RUKVT01

ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ:
Зам. ген. директора
ОАО «НИИСантехники»

К.т.н. ..... Горбунов В. И.

РУКОВОДСТВО

по проектированию, монтажу и эксплуатации систем холодного, горячего водоснабжения и отопления с использованием металлополимерных труб VALTEC®

(третья редакция)

СОГЛАСОВАНО:
технический представитель
компании VALTEC S.R.L.

К.т.н. ..... Сушицкий О. И.

VALTEC
Via G. di Vittorio, 9
25125 Brescia ITALY

RUKVT01

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ОАО «НИИСантехники» и компания VALTEC S.R.L. предлагают вашему вниманию Руководство по проектированию, монтажу и эксплуатации систем холодного, горячего водоснабжения и отопления с использованием металлополимерных труб ТМ VALTEC©. Руководство разработано кандидатом технических наук Афониным А.Н., техническим представителем компании VALTEC S.R.L. кандидатом технических наук Сушицким О.И. под редакцией заместителя генерального директора ОАО «НИИСантехники» по науке, кандидата технических наук Горбунова В.И.

Замечания и предложения по совершенствованию Руководства просим направлять по адресу:
Россия, 127238, Локомотивный проезд, 21.
Тел./факс (

исполнители:

Заместитель ген. директора ОАО «НИИСантехники»

канд. техн. наук **Горбунов В.И.** .....

Заведующий лабораторией ОАО «НИИСантехники»

канд. техн. наук **Афонин А.Н.** .....

Технический представитель компании VALTEC S.R.L.

канд. техн. наук **Сушицкий О.И.** .....

Идея возникновения торговой марки VALTEC™ принадлежит группе российских и итальянских специалистов, принявших решение создать инженерную сантехнику, максимально адаптированную к сложным условиям эксплуатации российских систем тепло и водоснабжения. Появившись в 2002 году в Италии, компания VALTEC S.R.L. за короткий срок создала широкую гамму продукции, учитывающей плюсы и минусы использования трубопроводов и комплектующих различных производителей.

На сегодняшний день выпуском инженерной сантехники под торговой маркой VALTEC занимаются несколько предприятий в Италии, России, Турции, Китае – это стало престижно для любого производителя.

Начав поставки на российский рынок весной 2003 года, компания VALTEC S.R.L. к настоящему моменту достигла следующих результатов, которые выгодно отличают этот торговый знак:

7 ЛЕТ ГАРАНТИИ

Безупречный опыт использования изделий под знаком VALTEC позволяет изготовителю установить достаточно высокий гарантийный срок на свою продукцию. Документальным подтверждением гарантийного срока, установленного изготовителем, является гарантийный талон, который входит в состав технического паспорта изделия. Изготовитель гарантирует соответствие изделий требованиям надежности и безопасности, при условии соблюдения потребителем правил транспортировки, хранения, монтажа и эксплуатации.

АССОРТИМЕНТ

VALTEC предлагает своим клиентам уникальный по широте спектр комплектующих для систем отопления и водоснабжения:

- Металлополимерные трубы
- Обжимные и пресс-фитинги
- Латунные шаровые краны
- Резьбовые фитинги и коллекторы
- Трубы из сшитого полиэтилена
- Полипропиленовые трубы и фитинги
- Счетчики воды и тепла
- Системы «теплый пол»
- Мембранные баки и автоматика
- Инструменты и материалы для монтажа
- Квартирные станции учета и распределения тепла и воды

НАДЕЖНОСТЬ

Выстроенная за многие годы система контроля качества и управления производством гарантирует безупречную работу изделий под торговой маркой VALTEC на протяжении всего заявленного срока эксплуатации.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Все изделия под маркой VALTEC сопровождаются документацией на русском языке, отвечающей требованиям как рядовых сантехников, так и больших проектных и строительных организаций. Полный перечень сопроводительной документации доступен на сайте

ДОСТУПНОСТЬ И ОПЕРАТИВНОСТЬ

Продукция VALTEC доступна нашим потребителям более чем в 10000 розничных магазинов, практически в любой точке России и стран СНГ – от Бреста до Сахалина и Камчатки, от Мурманска и Норильска до Алма-Аты и Баку. С уверенностью можно утверждать, что VALTEC находится в пределах шаговой доступности до любого потребителя. Уникальный по объему складской запас продукции VALTEC в Москве и широкая сеть представительств, работающих по принципу «здесь и сейчас», позволяют максимально оперативно укомплектовать объект любой сложности и масштаба.

ПОПУЛЯРНОСТЬ

В подтверждение широкой популярности торговой марки VALTEC достаточно привести тот факт, что ежегодно наши покупатели в мире приобретают одной только металлополимерной трубы VALTEC более 40 млн. погонных метров!

Начиная с момента своего появления на рынке VALTEC – постоянный участник международных специализированных выставок во Франкфурте, Милане, Киеве, Москве и в регионах России. Мы тщательно следим за инновациями и всегда рады предложить нашим клиентам современные комплексные решения.

VALTEC - обладатель престижных премий «Бренд Года» в России и «Торговая Марка Года» в Украине.

Специалистами VALTEC разработана программа расчётов элементов инженерных систем, а также пособие по монтажу металлополимерных трубопроводов с использованием продукции VALTEC.

СТРАХОВАНИЕ

Качество продукции под маркой VALTEC застраховано.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ШИРОКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Продукция VALTEC – самая широко применяемая в России как в индивидуальном, так и в массовом жилищном строительстве.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Назначение пособия ... стр. 1
1.2. Основные виды металлополимерных труб ... стр. 1
1.3. Сферы применения металлопполимерных труб ... стр. 1
1.4. Ограничения в применении металлополимерных труб ... стр. 2
1.5. Достоинства и недостатки металлополимерных труб ... стр. 3
1.6. Нормативные требования к металлопполимерным трубопроводам ... стр. 4

2.ТРУБЫ

2.1. Общие сведения о модификациях полиэтилена ... стр. 7
2.2. Сшивка полиэтилена ... стр. 13
2.3. Сырье и материалы для труб VALTEC ... стр. 19
2.3.1. «Национальные» особенности внутренних трубопроводов ... стр. 19
2.3.2. Материал наружного и внутреннего слоев труб VALTEC ... стр. 20
2.3.3. Алюминий ... стр. 20
2.3.4. Клей ... стр. 21
2.4. Производство труб ... стр. 23
2.4.1. Экструзионная линия ... стр. 23
2.4.2. Сварка алюминия ... стр. 29
2.4.3. Лабораторный контроль качества ... стр. 30
2.5. Свойства труб ... стр. 37
2.5.1. Температурное удлинение ... стр. 37
2.5.2. Химическая стойкость ... стр. 39
2.5.3. Стойкость к отложениям и биологическому обрастанию ... стр. 39
2.5.4. Гладкость внутренней поверхности труб ... стр. 40
2.5.5. Сводная таблица технических характеристик труб ... стр. 41
2.5.6. Длительная прочность труб ... стр. 44
2.6. Правила транспортировки и хранения труб ... стр. 53

3. ФИТИНГИ

3.1. Общие сведения о фитингах ... стр. 54
3.2. Гидравлические параметры фитингов ... стр. 56
3.3. Соединители VTm ... стр. 57
3.3.1. Материал корпуса ... стр. 57
3.3.2. Особенности конструкции корпуса ... стр. 59
3.3.3. Уплотнительные кольца ... стр. 60
3.3.4. Диэлектрическая прокладка ... стр. 62
3.3.5. Интегрированный штуцер ... стр. 63
3.4. Обжимные фитинги ... стр. 63
3.5. Пресс-соединители ... стр. 64
3.6. Маркировка и совместимость фитингов ... стр. 67

4. РАБОТА С МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫМИ ТРУБАМИ

4.1. Инструмент ... стр. 68
4.2. Монтаж МПТ ... стр. 78
4.2.1. Общие требования к монтажу ... стр. 78
4.2.2. Выполнение соединений ... стр. 80
4.2.3. Типичные ошибки при выполнении соединений МПТ ... стр. 88
4.2.4. Компенсация температурных деформаций и расстановка опор ... стр. 90
4.2.5. Крепление трубопроводов ... стр. 103
4.2.6. Теплоизоляция трубопроводов ... стр. 105
4.3. Испытания смонтированных трубопроводов ... стр. 105
4.3.1. Общие требования к испытаниям ... стр. 105
4.3.2. Гидравлические испытания систем отопления ... стр. 105
4.3.3. Тепловые испытания систем отопления ... стр. 106
4.3.4. Гидравлические испытания систем холодного и горячего водоснабжения ... стр. 106
4.3.5. Промывка систем ... стр. 106
4.4. Взаимозаменяемость труб ... стр. 107
4.5. Техника безопасности ... стр. 109

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ

5.1. Внутренний водопровод холодной и горячей воды ... стр. 110
5.2. Системы радиаторного отопления ... стр. 112
5.3. Системы встроенного обогрева ... стр. 115
5.3.1 Напольное отопление (теплый пол) ... стр. 115
5.3.1.1. Преимущества напольного отопления ... стр. 115
5.3.1.2. Возможности напольного отопления ... стр. 115
5.3.1.3. Конструктивные решения теплых полов ... стр. 119

СОДЕРЖАНИЕ

5.3.1.6. Требования к утеплителю..... стр. 122
5.3.1.7. Арматурная сетка..... стр. 122
5.3.1.8. Требования к чистовому покрытию пола..... стр. 123
5.3.1.9. Использование алюминиевой фольги..... стр. 123
5.3.1.10 Пароизоляция и гидроизоляция..... стр. 123
5.3.1.11 Деформационные швы..... стр. 124
5.3.1.12 Использование коллекторов..... стр. 124
5.3.1.13 Смесительные узлы и автоматика..... стр. 130
5.4. Системы настенного отопления..... стр. 135
5.5. Системы отопления теплиц и открытых площадок..... стр. 141

6. РАСЧЕТЫ

6.1. Определение расчетных расходов холодной и горячей воды..... стр. 142
6.1.1. Основные принципы расчета водопровода..... стр. 142
6.1.2. Определение расчетных расходов по СНиП 2.04.01..... стр. 142
6.1.3. Расчет расходов по методике DIN 1988 ч.3..... стр. 146
6.1.4. Расчет расходов по СП 30.1330.2012 ..... стр. 147
6.2. Определение потерь тепла трубами..... стр. 148
6.3. Расчет на образование конденсата..... стр. 149
6.4. Гидравлический расчет трубопроводов..... стр. 150
6.5. Расчет теплого пола и обогрева открытых площадок..... стр. 152
6.5.1. Задачи теплотехнического расчета..... стр. 152
6.5.2. Метод коэффициентов..... стр. 152
6.5.3. Аналитический метод..... стр. 154
6.5.4. Графический метод расчета..... стр. 157
6.5.5. Табличный метод расчета..... стр. 161
6.5.6. Пример расчета теплого пола..... стр. 162
6.5.7. Расчет обогрева открытых площадок..... стр. 165
6.6. Определение теплопотерь помещений..... стр. 171

ПРИЛОЖЕНИЯ

1 Таблица химической стойкости труб..... стр. 177
2 Номенклатура и габаритные размеры обжимных фитингов..... стр. 183
3 Номенклатура и габаритные размеры пресс-фитингов..... стр. 187
4 Коэффициенты местных сопротивлений тройников..... стр. 191
5 Коэффициенты местных сопротивлений прямых соединителей и угольников..... стр. 196
6 Коэффициенты местных сопротивлений крестовин..... стр. 197
7 Марки латуней..... стр. 198
8 Типы насадок пресс-инструмента..... стр. 199
9 Акт гидравлического или манометрического испытания..... стр. 200
10 Акт индивидуального испытания оборудования..... стр. 202
11 Норма расхода воды приборами..... стр. 203
12 Нормы расхода воды для различных групп потребителей..... стр. 204
13 Значение коэффициента «альфа»..... стр. 206
14 Нормативные требования по установке трубопроводной арматуры..... стр. 209
15 Гидравлические характеристики труб VALTEC PEX-AL-PEX..... стр. 213
16 Потери тепла трубами..... стр. 214
17 Письмо фирмы KME об использовании фитингов VTm для соединения труб Q-Tec..... стр. 215
18 Пример расчета условного стояка на дополнительные напряжения от изменения температуры и от собственного веса..... стр. 217
19 Таблица среднесуточных расходов воды по потребителям (для расчета по СП.30.1330.2012)..... стр. 219
20 Расходы воды приборами (для расчета по СП.30.13330.2012)..... стр. 228
21 Расчетные расходы воды (при расчете по СП 30.1330.2012)..... стр. 229
22 Перечень нормативной литературы по металлополимерным трубопроводам..... стр. 240

1. Общая часть

1.1. Назначение пособия

Настоящее пособие разработано с целью ознакомления специалистов проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций с возможностями и особенностями систем трубопроводов из металлополимерных труб *VALTEC*

Исчерпывающая информация о применяемых материалах, их свойствах, методах расчета элементов сантехсистем и практических рекомендациях по технологии монтажа позволит избежать многих ошибок при разработке проектов инженерных систем, а также поможет грамотно смонтировать, испытать и эксплуатировать металлополимерные трубопроводы.

1.2. Основные виды металлополимерных труб

Понятия «*металлопластиковые*» и «*металлополимерные*» трубы в настоящее время включают в себя достаточно обширный класс полимерных трубопроводов, основное отличие которых от прочих заключается в наличии армирующего слоя из металлической (как правило, алюминиевой) фольги . При этом, в качестве полимерного материала слоёв может использоваться полиэтилен (*PE,PEHD*), сшитый полиэтилен (*PEX*), термостойкий полиэтилен (*PERT*).

В маркировке металлополимерных труб принят следующий порядок обозначения трубы : [материал внутреннего слоя]/[материал металлической прослойки]/[материал наружного слоя].

Примеры обозначений:

PERT/AL/PERT – Hisco (Корея);
PEX/AL/PE –Wavin (Нидерланды);
PEHD/AL/PE –Tece (Германия);
PPR/AL/PERT –Blue Ocean (Китай);
PERT/AL/PE –LG Metapol pipe (Корея);
PPR/Al/PEX – New Plast (Китай;)
PE/AL/PE – Unipipe (Финляндия);
PEX/AL/PEX –VALTEC (Италия).

В общепринятой терминологии имеются исключения: так, полипропиленовые трубы с армирующим слоем из слоя алюминиевой фольги (как сплошным, так и перфорированным) не принято относить к «металлополимерным» трубам. Их так и называют - «полипропиленовые, армированные трубы».

Металлополимерные трубы относятся к «многослойным», поэтому на них распространяется действие ГОСТ Р 53630-2009 «Трубы напорные, многослойные для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия». Этот стандарт был разработан в развитие действующего ГОСТ Р 52134-2003 «Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия». Согласно ГОСТ Р 53630-2009, трубы, содержащие кроме полимера один или более слоев металла, относятся к трубам типа «М» .

1.3. Сферы применения металлополимерных труб

Металлополимерные трубы *VALTEC* могут использоваться в следующих системах:

- хозяйственное и хозяйственно-питьевое холодное водоснабжение;
- горячее водоснабжение;
- радиаторное отопление при температуре теплоносителя не выше 95 ºС;
- системы встроенного обогрева:
  - водяное напольное отопление или охлаждение («теплые полы»; «холодные полы»);
  - водяное настенное безрадиаторное отопление или охлаждение («теплые стены»; «холодные стены»);

• обогрев открытых площадок, пандусов, лестниц, эксплуатируемых кровель, атриумов, пригаражных территории, взлетно-посадочных полос и спортивных площадок (в том числе - футбольных полей);

• обогрев входных пандусов промышленных холодильных камер;

• почвенный подогрев грунта в теплицах, парниках, зимних садах , цветниках и оранжереях;

- обогрев емкостных сооружений (баков запаса воды, топливохранилищ, станций биологической очистки и т.п.);
- трубопроводы грунтовых тепловых насосов;
- обвязки вентиляционных водяных калориферов и тепловых завес при температуре теплоносителя не выше 95ºС;
- топливопроводы;
- системы полива;
- технологические трубопроводов для пищевых и непищевых жидкостей, в соответствии с таблицей химической стойкости (*приложение 1*).

1.4. Ограничения в применении металлополимерных труб

Металлополимерные трубы *VALTEC* не допускаются к применению:

- при рабочей температуре транспортируемой жидкости свыше 95ºС ;
- при рабочем давлении, превышающем 10 бар;
- в помещениях категории «Г» по пожарной опасности. К этой категории, в соответствии с НПБ 105-03, относятся помещения, в которых находятся негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива;
- в помещениях с источниками теплового излучения, температура поверхности которых превышает 150 ºС;
- в системах центрального отопления с элеваторными узлами , т.к. в таких системах теоретически возможно длительное повышение температуры теплоносителя до 110÷130 ºС;
- для расширительного, предохранительного, переливного и сигнального трубопроводов;
- для автономных систем противопожарного водоснабжения;
- в помещениях, где возможен пролив веществ, агрессивных к материалу трубы;

Не рекомендуется открытая прокладка металлополимерных труб в вандалодоступных местах.

1.5. Достоинства и недостатки металлополимерных труб

Таблица 1.5.т.1

Достоинства	***Недостатки***
Малый вес по сравнению со стальными и медными трубами	Возможность механических повреждений
Прочность больше, чем у труб из полиэтилена низкого давления и PEX	Прочность меньше, чем у стальных и медных труб
Коэффициент линейного расширения ниже, чем у труб PEX в 7 раз	Коэффициент линейного расширения выше, чем у стали в 2,5 раза
Диапазон рабочих температур выше, чем у полиэтиленовых и полипропиленовых труб	Диапазон рабочих температур ниже, чем у стали и меди
Труба не подвержена коррозии	С течением времени прочность слоев сшитого полиэтилена незначительно снижается
Стойкость к образованию солевых отложений, биологическому обрастанию	Воздействие ультрафиолетовых, гамма-лучей, сильных электрических и высокочастотных электромагнитных полей ведет к преждевременному старению PEX слоев
Срок службы труб не менее 50 лет	Даже кратковременные скачки давления и температуры сверх нормативных значений существенно снижают срок службы
Непроницаемость для кислорода	При горении выделяет углекислый газ
Низкие гидравлические потери из-за малой шероховатости	Коэффициенты местных сопротивлений фитингов выше, чем у соединителей для стали, меди и полипропилена
Стойкость к гидравлическим ударам	Трубы накапливают электростатические заряды, что ограничивает область их применения
Химическая стойкость выше, чем у полиэтиленовых труб	Слой PEX не стоек к органическим растворителям и маслам
Гибкость, сохранение формы	Превышение допустимых радиусов изгиба или нарушение технологии монтажа может привести к «заламыванию» трубы
Низкая электропроводность, электронепроницаемость	Трубу нельзя использовать в качестве заземлителя
Низкая теплопроводность, предохраняющая от появления конденсата	В конструкциях теплых полов при прочих равных условиях теплоотдача медных труб несколько выше, чем у металлопластика
Труба гасит акустические волны и гидравлические удары	Неправильная установка неподвижных опор может привести к повреждению трубы или к нарушению герметичности соединений
Труба способна выдерживать многократные замораживания	Латунные фитинги при замерзании в них воды могут разрушиться
Трудозатраты на монтаж в 3 раза меньше, чем для стальных труб.	Кажущаяся простота монтажа привлекает малоквалифицированных монтажников
Монтаж на обжимных соединителях требует наличия только двух гаечных ключей	Обжимные соединения требуют обслуживания. Их нельзя замоноличивать.
Труба пригодна для транспортирования жидких углеводородов	Уплотнительные кольца фитингов из EPDM не являются маслобензостойкими
Монтаж на пресс-соединителях допускает замоноличивание фитингов и не требует обслуживания соединения	Для монтажа на пресс-соединителях требуется специальное оборудование (ручные или электрические пресс-клещи)

1.6. Нормативные требования к металлополимерным трубопроводам
1.7.

Перечень нормативных документов, касающихся систем металлополимерных трубопроводов приведен в приложении 19.

Выдержки из нормативных документов ***Таблица 1.6 т.1***

Положение	***Пункт***	***Норматив***
МОНТАЖ		
Монтаж трубопроводов должен осуществляться при температуре окружающей среды не менее 5°С.	3.3	СП 40-103-98
Монтаж металлополимерных труб должен осуществляться по монтажному проекту при температуре окружающей среды не ниже 10 °С.	5.1	СП 41-102-98
Бухты труб, хранившиеся или транспортировавшиеся на монтаж (заготовительный участок) при температуре ниже 0°С, должны быть перед раскаткой выдержаны в течение 24 часов при температуре не ниже 10°С.	3.4	СП 40-103-98
РАЗМЕЩЕНИЕ		
Прокладку трубопроводов из полимерных труб следует предусматривать скрытой: в полу (в гофротрубе), за плинтусами и экранами, в штрабах, шахтах и каналах; допускается открытая прокладка их в местах, где исключаются механическое или термическое повреждение труб, а также прямое воздействие на них ультрафиолетового излучения.	6.3.3.	СП 60.13330.2012
Трубопроводы (кроме подводок к санитарно-техническим приборам) из полимерных материалов рекомендуется прокладывать в плинтусах, штробах, шахтах или каналах, чтобы предотвратить возможность их механических повреждений в процессе эксплуатации.	4.4.2	СП 31-106-2002
Прокладка труб систем отопления должна предусматриваться скрытой в плинтусах, за экранами, в штробах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка в местах, где исключается их механическое и термическое повреждение и прямое воздействие ультрафиолетового излучения. Замоноличивание труб (без кожуха) в строительные конструкции допускается в зданиях со сроком службы менее 20 лет при расчетном сроке службы труб 40 лет и более	3.3	СП 41-102-98
Прокладку водопроводов из МПТ следует предусматривать преимущественно скрытой в плинтусах, штробах, шахтах, каналах (кроме подводок к санитарно-техническим приборам).	2.1.	ТР 78-98
Не допускается устройство трубопроводов из полимерных и металлополимерных труб без защитных экранов в местах прямого воздействия ультрафиолетовых лучей.	8.1.8	СП 41-108-2004
РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ		
Разъемные соединения предусматриваются в местах установки на трубопроводе арматуры и присоединения к оборудованию и для возможности демонтажа элементов трубопровода в процессе эксплуатации. Эти соединения должны быть расположены в местах, доступных для осмотра и ремонта.	3.3.4.	СП 40-102-2000
При скрытой прокладке трубопроводов следует предусматривать люки в местах расположения разборных соединений и арматуры.	7.2.5.2	СП 31-106-2002
ПРОХОД ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦИИ		
В местах прохода через строительные конструкции трубы из	3.6.1.	СП 40-102-2000

конструкции на толщину строительных отделочных материалов, а над поверхностью пола возвышаться на 20 мм. Расположение стыков труб в гильзах не допускается.		
Для прохода через строительные конструкции необходимо предусматривать футляры, выполненные из пластмассовых труб. Внутренний диаметр футляра должен быть на 5-10 мм больше наружного диаметра прокладываемой трубы. Зазор между трубой и футляром необходимо заделать мягким водонепроницаемым материалом, допускающим перемещение трубы вдоль продольной оси.	3.10	СП 40-103-98
Трубопроводы в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок следует прокладывать в гильзах. Края гильз должны быть на одном уровне с поверхностями стен, перегородок и потолков, но на 30 мм выше поверхности чистого пола. Зазоры и отверстия в местах пропуска трубопроводов через конструкции дома следует заделывать герметиком.	7.2.5.4	СП 31-106-2002
Для прохода труб через строительные конструкции необходимо предусматривать гильзы. Внутренний диаметр гильзы должен быть на 5-10 мм больше наружного диаметра прокладываемой трубы. Зазор между трубой и гильзой необходимо заделать мягким несгораемым материалом, допускающим перемещение трубы вдоль продольной оси.	5.7	СП 41-102-98
КРЕПЛЕНИЯ		
Длина незакрепленных горизонтальных трубопроводов в местах поворотов и присоединения их к приборам, оборудованию, фланцевым соединениям не должна превышать 0,5 м.	3.6.6.	СП 40-102-2000
Запорно-регулирующую и водоразборную арматуру следует закреплять с помощью самостоятельных неподвижных креплений для устранения передачи усилий на трубопровод в процессе эксплуатации.	3.19	СП 40-103-98
Запорную и водоразборную арматуру, устанавливаемую на водопроводе из МПТ, следует независимо жестко закреплять к строительным конструкциям (к санитарным приборам).	2.19.	ТР 78-98
При расстановке на трубопроводе из МПТ скользящих креплений расстояния между ними следует принимать при горизонтальном расположении труб диаметром до 20 мм - 500 мм, более 20 мм - 750 мм, при вертикальном - соответственно 1000 и 1200 мм.	2.17.	ТР 78-98
СОЕДИНЕНИЯ		
Резьбовые соединения труб и соединительных деталей следует выполнять вручную или с использованием ключей с регулируемым моментом	7.5.4	СП 40-102-2000
РАССТОЯНИЯ		
Между металлополимерными трубопроводами горячей и холодной воды расстояние в свету должно быть не менее 25 мм (с учетом толщины теплоизоляции). При пересечении трубопроводов расстояние между ними должно быть не менее 30 мм. Трубопроводы холодной воды следует прокладывать ниже трубопроводов горячего водоснабжения и отопления.	3.11	СП 40-103-98
Минимальное расстояние от осей отводов и тройников до креплений следует принимать с учетом температурного изменения длины трубы, при этом соединительные детали должны располагаться на расстоянии не менее 50 мм от креплений.	3.20	СП 40-103-98
Расстояние в свету между строительной конструкцией и	5.8	СП 41-102-98

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности труб из полимерных материалов, а также медных и латунных труб следует принимать не менее 0,01 и 0,11 мм соответственно.	6.1.10	СП 60.13330.2012
При гидравлическом расчете коэффициенты местного сопротивления соединительных деталей следует принимать для: крестовины из латуни - 3,0; угольника 90° из латуни - 2,0; тройника из латуни - 1,5; соединения МПТ - 1,5; перехода из латуни - 1,0 (на больший диаметр) и 0,5 (на меньший диаметр); для отвода из МПТ - 1,0; отступа из МПТ - 0,5	2.10.	ТР 78-98
УКЛОНЫ		
Уклоны трубопроводов воды, пара и конденсата следует принимать не менее 0,002. Трубопроводы воды допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более	6.3.9.	СП 60.13330.2012
Трубопроводы должны прокладываться с уклоном не менее 0,002. Отдельные участки трубопроводов при скорости движения воды в них не менее 0,25 м/с при необходимости допускается прокладывать без уклона	7.2.5.3	СП 31-106-2002
РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ		
При замене труб во время ремонта не допускается ставить трубы меньшего диаметра.	5.2.	ТР 78-98
ВОДОПРОВОД		
Трубопроводные системы холодной и горячей воды должны выполняться из труб и соединительных деталей, срок службы которых при температуре воды 20 °С и нормативном давлении составляет не менее 50 лет, а при температуре 75 °С и нормативном давлении - не менее 25 лет, при этом гидравлические сопротивления должны оставаться неизменными в течение всего срока эксплуатации.	7.1.2	СП 30.13330.2012
Для внутреннего водопровода холодной и горячей воды должны применяться, как правило, МПТ одного типа на основе "сшитых" полимеров со слоем алюминиевой фольги, жестко связанным с полимерным материалом. *Примечание.* Допускается для водопровода холодной воды использовать МПТ на основе полиэтилена	1.2.	ТР 78-98
МПТ для внутреннего водопровода холодной воды должны выдерживать постоянное рабочее давление не менее 1 МПа при температуре 20 °С. Срок службы систем водопровода холодной воды из МПТ должен быть не менее 50 лет.	1.3.	ТР 78-98
МПТ для внутреннего водопровода горячей воды должны выдерживать постоянное рабочее давление не менее 0,6 МПа при температуре 75 °С. Срок службы систем водопровода горячей воды из МПТ должен быть не менее 25 лет.	1.4.	ТР 78-98
При проектировании стояков водопровода из МПТ следует применять трубы диметром 20 и более мм.	2.3.	ТР 78-98
При проектировании разводящих трубопроводов в санитарно-технических узлах следует применять МПТ диаметром 16 и менее мм.	2.4.	ТР 78-98
Присоединение разводящих трубопроводов к водопроводным стоякам следует выполнять через распределительные коллекторы из металла, имеющие два и более отводящих штуцера и установленные на ответвлении из стальных или	2.5.	ТР 78-98

давления и водосчетчика.		
При использовании водопроводных подводок из металлополимерных труб рекомендуется применять в сантехкабинах (до подводок) регуляторы давления, не допускающие превышения рабочего давления: холодной воды более 1,0 МПа, горячей воды более 0,8 МПа.	1.6.	ТР 119-01
На вводе в квартиру на подающих стояках холодного и горячего водоснабжения устанавливаются латунные тройники, от которых осуществляется разводка по квартире. После тройника на стояках холодного и горячего водоснабжения устанавливаются запорный вентиль и две вставки из стальных оцинкованных труб диаметром 15 и 20 мм, длиной соответственно 195 мм и 80 мм, которые в построечных условиях заменяются под счетчики расхода воды и регуляторы давления. После регуляторов давления устанавливаются латунные коллекторы с тремя отводящими штуцерами.	4.9.	ТР 119-01
При устройстве водопроводов с использованием труб из полимерных материалов установку уравнителей потенциалов между ванной, мойкой и т.п. и трубопроводом водоснабжения допускается не предусматривать.	7.1.12	СП 30.13330.2012
ОТОПЛЕНИЕ		
Трубопроводы систем внутреннего теплоснабжения следует предусматривать из стальных, медных, латунных, полимерных (в том числе металлополимерных) труб, разрешенных к применению в строительстве. В системах с полимерными трубами рекомендуется применять, как правило, соединительные детали и изделия одного производителя.	6.3.1.	СП 60.13330.2012
Полимерные трубы, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, имеющим ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь кислородопроницаемость не более 0,1 г/(м3 сут).	6.3.1.	СП 60.13330.2012
Применение напольных систем отопления из металлополимерных труб разрешается только от автономного источника теплоснабжения (на объект) или от центрального источника теплоснабжения по независимой схеме.	3.7	СП 41-102-98
В системах с распределительными коллекторами присоединение отопительных приборов может быть осуществлено путем проложения металлополимерных труб в форме "петель" в полу или вдоль стен под плинтусами. К одному коллектору может присоединяться от 2 до 8 "петель", к каждой из которых могут присоединяться один или два отопительных прибора.	2.9.	ВСН 69-97

2.ТРУБЫ

2.1. Общие сведения о полиэтилене

В свое время появление на трубопроводном рынке полимерных труб стало революционным шагом в вопросах инженерного оборудования зданий и сооружений. Появились трубы, абсолютно не подверженные коррозии и обладающие малым гидравлическим сопротивлением, практически не возрастающим со временем. Эти трубы отвечали самым строгим гигиеническим требованиям, сохраняя первоначальное качество транспортируемой жидкости, а также были в 3-5 раз долговечнее стальных.

Монтаж пластиковых труб не требует тяжелого сварочного и трубогибного оборудования, и не является источником повышенной пожароопасности при производстве работ. Все перечисленные факторы, наряду с незаурядными акустическими и диэлектрическими характеристиками, явились причиной широкого использования пластиковых трубопроводов во многих отраслях промышленности.

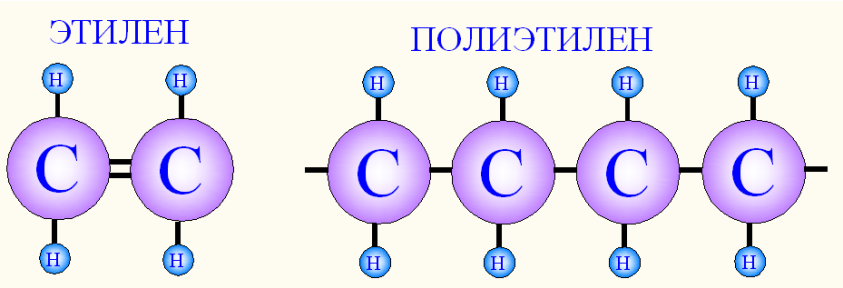
В советских строительных нормах прослеживалось крайне осторожное отношение к полимерным трубам. Их применение ограничивалось незначительным объемом пластиковой внутриквартирной канализации и подводками к смывным бачкам.

Активное использование полимерных труб в России началось с 1997 года, когда были внесены соответствующий дополнения в действующие тогда СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий» и СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Трубы на полиэтиленовой основе все активнее вытесняют традиционную сталь из внутренних систем отопления, холодного и горячего водоснабжения. Эта возможность появилась, благодаря разработке технологии «сшивки» (PEX –технологии) и «сцепления» (PERT –технологии) полиэтилена, а также благодаря появлению многослойных металлополимерных труб.

Полиэтилен получают полимеризацией газа этилена в присутствии катализатора (*рис.2.1 р.1*) .

Рис.2.1.р.1 *Химическая структура этилена и полиэтилена*



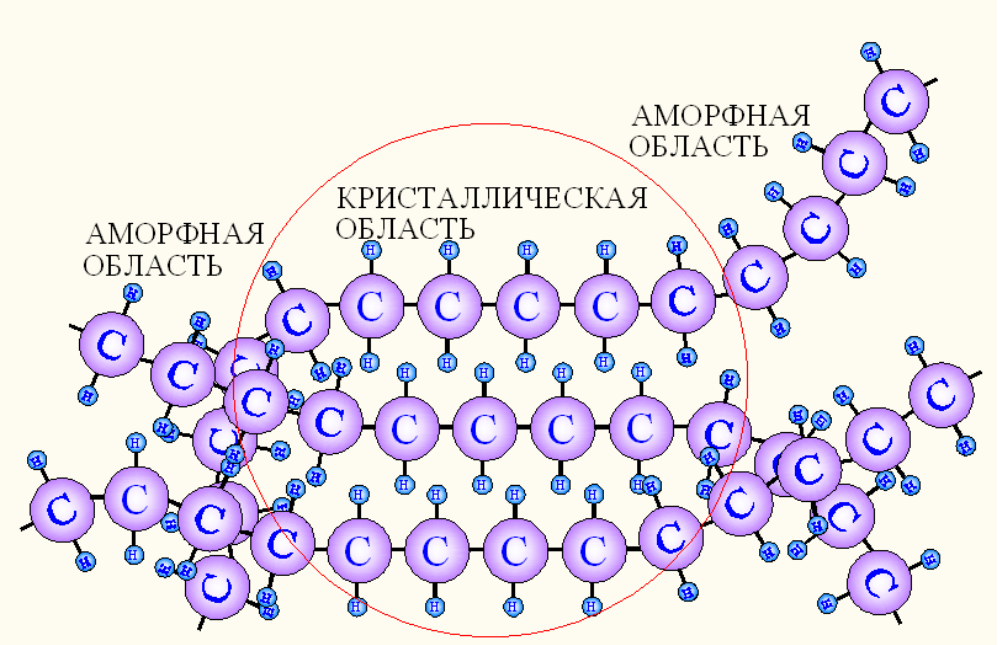
Полиэтилен является ***термопластичным*** материалом, то есть при нагревании он размягчается, а при охлаждении вновь твердеет. Полиэтилен состоит из множества макромолекул-цепочек, которые могут перемещаться друг относительно друга.

Управляя процессом полимеризации этилена можно получать полиэтилен с относительно длинными или короткими макромолекулами.

Если допустить, что все линейные молекулы полиэтилена выстроились в одном направлении по вектору приложения нагрузки, то прочность такого материала теоретически должна быть в 20 раз больше прочности легированной стали.

В полиэтилене имеются зоны, где молекулярные цепочки относительно прямые и расположены параллельно друг другу. Эти зоны отличаются большей плотностью и называются «кристаллитами», то есть « кристаллоподобными». В остальном пространстве вещества макромолекулы беспорядочно переплетены, образуя рыхлую аморфную структуру (*Рис.2.1.р.2*). Аморфные зоны обладают меньшей плотностью. С повышением температуры кристаллиты распадаются, переходя в аморфное состояние. При достижении температуры 200 ºС полиэтилен переходит в вязкотекучее состояние, при котором он может подвергаться формовке.

Рис.2.1.р.2 *Кристаллические и аморфные области полиэтилена*



Обычно, в состав основного полимера входят присоединенные к основным молекулам цепочки сопутствующего мономера (*сополимера*). Для полиэтилена, это, как правило, бутен (бутилен).

В зависимости от технологии получения полиэтилен подразделяется на полиэтилен ***низкой плотности*** (высокого давления) (LDPE,ПВД), ***средней плотности*** (среднего давления) (MDPE, ПСП) и ***высокой плотности*** (низкого давления) (HDPE,ПНД). С повышением плотности и молекулярного веса полиэтилена возрастает его стойкость к химическим воздействиям. Это обусловило широкое использование ПНД для изготовления водопроводных и канализационных труб, кабельных лотков и т.п.

Трубы из полиэтилена низкого и среднего давления могут работать при температуре не выше 70ºС (кратковременно 85 ºС).

Структуры молекул у полиэтиленов различной плотности отличаются друг от друга (*Рис. 2.1.р3-р6*).

Рис. 2.1.р.3 *Химическая структура полиэтилена высокой плотности*

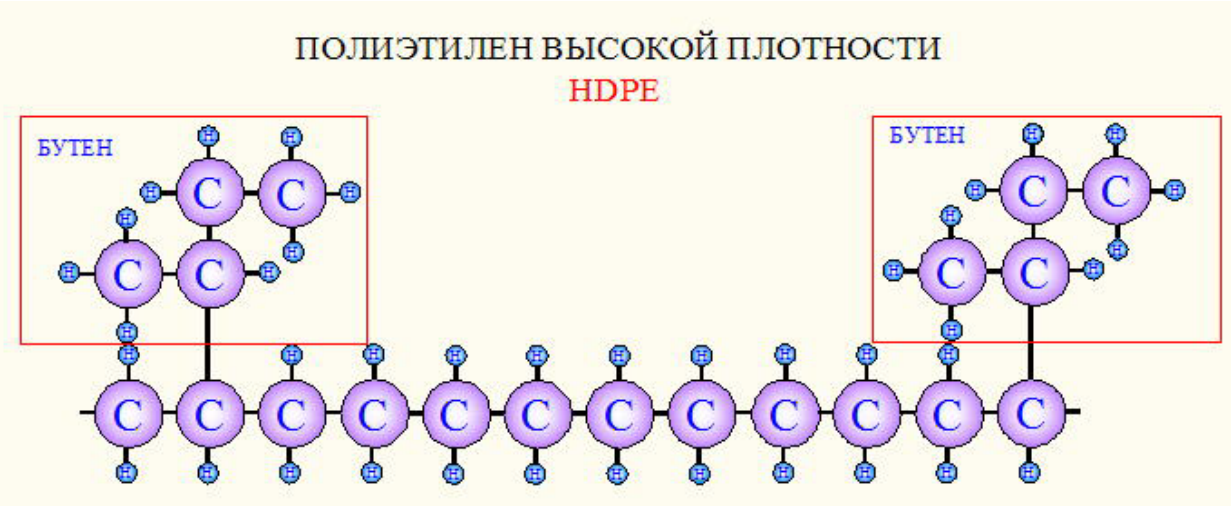


Рис. 2.1.р.4 *Химическая структура полиэтилена средней плотности*

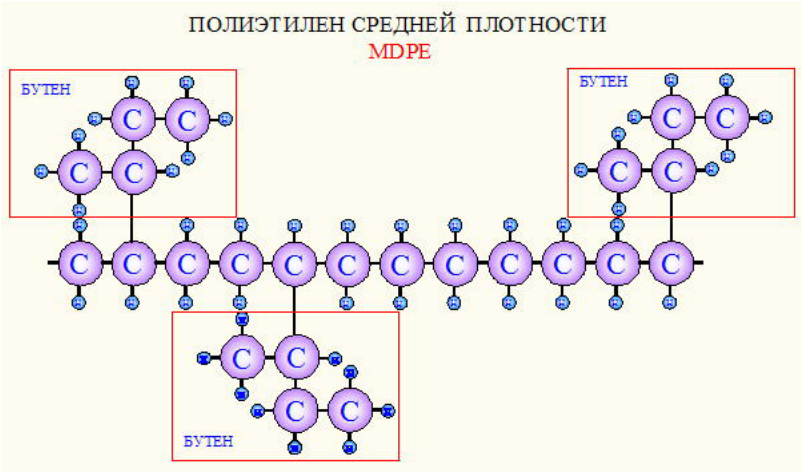


Рис. 2.1.р.5 *Химическая структура линейного полиэтилена низкой плотности*

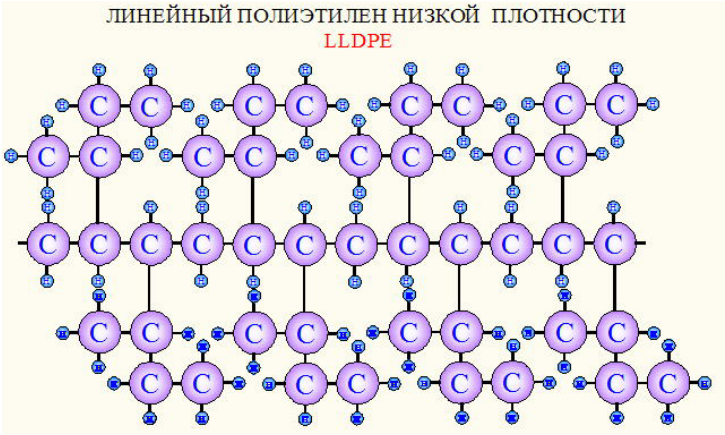
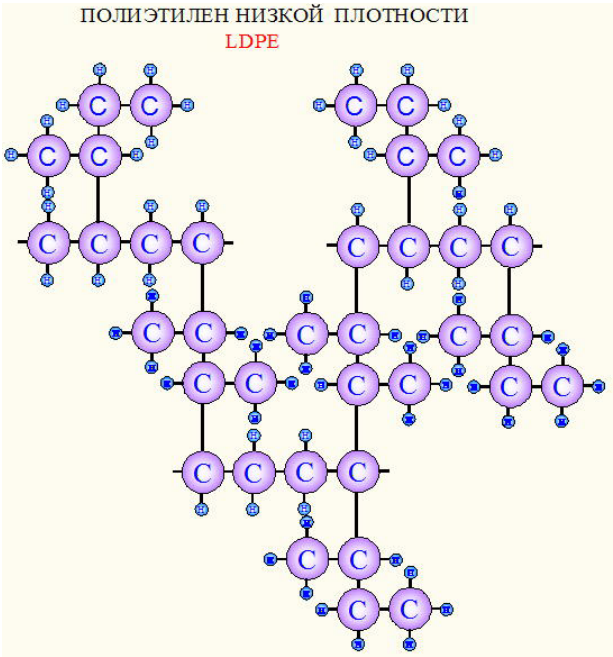


Рис. 2.1.р.6 *Химическая структура полиэтилена низкой плотности*



Если первые три разновидности полиэтилена имеют линейную структуру главной в цепи с большим или меньшим количеством ответвлений сополимера, то LDPE свойственны длинные ветвящиеся цепи, соединяющиеся друг с другом. Такой полиэтилен получают при давлении свыше 1000 бар.

Для получения ПНД (HDPE) в промышленных масштабах используется три основные технологии:

Рис.2.1.р.7 *Гранулы ПНД*

- реакция в суспензии;
- реакция в растворе;
- газофазная полимеризация.

Процесс получения полиэтилена в растворе (гексане) проводят при температуре 160-250 °С и давлении порядка 50 бар. В течение 15 минут этилен контактирует с катализатором (CrO_3 + силикагель, Ti-Mg .). Удаляя растворитель в испарителе, сепараторе и вакуумной камере гранулятора, получают готовые гранулы полиэтилена (*Рис.2.1.р.7*), которые пропаривают водяным паром при температуре, превышающей температуру плавления полиэтилена. При этом низкомолекулярные фракции полиэтилена переходят в воду, а остатки катализатора нейтрализуются.

Рис.2.1.р.8 *Гранулы ПВД*

Полиэтилен высокого давления ПВД (LDPE) получают в трубчатом реакторе (автоклаве). Этилен, смешанный с пероксидом (бензоил, лаурил) нагревается до температуры 70 °С и при давлении 250 бар подается в первую зону реактора, где подогревается до 180 °С. Далее сырье поступает во вторую зону, где давление повышается до 1500-2500 бар, а температура возрастает до 200-300 °С. За 100 сек пребывания в реакторе этилен на 18-20% полимеризуется в полиэтилен. Удалив непрореагировавший этилен, расплав охлаждают до 180 °С и гранулируют (*Рис.2.1.р.8*). Охлажденные до 20 °С гранулы окончательно высушивают нагретым воздухом и упаковывают.

Плотность полиэтилена, предопределенная технологией его получения и структурой, придает материалу свои индивидуальные физические и механические свойства (*см. таблицу 2.1.т.1*).

Таблица 2.1.т.1 *Технические характеристики полиэтиленов различной плотности*

Характеристика	LDPE	MDPE	HDPE		
Плотность, кг/м3	920	930	940	950	960
Модуль упругости при 20ºС, Н/мм2	175	260	455	630	875
Точка плавления кристаллитов,˚С	109	116	125	130	133

PERT –термостойкий полиэтилен (resistance temperature).

Одной из последних новинок в технологии производства полиолефинов стал метод направленного пространственного формирования боковых связей в макромолекулах полимера. Получившийся полиэтилен получил название PERT (термостойкий) или DOWLEX*2344E (Dow Chemical Company). В некоторых источниках этот материал обозначают, как LPE или «линейный полиэтилен», чтобы отличать его от сшитого.

Вместо обычного бутена в качестве сопутствующего полиэтилену мономера присутствует октен (октилен), имеющий формулу C_8H_{16}. В отличие от «плоского» бутена октен имеет протяженную пространственно развитую структуру (*рис.2.1.р.9*). Образуя боковые ветви основного полимера, сополимер создает вокруг главной цепи область взаимопереплетенных цепочек сомономера. Эти «ветви» соседних макромолекул взаимно переплетаются, образуя пространственное сцепление не за счет образования межатомных связей, а за счет переплетения боковых «ветвей» (*рис.2.1.р.10*).

термостойкость и увеличение прочности. Однако, длительная термическая стойкость PERT ниже, чем у PEX, поэтому этот материал не является равноценной заменой сшитому полиэтилену.
Химическая стойкость PERT существенно не изменяется, поэтому в ксилоле он, отличие от PEX, растворяется. PERT сохраняет присущую обычному полиэтилену гибкость. Самым главным приобретением PERT по сравнению со своим «материнским» PEMD является некоторое увеличение стойкости к ультрафиолетовым лучам.

Рис.2.1.р.9 *Химические структуры бутена и октена*

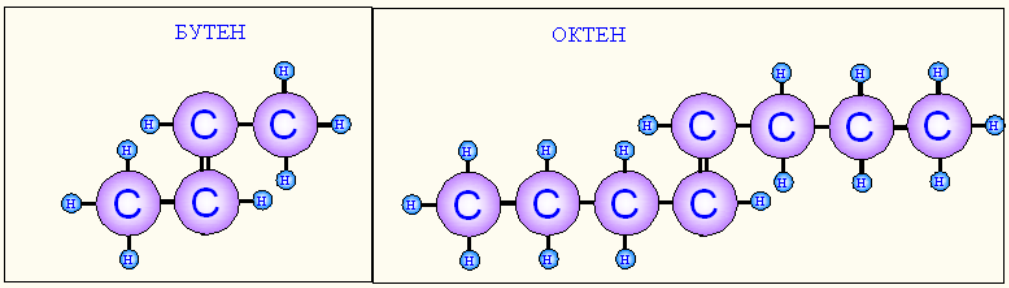
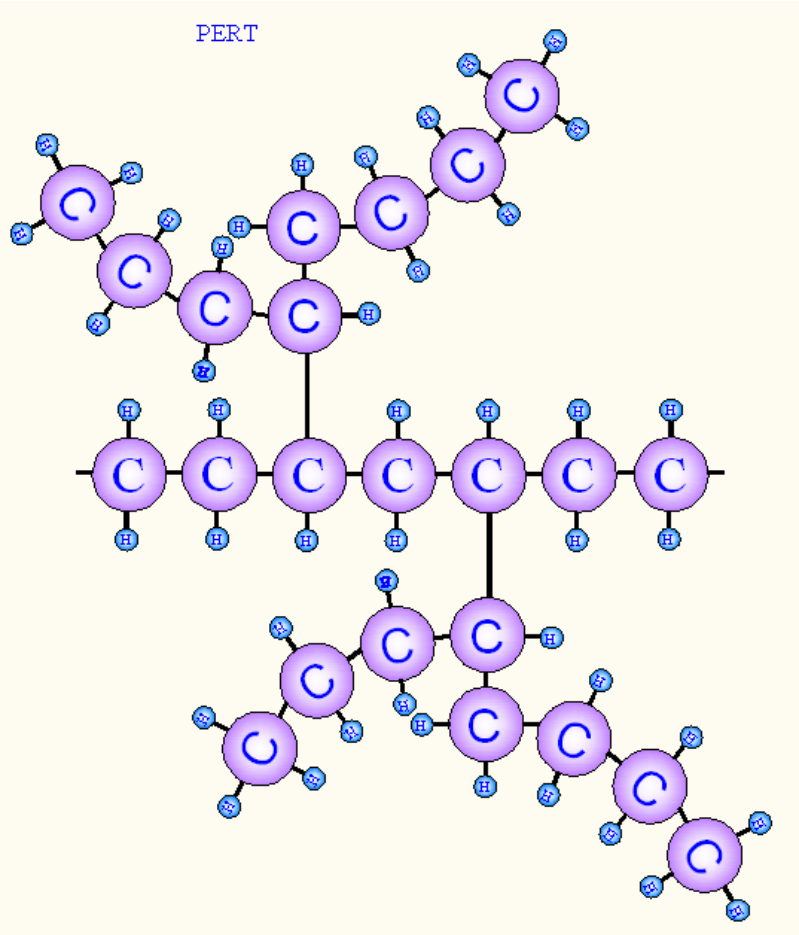


Рис.2.1.р.10 *Химическая структура PERT*



2.2. Сшивка полиэтилена

Поиски путей увеличения химической, механической и термической стойкости привели к идее сшивки полиэтилена, которая была реализована в 70-х годах XX века. Первоначально она производилась путем облучения полиэтилена гамма-лучами, но впоследствии были обнаружены иные способы сшивки.

Под сшивкой подразумевают создание пространственной решетки в полиэтилене высокой плотности за счет образования объемных поперечных связей между макромолекулами полимера.

Относительное количество образующихся поперечных связей в единице объема полиэтилена определяется показателем «степени сшивки». Степень сшивки - это отношение массы полиэтилена, охваченного трехмерными связями к общей массе полиэтилена. Чтобы узнать, какое количество материала обладает сетчатой структурой, образцы после предварительного выдерживания в горячей воде подвергают воздействию эталонного растворителя (ксилола [xylene]), в котором несшитый полиэтилен растворяется без осадка, а PEX образует осадок в виде рыхлых переплетенных волокон (*рис.2.2.р.1*). Нужно отметить, что с увеличением степени сшивки полиэтилена, его прочность возрастает, но вместе с тем растет и хрупкость (*Таблица 2.2.т.1*). Поэтому, теоретически, PEX со степенью сшивки 100% - это материал, напоминающий стекло.

Рис.2.2.р.1 Стенд определения степени сшивки

Изменение свойств полиэтилена при сшивке ***Таблица 2.2.т.1***

Свойство	Изменение после сшивки
Плотность	Уменьшается незначительно
Прочность на растяжение	Увеличивается
Прочность на сжатие	Увеличивается
Коэффициент линейного расширения	Уменьшается
Термостойкость	Увеличивается с 70˚С до 95˚С
Химическая стойкость	Повышается
Пластичность	Уменьшается
Потеря механических свойств во времени	Уменьшается
Стойкость к истиранию	Увеличивается
Стойкость к УФО	Увеличивается
Стойкость к низким температурам	Увеличивается
Твердость	Увеличивается

Являясь углеводородным полимером (полиолефином) сшитый полиэтилен горюч, но его горение отличается от горения несшитого полиэтилена. При горении несшитого полиэтилена пламя ровное, сопровождающееся частым каплепадением. Горение сшитого полиэтилена сопровождается неровным (искрящимся) пламенем, а количество падающих расплавленных капель значительно меньше. Горение полиэтилена происходит при температуре его распада (400ºС) и выше. Основными продуктами реакции горения полиэтилена являются вода и углекислый газ.

Известно несколько основных промышленных способов сшивки полиэтилена (*Таблица 2.2.т.2*),

Способы получения PEX ***Таблица 2.2.т.2***

№	Обозначение	Краткое описание способа	Степень сшивки по стандарту ASTM	Степень сшивки по ГОСТ Р 52134	Вид способа по методу воздействия
1	PEX-a	Сшивка органическими пероксидами или гидропероксидами	75	70	химический
2	PEX-b	Сшивка органическими силанидами (силанами)	65	65	химический
3	PEX-c	Сшивка потоком элементарных частиц (радиационный)	60	60	физический
4	PEX-d	Сшивка азотированием	Не нормируется	60	химический

Пероксидная сшивка (метод А).

Метод **А** является химическим способом модификации («сшивки») полиэтилена при помощи органических пероксидов или гидропероксидов.

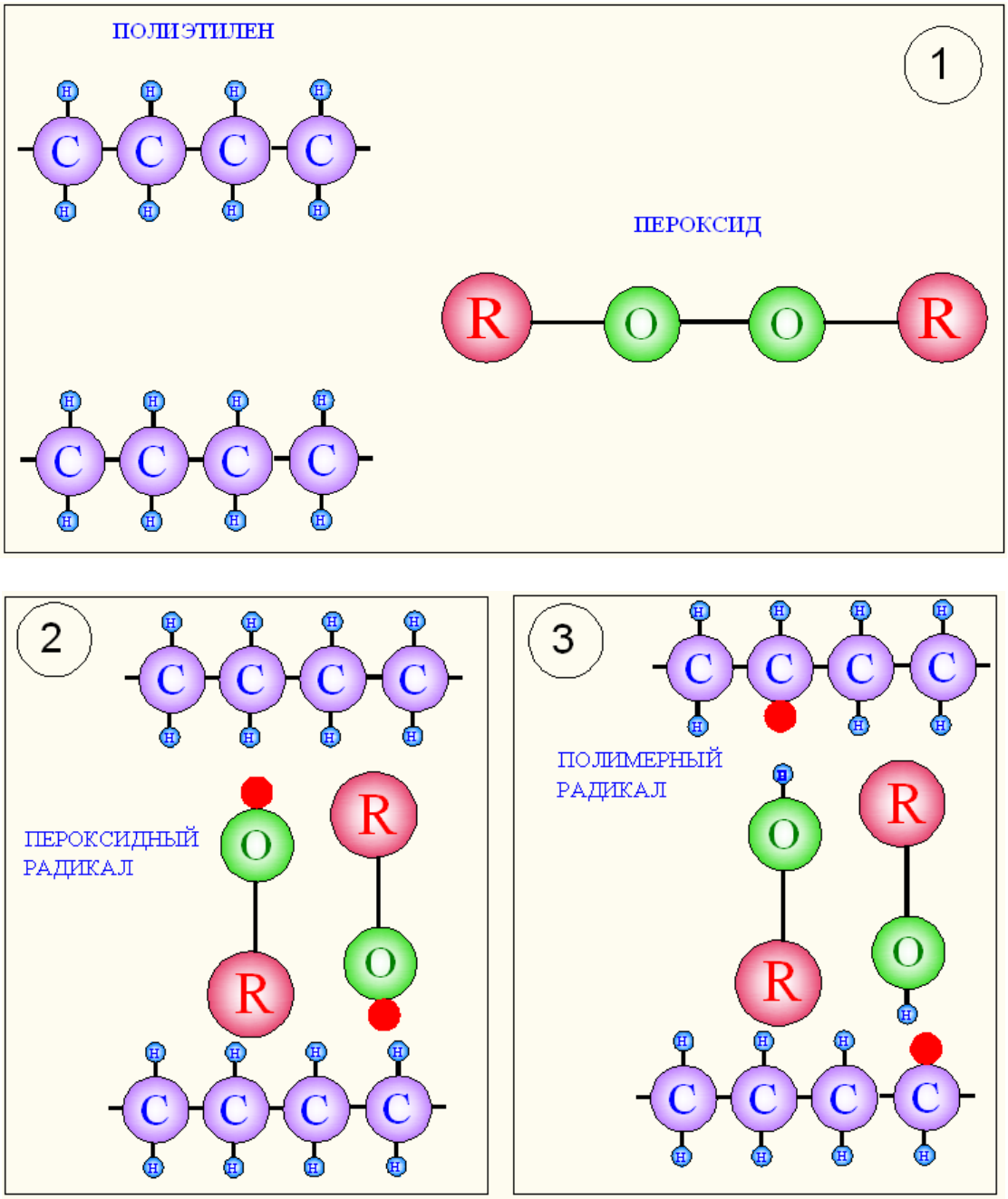
Органические пероксиды представляют собой производные перекиси водорода (HOOH) в которых один (гидропероксид, ROOH) или два (пероксид, ROOR) атома водорода замещены органическими радикалами(R). Самый популярный пероксид - *2,5-dimethyl-2,5-di-(butylperoxy)hexane.* При комнатной температуре он находится в жидкой фазе, но может адсорбироваться на большом разнообразии поверхностей. При высокой температуре 180-220 °С пероксид разлагается, образуя свободные радикалы.

Пероксиды относятся к особо опасным веществам (ОСТ 19433). Их получение – технологически сложный и дорогостоящий процесс. Наиболее крупными производителями органопероксидов считаются французская фирма *Atofina* и голландский концерн *Akzo Nobel* с офисом в Чикаго. В России пероксиды выпускает объединение «Казаньоргсинтез». Количество добавляемого в расплав пероксида очень мало и составляет порядка 0,5-2 кг на 1 т полиэтилена.

Для получения PEX по способу **А** полиэтилен перед экструдированием расплавляется вместе с антиокислителями и пероксидами (процесс Томаса Энгеля) (*Рис.2.2.р.2-1*). С повышением температуры пероксиды распадаются, образуя радикалы (молекулы со свободной связью) (*Рис.2.2.р.2-2*). Радикалы пероксидов отрывают у звеньев полиэтилена по одному атому водорода, что приводит к появлению свободной связи у атома углерода (*Рис.2.2.р.2-3*). В соседних макромолекулах атомы углерода объединяются (*Рис.2.2.р.2-4*). Количество межмолекулярных связей составляет 2-3 на 1000 атомов углерода. Образуется трехмерная сетка, которая исключает возможность образования кристаллитов при охлаждении полимера. Процесс требует жесткого контроля за температурным режимом в процессе экструзии, когда происходит предварительная сшивка, и в ходе дальнейшего нагревания трубы для завершения образования связей. При охлаждении полученного продукта наблюдается понижение плотности полиэтилена.

Метод **А** – самый дорогой. Он гарантирует полный объемный охват массы материала воздействием пероксидов, так как они добавляются в исходный расплав. Однако, этот метод требует , чтобы степень сшивки PEX не была ниже 75% (по российским нормам-70%), что делает трубы из этого материала более жесткими по сравнению с изделиями, полученными способами **В** и **С**.

Рис.2.2.р.2 *Этапы сшивки полиэтилена по методу А*



Силановая сшивка

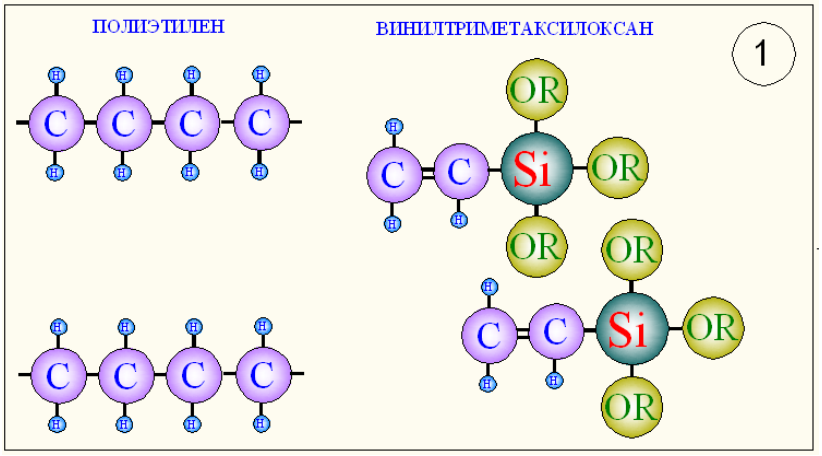
Метод **В** является химическим способом сшивки полиэтилена при помощи органосиланидов. Органосиланиды можно представить, как кремневодороды (гидриды кремния типа SiH_4) в которых атомы водорода заменены органическими радикальными группами по схеме
$RO\text{-}CH_3$, поэтому правильнее называть эти вещества «силоксанами».

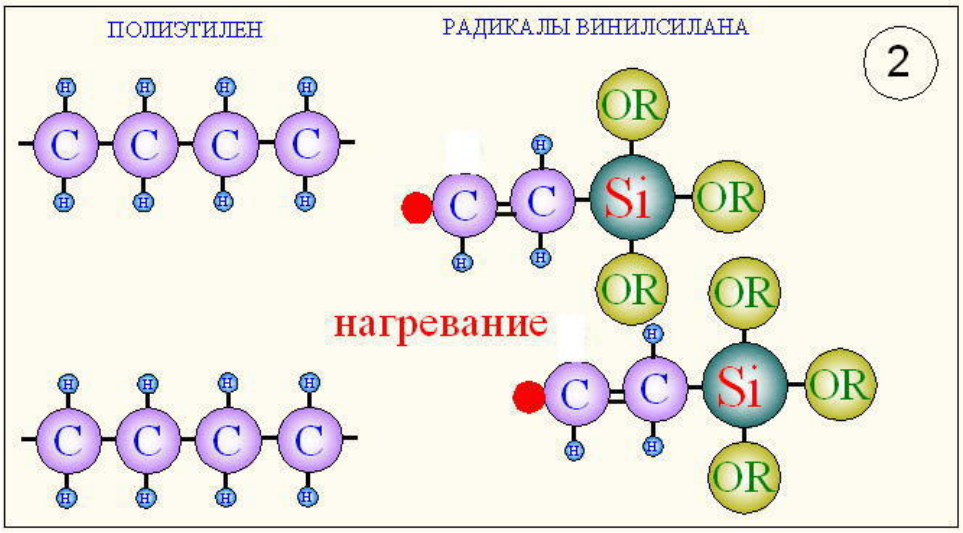
Как и кремневодороды, от газообразного SiH_4 до Si_8H_{18}, так и органосиланиды ядовиты и обладают неприятным запахом.

