькими сервомоторами, если в помещении установлено несколько змеевиков.



1. Шаровой клапан.
2. Коллектор подачи с встроенным термостатическим клапанами.
3. Коллектор возврата с встроенными регулирующими клапанами.
4. Термостатическая головка с выносным датчиком либо электротермический сервомотор.
5. Комнатный термостат.
6. Автоматический воздухоотводчик.

Рис. 22

3.5.3. Использование настенных регулировочных модулей

Отдельные змеевики, подогревающие, например, ванные комнаты, могут регулироваться локально с помощью так называемого регулировочного модуля, оборудованного термостатическим клапаном, совмещенным с ним ручным отводом воздуха, либо термостатической головкой. Все полностью закрывается с помощью креплений и маскировочного экрана. Регулировочный модуль устанавливается на возврате змеевика. Предлагаются два типа таких устройств:

- a. В случае, если локально регулируется отдельный контур подачи с пониженными характеристиками (в оборудовании с центральным узлом смешения), то регулировочный модуль оборудуется одним термостатическим клапаном с термостатической головкой (Рис. 23).
- б. Если регулированию подлежит контур подачи с более высокими параметрами (как для конвекционных нагревателей), то регулировочный модуль снабжается двумя термостатическими клапанами: первый из них понижает температуру воды поступающей в змеевик (термостатическая головка имеет диапазон регулирования 30-50°C), в то время как второй служит для регулирования температуры в помещении; подобные системы часто применяются для подогрева пола в ванных комнатах при наличии одного контура, присоединенного к оборудованию отопления (Рис. 24).

Регулировка с помощью терmostатического клапана

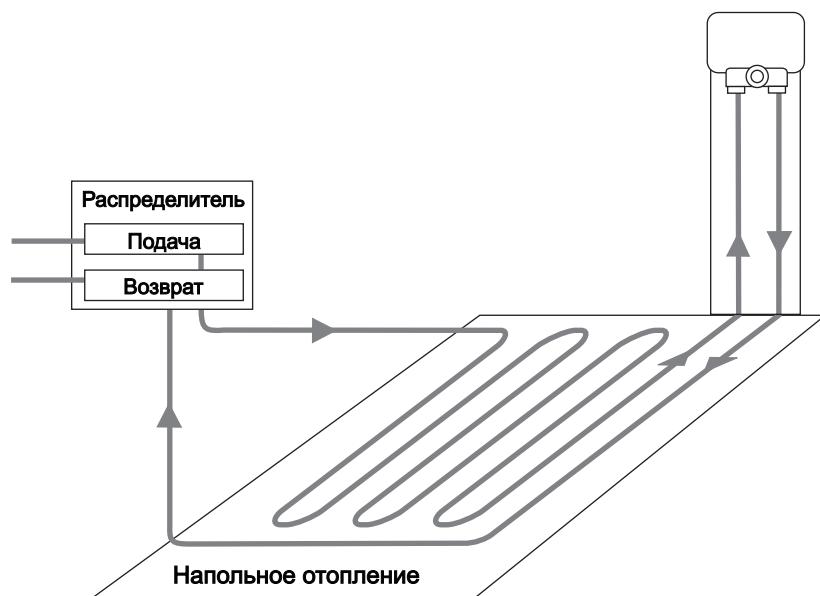


Рис. 23

Регулировка с помощью клапана-ограничителя температуры RTL

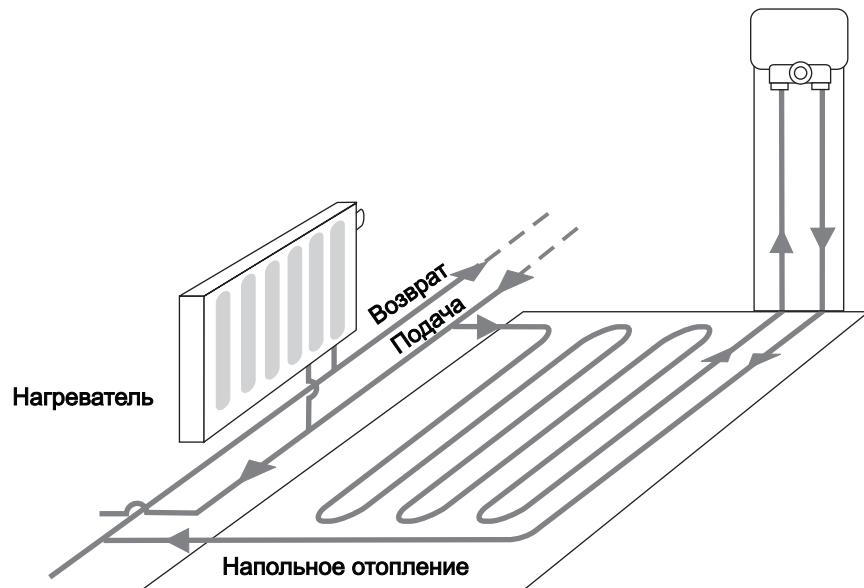


Рис. 24

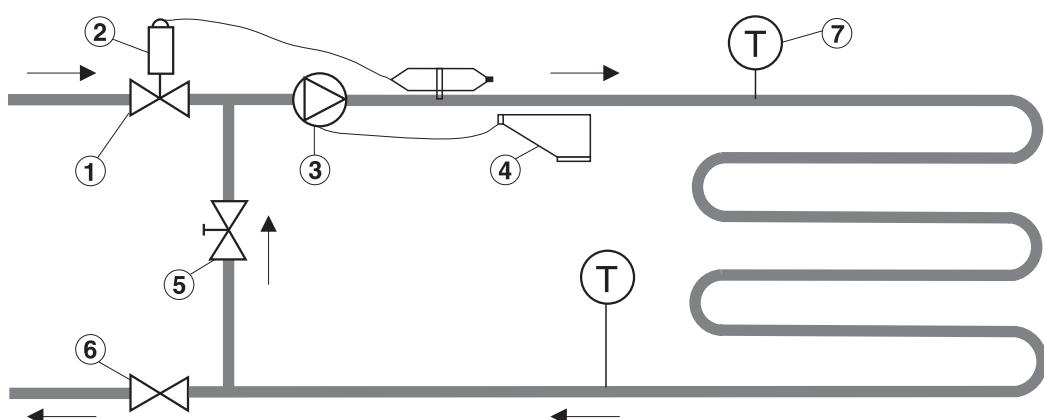
Разница давлений между подачей и возвратом обычно достаточна для соответствующей работы змеевика с площадью поверхности до 10 м^2 . Использование подобного решения исключает расходы на систему смешения.

3.5.4. Явление саморегулирования

Влияние окружающих проявлений тепла частично ограничено в случае саморегулирования напольного отопления. Она базируется на том, что при увеличении температуры воздуха в помещении понижается разница между температурами пола и воздуха, а тем самым уменьшается и тепловой поток, отдаваемый от пола. Например, при росте температуры воздуха на 2°C отдача тепла в помещении снижается на $1/3$.