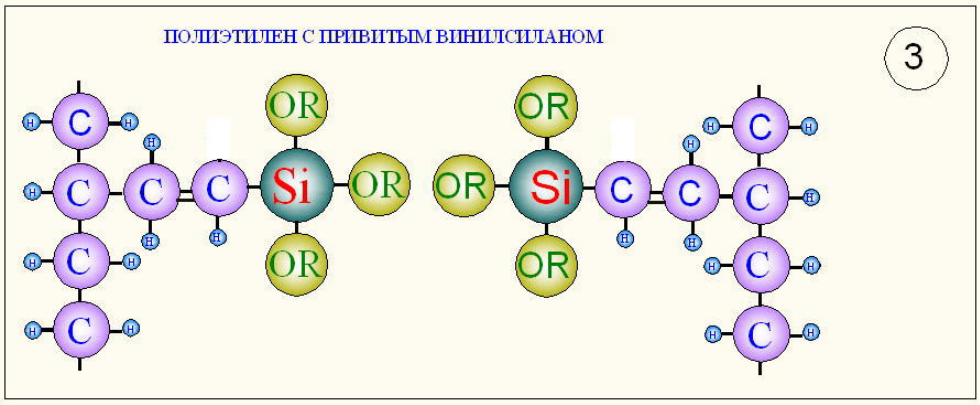
Силанольная сшивка полиолефиновой изоляции, благодаря своей дешевизне, широко применяется в кабельной промышленности. Однако, для производства проводов и кабелей могут применяться обычные кремневодороды, так как особых гигиенических требований к этой продукции не предъявляется. При этом сшивка полиэтилена происходит по схеме Si-C без вовлечения органических радикалов. Так как энергия связи Si-C составляет 780 Дж/моль, а энергия связи C-C – только 630 Дж/моль, то прочность сшивки проводной изоляции по методу **В** значительно выше, чем при остальных методах.

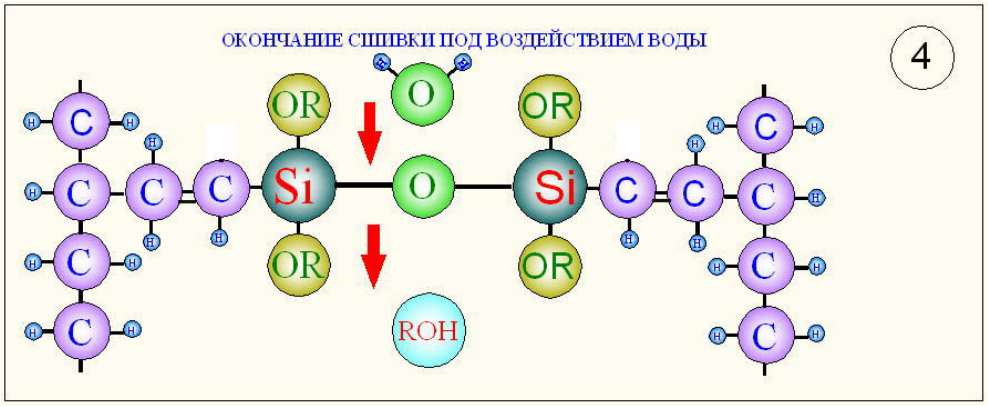
Использование органических силанидов при производстве трубопроводов вызвано тем, что они при сшивке либо полностью переходят в связанное состояние, либо превращаются в химически нейтральный органический спирт. Сшитый по методу В полиэтилен не содержит в своем составе следов силанидов и может успешно использоваться для контакта с пищевыми продуктами В настоящее время при производстве PEX труб по методу **В** в основном используется винилтриметаксилоксан $(H_2C{=}CH)Si\,(OR)_3$ (сокращенно-«винилсилан»).
Силановая сшивка может выполняться двумя способами:
Метод **В**-SIOPLAST. В этом методе винилсилан вводится в расплав во время экструзии трубы.
Метод **В**-MONOSIL. Здесь винилсилан перемешивается с пероксидом и некоторым количеством полиэтилена *(рис.2.2.р.3-1)*. Эта гранулированная смесь вводится в основную массу полиэтиленового расплава при экструзии вместе с каучук-катализатором. Неудобство данного метода заключается в том, что насыщенный винилсиланом полиэтилен сохраняет свои свойства не более 4-6 месяцев, то есть сырье должно быть использовано на производстве не позднее этого срока.
В обоих методах химический принцип реакции остается одинаковым. При нагревании слабые двойные связи винильной группы винилсилана разрушаются, превращая его молекулы в активные радикалы *(рис.2.2.р.3-2)*. Эти радикалы замещают атом водорода в макромолекулах полиэтилена *(рис.2.2.р.3-3)*. Затем, органические радикалы присоединяют молекулу воды, образуя стабильную гидроокись, а соседние радикалы полимера замыкаются через связь Si – O, формируя пространственную решетку *(рис.2.2.р.4-4)*. Таким образом, для завершения процесса сшивки по методу В изделие должно пройти обработку в течение нескольких часов в водяной ванне. Вытеснение воды из PEX ускоряется присутствием оловянного катализатора. Процесс окончательной сшивки, как мы видим, завершается уже в твердой стадии изделия.

Рис.2.2.р.3 *Этапы сшивки полиэтилена по методу В*









Радиационная сшивка

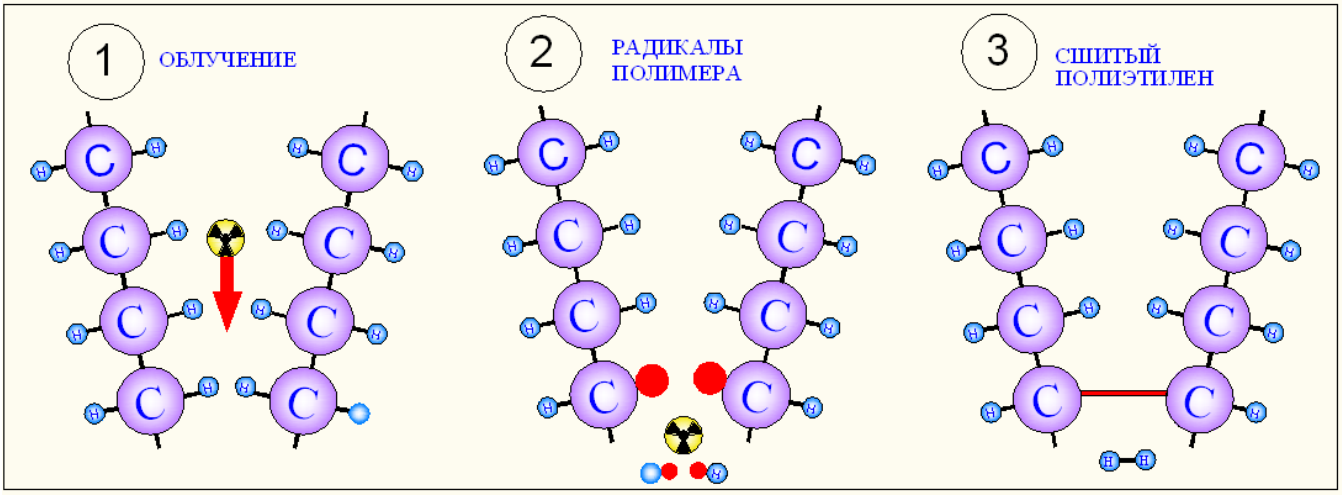
Метод **С** заключается в воздействии на С-Н связи полиэтилена потоком заряженных частиц *(рис.2.2.р.4-1)*. Это может быть поток электронов или гамма-лучей. При таком воздействии часть связей С-Н разрушается. Углерод становится обладателем свободной связи *(рис.2.2.р.4-2)*, которая реализуется, объединившись с такой же свободной связью в соседней молекулярной цепочке *(рис.2.2.р.4-3)*. Благодаря этому, отдельные макромолекулы полиэтилена объединяются сетью межмолекулярных связей. Происходит модификация полиэтилена, называемая «сшивкой». Облучение изделия потоком частиц проводится уже после его формования, в твердом состоянии. К недостатком данного метода можно отнести неизбежную неравномерность сшивки по толщине полиэтиленового слоя. Невозможно расположить электрод так, чтобы он был равноудален от любой точки трубного рулона, поэтому труба получается неравнопрочной и по длине и по толщине стенки. Метод **С** позволяет получать более гибкий полиэтилен, так как процент сшивки при этом методе составляет 60%, а с увеличением процента сшивки твердость материала возрастает. Качество

При использовании циклических ускорителей электронов (бетатронов) в диапазоне энергий 0,5-10 МэВ практически не образуется радиоактивные элементы, что делает ускоритель достаточно безопасным в этом смысле. Ускоритель можно практически мгновенно выключить и прекратить облучение, поэтому радиационная защита требуется только для ускоряющих элементов системы на время работы, а в нерабочем состоянии ко всему оборудованию можно относиться как к обычному электротехническому оборудованию с соблюдением соответствующих норм безопасности. Несмотря на это, в большинстве европейских стран использование бетатронов для производства трубопроводов запрещено.

Если для облучения труб с толщиной стенки до 3 мм особых технологических трудностей не возникает, то при больших толщинах требуется облучение дозой 15-20 Мрад (*рад — поглощенная доза, при которой количество поглощенной энергии в 1 грамме любого вещества составляет 100 эрг*). Учитывая, что поглощенная доза в 1 Мрад разогревает исходный продукт на 5°, для предотвращения перегрева требуется многократный прогон трубы через ускоритель или использование сенсибилизирующих добавок, увеличивающих стоимость сырья. Нельзя также забывать о необходимости создания дорогостоящей защиты от проникающей радиации, исходящей от ускорителя.

Зафиксировано несколько случаев появления на российском рынке труб из PEXc, сшивка которого производилась гамма-лучами с использованием радиоактивного кобальта (Co_{60}). Метод, безусловно, дешевле электронного, поскольку труба просто помещается в камеру с кобальтом. Однако, безопасность использования таких труб, тем более для питьевого водоснабжения, вызывает большие сомнения.

Рис.2.2.р.4 *Этапы сшивки полиэтилена по методу С*



2.3. Сырье и материалы для труб VALTEC

2.3.1. «Национальные» особенности внутренних трубопроводов

Результаты изучения практического использования внутридомовых трубопроводов в России, показали, что при конструировании труб и выборе сырья для них необходимо учитывать следующие специфические факторы:

- трубы могут подвергаться кратковременному воздействию температуры до 130ºС. Это происходит, когда по каким-либо причинам перекрывается или выходит из строя подмешивающая линия (байпас) в тепловом пункте с элеваторным или насосным узлом смешения. Распространены также случаи выемки или расточки сопел элеваторов.

  Кроме того, в межсезонье, когда пользователи начинают перекрывать свои нагревательные приборы, теплоноситель в обратном трубопроводе домовой системы отопления не остывает до расчетной температуры (70°С), и его подмес в сетевой теплоноситель не снижает в должной мере температуру сетевой воды.

  Несмотря на то, что по российским нормам применение металлополимерных труб в системах отопления с элеваторными узлами запрещено, на практике они активно применяются;
- на трубы может действовать кратковременное давление до 16 бар, когда при испытаниях наружных трубопроводов и при зависимом подключении домовых систем входная задвижка не обладает достаточной плотностью затвора, а предохранительные устройства не срабатывают из-за сверхнормативного износа;
- большая загрязненность трубопроводов продуктами коррозии стали и абразивными включениями;
- возможность замораживания транспортируемой среды;
- возможность транспортирования по трубам сильнощелочных и сильнокислотных жидкостей при промывке систем;
- возможность воздействия на наружный слой трубы органических веществ, в случаях, когда при устройстве теплых полов в раствор добавляются агрессивные по отношению к полиэтилену пластификаторы;
- возможность достаточно активного воздействия на материал труб электрических и высокочастотных полей при параллельной прокладке трубопроводов, электропроводки и компьютерных сетей;
- слабое знание монтажниками современных материалов и технологий, а также укоренившаяся привычка работать «по советам бывалых», а не по инструкциям производителей;
- применение «традиционных», заученных в ПТУ, навыков и приемов работы с системами «чугунно-стальных» трубопроводов при монтаже современных инженерных систем;
- элементы внутренних трубопроводов в России могут использоваться в системе уравнивания электрических потенциалов, а также в качестве элементов заземления;
- проектирование и расчет внутренних инженерных систем часто ведется по нормам для стальных трубопроводов без учета реально применяемых материалов и элементов систем;
- рекламные заверения фирм-продавцов о легком овладении приемами монтажа привлекают к работе с системами трубопроводов массу неподготовленного и неквалифицированного персонала.
- необходимость вандалозащищенности инженерных систем в легкодоступных местах (лестничные клетки, площадки, чердаки, подвалы);
- слабое знание или умышленное игнорирование работниками монтажных и эксплуатирующих организаций требований строительных норм, правил и инструкций производителей.

2.3.2. Материал наружного и внутреннего слоев труб VALTEC

Рис.2.3.2.р.1

Исходное сырье для сшитого полиэтилена

Основным критерием при выборе поставщиков исходного сырья для внутреннего и наружного слоев труб VALTEC PEX-AL-PEX служила стабильность качества поставляемого гранулята. Такие показатели сырья, как плотность, влажность и показатель текучести расплава (ПТР) оказывают решающее влияние на качество экструдируемых изделий.

Исходя из этих требований, в качестве поставщиков сырья для сшитого полиэтилена были выбраны 2 компании:

Crosspolimeri S.P.A (Италия) (*рис.2.3.2.р.1*) и *Suzhou Constab Engineering Plastics Co.,LTD* (Ю.Корея).

Эти компании поставляют сырье с отклонением от паспортных значений не более, чем на 1-1,5%. Для большинства же остальных поставщиков этот показатель может достигать 10-15 %.

Гранулы поставляемого полиэтилена содержит в своем составе винилтриметаксилоксан $C_2H_4Si(OR)_3$,обеспечивающий при экструдировании и дальнейшей гидратации пространственную объемную сшивку полиэтилена по методу «В» со степенью сшивки 65% .

2.3.3. Алюминий

Для предотвращения диффузии кислорода в полость трубы, сохранения трубой приданной при монтаже формы, а также для снижения линейных температурных деформаций металлополимерные трубы *VALTEC* имеют средний слой из алюминиевой фольги.

Обычно, алюминий, получаемый из окисесодержащих пород (бокситов) с добавкой криолита ($3NaF\ AlF_3$), после продувки хлором, удаляющим водород, имеет чистоту 94-96%. Именно из этого алюминия делается средний слой у большинства металлополимерных труб. Прочность такого алюминия составляет 50-80 Н/мм2. Конструкционную прочность в 380-600 Н/мм2 имеют только сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем, железом и кремнием (дюралюминий). Однако, приобретение прочности пропорционально снижает пластичность материала, поэтому хорошую фольгу из дюралюминия сделать невозможно.

Поскольку, одним из основных достоинств металлополимерных труб является их гибкость, то для труб *VALTEC* было решено применить алюминий повышенной пластичности, которую удалось достичь, благодаря вакуумному «выжиганию» примесей железа, присутствующих в алюминии в количестве до 1%. Железо как раз и есть элемент, регулирующий пластичность конечного продукта. При отжиге в присутствии фтористого алюминия содержание железа и прочих примесей снижается, и чистота алюминия достигает 99,5% . Алюминий указанной чистоты соответствует марке А5 по российскому ГОСТ 11069, марке EN AW-1050A по европейскому стандарту EN 573-3-94, и марке 1050A по коду американской алюминиевой ассоциации.

При этом прочность алюминия остается на высоком уровне – 55 Н/мм2. Сохранение 0,3% примеси железа и 0,25% примесей кремния обеспечивает достаточную свариваемость фольги TIG-методом.

2.3.4. Клей

До недавнего времени, самым уязвимым звеном металлополимерных труб была их способность к расслоению под действием многократного изменения температурных режимов.

Различный коэффициент линейного расширения алюминия и полиэтилена предъявляет к клеевому составу, соединяющему слои, высокие требования по внутренней прочности (когезии), адгезии к алюминию и полиэтилену, гибкости, эластичности и температурной стойкости.

Многие клеевые составы, показывая отличную прочность в начальном периоде эксплуатации, не выдерживают испытания временем, в результате чего трубы начинают расслаиваться в процессе эксплуатации, что приводит к протечкам в местах присоединения к фитингам.

Следует отметить еще одну особенность производства металлополимерных труб. Поставщики технологических экструзионных линий достаточно строго оговаривают марки сырья, которое может применяться при экструзии. В случае, если производитель труб использует сырье, не входящее в гарантийный перечень, гарантия на оборудование снимается. Таким образом, производство металлополимерных труб «загнано» в достаточно жесткие сырьевые рамки.

Специалистами фирмы *VALTEC* было принято решение поступиться гарантийными условиями и найти клеевой состав, которые бы обеспечивал 50-летнюю монолитность многослойной трубы при самом тяжелом классе эксплуатации (высокотемпературном радиаторном отоплении). Отрасль химии полимеров является одной из самых интенсивно развивающихся. Новинки здесь появляются, практически, ежедневно. Поэтому привязываться на долговременной основе к одной, заранее оговоренной марке сырья, неразумно. За гарантийный срок могут появиться более дешевые и эффективные материалы. Такое решение оказалось верным. Фирма VALTEC остановила свой выбор на клее *Yparex® 8102* (*таблица 2.3.4.т.1*) голландской химической компании *DSM Engineering Plastics B.V.* , входящей в транснациональный концерн *DSM (Dutch State Mines)*, а также –на его аналоге –клее *Parkson BC* концерна *Parkson New Material Co,Ltd.* Этот клей был разработан в 2002 году специально для эластичного соединения композиции PE-алюминий. До 2008 года этот клей был достаточно дорогостоящим по сравнению с другими адгезивными составами для композиции PEX-AL. Однако, по мере совершенствования технологии и расширения сфер применения, стоимость клея значительно снизилась, и он стал вполне конкурентоспособным. Стойкость к расслоению клеевого соединения ненагруженной трубы составляет 70 Н/10мм, в то время, как у труб на большинстве испытанных марках клея этот показатель не превышает 55 Н/10мм, при нормативном требовании к этому показателю для ненагруженных труб - 50 Н/10мм.

Стойкость к расслоению клеевого соединения показывает, какое растягивающее усилие необходимо приложить к вырезанной из трубы спирали шириной 10мм, чтобы ее расслоить.

Следует отметить, что при испытаниях на отрыв клея, использующегося в трубах *VALTEC* , происходит вязкое разрушение волокон в толще клеевой прослойки. При этом слой клея остается и на алюминии и на пластике. Это свидетельствует об идеальной адгезии клея к полиэтилену и алюминию.

Рис.2.3.4.р.1

Вид разрушения клеевого слоя трубы VALTEC (вверху) и трубы с клеем низкого качества (внизу)

Качество клея наглядно проявляется при разрывном испытании трубы. Разрушение металлополимера при слабом клее происходит с образованием водяного пузыря между внутренним слоем и алюминием. Чем обширнее участок отслоения, тем слабее клей.
У труб *VALTEC* расслоения в месте разрыва не наблюдается, так как все слои работают как единое целое (*рис.2.3.4.р.2*).

Рис.2.3.4.р.2 *Вид среза МПТ после разрывных испытаний*

РАЗРУШЕНИЕ ТРУБЫ ПРИ НЕКАЧЕСТВЕННОМ КЛЕЕ (РАЗРЫВ ПРИ 68 БАР)	РАЗРУШЕНИЕ ТРУБЫ ПРИ КАЧЕСТВЕННОМ КЛЕЕ (РАЗРЫВ ПРИ 92 БАР)

Клей обладает свойством «игольчатого» проникновения в верхний слой сшитого полиэтилена. Именно этим и объясняется его высокая адгезия. Убедиться в этом свойстве клея достаточно легко. Надо отрезать от металлополимерной трубы кольцо шириной 10мм, сделать поперечный надрез наружных слоёв (в т.ч. и алюминия), а затем с помощью плоскогубцев отделить их от внутреннего слоя сшитого полиэтилена. При нагреве образца до 130-135 ºС, несмотря на размягчение, свидетельствующее о плавлении кристаллитов, полной прозрачности образца не наступает, так как «игольчатые» клеевые связи придают матовость проклеенной поверхности. В случае, когда клей обладает слабой адгезией к полиэтилену, образец при нагревании становится абсолютно прозрачным.

Выбор клея обусловлен к тому же тем обстоятельством, что его индекс текучести расплава или показатель текучести расплава (ПТР) практически совпадает с MFI материала наружного и внутреннего слоя трубы.

Характеристики клея Yparex® 8102 **Таблица 2.3.4.т.1**

№	*Наименование характеристики*	*Ед.изм.*	*Норматив*	*Значение*
1	Базовый полимер			C8-LLDPE
2	Плотность	г/см3	ISO 1183	923
3	ПТР или индекс MFI (190°, 2,16 кг)	г/10мин	ISO 1133	23
4	Температура размягчения по Вика	°C	ISO 306	102
5	Температура плавления	°C	ISO 11357	124
6	Удельная теплота плавления	Дж/г		113
7	Адгезия к материалам			PE,PEX,Cu,Al,EVOH,PA

2.4. Производство труб

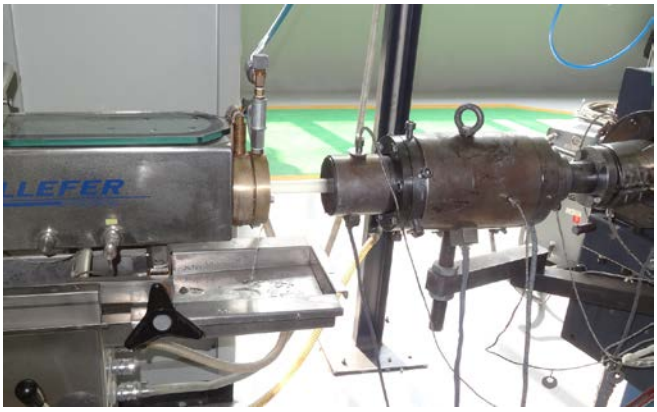
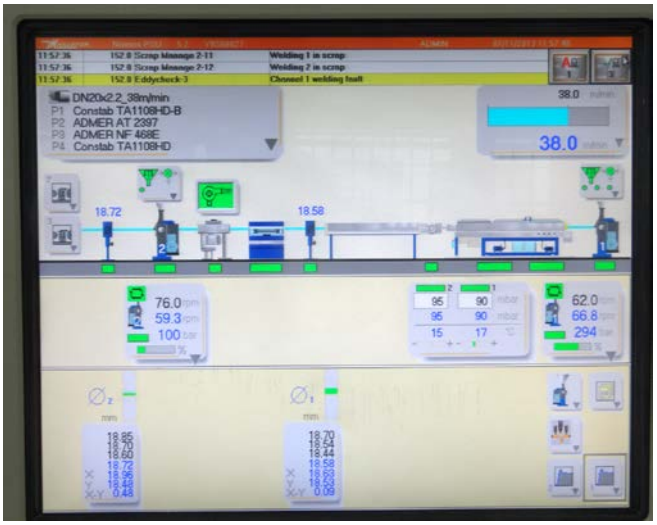
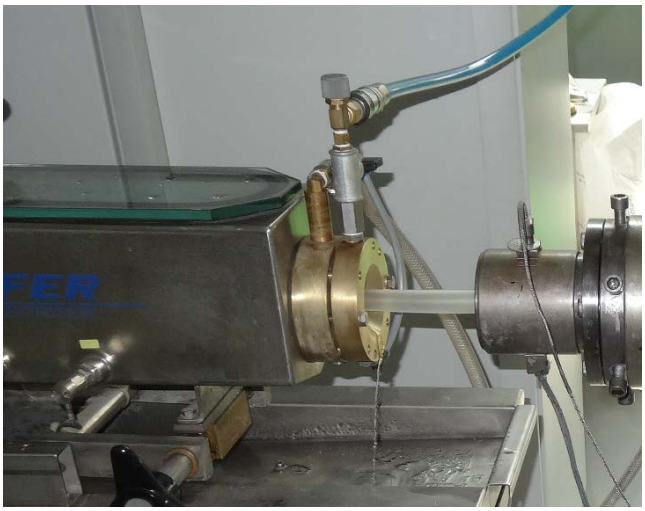
2.4.1. Экструзионная линия

Рис.2.4.1.р.1 *Линия по производству МПТ VALTEC*

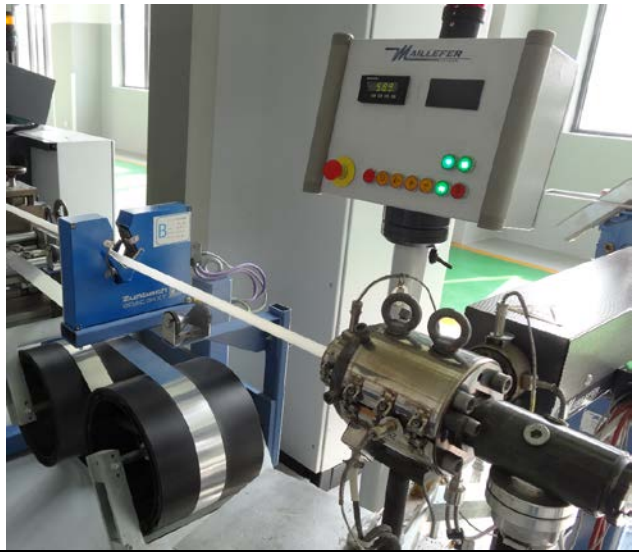
Металлополимерные трубы *VALTEC* производятся на автоматических экструзионных линиях компании *Maillefer Extrusion* (Швейцария,Финляндия) (*рис.2.4.1.р1*). Описание технологического процесса производства труб приведено в *таблице 2.4.1.т.1*.

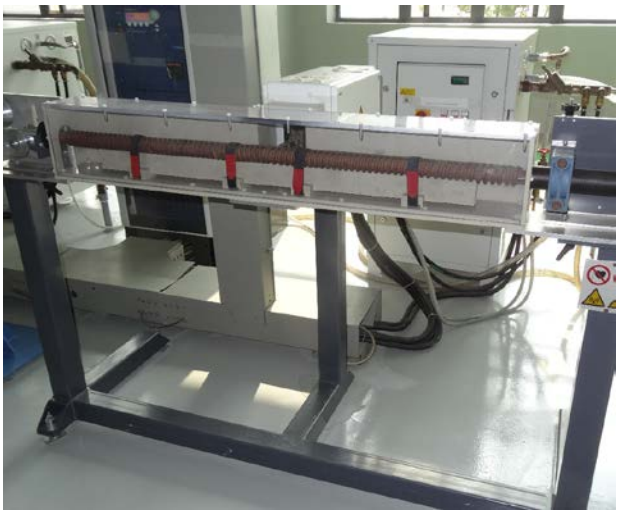
Этапы технологического процесса производства МПТ VALTEC ***Таблица 2.4.1.т.1***

№	*Фото*	*Описание процесса*
1		Компоненты сырья (полиэтилен с органосиланидами, краситель, пластификатор) поступают по пневмопроводам в бункерно-дозировочную систему экструдера. У ряда прочих производителей экструзионных линий запитка экструдера производится через одиночный бункер. Это приводит к тому, что гранулы компонентов из бункера поступают на эструдер неравномерно, в зависимости от плотности тех или иных гранулы. Многобункерная система гарантирует абсолютно точную дозировку компонентов.

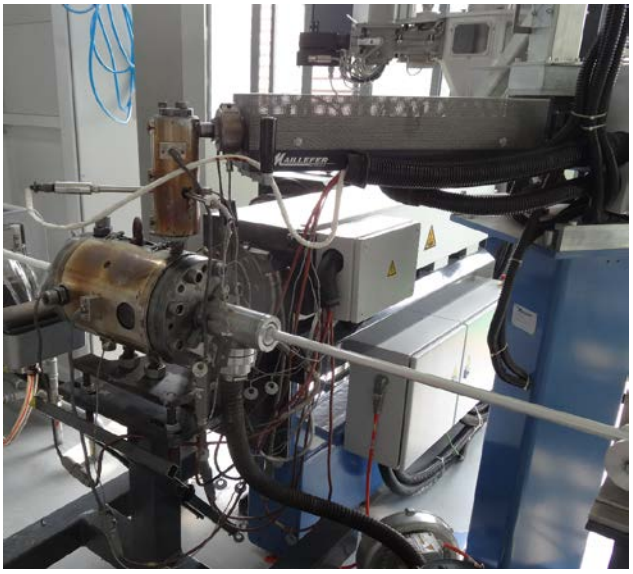
2		Многозонные ТЭНы, установленные вокруг шнеков экструдера внутреннего слоя, обеспечивают стадийный разогрев сырья по команде с общего пульта автоматики. Шнеки защищены от износа и коррозии бронированным слоем на основе никель-кобальт-кремний-вольфрамовой композиции.
3		Режимы разогрева каждой зоны экструдеров , а также режим работы всей линии в целом, автоматически настраивается центральным процессором в процесса в зависимости от фактических характеристик сырья (влажности, индекса расплава, температуры плавления, возраста сырья) и параметров производимой трубы.
4		Через головку экструдера внутреннего слоя, оснащенную дорном, формирующим внутреннюю полость трубы, пластичная масса подается в ванну вакуумной гидратации, где внутренний слой трубы стабилизируется и охлаждается.

5		Циркуляция охлаждающей воды в ванне обеспечивается системой оборотного водоснабжения, оснащенной чиллерами.
6		После стабилизации внутреннего слоя в ванне гидратации, он проходит через прибор лазерного контроля диаметра.
7		Три трубопротяжных механизма задают трубной заготовке поступательное движение по линии с заданной скоростью. Автоматика синхронизирует скорость протяжки трубы на всех протяжных агрегатах.

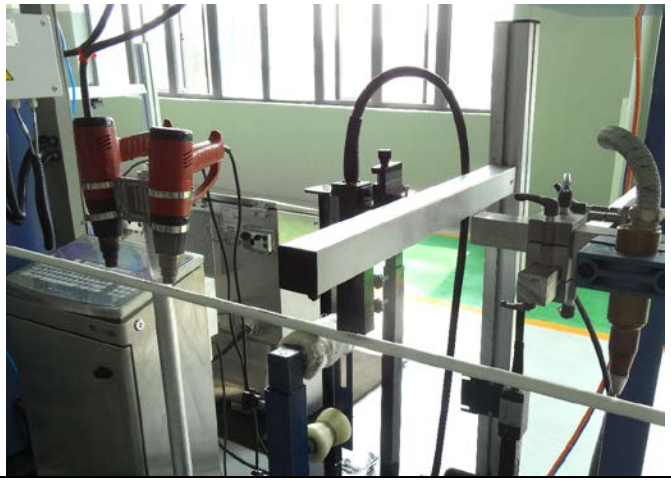
8		Пройдя стадию предварительного разогрева в индукционной тоннельной печи, трубная заготовка поступает в экструдер клеевого слоя, откуда, после контроля диаметра, поступает на участок формирования алюминиевого слоя.
9		Предварительно подрезанная до нужного размера алюминиевая лента с помощью роликового механизма плотно обжимается вокруг заготовки внутреннего слоя с нанесенной клеевой прослойкой и подается на сварочный участок.
10		На сварочном участке производится стыковая сварка алюминия неплавящимся электродом в среде смеси инертных газов (TIG-метод). Система видеоконтроля позволяет наблюдать за ходом процесса сварки.

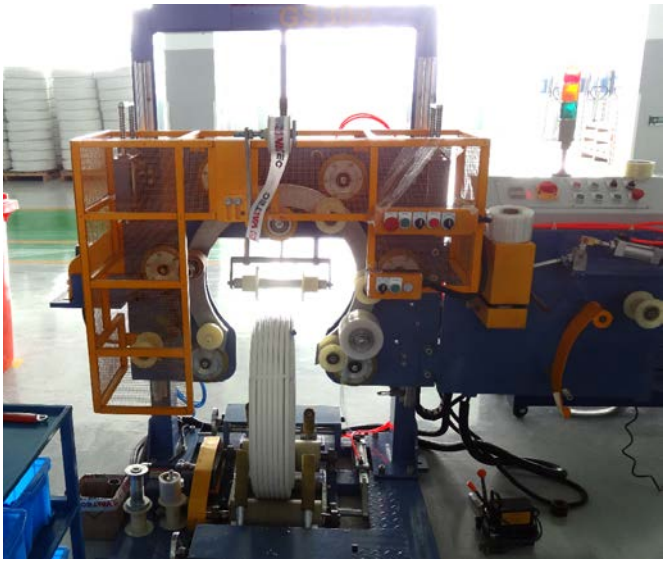
11		После сварочного участка производится очередной контроль параметров геометрических параметров трубной заготовки.	
12		После формирования алюминиевого слоя , труба вновь разогревается в тоннельной печи для нанесения клея и наружного слоя.	

13



На участке сдвоенного экструдера происходит нанесение второго клеевого слоя и одновременное формирование наружного слоя PEX.

14		Нанесение маркировочной надписи на трубу производится на струйном программируемом принтере. В штрих-код автоматически вносятся сведения о дате и времени производства трубы.
15		Затем труба подаётся на намоточный участок, где сворачивается в мерные бухты и погружается на транспортёр.
16		На выходе из экструзионной линии труба имеет степень сшивки порядка 25%. Окончательная сшивка трубы производится на участке термовакуумной обработки. Труба погружается в автоклавы, в которых поддерживается повышенная температура и влажность при пониженном давлении и выдерживается 4-5 часов (в зависимости от диаметра).

17		Далее рулоны трубы упаковываются на упаковочных автоматах.
18		Готовые упакованные рулоны трубы поступают на склад. Образцы каждой суточной партии трубы поступают в лабораторию, где проводятся необходимые тестовые испытания.

2.4.2. Сварка алюминия

В настоящее время используются четыре основных способа сварки алюминия для металлополимерных труб.

Рис.2.4.2.р.1 *TIG сварка алюминия*

1. Сварка неплавящимся электродом в среде инертного газа (TIG) *(рис.2.4.2.р.1).* Этот вид сварки позволяет сваривать фольгу практически любой толщины, начиная с 0,3мм. К недостаткам данного метода следует отнести необходимость использования инертных газов, периодической замены электродов и теоретическую возможность прожига алюминия при отказе автоматики

2. Лазерная сварка в среде CO_2.

Достаточно энергозатратная технология (требует в 3-4 раза большей мощности, чем Nd-YAG сварка). Позволяет сваривать только тонкую алюминиевую фольгу 0,2-0,3мм. Дает ровный прочный шов.

3. ***Сварка твердотельным неодимовым лазером на основе иттриево-алюминиевого граната (Nd-YAG).***

Наиболее быстрый способ сварки, позволяющий производить оперативный контроль качества сварки за счет измерения вихревых токов (токов Фуко). Годится только для алюминиевой фольги толщиной до 0,3мм.

4. ***Ультразвуковая точечная сварка внахлест.***

Самый медленный способ сварки, но дает достаточно прочное соединение за счет трехрядной точечно-контактной сварки двух кромок алюминия «внахлест». В отличие от прочих технологий, экструзия внутреннего слоя трубы производится после сварки алюминия. Это гарантирует отсутствие возможных повреждений внутреннего слоя, которые могут допускаться в предыдущих трех случаях, когда сварка производится прямо на поверхности затвердевшего внутреннего слоя полиэтилена.

К недостаткам метода относится меньшая прочность шва по сравнению с тремя предыдущими способами сварки и наличие на готовой трубе ослабленной зоны наружного слоя PEX в месте нахлёста алюминия.

Сварка алюминиевой ленты труб *VALTEC* производится встык, TIG –методом в среде смеси инертных газов (аргон и гелий) с индукционным контролем сварного шва.

2.4.3. Лабораторный контроль качества

Входной контроль качества сырья.

Основным фактором, определяющим конечное качество металлополимерной трубы, является индекс (показатель текучести) расплава и влажность полимерных гранул. Каждая новая партия сырья в обязательном порядке тестируется на эти показатели, так как от них зависит настройка температурных режимов экструдеров и скорости экструдирования.

Индекс расплава (MFI) или показатель текучести расплава (ПТР)

Рис.2.4.3.р.1

Экструзионный пластомер

определяется в соответствии с ГОСТ 11645 на экструзионном пластомере (*рис.2.4.3.р.1*) , состоящем из нагреваемой экструзионной камеры, поршня, пригруза и капиллярного сопла. Образец сырья помещается в камеру и нагревается до требуемой температуры. Под воздействием эталонного пригруза расплав выдавливается через сопло. Весовое количество выдавленного расплава и является показателем текучести расплава.

Измеряется индекс расплава в г/10мин. Для полиэтилена высокой плотности *MFI* может лежать в пределах от 0,9 до 25 г/10мин. Чем выше индекс расплава, тем меньше вязкость расплава и его молекулярная масса. При горении образцов сшитого полиэтилена, выполненного из сырья с различным индексом расплава, отмечается более частое каплепадение у полиэтилена с более высоким индексом расплава. Поскольку расплавы полимеров являются неньютоновскими жидкостями, для работы с ними необходимо знать влияние изменения давления на скорость их течения через стандартизированное отверстие. Для этого ПТР измеряют при нескольких стандартных пригрузах (2,16 кг и 5 кг). Отношение ПТР при разных пригрузах дает показатель относительной текучести расплава (FRR –flow rate ratio). Этот показатель характеризует влияние массо-молекулярного распределения на релаксационные свойства материала.

Следует отметить, что показатель текучести расплава для полимерных слоев труб PEX-AL-PEX, можно определить только для исходного (несшитого) сырья. После сшивки этот показатель определить уже невозможно, т.к. полимер перестает быть

Влажность сырья , использующегося для производства труб VALTEC,определяется дважды. При поступлении партии сырья от поставщика производится ориентировочное определение влажности по методу Томазетти (*TVI test -Tomasetti's Volatile Indicator*) (*рис.2.4.3.р.2*). Для этого расплавленные гранулы образца помещаются между двумя предметными стёклами. В зависимости от количества испаряющейся влаги, цвет индикатора меняется и сравнивается с эталонной таблицей. Непосредственно перед использованием, производится точное измерение влажности на анализаторе влажности *FMX Hydrotracer* (*рис.2.4.3.р.2а*), позволяющим определять влажность с точностью до нескольких промилле. Прибор работает следующим образом: образец помещается в лоток и нагревается до требуемой температуры; испарения взаимодействуют с реагентом (гидридом кальция), который приводит к выделению из воды водорода. Концентрация водорода замеряется с помощью прецизионного газового датчика. По концентрации водорода пересчитывается содержание влаги в образце.

Высокая влажность расплава приводит к таким дефектам, как наличие шлиров и пористости стенок трубы.

Рис.2.4.3.р.2 *TVI-влагомер*

Рис.2.4.3. р.2а *Влагомер Hydrotracer*

Контроль качества готовой продукции

Образцы каждой партии металлополимерных труб *VALTEC* проходят лабораторные испытания, регламентированные ГОСТ Р 53630-2009; ГОСТ Р 52134-2003 и ТУ 2248-096-00284581-2005.

Проверка геометрических параметров и внешнего вида

Внешний вид образцов МПТ проверяется на соответствие контрольным образцам, при этом замеряются геометрические параметры труб, которые должны укладываться в заданное поле погрешностей (*таблица 2.4.3.т.1*).

Допустимые отклонения геометрических параметров МПТ ***Таблица 2.4.3.т.1***

Наименование параметра	*Допустимое отклонение для диаметров, мм*					
	12	*16*	*20*	*26*	*32*	*40*
Наружный диаметр трубы	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3
Толщина стенки	+0,15 -0,1	+0,15 -0,1	+0,15 -0,1	+0,2 -0,1	±0,2	±0,2

Статические испытания

Рис.2.4.3.р.3 *Стенд статических испытаний МПТ*

На стенде статических испытаний *(рис.2.4.3.р.3)*, состоящем из насоса высокого давления, термостатической ванны и блока управления с принтером, производятся испытания образцов труб и фитингов на стойкость при постоянном внутреннем давлении (вода в воде) в соответствии с ГОСТ 24157.
В таблице *2.4.3.т.2* приведены режимы статических испытаний, которым подвергаются образцы из каждой тестируемой партии МПТ.

Режимы статических испытаний МПТ VALTEC ***Таблица 2.4.3.т.2***

Вид и режимы испытаний	*Испытательное давление(бар) по диаметрам (мм)*					
	12	*16*	*20*	*26*	*32*	*40*
Стойкость МПТ к постоянному внутреннему давлению:						
- T= 95ºC; $\sigma_{нач}$= 9,2 Н/мм2; время – 1 час.	28,0	26,0	20,0	24,0	19,0	18,0
- T= 95ºC; $\sigma_{нач}$= 8,6 Н/мм2; время – 100 час.	26,4	24,0	19,0	22,0	17,0	16,0
- T= 95ºC; $\sigma_{нач}$= 8,3 Н/мм2; время – 1000 час.	25,5	23,0	18,0	21,0	16,0	15,0

Следует отметить, что программа испытаний МПТ VALTEC предусматривает повышенные требования к образцам по сравнению с предусмотренными ГОСТ Р 53630-2009, в соответствии с которым, испытания стойкости к постоянному внутреннему давлению должны проводиться при следующих режимах:

- для образцов диаметром d_n менее 30 мм по схеме «вода в воде»:
  при испытательном давлении 1,8 МПа, температуре 95 °С - в течение 1 ч;
  при испытательном давлении 1,4 МПа, температуре 95 °С - в течение 1000 ч;
- для образцов диаметром d_n более или равным 30 мм по схеме «вода в воде»:
  при испытательном давлении 1,1 МПа, температуре 95 °С - в течение 1 ч;
  при испытательном давлении 1,0 МПа, температуре 95 °С - в течение 1000 ч.

Испытания на длительную прочность

Длительная прочность МПТ определяется также на стенде статических испытаний. Данный вид испытаний достаточно трудоемкий и протяженный во времени, поэтому проводится он , как правило , после выхода экструзионной линии на проектную мощность, а также после освоения нового типоразмера труб. Каждый типоразмер труб *VALTEC* тестировался на длительную прочность по программе, изложенной в *таблице 2.4.3.т.3*.

Программа испытаний МПТ на длительную прочность **Таблица 2.4.3.т.3**

Типоразмер трубы	*Начальное напряжение в стенке, Н/мм2* *Усредненные результаты испытаний (часы до разрушения)*			
	Температура,°С			
	20	*70*	*95*	*110*
12x1,6	24,3/0,9	13,9/0,8	10,7/0,8	9,2/0,7
	23,0/118	13,1/80	10,0/122	8,6/102
	22,5/820	12,7/930	9,8/556	8,4/570
	22,0/5930	12,4/6110	9,5/5740	8,2/3327
16x2,0	24,0/1,26	13,7/1,16	10,5/1,6	9,0/1,8
	22,8/114	12,9/132	9,9/130	8,5/123
	22,2/1195	12,5/1560	9,6/1310	8,3/703
	21,7/8880	12,3/5630	9,4/6400	8,1/4180
20x2,0	24,0/0,84	13,7/0,81	10,5/1,12	9,0/1,35
	22,8/76	12,9/92	9,9/92	8,5/88
	22,2/800	12,5/1100	9,6/933	8,3/502
	21,7/5930	12,3/3920	9,4/4530	8,1/2990
26x3,0	21,3/1,0	12,2/0,73	9,4/0,7	8,1/0,6
	20,2/107	11,5/77	8,8/96	7,6/60
	19,6/1520	11,2/615	8,6/543	7,3/1130
	19,3/5930	10,9/5217	8,3/7820	7,1/8670
32x3,0	22,4/1,0	12,8/0,9	9,8/1,3	8,5/0,6
	21,3/86	12,1/74	9,3/67	8,0/56
	20,7/1066	11,7/1154	9,0/794	7,7/925
	20,3/5930	11,4/8150	8,8/4290	7,5/6330
40x3,5	20,9/0,85	11,9/1,0	9,2/0,7	7,8/1,9
	19,8/99	11,3/59	8,6/112	7,4/90
	19,3/940	11,0/490	8,4/660	7,2/670

Испытания на термическую стабильность и изменение длины после прогрева

Рис.2.4.3. р.4 *Печь муфельная*

Испытания на термическую стабильность проводится в муфельной печи (*рис.2.4.3.р.4*). Образцы труб, снабженные запорными шаровыми кранами, предварительно заполняются водой под испытательным давлением и помещаются в муфельную печь, в которой поддерживается заданная температура с точностью ±1ºС. Каждый образец выдерживается в камере при температуре воздуха 110ºС при начальном напряжении в стенке трубы 2,5 МПа.

Для измерения изменения длины после прогрева, температура воздуха в камере повышается до 120 ºС. Измерение удлинения трубы проводится через 60 минут выдержки в камере. Для труб *VALTEC* удлинение после прогрева составляет не более 1,5%.

Степень сшивки полиэтилена определяется по методике, изложенной в п.2.2.

Рис.2.4.3.р.5

Стенд циклических испытаний

Качество соединения трубы с фитингами проверяется на стенде циклических испытаний (*рис.2.4.3.р.5*). Этот стенд состоит из испытательной камеры, циркуляционно-повысительного насоса, электронагревателя , чиллера и программируемого пульта управления.. Образцы труб с фитингами испытываются на циклическое изменение температуры при постоянном внутреннем давлении и на циклическое изменение давления при постоянной температуре по стандартной программе (*таблица 2.4.3.т.4*).

Программа циклических испытаний МПТ ***Таблица 2.4.3.т.4***

Давление 1, бар	*Давление 2, бар*	*Температура 1, ºС*	*Температура 2, ºС*	*Время 1, мин*	*Время 2, мин*	*Минимальное количество циклов*
10	-	20	90	15	15	5000
10	0,5	23	-	15	15	10000

На стенде испытаний на разрыв (*рис.2.4.3.р.6*) в лаборатории производятся следующие виды испытаний:

- *определение относительного удлинения* материала трубы при разрыве на образцах-лопатках по ГОСТ 11262 , вырезанных из стенки трубы. Испытание проводится при скорости раздвигания губок 10 см/мин.;
- *определение прочности кольцевых образцов* трубы выполняется на образце шириной 10мм до разрыва образца при скорости раздвигания губок 10 см/мин;

Рис.2.4.3.р.6
Стенд испытаний на разрыв

- *определение стойкости соединения трубы с фитингом на действие растягивающей нагрузки*. Испытание проводится на отрезках труб длиной 30см, соединенных с фитингами по стандартной программе (*таблица 2.4.3. т.5*);
- определение прочностных характеристик алюминиевой фольги и эластомеров (кольцевых уплотнителей фитингов).

Программа испытаний соединений МПТ на растяжение ***Таблица 2.4.3.т.5***

Т,ºС	Время,ч	Растягивающая сила, Н, для наружного диаметра					
		12	16	20	26	32	40
23	1	424	753	1178	1990	3014	4710
95	1	282	502	785	1327	2010	3140

- определение *прочности клеевого соединения алюминия с пластиком* производится на полосках шириной 10мм.

Стойкость к расслоению отдельных слоев при растяжении передней кромки трубы проверяется с помощью конусной оправки, на которую труба надвигается до достижения увеличения среднего диаметра на 10%. При этом не должно происходить визуального расслоения.

Рис.2.4.3.р.7 *Спектрометр*

Химический состав латуни корпусов фитингов и нержавеющей стали пресс-гильз контролируется с помощью атомно-эмиссионного оптического многоканального спектрометра (***Рис.2.4.3.р.7).***

Гидравлические характеристики соединителей и труб замеряются на стенде гидравлических испытаний (***Рис.2.4.3.р.8).***

Рис.2.4.3.р.8 *Стенд гидравлических испытаний*

2.5. Свойства металлополимерных труб VALTEC

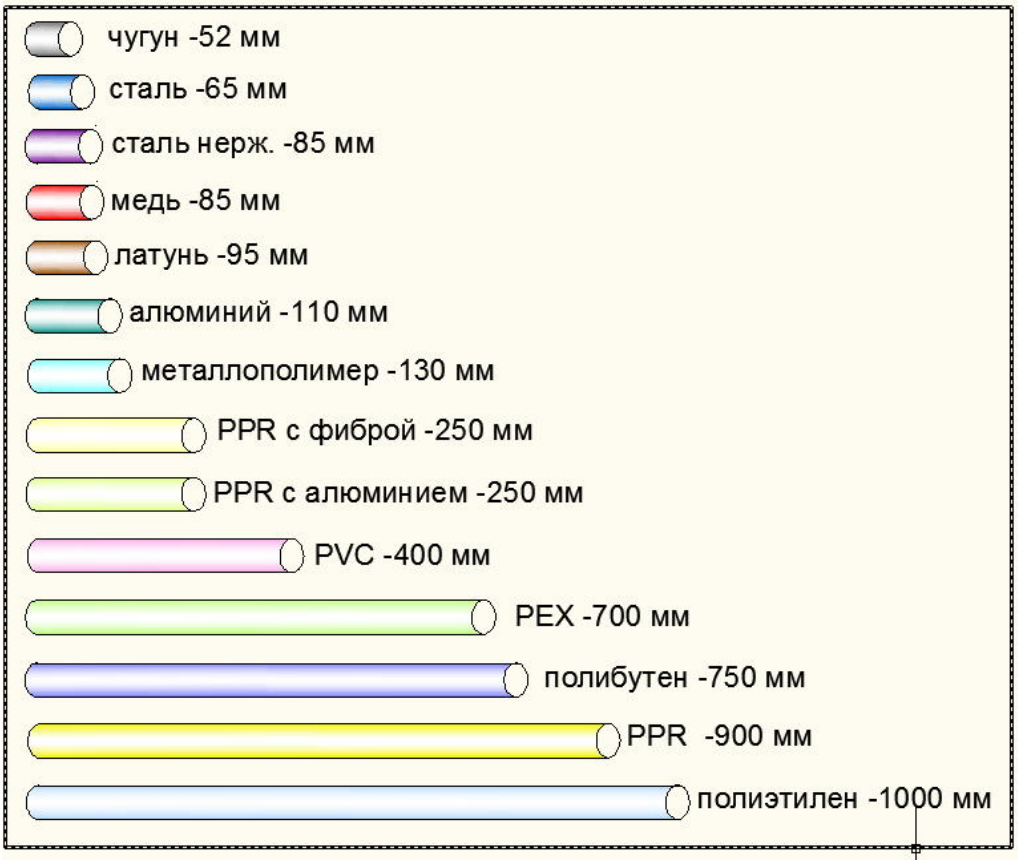
2.5.1. Температурное удлинение

Прочное клеевое соединение пластика и алюминия дает возможность избавить металлополимерные трубы от такого серьезного недостатка, как значительное температурное удлинение полимерных трубопроводов. По сравнению с трубами из PEX линейные температурные удлинения металлополимерных труб в среднем в 7 раз меньше (см. *таблицу 2.5.1.т.1 и* диаграмму на *рис.2.5.1.р.1)*).

Сравнительная таблица линейного расширения труб из различных материалов
Таблица 2.5.1.т.1

Материал трубопровода	***Линейный коэффициент расширения, 1/С°***	***Удлинение 100м участка трубы при повышении температуры на 1°С, мм***	***Удлинение 100м участка трубы при повышении температуры на 50°С, мм***
Чугун	$0{,}104 \times 10^{-4}$	1,04	52
Сталь черная и оцинкованная	$0{,}13 \times 10^{-4}$	1,3	65
Сталь нержавеющая	$0{,}17 \times 10^{-4}$	1,7	85
Медь	$0{,}17 \times 10^{-4}$	1,7	85
Латунь	$0{,}19 \times 10^{-4}$	1,9	95
Алюминий	$0{,}22 \times 10^{-4}$	2,2	110
Металлополимерные трубы (усредненное значение)	$0{,}26 \times 10^{-4}$	2,6	130
Полипропилен (PPR), армированный стекловолокном	$0{,}5 \times 10^{-4}$	5,0	250
Полипропилен (PPR) армированный алюминием (усредненное значение)	$0{,}5 \times 10^{-4}$	5,0	250
Поливинилхлорид (PVC)	$0{,}8 \times 10^{-4}$	8	400
Сшитый полиэтилен (PEX)	$1{,}4 \times 10^{-4}$	140	700
Полибутен (PB)	$1{,}5 \times 10^{-4}$	15	750
Полипропилен (PPR) неармированный	$1{,}5 \times 10^{-4}$	15	900
Полиэтилен	$2{,}0 \times 10^{-4}$	20	1000

Рис. 2.5.1.р.1 *Диаграмма удлинения 100м трубы при повышении температуры на 50 °С*



Следует отметить, что коэффициент линейного теплового расширения, определяемый по ГОСТ 15173, для многослойных труб зависит от соотношения толщин слоёв. В связи с этим, для каждого типоразмера трубы этот показатель индивидуален. В многочисленных справочных данных и технических паспортах на металлополимерные трубы различных производителей приводится, как правило, усредненная (зачастую – заниженная) величина коэффициента теплового расширения. В техническом паспорте на трубы VALTEC PEX-AL-PEX изложены реальные показатели для каждого типоразмера трубы, которые подтверждены данными лабораторных испытаний (см. *таблицу 2.5.1.т.2*).

Коэффициент линейного теплового расширения (α) труб VALTEC PEX-AL-PEX
Таблица 2.5.1.т.1

Типоразмер	12x1,6	16x2,0	20x2,0	26x3,0	32x3,0	40x3,5
α , 1/°С	$0{,}26 \times 10^{-4}$	$0{,}26 \times 10^{-4}$	$0{,}26 \times 10^{-4}$	$0{,}28 \times 10^{-4}$	$0{,}27 \times 10^{-4}$	$0{,}28 \times 10^{-4}$

Для многослойных труб, слои которых представлены двумя несущими материалами, коэффициент линейного теплового расширения может быть подсчитан по формуле:

$$\alpha_{\Sigma} = \frac{\alpha_1 F_1 E_1 (1+\alpha_3 \Delta T) + \alpha_3 F_3 E_3 (1+\alpha_1 \Delta T)}{F_1 E_1 (1+\alpha_3 \Delta T) + F_3 E_3 (1+\alpha_1 \Delta T)}$$

где:

$\alpha_{1,3}$ – коэффициенты линейного теплового расширения материалов слоёв;
$F_{1,3}$- площади поперечного сечения материалов слоёв,мм2;
$E_{1,3}$ – модули упругости материалов слоёв, МПа;
ΔT – расчетный перепад температур, °С.

2.5.2. Химическая стойкость

Сшитый полиэтилен труб ***VALTEC*** имеет достаточно высокую химическую стойкость к различным веществам *(см. Приложение 1)*.

PEX хорошо противостоит воздействию обычных растворителей, таких как углеводороды : ароматических (толуол), хлорированных (трихлорэтилен), алифатических (бензин). Инертен он и к любым моющим средствам и антифризам.

Контакт с труднолетучими органическими соединениями (воск, жиры, масла, олифы) приводит к незначительному набуханию PEX. К сильным окислителям (азотная кислота, галогены) материал труб нестоек и разрушается при контакте с ними.

Коррозии, то есть окислению, полиэтилен абсолютно не подвержен.

Необходимо отметить, что стойкость к тому или иному химическому веществу для полиэтилена нельзя рассматривать в отрыве от рабочей температуры и давления, при которых происходит воздействие.

2.5.3. Стойкость к отложениям и биологическому обрастанию

Нельзя не отметить хорошую стойкость труб *VALTEC* к солевым отложениям и биологическому обрастанию.

Рис.2.5.3.р.1
Срез стальной трубы после 8 лет эксплуатации на водопроводе

Основными ионами, которые могут приводить к отложениям минеральных солей на стенках металлической трубы являются анионы HCO^{3-}; CO_3^{2-} ; SO_4^{2-} ;$Si0_3^{2-}$ и катионы Ca^{2+}, Mg^{2+}. Подавляющую массу отложений на стенках трубопроводов жилых домов составляет кальцит (карбонат кальция - $CaCO_3$) (см. *рис. 2.5.3.р.1*). Растворимость кальцита в дистиллированной при температуре 25 °С составляет 0,053 г/л, однако с увеличением температуры она существенно снижается. Поэтому по мере повышения температуры возможность отложения $CaCO_3$ увеличивается. Наличие электрического потенциала между стенками металлической трубы и ионами способствует интенсификации процесса солеотложения.

Сшитый полиэтилен внутреннего слоя труб *VALTEC* электрически нейтрален к диссоциированным веществам потока, а отсутствие поверхностных микробугорков защищает трубы от появления «затравочных» солевых кристаллов, поэтому осаждение солей на стенках не происходит, независимо от температуры транспортируемого потока .

Биологическое обрастание в стальных трубах в основном вызывается деятельностью железобактерий, которые превращают двухвалентное железо из гидроокиси (ржавчины) в трехвалентное, которое в виде студенистого, илистого вещества осаждается на стенках. В металлопластиковые трубы железобактерии могут попасть из металлических трубопроводов, с которыми они соединены. Однако, в пластике отсутствует «пища» для этого вида бактерий, а гладкие стенки металлополимерных труб не дают возможности колониям укрепиться на выбранном «платцдарме». Если же из водоразборного крана на металлополимерном трубопроводе все-таки идет «ржавая» вода, то причину надо искать не в металлополимере, а «выше по течению».

Слой алюминия в металлополимерной трубе препятствует проникновению в поток не только кислорода, но и фотонов света, что наблюдается в обычных пластиковых трубах. Свет, попавший в поток, активизирует жизнедеятельность всех микроорганизмов.

Модификация (сшивка) полиэтилена придает ему поверхностную твердость, которая делает трубы *VALTEC* стойкими к воздействию абразивных механических частиц, присутствующих в потоке жидкости.

2.5.4. Гладкость внутренней поверхности труб

Метод экструзии позволяет получать трубы *VALTEC* с очень гладкой внутренней поверхностью.

Степень гладкости трубы в гидравлике оценивается характеристикой шероховатости. В специальной литературе могут использоваться следующие показатели:

- *абсолютная шероховатость Δ* (абсолютное значение величины бугорков шероховатости).

Этот показатель замеряется инструментальными средствами на реальной трубе, но использовать его для гидравлических расчетов нельзя, так как он не отражает количество и распределение микробугорков по сечению;

- *относительная шероховатость* (отношение абсолютной шероховатости к диаметру или радиусу трубы);

- *коэффициент абсолютной равномерно- зернистой шероховатости Кэ* (или просто «эквивалентная шероховатость»). Данный показатель определяется опытным путем и показывает высоту равномерно распределенных по сечению микробугорков, создающих такое же сопротивление потоку, как реальная труба.

Эквивалентная шероховатость труб *VALTEC* составляет **0,007 мм**, что делает их сравнимыми по гладкости с новыми медными и стеклянными трубами. При этом следует учесть, что шероховатость стальных и медных труб увеличивается в процессе эксплуатации, а у МПТ этот показатель остается неизменным весь период службы (см. *таблицу 2.5.4.т.1*).

Сравнительная эквивалентная шероховатость труб из различных материалов

Таблица 2.5.4.т.1

Материал	***Кэ,мм***	***Материал***	***Кэ,мм***	***Материал***	***Кэ,мм***
Металлополимерная труба *VALTEC*	0,007	Новые медные трубы	0,01	Новые чугунные трубы	0,3
Стеклянные трубы	0,001	Медные трубы к концу срока эксплуатации	0,15	Неновые чугунные трубы	4
Стальные оцинкованные трубы	0,07	Бывшие в эксплуатации стальные трубы	0,4	Новые стальные трубы	0,014

Высокая гладкость внутреннего канала обуславливает большую пропускную способность труб. Снижение гидравлических потерь в трубопроводах позволяет применять менее мощные насосы, уменьшать расчетный диаметр труб, увеличивать расход без увеличения уровня шумности трубопроводов.

2.5.5. Сводная таблица технических характеристик труб VALTEC

Таблица 2.5.5.т.1

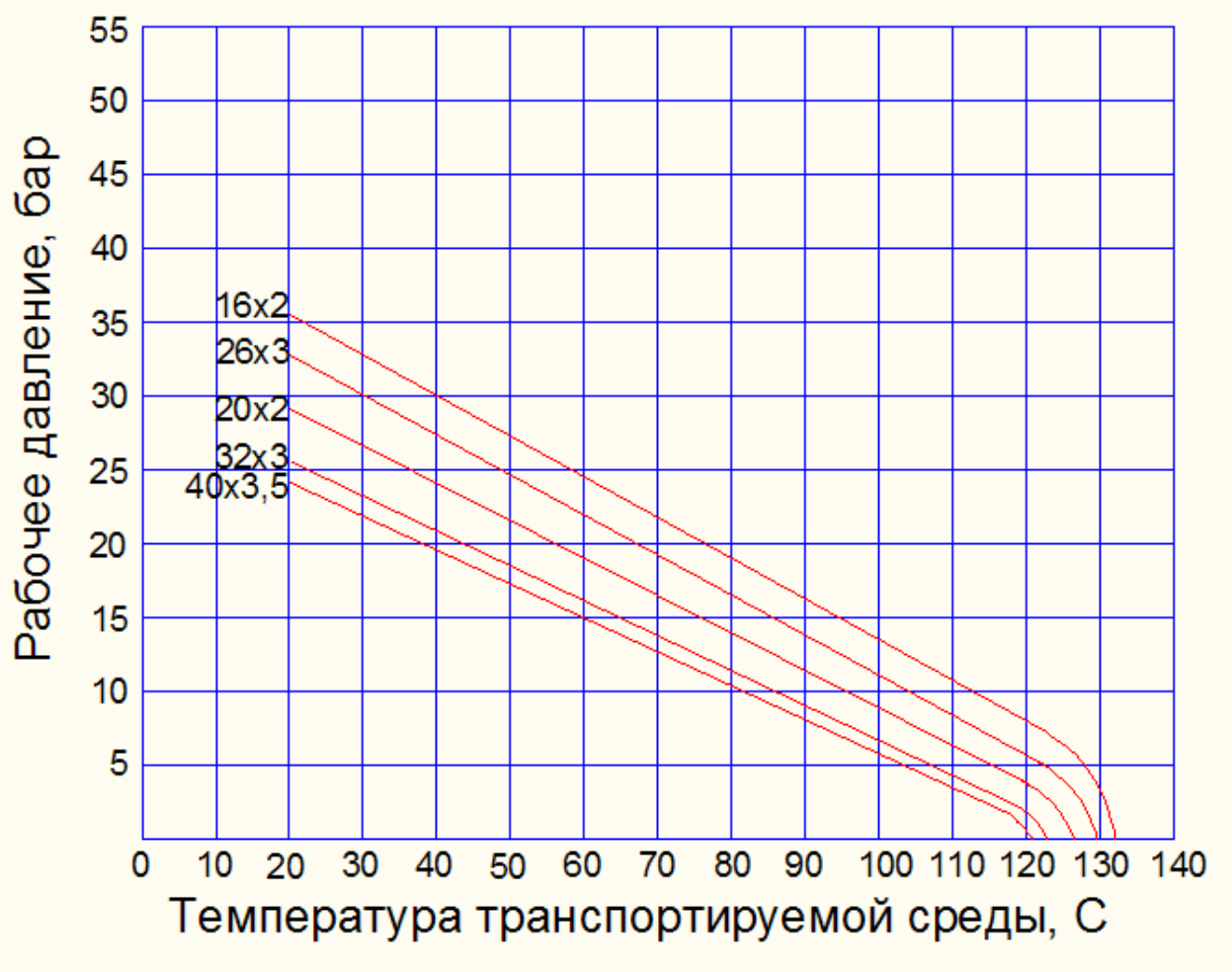
№	Наименование показателя, ед.изм.	Наружный диаметр труб, мм					
		12	16	20	26	32	40
1	Обозначение	12x1,6	16x2,0	20x2,0	26x3,0	32x3,0	40x3,3
2	Внутренний диаметр, мм	8,8	12	16	20	26	33
3	Толщина стенки трубы, мм	1,6	2,0	2,0	3,0	3,0	3,5
4	Толщина слоя алюминия, мм	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4
5	Толщина внутреннего слоя PEX, мм	0,8	1,0	1,1	1,3	1,7	2,0
6	Длина бухты/прутка, м	100	200	100	50	50	5
7	Диаметр бухты, см	60	80	80	80	120	-
8	Вес 1 п.м. трубы, г	75	115	170	300	370	430
9	Длина трубы, вмещающая 1 л, м	16,4	8,85	4,98	3,18	1,88	1,17
10	Объем жидкости в 1 м.п., л	0,061	0,113	0,201	0,314	0,531	0,855
11	Момент инерции сечения, $см^4$	723	2198	4635	14570	29025	67416
12	Рабочая температура при давлении 10 бар, ºС (см.график)	0÷95	0÷95	0÷95	0÷95	0÷95	0÷95
13	Рабочая температура при давлении 25 бар, ºС (см.график)	0÷25	0÷25	0÷25	0÷25	0÷25	0÷25
14	Максимальная кратковременно допустимая температура, ºС	130	130	130	130	130	130
15	Максимальное рабочее давление при максимальной рабочей температуре, бар	10	10	10	10	10	10
16	Класс эксплуатации 1	5	5	5	5	5	5
17	Максимальное (разрушающее) давление при температуре 20ºС, бар	92	84	73	86	68	63
18	Максимальное (разрушающее) давление при температуре 20ºС, бар	77	71	55	57	60	56
19	Стойкость при постоянном внутреннем давлении при температуре, °С:						
19.1	-20 - в течение 1 ч , МПа (не менее)	7,4	6,87	5,32	5,55	4,63	4,01
19.2	- 95 в течение 1 ч, МПа (не менее)	3,28	3,01	2,33	2,44	2,04	1,75
19.3	-95 в течение 100 ч, МПа (не менее)	3,08	2,83	2,20	2,30	1,91	1,65
19.4	-95 в течение 1000 ч, ,МПа (не менее)	2,99	2,75	2,13	2,22	1,85	1,60
20	Прочность кольцевых образцов при поперечном разрыве, Н	2500	2800	2800	3500	3500	3800

21	Коэффициент линейного расширения, 1/ºС	0,26x 10^{-4}	0,26x 10^{-4}	0,26x 10^{-4}	0,28x 10^{-4}	0,27x 10^{-4}	0,28x 10^{-4}
22	Изменение длины после прогрева при температуре (120-3) °С в течение (60+1) мин, %	0,81	0,81	0,81	0,83	0,82	0,82
23	Кислородопроницаемость, мг/(м^2·сут)	0	0	0	0	0	0
24	Минимальная длительная прочность материала наружного и внутреннего слоев, MRS, МПа	10	10	10	10	10	10
25	Массовая доля летучих веществ в сырье наружного и внутреннего слоев	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035
26	Стойкость к расслоению клеевого соединения внутреннего и металлического слоев, Н/см	>50	>50	>50	>50	>50	>50
27	Коэффициент теплопроводности, Вт/м К	0,45	0,45	0,45	0,42	0,44	0,43
28	Группа горючести	Г4	Г4	Г4	Г4	Г4	Г4
29	Группа воспламеняемости	В3	В3	В3	В3	В3	В3
30	Дымообразующая способность	Д3	Д3	Д3	Д3	Д3	Д3
31	Токсичность продуктов сгорания	Т3	Т3	Т3	Т3	Т3	Т3
32	Минимальный радиус изгиба вручную, мм	60	80	100	130	160	550
33	Радиус изгиба с применением кондуктора или трубогиба, мм	40	45	60	95	125	180
34	Коэффициент эквивалентной равномерно-зернистой шероховатости	0,007					
35	Способ сварки алюминия	Неплавящимся электродом в среде инертного газа (TIG), встык					
36	Прочность сварного соединения алюминия, Н/мм2	57					
37	Степень сшивки слоев PEX,%	>65					
38	Соответствие нормативам	ГОСТ 53630					
39	Срок службы трубы при соблюдении паспортных условий эксплуатации, лет	50					

Примечания:

1 - 5 класс – высокотемпературное радиаторное отопление

Рис.2.5.5.р.1 *График зависимости рабочего давления от температуры транспортируемой среды (из условия срока службы 50 лет)*



2.5.6. Длительная прочность труб

Наибольшее распространение в инженерных системах жилых домов сейчас получили трубы, рабочую основу которых составляют следующие пластики:

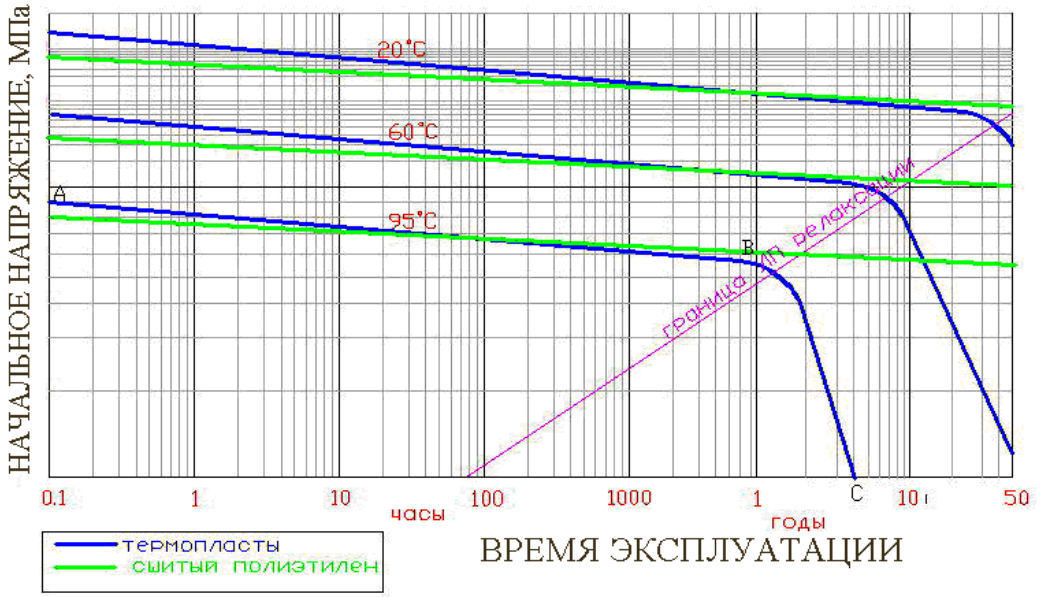
- полиэтилен (*PE, PEHD*);
- полиэтилен повышенной термостойкости (*PERT*);
- полипропилен и его модификации (*PP,PPH,PPB,PPR*)
- хлорированный поливинилхлорид (*PVC-C*);
- сшитый (вулканизированный) полиэтилен (*PEX*).

Первые четыре пластика представляют из себя ярко выраженные термопласты. Их отличительными особенностями являются способность к повторной переработке и наличие так называемого «предела логарифмически-пропорциональной релаксации». На последнем свойстве хотелось бы остановиться подробнее, поскольку именно оно чаще всего и определяет долговременные прочностные характеристики материала.

Как и у многих других материалов, под воздействием постоянной нагрузки прочность термопластов со временем снижается. В общей теории старения материалов это явление получило название «релаксации» (от лат. *relaxatio* — ослабление, расслабление), а вызванный релаксацией рост деформаций – «ползучестью». На определенном участке логарифмического графика зависимость времени до разрушения от начального напряжения в стенке трубы из термопласта представляет из себя практически прямую линию *(рис.2.5.6.р.1 -участок А-В)*.

Такая зависимость дает возможность использовать для определения длительной прочности материала на этом участке экстраполяционный метод Палмгрена-Майнера (Palmgren-Miner). Однако, слепой перенос на термопласты метода, разработанного в 1945 году для металлов, в данном случае можно использовать только частично, поскольку , достигнув определенного значения (того самого «предела логарифмически-пропорциональной релаксации») наклон логарифмического графика резко изменяется *(рис.2.5.6.р.1 -участок В-С)*. Это показывает, что даже при совсем незначительных начальных напряжениях в стенке труба из термопласта через определенный период разрушится. Продолжительность этого периода зависит от материала трубы, начального напряжения и температуры эксплуатации.

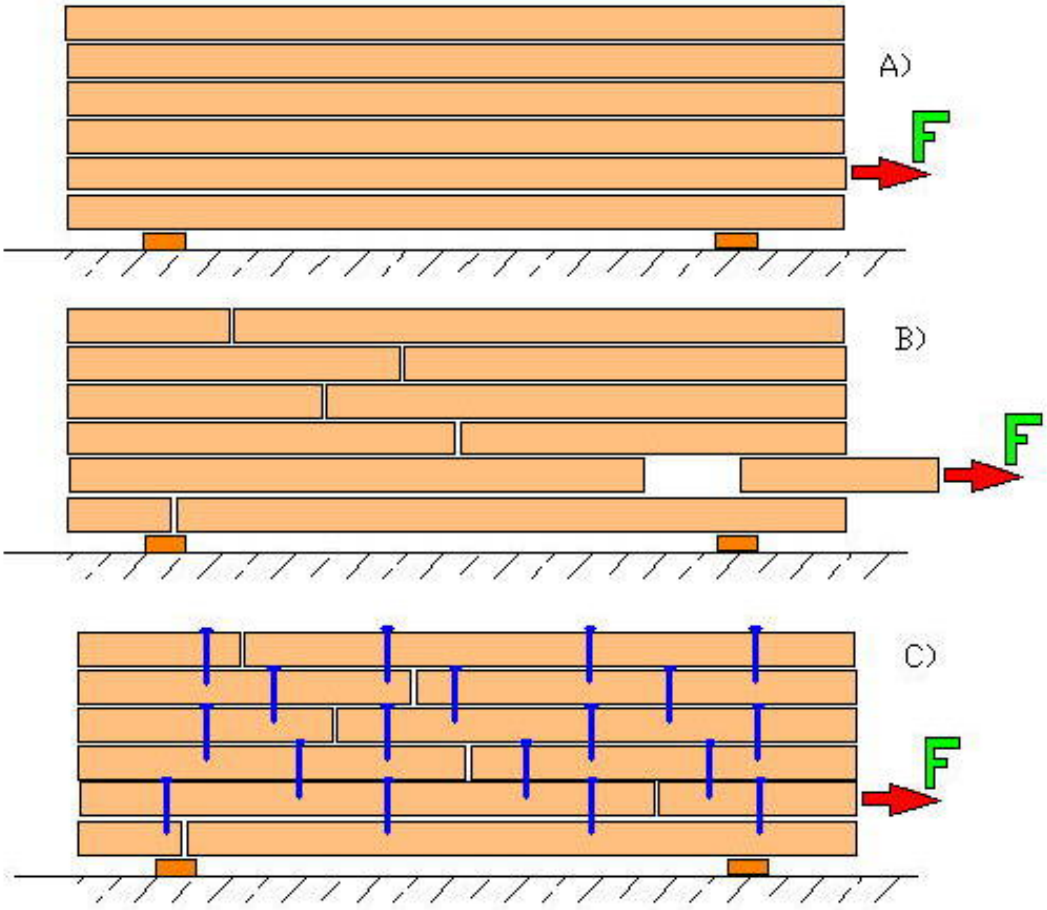
Рис. 2.5.6.р.1 *Вид графиков длительной прочности*



Причину такого явления следует искать в молекулярной структуре термопластичного материала. Эти полимеры состоят из относительно длинных макромолекул (цепочек исходного мономера), имеющих короткие или длинные боковые ответвления. Между собой молекулы связаны только физическими связями (можно назвать их «силами трения»). Под длительной нагрузкой цепочки укорачиваются, соответственно уменьшается и их взаимная связь. В какой-то момент времени «сила трения» уже не

Примитивно, подобное явление можно проиллюстрировать на штабеле длинных досок *(рис.2.5.6.р.2 -А)*. Попытки вытащить доску из штабеля безуспешны, так как сила трения больше горизонтальной силы F. Когда доски в штабеле начали делиться на короткие отрезки *(рис.2.5.6.р.2 -В)* , вытащить доску уже не составляет большого труда.

Рис.2.5.6.р.2 *Аналогия явления релаксации термопласта*



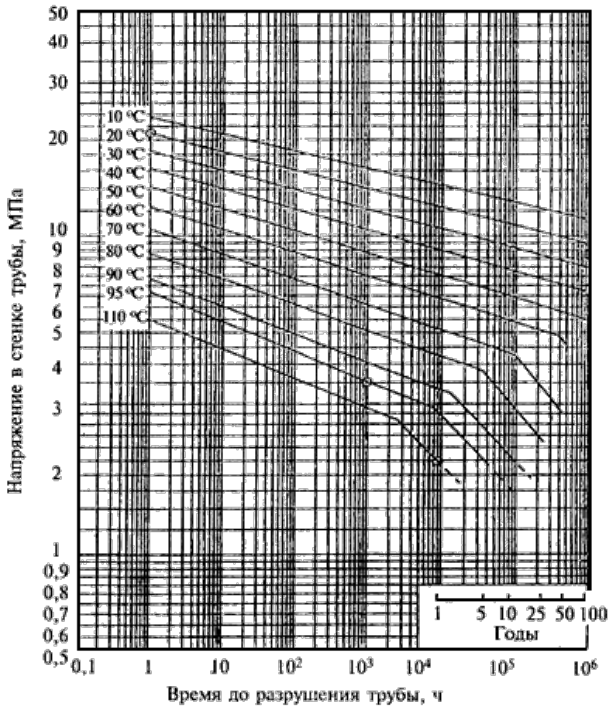
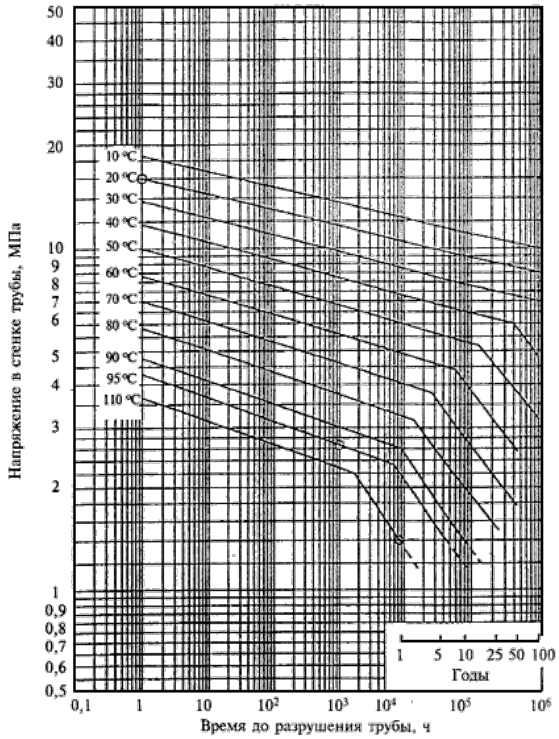
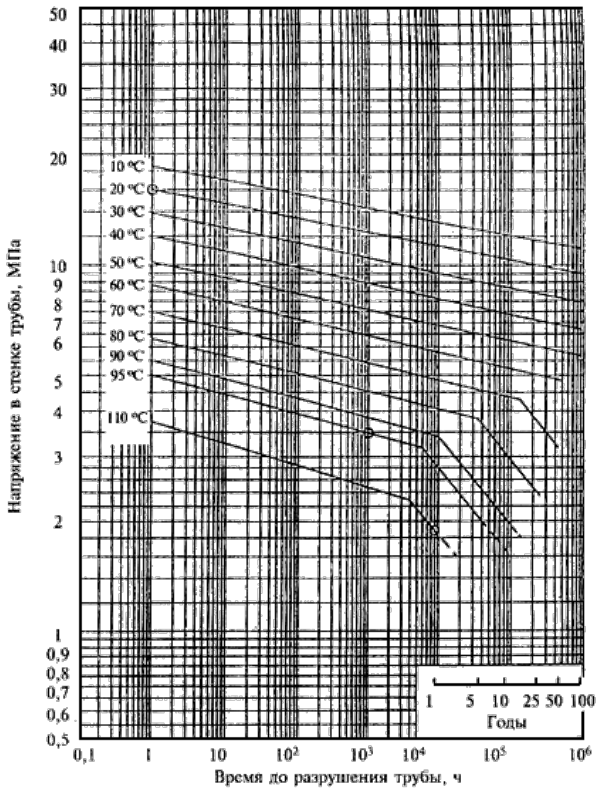
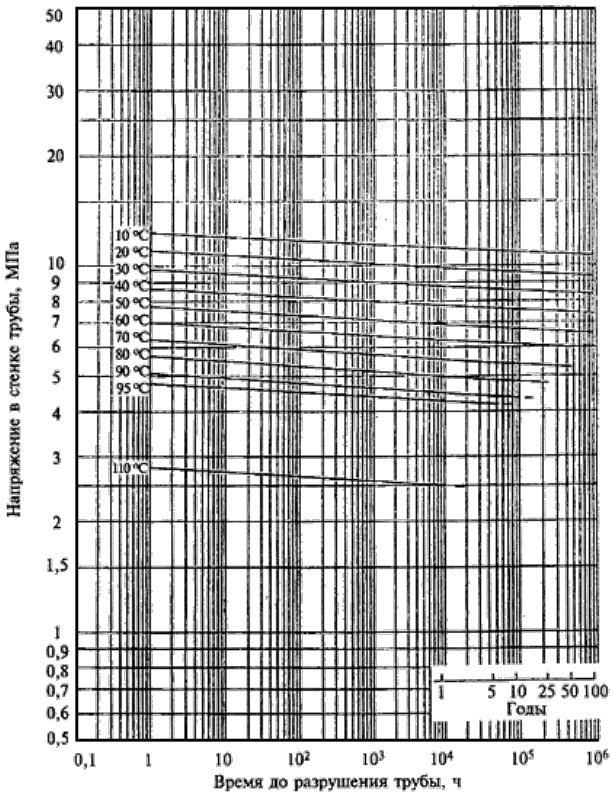
Теперь представим, что все доски в штабеле надежно скреплены между собой гвоздями *(рис.2.5.6.р.2 -С).* Теперь деление длинных досок на короткие ничего не меняет к исходной ситуации. Для сшитого полиэтилена (PEX) пространственные химические связи, объединяющие макромолекулы в единую структуру, и являются своеобразными «гвоздями». Сшитый полиэтилен перестает быть термопластом. Его невозможно снова расплавить и сформовать. При достижении критической температуры материал просто разрушится. Такие полимеры называют «реактопластами». График длительной прочности сшитого полиэтилена в логарифмических координатах близок к наклонной прямой на всем своем протяжении, поэтому рассчитать эту прочность можно с достаточной степенью точности.

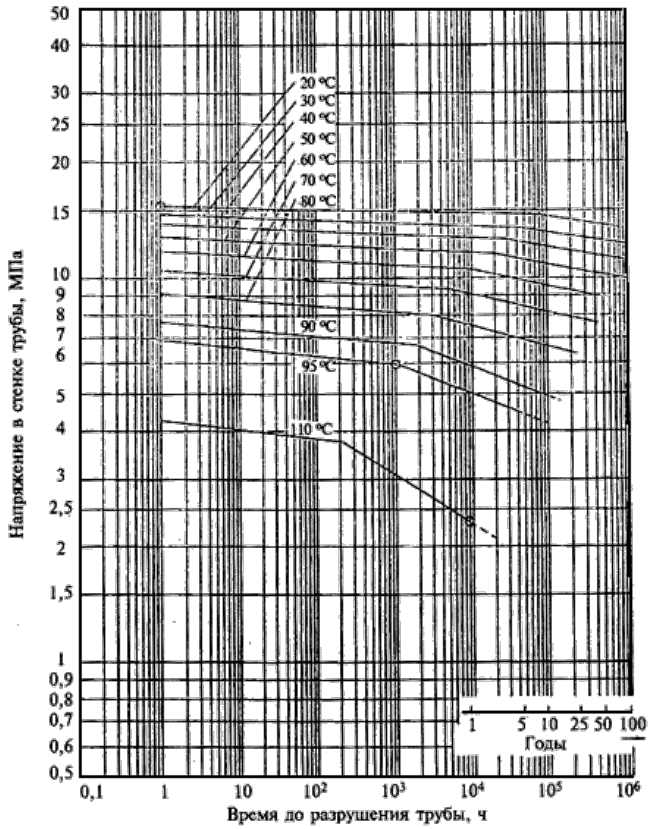
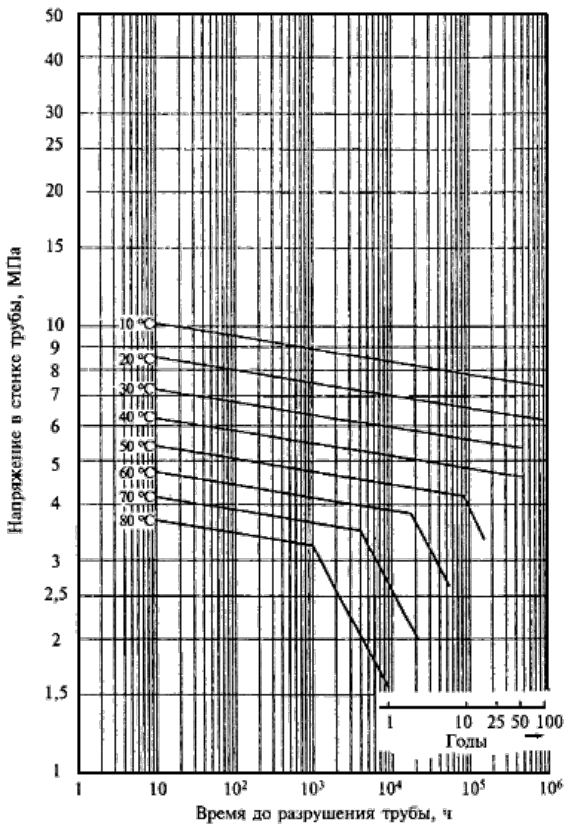
Расчет металлополимерных и пластиковых труб, предназначенных для систем высокотемпературного отопления (5 класс эксплуатации) структур PEX-AL-PEX и PEX-EVOH-PEX ведется на основании предсказуемых временных графиков, чего нельзя сказать о термопластах. Наличие точек излома на графиках длительной прочности делает расчет заведомо ориентировочными, поскольку на сегодняшний день еще не накоплено достаточного количества экспериментальных данных . Ведь для того, чтобы получить точку перегиба графика , например, для полипропилена PP-H при температуре 70°C тест нужно продолжать не менее 400000 часов (46 лет) (см. *Рис.2.5.6.р.3*).

Не рекомендуется использовать в высокотемпературном отоплении такой материал как *PERT*. Этот пластик, у которого боковые ветви развиты до октеновых, относится к термопластам и также имеет перегиб на графике, однако производители и продавцы предпочитают его не показывать, устремляя прочностные характеристики материала в бесконечность и вводя в заблуждение

Эталонные кривые длительной прочности для различного вида пластиков

Рис.2.5.5.р.3

Полипропилен PP-H 100	***Полипропилен PP-B 80***
	
Полипропилен PP-R 80	***Сшитый полиэтилен PEX***
	

Полибутен PB-125	Несшитый полиэтилен PE-63
	

PERT

Приведенные эталонные графики длительной прочности разработаны для однородных труб из конкретного материала (монотруб).
Для многослойных (комбинированных) труб, на которые отечественные стандарты пока не разработаны, нормативом ISO 21003-2 предписывается графики длительной прочности строить не в координатах «начальное напряжение – время до разрушение», а в координатах «начальное давление – время до разрушения». Такой подход требует проводить длительные и затратные испытания каждого типоразмера трубы , а главное -он не позволяет аналитически конструировать трубы под требуемые рабочие параметры.
Результаты многочисленных испытаний на длительную прочность труб VALTEC проводимых в «Лаборатории комплексных испытаний элементов инженерных систем» (ЛаКИЭлИС) с 2002 года, а также анализ опубликованных графиков длительной прочности металлополимерных труб ряда других производителей (Henco, Dalpex, BorPEX пр.), позволили установить, что для полимерных труб с армирующим металлическим слоем могут использоваться графики длительной прочности соответствующего полимера с введением поправочного коэффициента «K_{eq}» к начальному эквивалентному напряжению в стенке трубы. При этом под термином «эквивалентное напряжение» понимается напряжение , возникающее в стенке однослойной трубы при том же давлении и при тех же габаритных размерах, что и у рассчитываемой многослойной трубы. Поправочный коэффициент является расчетной величиной , и его можно определить по формуле:

$$K_{eq} = \frac{(D+d)}{(D-d)}\left[\frac{AD-2\delta_{al}-d}{AD-2\delta_{al}+d} + \frac{K\delta_{al}}{AD-\delta_{al}} + \frac{(1-A)}{(1+A)}\right] \quad (2.5.6.ф.1)$$

Где:
D –наружный диаметр трубы, мм;
d – внутренний диаметр трубы, мм;
$\delta_{ал}$- толщина армирующего слоя (алюминия), мм;
А –отношение наружного диаметра армирующего слоя к наружному диаметру трубы;
К – отношение минимальной длительной прочности армирующего слоя к минимальной длительной прочности полимера.
Для каждого типоразмера металлополимерной трубы поправочный коэффициент рассчитывается отдельно (*см. табл.2.5.6 т.1*)

Поправочные коэффициенты для труб VALTEC PEX-AL-PEX

Таблица 2.5.6. т.1

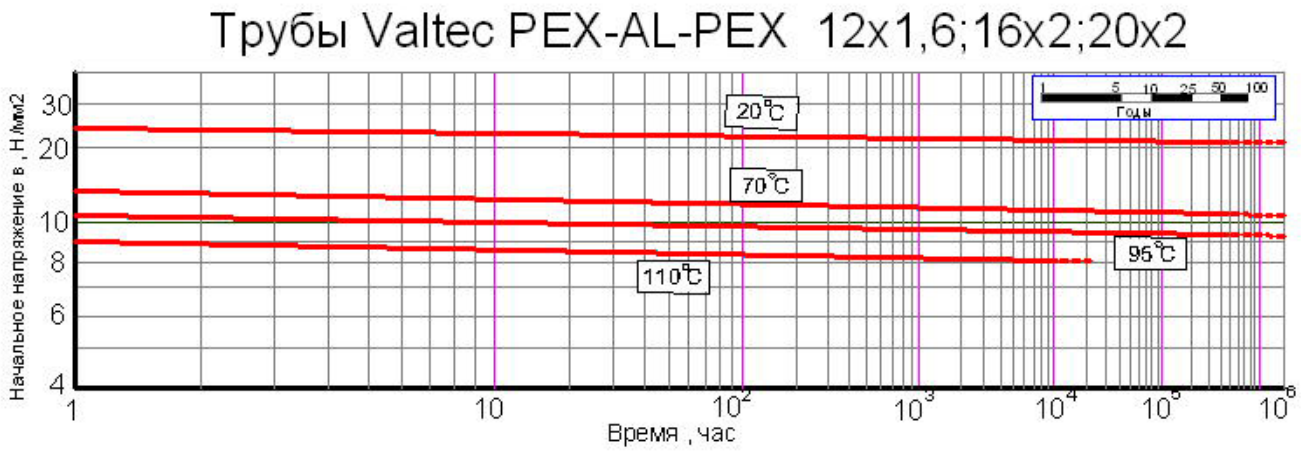
Типоразмер	12x1,6	16x2,0	20x2,0	26x3,0	32x3,0	40x3,5
K_{eq}	2,20	2,18	2,17	1,93	2,03	1,89

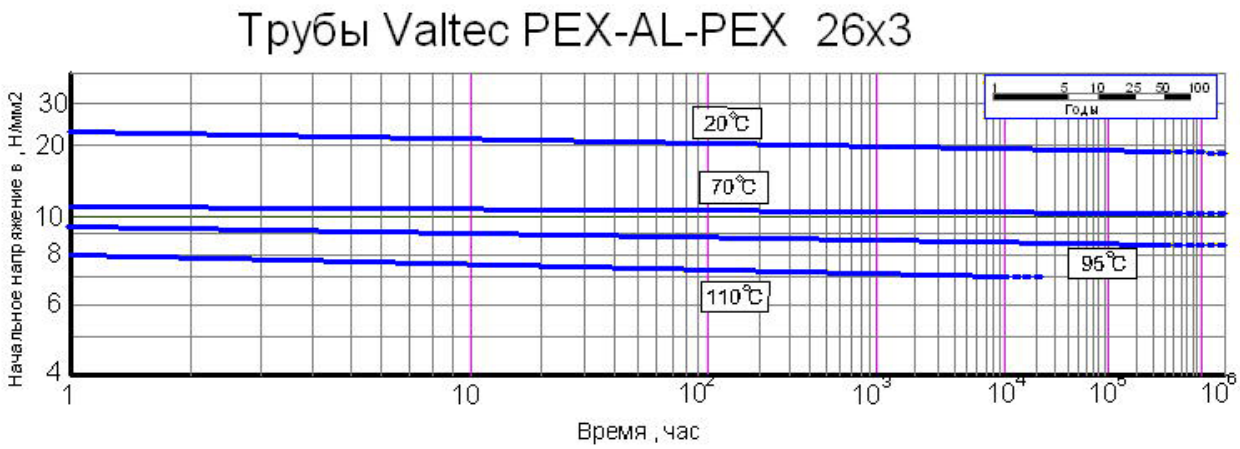
Учет продольных (вдоль образующей) деформаций через коэффициент Пуассона (1-μ) существенного влияния на результаты расчетов не оказывает
Таким образом, семейство графиков длительной прочности труб VALTEC PEX-AL-PEX, можно выразить аппроксимационной формулой:

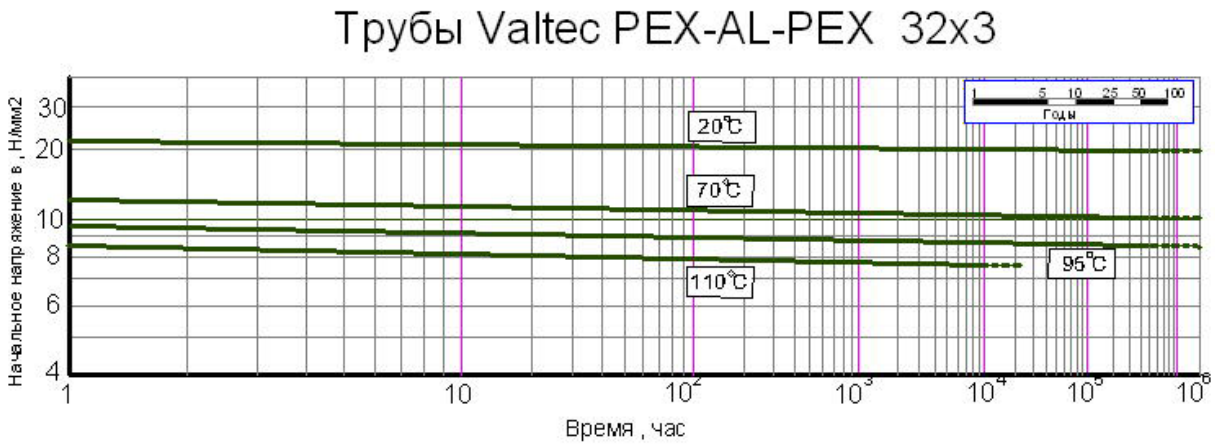
$$\log(t) = -105{,}8616 + \frac{57895{,}49}{T} + \log(\sigma_{eq}/K_{eq}) \times \left(-27{,}7997 - \frac{18506{,}15}{T}\right) \quad (2.5.6.ф.2)$$

где
t – время до разрушения ,часы;
Т – абсолютная температура, ºС;
σ_{eq} – начальное эквивалентное напряжение в стенке трубы, Н/мм2.

Рис.2.5.6.р.4 *Графики длительной прочности МПТ VALTEC*







Классы эксплуатации

Все трубопроводы внутренних инженерных систем зданий подвергаются температурным воздействиям, продолжительность каждого из которых нормативно определена ГОСТ Р 52134-2003 (т. 26) в зависимости от класса эксплуатации (*см таблицу 2.5.6.т.2*).

Классы эксплуатации по ГОСТ 52134-2003

Таблица 2.5.6.т.2

Класс эксплуатации	$T_{раб.}$, °С	Время при $T_{раб}$, год	$T_{макс}$, °С	Время при $T_{макс}$, год	$T_{авар}$, °С	Время при $T_{авар}$, ч	Область применения
1	60	49	80	1	95	100	Горячее водоснабжение (60 °С)
2	70	49	80	1	95	100	Горячее водоснабжение (70 °С)
3	30 40	20 25	50	4,5	65	100	Низкотемпературное напольное отопление
4	20 40 60	2,5 20 25	70	2,5	100	100	Высокотемпературное напольное отопление Низкотемпературное отопление отопительными приборами
5	20 60 80	14 25 10	90	1	100	100	Высокотемпературное отопление отопительными приборами
ХВ	20	50	-	-	-	-	Холодное водоснабжение

В таблице приняты следующие обозначения:

$T_{раб}$ - рабочая температура или комбинация температур транспортируемой воды, определяемая областью применения;

$T_{макс}$ - максимальная рабочая температура, действие которой ограничено по времени;

$T_{авар}$ - аварийная температура, возникающая в аварийных ситуациях при нарушении систем регулирования.

Так, для высокотемпературного отопления (5 класс), за 50-летний срок эксплуатации трубопровод 14 лет должен выдерживать температуру 20 °С; 25 лет -60 °С; 10 лет -80°С;
1 год – 90 °С, а также, в аварийном режиме должен выдержать температуру 100 °С в течение 100 часов.
Используя формулу Майнера , можно определить максимально допустимое эквивалентное напряжение в стенке трубы при переменном температурном режиме в течение заданного срока эксплуатации.

$$t = \frac{100}{\Sigma a_i \ / t_i}, \qquad (2.5.6.ф.3)$$

Здесь:
t – срок эксплуатации в годах;
a_i – доля действия *i*-той температуры в течение года,%;
t_i – расчетное время непрерывного действия *i*-той температуры при расчетном эквивалентном напряжении в стенке для данного режима работы, лет.
Для труб *VALTEC* предельное эквивалентное начальное напряжение в стенке для расчета длительной прочности (класс 5) рассчитывается в соответствии с представленной таблицей *2.5.6.т.3*.

Расчет срока службы трубы VALTEC для 5-го класса эксплуатации

Таблица 2.5.6.т.3

Показатель	Режимы эксплуатации				
Температура, ºС	20	60	80	90	100
Время действия режима, лет	14	25	10	1	0,011416
Доля действия режима в течение года,%	27,99	49,99	19,99	1,99	0,0114
Максимальное эквивалентное напряжение в стенке, МПа, для труб:					
12x1,6	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17
16x2,0	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
20x2,0	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
26x3,0	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
32x3,0	6,61	6,61	6,61	6,61	6,61
40x3,5	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16
Коэффициент запаса прочности	1,5	1,5	1,5	1,3	1
Расчетное эквивалентное напряжение, МПа					
12x1,6	10,75	10,75	10,75	9,32	7,17
16x2,0	10,65	10,65	10,65	9,23	7,10
20x2,0	10,6	10,6	10,6	9,19	7,07
26x3,0	9,43	9,43	9,43	8,17	6,29
32x3,0	9,92	9,92	9,92	8,60	6,61
40x3,5	9,23	9,23	9,23	8,00	6,16
Время непрерывного действия, час	$1,36x10^{31}$	$4,23x10^{12}$	$8,8x10^{4}$	$1,35x10^{6}$	$1,55x10^{11}$
Годовая доля	$2,05x10^{-30}$	$1,181x10^{-11}$	$2,2x10^{-4}$	$1,47x10^{-6}$	$1,46x10^{-13}$

Срок службы	$4{,}41 \times 10^5$ часов=50 лет

Зная расчетное начальное эквивалентное напряжение в стенке трубы при долговременной эксплуатации, можно определить рабочее давление для каждого типоразмера трубы по формуле:

$$P = \frac{20\sigma_{eq} s}{D - s} \qquad (2.5.6.ф.4)$$, где

s- толщина стенки трубы, мм.

Расчетное рабочее давление для труб VALTEC (класс 5) ***Таблица 2.5.6.т.4***

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Рабочее давление, бар	Заявленное рабочее давление, бар	Дополнительный запас прочности, %
12	1,6	22,0	10	120
16	2	20,3	10	103
20	2	15,7	10	57
26	3	16,4	10	64
32	3	13,7	10	37
40	3,5	11,8	10	18

Из представленной таблицы видно, что трубы *VALTEC* при заявленном рабочем давлении 10 бар и при использовании в высокотемпературном отоплении (5 класс эксплуатации) имеют дополнительный (к требуемому по ГОСТ) запас прочности.
Значение расчетных начальных эквивалентных напряжений в стенке трубы, принимаемых в расчетах на длительную прочность для каждого класса эксплуатации приведены в *таблице 2.5.6.т.5*.

Расчетные начальные эквивалентные напряжения в стенках и рабочее давление для труб VALTEC различных классов эксплуатации

Таблица 2.5.6.т.5.

Класс эксплуатации	1	2	3	4	5	ХВ
Эквивалентное напряжение, МПа						
12x1,6	8,51	7,83	11,1	8,83	7,17	13,97
16x2	8,43	7,76	10,99	8,75	7,10	13,84
20x2	8,39	7,73	10,94	8,71	7,07	13,78
26x3	7,46	6,87	9,73	7,74	6,29	12,25
32x3	7,85	7,23	10,24	8,15	6,61	12.89
40x3,5	7,31	6,73	9,53	7,58	6,16	12,0
Расчетное рабочее давление для труб, бар:						
12x1,6	26,0	24,0	34,1	27,2	22,0	42
16x2	24,0	22,2	31,0	25	20,3	39,5
20x2	18,6	17,2	24,3	19,3	15,7	30,6
26x3	19,4	17,9	25,3	20,1	16,4	32,0
32x3	16,2	15,0	21,2	16,8	13,7	26,6

2.6. Правила транспортировки и хранения труб

В соответствии с ГОСТ 19433, металлополимерные трубы не относятся к категории опасных грузов, что допускает их перевозку любым видом транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

При железнодорожных и автомобильных перевозках бухты (пакеты) труб допускаются к транспортировке только в крытом подвижном составе.

Во избежание повреждения труб их следует укладывать на ровную поверхность, без острых выступов и неровностей. Сбрасывание труб с транспортных средств не допускается.

Хранение металлополимерных труб должно производиться по условиям 5 (ОЖ4) , раздела 10 ГОСТ 15150 в проветриваемых навесах или помещениях.

Трубные бухты допускается хранить в штабелях высотой не более 3м. При хранении трубы должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

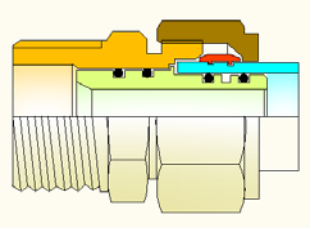
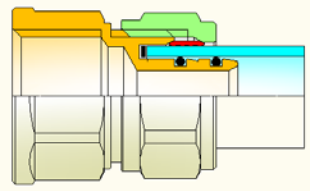
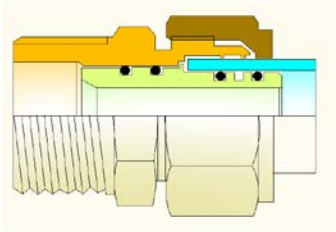
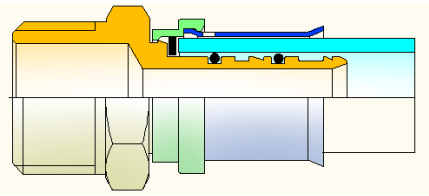
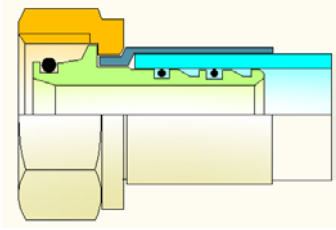
При хранении при отрицательных температурах, бухта трубы должна быть перед распаковкой выдержана не менее 2-х часов при температуре воздуха не ниже +10ºС.

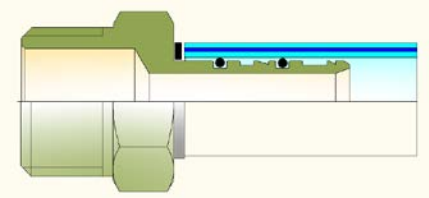
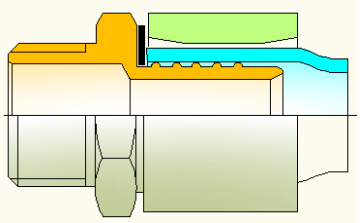
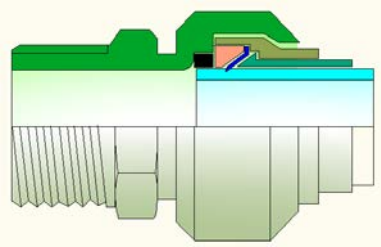
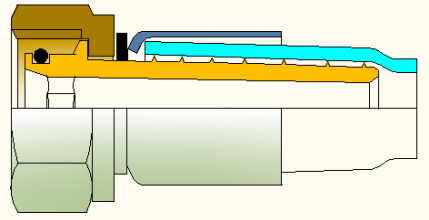
3.ФИТИНГИ

3.1. Общие сведения о фитингах для металлополимерных труб

Соединение металлополимерных труб может осуществляться с помощью различных видов фитингов, наиболее распространенные из которых представлены *таблице 3.1.т.1*.

Основные типы фитингов для МПТ **Таблица 3.1.т.1**

Тип фитингов /производитель)	*Конструкция фитинга*	*Достоинства*	*Недостатки*
Обжимные			
- латунные составные (Walsir; Kisan)		Монтируется рожковыми ключами. Используются резьбовые фасонные части. Многоразовое использование.	Менее надежны, чем цельные. Нельзя замоноличивать.
- латунные цельные (VALTEC, Comisa; Hewing,Walsir; NTM; Henco)		Монтируется рожковыми ключами. Многоразовое использование.	Нельзя замоноличивать
- латунные без обжимного кольца (Demit; Metzerplas)		Монтируется рожковыми ключами.	Нельзя замоноличивать. Одноразовое использование.
Пресс-фитинги			
- латунные цельные (VALTEC; Walsir; Frankische; Coes; Comisa)		Можно замоноличивать. Надежнее составных.	Требуют специального инструмента. Одноразовое использование.
-пластиковые (PPSU;PVDF) (Walsir; Frankische; Henco)		Можно замоноличивать.	Требуют специального инструмента. Одноразовое использование. Материал «стареет».
-латунные составные (Kisan;VALTEC)		Можно замоноличивать. Используются резьбовые фасонные части.	Требуют специального инструмента. Одноразовое использование. Менее надежны, чем цельные.

-фитинги с прямой запрессовкой (без гильзы) (Geberit)		Можно замоноличивать. Не требуется гильза.	Труба дорогая из-за толстого слоя алюминия. Прочность соединения ниже, чем при стальной гильзе.
Надвижные			
-латунные (TECE)		Можно замоноличивать. Низкие потери давления.	Требуют специального инструмента. Появляется ослабленное сечение трубы.
-PPSU (Rotex)		Можно замоноличивать. Низкие потери давления.	Требуют специального инструмента. Появляется ослабленное сечение трубы. Материал «стареет».
-PPSU с латунной гильзой (TECE)		Можно замоноличивать. Низкие потери давления.	Требуют специального инструмента. Появляется ослабленное сечение трубы. Материал «стареет».
Push –фитинги (штекерные)			
-PPSU (полифенилсульфон) (Friatherm; Walsir; Barbi)		Инструмент не нужен. Ускоренный монтаж.	Давление не более 6 бар. Нельзя замоноличивать. Низкая надежность. Материал «стареет».
Врезные			
-латунные (Itap)		Монтируется шестигранным ключом. Низкие потери давления.	Возможно прорезание внутреннего слоя. Нельзя замоноличивать. Ослабленное сечение трубы.

Соединение с помощью ***обжимных*** фитингов является наиболее доступным для большинства монтажников. Для его исполнения требуется минимальный набор инструментов : два рожковых ключа и калибр. Даже несмотря на то, что обжимное соединение является разборным, то есть требует периодического обслуживания (подтяжки накидной гайки), спрос на обжимные фитинги в несколько раз превышает спрос на неразъемные соединители. Именно «разборность» обжимных фитингов даёт возможность использовать их там, где время от времени требуется разборка соединений (например, присоединение водонагревателя или насоса).

Для соединения труб *VALTEC* разработаны две серии фитингов: обжимные – серии ***VTm.300*** и прессовые – серии ***VTm.200.*** Литера «***m***» в маркировке соединителей - типовое окончание марки фитингов для металлополимерных труб, от итальянского слова «***multistrato***» (многослойная). Номенклатура выпускаемых соединителей ***VTm*** приведена в *приложениях 2 и 3*.

3.2. Гидравлические параметры фитингов VTm

При конструировании фитингов для металлополимерных труб *VALTEC* разработчики стремились свести до минимума основной недостаток этих изделий – повышенное (по сравнению с резьбовыми трубными фитингами) гидравлическое сопротивление потоку.

Из курса гидравлики известно, что для трубного соединителя гидравлические потери складываются из потерь на сужение и расширение потока, линейных потерь от шероховатости стенок фитинга, потерь на изменение направления потока и потерь на перераспределение потока (разделение, слияние).

Оптимизация каждого из этих слагаемых является основной задачей при проектировании фитингов для металлополимерных систем.

Существенное влияние на снижение гидравлического сопротивления фитингов оказывает правильный подбор угла , под которым поток рабочей среды входит в штуцер соединителя (конфузор) и выходит из штуцера (диффузор).

Коэффициент местного сопротивления диффузора можно выразить формулой:

$$\zeta_{диф} = \frac{\lambda_T}{8 \cdot \sin(\alpha/2)}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) + \sin\alpha\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2$$

λ_T -коэффициент трения. Для латунных фитингов, во всех трех областях турбулентного потока этот коэффициент лежит в пределах от 0,019 до 0,04.

α – угол диффузора или конфузора;

n – отношение большей площади поперечного сечения потока, к меньшей (степень расширения диффузора).

Функция $\zeta = f(\alpha)$имеет минимум при некотором наивыгоднейшем оптимальном значении угла α, оптимальное значение которого определится следующим выражением:

$$\alpha_{опт} = \arcsin\sqrt{\frac{n+1}{n-1} \cdot \frac{\lambda_T}{4}}$$

Коэффициент местного сопротивления конфузора определяется формулой:

$$\zeta_{конф} = \frac{\lambda_T}{8 \cdot \sin(\alpha/2)}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

Сложность выбора оптимального угла сопряжения потоков состоит в том, что, если для диффузора такой угол лежит в пределах от 5 до 10°, то для конфузора он составляет от 30 до 38°. Кроме того, уменьшение угла α приводит к увеличению длины переходного участка, а , значит, увеличивает потери на трение.

В ходе лабораторных исследований на стенде гидравлических испытаний были подобраны такие значения углов диффузора и конфузора для каждого фитинга. Которые обеспечивали бы минимальные потери давления при прохождении потока в любом направлении.

За счет изменения режимов токарной обработки корпусов фитингов, была понижена шероховатость внутренней поверхности канала. Если традиционно в подобных изделиях степень точности обработки определялась квалитетом IT 13 (допуск для диаметра 8мм – 220мкм) то фитинги *VTm* выпускаются с поверхностью канала, имеющей квалитет IT 10 (допуск для диаметра 8мм -58 мкм). В результате эквивалентную шероховатость канала удалось снизить на 14 %. Оптимизирована длина и внутренний диаметр штуцера каждого фитинга.

Совокупность перечисленных мер дала возможность достичь для фитингов *VTm* пропускной способности на 10-15 % выше, чем у аналогичных соединителей других производителей.

Для каждого конкретного фитинга опытным путем были установлены коэффициенты местных сопротивлений при любых заданных расходах и направлениях потока, что дает возможность выполнять гидравлические расчеты систем с низкой степенью погрешности.

3.3. Соединители VTm

3.3.1. Материал корпуса.

Корпуса фитингов, а также накидные гайки обжимных соединителей *VTm* выполнены из латуни. *Латунь* представляет из себя двойной или многокомпонентный медный сплав, в котором основным легирующим компонентом является *цинк*. По сравнению с медью латунь обладает более высокой прочностью и коррозионной стойкостью.
В зависимости от доли цинка в латуни, она может находиться в различных фазовых состояниях (см. *таблицу 3.3.1.т.1*.).

Фазовые состояния латуней, в зависимости от процентного содержания цинка.

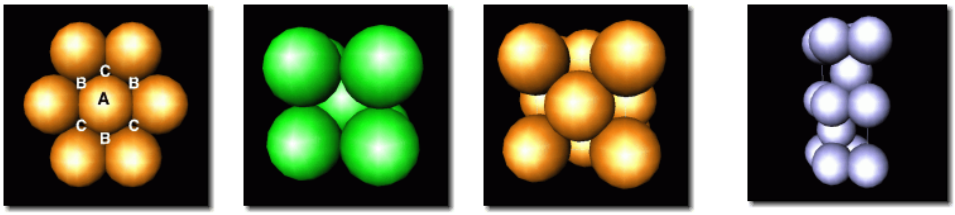
Таблица 3.3.1.т.1

Цинк,%	0-39	39-49	49-51	51-58	58-64	64-79	79-83	83-100
Фаза при 100°C	α	α+β′	β′	β′+γ	γ	γ+ε	ε	ε+η

Каждое фазовое состояния характеризуется своей электронно-кристаллической решеткой. Характерная для чистой меди «кубическая плотно-упакованная» (КПУ) решетка (*рис.3.1.1.р.1*.-А) обуславливает мягкость и ковкость материала. В латуни такая же решетка обнаруживается в α-фазе. Для чистого цинка присуща «гексагональная плотно-упакованная» (ГПУ) решетка (*рис.3.1.1.р.1*.-Г), придающая материалу твердость и хрупкость. Этим характеризуется ε-стадия латуни. Кубическая объемно-центрическая решетка (ОЦК) (*рис.3.1.1.р.1*.-Б) и кубическая гране-центрическая решетка (ГЦК) (*рис.3.1.1.р.1*.-В) соответствуют β и γ - фазам латуни.

Рис. 3.1.1.р.1 *Виды кристаллических решеток металлов*

А ***Б*** ***В*** ***Г***



Каждое из этих состояний характеризуется индивидуальными прочностными характеристиками и температурными интервалами для нагрева под обработку давлением, рекристаллизационного отжига и отжига для уменьшения остаточных напряжений.

Рис. 3.1.1.р.2 Зависимость показателей прочности и пластичности латуни от содержания цинка.

Латунь обладает двумя критическими точками. Точка максимальной пластичности присуща латуни с содержанием цинка *33%.* Точка максимальной прочности соответствует латуни с содержанием цинка *47%.(см. рис.3.1.1.р.2).* Дальнейшее повышение количества цинка в сплаве на каждый 1% снижает прочность латуни на 20%. В практике наиболее часто используются пластичные в холодном и горячем состоянии α (α+β) латуни, а также пластичные только при высоких температурах β латуни.
Применение различных добавок позволяет получать латуни с заранее заданными свойствами (см. *таблицу 3.1.1.т.2*).

Влияние присадок и добавок на свойства латуни.

Таблица 3.1.1.т.2

Вид примеси	***Влияние на свойства латуни***
Железо -*Fe*	Способствует измельчению зерна. Повышает механические и технологические свойства. В кремнистых латунях снижает антифрикционные свойства, уменьшает коррозионную стойкость.
Алюминий -*Al*	Повышает твердость и прочность, коррозионную стойкость. Снижает пластичность.
Марганец -*Mn*	Повышает механические свойства.
Олово -*Sn*	Повышает твердость, прочность и коррозионную стойкость. Снижает пластичность. Придает хрупкость в холодном состоянии.
Никель -*Ni*	Повышает растворимость цинка в меди до полного исчезновения β′-фазы. Повышает коррозионную стойкость.
Свинец-*Pb*	Улучшает податливость латуни токарной обработке и прессованию.
Кремний-*Si*	Повышает антикоррозийные и литейные свойства.
Мышьяк -*As*	Предохраняет латунь от вымывания цинка в пресной воде и при высоких температурах
Фосфор -*P*	Повышает твердость, снижает пластичность. Ускоряет рост зерна.
Сурьма -*Sb*	Приводит к разрушению латуни при горячей и холодной обработке давлением.
Сера -*S*	Ухудшает все свойства латуни.

Для изготовления фитингов *VTm* используется латунь с содержанием меди 58% (CW617N по EN 12165, ЛС59-2 по ГОСТ 15527). В стандартах различных стран эта латунь имеет следующие обозначения:
- стандарт EN -CuZN40Pb;
- стандарт ASTM - C 38000;
- нормы DIN (*17760*) – 2.0402;
- стандарт BS – CZ 120;
- стандарт JIS – C3603 .

Стандарты на состав латуни приведены в *приложении 7*.

Содержание в сплаве свинца не превышает 1,9%. Такой состав гарантирует достаточную прочность изделия, а также позволяет легко производить его горячую объемную штамповку, токарную обработку и нарезку резьбы.

Кроме тщательного входного анализа исходного сырья на заводе-изготовителе, состав латуни контролируется на образцах готовых изделий из каждой поступающей в Россию партии. Контроль состава производится в Лаборатории комплексных испытаний элементов инженерных систем (*ЛаКИЭлИС, Санкт-Петербург*).

Корпус и накидная гайка фитингов имеют гальванопокрытие из никеля.

В настоящее время ряд фирм, выпускающих фитинги для металлопластиковых труб, использует, так называемую, *«пищевую латунь»* без наружного защитного покрытия, которая имеет обозначение DZR (DeZincification Resistance – стойкая к вымыванию цинка). «Пищевая» латунь получается путём добавления в сплав мышьяка, который инициирует полное растворение цинка в меди и исчезновение β-фазы твердого раствора. По EN 12165 эта латунь имеет обозначение CW602N (ASTM –C35330;EN –CuZN36Pb2As; JIS- CZ 132), однако наличие мышьяка в этой латуни вызывает серьезные опасения при использовании фитингов на водопроводе хозяйственно питьевого назначения.

Фирма *VALTEC s.r.l.* не пошла по пути использования «пищевой» латуни по следующим соображениям: легирование латуни действительно связывает цинк и предотвращает его вымывание, однако этот метод никак не защищает латунь от химической , электрохимической , а главное – подшламовой коррозии. Ведь и сама медь при неблагоприятных условиях может достаточно активно корродировать.

Язвенная коррозия латуни наиболее часто проявляется в местах повышенной турбулентности потока: в зонах резкого изменения направления потока и изменения сечения канала. А ведь именно эти зоны и присутствуют в любом фитинге.

Гальваническое покрытие латуни позволяет защитить ее от гораздо большего количества неблагоприятных воздействий, чем легирование. В частности, никелевое покрытие отлично защищает латунь от разрушения ионами хлора и аммиака. Напомним, что хлорирование воды производится на водозаборных станциях для ее обеззараживания, а аммиак добавляется в процессе химводоподготовки котловой воды для снижения содержания кислорода.

3.3.2. Особенности конструкции корпуса.

Если рассмотреть конструкцию обычного резьбового сгона в сборе, то в его состав входит муфта и прижимная гайка. Гайка притягивается к муфте, тем самым воздействуя на уплотнительный материал (ленту ФУМ или лен) и полностью герметизируя соединение.

В фитингах *VTm* с переходом на наружную трубную резьбу роль прижимной гайки играет специальный буртик (*рис.3.3.2.р.1- 1*). Он одновременно ограничивает заход резьбы в ответный соединитель, предохраняя обжимное кольцо от излишней деформации после смыкания. Многие изготовители подобного буртика не делают из соображений экономии металла. В результате ход резьбы ничем не ограничивается и качественное уплотнение соединения создать затруднительно.

Для удобства монтажа на корпусе обжимных фитингов *VTm* имеются специальные площадки под рожковый ключ (*рис.3.3.2.р.1-2)* . Расстояние между параллельными плоскостями двух таких площадок на противоположных сторонах фитинга точно соответствует стандартному размеру рожкового ключа. Подобные площадки есть на изделиях многих фирм, но на них, как правило, помещают выпуклые литеры (товарный знак, диаметр), что исключает их первоначальное предназначение. У фитингов *VTm* литеры на площадках не выступают за их плоскости.

Утопленные литеры имеют и еще одно немаловажное назначение. На формооснастке, в которой изготавливаются фитинги, эти литеры - выпуклые. По степени износа выпуклых литер на

готовом изделии должно само сигнализировать о необходимости замены оснастки. Фактически, каждая форма рассчитана на 100000 циклов, после чего она подлежит замене.

***Рис. 3.3.2.р.1**. Обжимной фитинг*

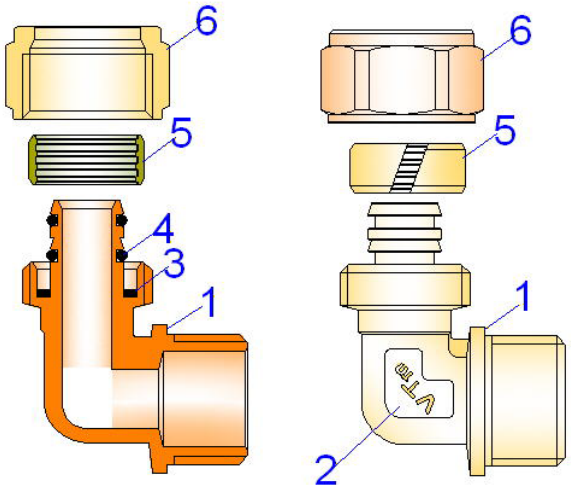
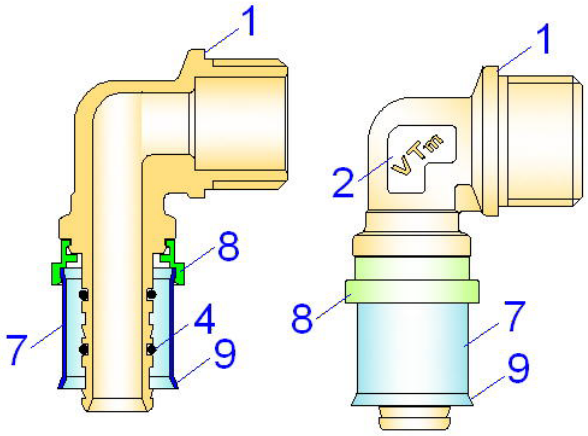


***Рис.3.3.2.р.2**. Пресс-фитинг*



1-монтажный буртик;
2-монтажная площадка с литерами;
3-диэлектрическое кольцо (тефлон);
4-уплотнительные кольца (EPDM);
5-обжимное разрезное кольцо (сухарь);
6-накидная гайка;
7 –пресс-гильза из нержавеющей стали;
8-фиксирующая обойма (PERT);
9-монтажный раструб.

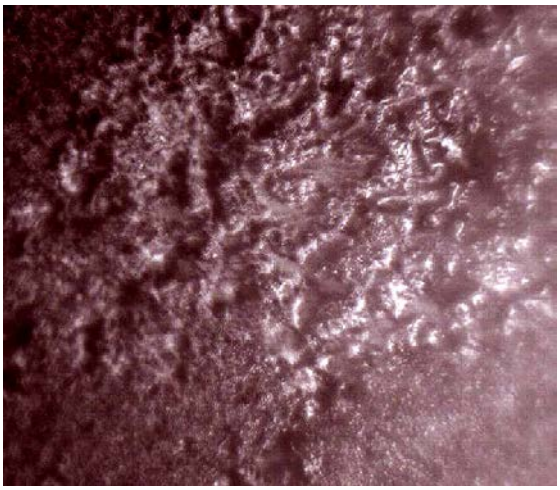
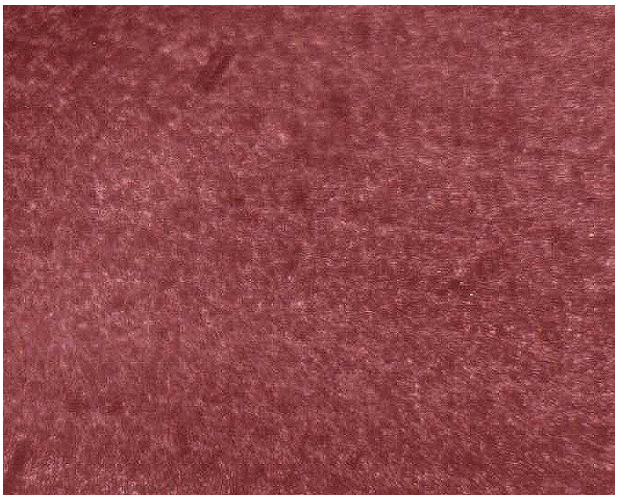
3.3.3. Уплотнительные кольца

Достоинства даже самого хорошего обжимного соединителя могут свестись на «нет», если он укомплектован некачественными уплотнительными кольцами. Они неизбежно порвутся еще на стадии монтажа и вместо серьезного соединения получатся серьезные проблемы.

Цель уплотнительных колец в фитингах для металлополимерных труб – компенсировать ту микроскопическую деформацию внутреннего слоя трубы, которая возникает при перепадах температур транспортируемой среды. В том случае, когда соединение начинает «слезиться» после перехода с горячей среды на холодную, можно с большой степенью уверенности утверждать, что причина заключается в неправильно подобранном материале уплотнительных колец. Важную роль играют показатель твердости, удельный вес резины и эластичности по отскоку.

Твердость резины характеризуется сопротивлением вдавливанию в резину металлической иглы или шарика (*индентора*) под действием усилия сжатой
пружины или под действием груза. Для определения твердости резины применяются различные твердомеры. Часто для определения твердости резины используется твердомер ТМ-2 (типа Шора), который имеет притупленную иглу, связанную с пружиной, находящейся внутри прибора. Твердость определяется глубиной вдавливания иглы в образец под действием сжатой пружины при соприкосновении плоскости основания прибора с поверхностью образца (ГОСТ 263). Вдавливание иглы вызывает пропорциональное перемещение стрелки по шкале прибора. Максимальная твердость, соответствующая твердости стекла или металла, равна 100 условным единицам. Резина в зависимости от состава и степени вулканизации имеет твердость в пределах от 40 до 90 условных единиц. С увеличением содержания наполнителей и увеличением продолжительности вулканизации твердость повышается; мягчители снижают твердость резины.