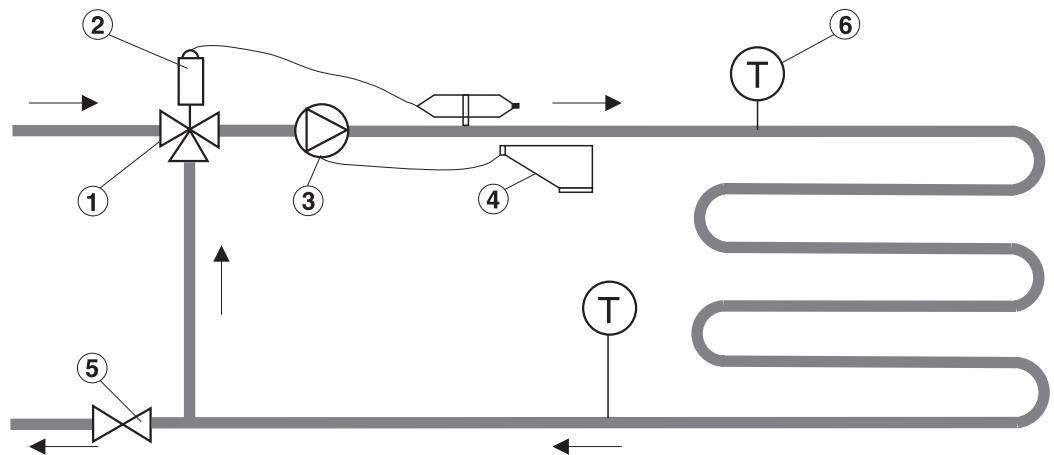
3.5.5. Совместное использование системы обогревания полов с традиционными отопительными устройствами

При объединении напольного отопления с традиционным - нагреваемым с более высокой температурой подачи, необходимо использовать систему снижения температуры подачи на змеевик. Примерные схемы совместных систем представлены на рис. 25 и 26.



1. Терmostатический клапан.
2. Терmostатическая головка с прижимным датчиком.
3. Циркуляционный насос.
4. Электрический комнатный трубчатый регулятор.
5. Обходной регулировочный клапан.
6. Шаровой клапан.
7. Термометр.

Рис. 25



1. Термостатический трехходовой клапан.
2. Термостатическая головка с прижимным датчиком.
3. Циркуляционный насос.
4. Электрический комнатный трубчатый регулятор.
5. Шаровой клапан.
6. Термометр.

Рис. 26

Термостатический регулировочный клапан с прижимным датчиком используется, чтобы температура поступающей воды не превышала заданной температуры. Дополнительным оборудованием является тепловой переключатель насоса при температуре на 5°С выше в сравнении с установкой головки термостатического клапана. Регуляторы в тепловом блоке аналогично могут управлять параметрами разных нагревательных линий с помощью смесительных клапанов с сервомоторами.

Когда напольный подогрев сочетается с несколькими нагревателями, то в таком случае удобно воспользоваться низкими параметрами подачи для обоих типов оборудования. Тогда повышенные расходы в начале (больше нагревателей) будут скомпенсированы отсутствием необходимости установки системы снижения температуры.

4. Требования к материалам, используемым для отделки полов

При напольном отоплении допускается использование следующих видов внешней отделки пола:

- а) природный камень (гранит, мрамор и т.п.),
- б) керамические плитки,
- в) пластмассовые материалы покрытий (например, ПВХ),
- г) ковровые напольные покрытия,
- д) паркет толщиной до 10 мм.

Пластмассовые и ковровые покрытия должны иметь результаты испытаний изготовителя, что их можно применять в случае напольного подогрева. Средняя величина влажности паркета не должна быть более $8 \% \pm 2 \%$. Тепловое сопротивление слоя над нагревательными трубами должно быть не более $0,15 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. После времени созревания бетона перед укладкой наружного покрытия пола плиты необходимо прогреть.

Следует отметить, что для укладки наружного покрытия могут быть применены отдельные материалы, которые выдерживают рабочие температуры системы и сохраняют свои свойства независимо от повышенной температуры.

5. Замечания по монтажу

- a) Вместе с поставляемыми материалами нами прилагается декларация изготовителей о соответствии, которая является основанием проведения согласно инструкции работ по технической приемке оборудования напольного отопления.
- б) При изготовлении оборудования напольного отопления необходимо применять испытанные материалы с гарантированным качеством безаварийной работы в течение времени между капитальными ремонтами здания.
- в) Дополнительная информация по монтажу соединительных труб типа КИСАН содержится в "Инструкции по проектированию и монтажу сантехнических систем с использованием многослойных труб PE-AL-PE системы "КИСАН" - издание январь 2003 г.
- г) Пространство над тепловыми компенсаторами необходимо выполнять материалом с постоянной эластичностью - например, синтетических смол (при укладке наружного отделочного слоя покрытия).
- д) Нельзя запускать оборудование в эксплуатацию непосредственно перед созреванием бетона.
- е) Во время изготовления бетонного пола:
 - оборудование напольного отопления должно находиться под давлением с целью выявления возможных повреждений трубопроводов при проведении работ по герметизации,
 - нельзя применять острые предметы и жесткую обувь,
 - во время созревания заливки и перед укладкой наружного покрытия пола плиты необходимо прогреть.
- ж) При изготовлении заливки следует особое внимание обратить на исключение контактирования нагревательных плит над зазорами тепловой компенсации как между собой, так и между элементами конструкций здания. Нагревательные плиты должны иметь тщательно подготовленные тепловые компенсации.

6. Проектирование системы напольного отопления с использованием труб КИСАН

При проектировании напольного отопления можно воспользоваться компьютерной программой, работающей в среде Windows, которая помогает провести проектирование для системы КИСАН.

Ниже представлен упрощенный метод проектирования оборудования напольного отопления при использовании змеевиков из труб КИСАН Ø 16 x 2,0.

Исходные положения

- максимальная температура пола для жилой зоны составляет 29 °C, для краевой зоны 35 °C, в ванной комнате 33 °C,
- минимальная скорость циркуляции воды в змеевике $v = 0,15 \text{ м/с}$,
- температура поступающей воды 35-55 °C,
- максимальный спад температуры для жилой зоны $\Delta t = 10 \text{ K}$, в краевой зоне $\Delta t = 6 \text{ K}$ (для краевой зоны нагрева используется отдельный змеевик),
- максимальное сопротивление циркуляции в отдельном змеевике $\Delta p_{\max} = 20 \text{ кПа}$,
- максимальная длина змеевика $l = 120 \text{ пог. м.}$

Указания для проектирования

- минимальная толщина нагревательной плиты составляет 0,065 м,
- минимальное расстояние укладки змеевика от стены помещения равно 0,15 м,
- расстояние между трубами (модуль a) в краевой зоне составляет 0,10 либо 0,15 м, а в жилой зоне - 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 м,
- в табл. 6 даны температуры основания для температуры помещения $t_i = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$; для помещений с $t_i = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ванные комнаты) к величине температуры пола, найденной по табл. 6, необходимо добавить 4 °C,
- данные в таблицах можно интерполировать,
- ширина краевой зоны составляет от 0,60 до 1,00 м,
- в таблице 6 приведены данные для наружных покрытий пола с тепловым сопротивлением $R_\lambda = 0,02; 0,05$ и $0,09 \text{ м}^2\text{K/Bt}$.