Удельный вес резины характеризует качество ее прессования и количество наполнителя (сажи). «Рыхлая», слабопрессованная резина значительно уступает по прочностным характеристикам и релаксационным свойствам материалу с более высокой плотностью (см.*рис. 3.3.3.р.1; р.2*).

Рис.3.3.3.р.1 *Наполненный EPDM плотностью 1.05 г/см3 под микроскопом*	***Рис.3.3.3.р.2*** *Наполненный EPDM плотностью 1,22 г/см3 под микроскопом*
	

Для пресс-фитингов немаловажную роль играет также расположение уплотнительных колец на штуцере относительно зон обжатия пресс-насадки.

Дело в том, что упругие свойства любого эластомера не линейны и носят резко выраженный релаксационный характер, то есть зависят от режима нагружения, величины, времени, скорости (или частоты), повторности деформаций и температуры. Уплотнительные кольца, находящиеся в зоне обжатия пресс-насадки работают в гораздо жестких условиях нагружения, чем такие же кольца, расположенные вне зон радиального обжатия. Ускоренная потеря такими уплотнителями своих эластичных свойств со временем неизбежна, что приведет к протечкам.

Два уплотнительных кольца на штуцере соединителей *VTm* изготовлены из ***E.P.D.M.*** (*этилен- пропилен- диен- мономер; СКЭП; ethylene propylene diene monomer rubber*). EPDM получают сополимеризацией этилена с пропиленом и диеном на катализаторе Циглера-Натта в растворе или избытке полипропилена. Не пластифицируется. Вулканизируется органическими пероксидами, серой или фенол-формальдегидными смолами.

Показатели прочности и долговечности EPDM превосходят характеристики акрилонитрил—бутадиен- каучука (нитрил-бутадиеновая резина; NBR; пербунан), который применяется большинством известных производителей фитингов(см. *таблицу 3.3.3.т.1*.).

Сравнительные характеристики EPDM и NBR

Таблица 3.3.3.т.1

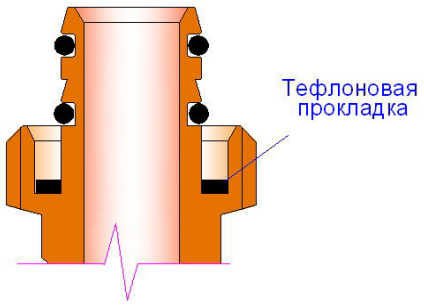
№	*Наименование показателя*	***NBR***	***EPDM***
1	Удельный вес наполненного каучука, г/см3	1,31	1,22
2	Предел прочности на разрыв (для наполненного каучука), МПа	10-30	10-30 (VTm-30)
3	Эластичность по отскоку		

3.1	20 ºC	14-44	36-52 (VTm-48)
3.2	100 ºC	40-63	44-80 (VTm-70)
4	Относительное удлинение при разрыве	100-400	100-400 (VTm-300)
5	Постоянная рабочая температура, ºC	70	90
6	Кратковременная температура, ºC	110	150
7	Температура стеклования, ºC	-35	-60
8	Остаточная деформация ºC- ºC/%	70-20/60	100-20/60
9	Снижение прочности при искусственном «старении» (70 часов при температуре воздуха 150ºC)	23%	15%
10	Твердость по Шору (шкала А)	35-95	30-95 (VTm-70)
11	Стойкость к углеводородам	да	нет

Единственным существенным недостатком уплотнителей из EPDM является их слабая (по сравнению с NBR) стойкость к жидким углеводородам. Поэтому, при использовании металлополимерных труб для топливопроводов, необходимо заменять уплотнительные кольца фитингов на уплотнители из NBR. Если значительные перепады температур в топливопроводе отсутствуют, то фитинги VTm можно использовать без уплотнительных колец.

3.3.4. Диэлектрическая прокладка

Рис.3.3.4.р.1
Диэлектрическая прокладка на штуцере фитинга



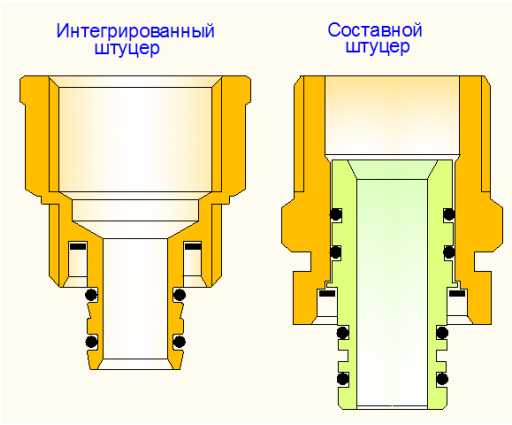
Прокладки из тефлона, которыми комплектуются фитинги VTm.300 (*рис.3.3.4.р.1*), предотвращают электрический контакт между латунью соединителя и алюминием соединяемой трубы.

Эти прокладки также способны защитить от электропробоя между фитингом и алюминием даже при попадании оголенного фазного провода на корпус соединителя. Отсутствие данных прокладок приводит к созданию гальванической пары Al-Cu, что может стать причиной электрокоррозии.

Кроме того, прокладки электрически размыкают трубопровод, делая его в целом неэлектропроводным и безопасным. В пресс-фитингах VTm.200 роль диэлектрической прокладки играет пластиковая обойма, удерживающая гильзу на корпусе соединителя.

3.3.5. Интегрированный штуцер

Рис.3.3.5.р.1
Конструкции штуцеров фитингов



Ряд производителей выпускают фитинги для металлополимерных труб с составным штуцером (*рис.3.3.5.р.1*).

С точки зрения производства и коммерции -это очень экономичное решение, поскольку значительно сокращает количество выпускаемых типоразмеров.

Однако, при монтаже системы вместо одного «слабого звена», каким всегда является любое соединение, получается сразу два. Вероятность «отказа» такой системы увеличивается вдвое.

Фитинги *VTm* имеют интегрированный штуцер, то есть корпус фитинга и штуцер представляют единое, неразъемное изделие.

3.4. Обжимные фитинги VTm.300

Рис.3.4.р.1. *Обжимной фитинг VTm.300*

Принцип работы обжимного соединителя *VTm.300* заключается в создании зоны обжатия за счет смыкания обжимного латунного разрезного кольца («сухаря»). Смыкание происходит при воздействии на «сухарь» конусных поверхностей накидной гайки и штуцера фитинга во время затяжки накидной гайки (*рис.3.4.р.2*). Поскольку накидная гайка в обжимном соединители играет чисто монтажную роль, ни в коем случае не допускается использование при ее установке использование каких-либо уплотнительных материалов. Их применение не позволит гайке занять расчетное положение, вследствие чего «сухарь» останется разомкнутым, и герметичного соединения не получится.

Рис.3.4.р.2. *Стадии обжатия МПТ*

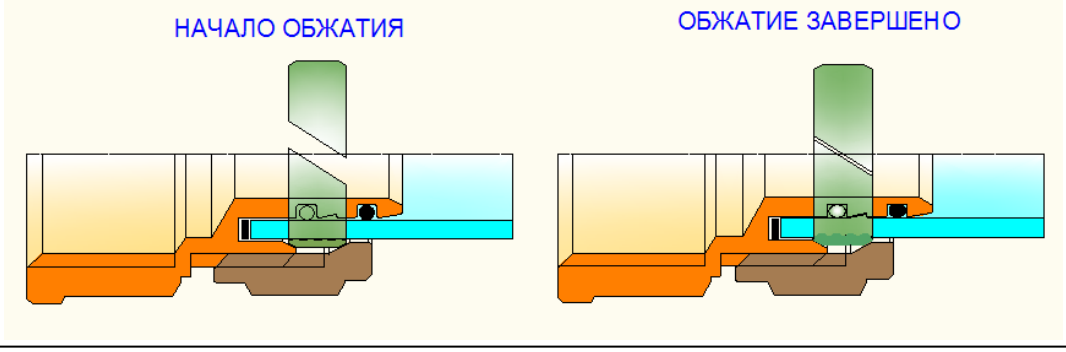
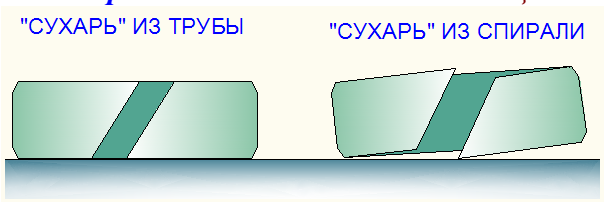


Рис.3.4.р.3. *Различие обжимных колец*



«Сухарь» соединителей *VTm. 300* выполняется из латунной оребренной трубы.

В продаже можно встретить обжимные фитинги, где обжимное кольцо изготовлено из латунной ленты, навитой в спираль (*рис.3.4.р.3*). Такое кольцо, больше похожее на пружинную шайбу Гровера. При затяжке гайки вместо аксиального обжима кольцо начинает «сдирать» верхний слой металлопластиковой трубы, что

3.5. Пресс-соединители VTm.200

Рис.3.5.р.1 *Пресс-соединитель VTm.200*

Принцип создания пресс-соединения заключается в радиальном обжатии металлополимерной трубы на штуцере с помощью специального пресс-инструмента. Фиксация опрессовки обеспечивается гильзой из нержавеющей стали, латуни или алюминия.

В процессе опрессовки происходит деформация стенок трубы, внутренний слой частично «вдавливается» в проточки штуцера, создавая прочное, герметичное соединение, защищенное от «сползания».

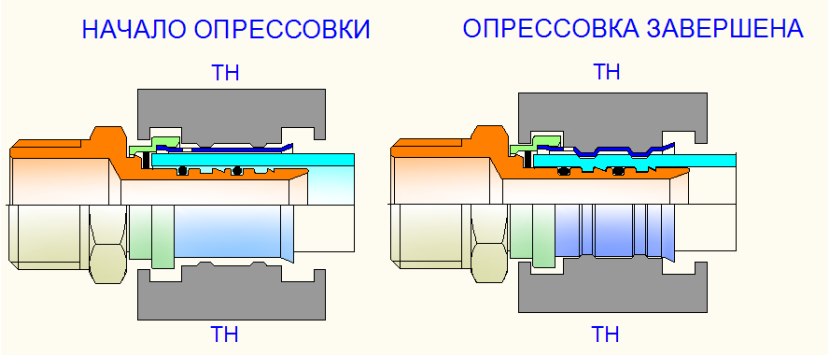
Как уже говорилось ранее, важно, чтобы зоны максимального обжатия не совпадали с местами расположения уплотнительных колец. В противном случае, в материале колец изначально создаются повышенные напряжения, которые в процессе эксплуатации приводят к необратимым остаточным деформациям в уплотнительном материале. В результате, уплотнители теряют свои упругие свойства и перестают компенсировать температурные деформации стенок трубы.

Отсюда следует важное правило: штуцер фитинга должен быть рассчитан на опрессовку строго определенным типом пресс-насадки.

Поскольку единого стандарта на размеры и очертания штуцеров нет, в настоящее время разработано достаточно большое количество видов пресс-насадок, каждая из которых совместима с определенным типом фитингов (*см. приложение 8*).

Нередко в средства информации появляются сведения о появлении «универсальных» фитингов, которые можно опрессовывать любым типом пресс-насадок. Хотелось бы предостеречь потребителя от этой нехитрой рекламной уловки – цена такого «универсализма» - протечка фитинга в самом недалеком будущем.

Рис.3.5.р.2 *Начало и завершение опрессовки фитинга*



Пресс-фитинги *VTm.200* ,рассчитанные на опрессовку насадками типа «ТН» (по каталогу REMS), в зонах, где действуют сосредоточенные радиальные усилия, имеют прямоугольные выточки, в которые при запрессовке вдавливается поли-этилен внутреннего слоя. Таким образом, создается прочное несползающее соединение (*рис.3.5.р.2*). Если теперь срезать гильзу и попробовать снять трубу, то это не удастся сделать пока не будут «оторваны» от трубы образовавшиеся полиэтиленовые кольца.

Гильза соединителей *VTm.200* выполнена из легированной стали марки AISI 304 (соответствует марке 08Х18Н9 по ГОСТ 5632).Содержание нежелательных примесей в сплаве сведено до минимума. В частности, содержание серы составляет не более 0,004% (при норме не более 0,02%) (см. *таблицу 3.5.т.1*). Такая сталь обладает прекрасной стойкостью против химической, электрохимической и межкристаллитной коррозии. Вместе с тем эта нержавеющая сталь

Свойства коррозионно-стойкой стали AISI 304 (08Х18Н9)

Таблица 3.5.т.1

№	Наименование показателя	Символ	Ед. изм.	Значение
1	Модуль упругости	E	МПа	$1{,}84 \times 10^5$
2	Удельный вес	γ	Кг/м3	7830
3	Коэффициент линейного расширения	λ	1/ºС	$15{,}9 \times 10^{-6}$
4	Предел текучести при 20ºС	$\sigma_{т20}$	МПа	200
5	Предел текучести при 400ºС	$\sigma_{т400}$	МПа	120
6	Временное сопротивление при растяжении при 20ºС	$\sigma_{в20}$	МПа	480
7	Временное сопротивление при растяжении при 400ºС	$\sigma_{в400}$	МПа	330
8	Относительное удлинение при 20ºС	δ_{20}	%	40
9	Относительное удлинение при 400ºС	δ_{400}	%	30
10	Относительное сужение при 20ºС	Ψ_{20}	%	55
11	Относительное сужение при 400ºС	Ψ_{400}	%	50
12	Общая коррозия (вода, 360ºС,1000 часов)		балл	1
13	Общая коррозия (морская вода, 130ºС,44 часа)		балл	1
14	Точечная коррозия (морская вода)		балл	3
15	Скорость питтинговой коррозии (10% водный р-р $FeCl_2$, 20ºС,5 часов)		г/см^2 час	3,5
16	Стойкость к кислоте (25%HNO3+ 70%H2SO4, 60ºС)		балл	1
17	Стойкость к 80% кислоте (70ºС)		балл	1
18	Стойкость к 70% уксусной к-те (при температуре кипения)		балл	1
19	Стойкость к 50% лимонной кислоте (при температуре кипения)		балл	1
20	Стойкость к окислению (жаростойкость) при 600ºС		мм/год	0,0018

Технология изготовления гильз выбрана с учетом обеспечения их максимальной прочности. Ряд фирм делает гильзы из листа со сварным швом, а любой шов – это потенциальная опасность разрушения. Широко используется деформационная выштамповка гильз из листа. Это метод из-за

напряжения, что не позволяет реально оценить прочностные качества гильзы . Гильзы соединителей *VTm.200* (*рис.3.3.2.р.1 -7*) производятся путем холодного деформирования трубы из нержавеющей стали толщиной 0,5мм.

До опрессовки гильза удерживается на фитинге с помощью съемной обоймы из полиэтилена повышенной термостойкости PERT (*рис.3.3.2.р.1- 8*) . Эта обойма выполняет сразу несколько функций:

- служит направляющим элементом для позиционирования пресс-насадки на фитинге;
- является элементом разрыва электрической связи между корпусом фитинга и алюминием трубы;
- удерживает гильзу на фитинге;
-предохраняет торец трубы от проникновения цементного раствора при замоноличивании или оштукатуривании.

3.6. Маркировка и совместимость фитингов

Каждый элемент соединителей *VTm* имеет маркировку, информация о которой сведена в *таблицу 3.6.т.1*.

Сведения о маркировке фитингов VTm **Таблица 3.6.т.1**

Серия фитингов	*Элемент фитинга*	*Вид*	*Маркировка*
VTm. 200 (пресс)	Корпус		VTm
	Гильза		***Ø16x2,0***VTm*** VALTEC***
VTm.300 (обжим)	Корпус		VTm
	Накидная гайка (фартук)		***Ø16x2,0***VTm*** VALTEC***
	Накидная гайка (верх)		RIF 16 VTm
	Сухарь		.*16mm*VALTEC*VTm*

Фитинги VTm могут использоваться с трубами следующих производителей:
TIEMME, CO.E.S., VALTEC, Dalpex, Frankishe, General Fittings, Gerpex, HAKA, HENCO (кроме D32,D40), KISAN, LG Metapol Pipe, Pexal, Prandelli, Unipipe,Unidelta,Rifeng,Unifitt, WATTS MTR, а также прочими металлополимерными трубами , имеющими габариты, указанные в *таблице 3.6.т.2*.

Габариты МПТ, совместимой с фитингами VTm

Таблица 3.6.т.2

Наружный диаметр, мм	16	20	26	32	40
Толщина стенки трубы, мм	2.0	2.0	3,0	3,0	3,5
Толщина слоя алюминия,мм	<= 0,3	<= 0,3	<= 0,3	<= 0,4	<= 0,4

Допускается использование фитингов VTm 16x2,0 и 20x2,0 с медными трубами **Q-tec** (KME), что подтверждено изготовителем трубы (*см. приложение 17*).
Пресс-фитинги *VTm.200* могут также использоваться для трубопроводов из сшитого и модифицированного полиэтилена (PEX,PEX-EVOH,PERT), при условии, что трубы по габаритам удовлетворяют требованиями *таблицы 3.6.т.2.*

4. Работа с металлополимерными трубами

4.1. Инструмент

Общие сведения об инструменте для работы с МПТ сведены в *таблицу 4.1.т.1*.

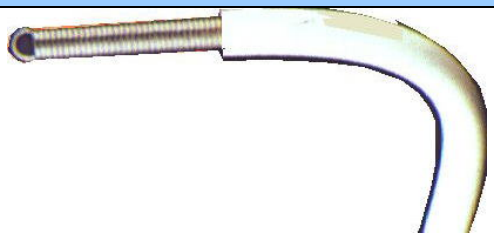
Инструмент для работы с МПТ ***Таблица 4.1.т.1***

Инструмент для разрезания МПТ под прямым углом	
Резак сабельный для МПТ (модель до 26мм, модель до 42 мм)	Ножницы для МПТ (до 20 мм)
Труборез роликовый (модели до 63 мм)	Труборез роликовый со встроенным штыревым фаскоснимателем (до 32 мм)

 Труборез гильотинный (модель до 32 мм; модель до 50 мм)	 Лезвие сменное для гильотинного трубореза
 Ножовка по металлу	 Стусло
При использовании для разрезания МПТ ножовки, применение стусла обязательно. Обработку кромок в этом случае нужно производить с особой тщательностью.	
Инструмент для подготовки торца трубы к соединению	
 Калибратор ступенчатый штыревой	 Калибратор пластиковый

Калибратор пластиковый со встроенными ножами для снятия фаски

Набор металлических калибраторов со встроенными ножами для снятия фаски

 Фаскосниматель муфтовый	 Фаскосниматель штыревой
Инструмент для изгибания МПТ	
 Кондуктор пружинный наружный	 Кондуктор пружинный внутренний
 Трубогиб ручной реечный	 Трубогиб электрический
 Трубогиб гидравлический	 Трубогиб ручной рычажный

Трубы диаметром 16 и 20 мм могут изгибаться вручную с использованием наружного или внутреннего пружинных кондукторов. При этом радиус изгиба не должен превышать

Минимальные радиусы изгиба металлопластиковых труб

Способ изгибания	Минимальный радиус изгиба, мм, при наружном диаметре труб				
	16мм	20мм	26мм	32мм	40 мм
Вручную	80	100	130	160	-
С использованием трубогиба	45	60	95	125	180

Инструмент для выполнения обжимных и врезных соединений

Ключи рожковые

Ключ разводной

Ключ трубный рычажный (КТР, «шведки»)

Таблица размеров КТР по ГОСТ 18981

№	0	1	2	3	4	5
L,см	25	30	40	56,5	71,5	89,5

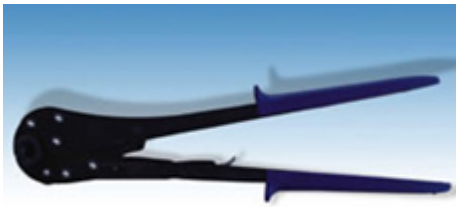
Таблица размеров ключа (SW) для фитингов VTm.300

Dн	16	20	26	32
SW	24	30	37	48

Число оборотов после ручной затяжки

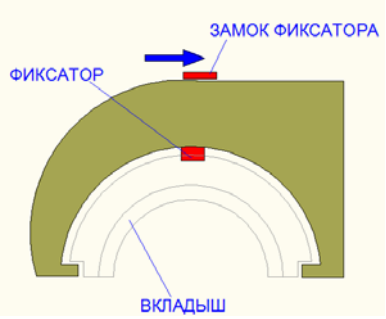
Dн	16	20	26	32
Обороты	1	1	3/4	3/4

Инструмент для выполнения пресс-соединений



Пресс-клещи радиальные облегченные (16,20 мм)

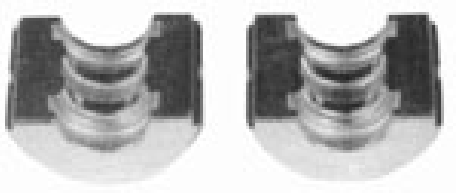
Вкладыши для облегченных пресс-клещей



Особенности конструкции: опрессовка производится до полного смыкания рукояток. Не выполнив этого условия, клещи раскрыть невозможно.

Вкладыши вводятся в клещи по направляющим

Вкладыши фиксируются кнопочным фиксатором.



Вкладыши для пресс-клещей

Электрические пресс-клещи

Аккумуляторные пресс-клещи

Пресс-насадки

Характеристики электроинструмента

Характеристика	*Значение*
Питание	220 В/50 Гц
Сила тяги привода	32 кН
Сила обжима	100 кН
Мощность	500 Вт
Режим работы (ED)	S3 15%
Габариты	435x230x85
Вес	4,8 кг
Уровень шума	82 дБ

Инструмент для выполнения надвижных соединений	
 Расширитель трубный	 Ручной надвижной инструмент
 Электрический надвижной инструмент	 Аккумуляторный надвижной инструмент

В таблице *4.1.т.2* представлен инструмент, предлагаемый компанией VALTEC, для работы с металлополимерными трубами

Инструмент VALTEC для работы с МПТ

Таблица 4.1.т.1

Пресс-клещи ручные малогабаритные, VTm.293.L. Инструмент предназначен для ручного обжима гильз пресс-фитингов при монтаже пластиковых, металлопластиковых, медных труб и тонкостенных труб из нержавеющей стали диаметром 16 и 20 мм. Клещи комплектуются насадками с профилем «ТН».

Пресс-клещи радиальные (16,20,26,32), VTm.293.

Радиальные клещи предназначены для ручного обжатия пресс-фитингов трубопроводных систем из полимерных, металлополимерных, медных труб, а также тонкостенных труб из нержавеющей стали. Усилие обжатия зависит от длины телескопических рукояток и регулируется также механизмом пресс-головки, которая может поворачиваться относительно рукояток на 360°. Масса пресс-инструмента без насадок – 3,1 кг. Клещи комплектуются насадками с профилем ТН, предназначенными для монтажа пресс-фитингов VALTEC диаметром 16, 20, 26, 32 мм.

Особенности конструкции: Телескопические рукоятки(1).. Поворотная обойма(2) Замок обоймы (3), кнопочные фиксаторы (4).

Порядок регулировки усилия обжатия.

Вращая обойму, совместить отверстие в ней с головкой регулировочного винта. С помощью шестигранного ключа SW 2,5 мм вывернуть винт наполовину.

Для увеличения усилия обжатия –вращать обойму по часовой стрелке, для уменьшения –против часовой стрелки. Чтобы проверить правильность настройки усилия обжатия, вставить вкладыши и произвести «холостую» опрессовку, при этом усилие на невыдвинутых рукоятках не должно превышать 10Н, а угол между ручками в момент смыкания «губок» – не более 30º. После завершения регулировки зафиксировать муфту, туго затянув фиксирующий винт.

Насадка для электрического пресс-инструмента VTm.295.

Насадка используется совместно с электрическим пресс-инструментом различных фирм (Rems, Rothenbergwr,Henco и т.п.). для создания пресс-соединений. Профиль обжатия – «ТН».

Насадки VALTEC выпускаются для труб диаметром 16,20,26 и 32 мм.

Вкладыши для пресс-клещей VTm.294.
Насадки профиля «ТН» используются совместно с ручными клещами VTm.293 и VTm.293L.

Калибратор для металлополимерных труб с ножами для снятия фаски VTm.396.
Инструмент предназначен для калибрования и снятия внутренней фаски пластиковых и металлопластиковых (металлополимерных) труб при подготовке к выполнению соединения с помощью обжимных или пресс-фитингов. Калибратор состоит из полипропиленового корпуса трехлучевой конструкции, в который интегрированы пластины из легированной стали с режущими кромками. Ассортимент включает в себя калибраторы для труб с внутренним диаметром 12, 16, 20, 26 и 33 мм (трубы 16x2,0, 20x2,0, 26x3,0, 32x3,0 и 40x3,5 мм, соответственно).

Кондуктор пружинный внутренний VTm.398
Кондуктор предназначен для изгибания металлополимерной трубы. Гарантирует отсутствие повреждений при радиусе изгиба от трех наружных диаметров трубы. Рекомендуется для работы с небольшими трубными отрезками. Ассортимент VALTEC включает в себя внутренние пружинные кондукторы для труб с наружным диаметром 16, 20, 26 и 32 мм.

Кондуктор пружинный наружный VTm.399

Кондуктор предназначен для изгибания металлополимерной трубы и гарантирует отсутствие повреждений при радиусе изгиба от трех наружных диаметров трубы. Применяется при работе с протяженными трубными отрезками (кондуктор передвигается по трубе последовательно от одного изгибаемого участка к другому). Ассортимент VALTEC включает в себя наружные пружинные кондукторы для труб с внешним диаметром 16 и 20 мм

Ножницы для труб диаметром до 26 мм VTm.394

Ножницы с рычажным механизмом открывания. Обеспечивают разрезание под прямым углом пластиковых и металлопластиковых (металлополимерных) труб диаметром до 26 мм. Конструкция инструмента включает нож из нержавеющей стали, храповой механизм, защелку, фиксирующую ножницы в закрытом положении, рычаги открывания. Нож поднимается при разведении рукояток до упора.

Ножницы для труб диаметром до 40 мм VTm.395

Ножницы с пружинным механизмом открывания. Обеспечивают разрезание под прямым углом пластиковых и металлопластиковых (металлополимерных) труб диаметром до 40 мм. Конструкция инструмента включает нож из нержавеющей стали, храповой механизм, подпружиненную защелку, фиксирующую ножницы в закрытом положении. Внутри рукоятки расположена пружина, поднимающая нож.

Резак для металлополимерных труб VTm.393

Инструмент предназначен для поперечного разрезания металлопластиковых (металлополимерных) труб, включая тонкостенные медные трубы в полимерной оболочке, с наружным диаметром 16–20 мм. Инструмент имеет интегрированные калибраторы для трубы 16x2,0 и трубы 20x2,0.

Труборез VTm.397

Предназначен для поперечного разрезания металлополимерной и пластиковой трубы. Обеспечивает строгую перпендикулярность разреза труб с наружным диаметром до 40 мм. Используются сменные лезвия. Для смены лезвия в гильотинном труборезе VALTEC, необходимо совместит головки винтов, крепящих лезвие с отверстиями в корпусе, отвернуть винты, заменить лезвие и закрепить его.

Ключ для коллекторных фитингов VT.AC670 (24,27 мм).

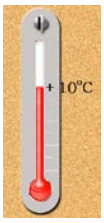
Двухсторонний ключ для затяжки или демонтажа коллекторных фитингов с накидной гайкой на 1/2” («конус») и 3/4” («евроконус»). Разрезы головок ключа позволяют продеть в них уже присоединенную трубу, чтобы затем плотно охватить гайку фитинга. Пользование ключом облегчит монтаж оборудования, особенно в стесненных условиях.

4.2. Монтаж МПТ

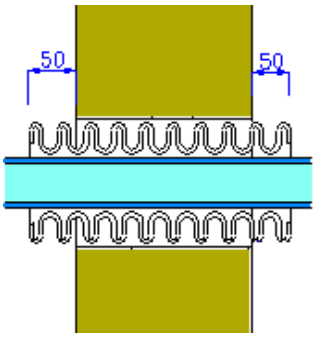
4.2.1. Общие требования к монтажу

При монтаже МПТ следует придерживаться ряда общих правил, изложенных в *таблице 4.2.1.т.1*.

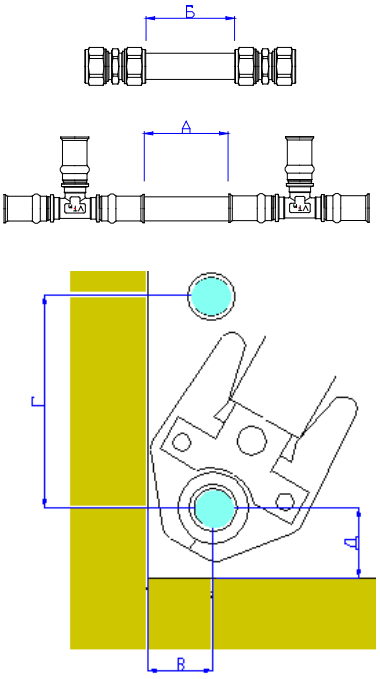
Общие требования к монтажу МПТ **Таблица 4.2.1. т.1**

	Монтаж металлополимерных труб должен осуществляться при температуре окружающей среды не ниже 10 °С.
	Не допускаются сплющивания и переломы трубопровода во время монтажа. При «заломе», испорченный участок трубы должен быть заменен.
	Бухты труб, хранившиеся или транспортировавшиеся при температуре ниже 0°С, должны быть перед раскаткой выдержаны в течение 24 часов при температуре не ниже +10 °С.
	Свободные концы труб необходимо закрывать заглушками во избежание попадания грязи и мусора в трубу.
	Металлополимерные трубы следует прокладывать в местах, где отсутствует воздействие прямого солнечного света, в противном случае наружный слой трубы может потрескаться и осыпаться.
	Соединения на обжимных фитингах относятся к разборным, поэтому не допускается их замоноличивание и замуровывание. К каждому такому соединению должен быть обеспечен доступ для технического обслуживания (подтяжки).

Трубопроводы систем радиаторного отопления, прокладываемые в полах, рекомендуется монтировать в защитном гофрированном пластиковом кожухе или в тепловой изоляции. Эта мера позволит избежать перегрева поверхности пола в местах прокладки труб.



В местах прохода металлополимерных труб через стены, перегородки и перекрытия, труба должна быть заключена в защитный пластиковый гофрированный кожух.



Для возможности удобного доступа монтажным инструментом к соединителю и сохранения целостности уже выполненных соединений, рекомендуется соблюдать приведенные в таблице минимальные расстояния между двумя соседними соединителями, а также между осью трубы и поверхностью крепления (стена, пол, потолок). При трубах разного диаметра принимаются данные для более толстой трубы.

Минимальные технологические разрывы

Наружный диаметр трубы, мм	А, мм	Б, мм	В, мм	Г, мм	Д, мм
16	120	100	25	55	40
20	120	100	25	60	45
26	140	120	30	65	50
32	140	120	35	80	50
40	140	120	40	85	55

Трубопровод напольного отопления должен заливаться бетонным раствором или закрываться покрытием только после проведения гидравлических испытаний на герметичность. Труба при заливке должна находиться под давлением 3 бара.

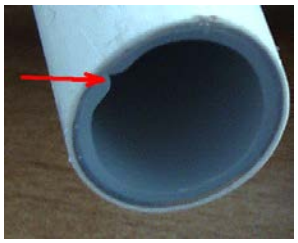
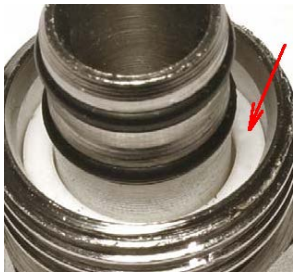
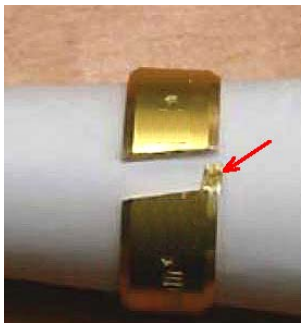
Минимальная высота заливки раствора над поверхностью трубы должна быть не менее 3 см.

4.2.2. Выполнение соединений
4.2.3.

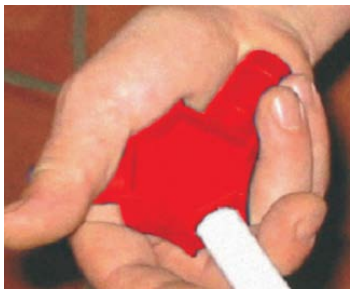
При выполнении соединений МПТ на обжимных и пресс-фитингах следует придерживаться порядка и правил, указанных в *таблице 4.2.2.т.1.*

Порядок выполнения соединений МПТ ***Таблица 4.2.2. т.1***

Разметка трубы	
	При помощи рулетки отмеряется необходимая длина трубы и в месте будущего отреза ставится метка фломастером, маркером или карандашом. Не допускается наносить риски острыми предметами, повреждающими верхний слой трубы
Отрезание трубы	
	При выполнении реза роликовым, сабельным или гильотинным труборезом, труба должна без перекоса опираться на плоскость инструмента, противоположную режущему органу, в этом случае разрез будет произведен строго по плоскости, перпендикулярной оси трубы. В случае, когда инструмент сильно сминает трубу при резке, режущий орган необходимо заточить или заменить.
	Разрезание металлополимерной трубы ножовкой допускается только с применением стусла.
Проверка качества трубы перед выполнением соединения	
	Труба на срезе не должна иметь повреждений слоев или их расслоения.

	Внутренний слой трубы должен иметь одинаковую толщину по периметру, без «прорезов».
Проверка качества фитингов перед выполнением соединений	
	Детали фитингов не должны иметь механических повреждений, сколов, трещин или задиров.
	Пригодность резьбы проверяется предварительным навинчиванием накидной гайки при снятом «сухаре». Гайка должна навинчиваться на фитинг, полностью скрывая наружную резьбу. Можно проверить резьбу другим способом: при одетом сухаре завинчивать гайку до полного смыкания кольца (это можно наблюдать со стороны штуцера). Если смыкания не происходит – фитинг подлежит замене.
	Резиновые уплотнительные кольца должны плотно (без бугров) располагаться в предназначенных для них канавках.
	На штуцер должна быть одета тефлоновая электроизолирующая шайба
	«Сухарь» обжимного фитинга не должен иметь заусенцев в месте разреза.

Калибровка трубы



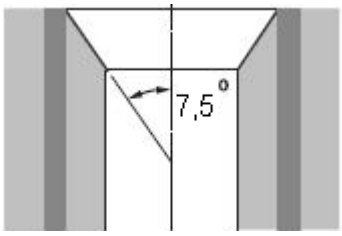
Для того, чтобы металлополимерная труба оделась на штуцер фитинга без значительных усилий, и не нарушила положения эластичных уплотнительных колец штуцера, конец трубы необходимо откалибровать внутренним калибратором.

Штырь калибратора соответствующего диаметра вводится в трубу до упора , и производятся 1-2 оборота вокруг оси трубы.

Снятие внутренней фаски

Фаска снимается для того, чтобы при надевании трубы на штуцер фитинга уплотнительные кольца не потеряли проектное положение.

При снятии фаски необходимо трубу держать так, чтобы стружки не попадали внутрь трубы.



На внутреннем слое трубы должна быть снята фаска с размером катета 1,5-2 мм.

Удобнее всего производить снятие фаски одновременно с калиброванием, используя встроенные в универсальные калибраторы ножи. Труба для этого должна быть надета на штырь калибратора до упора.

При использовании штыревого фаскоснимателя, его изогнутый нож прислоняется к внутренней кромке трубы, и производятся круговые движения.

Смазка штуцера фитинга

Для облегчения надевания трубы поверхность штуцера рекомендуется покрыть тонким слоем специальной силиконовой смазки или мыльной воды. Не допускается использовать для этой цели какие-либо другие масла и смазки.

Выполнение обжимного соединения

Обжимное соединение выполняется в следующем порядке:

- на подготовленную трубу одевается накидная гайка;
- на трубу надевается разрезное обжимное кольцо («сухарь»);
- труба надевается на штуцер фитинга так, чтобы уплотнительные кольца не потеряли проектного положения;
- накидная гайка завинчивается на резьбу фитинга до упора;
- удерживая одним рожковым ключом фитинг, вторым рожковым ключом производится дотягивание накидной гайки до полного смыкания обжимного кольца

Дотягивание накидной гайки рекомендуется производить на следующее число оборотов:

Наружный диаметр, мм	16	20	26	32
Число оборотов	1	1	3/4	3/4

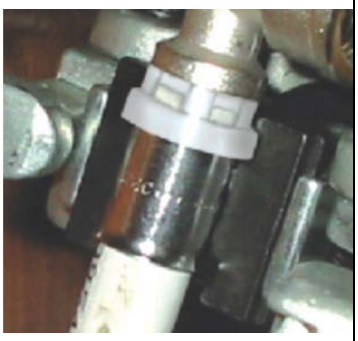
Выполнение пресс-соединения

Подготовленная труба одевается на штуцер фитинга так, чтобы уплотнительные кольца не потеряли проектного положения. Труба надевается до тех пор, пока она не станет видна в контрольном окошке обоймы.

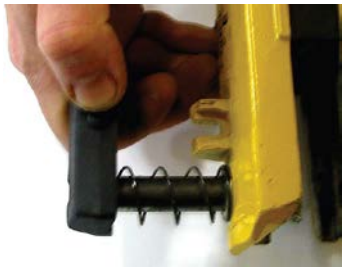
Дальнейшие действия зависят от типа применяемого инструмента.

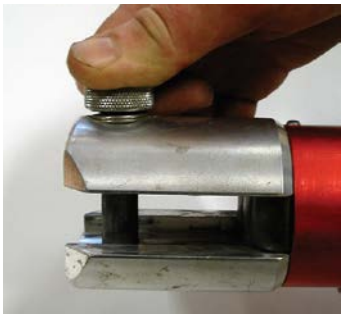
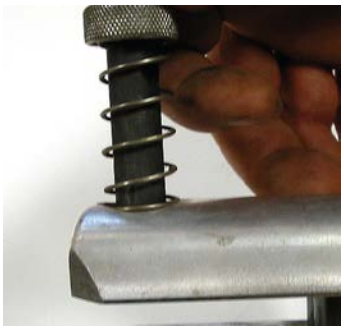
Запрессовка ручным инструментом VALTEC VTm.293

Для установки в инструмент пресс-вкладышей требуемого размера, ручки инструмента надо развести на 180º.

	Обойма открывается при нажатии на рычаг замка.
	При нажатой кнопке фиксатора, вкладыши вставляется в обойму по направляющим, до защелкивания фиксатора.
	Инструмент заводится на фитинг таким образом, чтобы буртик гильзы вошел в соответствующее углубление пресс-насадки.
	После этого обойма закрывается до защелкивания замка и производится первичная опрессовка.
	Ручки инструмента VALTEC VTm.293 телескопические, что позволяет опрессовывать соединители, не прилагая больших физических усилий.
	При первичной опрессовке на гильзе появляются два параллельных углубления и характерные «защипы» в местах сопряжения пресс-насадок. Эти «защипы» являются местами потенциально возможных протечек.

Для выправления «защипов», инструмент поворачивается вокруг оси трубы на 15-90 градусов и опрессовка повторяется. После этого гильза фитинга не должна иметь ярко выраженных «защипов».

	Чтобы снять инструмент с фитинга, ручки инструмента нужно развести на 180 º.
	Качество опрессовки легко проверяется путем замера минимального диаметра в зоне обжатия. Этот размер не должен выходить за следующие пределы: Дн16 – 16,7 мм; Дн20 – 20,7 мм; Дн26 – 26,7 мм; Дн32 – 32,7 мм; Дн 40 – 40,8 мм.
Запрессовка электроинструментом REMS	
	Для установки пресс-насадки профиля «ТН» на инструмент фирмы REMS нажимается кнопка защелки фиксирующего пальца
	При этом подпружиненный фиксирующий палец выдвигается из гнезда
	Пресс-насадка соответствующего диаметра вставляется в направляющие инструмента до совпадения отверстий под фиксирующий палец

	Пресс-насадка закрепляется на инструменте с помощью фиксирующего пальца
	Нажатием на пусковую кнопку инструмента достигается полное смыкание губок насадки. При полной опрессовке звук работы двигателя меняется (происходит автоматический переход в режим холостого хода)
	Рычаг переключения направления хода поршня переводится в положение реверса. При нажатии кнопки включения, поршень возвращается в исходное положение
Запрессовка электроинструментом Rothenberger	
	Для установки или замены пресс-насадки пресс-инструмента фирмы Rothenberger стопорную гайку фиксирующего пальца нужно нажать и немного провернуть против часовой стрелки
	При этом подпружиненный фиксирующий палец выдвигается
	Установив пресс-насадку, следует нажать на фиксирующий палец и повернуть стопорную гайку по часовой стрелке

ВНИМАНИЕ!

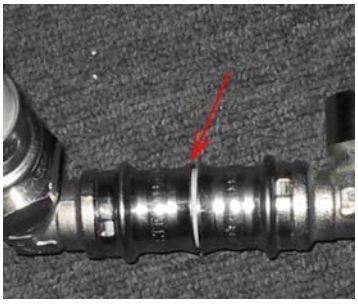
необходимо остывать в течении 8 минут. Несоблюдение этого условия приводит к перегреву и, как следствие, резкой потере мощности, из-за чего снижается сила обжатия.

.

4.2.3. Типичные ошибки при выполнении соединений МПТ

В *таблице 4.2.3.т.1* приведен ряд типичных ошибок, допускаемых при выполнении соединений МПТ.

Ошибки при выполнении соединений МПТ ***Таблица 4.2.3.т.1***

	Нижняя обжимная гайка не докручена. Об этом свидетельствует отсутствие на нижней трубе радиальных углублений от «сухаря». Верхнее соединение было выполнено качественно (следы «сухаря» отпечатаны явно).
	Пресс-насадка была неправильно надета на фитинг, что привело к порче гильзы, фиксирующей пластиковой обоймы и негерметичному соединению
	При надевании трубы на штуцер уплотнительное кольцо потеряло проектное положение, в результате чего образовалась протечка. Фаска с трубы была не снята.
	Не выдержан монтажный разрыв между соседними соединителями. При таком исполнении, запрессовка одного из соединителей нарушает герметичность ранее выполненного соединения.
	Изгиб трубы произведен сразу от фитинга, с использованием соединителя, как опоры. Не выдержано расстояние до начала изгиба.

	В результате произошло нарушение выполненного пресс-соединения (зазор между приложенными пресс-вкладышами составляет 5,5мм вместо допустимых 2-3 мм).
	Запрессовка произведенная насадкой неподходящего профиля («U» вместо «TH»). Вторичная запрессовка для ликвидации «защипа» не производилась. В результате все соединения оказались негерметичны.
	Накидная гайка накручена с применением льна. Это приводит к тому, что гайка не может обеспечить смыкание обжимного кольца (сухаря). Использование уплотнительного материала в данном случае недопустимо и не нужно, т.к. транспортируемая жидкость под гайку не поступает.
	Некачественная запрессовка фитинга (зазор между пресс-вкладышами составляет 4 мм, вместо допустимых 2-3 мм). Ошибка вызвана несоблюдением режима работы электроинструмента. Его перегрев привел к ослаблению усилия обжатия.

-

4.2.4. Компенсация температурных удлинений и расстановка опор

В технических паспортах абсолютно всех производителей металлополимерных труб коэффициент линейного теплового расширения приводится единый для всех типоразмеров труб. В случае, когда соотношение толщин полимерных и алюминиевого слоёв было бы одинаково, такой подход был бы оправдан. В действительности же, это соотношение различно для каждого диаметра трубы. Поэтому, коэффициент линейного теплового расширения для каждого типоразмера трубы свой, индивидуальный.

Этот коэффициент для многослойной трубы можно рассчитать по формуле:

$$\alpha_{\Sigma} = \frac{\alpha_1 F_1 E_1 (1+\alpha_3 \Delta T) + \alpha_3 F_3 E_3 (1+\alpha_1 \Delta T)}{F_1 E_1 (1+\alpha_3 \Delta T) + F_3 E_3 (1+\alpha_1 \Delta T)}$$ *(4.2.4.ф.1)*, где

α_{Σ} - коэффициент линейного теплового расширения многослойной трубы, 1/ºС.

α_1 - коэффициент линейного теплового расширения PEX, 1/ºС.

α_3 - коэффициент линейного теплового расширения алюминия, 1/ºС.

E_1- модуль упругость PEX, МПа,

E_3- модуль упругость алюминия, МПа,

F_1- сумма площадей поперечного сечения слоев PEX, мм2,

F_3- сумма площадей поперечного сечения слоев алюминия, мм2.

Коэффициенты линейного теплового расширения труб VALTEC PEX-AL-PEX приведены в *таблице 4.2.4.т.1:*

Коэффициенты линейного теплового расширения труб VALTEC PEX-AL-PEX

Таблица 4.2.4.т.1

Размеры трубы, мм	12x1,6	16x2,0	20x2,0	26x3,0	32x3,0	40x3,5
Коэффициент линейного теплового расширения, 1/°С	2,537 x 10^{-5}	2,595 x 10^{-5}	2,590 x 10^{-5}	2,827 x 10^{-5}	2,683 x 10^{-5}	2,821 x 10^{-5}

Величину температурного удлинения (укорочения) участка трубы можно определить по формуле:

ΔL=α x L x ΔT (мм); *(4.2.4.ф.2)*

где:

ΔL –величина изменения длины трубы в мм;

L – длина участка трубы в мм;

ΔT- разница между минимальной и максимальной температурой стенки трубы. В качестве максимальной температуры принимается $T_{авар}$ из таблицы 26 ГОСТ Р 52134-2003 . Минимальной рекомендуется принимать температуру холодной водопроводной воды в зимний период (+5°С). (см. *таблицу 4.2.4.т.2*)

Значения ΔT по классам эксплуатации и упрощенные формулы расчета температурной деформации труб VALTEC PEX-AL-PEX

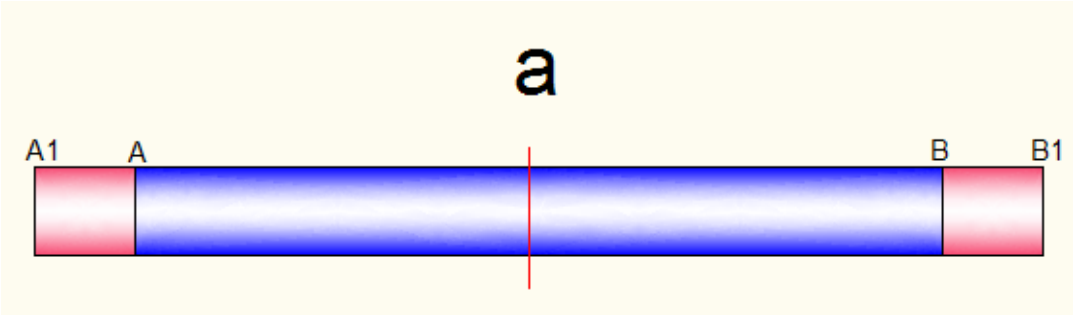
Таблица 4.2.4.т.2

Класс эксплуатации	Вид системы	ΔT	Размер трубы, мм	Формула расчета деформации (мм) (L –в метрах)
1	Горячее водоснабжение (60 °С)	90	12x1,6	2,28L
			16x2,0	2,34L
			20x2,0	2,33L
			26x3,0	2,54L
			32x3,0	2,41L

	°C)		16x2,0	2,34L
			20x2,0	2,33L
			26x3,0	2,54L
			32x3,0	2,41L
			40x3,5	2,54L
3	Низкотемпературное напольное отопление	60	12x1,6	1,52L
			16x2,0	1,56L
			20x2,0	1,55L
			26x3,0	1,70L
			32x3,0	1,61L
			40x3,5	1,70L
4	Высокотемпературное напольное отопление. Низкотемпературное радиаторное отопление.	95	12x1,6	2,41L
			16x2,0	2,47L
			20x2,0	2,46L
			26x3,0	2,69L
			32x3,0	2,55L
			40x3,5	2,69L
5	Высокотемпературное радиаторное отопление	95	12x1,6	2,41L
			16x2,0	2,47L
			20x2,0	2,46L
			26x3,0	2,69L
			32x3,0	2,55L
			40x3,5	2,69L
ХВ	Холодное водоснабжение	15	12x1,6	0,38L
			16x2,0	0,39L
			20x2,0	0,39L
			26x3,0	0,42L
			32x3,0	0,40L
			40x3,5	0,42L

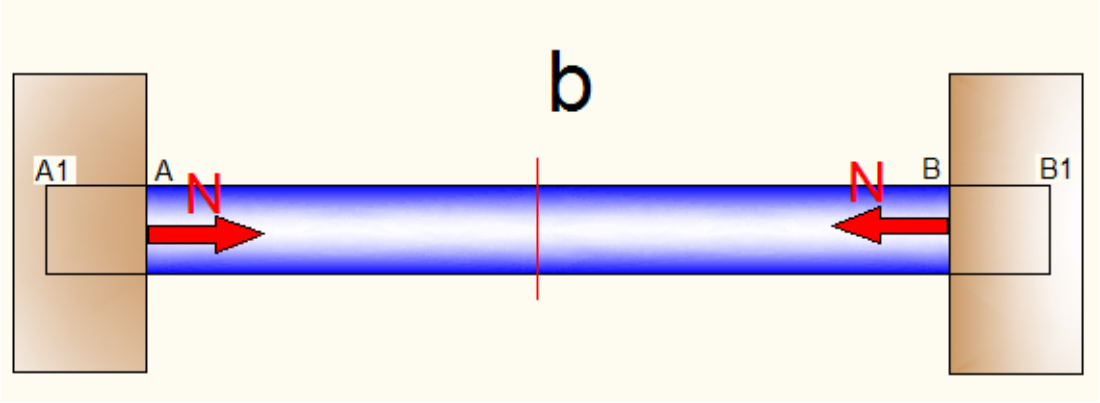
При нагревании незакрепленного отрезка трубы, его концы перемещаются на одинаковое расстояние относительно геометрического центра отрезка (*рис.4.2.4.р.1*). То есть AA1=BB1= ΔL/2. В центре отрезка образуется *мнимая неподвижная опора*, положение которой не меняется при удлинении трубы.

Рис.4.2.4.р.1 *Удлинение незакрепленной трубы*



Если продольные перемещения концов отрезка ограничены жесткими (неподвижными) опорами (*рис.4.2.4.р.2*), то деформация температурного передается на сам отрезок: он испытывает осевое сжатие с силой N, приводящей к его мнимой деформации ΔL.

Рис.4.2.4.р.2 *Возникновение усилий в трубе при ограничении перемещений*



Относительная величина этой мнимой деформации:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \qquad (4.2.4.ф.3)$$

По формуле Гука, можно определить напряжение, возникающее в стенках трубы под воздействием сжимающей силы:

$$\sigma = \varepsilon E \qquad (4.2.4.ф.4)$$

где: E – эквивалентный модуль упругости материала стенки. Под «эквивалентным модулем упругости» понимается модуль упругости такого мономатериала, труба из которого, при тех же геометрических параметрах, обладает теми же упруго-прочностными свойствами, что и реальная многослойная труба.

Подставив в формулу *(4.2.4.ф.4)* выражение ΔL как функцию от коэффициента температурного расширения *(4.2.4.ф.2)*, получим следующую зависимость:

$$\sigma = \frac{E\Delta L}{L} = \frac{E\alpha L\Delta T}{L} = E\alpha\Delta T \qquad (4.2.4.ф.5)$$

Из полученной формулы следует, что напряжение, возникающее в стенке, защемленной с двух концов трубы, при температурном воздействии не зависит от длины трубы. Также, не зависит от длины трубы и продольная сжимающая сила:

$$N=\sigma F, \qquad (4.2.4.ф.6)$$

где

F – площадь поперечного сечения стенки трубы (см. *таблицу 4.2.4.т.3*).

Геометрические характеристики труб VALTEC ***Таблица 4.2.4.т.3***

Размер трубы	F, Площадь сечения стенки, мм2	W, момент сопротивления сечения, мм3	I, Момент инерции сечения, мм4	Вес 1 м.п. с водой, г
12x1,6	52	121	723	134
16x2,0	88	275	2198	228
20x2,0	113	463	4635	371
26x3,0	217	1121	14570	614
32x3,0	273	1814	29025	901
40x3,5	401	3371	67416	1285

При ограничении участка трубы двумя неподвижными опорами без мероприятий по компенсации температурных деформаций, в стенке трубы возникают дополнительные напряжения, которые можно интерпретировать, как прирост давления транспортируемой среды (см. *таблицу 4.2.4.т.4*).

Дополнительные напряжения, продольные усилия и соответствующий им прирост внутреннего давления для труб VALTEC при отсутствии температурной компенсации

Таблица 4.2.4.т.4

Размер трубы	Напряжения (МПа) Продольные усилия (Н) для классов эксплуатации Эквивалентный прирост внутреннего давления (бар)					
	1	2	3	4	5	ХВ
12x1,6	2,05 107 6,3	2,05 107 6,3	1,37 72 4,2	2,17 113 6,7	2,17 113 6,7	0,34 18 1,1
16x2,0	2,10 185 6,0	2,10 185 6,0	1,404 123 4,0	2,22 195 6,35	2,22 195 6,35	0,351 31 1,0
20x2,0	2,10 237 4,7	2,10 237 4,7	1,404 158 3,1	2,22 250 4,9	2,22 250 4,,9	0,351 40 0,78
26x3,0	2,29 496 6,0	2,29 496 6,0	1,53 331 4,0	2,42 524 6,3	2,42 524 6,3	0,38 83 1,0
32x3,0	2,17 594 4,5	2,17 594 4,5	1,45 396 3,0	2,29 627 4,7	2,29 627 4,7	0,36 99 0,75
40x3,5	2,29 917 4,4	2,29 917 4,4	1,52 611 2,9	2,41 967 4,6	2,41 967 4,6	0,38 153 0,73

Чтобы оценить результаты воздействия дополнительных температурных напряжений на эксплуатационные качества МПТ, достаточно прибавить дополнительные напряжения из *таблицы 4.2.4.т.4* к расчетным начальным напряжениям по *таблице 2.5.6.т.5*., и затем оценить срок службы трубы при изменившихся значениях начального напряжения.

Срок службы труб при отсутствии компенсирующих мероприятий значительно сокращается.

Основным критерием при разработке мероприятий по компенсации температурных деформации служит правило: *дополнительные эквивалентные напряжения в стенке трубы, возникающие при температурных деформациях, не должны превышать 25 % начальных эквивалентных напряжений, используемых в прочностных расчетах* (см. *таблицу 4.2.4.т.5*).

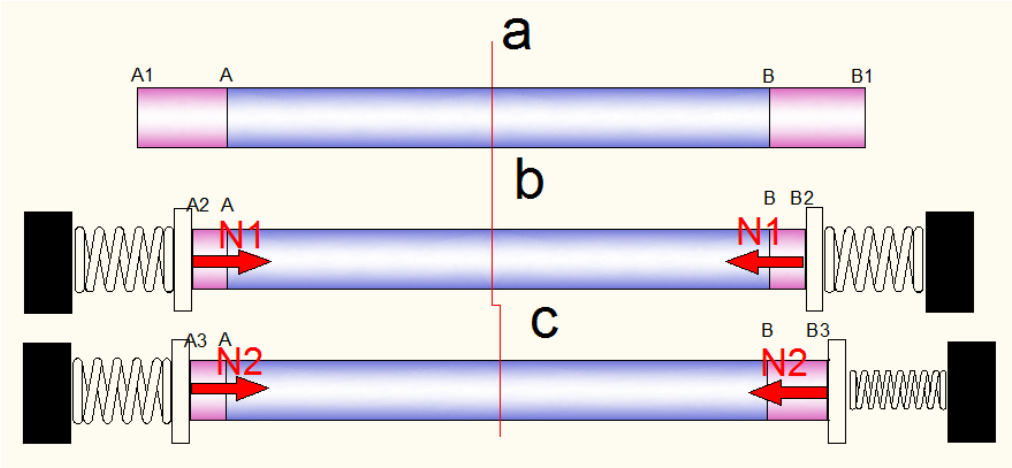
Допустимые эквивалентные напряжения от температурных деформаций трубы VALTEC

Таблица 4.2.4.т.5

Класс эксплуатации	1	2	3	4	5	ХВ
Начальное эквивалентное напряжение для труб, МПа						
-12x1,6	7,38	7,38	10,1	8,83	7,17	13,97
-16x2,0	7,32	7,32	10	8,75	7,1	13,84
-20x2,0	7,28	7,28	9,96	8,71	7,07	13,78
-26x3,0	6,48	6,48	8,86	7,74	6,29	12,25
-32x3,0	6,81	6,81	9,32	8,15	6,61	12,89
-40x3,5	6,34	6,34	8,67	7,58	6,16	12.0
Предельное дополнительное эквивалентное напряжение от температурных деформаций, МПа						
-12x1,6	1,84	1,84	2,53	2,21	1,79	3,49
-16x2,0	1,83	1,83	2,50	2,18	1,78	3,46
-20x2,0	1,82	1,82	2,49	2,17	1,77	3,44
-26x3,0	1,62	1,62	2,22	1,93	1,57	3,06
-32x3,0	1,70	1,70	2,33	2,04	1,65	3,22
-40x3,5	1,58	1,58	2,16	1,89	1,54	3,0

Если концы трубного отрезка закрепить не в жестких опорах, а в упругих (*рис.4.2.4.р.3- b*), то картина температурных деформаций и напряжений несколько изменится.

Рис.4.2.4.р.3 *Схема работы упругих опор*.



При незакрепленных концах труба удлинится на длину:

$(AA_1)+(BB_1)=\Delta L=\alpha\Delta TL$ *(4.2.4.ф.7)*

При одинаковой жесткости пружин (*рис.4.2.4.р.3- b*) труба окажется под воздействием сжимающих сил N_1:

$N_1=k(AA_2+BB_2)= k\Delta L_1$, *(4.2.4.ф.8)*

где *k* – жесткость пружины, показывающая какую силу реакции оказывает пружина на трубу (в Ньютонах) при смещении на единицу длины (мм).

В результате действия сил N_1 деформация трубы составит:

$$\Delta l_2 = \Delta L - \Delta L_1 = \frac{N_1 L}{EF} = \frac{\Delta L_1 kL}{EF} \quad (4.2.4.ф.9),$$

откуда фактическое удлинение трубы будет:

$$\Delta L_1 = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1+\frac{kL}{EF}\right)} \quad (4.2.4.ф.10),$$

а удлинение каждого конца трубы составит:

$\Delta L_{11}=\Delta L_{12}=0{,}5\Delta L_1$ *(4.2.4.ф.11).*

Положение геометрического центра трубы при одинаковой жесткости пружин не изменилось, т.е. в центре трубы имеется *мнимая неподвижная опора* с нулевыми перемещениями.

Если принять жесткость пружин разную (*рис.4.2.4.р.3- c*), то формула общего удлинения трубы примет вид:

$$\Delta L_1 = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1+\frac{(k_1+k_2)L}{EF}\right)} \quad (4.2.4.ф.12),$$ где

k_1 и k_2 –жесткости соответственно правого и левого конца трубы, а удлинение каждого из концов трубы составит:

$$\Delta L_{11} = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1+\frac{(k_1+k_2)L}{EF}\right)}\left(\frac{k_2}{k_1+k_2}\right); (4.2.4.ф.13)$$

$$\Delta L_{12} = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1+\frac{(k_1+k_2)L}{EF}\right)}\left(\frac{k_1}{k_1+k_2}\right). \quad (4.2.4.ф.14)$$

Положение геометрического центра трубы сместится в сторону опоры с меньшей жесткостью. На отрезке трубы нет точек, положение которых не изменилось бы в процессе деформации (мнимой жесткой опоры нет).

Любой угол поворота на трубе или тройниковое ответвление тоже представляет из себя упругую опору, которую в расчетах можно принять за консольно-закрепленный стержень (*рис.4.2.4.р.4*).
Из курса сопротивления материалов известна формула для определения деформации такого стержня:

Рис.4.2.4.р.4 *Консольная схема расчета*

$$\Delta l = \frac{Nl^3}{3EI} \qquad (4.2.4.ф.15)$$

Если сравнить эту формулу с выражением для деформации пружины:

$$\Delta l = \frac{N}{k}, \qquad (4.2.4.ф.16)$$

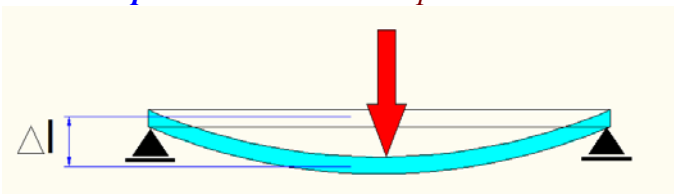
то очевидно, что для стержня значение

$$G = \frac{3EI}{l^3} \qquad (4.2.4.ф.17)$$

является, по сути, такой же «жесткостью», то есть показывает, какую силу надо приложить в Ньютонах, чтобы получить смещение конца стержня на 1 мм. Но поскольку в этом случае речь идет не о сжатии, а об изгибе, этот показатель называется коэффициентом упругой реакции *(G)*.

При расчетах сквозного трубопровода тройниковых узлов на деформацию от воздействия трубопровода на ответвлении используется балочная схема расчета (см.*рис.4.2.4.р.5*).

Рис.4.2.4.р.5 *Балочная схема расчета*



В этом случае коэффициент упругой реакции находится по формуле:

$$G = \frac{48EI}{l^3} \qquad (4.2.4.ф.18)$$

При расчетах на температурные деформации следует проверять соединители, на возникающие в трубопроводе изгибающие усилия. *Предельные изгибающие моменты, воспринимаемые фитингами должны быть на 10% меньше, чем предельный изгибающий момент для трубы такого же диаметра*.
Зная допустимое дополнительное эквивалентное напряжение в стенке трубы от температурных деформаций (*таблица 4.2.4.т.5*) и момент сопротивления поперечного сечения трубы (*таблица 4.2.4.т.3*) можно определить предельно допустимый изгибающий момент, возникающий при температурных деформациях (*таблица 4.2.4.т.6*) по формуле:

$$M_д = W\sigma_д \qquad (4.2.4.ф.19)$$

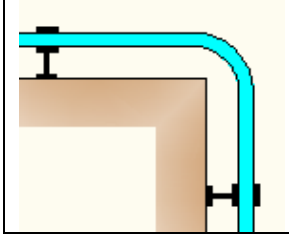
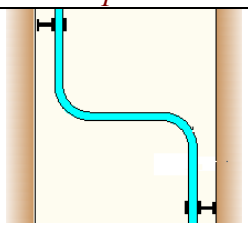
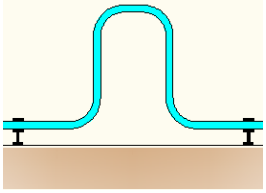
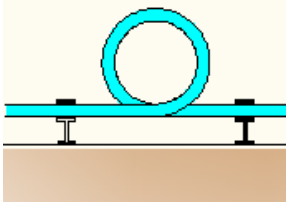
Значения предельно допустимых изгибающих моментов от температурных деформаций для труб VALTEC ***Таблица 4.2.4.т.6***

Класс эксплуатации	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*XB*
Предельный изгибающий момент для труб, Нмм						
-12x1,6	223	223	306	267	216	422
-16x2,0	503	503	687	600	490	952
-20x2,0	823	823	1153	1005	820	1593
-26x3,0	1816	1816	2489	2164	1760	3430
-32x3,0	3084	3084	4227	3700	2993	5841
-40x3,5	5326	5326	7281	6371	5191	10113

Пример расчета условного внутридомового стояка из МПТ (без промежуточных неподвижных опор) на температурные деформации приведен в *приложении 18*.

Для компенсации температурных деформаций при проектировании трубопроводных систем используются различные виды компенсаторов (*рис. рис.4.2.4.р.6*)

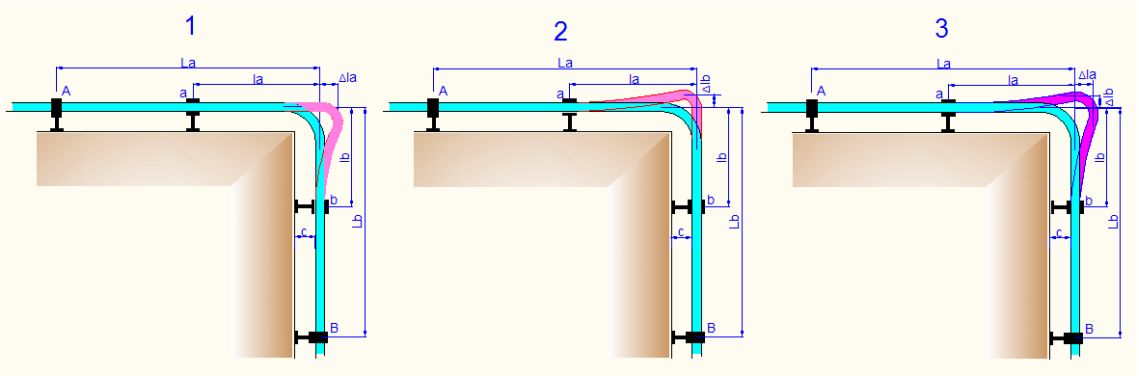
Рис.4.2.4.р.6 *Типы компенсаторов для МПТ*

Г-образный	*Z-образный*	*П-образный*	*Петлевой*
			

Корректная работа этих компенсаторов возможна только при правильной установке соседних подвижных опор и соблюдения расчетных радиусов и длин компенсирующих участков.

Расчет Г-образного компенсатора (*рис.4.2.4.р.7)*

Рис.4.2.4.р.7 *Г-образный компенсатор*



1. Для определения минимального расстояния до подвижной опоры *b*, считаем, что температурное удлинение трубы происходит только на участке L_a, а плечо l_b является гибкой опорой (*рис.4.2.4.р.7-1*).

$$\Delta l_a = \alpha \Delta T L_a = \frac{N l_b^3}{3EI} = \frac{\sigma_д W l_b^2}{3EI}, \qquad (4.2.4.ф.20)$$

учитывая, что $\frac{I}{W} = \frac{D}{2}$, получаем формулу плеча компенсатора:

$$l_b = \sqrt{\frac{3ED\Delta l_a}{2\sigma_д}}, \qquad (4.2.4.ф.21)$$

где $\sigma_д$ – допустимое напряжение в стенке трубы, МПа.

2. Аналогично, для опоры *a* считаем, что удлинение происходит только на участке L_b (*рис.4.2.4.р.7-2*). Минимальное расстояние до опоры *a* вычисляется по формуле:

$$l_a = \sqrt{\frac{3ED\Delta l_b}{2\sigma_д}} \qquad (4.2.4.ф.22)$$

3. Фактическая деформация компенсатора будет равна векторной сумме смещений Δl_a и Δl_b (*рис.4.2.4.р.7-3*).

Для расчета плеча компенсатора можно пользоваться *таблицей 4.2.4.т.7* или графиками на *рис.4.2.4.р.8*.

Формулы расчета плеча Г-образного компенсатора

Таблица 4.2.4.т.7

	Формулы плеча компенсатора (мм) для класса эксплуатации					
	1	2	3	4	5	ХВ
По удлинению (мм) и диаметру(мм)	$28{,}8\sqrt{D\Delta l}$	$30{,}3\sqrt{D\Delta l}$	$26{,}2\sqrt{D\Delta l}$	$28{,}3\sqrt{D\Delta l}$	$30{,}9\sqrt{D\Delta l}$	$24{,}1\sqrt{D\Delta l}$
По удлинению (мм) и диаметру (мм) при уголковом фитинге	$30{,}3\sqrt{D\Delta l}$	$31{,}9\sqrt{D\Delta l}$	$27{,}7\sqrt{D\Delta l}$	$29{,}8\sqrt{D\Delta l}$	$32{,}6\sqrt{D\Delta l}$	$25{,}4\sqrt{D\Delta l}$
По расчетной длине(мм) и диаметру(мм)	$1{,}39\sqrt{DL}$	$1{,}47\sqrt{DL}$	$1{,}04\sqrt{DL}$	$1{,}40\sqrt{DL}$	$1{,}54\sqrt{DL}$	$0{,}48\sqrt{DL}$
По расчетной длине (мм) и диаметру(мм) при уголковом фитинге	$1{,}47\sqrt{DL}$	$1{,}55\sqrt{DL}$	$1{,}09\sqrt{DL}$	$1{,}48\sqrt{DL}$	$1{,}62\sqrt{DL}$	$0{,}5\sqrt{DL}$

Рис.4.2.4.р.8 *Графики для определения плеча Г-образного компенсатора*

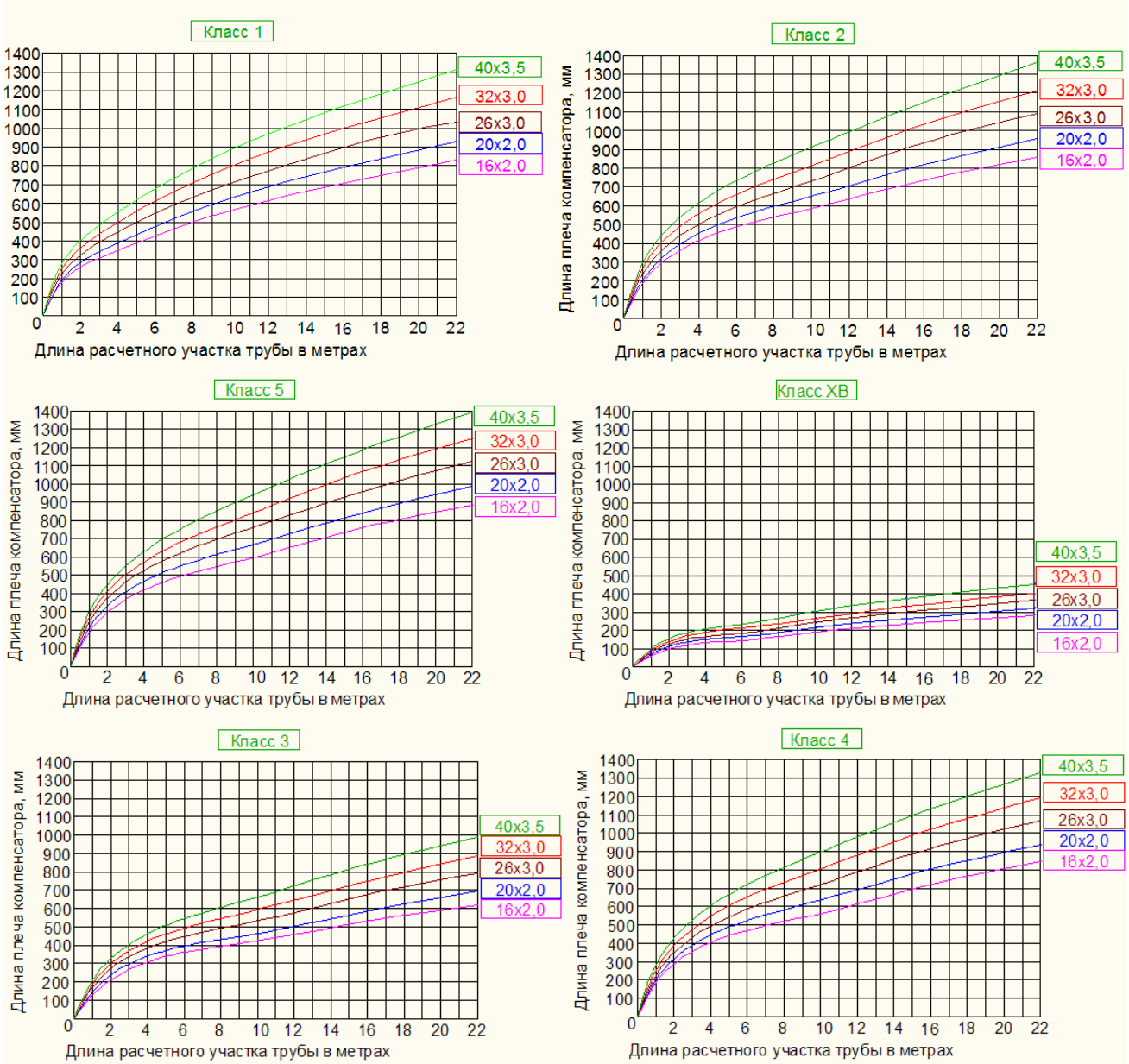
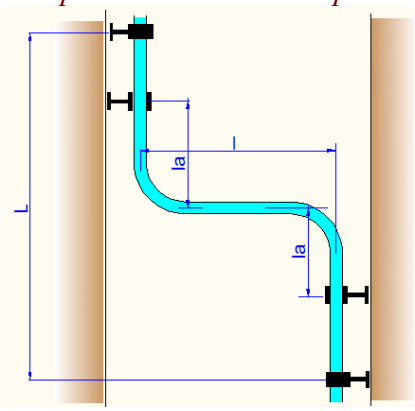


Рис.4.2.4.р.9
Z-образный компенсатор



Для *Z-образного компенсатора* (*рис.4.2.4. р.9*) плечом , компенсирующим удлинение участка *L* будет являться горизонтальный участок *l*, длина которого может определяться по формулам для углового компенсатора. Определив *l*, можно рассчитать минимально допустимое расстояние до подвижных опор l_a, которые должно компенсировать удлинение участка *l (Δl/2)*.

$$l_a = 36{,}74\sqrt{\frac{D\Delta l}{2\sigma_\partial}} = 26\sqrt{\frac{D\Delta l}{\sigma_d}} \quad (4.2.4.ф.23)$$

То есть:

$l_a=0{,}71\cdot l$ *(4.2.4.ф.24)*

Расчет П-образного компенсатора (*рис.4.2.4.р.10*) *и петлеобразного компенсатора* (*рис.4.2.4.р.11*)

Рис.4.2.4.р.10
П-образный компенсатор

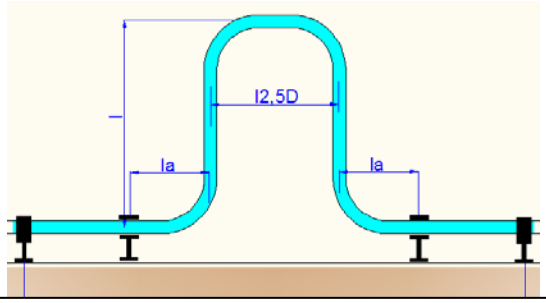
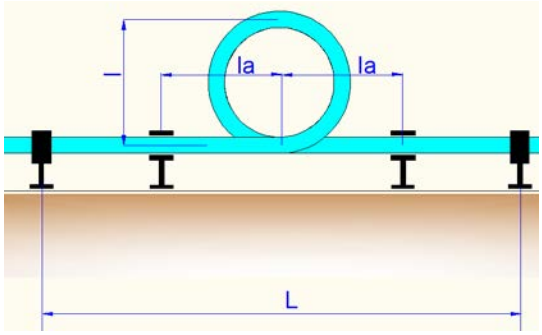


Рис.4.2.4.р.11
Петлеобразный компенсатор



Для *П-образного и петлеобразного компенсаторов* плечом , компенсирующим удлинение участка *L*, будет являться участок *l*, длина которого может определяться по формулам для углового компенсатора с коэффициентом ***0,71***, поскольку смещение каждого плеча составляет Δl/2. Расстояние между плечами П-образного компенсатора по технологическим соображениям принимается не менее *12,5 D*.

Минимальное расстояние до подвижных опор определяется из условия компенсации удлинения плеча *l*. То есть:

$$l_a = 26\sqrt{\frac{D\Delta l}{2\sigma_d}} = 18{,}4\sqrt{\frac{D\Delta l}{\sigma_\partial}} \quad (4.2.4.ф.25)$$

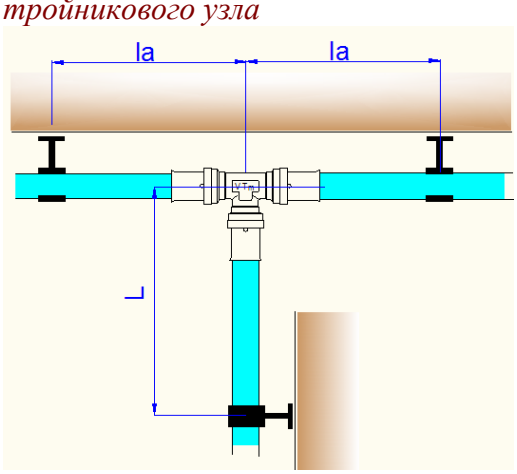
или :

$l_a=0{,}71\cdot l$ *(4.2.4.ф.26)*

Для всех перечисленных выше компенсаторов радиус изгиба труб не должен быть меньше *5D*. Для петлеобразного компенсатора диаметр петли не должен приниматься менее *10D* .

Расчет тройниковых узлов *(рис.4.2.4.р.12).*

Рис.4.2.4.р.12 *Расчетная схема тройникового узла*



Для тройниковых узлов минимальное расстояние до подвижных опор транзитного участка определяется исходя из условия не превышения максимально допустимого изгибающего момента на тройниковый соединитель от удлинения участка *L*.

$$\Delta l = \frac{N(2l_a)^3}{48EI} = \frac{Nl_a^3}{6EI} = \frac{Ml_a^2}{6EI} = \frac{\sigma_\partial W l_a^2}{6EI} = \frac{\sigma_\partial l_a^2}{3ED}$$

(4.2.4.ф.27)

, откуда;

$$l_a = 1{,}73\sqrt{\frac{ED\Delta l}{\sigma_\partial}} = 51{,}9\sqrt{\frac{D\Delta l}{\sigma_\partial}} \qquad (4.2.4.ф.28)$$

Для расчета l_a тройникового узла можно пользоваться формулами *таблицы 4.2.4.т.8* .

Формула для расчета тройниковых узлов

Таблица 4.2.4.т.8

	Формулы l_a (мм) для класса эксплуатации					
	1	2	3	4	5	ХВ
По удлинению (мм) и диаметру (мм)	$42{,}9\sqrt{D\Delta l}$	$45{,}1\sqrt{D\Delta l}$	$39{,}1\sqrt{D\Delta l}$	$42{,}1\sqrt{D\Delta l}$	$46{,}1\sqrt{D\Delta l}$	$35{,}9\sqrt{D\Delta l}$
По расчетной длине (мм) и диаметру (мм)	$2{,}07\sqrt{DL}$	$2{,}18\sqrt{DL}$	$1{,}54\sqrt{DL}$	$2{,}09\sqrt{DL}$	$2{,}29\sqrt{DL}$	$0{,}71\sqrt{DL}$

Допускается создавать неподвижную опору непосредственно на тройниковом соединителе.

Расстановка подвижных опор на горизонтальных участках трубопроводов определяется из условия, чтобы прогиб заполненного трубопровода под действием собственного веса не превышал 1/100 пролета между опорами.

$$\Delta l = \frac{5ql^4}{384EI} = \frac{l}{100}, \qquad (4.2.4.ф.29)$$

откуда выражение для расстояния между опор примет вид:

$$l = 41\sqrt[3]{\frac{I}{q}}, \qquad (4.2.4.ф.30)$$

где *I*-момент инерции сечения трубы (мм^4); *q* –вес трубы с водой (кг/м).

При вертикальной прокладке расстояние между креплениями допускается увеличивать в 2 раза.

Максимально допустимые расстояния между подвижными опорами металлополимерных трубопроводов *VALTEC* можно принимать по таблице *таблице 4.2.4.т.9.*

Максимальные шаг подвижных опор ***Таблица 4.2.4.т.9***

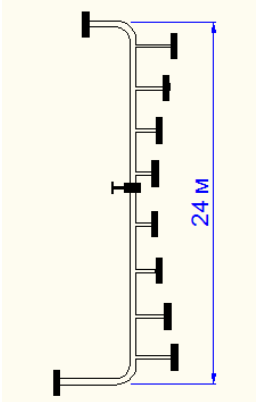
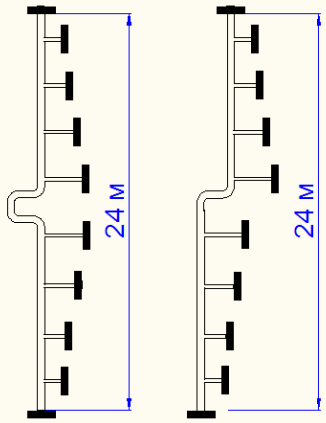
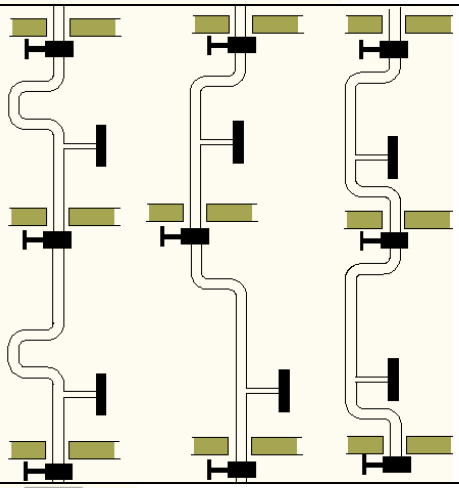
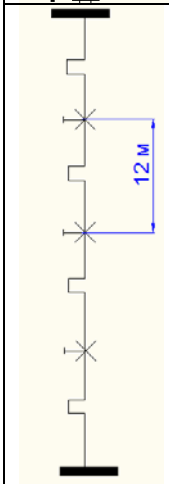
Размеры трубы	Расстояния в мм при прокладке:	
	горизонтальной	вертикальной
16x2,0	880	1760
20x2,0	960	1820
26x3,0	1200	2400
32x3,0	1300	2600
40x3,5	1500	3000

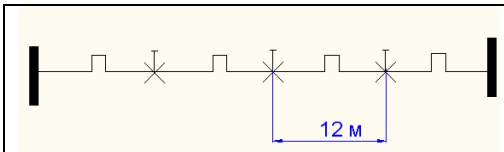
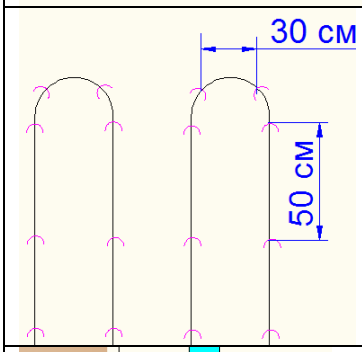
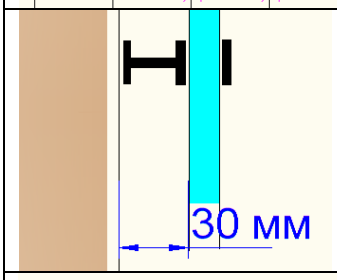
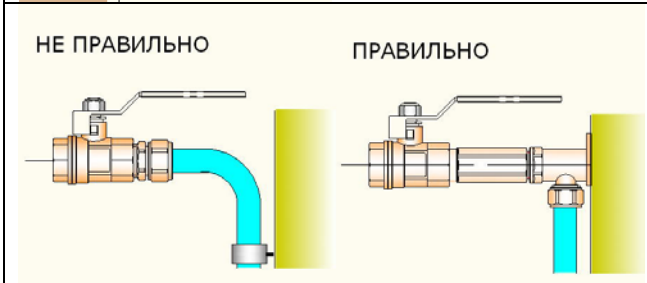
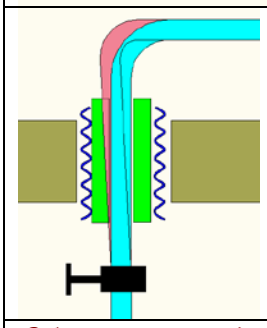
Рекомендации по расстановке опор на металлополимерных трубопроводах изложены в

Практические рекомендации по установке опор на МПТ

\

Таблица 4.2.4.т.10

Поясняющая схема	*Рекомендации*
	Для общественных зданий высотой стояка до 24 м рекомендуется использовать Г-образные компенсаторы в начале и в конце стояка с одной неподвижной опорой в центре стояка.
	При невозможности устройства компенсаторов на концах стояка для этих зданий рекомендуется устраивать один П-образный или Z-образный компенсатор в центре стояка.
	Для многоэтажных жилых многоквартирных зданий рекомендуется устраивать поэтажные неподвижные опоры с компенсаторами между ними. Это вызвано тем, что жильцы могут вмешаться в конструктивную схему трубопровода (сместить опоры, заменить материал трубопроводов). При поэтажных компенсаторах эти вмешательства не повлияют на работу стояка в целом. Кроме того, предлагаемые схемы благоприятны для индустриализации процесса инженерного оборудования сантехкабин.
	Для многоэтажных (свыше 24 м) общественных зданий, рекомендуется устанавливать неподвижные опоры на стояках отопления и ГВС через каждые 12 м с устройством компенсаторов между ними. Начальные неподвижные опоры следует ставить в начале и конце стояка.

	На прямолинейных горизонтальных участках систем отопления и ГВС неподвижные опоры следует ставить через каждые 12 м с устройством компенсатора между ними.
	При укладке петель теплых полов «мокрым» способом» установка неподвижных опор не требуется, т.к. стяжка является протяженной жесткой опорой. Монтажное крепление труб к арматурной сетке или теплоизоляции выполняется на прямых участках через 50 см, на поворотах – через 30 мм.
	Опоры стояков должны обеспечивать относ труб от стен не менее 30 мм.
	Не допускается установка какой-либо арматуры на незакрепленных концах металлополимерного трубопровода.
	При проходе труб через стены , перекрытия и перегородки, следует учитывать расчетные смещения труб. Зазор, оставляемый между трубой и краем отверстия рекомендуется заполнять вспененным полиэтиленом или каучуком (трубная изоляция) , минватой, паклей или льном. При расчетном смещении трубы в наиболее опасном сечении менее 0,5 мм – его можно не учитывать.

Общие рекомендации

В проектах систем металлополимерных трубопроводов *обязательно должны указываться места установки подвижных и неподвижных опор*. От этого зависит продолжительность безаварийной эксплуатации системы

Максимальные расстояния между неподвижными опорами рекомендуется назначать из условия, чтобы температурные деформации участка не превышали 30 мм (для ГВС и радиаторного отопления -12 м; для напольного отопления -20 м)

В качестве компенсаторов удобнее всего использовать естественные углы поворота трассы.

Расчетный перепад температур при остывании трубопровода, следует принимать таким же, как и при нагревании. Это связано с тем, что даже «неподвижные» опоры на металлополимерных трубопроводах обладают «ползучестью», то есть со временем труба смещается в сторону большей нагрузки.

Заделку в межэтажные перекрытия труб не рекомендуется принимать в качестве неподвижной опоры по ряду причин:

- качество зачеканки отверстия в перекрытии, обеспечивающее неподвижность трубы, сложно обеспечить и проконтролировать;
- шероховатость поверхности МПТ у разных труб различна. При применении поверхностных

пластика и раствора (бетона);
- при замене и ремонте труб придется разрушать участок перекрытия;
- не обеспечивается защита трубы от повреждающего воздействия угла бетона или раствора.

Между двумя неподвижными опорами обязательно должен быть компенсатор (кроме класса ХВ). Для класса эксплуатации ХВ, в случае применения неподвижных опор, максимальное расстояние между ними определяется из условий устойчивости с применением формулы Эйлера:

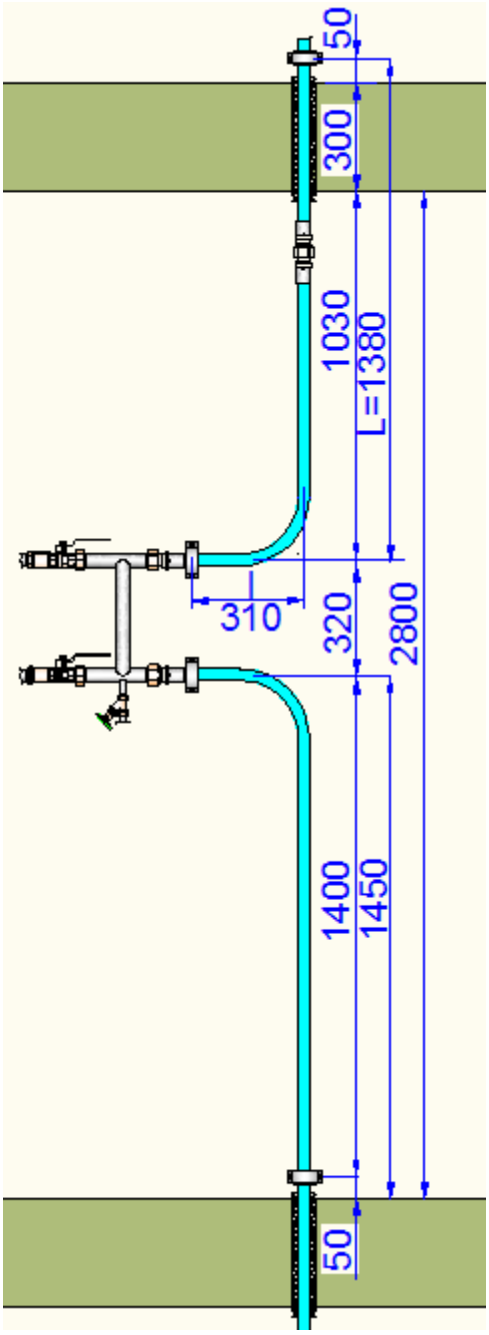
$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{N}} = \pi\sqrt{\frac{I}{\alpha \Delta TF}} = 616\sqrt{\frac{I}{\Delta TF}} = 159\sqrt{\frac{I}{F}}$$ *(4.2.4.ф.31)* или по *таблице 4.2.4.т.11*

Расстояния между неподвижными опорами трубопроводов ХВ из условий устойчивости

Таблица 4.2.4.т.11

Класс	Максимальные расстояния между неподвижными опорами (мм) для труб (независимо от положения):				
	16x2,0	20x2,0	26x3,0	32x3,0	40x3,5
ХВ	800	1020	1300	1640	2100

Рис.4.2.4.р.13 *Этаже-стояк ГВС*



Пример расчета установки неподвижных опор в многоэтажном, многоквартирном жилом здании.

Исходные данные:

Требуется определить расстояние *l* на стояке ГВС из МПТ D32 (класс 2), а также необходимость дополнительных защитных мероприятий при проходе стояка через перекрытие.

На вертикальной части стояка опора устанавливается на расстоянии 50 мм от пола каждого этажа. Расчетная длина участка L= 1380 мм.

Расчет:

Минимально допустимое расстояние до опоры Г-образного компенсатора:

$l = 1{,}39\sqrt{DL} = 1{,}39\sqrt{32 \cdot 1380}$ =292 мм.

Расстояние до опоры принято *l* = 310 мм.

Удлинение плеча *l* составит:

$\Delta l = 2{,}34 \cdot 0{,}310 = 0{,}73$ мм

В уровне низа перекрытия отклонение трубы от вертикали составит :

0,73 x (300+50)/1380=0,19 мм.

Дополнительных мероприятий по защите трубы не требуется. Стояк прокладывается в перекрытии в защитном гофрированном полиэтиленовом кожухе наружным диаметром 54 мм.

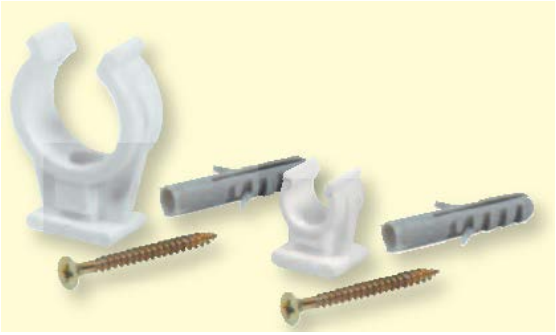
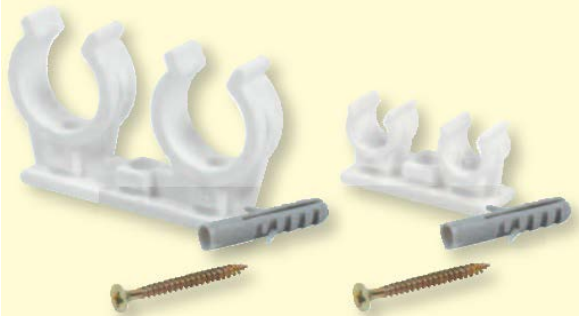
4.2.5. Крепление трубопроводов

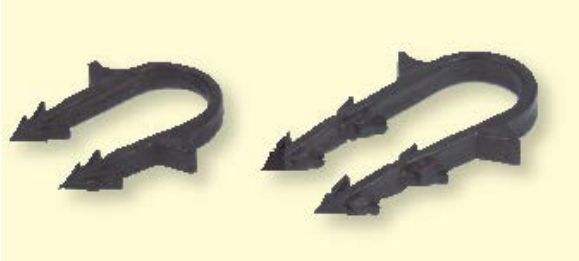
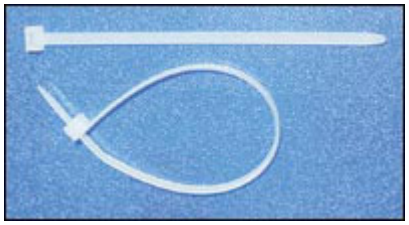
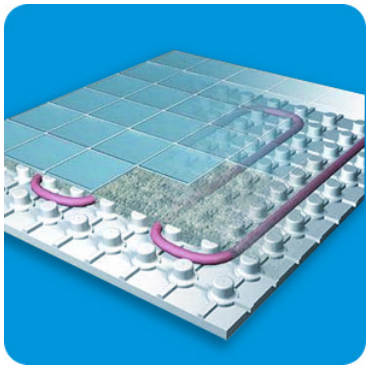
Крепление металлополимерных труб к строительным конструкциям должно удовлетворять следующим требованиям:

- подвижные опоры должны обеспечивать возможность перемещения трубы в продольном направлении и ограничивать перемещение в поперечном направлении;
- неподвижные опоры должны исключать или максимально ограничивать перемещение трубы как в продольном, так и в поперечном направлении;
- опоры не должны деформировать ни саму трубу, ни ее наружный слой. В связи с этим материалом хомута опоры может быть либо пластик (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид), либо металл с обязательным использованием эластичной прокладки. Ширина стального хомута опоры не должна быть меньше 20мм;
- опоры для открытой прокладки труб должны быть разъемными, т.е. допускающими демонтаж труб без повреждения опоры.

Рекомендуемые типы креплений и опор приведены в *таблице 2.4.5.т.1*.

Типы опор и креплений МПТ ***Таблица 2.4.5.т.1***

Эскиз	***Описание***	***Область применения***
	Одинарная пластиковая (ПП) клип-опора	В качестве подвижной опоры для одиночных труб D16,D20,D26,D32
	Сдвоенная пластиковая (ПП) клип-опора	В качестве подвижной опоры для пары труб D16,D20,D26,D32
	Одинарные пластиковые (ПП) хомутовые опоры	В качестве подвижной опоры для одиночных труб D16,D20,D26,D32, D40
	Одинарная стальная опора (20х1,5мм) с прокладкой из EPDM (винт-М8)	В качестве неподвижной опоры для одиночных труб D16,D20,D26,D32, D40

	Сдвоенная стальная опора (20х1,5мм) с прокладкой из EPDM (винт-М8)	В качестве неподвижной опоры для одиночных труб D16,D20,D26,D32,
	Скобы для гарпуна (такера)	В качестве подвижных опор в конструкциях встроенного обогрева (полы,стены, кровли, площадки). Крепятся к теплоизоляции с помощью гарпуна (такера)
	Хомутик монтажный	Для крепления (подвижного) трубы к арматурной сетке в конструкциях встроенного обогрева
	Планка монтажная (шаг клип-захватов -50мм)	Для крепления петель трубы в конструкциях встроенного обогрева
	Теплоизоляционные маты с фиксаторами для трубы	Для крепления петель трубы в конструкциях встроенного обогрева
Не допускается использование для крепления труб проволочных хомутов.		

4.2.6. Теплоизоляция трубопроводов

Необходимость в тепловой изоляции трубопроводов из металлополимерных труб определяется расчетом на потери тепла трубами или на выпадение конденсата.

Как правило, тепловая изоляция предусматривается в следующих случаях:

- при прокладке труб в полу первого этажа по грунту или над неотапливаемым подпольем;
- при прохождении трубопроводов через неотапливаемые помещения;
- при прохождении трубопроводов у наружных дверных проемов, где возможно промерзание;
- магистрали отопления и горячего водоснабжения;
- стояки горячего водоснабжения;
- стояки холодного водоснабжения при открытой прокладке (для защиты от конденсата).

В качестве теплоизоляции для металлополимерных труб рекомендуется использовать специальную, эластичную трубную изоляцию (скорлупы) из вспененного полиэтилена или каучука. При этом следует иметь в виду, что каучуковая изоляция при отрицательных температурах, хотя и сохраняет теплоизоляционные свойства, теряет эластичность. Это может привести к ее разрушению под воздействием тепловых деформаций трубопровода. Коэффициент теплопроводности теплоизоляции не должен превышать 0,05 Вт/м К.

4.3. Испытания смонтированных систем

4.3.1. Общие требования к испытаниям

В соответствии со СП 73.13330.2012 раздел 7, после завершения монтажных работ должны быть выполнены:

испытания систем отопления, теплоснабжения, внутреннего холодного и горячего водоснабжения гидростатическим или манометрическим методом с составлением акта (см. *приложение 9*), а также промывка систем ;

тепловое испытание систем отопления на равномерный прогрев отопительных приборов;

индивидуальные испытания смонтированного оборудования с составлением акта (см. *приложение 10*);

4.3.2. Гидравлические испытания систем отопления

После выполнения монтажных работ проводится испытание системы на герметичность при давлении, превышающем рабочее в 1,5 раза, но не менее 6 бар, при постоянной температуре воды.

Перед испытанием необходимо снять предохранительную или регулировочную арматуру (клапана, редукторы), значение настройки которых менее величины давления гидравлических испытаний. Вместо снятой арматуры устанавливаются заглушки или трубные вставки («катушки»).

К системе подключается манометр с точностью измерения не более 0,1 бар.

Система заполняется водой постепенно, при открытых воздухоспускных устройствах во избежание образования воздушных пробок.

Гидравлические испытания проводятся при постоянной температуре в два этапа:

Первый этап - в течение 30 мин дважды поднимается давление до расчетной величины через каждые 10 мин. В последующие 30 мин падение давления в системе не должно превышать 0,6 бар;

Второй этап - в последующие 2 ч падение давления (от давления, достигнутого на первом этапе) не должно быть больше, чем на 0,2 бар.

Гидравлическое испытание системы напольного отопления необходимо проводить до заливки трубопроводов бетоном (раствором).

Если в ходе испытания обнаружена течь в обжимном соединении, допускается подтягивание накидной гайки не более, чем на 0,5 оборота. Если и в этом случае течь не прекратиться, необходимо выполнить новое соединение, обрезав замятый конец трубы.

4.3.3. Тепловые испытания систем отопления

Тепловое испытание систем отопления при положительной температуре наружного воздуха должно производиться при температуре воды в подающих магистралях систем не менее 60° С. При этом все отопительные приборы должны прогреваться равномерно.

Тепловое испытание систем отопления при отрицательной температуре наружного воздуха должно производиться при температуре теплоносителя в подающем трубопроводе, соответствующей температуре наружного воздуха во время испытания по отопительному температурному графику, но не менее 50°С, и величине циркуляционного давления в системе согласно рабочей документации.

Тепловое испытание систем отопления следует производить в течение 7 ч, при этом проверяется равномерность прогрева отопительных приборов (на ощупь).

Тепловое испытание напольных систем отопления из металлополимерных труб следует осуществлять после того, как бетон окончательно затвердеет, т.е. через 20-28 дней. Испытания следует начинать с температуры теплоносителя 25 °С с ежедневным увеличением температуры на 5°С до тех пор, пока она не будет соответствовать проектной величине.

4.3.4. Гидравлические испытания систем холодного и горячего водоснабжения

Величину пробного давления при гидростатическом методе испытания следует принимать равной 1,5 избыточного рабочего давления. Испытания должны производиться до установки водоразборной арматуры.

Выдержавшими испытания считаются системы, если в течение 10 мин нахождения под пробным давлением при гидростатическом методе испытаний не обнаружено падения давления более 0,5 бар и капель в сварных швах, трубах, резьбовых соединениях, арматуре и утечки воды через смывные устройства.

4.3.5. Промывка систем холодного и горячего водоснабжения

Системы внутреннего холодного и горячего водоснабжения по окончании их монтажа должны быть промыты водой до выхода ее без механических взвесей .

Промывка систем хозяйственно-питьевого водоснабжения считается законченной после выхода воды, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 2874.

4.4. *Взаимозаменяемость труб*

При замене стальных , медных или полипропиленовых труб на металлополимерные трубы необходимо учитывать изменение их пропускной способности (*см. таблицы 4.4.т.1 ; 4.4.т.2 и 4.4.т.3*).

Расходы (л/с), при которых потери давления в трубах составляют 10^4Па/м или 1 м.вод.ст./м)

Таблица 4.4.т.1

Dнар	*Dy*	*Dвн*	*Пропускная способность, л/с*					
			Труба МПТ	*Труба медная*	*Трубы стальные ВГП*			*Трубы ППР*
					легкие	*норм.*	*усиленные*	
10x1		8		0,115				
12x1		10		0,21				
15x1		13		0,427				
16x2		12	0,343					
18x1		16		0,744				
20x3,4		13,2						0,476
20x2,8		14,4						0,608
20x2		16	0,744					
21,3	15	16,3/15,7/14,9			0,595	0,537	0,466	
22x1		20		1,348				
25x4,2		16,6						0,891
25x3,5		18						1,110
26x3		20	1,348					
26,8	20	21,8/21,2/20,4			1,30	1,21	1,09	
28x1		26		2,72				
32x5,4		21,2						1,731
32x4,4		23,2						2,210
32x3		26	2,72					
33,5	25	27,9/27,1/25,5			2,53	2,34	1,99	
35x1		33		5,11				
35x1,5		32		4,73				
40x6,7		26,6						3,205
40x5,5		29						4,050
40x3,5		33	5,11					
42x1,5		39		7,97				
42,3	32	36,7/35,9/34,3			5,25	4,95	4,39	
48	40	42/41/40			7,53	7,06	6,61	
50x8,3		33,4						5,945
50x6,9		36,2						7,393
54x1,5		51		16,2				
63x10,5		42						11,07
63x8,6		45,8						14,00
60	50	54/53/51			14,72	14,0	12,61	

Таблица замены стальных новых** (шероховатость 0,2) **ВГП нормальных труб на МПТ

(показано, во сколько раз в ту или другую сторону изменяются линейные потери давления)

Таблица 4.4.т.2

Ду стальных труб	Металлополимерные трубы				
	16х2,0	**20х2,0**	**26х3,0**	**32х3,0**	**40х3,5**
1/2" (15)	+2,40	-1,72	-5,14	-18,5	-58,7
3/4" (20)	+10,8	+2,62	-1,14	-4,10	-13,0
1" (25)		+9,18	+3,07	-1,17	-3,71
1 1/4" (32)			+12,7	+3,54	+1,12
1 1/2" (40)				+6,92	+2,18
2" (50)				+25	+7,9

Таблица замены стальных неновых** (шероховатость 0,5**) ВГП нормальных труб на МПТ

(показано, во сколько раз в ту или другую сторону изменяются линейные потери давления)

Таблица 4.4.т.3

Ду стальных труб	Металлополимерные трубы				
	16х2,0	**20х2,0**	**26х3,0**	**32х3,0**	**40х3,5**
1/2" (15)	+1,69	-2,45	-7,31	-26,3	
3/4" (20)	+8,35	+2,02	-1,48	-5,33	-16,8
1" (25)		+7,32	+2,45	-1,47	-4,65
1 1/4" (32)			+10,55	+2,93	-1,08
1 1/2" (40)				+5,76	+1,82
2" (50)				+21,4	+6,76

4.5. Техника безопасности

Металлополимерные трубы *VALTEC PEX-AL-PEX* в процессе монтажа и эксплуатации не выделяют в окружающую среду токсичных веществ и не оказывают вредного влияния на организм человека при непосредственном контакте.

При заготовке и монтаже систем из металлополимерных труб не допускается производить сварочные работы ближе, чем 2 м от труб. Если же по технологическим условиям сварка необходима, то трубы следует укрыть асбестовой тканью и листом кровельной стали.

Металлополимерные трубы относятся к категории горючих, трудновоспламеняемых материалов. Для тушения загоревшихся труб следует использовать воду, пену, песок, кошму.

При работе с металлополимерными трубами следует принять меры против попадания на них органических растворителей.

К монтажу металлополимерных труб допускаются работники, прошедшее специальное обучение и знакомые со спецификой данного вида труб.

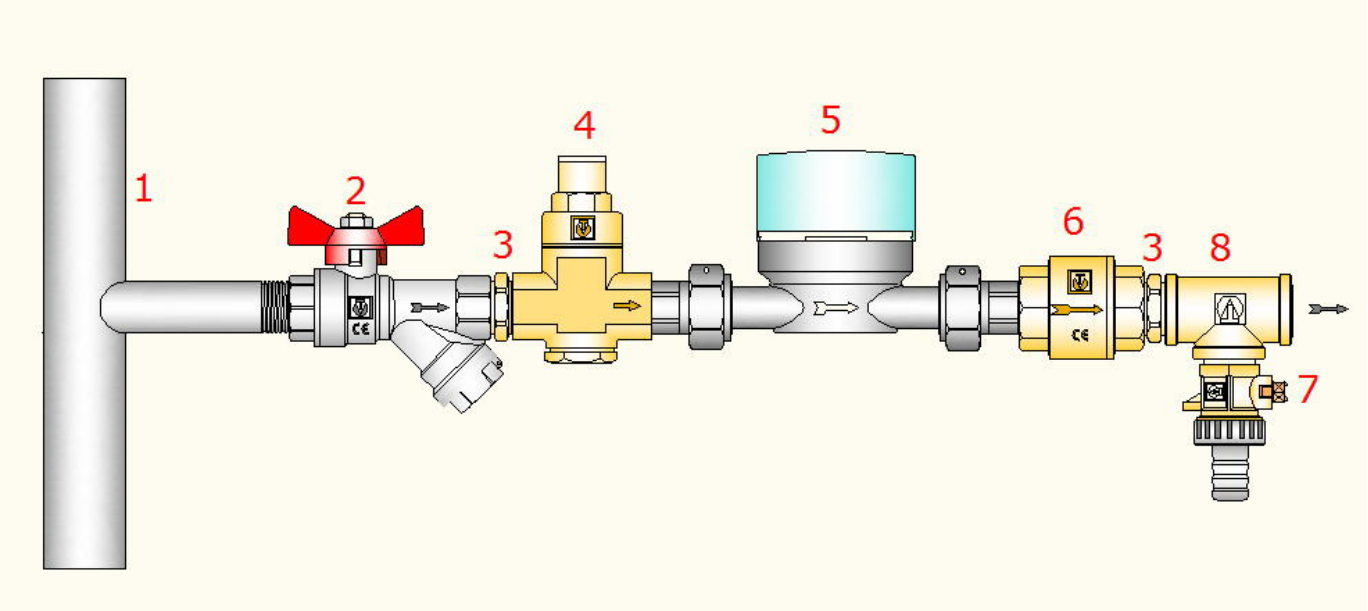
5. Конструирование сетей

5.1. Внутренний водопровод холодной и горячей воды

При устройстве внутреннего квартирного водопровода следует грамотно выполнить узел ввода, так как от этого зависит срок службы элементов квартирной разводки , санитарно-технических приборов и оборудования.

Пример квартирного узла водопроводного ввода приведен на рисунке *5.1.р.1*

Рис.5.1.р.1 *Пример решения узла квартирного водопроводного ввода*



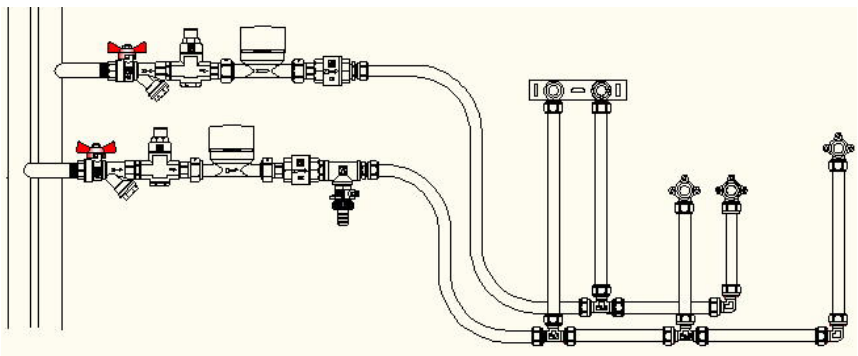
1 –водопроводный стояк; 2 – шаровой кран со встроенным фильтром; 3 - ниппель резьбовой; 4 –редуктор давления; 5 – водосчетчик с присоединительными полусгонами; 6 - клапан обратный;7 – кран дренажный со штуцером (ставится на холодной воде и используется для присоединения шланга, как первичное средство пожаротушения (п. п.7.1.11 СП 30.13330.2012)); 8 – тройник резьбовой.

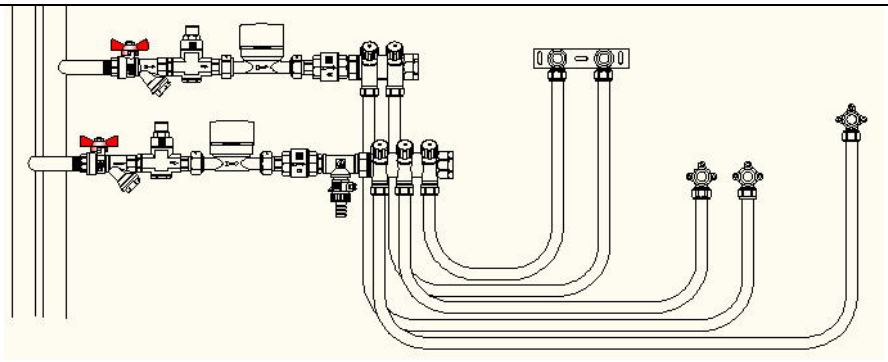
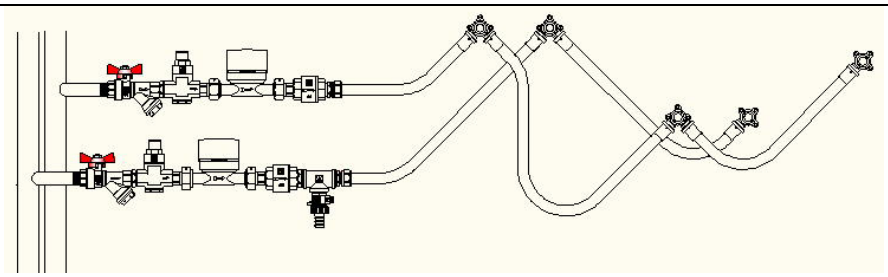
При выборе вариантов схемы прокладки внутренних водопроводных сетей обычно руководствуются оценкой следующих факторов:

- эксплуатационные свойства, оцениваемые по влиянию друг на друга одновременно открытых приборов, удобству обслуживания и компактности;
- затраты на монтаж, которые можно оценить по количеству выполняемых соединений и протяженности трубопроводов;
- экономичность, определяемая по стоимости материалов, затраченных на монтаж.

Сравнительная оценка вариантов систем квартирной водопроводной разводки приведена в таблице *5.1.т.1.*

Варианты квартирной разводки ***Таблица 5.1.т.1***

Эскиз	*Описание*
	**Тройниковая разводка.** Стоимость на 29% выше, чем при проходных водорозетках. Неравномерное давление воды на приборах.

	**Коллекторная разводка.** Стоимость на 50 % выше, чем при проходных водорозетках. Равномерное давление у приборов. Возможность отключения приборов с единого узла.
	**Последовательная разводка с проходными водорозетками** Самый дешевый вариант разводки. Неравномерное давление воды на приборах.

При конструировании систем трубопроводную арматуру следует устанавливать в соответствии с требованиями строительных норм и правил (*см. приложение 14*)

Количество устанавливаемых санитарно-технических приборов и водоразборной арматуры определяется технологической частью проекта и техническим заданием заказчика.

При определении мест установки водоразборной арматуры следует придерживаться рекомендаций СП 73.13330.2012 «Внутренние санитарно-технические системы» (см. таблицу 5.2.т.2), если иное не предусмотрено паспортом на устанавливаемый прибор.

Высота установки сантехприборов и водоразборной арматуры

Таблица 5.2.т.2

Прибор, арматура	*Высота установки, мм*	*Пункт СНиП* СП 73.13330.2012
Кран или смеситель раковины	250 от борта раковины	6.2.1
Кран или смеситель мойки	200 от борта мойки	
Кран или смеситель умывальника	200 от борта умывальника	
Смеситель ванны	800 от чистого пола	
Водоразборный кран в бане	800 от чистого пола	
Общий смеситель для ванны и умывальника	1000 от чистого пола	
Кран для мытья полов	600 от чистого пола	
Смеситель для душа	1200 от чистого пола	
Сетка душевая	2150 от чистого пола	
Умывальник	800 от чистого пола до борта	6.3.4.
Умывальник в школах	700 от чистого пола до борта	
Умывальник в детских дошкольных учреждениях	500 от чистого пола до борта	
Раковина и мойка	850 от чистого пола до борта	
Раковина и мойка в школах	800 от чистого пола до борта	
Раковина и мойка в ДДУ	500 от чистого пола до борта	
Ванна	600 от чистого пола до борта	
Писсуар	650 от чистого пола до борта	

Расстояния между осями умывальников при групповой установке следует принимать не менее 650

5.2. Системы радиаторного отопления

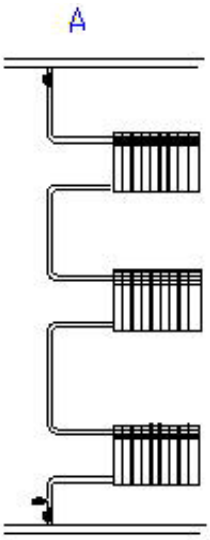
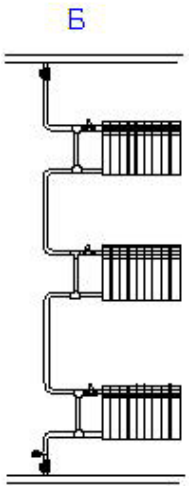
В настоящее время большинство российских отопительных систем являются однотрубными с верхней или нижней разводкой. Причины этого следует искать в экономической сфере.

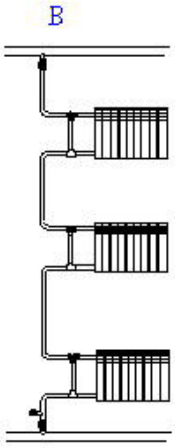
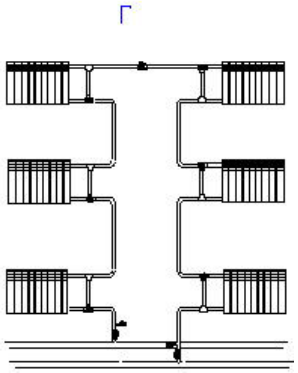
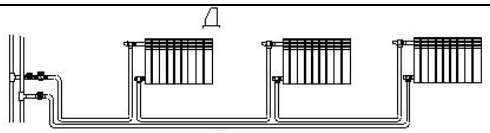
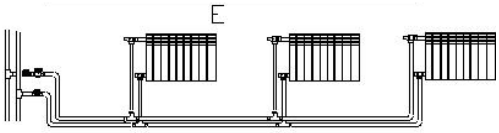
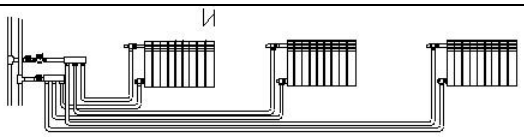
В 60-е -70е годы прошлого века шла всесоюзная борьба за экономию металла при крайне низкой «политической» стоимости электроэнергии. Огромными темпами развивалось типовое панельное строительство, требующее дешевых унифицированных узлов и заготовок. О поквартирном учете тепла речь не шла – все платили за тепло «с прописанной души».

Но и сейчас при новом строительстве однотрубные системы количественно преобладают в силу своей дешевизны. Однако, с ужесточением требований по установке на отопительные приборы регуляторов и поквартирном учёте тепла, однотрубные системы будут все больше вытесняться другими видами разводок.

Выбор наиболее эффективной системы радиаторного отопления упростится, если ознакомиться с достоинствами и недостатками той или иной схемы, изложенными в *таблице 5.2.т.1*.

Схемы радиаторного отопления ***Таблица 5.2.т.1***

Эскиз	*Описание и характеристика*
	*Однотрубная система с верхней разводкой без замыкающих участков* Самый экономичный вид системы, использующийся , в основном, только для отопления лестничных клеток жилых и общественных зданий. Возможность регулировки отопительных приборов полностью отсутствует. По сравнению с двухтрубной системой расход теплоносителя через каждый радиатор больше. Температура теплоносителя в верхнем приборе выше, чем в нижнем, что требует использования на нижних этажах отопительных приборов с большей поверхностью нагрева.
	*Однотрубная система с верхней разводкой с замыкающими участками с радиаторными терморегуляторами* Наиболее распространенный вид системы. Температура теплоносителя в верхнем приборе выше, чем в нижнем, что требует использования на нижних этажах отопительных приборов с большей поверхностью нагрева. Требует использования специальных терморегуляторов повышенной пропускной способности.

	*Однотрубная система с верхней разводкой с трехходовыми кранами .* Регулировка каждого прибора сохраняет общие гидравлические характеристики стояка. В остальном, сохраняются недостатки однотрубных систем.
	*П-образные однотрубные стояки с нижней разводкой и терморегуляторами на замыкающих участках.* Температура теплоносителя снижается от первого радиатора к последнему, что требует использования постепенного увеличения поверхности нагрева отопительных приборов. На восходящем участке стояка снижена теплоотдача радиаторов.
	*Система с двухтрубными стояками и горизонтальной однотрубной разводкой.* Схема позволяет оборудовать узел поквартирного учета тепловой энергии. При отсутствии байпасов регулировка отдельного радиатора ведет к изменению теплоотдачи все радиаторов ветви.
	*Система с двухтрубными стояками и горизонтальной двухтрубной разводкой.* Регулировка отдельно взятого прибора не приводит к изменению температуры в остальных приборах. Схема позволяет оборудовать узел поквартирного учета тепловой энергии.
	*Система с двухтрубными стояками и лучевой коллекторной разводкой.* Система является самой удобной в отношении возможностей регулировки, а значит, и наиболее экономичной в эксплуатации. Каждая подводка к прибору рассчитывается на пропуск теплоносителя только для одного конкретного прибора. Схема является весьма удобной для организации поквартирного учета тепловой энергии. Расход труб значительно выше, чем при однотрубной и двухтрубной схемах.

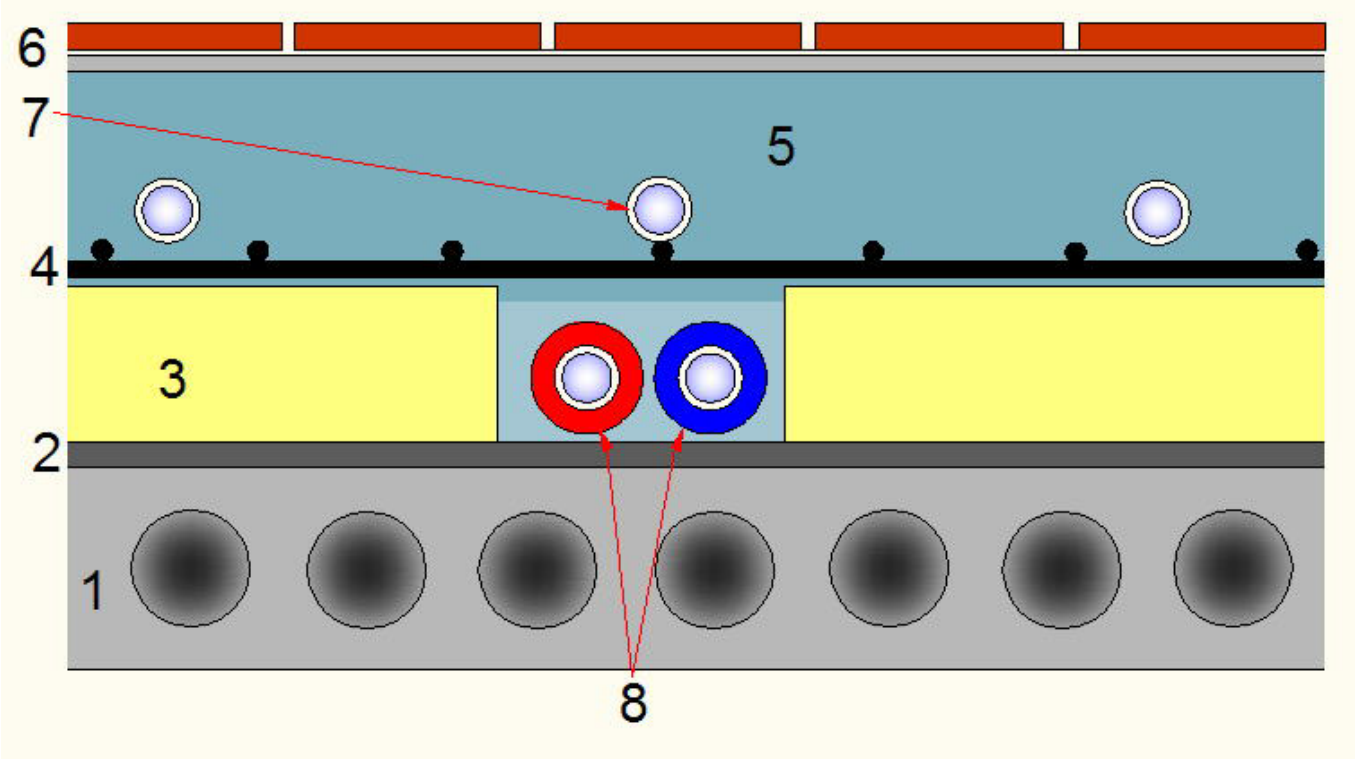
Прокладку металлополимерных труб по помещениям рекомендуется производить скрыто: в стяжке пола или в плинтусных коробах. Открытая прокладка допускается только в местах, защищенных от воздействия прямых солнечных лучей.

При прокладке в стяжке, металлополимерная труба должна прокладываться либо в теплоизоляции, либо в гофрированном пластиковом кожухе.

В проектах систем отопления из металлополимерных труб обязательно должны быть указаны места установки подвижных и неподвижных опор в соответствии с указаниями раздела *4.2.4*.

В случае одновременного использования радиаторного отопления и системы встроенного обогрева («теплый пол»), трубопроводы радиаторного отопления прокладываются ниже петель «теплого пола» в промежутках теплоизоляционного слоя (см. *рис.5.2.р.1*).

Рис.5.2.р.1 *Совместная прокладка труб радиаторного отопления и «теплого пола»*



1 –основание (плита перекрытия); 2 – пароизоляция; 3 – утеплитель (пенополистирол); 4 – арматурная сетка; 5 – цементная стяжка; 6 – чистовой пол; 7- трубы петель « теплого пола»; 8 – трубопроводы радиаторного отопления в изоляции.

5.3. Системы встроенного обогрева

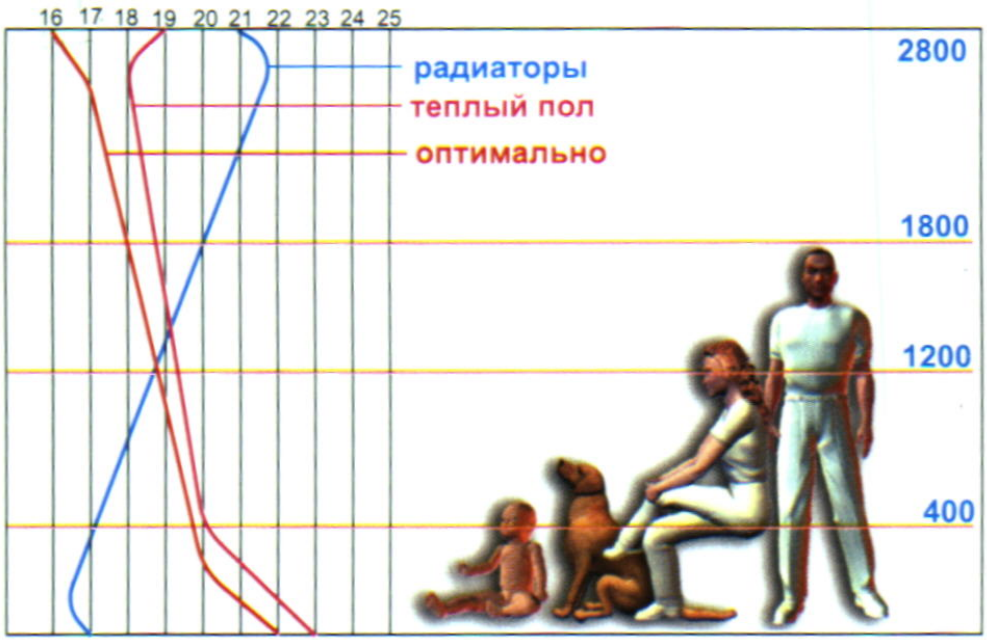
5.3.1. Напольное отопление (теплый пол)

5.3.1.1. Преимущества напольного отопления

Водяные теплые полы прочно вошли в арсенал инженерного оборудования дома благодаря созданию ими максимально комфортного для человека и домашних животных температурного режима.