6.1. Методика расчета системы для помещений без учета краевой зоны

- 6.1.1. Рассчитать потребность тепла Q для заданного помещения в соответствии со стандартом PN-B/94-03406, а также представить поверхность F и геометрию пола в соответствии с архитектурным проектом (с учетом внутренней застройки).
- 6.1.2. Выбрать покрытие пола в соответствии с пожеланием заказчика, и затем отсчитать из табл. 5 отвечающее ему значение R_λ для теплового сопротивления.

6.1.3. Оценить ориентировочную плотность теплового потока на 1 м² площади пола

$$q_{or} = Q/F \text{ [Вт/м}^2\text{]}$$

q_{or} - ориентировочная плотность теплового потока [Вт/м²]

Q - потери тепла помещения [Вт]

F - предусматриваемая площадь поверхности пола для подогрева [м²]

В дальнейших расчетах принимается помещение, в котором q_{or} наибольшая (за исключением ванных комнат, где чаще всего требуется использование дополнительных нагревателей).

6.1.4. Задать температуру воды на входе и выходе из оборудования и рассчитать среднюю разницу температур

$$t_{sr} = (t_z + t_p)/2 - t_i$$

t_{sr} - усредненная разница температур между фактором нагрева и температурой помещения [К]

t_z - температура подачи [°C]

t_p - температура возврата [°C]

t_i - температура внутри помещения [°C]

Значения t_{sr} для наиболее типичных случаев приведены в табл. 4.

6.1.5. Из табл. 6 необходимо выбрать модуль укладки труб a , для которого $q \equiv q_{or}$, и кроме того не превышается допустимая температура пола.

6.1.6. Определить отдачу тепла от 1 пог. м змеевика

$$q_l = q \times a \text{ [Вт/м]}$$

q_l - отдача тепла от 1 пог. м змеевика [Вт/м],

q - фактическая плотность потока тепла [Вт/м²],

a - модуль укладки труб [м].

6.1.7. Вычислить требуемую длину змеевика l :

$$l = Q/q_l \text{ [м]}$$

l - длина змеевика [м],

Q - потери тепла помещения [Вт],

q_l - отдача тепла от 1 пог. м змеевика [Вт/м].

Ориентировочная потребность длины трубы в зависимости от модуля укладки дана в табл. 3.

6.1.8. Если $l > 120$ пог. м змеевика, то его необходимо разделить на несколько контуров, для которых проводят отдельные расчеты по теплу и гидравлическим параметрам, определяя количество тепла, отдаваемое при помощи этих змеевиков

$$Q_i = Q \cdot (F_i/F) [Вт]$$

Q_i - тепло, отдаваемое i -ым змеевиком [Вт],

Q - потери тепла помещения [Вт],

F_i - поверхность пола, занимаемая i -ым змеевиком [$м^2$],

F - суммарная площадь поверхности пола [$м^2$].

Температура подачи для связанных змеевиков одинакова.

6.1.9. При вычислении тепловой производительности нагревательных змеевиков помещения, через которые производится транзитная передача, принимается тепловая потребность данного помещения с учетом получения тепла от транзитных трубопроводов:

$$Q' = Q - Q_{tr} = Q - (l_{tr} \times q_l) [Вт]$$

Q' - тепловые потери помещения с учетом получения тепла от транзитных трубопроводов [Вт]

Q_{tr} - полученное тепло от транзитных участков змеевика [Вт/м],

Q - потери тепла помещения [Вт],

l_{tr} - длина транзитных участков змеевика [м],

q_l - отдача тепла 1 пог. м змеевика [Вт/м].

6.1.10. Нарисовать змеевик на полу помещения.

6.1.11. Вычислить массовый расход воды:

$$G = (Q \times 0,86) / \Delta t [кг/ч]$$

G - массовый расход воды [кг/ч],

Q - тепловые потери помещения [Вт],

Δt - разница температур между подачей и возвратом в устройстве нагрева [К].

6.1.12. Вычислить сопротивление циркуляции воды через змеевик:

$$\Delta p = RI + Z [Па]$$

Δp - сопротивление циркуляции через змеевик [Па];

RI - удельный линейный спад давления [Па/м], в соответствии с табл. 7,

l - длина змеевика [м]

Z - местное сопротивление [Па].

При расчете локальных сопротивлений необходимо принять коэффициент локального сопротивления $\xi = 0,5$ для отдельного колена змеевика:

$$Z = Z_l \times \Sigma \xi \text{ [Па]}$$

Z - местное сопротивление [Па],

Z_l - единичное местное сопротивление данного змеевика,

ξ - множитель локального сопротивления в соответствии с табл. 8.

Если $\Delta p > 20$ кПа, то змеевик необходимо разделить на более короткие участки и повторить расчет по теплу и гидравлическим характеристикам для каждого из них.

6.2. Методика расчета системы для помещений с учетом краевой зоной

6.2.1. Рассчитать потребность тепла Q для заданного помещения в соответствии со стандартом PN-B/94-03406, а также представить поверхность F и геометрию пола в соответствии с архитектурным проектом (с учетом внутренней застройки).

6.2.2. Выбрать покрытие пола в соответствии с пожеланием заказчика, и затем отсчитать из табл. 5 отвечающее ему значение R_x для теплового сопротивления.

6.2.3. Дополнительно принять, что краевая зона и жилая нагреваются одним и тем же змеевиком.

6.2.4. Определить поверхность F_b , которую займет краевая зона (она должна быть равной длине наружной стены и по ширине составлять от 0,6 до 1,0 м), а также поверхность F_p , которую занимает жилая зона.

F_b - площадь краевой зоны [m^2],

F_p - площадь жилой зоны [m^2],

6.2.5. Рассчитать среднюю разность температур t_{sr} - см. п. 6.1.4.

6.2.6. Принять модуль укладки труб 0,10 либо 0,15 м, определяя из табл. 6 плотность теплового потока в краевой зоне q_b [Вт].

Нельзя превышать максимальную температуру пола в краевой зоне 35 °C.

6.2.7. Рассчитать тепловую отдачу нагревателя пола в краевой зоне

$$Q_b = q_b \times F_b \text{ [Вт]}$$

Q_b - отдача тепла нагревателя краевой зоны [Вт]

q_b - плотность теплового потока в краевой зоне [Вт]

F_b - площадь краевой зоны [m^2].

6.2.8. Вычислить отдачу тепла от 1 пог. м змеевика в краевой зоне

$$q_{lb} = q_b \times a_b [\text{Вт}/\text{м}]$$

q_{lb} - отдача тепла от 1 пог. м змеевика в краевой зоне [Вт/м],
 q_b - фактическая плотность потока тепла в краевой зоне [Вт/м²],
 a_b - модуль укладки труб в краевой зоне [м].