Радиаторное отопление, поддерживая требуемую среднюю температуру в помещении, дает далеко не идеальное распределение температур по высоте. Зона комфортной температуры (20-21 ºС) при радиаторном отоплении располагается на уровне груди стоящего человека (150 см). Ниже уровня 40 см от пола температура воздуха не превышает до 16-17ºС, а припотолочный воздух прогревается до температур 23-24ºС. Применение напольного лучистого отопления приводит к вертикальному распределению температур, близкому к идеальному, при этом соблюдается принцип – «теплые ноги – холодная голова» (см. *рис.5.31.1.р.1*).

Рис. 5.3.1.1.р.1 Графики распределения температуры по высоте помещения



Напольное отопление не создает таких мощных конвективных потоков, как радиаторы, а тем более – конвекторы, так как температура нагревающей поверхности полов в 2-2,5 раза ниже, чем у традиционных нагревательных приборов. При этом в воздухе не наблюдается циркуляция пыли.

Использование напольного отопления позволяет снизить температуру воздуха в помещении на 1-2ºС, что не приводит к снижению результирующей температуры за счет повышения радиационной температуры.

С точки зрения интерьера, отсутствие в нем таких, казалось бы, неизбежных элементов, как стояки и нагревательные приборы, позволяет в полной мере использовать площадь комнаты для размещения элементов декора и внутреннего убранства.

5.3.1.2. Возможности напольного отопления

В ряде публикаций, посвященных теме напольного лучистого отопления, читателя упорно подталкивают к мысли, что в российских условиях теплые полы могут быть лишь модным дополнением к традиционному радиаторному отоплению. А так ли это на самом деле, и как определить ту границу, до которой напольное отопление может полностью вытеснить радиаторное?

Попытаемся получить ответ на этот вопрос для современных жилых зданий, опираясь на отечественные строительные нормативы.

В СП 50.13330.2012 введено понятие «удельной характеристики расхода тепловой энергии на

энергии на 1 м^3 отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в 1 °С , и имеет размерность Вт/(м^3·°С).

В этом же нормативном документе приведены таблицы нормируемой величины $q_{от}^{тр}$.

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых одноквартирных зданий

Таблица 5.3.1.2. т.1

Площадь здания,м2	Удельная характеристика , Вт/(м^3·°С), при количестве этажей			
	1	2	3	4
50	0,579	-	-	-
100	0,517	0,558	-	-
150	0,455	0,496	0,538	-
250	0,414	0,434	0,455	0,476
400	0,372	0,372	0,393	0,414
600	0,359	0,359	0,359	0,372
1000 и более	0,336	0,336	0,336	0,336

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Таблица 5.3.1.2. т.2

Тип здания	Удельная характеристика , Вт/(м^3·°С), при количестве этажей							
	1	2	3	4,5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
Жилые, многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,29
Поликлиники, интернаты, лечебные учреждения	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
Сервисного обслуживания, культурно-досуговые, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-	-	-
Административные (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232
Прочие общественные	0,487	0,44	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311

Определяющим фактором при оценке предельных значений удельного теплового потока от элементов системы панельного отопления, является максимально допустимая температура поверхности пола (см. *таблицу 5.3.1.2.т.3*).

Допустимые температуры поверхности пола ***Таблица 5.3.1.2.т.3***

№	Наименование зоны	Допустимая температура, °С	
		СП 60.13330.2012	DIN 4725
1	Постоянное пребывание людей	26	29
2	То же, во влажных помещениях	31	33
3	Временное пребывание людей	31	35
4	То же , во влажных помещениях	35	35
5	Максимальная температура по оси нагревательного элемента	35	-
6	При паркетных полах (п.3.9. СП 41-102-98)	27	-

Для определения максимального удельного теплового потока от теплого пола, можно использовать формулу, рекомендованную европейскими нормами DIN EN 4725-3 для интервала температур внутреннего воздуха от 18 °С до 25°С;

$q = 8.92(t_n - t_в)^{1,1}$, Вт/м2

Среднюю температуру пола в основной зоне помещения примем 26°С, а в краевых зонах шириной 0,75м (вдоль наружных стен)- 31°С. При этих условиях возможности напольного отопления для жилых помещений с температурой внутреннего воздуха 20°С таковы (см. таблицу *5.3.1.2.т.4*).

Средний удельный тепловой поток от теплого пола при температуре помещения 20°С

Таблица 5.3.1.2.т.4

Положение помещения	Доля краевых зон в общей площади,%	Удельный тепловой поток, Вт/м2		
		основная зона	краевая зона	средний
рядовое	25	64	124,7	**79,2**
угловое	39	64	124,7	**87,7**

Используя данные таблиц ***5.3.1.2. т.1*** и ***5.3.1.2. т.2*** для жилых зданий, в которых высота этажа не превышает 3 м, можно получить значение требуемого удельного теплового потока с поверхности пола при различных расчетных температурах наружного воздуха (*таблица 5.3.1.2. т.5*).

Требуемый тепловой поток с поверхности теплого пола *Таблица 5.3.1.2.т.5*

Температура наружного воздуха	Требуемый удельный тепловой поток (Вт/м2) при значении удельной характеристики (Вт/(м •°С)),															
	0,58	0,56	0,54	0,52	0,5	0,48	0,46	0,44	0,42	0,4	0,38	0,36	0,34	0,32	0,3	0,28
-15	60,9	58,8	56,7	54,6	52,5	50,4	48,3	46,2	44,1	42	39,9	37,8	35,7	33,6	31,5	29,4
-16	62,64	60,48	58,32	56,16	54	51,84	49,68	47,52	45,36	43,2	41,04	38,88	36,72	34,56	32,4	30,24
-17	64,38	62,16	59,94	57,72	55,5	53,28	51,06	48,84	46,62	44,4	42,18	39,96	37,74	35,52	33,3	31,08
-18	66,12	63,84	61,56	59,28	57	54,72	52,44	50,16	47,88	45,6	43,32	41,04	38,76	36,48	34,2	31,92
-19	67,86	65,52	63,18	60,84	58,5	56,16	53,82	51,48	49,14	46,8	44,46	42,12	39,78	37,44	35,1	32,76
-20	69,6	67,2	64,8	62,4	60	57,6	55,2	52,8	50,4	48	45,6	43,2	40,8	38,4	36	33,6
-21	71,34	68,88	66,42	63,96	61,5	59,04	56,58	54,12	51,66	49,2	46,74	44,28	41,82	39,36	36,9	34,44
-22	73,08	70,56	68,04	65,52	63	60,48	57,96	55,44	52,92	50,4	47,88	45,36	42,84	40,32	37,8	35,28
-23	74,82	72,24	69,66	67,08	64,5	61,92	59,34	56,76	54,18	51,6	49,02	46,44	43,86	41,28	38,7	36,12
-24	76,56	73,92	71,28	68,64	66	63,36	60,72	58,08	55,44	52,8	50,16	47,52	44,88	42,24	39,6	36,96
-25	78,3	75,6	72,9	70,2	67,5	64,8	62,1	59,4	56,7	54	51,3	48,6	45,9	43,2	40,5	37,8
-26	80,04	77,28	74,52	71,76	69	66,24	63,48	60,72	57,96	55,2	52,44	49,68	46,92	44,16	41,4	38,64
-27	81,78	78,96	76,14	73,32	70,5	67,68	64,86	62,04	59,22	56,4	53,58	50,76	47,94	45,12	42,3	39,48
-28	83,52	80,64	77,76	74,88	72	69,12	66,24	63,36	60,48	57,6	54,72	51,84	48,96	46,08	43,2	40,32
-29	85,26	82,32	79,38	76,44	73,5	70,56	67,62	64,68	61,74	58,8	55,86	52,92	49,98	47,04	44,1	41,16
-30	87	84	81	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	45	42
-31	88,74	85,68	82,62	79,56	76,5	73,44	70,38	67,32	64,26	61,2	58,14	55,08	52,02	48,96	45,9	42,84
-32	90,48	87,36	84,24	81,12	78	74,88	71,76	68,64	65,52	62,4	59,28	56,16	53,04	49,92	46,8	43,68
-33	92,22	89,04	85,86	82,68	79,5	76,32	73,14	69,96	66,78	63,6	60,42	57,24	54,06	50,88	47,7	44,52
-34	93,96	90,72	87,48	84,24	81	77,76	74,52	71,28	68,04	64,8	61,56	58,32	55,08	51,84	48,6	45,36
-35	95,7	92,4	89,1	85,8	82,5	79,2	75,9	72,6	69,3	66	62,7	59,4	56,1	52,8	49,5	46,2
-36	97,44	94,08	90,72	87,36	84	80,64	77,28	73,92	70,56	67,2	63,84	60,48	57,12	53,76	50,4	47,04
-37	99,18	95,76	92,34	88,92	85,5	82,08	78,66	75,24	71,82	68,4	64,98	61,56	58,14	54,72	51,3	47,88
-38	100,9	97,44	93,96	90,48	87	83,52	80,04	76,56	73,08	69,6	66,12	62,64	59,16	55,68	52,2	48,72
-39	102,7	99,12	95,58	92,04	88,5	84,96	81,42	77,88	74,34	70,8	67,26	63,72	60,18	56,64	53,1	49,56

Красным цветом выделены значения удельного теплового потока, при котором напольное отопление не может покрыть теплопотребность помещения. За исключением одноквартирных жилых домов малой площади **теплый пол в российских климатических условиях при соблюдении нормативных требований по тепловой защите способен возместить теплопотери через ограждающие конструкции.**

Кроме того, при реальном проектировании должны учитываться следующие факторы:

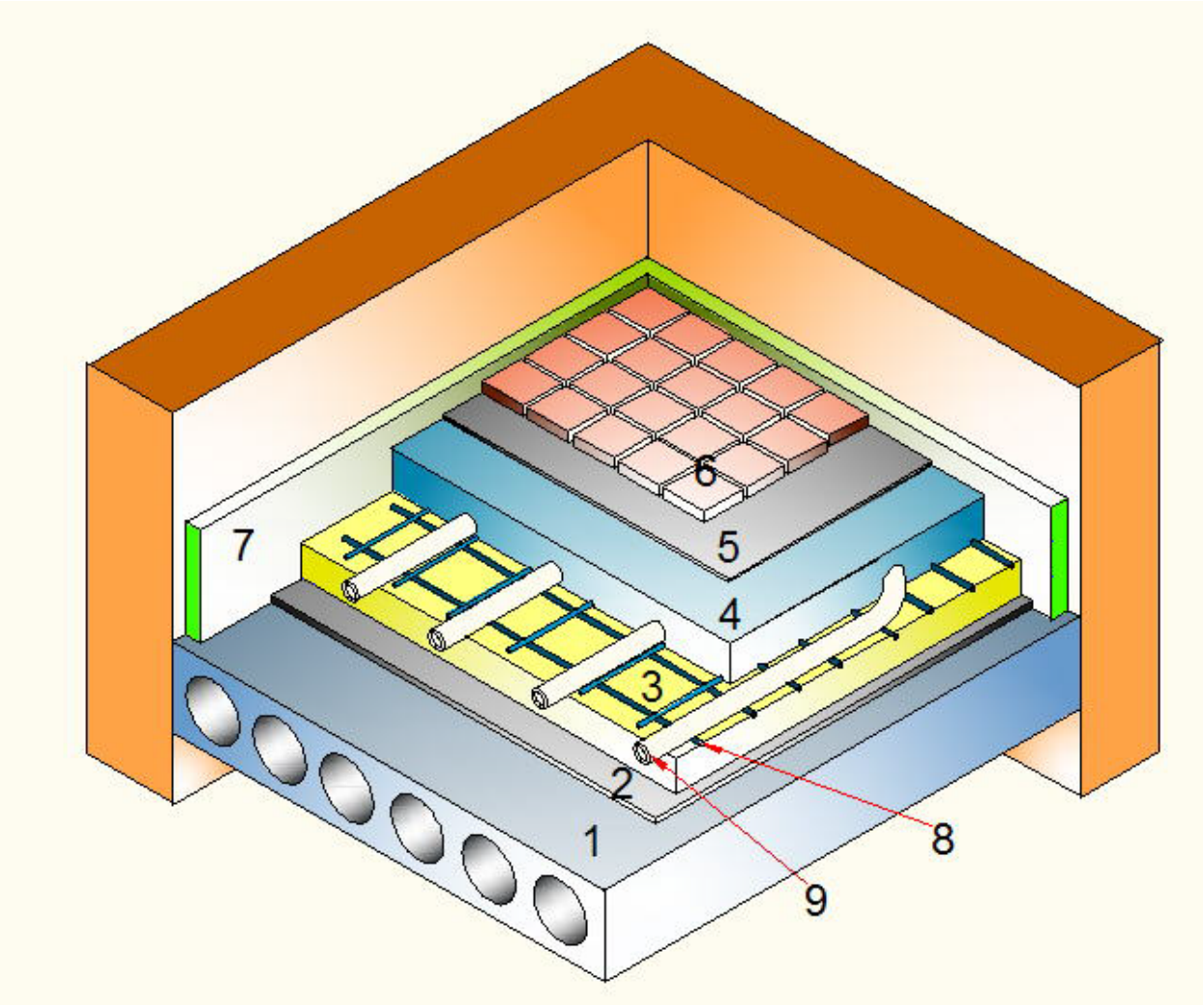
- при напольном отоплении температуру внутреннего воздуха в помещении можно принять на 1,5-2 °С ниже, чем при радиаторном отоплении. При этом результирующая (ощущаемая) температура для человека не изменится, то есть уровень комфортности останется прежним;
- планируя отопление помещений с помощью систем встроенного обогрева можно заложить в проект конструкцию ограждающих конструкций, удовлетворяющую возможностям проектной системы отопления;
- сам человек тоже является своеобразным «теплогенератором», развивая даже в состоянии покоя «тепловую мощность» в 80-100 Вт (в зависимости от массы тела), что добавляет к теплопоступлениям в 5-8 Вт/м2 с человека;
- в дополнение к теплому полу можно использовать фрагментарное «настенное» отопление;
- в конце концов, 5 суток в году, при которых (по статистическим данным) наблюдается расчетная зимняя температура, можно либо поступиться проветриванием, либо использовать какой-либо дополнительный источник тепла (например, тепловентилятор), т.к. при превышении расчетной температуры радиаторное отопление тоже не справится с возмещением теплопотребности.

Приведенными данными хотелось бы поколебать бытующее заблуждение, что «севернее Ростова теплый пол не может конкурировать с радиаторным отоплением». Может и успешно конкурирует. В Финляндии, Швеции, Норвегии и Дании более 45% жилых домов отапливаются с помощью различных безрадиаторных систем лучистого обогрева.

5.3.1.3. Конструктивные решения теплых полов

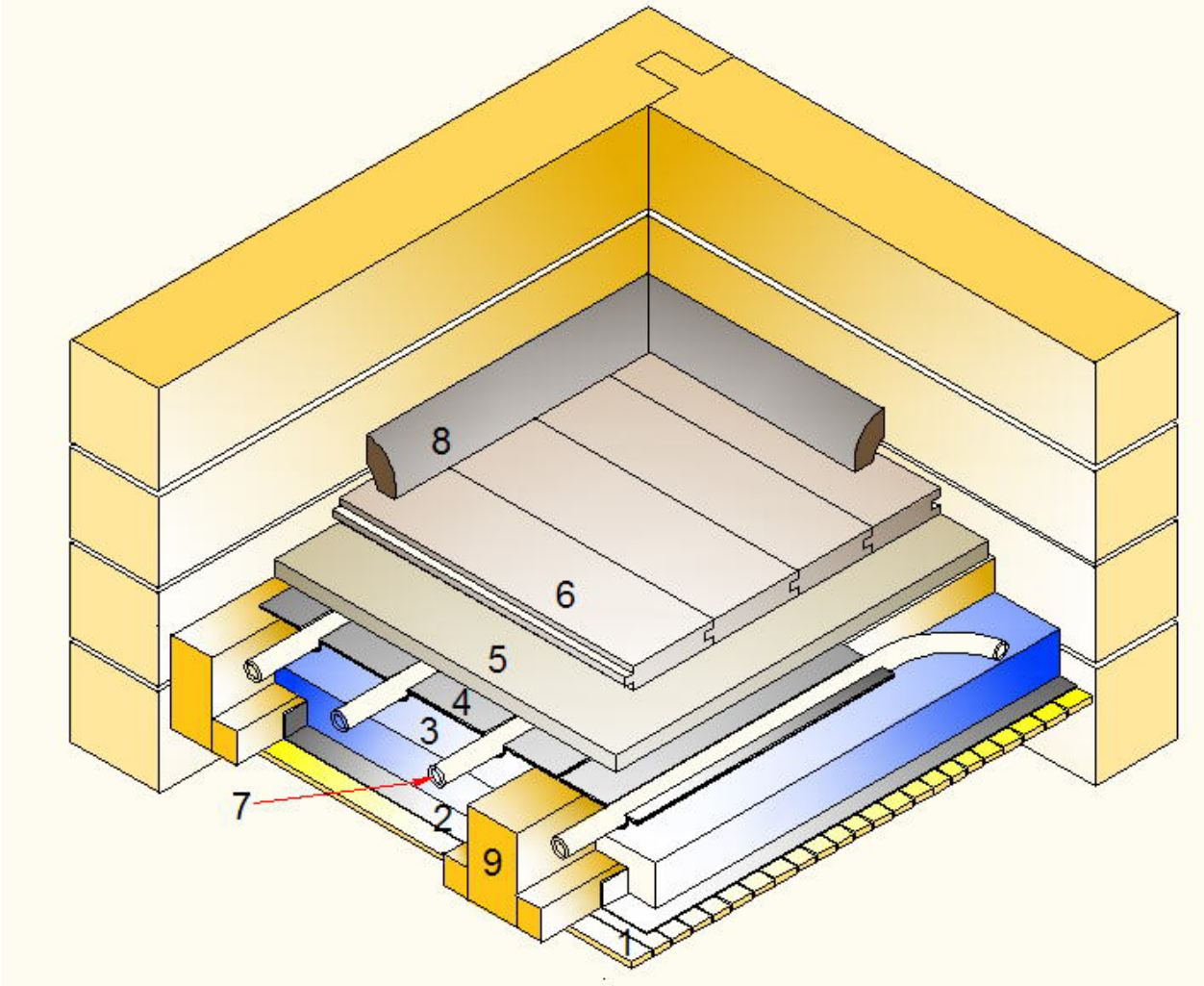
При устройстве встроенных систем обогрева применяются два способа конструктивных решений:
- «мокрый» способ, при котором нагревательным элементом становится монолитная плита из бетона или цементно-песчаного раствора с встроенными греющими трубопроводами (см. рис. 5.3.1.3. р.1);
- «сухой» способ. В этом случае монолитная плита отсутствует, а равномерное распределение тепла от трубопроводов обеспечивается алюминиевыми или стальными оцинкованными теплораспределяющими элементами (см. рис. 5.3.1.3.р.2). Такая конструкция , как правило, используется при деревянных перекрытиях для облегчения общей нагрузки на балки перекрытия.

Рис. 5.3.1.3. р.1 *Конструкция «мокрого» теплого пола*



1 – основание (плита перекрытия); 2 –пароизоляция; 3 – слой утеплителя (пенополистирол); 4 – цементно-песчаная или бетонная стяжка; 5- клеевой слой; 6 – чистовое напольное покрытие: 7 – демпферная лента; 8 – арматурная сетка; 9 – трубы теплого пола.

Рис. 5.3.1.3. р.2 ***Конструкция «сухого» теплого пола***



1 – потолочная подшивка; 2-пароизоляция; 3 – слой утеплителя; 4 – теплораспределяющие панели из алюминия или оцинкованной стали; 5 – «черный пол» из листового материала (ГВЛ; ДСП , фанера и т.п.); 6 –чистовое напольное покрытие; 7- трубы теплого пола; 8 –плинтус; 9 –балки перекрытия.

5.3.1.4. Раскладка петель

Шаг петель теплого пола и диаметр труб должен определяться расчетом. Для квартир и коттеджей в основном используется металлополимерные трубы 16х2,0. Для облегчения задачи выбора шага петель можно воспользоваться практической таблицей *5.3.1.4.т.1*.

Рекомендуемый шаг труб теплого пола ***Таблица 5.3.1.4.т.1***

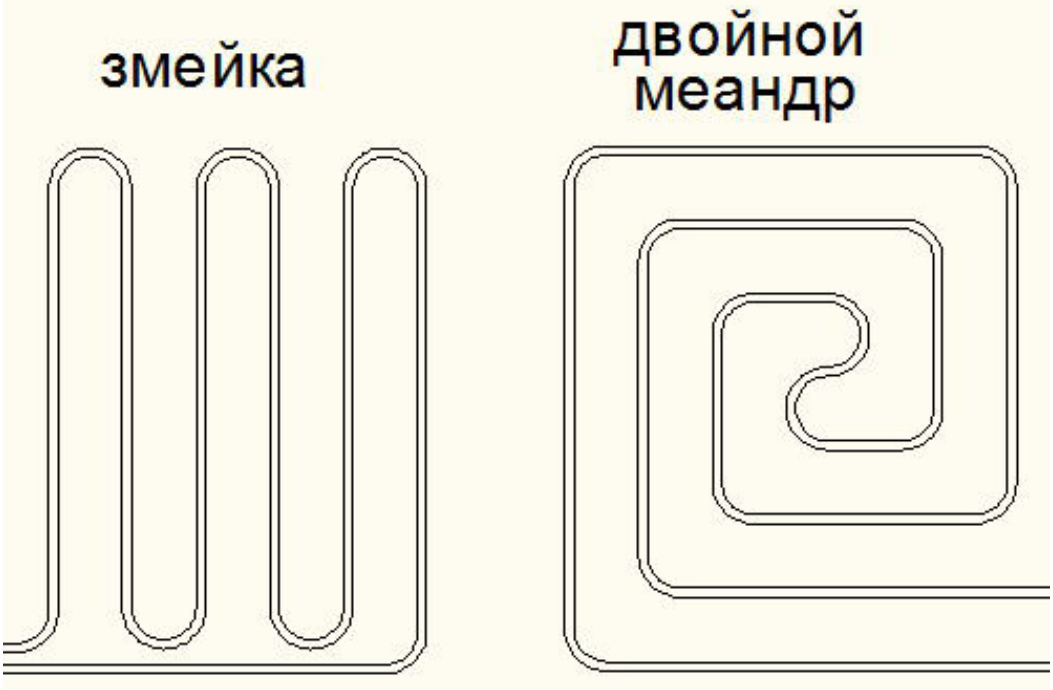
Удельные тепловой поток, Вт/м2	*Рекомендуемый шаг петель,мм*
До 50	200
От 50 до 80	150
Свыше 80	100

Надо учесть, что шаг петель менее 80 мм трудно осуществить на практике из-за маленького радиуса изгиба трубы, а шаг более 250 мм не рекомендуется, так как возникает ощутимая неравномерность прогрева «теплого пола».

Существует несколько способов раскладки петель теплого пола по помещению. Наиболее предпочтительным вариантом является укладка двойным меандром («улиткой»). По сравнению с раскладкой «змейкой» этот вариант имеет следующие преимущества:

- количество труб на 10-12% меньше;
- гидравлические потери ниже на 13-15%. Это объясняется тем, что при двойном меандре мало «калачей» (элементов поворота трубы на 180º);
- прогрев пола идет более равномерно по всей площади из-за чередования подающей и обратной труб. Однако, из-за этого же, при данной раскладке не следует задавать расчетный перепад температур теплоносителя выше 5 ºС.

Рис.5.3.1.4. р.1 Способы раскладки петель теплого пола



Трубы теплого пола нужно раскладывать таким образом, чтобы теплоноситель сначала поступал к наиболее холодным зонам помещения (окна, наружные стены). У стен , вдоль которых планируется расстановка мебели, трубы теплого пола следует укладывать на расстоянии 300 м от стены.

Для равномерного прогрева плиты теплого пола трубы должны прокладываться по возможности параллельно друг другу.

Наращивать петли теплого пола допускается только с применением пресс-фитингов

(при этом сопротивление фитингов включается в гидравлический расчет).

Максимальная длина одной петли теплого пола определяется возможностями циркуляционного насоса. Для коттеджных и квартирных систем экономически целесообразной считается система напольного отопления, потери давления в которой не превышают 20 КПа (2 м вод.ст.). Руководствуясь этим требованием можно рассчитать, что максимальная длина петли из МПТ 16х2,0 не должна превышать 100-120 м. Удобнее принимать длину 100м, так как это является размером полного рулона МПТ и не требует дополнительного соединения. Площадь пола, обслуживаемая одной петлей, зависит от принятого шага труб, и в квадратных метрах примерно равна шагу труб, выраженному в сантиметрах. То есть, при шаге труб 15см, площадь обслуживаемого пола составляет 15 м2.

После укладки труб следует выполнить исполнительную схему, где указать точную привязку осей труб. Это необходимо, чтобы при дальнейших работах или ремонте не повредить трубу.

5.3.1.5. Требования к стяжке

Стяжка теплого пола должна обладать достаточной плотностью для снижения потерь тепла от трубопроводов , и прочной для восприятия нагрузок на пол. Как правило, стяжка выполняется из цементно-песчаного раствора с использованием пластификатора.

Пластификатор позволяет сделать стяжку более плотной, без воздушных включений, что существенно снижает тепловые потери и повышает прочность стяжки. Однако, не все пластификаторы годятся для данной цели. Для теплых полов выпускаются специальные невоздухововлекающие пластификаторы (например *Силар*, *Kilma Therm*), основанные на мелкодисперсных чешуйчатых частицах минеральных материалов с низким коэффициентом трения. Большинство же используемых в строительстве пластификаторов являются воздухововлекающими, что в результате приведет к понижению прочности и теплопроводности стяжки. Как правило, расход пластификатора составляет 3-5 л на м3 раствора.

Минимальная толщина стяжки над трубами не должна быть меньше 30мм. В случае, когда нужно выполнить стяжку 20мм, над трубами должен укладываться дополнительный слой арматурной сетки. Тоньше 20мм даже армированная стяжка быть не может.

Причинами появления трещин в стяжке «теплого пола» может быть низкая прочность утеплителя, некачественное уплотнение смеси при укладке, отсутствие в смеси пластификатора, слишком толстая стяжка (усадочные трещины). Чтобы избежать трещин следует придерживаться следующих правил:

- плотность утеплителя (пенополистирола) под стяжкой должна быть не менее 40 кг/м3;
- раствор для стяжки должен быть удобоукладываемым (пластичным). Обязательно использовать пластификатор;
- чтобы избежать появления усадочных, трещин в раствор следует добавить полипропиленовую фибру из расчета 1-2кг фибры на 1 м3 раствора. Для силовых нагруженных полов для тех же целей используется стальная фибра.

Стяжка после заливки должна набрать достаточную прочность. Через 3 суток в естественных условиях твердения (без подогрева) она набирает 50% прочности, за 7 суток -70%. Полный набор прочности до проектной марки происходит через 28 суток. Исходя из этого, запускать «теплый пол» рекомендуется не ранее, чем через 3 суток после заливки. Нужно помнить, что заливку раствором «теплого пола» нужно производить , заполнив трубопроводы пола водой с давлением 3 бара.

5.3.1.6 Требования к утеплителю

Слой утеплителя в конструкции теплого пола уменьшает потери тепла в нижнем направлении, тем самым повышая коэффициент полезного действия напольного отопления (отношение теплового потока, в направлении отапливаемого помещения к общему тепловому потоку от труб теплого пола).

Кроме теплоизоляционных свойств утеплитель должен обладать прочностью, обеспечивающей восприятие нагрузок от собственного веса вышележащей конструкции пола и полезной нагрузки на пол. В наибольшей степени этим условиям удовлетворяют плиты из пенополистирола с плотностью не ниже 40 кг/м3.

При расчете толщину слоя утеплителя надлежит определять из условия, чтобы потери тепла в нижнем положении не превышали 10% от общего теплового потока от труб.

5.3.1.7 Арматурная сетка

Арматурная сетка в конструкции теплого пола укладывается поверх слоя утеплителя. Сетка выполняет следующие функции:

- воспринимает растягивающие усилия при прогибах плиты теплого пола;
- перекрывает каналы в слое утеплителя , когда в конструкции пола проложены трубопроводы других систем (радиаторное отопление, водопровод, канализация);
- является удобным каркасом для крепления труб теплого пола.

Ряд импортных производителей поставляет специальную оцинкованную сетку для теплых полов с размерами ячейки 150х150. В практике отечественного строительства чаще используется кладочная сетка из арматурной проволоки ВрI Ǿ 5 мм с шагом ячеи 50 х 50 мм.

5.3.1.8 Требования к чистовому покрытию пола

Лучше всего эффект «теплого пола» ощущается при напольных покрытиях из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности (керамическая плитка, бетон, наливные полы, безосновный линолеум, ламинат и т.п.).

В случае использования ковролина, он должен иметь знак пригодности для использования на теплом основании (*рис.5.3.1.8.р.1*)

Рис.5.3.1.8.р.1 Знак пригодности ковролина

Прочие синтетические покрытия (линолеум, релин, ламинированные плиты, пластикат, плитка ПХВ и т.л.) должны иметь знак об отсутствии токсичных выделений при повышенной температуре основания (*рис.5.3.1.8.р.2*)

Рис.5.3.1.8.р.2 Знак пригодности покрытия пола

Паркет, паркетные щиты и доски также могут использоваться в качестве покрытия «теплых полов», но при этом температура на поверхности пола не должна превышать 26°С и в состав смесительного узла обязательно должен входить предохранительный термостат. Надо также учитывать, что влажность материалов покрытия пола из естественной древесины не должна превышать 9%. Работы по укладке паркетного или дощатого пола разрешается вести только при температуре в помещении не ниже 18°С и влажности не более 40%.

5.3.1.9 Использование алюминиевой фольги

Многие поставщики элементов систем теплого пола рекомендуют поверх слоя утеплителя укладывать слой алюминиевой фольги. Выпускаются также готовые фольгированные теплоизоляционные маты и плиты.

В случаях, когда трубы теплого пола устанавливаются в воздушной прослойке (например, в полах по лагам), фольгирование теплоизоляции позволяет отразить большую часть лучистого теплового потока, направленного вниз, тем самым увеличив КПД системы. Такую же роль играет фольга при устройстве поризованных (газо- или пенобетонных стяжек). Если стяжка выполняется из плотной цементно-песчаной смеси, фольгирование теплоизоляции может быть оправдано только в качестве дополнительной гидроизоляции, т.к. отражающие свойства фольги в этом случае себя проявит не могут из-за отсутствия границы «воздух/твердое тело».

Нужно иметь в виду, что слой алюминиевой фольги, заливаемый цементным раствором, обязательно должен иметь защитное покрытие из полиэтиленовой пленки, в противном случае под воздействием высокощелочной среды цементного раствора (pH=12,4) алюминий может разрушиться.

5.3.1.10. Пароизоляция и гидроизоляция

При «мокром методе» устройства теплых полов по перекрытиям, если в архитектурно-строительной части проекта не предусмотрено устройство пароизоляции, рекомендуется укладывать по выровненному перекрытию слой пергамина для предотвращения протекания через перекрытие цементного молока во время заливки стяжки. Если же в проекте междуэтажная пароизоляция

Гидроизоляция во влажных помещениях (ванные, санузлы, душевые и т.п.) устраивается в обычном порядке поверх стяжки «теплого пола».

5.3.1.11 Деформационные швы

Толщина деформационного шва рассчитывается, исходя из коэффициента линейного расширения стяжки $\alpha_{ст}=13x10^{-6}$ 1/°С. Для помещений с длинной стороной менее 10м, достаточно использовать шов толщиной 5мм.

Деформационные швы в «мокрых» теплых полах заполняются эластичным материалом расчетной толщины. Рекомендуется использовать для швов демпферную ленту из вспененного полиэтилена.

В общем случае расчет шва в «мокром» теплом полу ведется по формуле:

b=0,55xL , (*5.3.1.10 ф.1*)

где:

b- толщина шва в мм,

L –длина помещения в метрах.

В случае использования в качестве шовного материала типовой ленты из вспененного полиэтилена толщиной 5 мм, необходимо устраивать деформационные швы в следующих местах:

- вдоль стен и перегородок;
- при размере плиты пола более 40м^2;
- по центру дверных проемов (под порогом). Если теплый пол расположен с двух сторон дверного проема, то демпферная лента под порогом укладывается в два слоя;
- при длине пола свыше 8 метров;
- в местах входящих углов.

Трубы, пересекающие деформационный шов должны быть одеты в гофрокожух на расстоянии по 200 мм по обе стороны от шва. Идеальным считается решение, когда труба пересекает шов под углом 45º.

5.3.1.12 Использование коллекторов

Система напольного отопления может содержать до нескольких десятков петель, запитку которых удобно производить при помощи распределительных коллекторов.

Для квартирных и коттеджных систем напольного отопления используются коллекторы с диаметрами условного прохода 3/4" и 1". Диаметр коллектора рассчитывается из условия, чтобы скорость теплоносителя в нем не превышала 1 м/с. При подборе диаметра можно воспользоваться таблицей *5.3.1.12 т.1*

Диаметры коллекторов в зависимости от тепловой мощности

Таблица 5.3.1.12 т.1

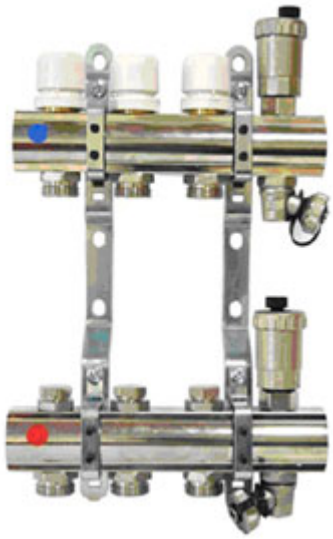
Диаметр коллектора, дюйм	*Тепловая мощность при расчетном перепаде температур, Вт*		*Расход теплоносителя, кг/с*
	5 °С	*10°С*	
3/4"	6573	13147	0,314
1"	10271	20542	0,491
1 3/4"	16828	33656	0,804

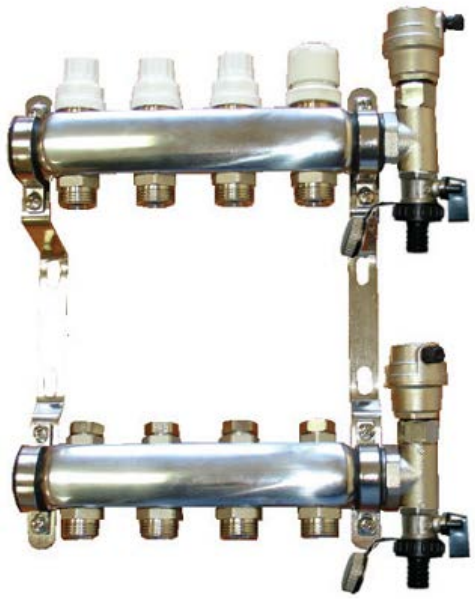
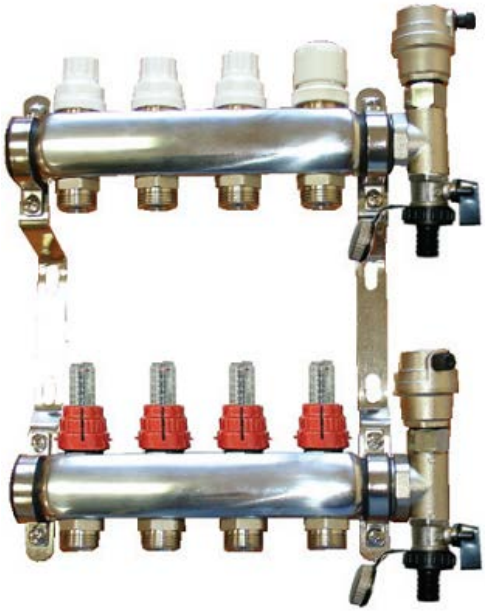
Коллекторы теплых полов должны иметь в своем составе арматуру для отключения каждой отдельной петли, арматуру для выравнивания перепадов давления по петлям, устройство для выпуска воздуха и осушения системы. При оборудовании системы комнатными термостатами, в состав коллекторов включаются термостатическая арматура.

Если количество петель, присоединенных к одному коллектору, не превышает 12, то в гидравлических расчетах можно применять усредненный коэффициент местного сопротивления коллектора равный 3. При большем количестве петель, потери давления на коллекторе должны рассчитываться, как потери в цепи последовательно соединенных тройников.

Краткие сведения об изделиях для коллекторных систем, поставляемых фирмой VALTEC s.r.l.

Эскиз	*Наименование*	*Описание*
	VTc.500.N латунный коллектор с наружной резьбой	Диаметры условного прохода – ¾ "и 1". Количество выходов -2,3,4.
	VTc.500.NE латунный коллектор с наружной резьбой под евроконус	Диаметр условного прохода – ¾ ". Количество выходов -2,3,4. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.
	VTc.550.N латунный коллектор с внутренней резьбой	Диаметры условного прохода – ¾ "и 1". Количество выходов -2,3,4.
	VTc.505.SS коллектор из нержавеющей стали с наружной резьбой под евроконус	Диаметр условного прохода – 1 ". Количество выходов –от 2-х до 10-ти.. Расстояние между выходами - 50 мм Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.
	VTc.580.N латунный коллектор с отсекающими кранами	Диаметры условного прохода – ¾ "и 1". Количество выходов -2,3,4. Подключение – с помощью фитингов VTc. 710. Расстояние между выходами - 40 мм.
	VTc.560.NE латунный коллектор с регулирующими вентилями и наружной резьбой под евроконус	Диаметр условного прохода – ¾ ". Количество выходов -2,3,4. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.

	VTc.560.N латунный коллектор с регулирующими вентилями	Диаметры условного прохода – ¾ "и 1". Количество выходов -2,3,4. Подключение – с помощью фитингов VT. 710.
	**VTc. 594.EMNX** блок коллекторный с регулировочными и настроечными клапанами	Диаметры условного прохода – 1" и 1 1/4 ". Количество выходов –от 3 до 12.. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420. Расстояние между выходами - 40 мм. На прямом коллекторе имеются клапаны для монтажной настройки. На обратном коллекторе – термостатические клапаны с возможностью ручной регулировки.
	VTc. 596.EMNX Блок коллекторный с регулировочными клапанами и ротаметрами	Диаметры условного прохода – 1" и 1 1/4 ". Количество выходов –от 3 до 12.. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420. Расстояние между выходами - 40 мм. На прямом коллекторе имеются клапаны для монтажной настройки с ротаметрами. На обратном коллекторе – термостатические клапаны с возможностью ручной регулировки.

	**VTc. 588** блок коллекторный из нержавеющей стали AISI 301 с регулировочными и настроечными клапанами	Диаметр условного прохода – 1 ". Количество выходов –от 2х до 10ти. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.
	**VTc.589** блок коллекторный из нержавеющей стали AISI 301 с регулировочными клапанами и расходомерами	Диаметр условного прохода – 1 ". Количество выходов –от 2х до 10ти. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.
	VTc.584 блок коллекторный из нержавеющей стали AISI 304 с регулировочными и настроечными клапанами	Диаметр условного прохода – 1 ". Количество выходов –от 2х до 10ти. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.

	VTc.586 блок коллекторный из нержавеющей стали AISI 304 с регулировочными клапанами и расходомерами	Диаметр условного прохода – 1 ". Количество выходов –от 2х до 10ти. Подключение – с помощью фитингов VTc. 712E и VT.4420.

Коллекторы размещаются в коллекторных шкафах. Шкафы выпускаются во встраиваемом и пристенном исполнении .Сведения о коллекторных шкафах «VALTEC» приведены в *таблице 5.3.1.12.т.3.*

Коллекторные шкафы «VALTEC» ***Таблица 5.3.1.12.т.3***

Марка	*Высота*	*Глубина*	*Ширина*
VTc.540 Встраиваемый шкаф			
ШРВ-1	670÷760	125÷195	494
ШРВ-2	670÷760	125÷195	594
ШРВ-3	670÷760	125÷195	744
ШРВ-4	670÷760	125÷195	894
ШРВ-5	670÷760	125÷195	1044
ШРВ-6	670÷760	125÷195	1194
ШРВ-7	670÷760	125÷195	1344

VTc.540.M Встраиваемый шкаф «мини»

ШРВМ-1	550	120÷190	492
ШРВМ-2	550	120÷190	592
ШРВМ-3	550	120÷190	742
ШРВМ-4	550	120÷190	892
ШРВМ-5	550	120÷190	1042
ШРВМ-6	550	120÷190	1192
ШРВМ-7	550	120÷190	1342

VTc.541 Пристраеваемый шкаф

ШРН-1	651÷691	120	454
ШРН-2	651÷691	120	554
ШРН-3	651÷691	120	704
ШРН-4	651÷691	120	854
ШРН-5	651÷691	120	1004
ШРН-6	651÷691	120	1154
ШРН-7	651÷691	120	1304

VTc.541.D Пристраеваемый шкаф увеличенной глубины

ШРН-1	651÷691	135	454
ШРН-2	651÷691	135	554
ШРН-3	651÷691	135	704
ШРН-4	651÷691	135	854
ШРН-5	651÷691	135	1004
ШРН-6	651÷691	135	1154

Таблица подбора коллекторных шкафов VALTEC *Таблица 5.3.1.12.т.3*

Коллекторные группы 1" (VT.594, VT.596)	*Номер шкафа ШРНГ/ШРВ (Коллектор + Combi + кран VT.227)*	*Номер шкафа ШРНГ/ШРН/ШРВ (Коллектор + Dual + кран VT.227)*	*Номер шкафа ШРН/ШРВ (Коллектор + кран VT.227)*
Коллекторная группа 1"х3вых.	ШРНГ3/ШРВ3	ШРНГ4/ШРН4/ШРВ4	ШРН1/ШРВ1
Коллекторная группа 1"х4вых.	ШРНГ3/ШРВ3	ШРНГ4/ШРН4/ШРВ4	ШРН2/ШРВ2
Коллекторная группа 1"х5вых.	ШРНГ4/ШРВ3	ШРНГ5/ШРН5/ШРВ4	ШРН2/ШРВ2
Коллекторная группа 1"х6вых.	ШРНГ4/ШРВ4	ШРНГ/5ШРН5/ШРВ5	ШРН3/ШРВ3
Коллекторная группа 1"х7вых.	ШРНГ4/ШРВ4	ШРНГ5/ШРН5/ШРВ5	ШРН3/ШРВ3
Коллекторная группа 1"х8вых.	ШРНГ5/ШРВ4	ШРНГ6/ШРН6/ШРВ5	ШРН3/ШРВ3
Коллекторная группа 1"х9вых.	ШРНГ5/ШРВ5	ШРНГ6/ШРН6/ШРВ6	ШРН4/ШРВ4
Коллекторная группа 1"х10вых.	ШРНГ5/ШРВ5	ШРНГ6/ШРН6/ШРВ6	ШРН4/ШРВ4
Коллекторная группа 1"х11вых.	ШРНГ6/ШРВ5	ШРНГ7/ШРН7/ШРВ6	ШРН4/ШРВ4
Коллекторная группа 1"х12вых.	ШРНГ6/ШРВ6	ШРНГ7/ШРН7/ШРВ7	ШРН5/ШРВ5

5.3.1.13 Смесительные узлы и автоматика

Максимальная температура теплоносителя в системах теплого пола, как правило, не превышает 55ºС, рабочее значение этого параметра обычно лежит в пределах 35-45ºС, поэтому неизменным атрибутом системы напольного отопления, является узел смешения.

Смесительные узлы предназначены для создания в системе отопления здания отдельного циркуляционного контура с пониженной до настроечного значения температурой теплоносителя. Смесительные узлы должны обеспечивать поддержание заданной температуры и расхода во вторичном циркуляционном контуре, гидравлическую увязку первичного и вторичного контуров, а также позволять регулировать температуру и расход теплоносителя в зависимости от требований пользователя.

Специально для систем напольного отопления фирма VALTEC s.r.l. выпускает насосно-смесительные узлы Combi и Dual.

В смесительном узле Combi (*рис.5.3.1.13 р.2*) приготовление теплоносителя с пониженной температурой происходит при помощи двухходового термостатического клапана, управляемого термоголовкой с капиллярным термодатчиком, установленном в подающем коллекторе.

В линии подмеса установлен балансировочный клапан, который задает соотношение между количествами теплоносителя, поступающего из обратной линии вторичного контура и прямой линии первичного контура, и уравнивает давление теплоносителя на выходе из контура теплых полов с давлением после термостатического регулировочного клапана. От настроечного значения Kvb этого клапана и установленного скоростного режима насоса зависит тепловая мощность смесительного узла. Максимальная присоединенная мощность смесительных узлов Combi и Dual

Рис.5.3.1.13.р.1. Насосно-смесительный узел Dual

Насосно-смесительный узел Dual (*рис.5.3.1.13 р.1*) состоит из двух модулей (насосного и термостатического), между которыми монтируется коллекторный блок вторичного контура. Для смешения используется трехходовой термостатический клапан, управляемый термоголовкой с капиллярным термодатчиком, установленным на обратный коллектор вторичного контура. Предохранительный термостат подающего коллектора останавливает насос, в случае превышения настроечного значения температуры, прекращая циркуляцию в петлях теплого пола. Конструкция узла предусматривает перепускной контур с балансировочным клапаном, сохраняющим неизменным расход теплоносителя в первичном контуре при перекрытии петель теплого пола.

Рис.5.3.1.13 р.2 *Насосно-смесительный узел Combi*

В связи со значительной инерционностью систем напольного отопления все их преимущества можно реализовать, применяя для управления такими системами погодозависимое регулирование.

Погодозависимая автоматика включает в себя контроллер, панель управления, датчик наружной температуры и комнатные термостаты.

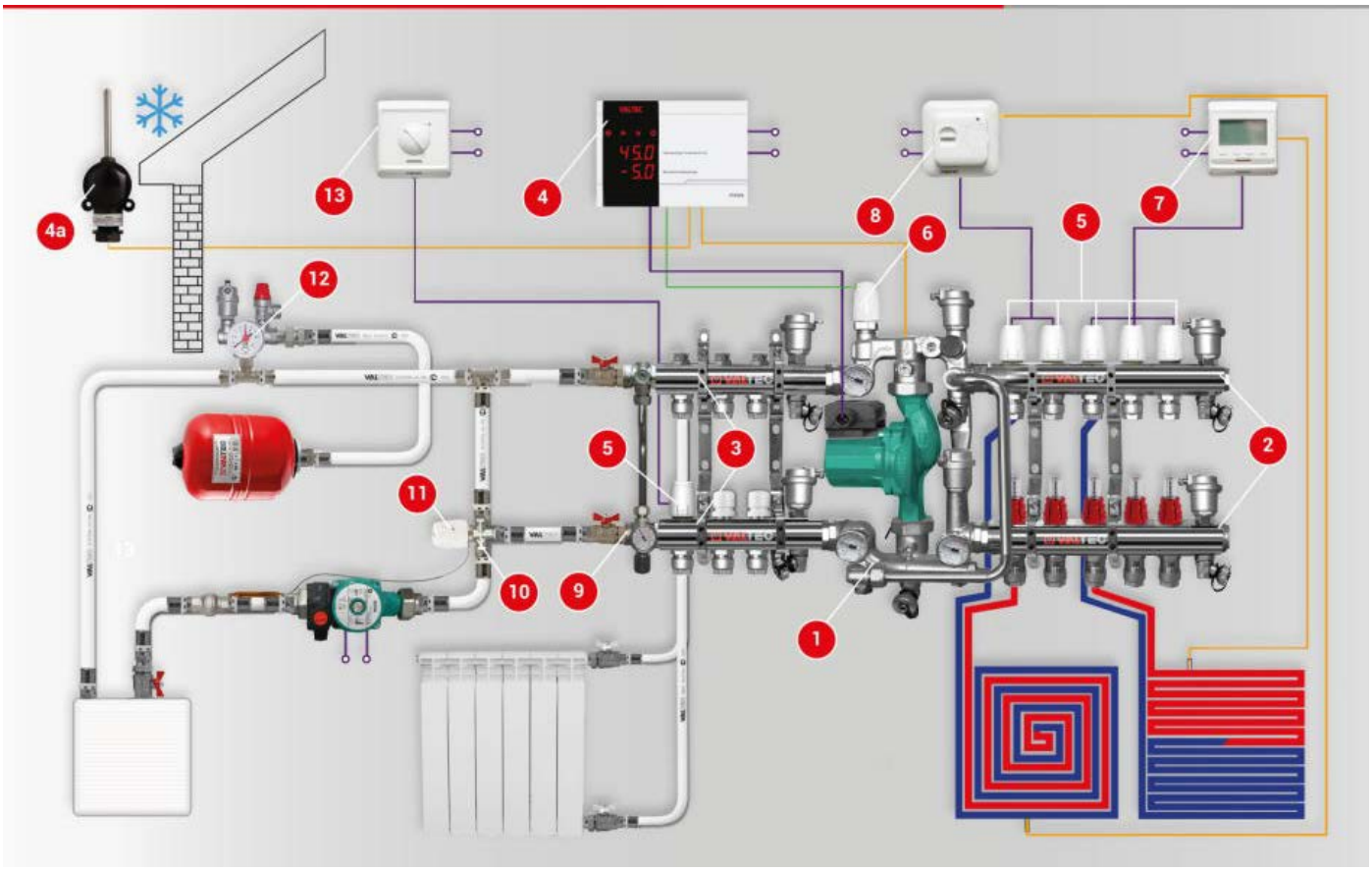
Для погодозависимого управления насосоно-смесительными узлами рекомендуется использовать контроллер VALTEC K.200.M Это контроллер комплектуется датчиком температуры

теплоносителя и датчиком наружной температуры. Заводские настройки контроллера позволяют подключать его к узлу без внесения каких-либо корректировок.

Для работы с контроллером выпускается модификация насосно- смесительного узла Combi с индексом S. В этом смесительном узле вместо жидкостной термоголовки с выносным погружным датчиком температуры используется электротермический аналоговый сервопривод.

На рисунке *5.3.1.13 р.3* представлен пример схемы, реализующей комбинированную систему отопления, включающую в себя контур радиаторного отопления, а также низкотемпературный контур напольного отопления, управляемый погодозависимой автоматикой, имеющей три ступени регулирования. Качественное регулирование осуществляется по наружной температуре и температуре в подающем коллекторе теплых полов, а количественное регулирование – по температуре воздуха в помещениях при помощи электротермических сервоприводов.

Рис.5.3.1.13 р.3 Комбинированная система отопления с автоматическим управлением



1 –насосно-смесительный узел Combi.S; 2 –коллекторный блок VTc.596; 3- коллекторный блок VTc.594; 4 – контроллер K.200.M; 5 –сервопривод VT.TE3040; 6 –сервопривод VT.TE3061; 7 – хронотермостат VT.AC709; 8 – термостат VT.AC602; 9- байпас с перепускным клапаном VT.0667T; 10- кран трехходовой MR.03; 11 – термоголовка с выносным датчиком VT.5012; 12 – группа безопасности VT.460; 13 – комнатный термостат VT.AC601.

В особую группу узлов регулирования можно выделить терморегулирующие монтажные модули VT.IC-BOX. Эти безнасосные модули применяются в тех случаях, когда использование насосно-смесительных узлов экономически нецелесообразно. Это случаи, когда для устройства теплого пола достаточно всего одной петли, длина которой не превышает 100м. Монтажный модуль устанавливается на выходе петли и ограничивает температуру возвращаемого теплоносителя в соответствии с заданной настройкой. Обзор монтажных модулей приведен в *таблице.5.3.1.13 т.1*, а примеры их применения даны на *рисунках 5.3.1.13 р.4, 5.3.1.13 р.5 и.5.3.1.13 р.6.*

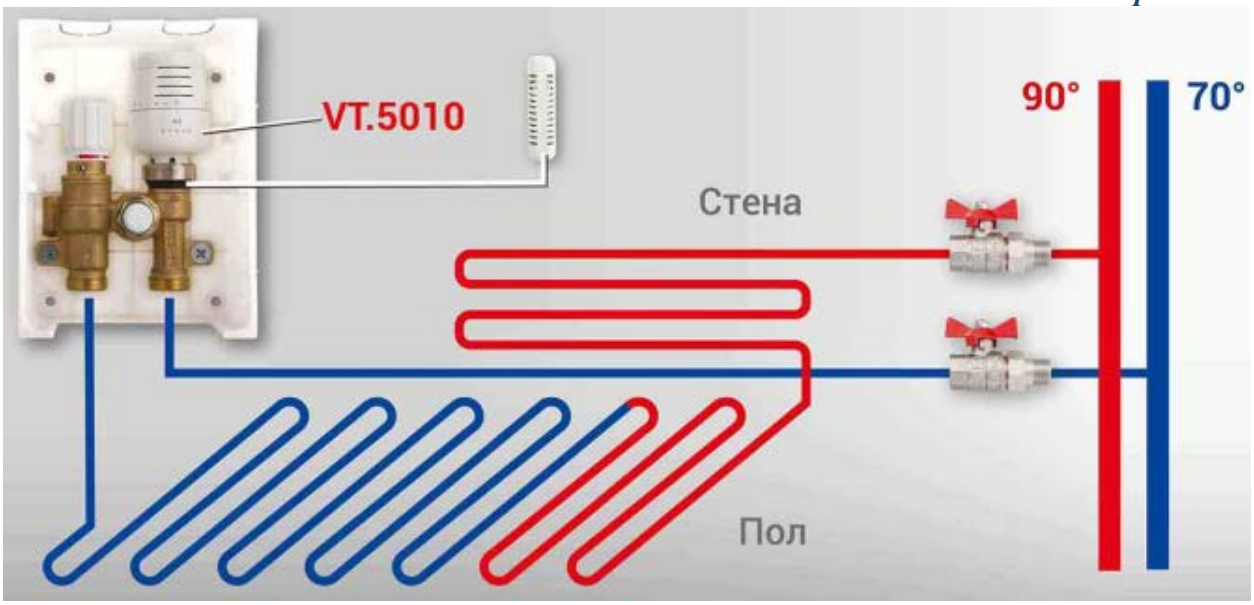
Монтажные модули VT.IC-BOX

Таблица 5.3.1.13 т.1

Марка, эскиз	*Состав*
IC-BOX 1 	1 – термостатический клапан. Поставляется без привода. В качестве привода может использоваться термоголовка с выносным настенным датчиком VT.5010 или электротермический сервопривод (VT.TE 3040; 3041;3042) , управляемый комнатным термостатом (VT.AC 701; 709; 710); 3 – ручной воздухоотводчик; 4 – регулируемый ограничитель температуры.
IC-BOX 2 	1 – термостатический клапан. Поставляется без привода. В качестве привода может использоваться жидкостная VT.5000; термоголовка с выносным настенным датчиком VT.5010 или электротермический сервопривод (VT.TE 3040; 3041;3042) , управляемый комнатным термостатом (VT.AC 701; 709; 710); 3 – ручной воздухоотводчик; 4 – регулируемый ограничитель температуры.
IC-BOX 5 	1 – термостатический клапан. Поставляется без привода. В качестве привода может использоваться термоголовка с выносным настенным датчиком VT.5010 или электротермический сервопривод (VT.TE 3040; 3041;3042) , управляемый комнатным термостатом (VT.AC 701; 709; 710); 2 – балансировочный клапан; 3 – ручной воздухоотводчик.

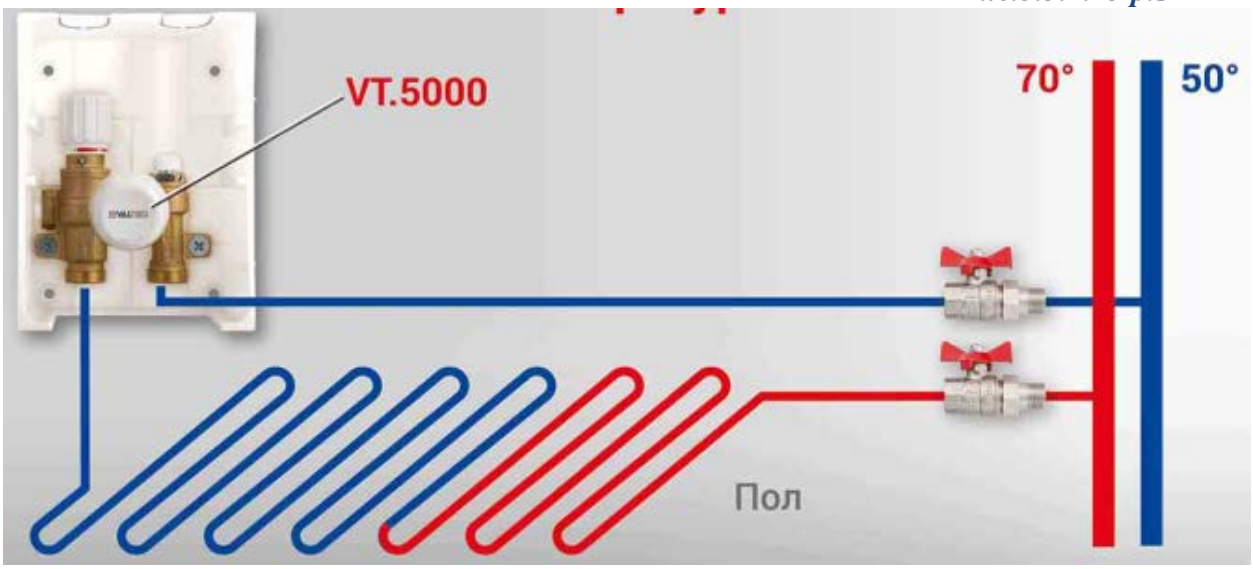
Пример 1. Теплые полы и стены в высокотемпературной системе

Рис.5.3.1.13 р.4



Пример 2. Теплые полы в низкотемпературной системе

Рис.5.3.1.13 р.5



Пример 3. Один терморегулятор для группы радиаторов

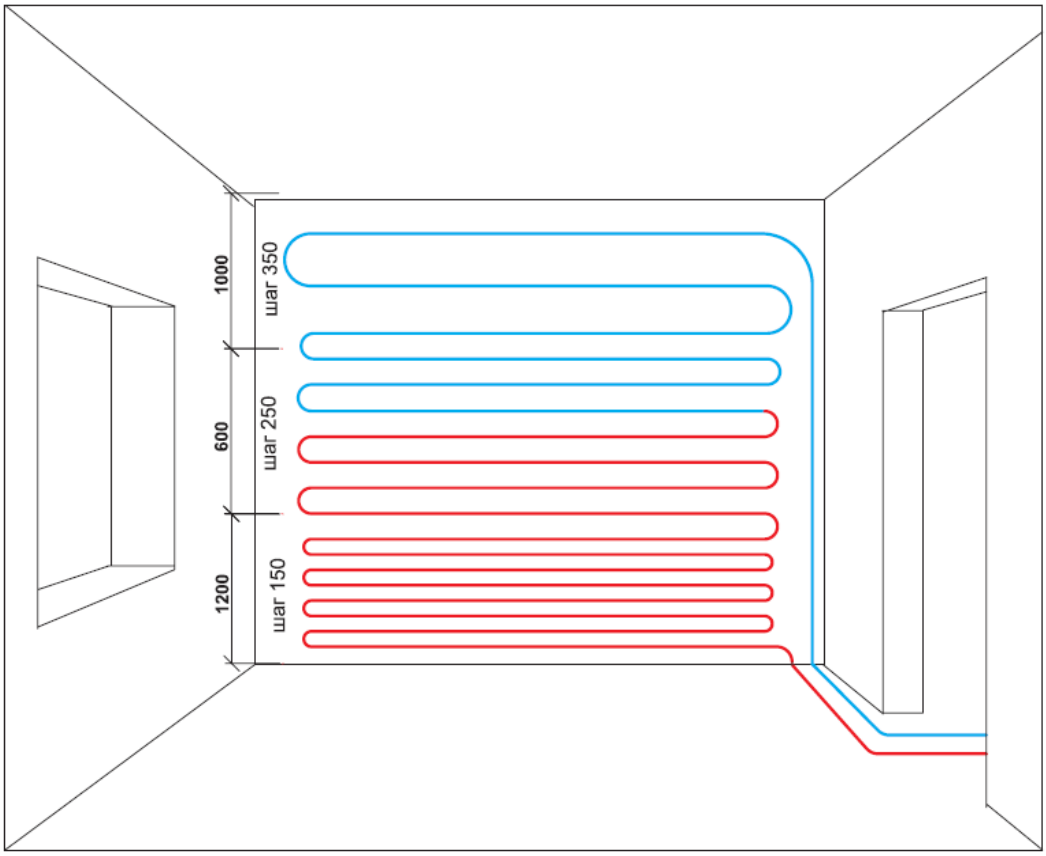
Рис.5.3.1.13 р.6

5.4. Системы настенного отопления

Настенное водяное отопление по сравнению с остальными способами передачи тепла в помещения имеет ряд неоспоримых преимуществ.

1. Передача тепла от теплых стен в помещение происходит на 85% за счет лучистого теплообмена. При теплообмене излучением человек и домашние животные чувствуют себя комфортно, если температура в помещении на 1,5-2,5˚С ниже, чем при конвективном теплообмене. Напомним, что конвективная составляющая теплообмена преобладает при отоплении радиаторами и теплыми полами. Таким образом, поддерживая температуру воздуха в помещении 17,5-18,5˚С вместо 20-21˚С система теплых стен дает возможность сэкономить за сезон 8-11% топлива .
2. Снижение до минимума конвективного потока при настенном отоплении уменьшает, а во многих случаях и полностью прекращает циркуляцию по помещению пыли. Это создает благоприятные условия для дыхания.
3. Если напольное отопление может компенсировать теплопотери помещения до 100-120 Вт/м2 (площади пола), то при помощи системы теплых стен удельный показатель теплового потока, приведенный к площади пола может достигать 150-180 Вт/м2. Такая возможность создается благодаря тому, что перепад температур между подающей о обратной линией в системе теплых полов может достигать 15˚С (для теплых полов этот показатель ограничен 10˚С). Кроме того, в обычных помещениях (кроме зальных) площадь стен в 2-3 раза больше площади пола.
4. По сравнению с напольным отоплением, система теплых стен может обходиться циркуляционными насосами меньшей производительности, что опять же обусловлено повышенной разностью температур между прямым и обратным трубопроводом.
5. В помещениях, где планируется работа принудительной вентиляции, теплоотдача системы теплых стен может быть повышена по сравнению с расчетной на 15-20% за счет увеличения коэффициента теплоотдачи поверхности стен.
6. В отличие от напольного отопления, шаг укладки трубопроводов системы настенного отопления ничем не ограничивается, так как оно допускает наличие температурных перепадов между соседними участками поверхности стены. Такие перепады никак не сказываются на ощущениях человека, находящегося в помещении.
7. Используя переменный шаг укладки трубопроводов системы теплых стен можно добиться распределения тепла в помещении, близкого к идеальному. Обычно для этого на участке 1-1,2 м от пола металлополимерные трубы укладываются с шагом 10-15см; на участке 1,2-1,8м от пола – шаг увеличивается до 20-25см, а выше 1,8м – в зависимости от расчетных данных по теплопотерям, шаг труб может достигать 30-40см. При этом направление движения теплоносителя всегда принимается от пола к потолку (*см.рис.5.4.р.1*)

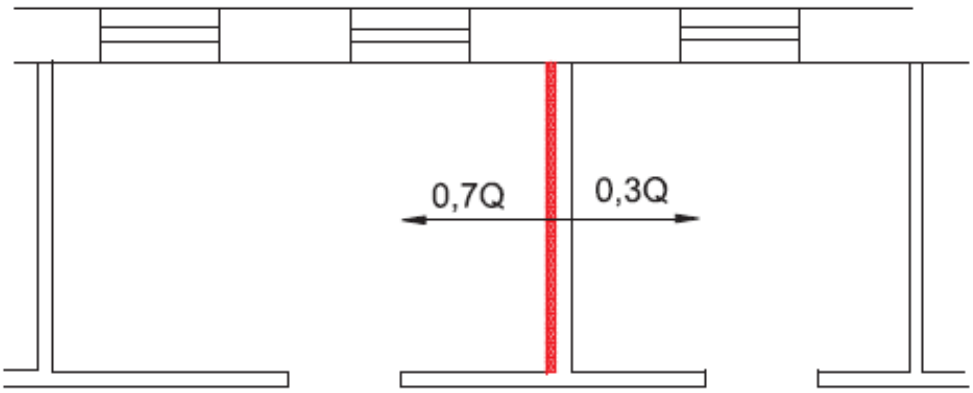
Рис. 5.4. р.1 ***Схема раскладки петель теплых стен***



8. Поскольку система теплых стен является системой лучистого теплообмена, ее не рекомендуется размещать на участках стен, которые в процессе эксплуатации будут закрыты мебелью.

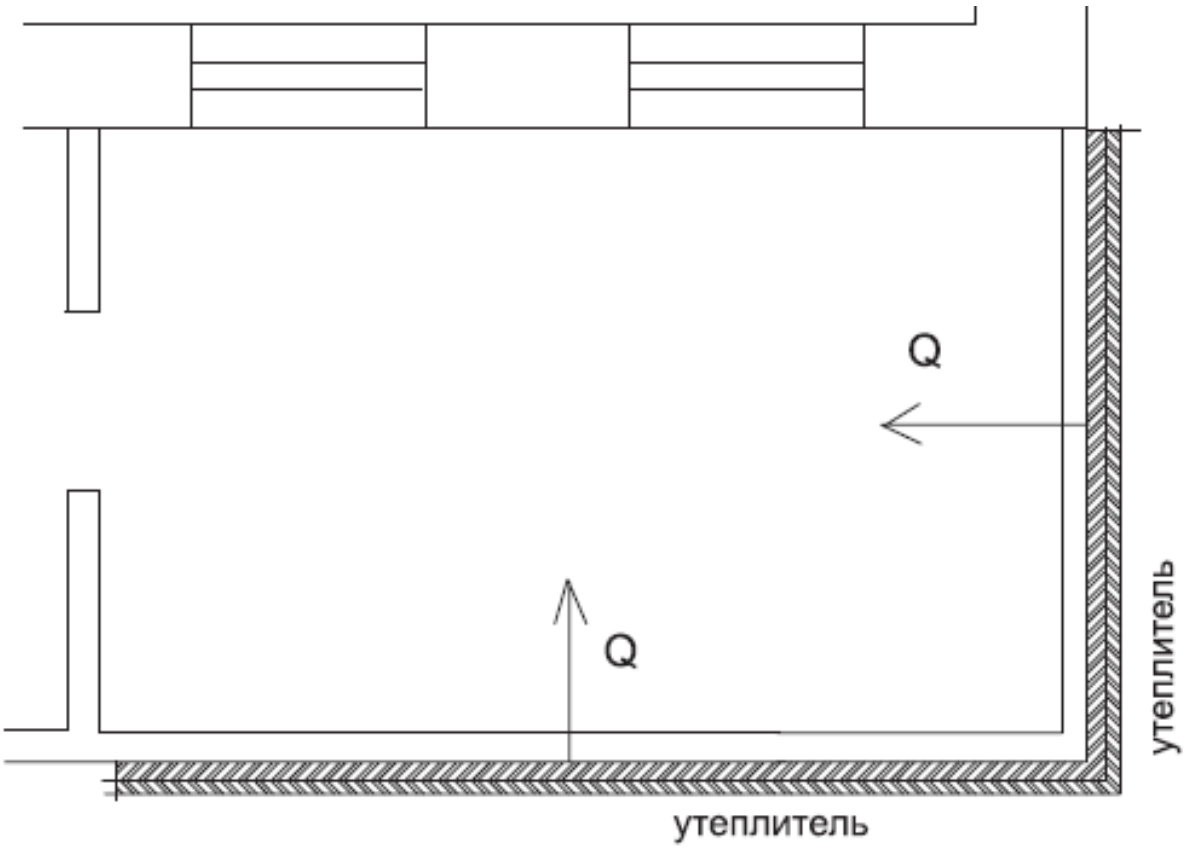
9. При использовании системы теплых стен с укладкой петель по перегородкам , выполненным из материала с относительно низким сопротивлением теплопередаче (кирпич, железобетон), можно одной петлей отапливать два смежных помещения *(см. рис. 5.4.р.2*).

Рис. 5.4.р.2 ***Отопление двух смежных помещений***



10. Применяя систему теплых стен можно отапливать помещение, размещая сами трубопроводы в соседних помещениях. Такие схемы отопления зачастую бывают единственно возможными при ремонте и реставрации старых зданий. Встречаются случаи, когда подобное решение используется и при новом строительстве, когда полезная площадь второстепенных помещений приносится в жертву ради сохранения площади основного

Рис. 5.4.р.3 Отопление из соседнего помещения

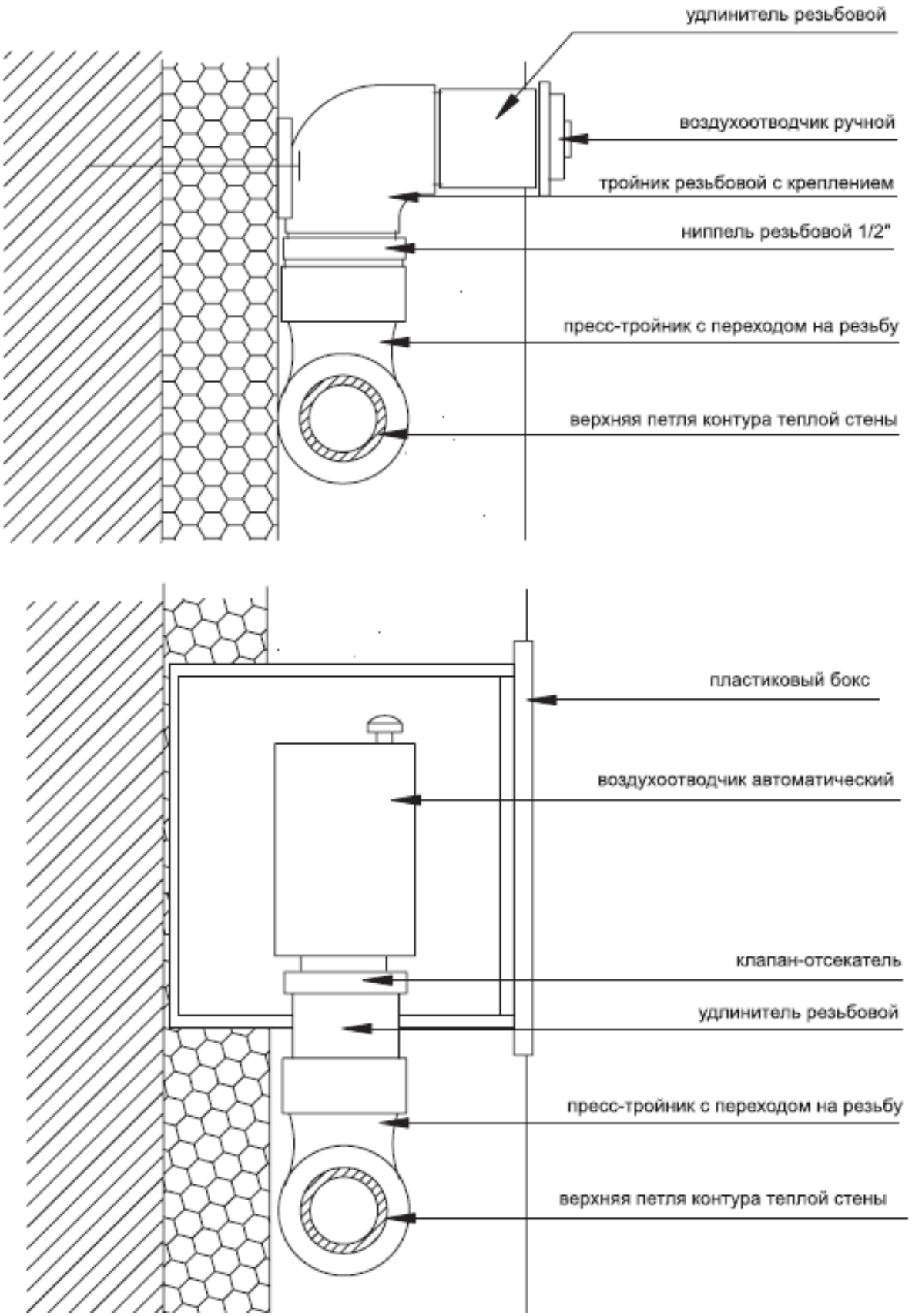


Как и любая другая система отопления, система теплых стен требует от конструкторов и монтажников учета ряда ее специфических особенностей:

1. Скорость воды в трубах настенного отопления не должна быть ниже 0,25 м/с. Именно при такой скорости и выше обеспечивается гарантированное вымывание потоком возможных воздушных скоплений в трубах. Если в системе напольного отопления проблема удаления воздуха решается путем установки воздухоотводчика на коллекторе, как в самой высшей точке для всех петель контура, то при настенном отоплении, как правило, высшей точкой контура является верхняя петля или верхний калач вертикальной петли – именно здесь возможно скопление воздуха при снижении скорости теплоносителя в трубах.
2. Регулирование теплового потока от системы настенного отопления должно осуществляться без снижения массного расхода теплоносителя. Оперативное управление тепловым потоком может производиться либо повышением температуры обратного потока, либо общим пропорциональным снижением температуры теплоносителя. Данное ограничение также связано с опасностью завоздушивания.
3. При устройстве теплых стен не рекомендуется укладка петель двойным меандром, так как эта схема препятствует нормальному вымыванию воздушных скоплений в трубопроводах.

В случаях, когда соблюдение ограничений по скорости движения теплоносителя является экономически нецелесообразным, система теплых стен допускает установку на петлях воздухоотводчиков (*см. рис.5.4.р.4*).

Рис.5.4.р.4 Варианты установки воздухоотводчиков



Перечисленные особенности системы теплых стен определяют те сферы ее возможного применения, где данный способ отопления может дать максимальный экономический и потребительский эффект (см.*таблицу 5.4.т.1*)

Выбор системы отопления

Таблица 5.4.т.1

№	*Вариант системы отопления*	*Оптимальные условия применения*	*Примеры применения*
1	Теплые стены	Помещения с малым количеством мебели и пристенного оборудования	Спальни, офисные помещения, аудитории, коридоры, холлы, рекреации
2	Теплые стены	Помещения, где свободной площадь пола недостаточно для размещения теплого пола	Санузлы, бассейны, гаражи, автомастерские, венткамеры
3	Теплые стены	Помещения с повышенной влажностью пола, где использование теплого пола неэффективно из-за высоких энергозатрат на испарение воды	Ванные комнаты, бани, бассейны, мойки, прачечные, помещения насосных станций
4	Теплые стены+ теплые полы	При недостаточной мощности одной отдельной системы	Любые помещения
5	Теплые стены+ теплые полы	Теплые стены, как дополнение к теплым полам для компенсации повышенных теплопотерь через оконные проемы	Любые помещения. Теплые стены – на участках под окнами. Самая распространенная схема.
6	Теплые стены + радиаторы	Радиаторы используются для быстрого достижения комфортной температуры и для периода времени, когда температура наружного воздуха ниже расчетной.	Помещения повышенной комфортности, гостиничные номера, апартаменты, представительские офисы.
7	Теплые стены + теплые полы + радиаторы	Помещения с повышенным уровнем теплопотерь	При реконструкции старых зданий

При конструировании настенного отопления особого внимания требует расчет температурных режимов наружных стен. Здесь конструктор может столкнуться с вопросом, где и какой толщины должен быть утепляющий слой (см. *рис.5.4.р.5*)

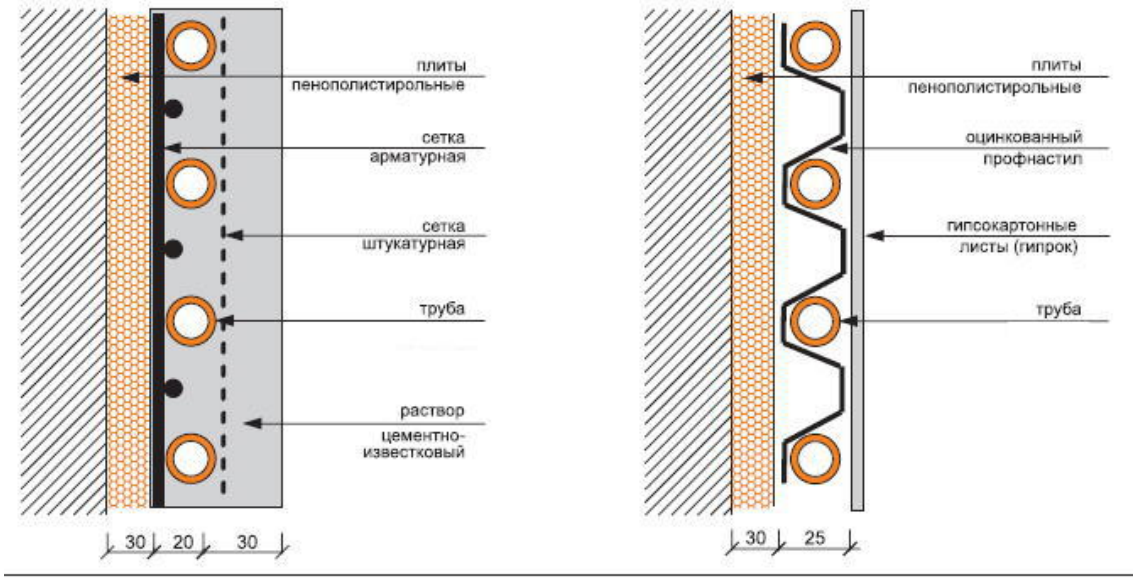
Рис.5.4.р.5 Распределение температуры в толще наружного ограждения

При новом строительстве экономически целесообразным может оказаться вариант, когда утеплитель расположен со стороны улицы (*4*) В этом случае точка промерзания смещена в толщу утеплителя, поэтому ограждающие конструкции могут выполняться из неморозостойких материалов. Минусом такого решения является то, что кроме энергозатрат на непосредственное отопление помещений, существенная доля тепловой энергии тратится на прогревание ограждающих конструкций.

Вариант размещения слоя утеплителя со стороны помещения (*3*) приводит к смещению точки промораживания стены по направлению к внутренней грани. Такое решение требует использования морозостойких стеновых материалов и оперативного, малоинерционного регулирования средней температуры теплоносителя . В противном случае возможно полное промораживание стены с неизбежным появлением конденсата .

Такие же требования предъявляются и при настенном отоплении без использования утеплителя (*2*). В этом случае ошибочный расчет или задержка в регулировании теплового потока может привести к значительным теплопотерям через наружные стены.
В конструктивном отношении исполнение системы теплых стен не представляет серьезных трудностей для специалистов, знакомых с устройством водяных теплых полов (см. *рис.5.4.р.6*).

Рис.5.4.р.6 Варианты конструктивного исполнения теплых стен



При выполнении настенного отоплении важно помнить некоторые технологические правила, которые помогут избежать наиболее распространенных ошибок:

- создание штукатурного слоя лучше всего производить в два этапа. Первый слой наносится по каркасу из арматурной проволоки, к которой крепятся металлопластиковые трубы. После достижения этим слоем достаточной прочности, к нему крепится штукатурная сетка и наносится финишный штукатурный слой;
- поверх финишного штукатурного слоя обязательно должен быть нанесен слой сетки типа «Строби» или эластичной подобойной бумаги. Такие меры необходимы для предотвращения растрескивания выравнивающего слоя;
- толщина слоя цементно-известкового раствора над металлопластиковой трубой должна лежать в пределах 20-30мм;
- до начала работ по устройству теплых стен рекомендуется заранее установить монтажные и распределительные коробки для электрических и слаботочных проводок. Сами проводки выполняются после окончательного оштукатуривания в толще верхнего слоя штукатурки;
- перед и в процессе нанесения штукатурных слоев металлополимерные трубы системы настенного отопления должны быть опрессованы полуторным рабочим давлением;
- подача нагретого теплоносителя в трубы настенного отопления допускается после окончательного высыхания штукатурных слоев;
- во избежание последующего механического повреждения трубопроводов настенного

5.5. Системы отопления теплиц и открытых площадок

В последнее время достаточно широкое распространение получило использование систем металлополимерных труб для подогрева грунта в теплицах и парниках, открытых площадок, футбольных полей и т.п.

Подогрев грунта в теплицах позволяет на 2-3 недели уменьшить срок вегетации растений и повышает урожайность на 30-40 %, при этом равномерно развивается как корневая система, так и надземная часть растений. При прогреве грунта наблюдается эффект активного улучшения состава почвы.

Подогрев футбольных полей позволяет использовать спортивные площади круглогодично.

При устройстве систем подогрева металлополимерных труб следует соблюдать ряд основных технологических правил:

- внутренний диаметр труб обогревательных петель желательно принимать не менее 16мм;
- глубину укладки труб следует принимать не менее 25 см, при минимальном шаге 20-30 см;
- максимальную температуру теплоносителя следует рассчитывать из условия, чтобы в корневом слое температура грунта не превышала 25ºС;
- трубопроводы следует укладывать на слой дренирующего засыпного утеплителя типа песка или шлака толщиной не менее 20 см;
- в качестве теплоносителя необходимо использовать незамерзающие жидкости на основе пропиленгликоля.

Основные правила при устройстве систем подогрева открытых площадок следующие:

- внутренний диаметр труб обогревательных петель желательно принимать не менее 20 мм;
- максимальная температура теплоносителя не должна превышать 70 ºС из условий сохранности бетона или раствора;
- обогреваемое покрытие должно иметь уклоны в сторону дождеприемных решеток для отвода дождевых и талых вод;
- в качестве утепляющего слоя для снижения потерь тепла в нижнем направлении должен использоваться керамзит, шлак песок и т.п. толщиной не менее 20 см;
- в качестве теплоносителя необходимо использовать незамерзающие жидкости на основе пропиленгликоля;
- в качестве распределительных коллекторов при обогреве больших площадей рекомендуется использовать стальные трубы диаметром не менее 50мм .

6. Расчеты

6.1. Определение расчетных расходов холодной и горячей воды

6.1.1. Основные принципы расчета водопровода

Расчет водопроводных сетей сводится к подбору диаметров труб на участках, основного и вспомогательного оборудования и арматуры (насосов, счетчиков, фильтров, клапанов и т.п.) обеспечивающих подачу расчетных расходов воды с заданными параметрами (давление, температура) к водопотребляющей арматуре и приборам.

Расчет сетей начинается с определения расчетных расходов на каждом участке водопровода. По установленным расходам подбираются диаметры труб и арматуры, после чего производится гидравлический расчет системы, позволяющий установить гидравлические потери на расчетных участках.

6.1.2. Определение расчетных расходов по СНиП 2.04.01

Определение расчетных расходов на участках сети в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01-85* ведется вероятностным методом в следующем порядке:

1. По таблице *приложения 12* устанавливаются группы потребителей для различных участков (жилые помещения, офисы, магазины и т.п.)
2. На основании технологической части проекта устанавливается количество потребителей U (жители, работники, условное блюдо в час и т.п.).
3. По технологической части проекта определяется количество N и вид водопотребляющей арматуры.

Определение расчетных расходов для одной группы потребителей

4 . По таблице *приложения 12* определяются усредненный секундный (q_0,л/сек) и усредненный часовой расход ($q_{0,hr}$, л/час) для одного прибора. Для жилых и общественных зданий эти показатели можно принимать по таблице *6.1.2.т.1.*

Усредненные расходы воды для жилых зданий ***Таблица 6.1.2. т.1***

Показатель	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Усредненный секундный расход прибором общий (горячей и холодной воды)	q_0^{tot}	л/сек	0,3
Усредненный секундный расход прибором холодной воды	q_0^{c}	л/сек	0,2
Усредненный секундный расход прибором горячей воды	q_0^{h}	л/сек	0,2
Усредненный часовой расход прибором общий (горячей и холодной воды)	$q_{0,hr}^{tot}$	л/час	300
Усредненный часовой расход прибором холодной воды	$q_{0,hr}^{c}$	л/час	200
Усредненный часовой расход прибором горячей воды	$q_{0,hr}^{h}$	л/час	200

5. По таблице *приложения 12* находится норма расхода воды в час наибольшего потребления $q_{hr,u}$ (л/час) .

6. Определяется вероятность действия приборов : $P = \dfrac{q_{hr,u} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600}$ (*6.1.2.ф.1*)

7. По таблице *приложения 13* находится коэффициент α, являющийся функцией от P и N. Коэффициент α с некоторой долей погрешности может быть рассчитан по формуле: $\alpha = 0{,}2+0{,}777(NP-0{,}015)^{0{,}686}$, при $NP<0{,}015$ $\alpha=0{,}2$. (*6.1.2.ф.2*)

8. Находится расчетный секундный расход для группы потребителей:

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$, л/сек. (*6.1.2.ф.3*)

Этот показатель позволяет определить диаметр подводящего трубопровода на участке , производительность насоса и используется для гидравлического расчета.

9. Определяется вероятность использования приборов:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}.$$ (*6.1.2.ф.4*)

10. По таблице *приложения 13* находится коэффициент α, являющийся функцией от P_{hr} и N.

11. Находится максимальный расчетный часовой расход для группы потребителей:

$$q_{hr} = 0{,}005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}$$, м3/час. (*6.1.2.ф.5*)

Часовой расход требуется для подбора водосчетчиков, водонагревателей, фильтров.

12. По технологической части проекта устанавливается период суточного водопотребления T, час. Это могут быть 24 часа (для жилых зданий), продолжительность смены (для предприятий и организаций).

13. По таблице *приложения 12* находится норма расхода воды в сутки наибольшего водопотребления q_u, л/сутки.

14.Средний часовой расход в течение суток определяется по формуле:

$$q_T = \frac{q_u \cdot U}{1000 \cdot T}$$, м^3/час. (*6.1.2.ф.6*)

Средний часовой расход необходим для подбора водосчетчика и составления паспорта системы.

Определение расчетных расходов для разных групп потребителей (например: жилой дом со встроенным магазином)

15. Расчетные расходы по каждой отдельной группе находятся в соответствии с пп.4-14.

16. Определяется вероятность действия приборов для системы в целом:

$$P = \frac{\sum N_i \cdot P_i}{\sum N_i}.$$ (*6.1.2.ф.7*)

17.Рассчитывается усредненный секундный расход одним прибором для системы в целом:

$$q_0 = \frac{\sum N_i \cdot P_i \cdot q_{0,i}}{\sum N_i \cdot P_i}$$ (*6.1.2.ф.8*)

18.По таблице *приложения 13* находится коэффициент α, являющийся функцией от P и N.

19. Находится расчетный секундный расход для группы потребителей:

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$, л/сек. (*6.1.2.ф.9*)

20. Определяется часовой расход одним прибором для системы в целом:

$$q_{0,hr} = \frac{\sum N_i \cdot P_{hr,i} \cdot q_{0,hr,i}}{\sum N_i \cdot P_{hr,i}}$$,л/час. (*6.1.2.ф.10*)

21. Находится вероятность использования приборов для системы в целом:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}.$$ (*6.1.2.ф.11*)

22. По таблице *приложения 13* находится коэффициент α, являющийся функцией от P_{hr} и N.

23 . Находится максимальный расчетный часовой расход для системы в целом:

$$q_{hr} = 0{,}005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}$$, м3/час (*6.1.2.ф.12*)

24.Средний часовой расход в течение суток для системы в целом определяется по формуле:

$$\sum q_{u,i} \cdot U_i$$

Определение расчетного расхода циркуляционной воды ГВС

25. Определяются потери тепла трубами циркуляционного кольца Q_{cir} , кВт.

26 .Расчетный циркуляционный расход ГВС определяется по формуле:

$$q^{cir} = \beta \sum \frac{Q^{lst}}{4,2\Delta t}, \quad \text{л/сек,} \quad (6.1.2.ф.14)$$

где коэффициент разбалансировки β можно принять равным 1, а Δt=10ºС.

27. Для участка подающего трубопровода ГВС от теплового узла (нагревателя) до первого водоразборного стояка расчетный секундный расход ГВС с учетом циркуляции определяется по формуле:

$$q^{h,cir} = q^{h}(1 + k_{cir}), \quad \text{л/сек,} \quad (6.1.2.ф.15)$$

где коэффициент k_{cir} можно принимать по таблице 6.1.2.т.2 в зависимости от соотношения q^h/q^{cir} .

Значение коэффициента Kcir ***Таблица 6.1.2.т.2***

$\frac{q^h}{q^{cir}}$	K_{cir}	$\frac{q^h}{q^{cir}}$	K_{cir}
1,2	0,57	1,7	0,36
1,3	0,48	1,8	0,33
1,4	0,43	1,9	0,25
1,5	0,40	2,0	0,12
1,6	0,38	2,1 и более	0,00

Для остальных участков сети ГВС общий расчетный расход :

$q^{h,cir}=q^{h}$. (*6.1.2.ф.16*)

ПРИМЕР

Имеется участок сети, который обслуживает жилую квартиру и офисное помещение.

В квартире установлено: унитаз, ванна, умывальник, мойка.

Количество жильцов – 5 человек.

В офисе установлены три унитаза и два умывальника.

Число работающих в офисе –26 человек.

Требуется определить :

РЕШЕНИЕ:

Участок 1. Участок 1 обслуживает жилую квартиру (4 приборов, 5 жителей). 1. По таблице приложения 12 находим:

- усредненный секундный расход ХВ прибором q_0=0,2 л/сек;
- усредненный часовой расход воды прибором $q_{0,hr}$=200 л/час;
- норма расхода ХВ в час наибольшего потребления $q_{hr,u}$=9,1 л/час;
- норма расхода ХВ в сутки наибольшего потребления q_u=270 л/сутки.

2. Определяем секундную вероятность действия приборов группы:

$$P = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600}$$ = (9,1x5)/(0,2x4x3600) =0,016; PN=0,016x4=0,064

3. По приложению 13 находим значение α=0,295.

4. Расчетный секундный расход на участке 1 составит

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$ = 5x0,295x0,2 = 0,295 л/сек.

5. Определяем вероятность использования приборов:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}$$ =(3600x0,016x0,2)/200=0,058; P_{hr}N=0,058x4=0,232

6. По приложению 13 находим значение α=0,48.

7. Максимальный часовой расход на участке составит:

$$q_{hr} = 0{,}005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}$$ =0,005x0,48x200=0,48 м3/час.

8. Определяем средний часовой расход в течение суток:

$$q_T = \frac{q_u \cdot U}{1000 \cdot T}$$ = (270x5)/ (1000x24)=0,056 м3/час.

Участок 2. Участок 2 обслуживает офис (5 приборов, 26 работников, смена 8 часов).

9. По таблице приложения 12 находим:

- усредненный секундный расход ХВ прибором q_0=0,1 л/сек;
- усредненный часовой расход воды прибором $q_{0,hr}$=60 л/час;
- норма расхода ХВ в час наибольшего потребления $q_{hr,u}$=2 л/час;
- норма расхода ХВ в сутки наибольшего потребления q_u=9 л/сутки.

10. Определяем секундную вероятность действия приборов группы:

$$P = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600}$$ = (2x26)/(0,1x5x3600) =0,029; PN=0,029x5=0,145

11. По приложению 13 находим значение α=0,394.

12. Расчетный секундный расход на участке 2 составит

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$ = 5x0,394x0,1 = 0,197 л/сек.

13. Определяем вероятность использования приборов:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}$$ =(3600x0,029x0,1)/60=0,174

14. По приложению 13 находим значение α=0,7.

15. Максимальный часовой расход на участке составит:

$$q_{hr} = 0{,}005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}$$ =0,005x0,7x60=0,21 м3/час.

16. Определяем средний часовой расход в течение суток:

$$q_T = \frac{q_u \cdot U}{1000 \cdot T}$$ = (9x26)/ (1000x8)=0,029 м3/час.

17. Находим вероятность действия приборов для системы в целом:

$$P = \frac{\sum N_i \cdot P_i}{\sum N_i}$$ = (4x0,016 + 5x0,029)/(4+5) =0,023; PN=0,023x9=0,207

18. Ищем секундный расход прибором для системы в целом:

$$q_0 = \frac{\sum N_i \cdot P_i \cdot q_{0,i}}{\sum N_i \cdot P_i}$$ = (4x0,016x0,2 + 5x0,029x0,1)/(4x0,016 +5x0,029) =0,131 л/сек.

19. По приложению 13 находим значение α=0,45.

20. Расчетный секундный расход на участке 3:

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$ =5x0,45x0,131 =0,294 л/сек.

21. Часовой расход холодной воды одним прибором для системы в целом:

$$q_{0,hr} = \frac{\sum N_i \cdot P_{hr,i} \cdot q_{0,hr,i}}{\sum N_i \cdot P_{hr,i}}$$ =(4x0,058x200 + 5x0,174x60)/ (4x0,058 +5x0,174)=89,5 л/час.

22. Вероятность использования приборов для системы в целом:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}$$ = (3600x0,023x0,131)/89,5 =0,121; .

23. По приложению 13 находим значение α=0,98.

24. Расчетный часовой расход для участка 3 составит:

$$q_{hr} = 0{,}005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}$$ =0,005x 0,98x89,5 =0,439 м3/час

25. Средний часовой расход в течение суток составит:

$$q_T = \frac{\sum q_{u,i} \cdot U_i}{1000 \cdot T}$$ = (270x5 +9x26)/(1000x24)=0,066 м3/час.

6.1.3. Расчет расходов по методике DIN 1988 ч.3

Расчет по методике DIN 1988 ч.3 основывается на определении расчетных расходов воды в зависимости от суммы единичных расходов различными приборами и назначения помещений.

1. Определяются секундные расходы каждым прибором q_{0i} (л/сек) (можно воспользоваться таблицей *приложения 11)*.

2.Определяется суммарный секундный расход от всех приборов, обслуживаемых данным участком:

$$q_{\sum 0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i$$ л/сек.

3.По таблице *6.1.3.т.1* определяется расчетный расход q, л/сек.

Таблица 6.1.3.т.1

$q_{\sum 0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i$	q, л/сек	$q_{\sum 0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i$	q, л/сек	$q_{\sum 0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i$	q, л/сек
0,1	0,1	4,6	1,22	20	2,48
0,2	0,2	4,8	1,24	21	2,54
0,3	0,3	5,0	1,27	22	2,61
0,4	0,36	5,5	1,32	23	2,67
0,5	0,38	6,0	1.38	24	2,72
0,6	0,4	6,5	1,42	25	2,78
0,7	0,43	7,0	1,48	26	2,85
0,8	0,48	7,5	1,55	27	2,91
0,9	0,50	8,0	1,6	28	2,96

1,1	0,58	9,0	1,69	30	3,07
1,2	0,60	9,5	1,74	32	3,18
1,3	0,63	10,0	1.78	34	3,29
1,4	0,65	10,5	1,82	36	3,40
1,5	0,67	11,0	1.88	38	3,51
1,6	0,70	11,5	1,92	40	3,62
1,7	0,73	12,0	1,95	45	3,88
1,8	0,75	12,5	1,99	50	4,12
1,9	0,78	13,0	2,04	55	4,38
2,0	0,80	13,5	2,06	60	4,62
2,2	0,83	14,0	2,09	65	4,86
2,4	0,86	14,5	2,13	70	5,08
2,6	0,91	15,0	2,17	80	5,54
2,8	0,93	15,5	2,2	90	5,98
3,0	0,98	16,0	2,24	100	6,42
3,2	1,02	16,5	2.28	110	6,85
3,4	1,05	17,0	2,3	120	7,27
3,6	1,07	17,5	2.33	130	7,69
3,8	1,10	18,0	2.38	140	8,10
4,0	1,12	18,5	2,4	150	8,5
4,2	1,15	19,0	2,42	160	8,91
4,4	1,18	19,5	2,26	170	9,31

ПРИМЕР расчета по DIN

Квартира оборудована унитазом, умывальником, ванной, мойкой и стиральной машиной. Требуется определить расчетный расход холодной воды на вводе в квартиру.

По таблице определяем секундные нормативные расходы приборами. Суммарный секундный расход подсчитываем в табличной форме:

Прибор	*Нормативные секундные расходы каждым прибором, q_{0i} (л/сек).*	*Количество приборов, N, шт*	*Суммарный секундный расход,* $q_{\sum 0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i$, *л/сек*
Унитаз	*0,1*	*1*	*0,71*
Умывальник	*0,09*	*1*	
Ванна	*0,18*	*1*	
Кухонная мойка	*0,09*	*1*	
Стиральная машина	*0,25*	*1*	

Для суммарного расхода 0,71 по таблице находим значение расчетного расхода q= 0,43 л/сек/

6.1.3. Расчет расходов по СП 30.1330.2012

Расчет по методике *СП 30.1330.2012* основывается на определение секундных и максимальных часовых расходов по таблицам на основании удельного среднего расхода в час одним прибором или потребителем.

1. При расчете по потребителям из таблицы *приложения 19* выбираются требуемые среднесуточные расходы, умножаются на количество потребителей и произведение делится на продолжительность периода водоразбора, приведенную в той же таблице.
2. Исходя из полученного среднечасового расхода на потребителя и общего количества потребителей по таблице *приложения 21* определяются расчетные значения секундных расходов.
3. При расчете по приборам из таблицы *приложения 20* выбираются среднечасовые расходы по приборам.
4. Расходы каждого прибора умножаются на количество однотипных приборов.
5. Суммируются все расходы по всем приборам и делятся на общее количество приборов.
6. Исходя из полученного среднечасового расхода на прибор и общего количества приборов по таблице *приложения 21* определяются расчетные значения секундных расходов.

6.2. Определение потерь тепла трубами

При расчете систем отопления и горячего водоснабжения из металлополимерных труб следует учитывать потери тепла самими трубами. Это необходимо для правильного подбора отопительных приборов, изоляции и расчетных расходов циркуляционного трубопровода.

Удельные тепловые потери одним погонным метром трубопровода в общем случае рассчитываются по формуле:

$$q = \frac{(t_{вн} - t_{нар})}{\frac{1}{\pi \cdot d_{т.вн.} \cdot \alpha_1} + \frac{\ln \frac{d_{и.нар.}}{d_{т.нар.}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из.}} + \frac{\ln \frac{d_{т.нар.}}{d_{т.вн.}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{тр.}} + \frac{1}{\pi \cdot d_{и.нар.} \cdot \alpha_2}}, \text{ Вт/м.п.} \quad (6.2.ф.1)$$

где: $t_{вн}$ - температура транспортируемой среды,ºС;

$t_{нар}$ – температура окружающей среды (помещения), ºС;

$d_{т.нар.}$ –наружный диаметр трубопровода, м;

$d_{и.нар.}$ – наружный диаметр изоляции, м;

$d_{т.вн.}$ – внутренний диаметр трубы, м;

$\lambda_{из.}$ –коэф. теплопроводности изоляции, Вт/м ·ºС, (для вспененного полиэтилена –0,033);

$\lambda_{тр}$ – коэффициент теплопроводности стенок трубы, Вт/м·ºС, (для труб *VALTEC* - 0,43);

α_1 – коэффициент тепловосприятия внутренней поверхности стенки трубы, Вт/м2;

α_2 – коэффициенты теплоотдачи поверхности изоляции или наружной поверхности трубы (при отсутствии изоляции), Вт/м^2·ºС, принимаются по таблице 6.2.т.1.

Коэффициент теплоотдачи α_2 ***Таблица 6.2.т.1***

Изолируемый объект	В закрытом помещении		На открытом воздухе при скорости ветра[3], м/с		
	Покрытия с малым коэффициентом излучения[1]	Покрытия с высоким коэффициентом излучения[2]	5	10	15
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35
Вертикальные трубопроводы, оборудование, плоская стенка	8	12	26	35	52

1. Кожухи из оцинкованной стали, листов алюминиевых сплавов и алюминия с оксидной пленкой.
2. Штукатурки, асбестоцементные покрытия, стеклопластики, различные окраски (кроме краски с алюминиевой пудрой)
3. При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.
4. Коэффициент α_1 при наличии плотно прилегающей изоляции принимается равным 0,5х α_2.

Величину тепловых потерь дли труб *VALTEC* допускается определять, пользуясь таблицей *приложения 16*.

При параметрах воздуха ($T_в$) и теплоносителя ($T_т$),отличающихся от табличных, потери тепла металлополимерными трубами можно определить по формуле:

$$q = q_{70} \cdot \left(\frac{Tm - Tв}{70} \right)^{1,2}, \text{ Вт/м.п.,} \quad (6.2.ф.2)$$

где q_{70} – табличное значение потерь для труб отопления..

При расчете отопительных приборов, как правило, требуется определить снижение температуры теплоносителя в трубах. Зная расчетный расход теплоносителя G,кг/сек, и определив величину тепловых потерь на участке

Q=L·q, Вт, *(6.2.ф.3)*

$\Delta t = Q/(G \cdot 4187)$, ºС. *(6.2.ф.4)*

При прокладке горизонтальных труб под потолком рекомендуется учитывать 70-80 % их расчетного теплового потока.

Тепловой поток вертикальных труб снижается в среднем:

- при экранировании открытого стояка из полимерных труб металлическим экраном на 25%;
- при скрытой прокладке в глухой борозде на 50%;
- при скрытой прокладке в вентилируемой борозде на 10%.

Общий тепловой поток от одиночных труб, замоноличенных в междуэтажных перекрытиях отапливаемых помещений и во внутренних перегородках из тяжелого бетона ($\lambda_{бет} \geq 1{,}8$ Вт/м·К , $\rho_{бет} \geq 2000$ кг/м^3), увеличивается в среднем в 2,0 раза (при оклейке стен обоями - в 1,8 раза).

Общий тепловой поток от одиночных труб в наружных ограждениях из тяжелого бетона ($\lambda_{бет} \geq 1{,}8$ Вт/м·К , $\rho_{бет} \geq 2000$ кг/м^3) увеличивается в среднем в 1,6 раза (при оклейке стен обоями - в 1,4 раза).

При скрытой прокладке одиночных труб, замоноличенных в легком бетоне с пластификатором, расчетный тепловой поток увеличивается в 1,1-1,15 раза.

При прокладке труб в стандартных штробах, полностью заполненных самотвердеющей пенистой изоляцией, тепловой поток труб снижается в случае размещения в наружных стенах на 15-20%, во внутренних перегородках - на 5-10%.

ПРИМЕР

Исходные данные:

Горизонтальная подводка к радиатору длиной L=12 м, выполнена из металлополимерной трубы VALTEC 16х2,0.Температура теплоносителя на входе в распределительный коллектор составляет T_m=82,0 ºС. Температура окружающего воздуха $T_в$=20 ºС .Труба не изолирована. Расход теплоносителя в подводящей трубе G=0,015 кг/сек. Требуется найти температуру теплоносителя на входе в радиатор.

Решение:

1. *По таблице приложения 16 находим потери тепла неизолированной горизонтальной трубой при температурном напоре (82-20)=62 ºС. Для трубы 16х2,0 он составит q_{62}= 44,81 Вт/м*
2. *Находим общие потери тепла подводящим трубопроводом Q = 12 х 44,81 = 537,72 Вт.*
3. *Рассчитываем снижение температуры теплоносителя от коллектора до радиатора:*

Δt = 537,72/ (0,015 х 4187) = 8,56 ºС.

Температура на входе в радиатор будет составлять T =82,0 – 8,56 = 73,44 ºС.

6.3. Расчет на образование конденсата

Конденсат на металлополимерных трубопроводах появляется, когда температура поверхности трубы ниже, чем точка росы при данной температуре и влажности в помещении.

При оценке возможности выпадения конденсата на поверхности трубы необходимо определить температуру наружной стенки трубы t_c и сопоставить ее с температурой точки росы T_p:

$$t_c = t_{нар} + \frac{q}{\pi \cdot d_{т.нар.} \cdot \alpha_2}, \qquad (6.3.ф.1)$$

все обозначения в данной формуле такие же, как и в п.6.2.

Выпадения конденсата не будет при условии $t_c > T_p$.

Температура точки росы определяется по i-d диаграмме или по таблице *6.3.т.1*.

Точка росы ***Таблица 6.3.т.1***

Температура воздуха, ºС	Тр при относительной влажности , ºС		
	40%	60%	80%
20	6,5	12	17
25	10,5	16,5	21,5

Можно определять точку росы по следующей приближенной формуле:

$$Тр = \frac{233{,}77\,LN(E_ф) + 115{,}72}{16{,}57 - 0{,}877 LN(E_а)}$$

где $E_ф = 0{,}01 \cdot \varphi \cdot E$ фактическая упругость водяного пара (кПа);

$E = 0{,}6112 EXP\left(\frac{17{,}504t}{241{,}2 + t}\right)$ максимальная упругость водяного пара (кПа;

φ - относительная влажность воздуха, %;

ПРИМЕР

Исходные данные:

Холодная вода с температурой $t_{вн=}$ +10 ºС протекает по вертикальной металлополимерной трубе 16х2. Температура воздуха в помещении $t_{нар}$=+20ºС, влажность φ=60%. Требуется оценить вероятность выпадения конденсата.

Решение:

По таблице приложения 16 определяем тепловой поток для вертикальной неизолированной отопительной трубы 16х2 : q_{70}=41,9 Вт/м.

Определяем реальный тепловой поток: $q = q_{70} \cdot \left(\frac{Tm - Tв}{70}\right)^{1,2}$ =

41,9х((10-20)/70)$^{1.2}$=- 4,06 Вт/м.

Знак «минус» обозначает, что тепловой поток направлен со стороны помещения внутрь трубы.

Определяем температуру наружной стенки трубы:

$t_c = t_{нар} + \frac{q}{\pi \cdot d_{т.нар.} \cdot \alpha_2}$ *= 20-4,06/(3,14 х 0,016 х 12) =13,3ºС.*

Температура точки росы при заданных параметрах составляет 12 ºС. Защиты от конденсата не требуется. Для стальной трубы при тех же заданных параметрах температура стенки составила бы 10,6 ºС, что потребовало бы защиту от конденсата.

6.4. Гидравлический расчет трубопроводов

Потери давления в трубопроводах *VALTEC* можно рассчитать, пользуясь формулой:

ΔP=Rl+Z (Па) *(6.4.ф.1)*

где R - удельная линейная потеря давления на 1 м длины, Па/м,
(определяется по таблицам *приложения 15*);

l – длина трубопровода в метрах;

Z- потери давления на местное сопротивление, Па/м.

Для определения потерь давления на местное сопротивление, коэффициенты местных сопротивлений каждого элемента участка (повороты, отводы, фитинги, приборы, арматура) складываются. Сумма коэффициентов местных сопротивлений умножается на динамическое давление, в результате чего формула для определения Z принимает вид:

$Z = \Sigma\xi \frac{v^2}{2} \rho$ (Па), *(6.2.ф.2)*

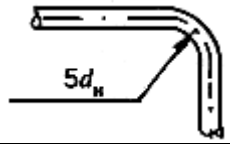
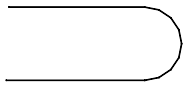
где $\Sigma\xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке трубопровода;

v - скорость теплоносителя в трубопроводе, м/с;

ρ - плотность жидкости при температуре теплоносителя, кг/м^3.

Коэффициенты местных сопротивлений для непрямых участков трубопровода можно определять по *таблице 6.2.т.1.*

Коэффициенты местных сопротивлений **Таблица 6.2.т.1**

N п.п.	Элемент	Эскиз	Значение коэффициента местного сопротивления
1	Отвод с радиусом закругления $\geq$5 d: 90° 45°		0,3-0,5
2	Отступ , «утка»		0,5
3	Обвод		1,0
4	Калач		1,0
5	Прямой соединитель		*Приложение 5*
6	Тройник		*Приложение 4*
7	Крестовина		*Приложение 6*
8	Арматура и приборы		По техническим паспортам на изделия*
9	Коллектор без кранов и регуляторов		1,5
10	Коллектор с регулирующими или отсекающими кранами		3

- В ряде технических паспортов вместо коэффициента местного сопротивления на изделие приводится «коэффициент пропускной способности» K_v ($м^3$/час). Взаимосвязь между этими двумя показателями следующая:

$$\zeta = \frac{16 \cdot 10^8 \cdot d^4}{K_v^2}; \qquad (6.2.ф.3)$$

где :
K_v- коэффициент пропускной способности в $м^3$/час;
d – внутренний диаметр в *м*.

6.5. Расчет теплого пола и обогрева открытых площадок

6.5.1. Задачи теплотехнического расчета теплого пола

В ходе теплотехнического расчета теплого пола обычно решается одна из следующих задач:

а) определение требуемой средней температуры теплоносителя по известному удельному тепловому потоку, полученному в результате расчета теплопотребности помещения;

b) определение удельного теплового потока от теплого пола при известной средней температуре теплоносителя.

Как правило, при полном напольном отоплении (без использования радиаторного отопления) , определяется помещение с наибольшими удельными теплопотерями.

Для этого помещения производится расчет по схеме «а», то есть определяется требуемая средняя температура теплоносителя. Для остальных помещений, эта температура принимается в качестве заданной величины, и дальнейшие расчеты ведутся по схеме «*b*».

В обоих случаях определяющим критерием расчета является температура поверхности пола, которая не должна превышать нормативных величин (*см. таблицу 5.3.1.2.т.3*).

Следует отметить, что по западным нормативам температура поверхности пола допускается более высокой, чем по российским нормам, что следует учитывать при использовании импортных расчетных программ.

Методик теплотехнического расчета теплых полов существует несколько. В каждой из методик заложен ряд допущений и ограничений, которые также не следует забывать при проектировании. Далее будут изложены некоторые из используемых методик расчета.

6.5.2. Метод коэффициентов

Метод основан на применении поправочных коэффициентов к известным, экспериментально установленным, удельным тепловым потокам от эталонного теплого пола при различных температурных напорах *(см. таблицу 6.5.2.т.1)*.

Характеристики эталонного теплого пола ***Таблица 6.5.2.т.1***

№	*Характеристика*	*Ед. изм.*	*Значение*
1	Приведенный коэффициент теплопередачи стенки трубы	Вт/ м2 К	6,7
2	Коэффициент теплопроводности стенки трубы	Вт/ м К	0,35
3	Толщина стенки трубы	мм	2
4	Наружный диаметр трубы	мм	16
5	Толщина стяжки	мм	45
6	Коэффициент теплопроводности стяжки	Вт/ м К	1,0
7	Коэффициент теплоотдачи поверхности пола	Вт/м^2 К	10,8
8	Шаг труб	см	7,5

$$q = \Delta t_l \cdot K_{\text{тр}} \cdot K_{\text{пп}} \cdot K_b \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{D}}, \qquad (6.5.2.ф.1)$$

где

q –удельный тепловой поток , Вт/м2

Δt – логарифмическая разность между температурой теплоносителя и температурой воздуха в помещении, ºС;

$K_{тр}$ – приведенный коэффициент теплопередачи стенки трубы, Вт/ м2 К;

$K_{пп}$ – коэффициент, зависящий от термического сопротивления покрытия пола;

K_b – коэффициент шага укладки труб;

K_c – коэффициент толщины стяжки над трубой;

K_D - коэффициент, учитывающий наружный диаметр труб.

Логарифмическая разность температур :

$$\Delta t = \frac{(t_1 - t_2)}{LN\dfrac{(t_1 - t_в)}{(t_2 - t_в)}}, \qquad (6.5.2.ф.2)$$

где

t_1 *и* t_2 – температуры соответственно прямого и обратного теплоносителя, °С;
tв - расчетная температура воздуха в помещении, °С.

Коэффициент теплопередачи стенки трубы:

$$K_{тр} = \frac{K_{тр0}}{1 + \dfrac{1{,}1}{\pi} \cdot K_{тр0} \cdot K_{пп} \cdot K_b \cdot К_с \cdot K_D \cdot b\left(\dfrac{1}{2\lambda_{ст}} LN \dfrac{D}{D - 2\delta} - \dfrac{1}{2\lambda_{ст0}} LN \dfrac{D_0}{D_0 - 2\delta_0}\right)} =$$

$$= \frac{6{,}7}{1 + 2{,}347 \cdot К_{пп} \cdot K_b \cdot К_с \cdot K_D \cdot b\left(\dfrac{1}{2\lambda_{ст}} LN \dfrac{D}{D - 2\delta} - 0{,}41\right)}, \qquad (6.5.2.ф.3)$$

где

$K_{тр0}$ – коэффициент теплопередачи эталонной трубы - 6,7 Вт/м^2 К;
b – шаг труб ,м;
δ – толщина стенки трубы, м;
δ_0 – толщина стенки эталонной трубы, - 0,002 м;
D – наружный диаметр трубы, м;
D_0 – наружный диаметр эталонной трубы, - 0,016 м;
$\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности стенки трубы, Вт/ м К;
$\lambda_{ст0}$ – коэффициент теплопроводности стенки эталонной трубы, - 0,35 Вт/ м К.

Коэффициент влияния термического сопротивления покрытия пола:

$$K_{пп} = \frac{\dfrac{1}{\alpha_n} + \dfrac{\delta_{c0}}{\lambda_{c0}}}{\dfrac{1}{\alpha_n} + \dfrac{\delta_{c0}}{\lambda_c} + R_{пп}} = \frac{0{,}1376}{0{,}0926 + \dfrac{0{,}045}{\lambda_c} + \Sigma R_{пп}}; \qquad (6.5.2.ф.4)$$

где

α_n - коэффициент теплоотдачи поверхности пола, -10,8 Вт/м2 К;
δ_{c0} - толщина эталонной стяжки, -0,045 м;
λ_c - коэффициент теплопроводности стяжки, Вт/ м К;
λ_{c0} - коэффициент теплопроводности эталонной стяжки, -1,00 Вт/м К;
$R_{пп}$ – термические сопротивления слоев покрытия пола (выше стяжки), м2 К/Вт.

Коэффициент шага укладки труб:

$$K_b = \left(1{,}23 - 0{,}4\Sigma R_{пп}^{0{,}75}\right)^{1 - \frac{b}{0{,}075}} \qquad (6.5.2.ф.5)$$

Коэффициент толщины стяжки определяется по формуле:

$$K_c = C^{(4{,}5 - 100\delta_c)}, \qquad (6.5.2.ф.6)$$

где:

δ_c – толщина стяжки над трубой, м;
С –коэффициент, определяемый по *таблице 6.5.2.т.2*.

Значение коэффициента С. ***Таблица 6.5.2.т.2***

Шаг труб, b,см	Термическое сопротивление покрытия пола, м^2 К/Вт			
	0,0	0,05	0,1	0,15
5	1,069	1,056	1,043	1,037
10	1,063	1,05	1,039	1,034
15	1,057	1,046	1,035	1,031
20	1,051	1,041	1,032	1,028
25	1,045	1,035	1,028	1,025
30	1,040	1,031	1,024	1,021
35	1,034	1,026	1,020	1,018

Коэффициент , учитывающий наружный диаметр труб:

$K_D = C_D^{250D-5}$, *(6.5.2.ф.7)*

где

D –наружный диаметр трубы,м;

C_D- коэффициент, принимаемый по *таблице 6.5.2.т.3*.

Значения коэффициентов C_D ***Таблица 6.5.2.т.3***

Шаг труб, b,см	Термическое сопротивление покрытия пола, м^2 К/Вт			
	0,0	0,05	0,1	0,15
5	1,013	1,013	1,012	1,011
10	1,029	1,025	1,022	1,018
15	1,040	1,034	1,029	1,024
20	1,046	1,040	1,035	1,030
25	1,051	1,046	1,041	1,036
30	1,053	1,049	1,044	1,039
35	1,055	1,050	1,045	1,041

К недостаткам этой методики можно отнести следующие принятые в ней допущения:
- коэффициент теплоотдачи поверхности пола принят постоянным (10,8 Вт/м^2 К). В действительности, этот коэффициент является функцией от целого ряда величин (температуры поверхности пола, температур поверхностей окружающих конструкций и скорости движения воздуха у поверхности пола);
- метод коэффициентов может применяться при шаге труб не более 375 мм, толщине стяжки не более 45 мм, термических сопротивлениях покрытия пола не более 0,15 м^2 К/Вт, наружных диаметрах труб не более 20 мм.

Данный метод заложен в основу большинства импортных расчетных программ.

6.5.3. Аналитический метод

В основе метода заложена формула определения удельного теплового потока, как функции от температуры поверхности пола, основанная на частном решении задачи Форхгеймера (DIN 4725):

$q_в = 8{,}92(t_п - t_в)^{1,1}$, *(6.5.3. ф.1)*

где

$q_в$ – удельный тепловой поток по направлению «вверх», Вт/м^2;

$t_п$ – температура поверхности пола, °С;

$t_в$– температура воздуха в помещении, °С.

Из этой формулы можно получить следующие зависимости:

-температура поверхности пола:

$$t_n = t_в + \frac{q_в^{0,91}}{7,325} \text{ (ºC)} \qquad (6.5.3.\ ф.2)$$

-коэффициент теплоотдачи поверхности пола:

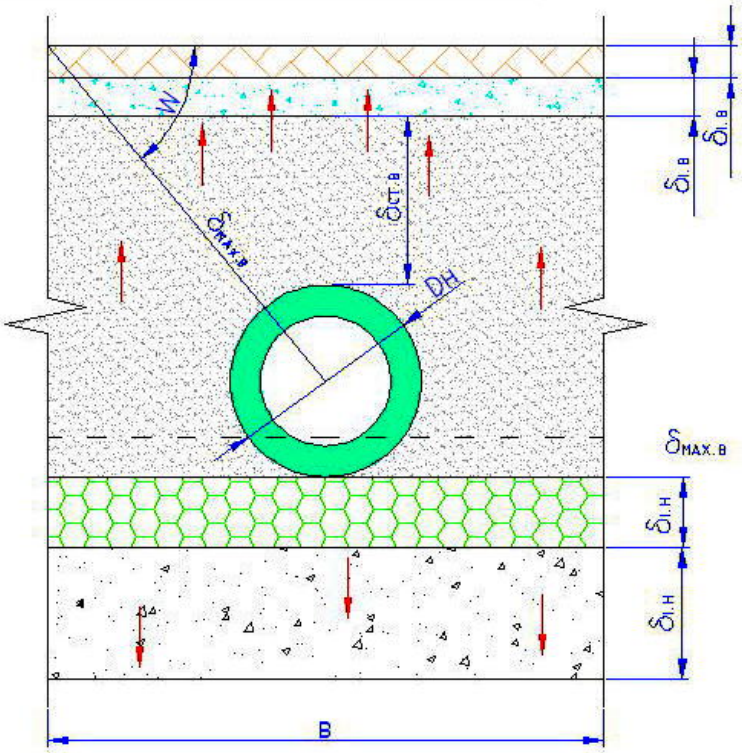
$$\alpha_в = 8,92(t_n - t_в)^{0,1} = 7,325 q_в^{0,09} \text{ (Вт/м К)} \qquad (6.5.3.\ ф.3)$$

Если условно вырезать из теплого пола полосу шириной равной шагу труб *(рисунок 6.5.3.р.1)* , то можно предположить, что тепловой поток одной трубы распределяется только внутри этой зоны.

Теплопередачу через боковые грани зоны можно принять нулевой, учитывая, что количество тепла , отданное в соседнюю зону, равно количеству тепла, поступившего из соседней зоны.

Можно также допустить, что отношение поверхности трубы , передающей тепло по направлению вверх к поверхности трубы, передающей тепло по направлению вниз , равно отношению соответствующих тепловых потоков («вверх» / «вниз»).

Рис. 6.5.3. р.1 Расчетный элемент теплого пола



Термическое сопротивление слоев пола над трубой:

$$R^в = \frac{\delta_{ст.в}}{\lambda_{ст}} + \Sigma \frac{\delta_{i.в}}{\lambda_{i.в}} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.3.\ ф.4)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола над трубой с учетом теплообмена на поверхности:

$$R_n^в = R^в + \frac{1}{\alpha_в} \text{(м2 К/Вт);} \qquad (6.5.3.\ ф.5)$$

Термическое сопротивление слоев пола под трубой:

$$R^н = \Sigma \frac{\delta_{i.n}}{\lambda_{i.n}} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.3.\ ф.6)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола под трубой:

$$R_n^н = R^н + \frac{1}{\alpha_н} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.3.\ ф.7)$$

Коэффициент теплоотдачи нижней поверхности конструкции (если полы не по грунту) для гладких и малоребренных потолков (h/a<=0,3) принимается 8,7 Вт/(м^2 °С), для сильноребренных потолков - 7,6 Вт/(м^2 °С). Для полов по грунту приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола под трубой следует считать по формуле:

$$R_n^н = 2{,}1 + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.3.\ ф.8)$$

Второе слагаемой в этой формуле учитывает толщины и коэффициенты теплопроводности только теплоизоляционных слоев (λ<1,2 Вт/м К).
Следует иметь в виду, что при использовании формулы 6.5.3.ф.8 для определения удельного теплового потока расчетную наружную температуру следует принимать:
-для первой зоны (2 м от поверхности земли) –расчетную температуру наружного воздуха для зимнего периода;
- для второй зоны (от 2х до 4х метров) – минус 7°С;
- для третьей зоны (от 4х до 6ти метров) – плюс 5°С;
- для четвертой зоны (более 6ти метров) – плюс 14°С.
Приведенное сопротивление теплопередаче стенок трубы (с учетом коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубы $\alpha_{вн}$, принимаемого 400 Вт м/К) .

$$R_{тр}^{пр} = \frac{1}{\pi \alpha_{вн} D_{вн}} + \frac{LN \frac{D_н}{D_{вн}}}{2\pi \lambda_{ст}} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.3.\ ф.9)$$

Угол W вычисляется для возможности определения температуры поверхности пола между трубами:

$$W = arctg \frac{2 \cdot (\delta_{ст.в} + \Sigma \delta_{iв} + \frac{D_н}{2})}{B} \text{ (град)} \qquad (6.5.3.\ ф.10)$$

Максимальное термическое сопротивление слоев пола над трубой:

$$R_{мах}^{в} = \frac{\delta_{ст.в}}{\sin W \cdot \lambda_{ст}} + \Sigma \frac{\delta_{i.в}}{\sin W \cdot \lambda_{i.в}} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.3.\ ф.11)$$

Число труб в поперечном сечении пола, приходящееся на 1 м.п.

$$n = \frac{1}{b} \text{ , где} \qquad (6.5.3.\ ф.12)$$

b –шаг труб (м);
Отношение тепловых потоков «вниз/вверх»:

$$a = \frac{q_н}{q_в} = \frac{(t_{тр} - t_н) \cdot R_n^в}{(t_{тр} - t_в) \cdot R_n^н} \qquad (6.5.3.\ ф.13)$$

Из условия, что тепловой поток (верх) должен быть равен погонному тепловому потоку с поверхности труб , приходящихся на 1 м.п. поперечного сечения пола, получим:

$$q_в = n q_{тр} (1 - a); \quad \text{(Вт/м2)} \qquad (6.5.3.\ ф.14)$$

Из предыдущей формулы получаем выражение удельного теплового потока через стенку трубы «вверх»:

$$q_{тр} = \frac{q_в}{n(1-a)} \quad \text{(Вт/м2)} \qquad (6.5.3.\ ф.15)$$

В то же время тепловой поток через стенку трубы «вверх» равен:

$$q_{тр} = \frac{t_{тн} - t_{тр}}{R_{тр}^{пр}} \text{(Вт/м2)} \qquad \textit{(6.5.3. ф.16)}$$

Приравняв правые части уравнений, получим формулу для определения средней температуры теплоносителя:

$$t_{тн} = t_{в} + q_{в} R_{п}^{в} + \frac{q_{в} R_{тр}^{пр}}{n(1-a)} \text{ (°C).} \qquad \textit{(6.5.3. ф.17)}$$

Далее можно определить максимальную и минимальную температуру поверхности пола:

$$t_{п.\max} = t_{тн} - q_{в}\left(R^{в} + \frac{bR_{тр}^{пр}}{(1-a)} \right) \text{(°C)} \qquad \textit{(6.5.3. ф.18)}$$

$$t_{п.\min} = t_{в} + (t_{п} - t_{в}) \sin W \quad \text{(°C)} \qquad \textit{(6.5.3. ф.19)}$$

Для решения обратной задачи (определение удельного теплового потока по заданной средней температуре теплоносителя) методом приближений решается относительно $q_в$ уравнение:

$$t_{тн} = t_{в} + q_{в} R^{в} + 0{,}1368 q_{в}^{0{,}91} + \frac{q_{в} R_{тр}^{пр}}{n\left(1 - \frac{t_{в} - t_{н} + q_{в} R^{в} 0{,}1368 q_{в}^{0{,}91}}{q_{в} R_{п}^{н}}\right)} \text{ (°C)} \qquad \textit{(6.5.3. ф.20)}$$

Данная методика реализована в программном комплексе *VALTEC.prg* .