6.2.9. Вычислить длину змеевика в краевой зоне:

$$l_b = Q_b / q_{lb} [\text{м}]$$

Q_b - отдача тепла напольного подогревателя в краевой зоне [Вт],
 l_b - длина змеевика в краевой зоне [м],
 q_{lb} - отдача тепла от 1 пог. м змеевика в краевой зоне [Вт/м],

6.2.10. Вычислить отдачу тепла напольного нагревателя в жилой зоне

$$Q_p = Q - Q_b [\text{Вт}]$$

Q_p - отдача тепла напольного нагревателя в жилой зоне [Вт]
 Q - потери тепла помещения [Вт]
 Q_b - отдача тепла напольного нагревателя в краевой зоне [Вт].

6.2.11. Вычислить ориентировочную плотность теплового потока для жилой зоны

$$q_{por} = Q_p / F_p [\text{Вт}]$$

q_{por} - ориентировочная плотность потока тепла для жилой зоны [Вт/м²]
 Q_p - теплоотдача напольного нагревателя в жилой зоне [Вт]
 F_p - площадь поверхности жилой зоны [м²].

Далее расчеты продолжают в соответствии с п. 6.1.5 - 6.1.7.

6.2.12. Суммарная длина змеевика

$$l = l_b + l_p [\text{м}]$$

l - суммарная длина змеевика [м],
 l_b - длина змеевика в краевой зоне [м],
 l_p - длина змеевика в жилой зоне [м].

6.2.13. Гидравлический расчет ведут аналогично п. 6.1.10.

6.2.14. Если длина змеевика вместе с краевой зоной $l > 120$ м, либо сопротивление циркуляции превышает $\Delta p = 20$ кПа, то краевую зону необходимо осуществлять отдельным змеевиком (с предусматриваемым падением температуры воды $\Delta t = 6$ К).

6.3. Примеры расчетов

6.3.1. Пример I

Данные:

- помещение кухня + столовая
- общая площадь 22 м²
- площадь, занимаемая шкафами 5,7 м²
- площадь напольного подогрева 16,3 м²
- внутренняя температура помещения 20 °C

Поп. 6.1.1. Затраты тепла

$$Q = 1300 \text{ Вт}$$

Поп. 6.1.2. Облицовка пола - терракота

$$R_\lambda = 0,02 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Поп. 6.1.3. Ориентировочная плотность потока тепла

$$q_{or} = Q/F_p = 1300/16,3 \cong 80 \text{ Вт/м}^2$$

Поп. 6.1.4. Средняя разница температур

$$t_{sr} = (t_z + t_p)/2 - t_i$$

$$\text{Принято } t_z = 45 \text{ °C}$$

$$t_p = 35 \text{ °C}$$

$$t_{sr} = 20 \text{ K}$$

Поп. 6.1.5. Из табл. 6 находим

$$q = 85 \text{ Вт/м}^2$$

$$a = 0,25 \text{ м}$$

$$t_{podl} = 28,4 \text{ °C} < t_{max}$$

Поп. 6.1.6.

$$q_l = q \times a = 85 \times 0,25 = 21,25 \text{ Вт/м}^2$$

Поп. 6.1.7.

$$l = Q/q_l = 1300/21,25 = 61,2 \text{ м} < 120 \text{ м}$$

Поп. 6.1.10. Начертить змеевик в помещении и замерить фактическую его длину:

$$l_{\text{резец}} = 62 \text{ м}$$

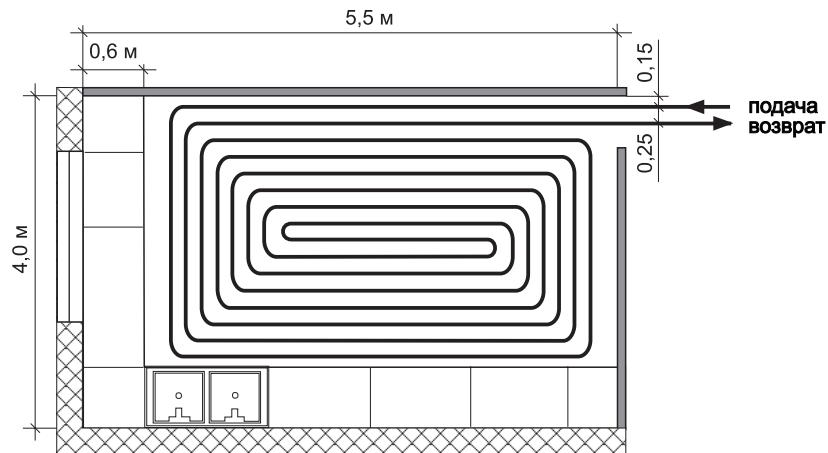


Рис. 27

Поп. 6.1.11. Массовый расход воды

$$G = (Q \times 0,86)/\Delta t = (1300 \times 0,86)/10 = 111,8 \text{ кг/ч}$$

Поп. 6.1.12. Из таблиц 7 и 8 находим

$$R = 118,5 \text{ Па/м}$$

$$w = 0,27 \text{ м/с}$$

$$Z_l = 36 \text{ Па}$$

Из рисунка находим:

$$\Sigma \xi = 30 \times 0,5 = 15$$

$$Z = Z_l \times \Sigma \xi = 36 \times 15 = 540 \text{ Па}$$

$$\Delta p = R_l + Z = 118,5 \times 62 + 540 = 7887 \text{ Па} < 20 \text{ кПа}$$

6.3.2. Пример II

Данные:

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| - помещение | салон |
| - площадь подогрева | 27 м ² |
| - внутренняя температура помещения | 20 °C |

Поп. 6.2.1. Затраты тепла

$$Q = 2160 \text{ Вт}$$

Поп. 6.2.2. Тепловое сопротивление наружной облицовки пола

$$R_\lambda = 0,02 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Принимается расположение краевой зоны у наружной стены

Поп. 6.2.4. $F_b = 6 \text{ м}^2$
 $F_p = 21 \text{ м}^2$

Поп. 6.2.5. Принимаем $t_z = 45 {}^\circ\text{C}$, $t_p = 35 {}^\circ\text{C}$

$$t_{sr} = 20 \text{ K}$$

Поп. 6.2.6. Принимаемое расстояние труб в краевой зоне

$$a_b = 0,10 \text{ м}$$

Из табл. 6 определяем

$$q_b = 110 \text{ Вт/м}^2$$

$$t_{podl} = 29,8 {}^\circ\text{C} < 35 {}^\circ\text{C}$$

Поп. 6.2.7. $Q_b = 110 \times 6 = 660 \text{ Вт}$

Поп. 6.2.8. $q_{lb} = 110 \times 0,10 = 11,0 \text{ Вт/м}$

Поп. 6.2.9. $l_b = 660/11 = 60 \text{ м}$

Поп. 6.2.10. $Q_p = 2160 - 660 = 1500 \text{ Вт}$

Поп. 6.2.11. $q_{por} = 1500/21 = 71,4 \text{ Вт/м}^2$

Из табл. 6

$$q_p = 74 \text{ Вт/м}^2$$

$$t_{podl} = 27,8 {}^\circ\text{C}$$

$$a_p = 0,30 \text{ м}$$

$$q_{lp} = 74 \times 0,30 = 22,2 \text{ Вт/м}$$

$$l_p = 1500/22,2 = 67,6 \text{ м}$$

Поп. 6.2.12. $l = 60 + 67,5 = 127,7 \text{ м} > 120 \text{ м}$

Необходимо проектировать отдельные змеевики для краевой и жилой зоны.

Расчет змеевика в краевой зоне

Поп. 6.2.4. $F_b = 6 \text{ м}^2$

Поп. 6.2.5. Принимаем

$$t_z = 45 {}^\circ\text{C}, t_p = 39 {}^\circ\text{C}$$

$$t_{sr} = 22 \text{ K}$$

Поп. 6.2.6. Принимаем

$$a_b = 0,10 \text{ м}$$

Из табл. 6 определяем

$$q_b = 125 \text{ Вт/м}^2$$

$$t_{\text{podl}} = 30,6 \text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}}$$

Поп. 6.2.7. $Q_b = 125 \times 6 = 750 \text{ Вт}$

Поп. 6.2.8. $q_{lb} = 125 \times 0,10 = 12,5 \text{ Вт/м}$

Поп. 6.2.9. $l_b = 750/12,5 = 60 \text{ м}$

Внимание! Часть змеевика для краевой зоны проходит транзитом через жилую зону, длина транзита $l_{tr} = 7 \text{ м}$.

Ориентировочное поступление от транзитной части (диапазон 0,30 м)

$$Q_{tr} = q_{ltr} \times l_{tr} = 12,5 \times 7 \cong 80 \text{ Вт}$$

$$q_{ltr} = q_{lb}$$

Для гидравлического расчета принимаем

$$l_{\text{calc}} = l_b + l_{tr} = 67 \text{ м}$$

$$Q_{\text{calc}} = Q_b + Q_{tr} = 830 \text{ Вт}$$

Поп. 6.1.10. Рисунок змеевиков в плане помещения

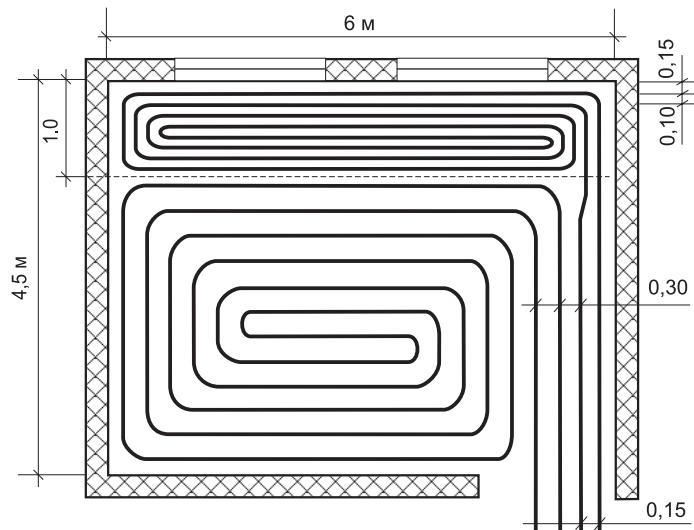


Рис. 28

Поп. 6.1.11. $G_b = (830 \times 0,86)/6 = 119 \text{ кг/ч}$

Поп. 6.1.12. Из таблиц 7 и 8 рассчитываем

$$R = 131,5 \text{ Па/м}$$

$$w = 0,29 \text{ м/с}$$

$$Z_l = 41 \text{ Па}$$

Из рисунка находим и вычисляем

$$\Sigma \xi = 16 \times 0,5 = 8$$

$$Z = 41 \times 8 = 328 \text{ Па}$$

$$\Delta p = R \times l_{\text{calc}} + Z = 131,5 \times 67 + 328 = 9139 \text{ Па} < 20 \text{ кПа}$$

Расчет змеевика в жилой зоне

Поп. 6.2.4. $F_p = 21 \text{ м}^2$

Поп. 6.2.5. Принимаем

$$t_z = 45 {}^\circ\text{C},$$

$$t_p = 39 {}^\circ\text{C}$$

$$t_{sr} = 20 \text{ K}$$

Поп. 6.2.10. $Q_p = Q - Q_b - Q_{tran} = 2160 - 750 - 80 = 1370 \text{ Вт}$

Поп. 6.2.11. $q_{por} = 1370/21 = 65,3 \text{ Вт/м}^2$

Из табл. 6 находим

$$q_p = 74 \text{ Вт/м}^2$$

$$t_{podl} = 27,8 {}^\circ\text{C}$$

$$a_p = 0,30 \text{ м}$$

Поп. 6.1.6.

$$q_{lp} = 74 \times 0,30 = 22,2 \text{ Вт/м}$$

Поп. 6.1.7. $l_p = 1370/22,2 = 61,7 \cong 62 \text{ м} < 120 \text{ м}$

Поп. 6.1.11. $G = (1370 \times 0,86)/10 = 117,8 \text{ кг/ч}$

Поп. 6.2.12. Из таблиц 7 и 8 рассчитываем

$$R = 129,3 \text{ Па/м}$$

$$w = 0,28 \text{ м/с}$$

$$Z_l = 38 \text{ Па}$$

Из рисунка находим

$$\Sigma\xi = 24 \times 0,5 = 12$$

$$Z = Z_l \times \Sigma\xi = 38 \times 12 = 456 \text{ Па}$$

$$\Delta p = 129,3 \times 62 + 456 = 8473 \text{ Па} < 20 \text{ кПа}$$

В помещении проектируется два змеевика в соответствии с рис. 27.

7. Таблицы

Таблица 3

**Ориентировочный расход труб Ø 16 × 2,0 в зависимости от модуля укладки
трубопроводов напольного отопления**

Расстояние между трубами a , [м]	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Количество труб в пог. м/ м ² пола	10,0	6,7	5,0	4,0	3,35	2,85

Таблица 4

**Величины средней разницы температур t_{sr} между температурой источника
нагрева и температурой помещения для различных значений t_i**

Δt [K]	t_z/t_p [°C]	t_{sr} [K]			$t_i=8^{\circ}\text{C}$
		$t_i=25^{\circ}\text{C}$	$t_i=16^{\circ}\text{C}$	$t_i=8^{\circ}\text{C}$	
4	35/31	8	13	17	25
	40/36	13	18	22	30
	45/41	18	23	27	35
	50/46	23	28	32	40
	55/51	28	33	37	45
6	35/29	7	12	16	24
	40/34	12	17	21	29
	45/39	17	22	26	34
	50/44	22	27	31	39
	55/49	27	32	36	44
10	35/25	5	10	14	22
	40/30	10	15	19	27
	45/35	15	20	24	32
	50/40	20	25	29	37
	55/45	25	30	34	42

$t_{sr} = (t_z + t_p)/2 - t_i$ - усредненная разница температур между источником нагрева и температурой помещения

t_z - температура подачи

t_p - температура возврата

t_i - температура внутри помещения

$$\Delta t = t_z - t_p$$

Таблица 5

**Приближенные значения теплового сопротивления R_λ в зависимости
от типа наружного покрытия пола**

Тип покрытия	Терракота (толщина 10 мм), мрамор, природный камень (толщина 25 мм), плитки из ПВХ	Тонкий паркет (толщина 8-10 мм), панели для пола	Ковер (толщина 5 мм)
R_λ [м ² К /Вт]	0,02	0,05	0,09

Таблица 6
Плотность теплового потока, передаваемого через пол
в зависимости от теплового сопротивления и модуля укладки труб
для температуры помещения $t_i = 20^{\circ}\text{C}$

Внимание! Для температуры помещения $t_i = 25^{\circ}\text{C}$ рассчитанную величину температуры необходимо увеличить на 4°C . Плотность потока тепла не меняется.

$R_k [\text{M}^2\text{K/BT}]$	$t_{sr} [\text{K}]$											
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	$q [\text{BT/M}^2]$ $t_{podl} [^{\circ}\text{C}]$											
$a = 0,10 [\text{M}]$												
0,02	53 26,7	56 26,8	68 27,3	74 27,8	82 28,2	90 28,6	97 29,0	103 29,4	110 29,8	120 30,3	125 30,6	131 30,9
0,05	45 25,8	51 26,1	58 26,3	63 26,9	65 27,0	76 27,6	81 28,1	87 28,3	93 28,7	100 29,2	106 29,6	112 30,1
0,09	40 24,0	45 24,3	50 24,7	55 25,0	61 25,6	67 25,8	73 26,2	78 26,6	82 27,0	89 27,3	95 27,8	100 28,2
$a = 0,15 [\text{M}]$												
0,02	48 26,3	51 26,4	62 27,1	69 27,5	78 27,9	83 28,3	89 28,5	95 29,0	102 29,4	110 29,7	117 30,2	122 30,4
0,05	40 25,6	47 25,8	53 26,2	59 26,6	65 27,0	71 27,4	77 27,7	82 28,1	87 28,4	94 28,8	100 29,3	107 29,6
0,09	36 23,7	40 24,0	44 24,3	50 24,7	57 25,2	60 25,3	67 25,8	71 26,1	76 26,5	82 26,9	87 27,2	92 27,6
$a = 0,20 [\text{M}]$												
0,02	33 26,0	42 26,1	54 26,8	60 27,0	69 27,4	73 278	80 28,1	87 28,4	98 28,9	100 29,2	106 39,4	111 39,8
0,05	29 25,2	39 25,3	47 25,8	53 26,3	59 26,5	64 26,9	70 27,3	76 27,7	86 28,3	88 28,4	92 28,7	99 29,2
0,09	27 23,2	34 23,6	39 23,9	44 24,3	49 24,6	52 24,9	59 25,3	62 25,6	68 25,8	73 26,3	77 26,6	83 26,9
$a = 0,25 [\text{M}]$												
0,02			50 26,5	54 26,8	63 27,2	68 27,3	72 27,7	79 27,9	85 28,4	91 28,8	97 29,0	101 29,3
0,05			40 25,6	47 25,8	52 26,2	58 26,4	63 26,8	69 27,2	73 27,5	78 27,8	83 28,3	89 28,5
0,09			36 23,7	40 23,9	44 24,3	49 24,5	53 24,9	58 25,2	61 25,6	67 25,8	70 26,1	75 26,4
$a = 0,30 [\text{M}]$												
0,02			30 26,0	48 26,3	53 26,7	59 26,9	63 27,2	69 27,4	74 27,8	80 28,1	87 28,4	90 28,7
0,05			30 25,0	38 25,4	43 25,7	50 26,0	55 26,4	60 26,7	63 26,8	69 27,1	72 27,5	79 27,9
0,09			30 23,3	33 23,7	38 23,8	42 24,2	47 24,3	49,5 24,6	54 25,0	58 25,2	62 25,5	66 25,7
$a = 0,35 [\text{M}]$												
0,02					42 26,2	48 26,3	53 26,6	58 26,8	63 27,3	70 27,6	72 27,8	79 27,9
0,05					30 25,0	37 25,4	45 25,8	50 26,0	53 26,2	59 26,5	62 26,8	68 27,2
0,09					30 23,2	33 23,7	39 23,9	41 24,2	46 24,3	50 24,7	53 24,9	57 25,2

a - модуль укладки труб [м],

R_λ - тепловое сопротивление покрытия пола [$\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$],

t_{sr} - средняя разница температур между источником нагрева и температурой помещения [К]

$t_{sr} [\text{K}]$														
24	25	26	27	28	29	30	32	35	36	37	39	40		
$q [\text{Вт}/\text{м}^2]$ $t_{podl} [\text{°C}]$														
$a = 0,10 [\text{м}]$														
140 31,3	147 31,7	155 32,2	163 32,7	170 33,0	177 33,3	184 33,8	191 34,6	194 35,8	195 36,2	196 36,6	199 37,2	199 37,6		
118 30,3	124 30,7	130 31,2	136 31,7	142 31,9	148 32,3	154 32,7	166 33,6	185 34,6	190 35,1					
105 28,5	110 28,9	117 29,2	122 29,7	128 30,0	132 30,4	139 30,8	150 31,6	167 32,8	173 33,3	176 33,6	188 34,3	193 34,7		
$a = 0,15 [\text{м}]$														
130 30,8	136 31,2	145 31,6	151 32,0	158 32,3	163 32,8	170 33,0	183 33,8	192 34,9	193 35,3	194 35,7	195 36,3	196 36,7		
110 30,0	118 30,3	123 30,7	130 31,2	136 31,5	141 31,9	147 32,3	159 32,9	177 34,3	182 34,6	188 34,9	190 35,7			
97 27,8	100 28,2	107 28,6	110 28,7	117 29,3	121 29,7	128 30,0	138 30,7	153 31,8	159 32,2	163 32,6	173 33,2	190 33,7		
$a = 0,20 [\text{м}]$														
118 30,1	125 30,6	131 30,9	140 31,3	143 31,7	150 31,9	157 32,2	170 33,0	190 34,2	191 34,4	192 34,8	193 35,3	193 35,7		
104 29,5	110 29,8	115 30,2	121 30,7	127 31,0	132 31,4	138 31,7	150 32,4	167 33,6	172 33,8	178 34,2	189 35,0			
87 27,2	90 27,4	97 27,8	100 28,2	105 28,4	110 28,9	116 29,2	125 29,9	139 30,8	144 31,3	149 31,5	157 32,1	162 32,5		
$a = 0,25 [\text{м}]$														
107 29,5	113 29,9	120 30,3	126 30,6	132 30,9	138 31,2	142 31,5	154 32,1	170 33,1	178 33,3	183 33,7	191 34,2	191 34,6		
93 28,8	99 29,1	103 29,5	110 29,9	114 30,2	119 30,4	123 30,8	133 31,4	150 32,4	154 32,8	160 33,1	170 33,7	175 34,1		
78 26,7	82 26,9	88 27,2	91 27,4	95 27,8	99 28,1	103 28,3	112 28,9	126 29,8	130 30,2	134 30,5	142 31,1	147 31,3		
$a = 0,30 [\text{м}]$														
97 29,0	101 29,3	109 29,7	113 29,9	118 30,2	123 30,4	129 30,8	140 31,3	158 32,2	162 32,6	168 32,8	180 33,6	186 33,8		
84 28,2	88 28,3	92 28,7	98 29,1	104 29,5	108 29,7	112 30,0	121 30,6	137 31,6	140 31,8	144 32,1	155 32,8	160 33,2		
69 26,0	73 26,3	78 26,6	81 26,9	86 27,1	89 27,3	93 27,7	101 28,2	113 29,1	118 29,3	120 29,6	128 30,2	132 30,3		
$a = 0,35 [\text{м}]$														
82 28,3	90 28,7	93 28,9	100 29,2	102 29,3	110 29,7	114 30	126 30,5	140 31,3	146 31,7	150 31,9	160 32,4	166 32,8		
73 27,4	77 27,6	81 28,1	86 28,3	90 28,6	97 28,9	100 29,2	108 29,7	122 30,7	128 30,9	130 31,2	140 31,8	146 32,2		
60 25,3	64 25,7	69 25,9	72 26,2	75 26,4	79 26,7	82 26,9	90 27,4	102 28,3	105 28,5	109 28,7	117 29,2	125 31,6		

Таблица 7

Удельное линейное падение давления R в многослойных трубах КИСАН

Серым цветом выделены диаметры труб, которые применяются для напольного отопления

G - расчетный поток воды, [кг/ч]

w - скорость течения воды, [м/с]

R - удельное сопротивление потока воды, [Па/м]

G кг/ч	14 x2		16x2		20x2.25		25 x 2.5	
	R Па/м	w м/с	R Па/м	w м/с	R Па/м	w м/с	R Па/м	w м/с
	3	1.8	0.010	0.9	0.007	0.4	0.005	0.1
3.2	1.9	0.011	1.0	0.008	0.4	0.005	0.1	0.003
3.4	2.0	0.011	1.1	0.008	0.4	0.005	0.1	0.003
3.6	2.1	0.012	1.1	0.009	0.4	0.005	0.1	0.003
3.8	2.2	0.013	1.2	0.009	0.5	0.006	0.1	0.003
4	2.4	0.013	1.2	0.010	0.5	0.006	0.2	0.003
4.2	2.5	0.013	1.3	0.010	0.5	0.006	0.2	0.004
4.4	2.6	0.015	1.4	0.011	0.5	0.007	0.2	0.004
4.6	2.7	0.015	1.4	0.011	0.5	0.007	0.2	0.004
4.8	2.8	0.016	1.5	0.012	0.6	0.007	0.2	0.004
5	2.9	0.017	1.6	0.012	0.6	0.008	0.2	0.004
5.2	3.1	0.017	1.6	0.013	0.6	0.008	0.2	0.004
5.4	3.2	0.018	1.7	0.013	0.6	0.008	0.2	0.005
5.6	3.3	0.019	1.7	0.014	0.7	0.008	0.2	0.005
5.8	3.4	0.019	1.8	0.014	0.7	0.009	0.2	0.005
6	3.5	0.020	1.9	0.014	0.7	0.009	0.2	0.005
6.2	3.6	0.021	1.9	0.014	0.7	0.009	0.2	0.005
6.4	3.8	0.021	2.0	0.015	0.8	0.010	0.2	0.006
6.8	4.0	0.023	2.1	0.016	0.8	0.010	0.3	0.006
7	4.1	0.023	2.2	0.017	0.8	0.010	0.3	0.006
7.2	4.2	0.024	2.2	1.017	0.9	0.011	0.3	0.006
7.4	4.4	0.025	2.3	0.018	0.9	0.011	0.3	0.006
7.8	4.5	0.025	2.4	0.018	0.9	0.011	0.3	0.007
7.8	4.6	0.026	2.4	0.019	0.9	0.012	0.3	0.007
8	4.7	0.027	2.5	0.019	1.0	0.012	0.3	0.007
8.2	4.8	0.027	2.5	0.020	1.0	0.012	0.3	0.007
8.4	4.9	0.028	2.6	0.020	1.0	0.013	0.3	0.007

G	14 x2		16 x 2		20 x 2.25		25 x 2.5	
	R	w	R	w	R	w	R	w
кг/ч	Па/м	м/с	Па/м	м/с	Па/м	м/с	Па/м	м/с
8.6	5.1	0.029	2.7	0.021	1.0	0.013	0.3	0.007
8.8	5.2	0.029	2.7	0.021	1.0	0.013	0.3	0.008
9	5.3	0.030	2.8	0.022	1.1	0.013	0.4	0.008
9.2	5.4	0.031	2.9	0.022	1.1	0.014	0.4	0.008
9.4	5.5	0.031	2.9	0.023	1.1	0.014	0.4	0.008
9.6	5.7	0.032	3.0	0.023	1.1	0.014	0.4	0.008
9.8	5.8	0.032	3.0	0.024	1.2	0.015	0.4	0.008
10	5.9	0.033	3.1	0.024	1.2	0.015	0.4	0.009
12	7.1	0.040	3.7	0.029	1.4	0.018	0.5	0.010
14	8.2	0.046	4.4	0.034	1.7	0.021	0.5	0.012
16	9.4	0.053	5.0	0.039	1.9	0.024	0.6	0.014
18	10.6	0.060	5.6	0.043	2.1	0.027	0.7	0.015
20	11.8	0.066	6.2	0.048	2.4	0.030	0.8	0.017
22	12.9	0.073	6.8	0.053	2.6	0.033	0.9	0.019
24	14.1	0.079	7.5	0.058	2.9	0.036	0.9	0.020
26	15.3	0.086	8.1	0.063	3.1	0.039	1.0	0.022
28	16.5	0.093	8.7	0.067	3.3	0.042	1.1	0.024
30	17.7	0.099	9.3	0.072	3.6	0.045	1.2	0.026
32	18.8	0.106	9.9	0.077	3.8	0.048	1.2	0.027
34	20.0	0.113	10.6	0.082	4.1	0.051	1.3	0.029
36	21.2	0.119	11.2	0.087	4.3	0.054	1.4	0.031
38	22.7	0.126	11.8	0.091	4.5	0.057	1.5	0.032
40	24.9	0.132	12.4	0.096	4.8	0.060	1.6	0.034
42	28.1	0.139	13.1	0.101	5.0	0.063	1.6	0.036
44	32.1	0.146	13.8	0.106	5.2	0.066	1.7	0.038
46	37.1	0.152	14.8	0.111	5.5	0.069	1.8	0.039
48	42.9	0.159	16.3	0.116	5.7	0.072	1.9	0.041
50	49.4	0.166	18.1	0.120	6.0	0.075	1.9	0.043
52	56.3	0.172	20.4	0.125	6.2	0.078	2.0	0.044
54	63.5	0.179	23.0	0.130	6.4	0.081	2.1	0.046
56	70.8	0.185	26.1	0.135	6.7	0.083	2.2	0.048
58	77.7	0.192	29.4	0.140	7.1	0.086	2.3	0.049
60	84.2	0.199	33.0	0.144	7.6	0.089	2.3	0.051
62	90.3	0.205	36.7	0.149	8.3	0.092	2.4	0.053
64	95.9	0.212	40.6	0.154	9.0	0.095	2.5	0.055

G	14 x 2		16 x 2		20 x 2.25		25 x 2.5	
	R	w	R	w	R	w	R	w
кг/ч	Па/м	м/с	Па/м	м/с	Па/м	м/с	Па/м	м/с
66	101.1	0.219	44.3	0.159	9.9	0.098	2.6	0.056
68	106.5	0.225	48.0	0.164	10.9	0.101	2.7	0.058
70	111.9	0.232	51.4	0.168	12.0	0.104	2.7	0.060
72	117.5	0.238	54.6	0.173	13.2	0.107	2.8	0.061
74	123.2	0.245	57.6	0.178	14.5	0.110	2.9	0.063
76	129.0	0.252	60.5	0.183	15.9	0.113	3.0	0.065
78	135.0	0.258	63.2	0.188	17.3	0.116	3.2	0.066
80	141.0	0.265	66.1	0.192	18.8	0.119	3.4	0.068
82	147.2	0.271	68.9	0.197	20.2	0.122	3.6	0.070
84	153.4	0.278	71.8	0.202	21.7	0.125	3.8	0.072
86	159.8	0.285	74.8	0.207	23.1	0.128	4.1	0.073
88	166.3	0.291	77.9	0.212	24.4	0.131	4.4	0.075
90	173.0	0.298	80.9	0.217	25.7	0.134	4.7	0.077
92	179.7	0.305	84.1	0.221	26.9	0.137	5.1	0.078
94	186.6	0.311	87.2	0.226	28.0	0.140	5.5	0.080
96	193.5	0.318	90.5	0.231	29.1	0.143	5.9	0.082
98	200.6	0.324	93.8	0.236	30.1	0.146	6.3	0.084
100	207.8	0.331	97.1	0.241	31.2	0.149	6.8	0.085
120	285.7	0.397	133.3	0.289	42.7	0.179	11.3	0.102
140	374.5	0.463	174.4	0.337	55.7	0.209	14.8	0.119
160	474.0	0.530	220.4	0.385	70.3	0.238	18.6	0.136
180	583.9	0.596	271.0	0.433	86.3	0.268	22.8	0.153
200	704.1	0.662	326.4	0.481	103.7	0.298	27.4	0.170
220	834.4	0.728	286.3	0.529	122.5	0.328	32.3	0.187
240	974.7	0.794	450.7	0.577	142.8	0.358	37.6	0.205
260	1124.9	0.861	519.6	0.625	164.3	0.387	43.2	0.222
280	1285.0	0.927	592.9	0.674	187.3	0.417	49.2	0.239
300	1454.8	0.993	670.7	0.722	211.5	0.447	55.5	0.256
320	1634.4	1.059	752.7	0.770	237.1	0.477	62.1	0.273
340	1823.5	1.125	839.1	0.818	264.0	0.507	69.1	0.290
360	2022.3	1.192	929.7	0.866	292.2	0.537	76.4	0.307
380	2230.7	1.258	1024.7	0.914	321.7	0.566	84.0	0.324
400	2448.5	1.324	1123.8	0.962	352.5	0.596	92.0	0.341
420	2675.8	1.390	1227.2	1.010	384.5	0.626	100.2	0.358
440	2912.5	1.456	1334.8	1.058	417.9	0.656	108.8	0.375

G	14 x 2		16 x 2		20 x 2.25		25 x 2.5	
	R	w	R	w	R	w	R	w
кг/ч	Па/м	м/с	Па/м	м/с	Па/м	м/с	Па/м	м/с
460	3158.7	1.523	1446.5	1.107	452.4	0.686	117.7	0.392
480	3414.2	1.589	1562.5	1.155	488.2	0.715	126.9	0.409
500	3679.0	1.655	1682.5	1.203	525.3	0.745	136.4	0.426
520	3953.2	1.721	1806.8	1.251	563.6	0.775	146.2	0.443
540	4236.7	1.787	1935.1	1.299	603.1	0.805	156.4	0.460
560	4529.5	1.854	2067.5	1.347	643.9	0.835	166.8	0.477
580	4831.5	1.920	2204.1	1.395	685.8	0.864	177.6	0.494
600	5142.8	1.986	2344.7	1.443	729.0	0.894	188.6	0.511
620	5463.3	2.052	2489.4	1.491	773.5	0.924	199.9	0.528
640	5793.0	2.118	2638.2	1.539	819.1	0.954	211.6	0.545
660	6131.9	2.185	2791.0	1.588	865.9	0.984	223.5	0.562
680	6480.0	2.251	2947.9	1.636	913.6	1.013	235.8	0.579
700	6837.3	2.317	3108.9	1.684	963.2	1.043	248.3	0.596
720	7203.7	2.383	3273.8	1.732	1013.6	1.073	261.1	0.613
740	7579.3	2.449	3442.9	1.780	1065.2	1.103	274.3	0.630
760	7964.0	2.516	3615.9	1.828	1118.0	1.133	287.7	0.647
780	8357.8	2.582	3792.9	1.976	1172.0	1.162	301.4	0.665
800	8060.7	2.648	3974.0	1.924	1227.2	1.192	315.4	0.682
820	9172.8	2.714	4159.0	1.972	1283.6	1.222	329.7	0.699
840	9594.0	2.780	4348.1	2.021	1341.1	1.252	344.3	0.716
860	10024.2	2.847	4541.2	2.069	1399.9	1.282	359.1	0.733
880	10463.6	2.913	4738.2	2.117	1459.8	1.311	374.3	0.750
900	10912.0	2.979	4939.3	2.165	1520.9	1.341	389.7	0.767
920	11369.5	3.045	5144.3	2.213	1583.1	1.371	405.5	0.784
940			5353.3	2.261	1646.5	1.401	421.5	0.801
960			5566.3	2.309	1711.1	1.431	437.8	0.818
980			5783.2	2.357	17.76.9	1.460	464.4	0.835
1000			6004.1	2.405	1843.8	1.490	471.2	0.852
1200			8430.7	2.886	2576.7	1.788	655.4	1.022
1400			11250.9	3.368	3424.7	2.086	867.4	1.193
1600					4386.7	2.384	1106.9	1.363
1800					5462.0	2.682	1373.6	1.533
2000					6650.1	2.980	1667.2	1.704
2200					7950.6	3.278	1987.5	1.874

Таблица 8
Значения местных сопротивлений Z_1 [Па]
для суммы коэффициентов сопротивления $\Sigma\xi = 1$ в трубопроводах водяного
отопления со средней температурой 80 [°C]

Скорость воды [м/с]	Сопротивление Z_1 [Па]	Скорость воды [м/с]	Сопротивление Z_1 [Па]
0,05	1	0,55	147
0,10	5	0,60	175
0,12	7	0,65	205
0,14	10	0,70	238
0,16	12	0,75	273
0,18	16	0,80	310
0,20	19	0,85	350
0,25	30	0,90	393
0,30	44	0,95	438
0,35	59	1,00	485
0,40	78	1,05	510
0,45	98	1,10	588
0,50	121	1,15	700