Особенности расчета при использовании краевых зон

Если задан требуемый тепловой поток $q_{тр}$ и имеются ограничения по температуре поверхности пола (в основной зоне $t_о$, в краевых зонах $t_к$), то максимально допустимый тепловой поток в основной зоне составит:

$$q_{о.мах} = \alpha_{в}(t_{о} - t_{в}) \quad \text{(Вт/м2)} \qquad \textit{(6.5.3. ф.21)}$$

В краевой зоне:

$$q_{к.мах} = \alpha_{в}(t_{к} - t_{в}) \quad \text{(Вт/м2)} \qquad \textit{(6.5.3. ф.22)}$$

По этим предельным потокам можно найти требуемый процент площади краевой зоны:

$$c = \frac{q_{тр} - q_{о.мах}}{q_{к.мах} - q_{о.мах}} \cdot 100\,\% \qquad \textit{(6.5.3. ф.23)}$$

Можно решить обратную задачу: по проценту площади краевой зоны найти требуемый поток краевой зоны:

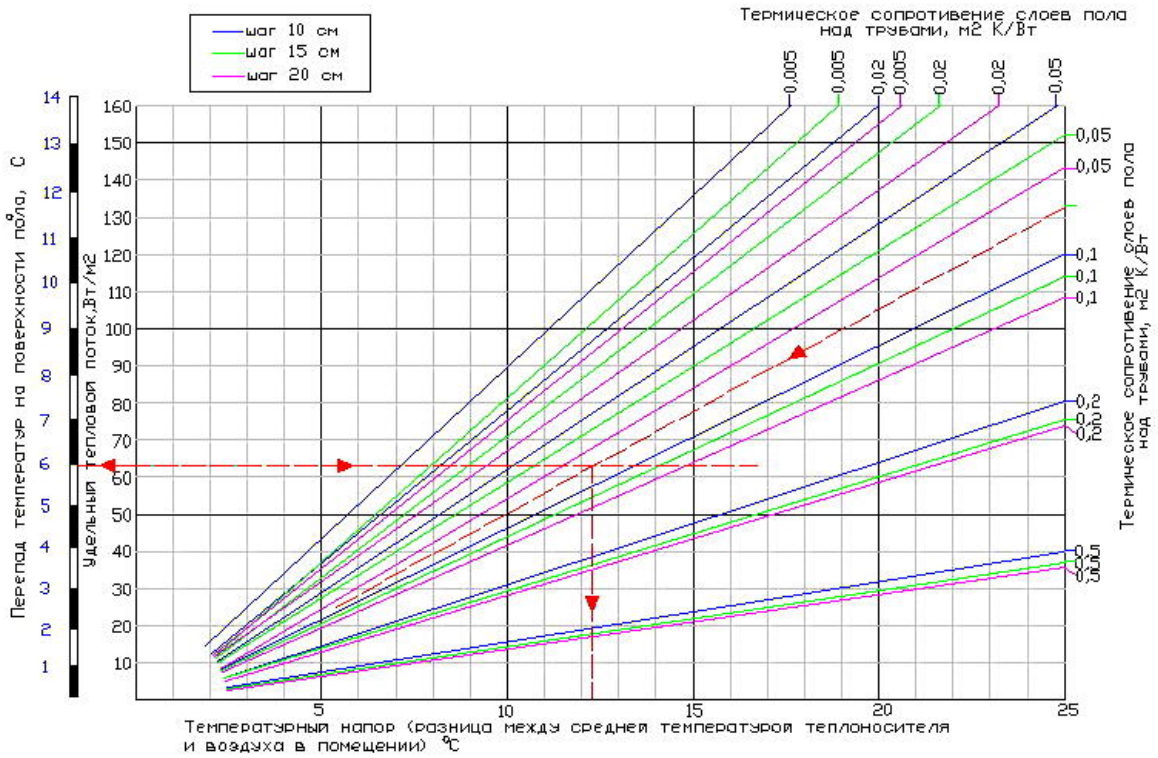
$$q_{к} = \frac{100(q_{тр} - q_{о.мах})}{c} + q_{о.мах} \quad \text{(Вт/м2).} \qquad \textit{(6.5.3. ф.24)}$$

6.5.4. Графический метод расчета

Графический метод, в основном, пригоден для ориентировочной оценки требуемых параметров системы теплого пола. Различными авторами предлагается значительное многообразие графиков и номограмм.

Наиболее совершенным в этом отношении представляется универсальный график, приведенный на *рисунке 6.5.4.р.1*. Он составлен для металлополимерных труб размером труб 16х2,0, уложенных с шагом 10, 15 и 20 см. График охватывает диапазон термических сопротивлений слоев пола над трубами от 0,005 до 0,5 м2 К/Вт.

Рис.6.5.4.р.1 График расчета параметров теплого пола



Пример графического расчета.

***Дано**: удельная теплопотребность помещения составляет 62 Вт/м2.*

***Требуется** определить необходимую среднюю температуру теплоносителя в петлях теплого пола, уложенных с шагом 15см при термическом сопротивлении слоев пола над трубами -0,075 м2 К/Вт. Температура воздуха в помещении 20°С.*

Решение:

1. *По шкале удельных тепловых потоков находим точку 62 Вт/м^2.*
2. *Проводим горизонталь. Пересечение горизонтали со шкалой «Перепад температур на поверхности пола». Получаем значение перепада в 6°С. Сложив эту величину с известной температурой воздуха в помещении (20°С), получим температуру поверхности пола 20+6=26°С.*
3. *На любой из вертикалей, пересекающих график, находим середину отрезка, отсекаемого прямыми со значениями термических сопротивлений 0,05 и 0,1 м^2 К/Вт (для шага 15 см). Из полученной точки проводим линию к условному центру схождения лучей.*
4. *Из точки пересечения ранее проведенной горизонтали и проведенной наклонной прямой опускаем перпендикуляр на шкалу температурного напора. Получаем значение 12,3°С.*
5. *Прибавив температурный напор к температуре воздуха в помещении, получаем требуемую среднюю температуру теплоносителя в петлях теплого пола 20+12,3=32,3 °С.*

Если действовать в обратном порядке, то по известной температуре теплоносителя можно определить расчетный удельный тепловой поток.

Можно использовать для упрощенного расчета графики, построенные для конкретных конструкций пола (см. рисунки *6.5.4.р.2- р.7)*

Рис. 6.5.4. р.2

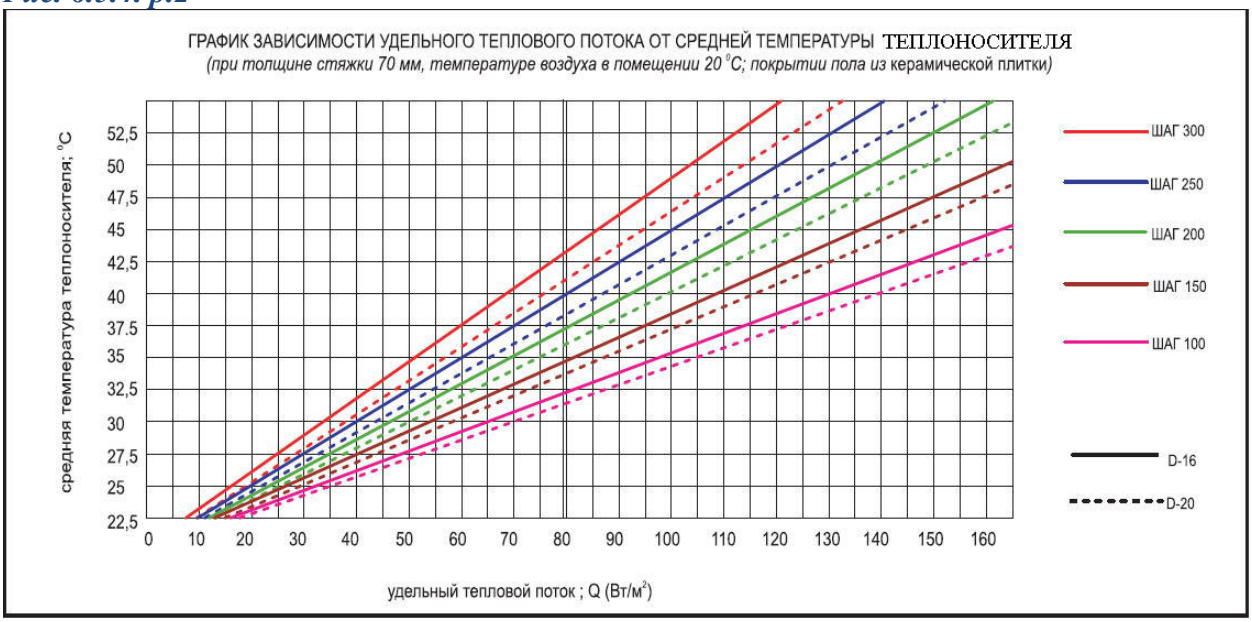


Рис. 6.5.4. р.3

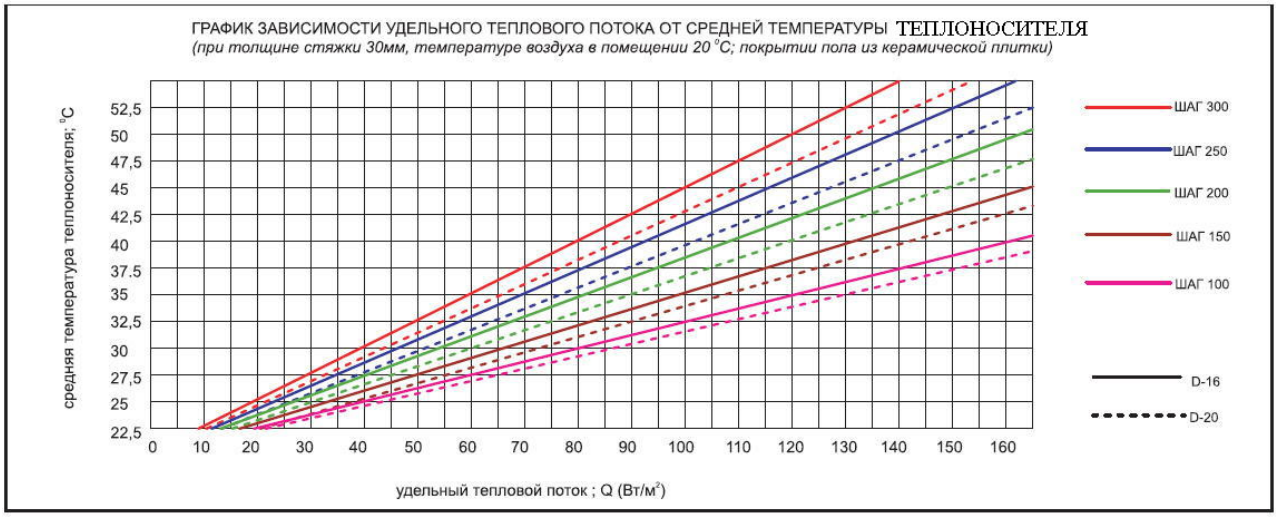


Рис. 6.5.4. р.4

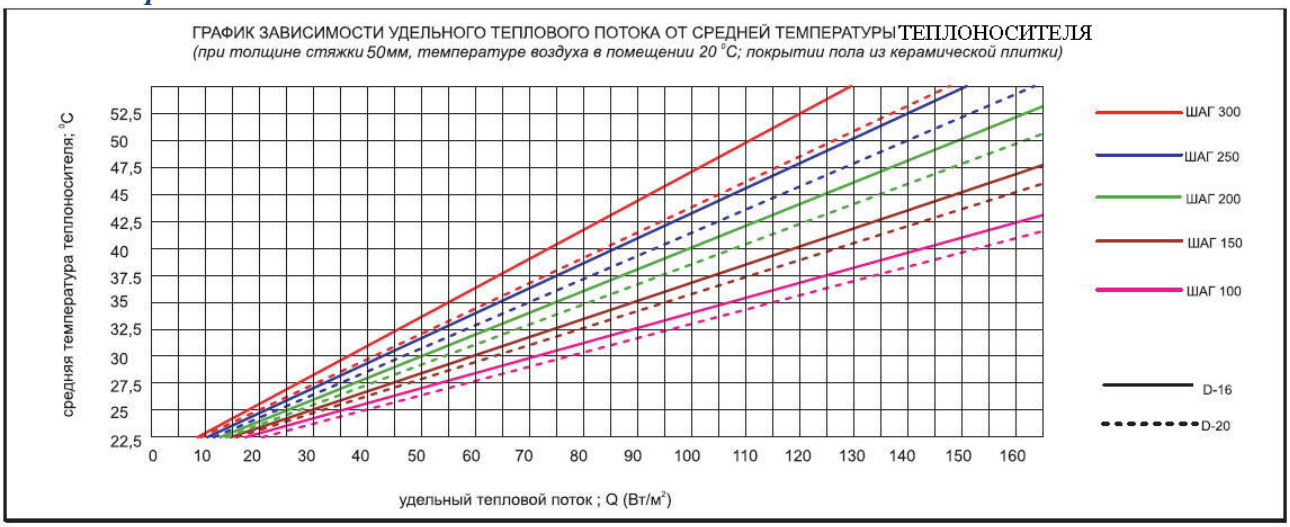


Рис. 6.5.4. р.5

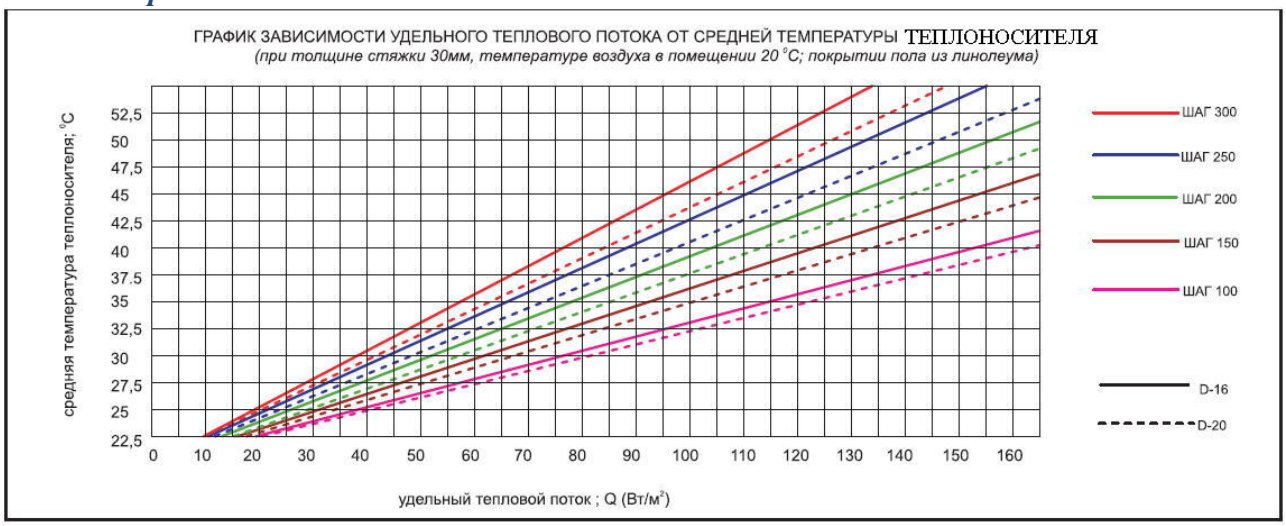


Рис. 6.5.4. р.6

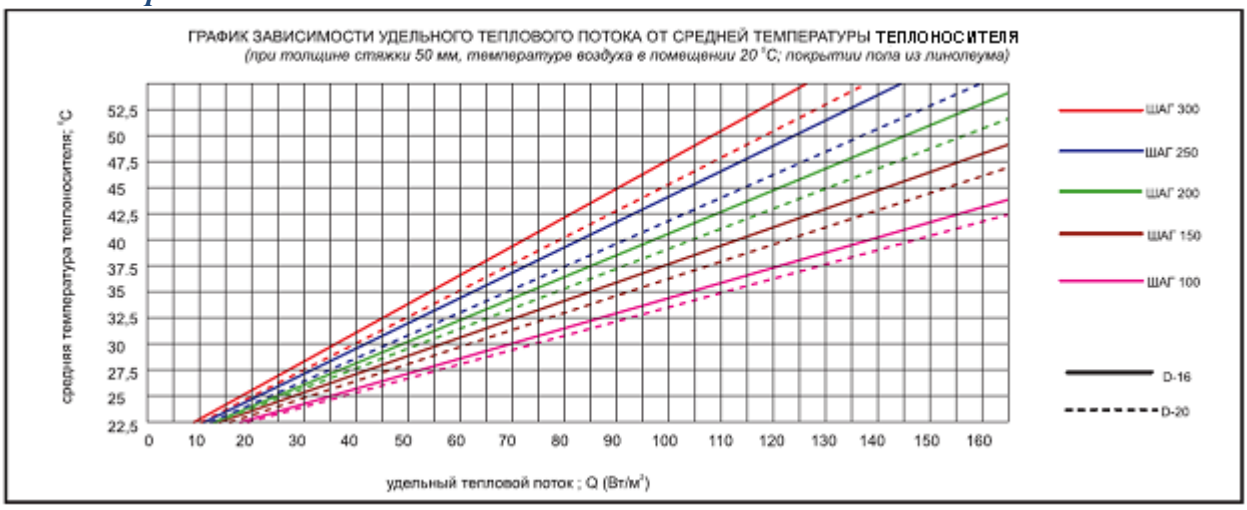
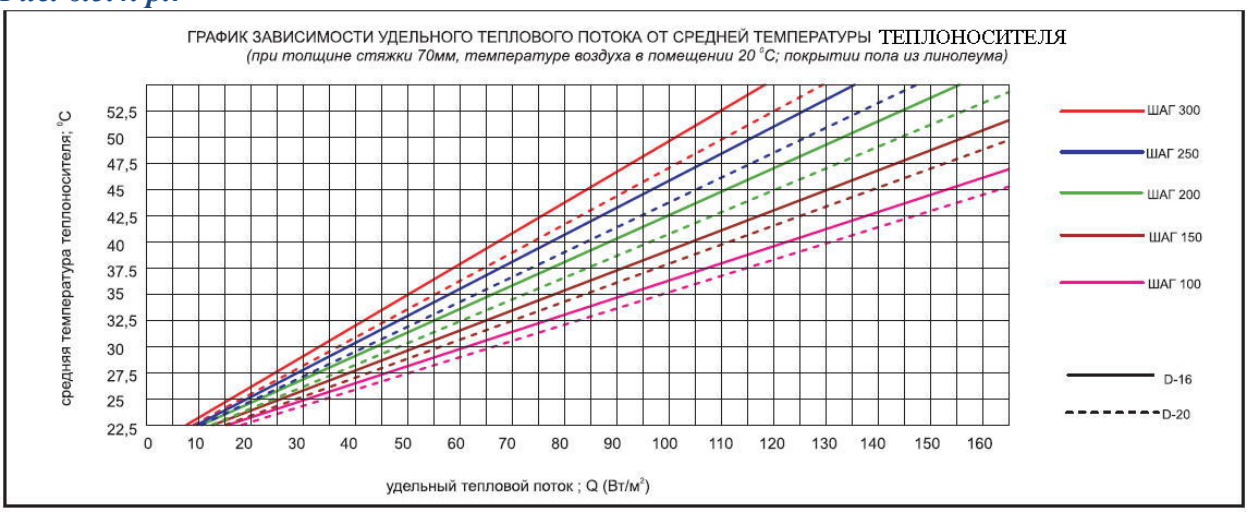


Рис. 6.5.4. р.7



6.5.5. Табличный метод расчета

Табличный метод расчета теплых полов является наиболее практичным с точки зрения проектировщика. По заданным конкретным данным на основании ранее изложенных методик составляются пользовательские расчетные таблицы (см. *таблицы 6.5.5.т.1-т.3*)

Тепловой поток от труб теплого пола (потери тепла в нижнем направлении не превышают 10%).
Покрытие пола – плитка керамическая (λ=1,00 Вт/м °С) толщиной 12 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки - 0,93 Вт/м °С. Толщина стяжки –«в» от верха трубы. ***Таблица 6.5.5.т.1***

Средняя Т теплоносителя	Т воздуха в помещении	Удельный тепловой поток, Вт/м2											
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			шаг труб 25 см		
		в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм
32,5	15	115	107	100	108,1	101	94,7	102	95,6	90	96,6	90,8	85,7
	20	80,6	75	70,2	75,8	70,9	66,6	71,6	67,2	63,3	67,8	63,8	60,3
	25	46,9	43,8	41	44,2	41,4	38,9	41,8	39,3	37,1	39,7	37,4	35,3
35	15	132,5	123,1	115	124,5	116,2	108,9	117,4	110	103,4	111,1	104,4	98,5
	20	97,7	90,9	85,1	91,9	85,9	80,6	86,7	81,3	76,6	82,1	77,3	72,9
	25	63,6	59,3	55,5	59,9	56,1	52,7	56,6	53,1	50,1	53,7	50,5	47,7
37,5	15	150	139,4	130,2	140,9	131,5	123,2	132,8	67,2	63,3	125,7	118,1	111,4
	20	115	107	100	108,1	101	94,7	102	95,6	90	96,6	90,8	85,7
	25	80,6	75	70,2	75,8	70,9	66,6	71,6	67,2	63,3	67,8	63,8	60,3
40	15	167,7	155,7	145,4	157,4	146,8	137,6	148,4	138,9	130,6	140,3	131,8	124,3
	20	132,5	123,1	115	124,5	116,2	108,9	117,4	110	103,4	111,1	104,4	98,5
	25	97,7	90,9	85,1	91,9	85,9	80,6	86,7	81,3	76,6	82,1	77,3	72,9
42,5	15	185,4	172,1	160,7	174	162,3	152	164	153,5	144,3	155,1	145,6	137,3
	20	150	139,4	130,2	140,9	131,5	123,2	132,8	124,4	117	125,7	118,1	111,4
	25	115	107	100	108,1	101	94,7	102	95,6	90	96,6	90,8	85,7
45	15	203,3	188,6	176	190,7	177,8	166,5	179,7	168,1	158	169,9	159,5	150,3
	20	167,7	155,7	145,4	157,4	146,8	137,6	148,4	138,9	130,6	140,3	131,8	124,3
	25	132,5	123,1	115	124,5	116,2	108,9	117,4	110	103,4	111,1	104,4	98,5
47,5	15	221,2	205,2	191,4	207,5	193,4	181,1	195,4	182,8	171,8	184,7	173,4	163,4
	20	185,4	172,1	160,7	174	162,3	151	164	153,5	144,3	155,1	145,6	137,3
	25	150	139,4	130,2	140,9	131,5	123,2	132,8	124,4	117	125,7	118,1	111,4

Покрытие пола –ковролин (λ=0,07 Вт/м °С) толщиной 5 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки -0,93 Вт/м °С. Толщина стяжки –«в» от верха трубы. ***Таблица 6.5.5.т.1***

Средняя Т теплоносителя	Т воздуха в помещении	Удельный тепловой поток, Вт/м2											
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			шаг труб 25 см		
		в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм
32,5	15	81,4	77,3	73,6	77,8	74,1	70,7	74,5	71,1	67,9	71,5	68,3	65,4
	20	57,3	54,5	51,9	54,8	52,2	49,9	52,5	50,1	47,9	50,4	48,2	46,2
	25	33,6	32	30,5	32,2	30,7	29,3	30,9	29,5	28,2	29,7	28,4	27,2
35	15	93,5	88,8	84,6	89,4	85,1	81,2	85,6	81,6	78	82,1	78,5	75,1
	20	69,3	65,9	62,8	66,3	63,1	60,2	63.5	60,6	57,9	60,9	58,2	55,8
	25	45,4	43,2	41,2	43,5	41,4	39,6	41,7	39,8	38	40	38,3	36,7
37,5	15	105,7	100,4	95,6	101	96,1	91,7	96,7	92,2	88,1	92,8	88,6	84,8
	20	81,4	77,3	73,6	77,8	74.1	70,7	74,5	71.1	67,9	71,5	68,3	65,4
	25	57,3	54,5	51,9	54,8	52,2	49,9	52,5	50,1	47,9	50,4	48,2	46,2
40	15	118	112	106,6	112,7	107,2	102,3	107,9	102,9	98,3	103.5	98,8	94,6
	20	93,5	88,8	84,6	89,4	85,1	81,2	85,6	81,6	78	82,1	78,5	75,1
	25	69,3	65,9	62,8	66,3	63,1	60,2	63,5	60,6	57,9	60,9	58,2	55,8
42,5	15	130,3	123,6	117,7	124,4	118,4	112,9	119,1	113,5	108,5	114,3	109,1	104,4
	20	105,7	100,4	95,6	101	96,1	91,7	96,7	92,2	88,1	92,8	88,6	84,8
	25	81,4	77,3	73,6	77,8	74,1	70,7	74,5	71.1	67,9	71,5	68,3	65,4
45	15	142,6	135,3	128,8	136,2	129,5	123,5	130,4	124,2	118,7	125	119,4	114,2
	20	118	112	106,6	112,7	107,2	102,3	107,9	102,9	98,3	103,5	98,8	94,6
	25	93,5	88,8	84,6	89,4	85,1	81,2	85,6	81,6	78	82,1	78,5	75,1
47,5	15	155	147,1	139,9	148	140,8	134,2	141,7	135	128,9	135,8	129,7	124
	20	130,3	123,6	117,7	124,4	118,4	112,9	119,1	113,5	108,5	114,3	109,1	104,4
	25	105,7	100,4	95,6	101	96,1	91,7	96,7	92,2	88,1	92,8	88,6	84,8

Покрытие пола – паркет (λ=0,2 Вт/м °С) толщиной 15 мм по фанере(λ=0,18 Вт/м °С) толщиной 12 мм . Коэффициент теплопроводности стяжки -0,93 Вт/м °С. Толщина стяжки –«в» от верха трубы.

Таблица 6.5.5.т.3

Средняя Т теплоносителя	Т воздуха в помещении	Удельный тепловой поток, Вт/м2											
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			шаг труб 25 см		
		в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм	в=30мм	в=40мм	в=50мм
32,5	15	60,6	58,4	56,3	58,6	56,4	54,5	56,6	54,6	52,8	54,8	53	51.2
	20	42,8	41,3	39,8	41,4	39,9	38,5	40	38,6	37,3	38,8	37,5	36,2
	25	25,3	24,3	23,5	24,4	23,6	22,8	23,6	22,8	22,1	22,9	22,1	21,4
35	15	69,6	67	64,6	67,2	64,8	62,5	65	62,7	60,5	62,9	60,7	58,7
	20	51,7	49,8	48	50	48,2	46,5	48,3	46,6	45	46,8	45,2	43,7
	25	34	32,8	31,6	32,9	31,7	30,6	31,8	30,7	29,7	30,8	29,8	28,8
37,5	15	78,6	75,6	72,9	75,9	73,1	70,5	73,4	70,8	68,3	71	68,6	66,3
	20	60,6	58,4	56,3	58,6	56,4	54,5	56,6	54,6	52,8	54,8	53	51,2
	25	42,8	41,3	39,8	41,4	39,9	38,5	40	38,6	37,3	38,8	37,5	36,2
40	15	87,6	84,3	81,2	84,6	81,5	78,6	81,8	78,9	76,2	79,2	76,4	73,8
	20	69,6	67	64,6	67,2	64,8	62,5	65	62,7	60,5	62,9	60,7	58,7
	25	51,7	49,8	48	50	48,2	46,5	48,3	46,6	45	46,8	45,2	43,7
42,5	15	96,6	93	89,6	93,3	89,9	86,7	90,2	87	84	87,3	84,3	81.4
	20	78,9	75,6	72,9	75,9	73,1	70,5	73,4	70,8	68,3	71	68,6	66,3
	25	60,6	58,4	56,3	58,6	56,4	54,5	56,6	54,6	52,8	54,8	53	51,2
45	15	105,7	101,7	98	102,1	98,3	94,8	98,7	95,1	91,8	95,5	92,1	89
	20	87,6	84,3	81,2	84,6	81,5	78,6	81,8	78,9	76,2	79,2	76,4	73,8
	25	69,6	67	64,6	67,2	64,8	62,5	65	62,7	60,5	62,9	60,7	58,7
47,5	15	114,8	110,4	106,4	110,8	106,7	102,9	107,1	103,3	99,7	103,7	100	96,7
	20	96,6	93	89,6	93,3	89,9	86,7	90,2	87	84	87,3	84,3	81,4
	25	78,6	75,6	72,9	75,9	73,1	70,5	73,4	70,8	68,3	71	68,6	66,3

6.5.6. Пример расчета теплого пола

Исходные данные:

Требуемая температура внутреннего воздуха в помещении .

Для жилых помещений эта величина обычно составляет 20°С.

Площадь помещения.

Определяется по архитектурно-строительным чертежам или по результатам обмеров. Для нашего примера примем помещение размерами 5м х 4м ,площадью S= 20 м2. Учитывая, что вдоль внутренних стен ,где будет располагаться мебель, нужно оставить краевые участки шириной 300мм, рабочая площадь теплого пола составит 20- (5+4+4)х0,3=16,1м2.

Конструкция пола.

Для рассматриваемого примера в расчет принимается толщина цементно-песчаной стяжки 70мм и покрытие пола из керамической плитки толщиной 15мм.

Теплопотери помещения.

Определяются на основании теплотехнического расчета и учитывают:

- *потери тепла через ограждающие конструкции (стены, полы, потолки, оконные и дверные проемы);*
- *затраты тепла на нагрев воздуха, поступающего в помещения через неплотности ограждающих конструкций (инфильтрация);*
- *затраты тепла на нагрев воздуха, поступающего в результате работы вентиляции;*
- *поступления тепла за счет нагрева солнечными лучами (инсоляция);*
- *поступления тепла от работающего оборудования, электроосвещения, оргтехники, бытовых приборов и прочих источников тепла;*
- *тепловыделения от находящихся в помещении людей и животных.*

Использование различных укрупненных показателей, как правило, дает весьма значительную погрешность, так как разброс теплопотерь даже для жилых помещений может составлять от 40 Вт/м2 (для зданий с эффективными ограждающими конструкциями и стеклопакетами) до 250-300Вт/м2 (для коттеджей с кирпичными неутепленными стенами и большим количеством проемов).

В рассматриваемом примере теплопотери помещения принимаются Q=1288 В (удельные теплопотери помещения составляют q=1288/16,1=80Вт/м^2).

Предварительно принятые решения:

Определение диаметра трубы и шага между осями труб.

Зная удельные теплопотери, зададимся диаметром трубы и шагом между осями труб, используя график на рисунке ***6.5.4. р.2***

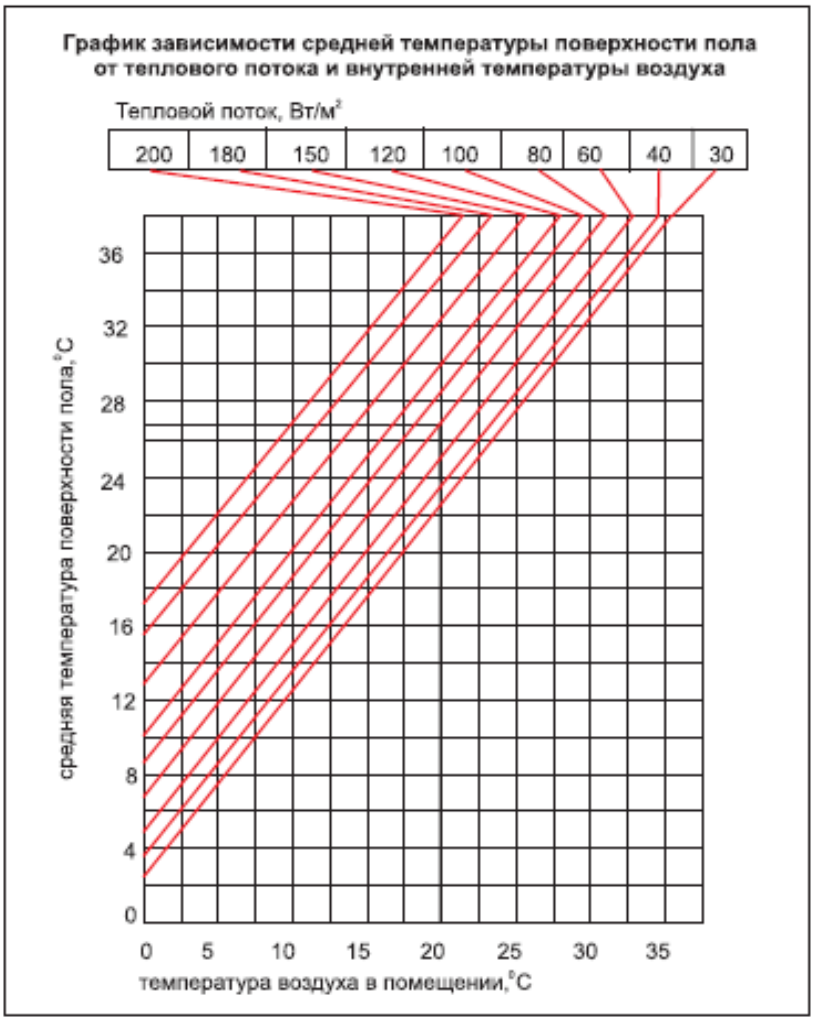
Шаг, см	Диаметр, мм	Средняя температура теплоносителя °С	Количество трубы на 1 м2, м.п.	Количество трубы на 20м2, м.п.
10	20	31,5	10	200
	16	32,5		
15	20	33,5	6,7	134
	16	35		
20	20	36,5	5	100
	16	37,5		
25	20	38,5	4	80
	16	40		
30	20	41,5	3,4	68
	16	43		

Для выбора наиболее оптимального варианта необходимо произвести дополнительные расчеты.

Расчетные данные:

Определение средней температуры поверхности пола.

Среднюю температуру поверхности пола при известном тепловом потоке и температуре воздуха в помещении определяем по графику:



Для рассматриваемого примера средняя температура поверхности пола составит 26,9°С.

Средняя температура пола не превышает допустимых значений , представленных в таблице

Предназначение помещения или его части	Максимальная температура поверхности пола, °С.

Зона повышенного обогрева (50 см от наружных стен)	*35*
Влажные помещения (ванны, санузлы, бассейны)	*33*
При покрытии пола из паркета	*27*

Температура по поверхности пола распределяется неравномерно – над трубой она максимальная , а между труб – минимальная. Примем полученную среднюю температуру 26,9 ºС за максимальную ($T_{пол}$) и рассчитаем, какую среднюю температуру должен иметь теплоноситель ($T_{ср}$).

Определение средней температуры теплоносителя.

На этом этапе расчета можно пренебречь теплопотерями в стенках трубы и на ее внутренней поверхности (тепловосприятие).

Расчет ведем по формуле:

$T_{ср} = T_{пол} + q\,\delta_{пл}/\lambda_{пл} + q\,\delta_{ст}/\lambda_{ст} = 26,9 + 80x0,015/1,5 + 80x0,07/0,93 =$ ***33,72ºС;***

где : q – удельный тепловой поток (80 Вт/м2);

$\delta_{пл}$ *– толщина плитки (0,015м);*

$\lambda_{пл}$ *– коэффициент теплопроводности плитки (1,5 Вт/м ºК);*

$\delta_{ст}$ *– толщина стяжки (0,07м);*

$\lambda_{ст}$ *– коэффициент теплопроводности стяжки (0,93 Вт/м ºК).*

Окончательный выбор шага труб.

Возвращаясь к графику, становится ясно, что из условия непревышения максимально допустимой температуры поверхности пола надо принимать шаг труб 100мм (металлополимерные трубы благодаря своей гибкости и способностью сохранять приданную форму идеально подходят для такого шага).

Определение количества контуров.

Так как расход трубы для шага 100 мм составит порядка 160 м , принимаем решение разбить помещение на две петли, чтобы не превысить экономически целесообразные предельные длины петель, указанные в таблице

Наружный диаметр трубы , мм	*Максимальная длина петли, м*
16	*100*
20	*120*

Определение тепловой нагрузки на одну петлю.

Тепловая нагрузка на каждую петлю составит $Q_1 = Q/2 = 1288/2 = 644$ *Вт.*

Определение перепада температур Δt.

Оптимальный перепад температур для теплых полов составляет Δt= 5ºС. При этом перепаде прогрев пола идет наиболее равномерно. Допускается перепад до 10ºС, но в этом случае босая ступня человека может ощущать неравномерность нагрева пола.

В нашем примере задаемся Δt= 5ºС .

Определение температуры теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе.

Температура теплоносителя в прямом трубопроводе: $T_1 = T_{ср} + \Delta t/2 = 33,72+5/2=36,2$ºС.

Температура в обратном трубопроводе: $T_2 = T_{ср} - \Delta t/2 = 33,42-5/2=31,2$ºС.

Определение расхода теплоносителя в петле.

Расход теплоносителя в петле (G) рассчитывается для подбора окончательного диаметра труб и вычисления гидравлических потерь.

$G = Q_1 / (4187 \times \Delta t) = 644/ (4187 \times 5) = 0,031$ *кг/с.*

Определение скорости движения теплоносителя

Максимальная скорость движения теплоносителя в трубах теплого пола должна лежать в пределах от 0,15 до 0,5 м/с.

Определим скорости воды в трубах диаметрами 16мм и 20мм (внутренние диаметры соответственно $D_{вн}$ *-12мм и 16мм):*

$V_{16} = 1,274 \times G/ (D_{вн}^2 \times \rho) = 1,274 \times 0,031/ (0,012^2 \times 1000) = 0,274$ *м/с;*

$V_{20} = 1,274 \times 0,031/ (0,016^2 \times 1000) = 0,154$ *м/с.*

Обе трубы удовлетворяют допустимым интервалам скоростей. Принимаем трубу с наружным диаметром 16 мм, как более дешевую. На практике, порой выгоднее принимать

Определение длин петель.

Длину петель определяем на основании чертежа раскладки труб.

Определение потерь давления в петлях.

Потери давления в петлях теплого пола определяются для подбора насосного оборудования и расчета предварительной настройки регулировочных вентилей коллектора. Общие потери в петле складываются из линейных (от трения) потерь и потерь давления на преодоление местных сопротивлений (изменение направления, диаметра, характеристик потока).

Линейные потери в петлях находим на основании полученного значения скорости теплоносителя (0,274 м/с) и выбранного диаметра трубы (16мм) по гидравлическим таблицам (приложение 15). Умножив полученные удельные потери (124 Па/м) на длину трубы получим линейные потери давления 124х 96 =11904 Па.

Сумму коэффициентов местных сопротивлений Z определяем как произведение количества отводов («калач» считается за два отвода) на 0,5 (КМС отвода). Для нашего примера Z=52х0,5 = 26. (Потери в присоединительных фитингах условно не учитываются).

Потери на местные сопротивления определяются по формуле:

$\Delta P = \rho \times Z \times V_{16}^2/2 = 1000 \times 26 \times 0{,}274^2/2 = 976$ *Па.*

Суммируя линейные и местные потери получаем полное гидравлическое сопротивление петли: 11904+976=12880 Па.

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ОДНОЙ ПЕТЛЕ, КАК ПРАВИЛО, НЕ ДОЛЖНЫ ПРЕВЫШАТЬ 20 000Па.

При соблюдении данного ограничения для квартирных и коттеджных систем встроенного обогрева потребуются наиболее экономичные типы циркуляционных насосов с напором 4-6 м.

После определения потерь давления по каждой из петель, можно приступать к выбору насоса и составлению таблицы предварительной настройки коллекторных вентилей.

Для точного расчета систем напольного отопления рекомендуется использовать программный расчетный комплекс *VALTEC.PRG.*

6.5.7. Расчет обогрева открытых площадок

Обогрев открытых горизонтальных площадок , как правило, решает две основные задачи:

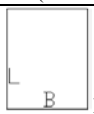
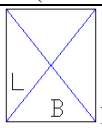
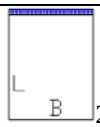
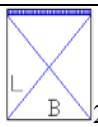
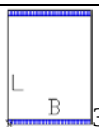
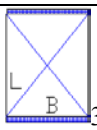
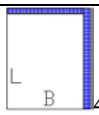
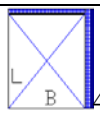
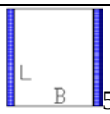
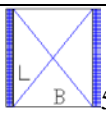
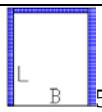
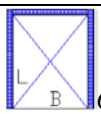
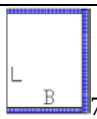
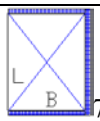
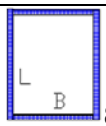
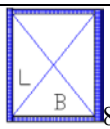
- обеспечение таяния выпавшего снега (без образования наледи) во время снегопада ;
- обеспечение таяния наносного снега (без образования наледи) при расчетной зимней температуре наружного воздуха.

В качестве исходных расчетных параметров для каждого из этих случаев принимаются следующие величины:

- для первого случая :
  - = температура во время снегопада t_c (°С);
  - = интенсивность снегопада, $\delta_{сн}$ (м/ч);
  - = интенсивность метели, $\delta_м$ ($м^3$/ м час);
  - = скорость ветра во время снегопада $v_{сн}$ (м/с);
  - = относительная влажность во время снегопада φ_c (%);
- для второго случая:
  - = расчетная температура наружного воздуха для отопительного периода $t_{рз}$(°С);
  - = слой наносного снега , перенесенного ветром за 1 час $\delta_н$ (м/час);
  - = расчетная скорость ветра для зимнего периода $v_{зп}$ (м/с);
  - = относительная влажность при расчетной температуре наружного воздуха $\varphi_{зп}$ (%);

Для обоих случаев в качестве исходных данных задаются размеры площадки (длина –*L*(м); ширина –*B* (м); высота до перекрытия или навеса –*h* (м)) , а также высота (*H*) и схема расположения ограждений, определяющая поправочные коэффициенты для расчета количества попадающего на площадку снега. *(см. таблицу 6.5.7.т.1.)*

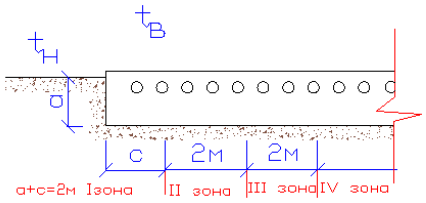
Коэффициенты К $_{огр.}$(при высоте ограждения менее 0,3м –оно в расчет не принимается)
Таблица 6.5.7.т.1.

Описание схемы	№ (без навеса)	$К_м$	К $_{огр}$	№ (с навесом)	$К_м$	К $_{огр}$
Без ограждений	 1	0,12	1	 1a	0,1	0,25
Одно короткое ограждение	 2	0,1	0,25/Н	 2a	0,08	0,06/Н
Два коротких ограждения	 3	0,08	0,23/Н	 3a	0,065	0,057/Н
L-образное ограждение	 4	0,07	0,2/Н	 4a	0,057	0,05/Н
Два длинных ограждения	 5	0,09	0,21/Н	 5a	0,073	0,053/Н
П-образное длинное ограждение	 5	0,04	0,15/Н	 6a	0,035	0,038/Н
П-образное короткое ограждение	 7	0,05	0,18/Н	 7a	0,04	0,045/Н
Сплошное ограждение	 8	0,023	0,12/Н	 8a	0,019	0

Исходные данные о конструкции обогреваемой площадки должны включать в себя:

- данные о конструктивных слоях «пирога» площадки над трубами и под ними (толщины слоев δ_i,м и коэффициенты теплопроводности слоев λ_i , Вт/ м К).
- наружный ($D_н$,*мм)* и внутренний *($D_{вн}$)* диаметры греющих труб, а также коэффициент теплопроводности материала стенки трубы ($\lambda_{ст}$, Вт/ м К);
- первоначально принятый шаг труб (b, м);
- тип принятого теплоносителя (плотность $\rho_{тн}$, кг/м^3; удельная теплоемкость $c_{тн}$, Дж/кг К; кинематическую вязкость $\nu_{тн}$, м^2/с),
- расчетную схему перекрытия (см.таблицу *6.5.7.т.2*)

Расчетные схемы перекрытия
Таблица 6.5.7.т.2

Расположение	*Эскиз*	*Сферы применения*
По грунту		Площадки, пандусы, дороги, поверхности подпочвенного подгрева, спортивные площадки
По перекрытию или покрытию		Эстакады, крыльца, лестницы, ступени,кровли, балконы, лоджии, террасы, козырьки

Расчетный слой снега для первого случая (снегопад) определяется по формуле

$$\delta_c = K_{огр} K_{разм} \delta_{сн} + \frac{K_м \delta_м}{B} \quad (м/ч), \qquad (6.5.7.\ ф.1)$$

где

$K_{разм}$ – коэффициент ширины площадки. Для площадок шириной менее 6,0м –$K_{разм}=1$; для более широких площадок: $K_{разм}=6/B$(*но не менее 0,20).*

Расчетный слой снега для второго случая (снегоперенос) считается по формуле:

$$\delta_н = \frac{K_м \delta_м}{B} (м/ч) \qquad (6.5.7.\ ф.2)$$

*.Расчет требуемого удельного теплового потока с поверхности площадки**

(для второго расчетного случая вместо δ_c в формулах используется $\delta_н$)*

Суммарный удельный тепловой поток , проходящий через поверхность обогреваемой площадки должен обеспечить:

- нагрев расчетного количества снега от температуры воздуха до температуры плавления $q_{нс}$ (Вт/м^2);
- плавление расчетного количества снега $q_{пл}$ (Вт/м^2);
- нагрев образовавшейся воды до температуры, обусловленной проходящим через нее тепловым потоком $q_{нв}$ (Вт/м^2);
-компенсацию неизбежных теплопотерь на испарение воды с поверхности площадки $q_{исп}$ (Вт/м^2);
-компенсацию конвективных теплопотерь с поверхности площадки $q_{конв}$ (Вт/м^2);
-компенсацию невосполнимых* теплопотерь на излучение с поверхности площадки $q_{рад}$ (Вт/м^2);

** Часть отданной тепловой энергии (излучение) тратится на нагрев падающего на площадку снега, т.е. является «возвращаемой». Доля «невосполнимых» теплопотерь может быть определена с помощью коэффициента $m=0,7-v_{верт}/2(v_{гор}+v_{верт})$.*

Здесь $v_{верт}$ – вертикальная составляющая векторной скорости снега (можно принимать 0,25 м/с). $v_{гор}$ –горизонтальная составляющая векторной скорости снега (можно принимать равной расчетной скорости ветра $v_{гор}=v_р$).

Таким образом

$$q_в = q_{нс} + q_{пл} + q_{нв} + q_{исп} + q_{конв} + mq_{рад} \qquad (6.5.7.\ ф.3)$$

Удельный тепловой поток , требующийся для нагрева выпавшего за 1 час снега от расчетной температуры наружного воздуха до температуры таяния льда:

$$q_{нс} = \delta_c \rho_c c_c^p \left(0 - t_p\right) / 3600 \quad (Вт/м^2), \qquad (6.5.7.\ ф.4)$$

где

δ_c – расчетная толщина снега, попавшего на площадку (м/час);

ρ_c – плотность свежевыпавшего снега, 50 кг/м^3;

c_c^p – удельная теплоемкость снега при расчетной температуре, вычисляемая по формуле В.П. Вейнберга ;

$$c_c^p = c_0(1 + 0{,}0037 t_p) \quad Дж/кг\ ^\circ C \qquad (6.5.7.\ ф.5)$$

c_0 –удельная теплоемкость снега при 0 ˚С равная 2120 Дж/кг К;

t_p –расчетная температура воздуха,˚С.

Удельный тепловой поток, требуемый для плавления (таяния) снега:

$$q_{пл} = \delta_c \rho_c r_c^{плав.} / 3600 \ (Вт/м^2), \qquad (6.5.7.\ ф.6)$$

где:

$r_c^{плав.}$ - удельная теплота плавления льда, 330 000 Дж/кг.

Температура поверхности площадки, обеспечивающая нагрев и плавление снега определяется из выражения:

$$t_{п.пл.} = \left(q_{нс} + q_{пл}\right)\left(\frac{\delta_в}{\lambda_в}\right) \quad (^\circ C), \qquad (6.5.7.\ ф.7)$$

где:

$\delta_в = \dfrac{\delta_c \rho_c}{\rho_в}$ (м) -толщина слоя воды;

$\lambda_в$=0,6 Вт/(м · °С) – коэффициент теплопроводности воды (справочно: λ_c=0,0293 Вт /м К - коэффициент теплопроводности свежевыпавшего снега).

Удельный тепловой поток, требуемый для нагрева талой воды :

$$q_{нв} = \delta_c \frac{\rho_c}{2 \cdot 3600} c_в t_{п.пл.} \quad (Вт/м2), \qquad (6.5.7.\ ф.8)$$

где:

$c_в$ – удельная теплоемкость воды, 4187 Дж/кг ˚С.

Удельный тепловой поток , компенсирующий испарение с поверхности площадки:

$$q_{исп} = i \rho_в r_в^{исп} / 3600 \, (Вт/м^2), \qquad (6.5.7.\ ф.9)$$

где:

i – интенсивность испарения с поверхности площадки , вычисляемая по формуле:

$$i = D(E_0 - e_p)(1 + 0{,}4 v_p) \quad (м/м^2\ ч) \qquad (6.5.7.\ ф.10)$$

D – удельная всасывающая сила атмосферы (коэффициент атмосферной диффузии) D=5,8·10^{-5} м/кПа ч;

E_0 – упругость насыщенного водяного пара при температуре 0 °С (E_0=0,61 кПа);

e_p – упругость водяного пара при расчетной температуре и влажности воздуха :

$$e_p = \frac{\varphi_p E_p}{100} \quad (кПа) \qquad (6.5.7.\ ф.11)$$

φ_p - расчетная относительная влажность воздуха (%);

E_p – упругость насыщенного водяного пара при расчетной температуре воздуха. Может определяться по формуле:

$$E_p = 0{,}6112 \exp\left[\frac{17{,}504 t_p}{241{,}2 + t_p}\right] \quad (кПа); \qquad (6.5.7.\ ф.12)$$

$r_в^{исп}$ - удельная теплота испарения воды (2500000 Дж/кг).

В случае, когда интенсивность испарения превышает расчетный слой воды на площадке, в формуле $q_{исп}$ вместо i подставляется $\delta_в$.

Из условий незамерзания талой воды и предотвращения образования наледи должно выполняться условие:

$$t_{п.нз.} \geq (q_{нв} + q_{исп})\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_в}{\lambda_в}\right) \quad (˚С), \qquad (6.5.7.\ ф.13)$$

где

$\alpha_в$=24,5 (Вт/м^2 ˚С) –коэффициент теплопередачи на границе поверхности площадки и водяного слоя;.

Расчетная температура площадки $t_{п.р.}$ принимается большей из температур , рассчитанных из условия плавления снега ($t_{п.пл.}$) и незамерзания воды ($t_{п.нз.}$).

Удельный тепловой поток , компенсирующий затраты тепла на конвективный теплообмен:

$$q_{конв} = \left[2{,}26(0 - t_p)^{1/3} + 2{,}6 v_p\right](0 - t_p) \quad (Вт/м2) \qquad (6.5.7.\ ф.14)$$

Удельный тепловой поток , компенсирующий затраты тепла на лучистый теплообмен:

$$q_{рад} = \varepsilon C_0 \left[\left(\frac{273 + t_{п.р.}}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + t_p}{100}\right)^4\right] \quad (Вт/м2), \qquad (6.5.7.\ ф.15)$$

где:

ε - степень черноты излучающей поверхности (для снега 0,92);

Расчет требуемой температуры теплоносителя.

Термическое сопротивление слоев площадки над трубами:

$$R_в = \Sigma \frac{\delta_{iв}}{\lambda_{iв}} \text{ (м2 К/Вт)} \qquad (6.5.7.\ ф.16)$$

Приведенное условное сопротивление теплопередаче слоев площадки над трубами:

$$R_в^п = \frac{1}{\alpha_{в.у.}} + \Sigma \frac{\delta_{iв}}{\lambda_{iв}} \quad , \qquad (6.5.7.\ ф.17)$$

где

$\alpha_{в.у.}$ - условный коэффициент теплоотдачи поверхности площадки:

$$\alpha_{в.у.} = \frac{q_в}{t_{п.р.} - t_р} \text{ (Вт /м}^2\text{ К)} \qquad (6.5.7.\ ф.18)$$

Приведенное термическое сопротивление слоев пола под трубами:

$$R_н = R_{iz} + \Sigma \frac{\delta_{i.н}}{\lambda_{i,н}} \quad \text{(м2 К/Вт)} \quad , \qquad (6.5.7.\ ф.19)$$

где :

R_{iz} - усредненное термическое сопротивление для каждой из зон при площадке по грунту:

2,1 – для I зоны;
4,3 –для II зоны;
8,6 – для III зоны,
14,2 – для IV зоны.

При площадках по грунту в расчет принимаются только слои, имеющие коэффициент теплопроводности менее λ_i=1,2 Вт/(м К).

Для площадок по перекрытиям, покрытиям и ступеням в расчете учитываются все имеющиеся слои конструкции, а R_{iz} принимается равным:

- 1/23 – в случае ,когда низ площадки находится на улице и может обдуваться ветром;
- 1/16 – когда низ площадки находится на улице и не может обдуваться ветром;
- 1/8,7 – когда низ площадки находится в помещении.

Приведенное термическое сопротивление стенок трубы :

$$R_{тр} = \frac{1}{\pi \alpha_{вн} D_{вн}} + \frac{LN \frac{D_н}{D_{вн}}}{2\pi \lambda_{ст}} \text{ (м2 К/Вт)} \quad , \qquad (6.5.7.\ ф.20)$$

где:

$\alpha_{вн}$ – коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности трубы (можно принять 400 Вт /м^2 К)

Из двух уравнений температуры поверхности трубы:

$$t_{тр} = t_р + q_в R_в^п \quad (^\circ\text{C}) \qquad (6.5.7.\ ф.21)$$

$$t_{тр} = t_{р.н.} + q_н R_н^п \quad (^\circ\text{C}), \qquad (6.5.7.\ ф.22)$$

где

$t_{р.н.}$- расчетная температура под площадкой (при полах по грунту $t_{р.н.}=t_р$),

можно получить выражение для теплового потока, направленного вниз:

$$q_н = \frac{t_р - t_{р.н} + q_в R_в^п}{R_н^п} \text{,Вт/м2} \qquad (6.5.7.\ ф.23)$$

Коэффициент полезного действия системы, учитывающий потери тепла по направлению «вниз»:

$$\eta = \frac{q_в}{q_в + q_н} = \frac{q_в}{q_в + \frac{t_р - t_{р.н} + q_в R_в^п}{R_н^п}} . \qquad (6.5.7.\ ф.24)$$

$$t_{тн} = t_{п.р} + q_в R_в + \frac{q_в b R_{тр}}{\eta}$$ *(6.5.7. ф.25)*

Примечание: в знаменателе третьего слагаемого фактически присутствует безразмерная величина :

$n = \frac{1}{b}$ *- количество труб на погонный метр поперечного сечения площадки.*

Уточнив среднюю температуру теплоносителя до приемлемой (округленной) величины, уточняется тепловой поток по направлению «вверх»:

$$q_в = \frac{t_{тн} - t_{п.р}}{R_в + \frac{b R_{тр}}{\eta}} \text{ Вт/м}^2$$ *(6.5.7. ф.26)*

и полный погонный тепловой поток по формуле:

$$q_{пог} = \frac{q_в b}{\eta} \text{ Вт/м}$$ *(6.5.7. ф.27)*

Изложенная методика расчета реализована в программе VALTEC.PRG.

6.6. Определение теплопотерь помещений

Для расчета систем отопления необходимо определить теплопотребность для каждого помещения, которая складывается из следующих факторов:

- теплопотери через ограждающие конструкции;
- потери тепла на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха. Инфильтрация происходит в основном, через окна и балконные двери, и, в незначительной мере, через стыки панели и неплотности конструкций;
- потери тепла на нагревание поступающего при естественной вентиляции холодного воздуха. Обычно, потери на инфильтрацию и естественную вентиляцию, учитываются в размере нормативного воздухообмена для жилых помещений и кухонь.

Зная, что нормативный воздухообмен для жилых помещений составляет N= 3 м3 на 1 м2 помещения в час, данный вид потерь можно рассчитать по формуле:

$$Q_{инф} = 0{,}00028 N \rho c (t_в - t_н) S, \quad (Вт) \qquad (6.6.ф.1)$$

где

ρ - плотность воздуха, 1,29 кг/м3;

c – теплоемкость воздуха, 1000 Дж/кг;

tв- температура воздуха в помещении;

tн – расчетная температура наружного воздуха;

S – площадь помещения;

В среднем, затраты тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха для жилых помещений составляют 50 Вт/м2. При этом надо иметь в виду, что они учитываются только при вентиляции с естественным побуждением. При наличии механических вентиляционных систем, теплота, расходуемая на нагрев приточного воздуха, включается в расчет вентиляционного калорифера;

- теплопоступления от людей, оборудования и техники. В практике, для жилых зданий, эти теплопоступления не учитывается, так как они носят временный характер и компенсируются термостатическими устройствами нагревательных приборов.

Теплопотери через ограждающие конструкции рассчитываются по формуле:

$$Q = A(t_в - t_н)(1 + \sum \beta) nK \quad (Вт), \qquad (6.6.ф.2)$$

Где:

A – площадь ограждающей конструкции, м2;

β – коэффициенты добавочных теплопотерь, определяемые по *таблице 6.6.т.1.*

Коэффициенты добавочных теплопотерь β ***Таблица 6.6.т.1***

№	*Ограждающие конструкции*	*Коэффициент* β
1	Вертикальные и наклонные окна, стены, двери , обращенные на С;В;СВ;СЗ	0,1
2	Вертикальные и наклонные окна, стены, двери , обращенные на ЮВ,ЮЗ	0,05
3	В угловых помещениях дополнительно на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на С;В;СВ;СЗ	0,05
4	В угловых помещениях в других случаях	0,1
5	Тройные двери с двумя тамбурами при отсутствии завесы	0,2Н (Н-высота здания до карниза)
6	Двойные двери с тамбуром при отсутствии завесы	0,27Н
7	Двойные двери без тамбура при отсутствии завесы	0,34Н
8	Одинарные двери при отсутствии завесы	0,22Н
9	Ворота при отсутствии завесы и тамбура	3
10	Ворота при отсутствии завесы , с тамбуром	1

n - коэффициент положения ограждающей конструкции, определяемый по *таблице 6.6.т.2.*

Коэффициент положения ограждающих конструкций* n** ***Таблица 6.6.т.2

№	Ограждающая конструкция	Коэффициент n
1	Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	1
2	Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	0,9
3	Перекрытия над не отапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4	Перекрытия над не отапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5	Перекрытия над не отапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

К – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, определяемый по формуле:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_н} + \sum R + \frac{1}{\alpha_в}\right)^{-1}$$,(Вт/м2 К), *(6.6.ф.3)*

где

$\alpha_н, \alpha_в$ -коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности и тепловосприятия внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемые по *таблице 6.6.т.3*.

Коэффициенты $\alpha_н, \alpha_в$ ***Таблица 6.6.т.3***

№	Конструкция	$\alpha_в$ Вт/(м² · °С)	$\alpha_н$ Вт/(м² · °С)
1	Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23	
2	Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17	
3	Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12	
4	Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6	
5	Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты **h** ребер к расстоянию α между гранями соседних ребер $\frac{h}{\alpha} \le 0,3$		8,7
6	Потолков с выступающими ребрами при отношении $\frac{h}{\alpha} > 0,3$		7,6
7	Зенитных фонарей		9,9

R – термическое сопротивление конструкции;

R=δ/λ, (м2 К/Вт), *(6.6.ф.4)*

где:

λ- коэффициент теплопроводности, Вт/м К, принимаемый *по таблице 6.6.т.4*.

Коэффициенты теплопроводности материалов ***Таблица 6.6.т4***

№	Наименование материала, конструкции	Коэффициент теплопроводности, λ Вт / м К
1	Алюминий	221
2	Асбесто-цементные листы	0,52
3	Асфальтобетон	1,05
4	Бетон	1,86
5	Газо- и пенобетон 1000кг/м3	0,47
6	Газо- и пенобетон 800кг/м3	0,37
7	Газо- и пенобетон 600кг/м3	0,26
8	Газо- и пенобетон 400кг/м3	0,15
9	Гипсовые блоки	0,47
10	Гипсокартонные листы (гипрок)	0,21
11	Гранит	3,49
12	ДВП	0,16
13	ДСП	0,29
14	Дуб (поперек волокон)	0,41
15	Железобетон	2,04
16	Известняк	1,05
17	Керамзитобетон 1200кг/м3	0,52
18	Керамзитовый гравий	0,23
19	Кирпич глиняный сплошной	0,81
20	Кирпич глиняный пустотный	0,64
21	Кирпич силикатный	0,87
22	Ковролин	0,07
23	Линолеум многослойный	0,38
24	Линолеум на тканевой основе	0,23
25	Медь	407
26	Минвата	0,06
27	Мрамор	2,91
28	Паркет	0,2
29	Пенополистирол	0,052
30	Пенополиуретан	0,041
31	Песок	0,58
32	Плитка керамическая	1,0
33	Плитка ПВХ	0,23
34	Раствор цементно-известковый	0,87
35	Раствор цементно-песчаный	0,93
36	Рубероид	0,17
37	Сосна (поперек волокон)	0,18
38	Сосна (вдоль волокон)	0,35
39	Сталь	58
40	Стекло	0,76
41	Фанера	0,18
42	Чугун	50

Для оконных и балконных заполнений, значения приведенного термического сопротивления принимаются по *таблице 6.6.т.5*.

Приведенное сопротивление теплопередаче оконных заполнений Таблица 6.6.т5

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче R_o, м²·°С/Вт	
	в деревянных или ПВХ переплетах	в алюминиевых переплетах
1. Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4	-
2. Двойное остекление в раздельных переплетах	0,44	0,34*
3. Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм:		
194x194x98	0,31 (без переплета)	
244x244x98	0,33 (без переплета)	
4. Профильное стекло коробчатого сечения	0,31 (без переплета)	
5. Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,36	-
6. Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,52	-
7. Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,55	0,46
8. Однокамерный стеклопакет из стекла:		
обычного	0,38	0,34
с твердым селективным покрытием	0,51	0,43
с мягким селективным покрытием	0,56	0,47
9. Двухкамерный стеклопакет из стекла:		
обычного (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,51	0,43
обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,45
с твердым селективным покрытием	0,58	0,48
с мягким селективным покрытием	0,68	0,52
с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,53
10. Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла:		
обычного	0,56	-
с твердым селективным покрытием	0,65	-
с мягким селективным покрытием	0,72	-
с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	-
11. Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла:		
обычного	0,68	-
с твердым селективным покрытием	0,74	-
с мягким селективным покрытием	0,81	-
с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,82	-
12. Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	-
13. Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74	-
14. Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах	0,80	-

* в стальных переплетах.

Для ориентировочных расчетов, теплопотери через ограждающие конструкции можно определять по *таблице 6.6.т.6*.

Усредненные удельные теплопотери через ограждающие конструкции

Таблица 6.6.т.6

Конструкция наружных стен	Коэф. Теплопередачи, Вт/м2 К	Удельные теплопотери через ограждающие конструкции, Вт/м2 площади пола			
		Рядовое помещение	Добавлять для первого этажа	Добавлять для верхнего этажа	Добавлять для углового помещения
1. КИРПИЧНЫЕ СТЕНЫ					
Стена 1,5 кирпича , оштукатуренная с двух сторон	1,39	86	29	18	63
Стена 2 кирпича, оштукатуренная с двух сторон	1,136	78	29	18	41
Стена 2,5 кирпича, оштукатуренная с двух сторон	0,961	72	29	18	35
Кладка 1,5 кирпича под расшивку с утеплением изнутри минватой 50мм и гипроком	0,695	64	29	18	25
Кладка 2 кирпича под расшивку с утеплением изнутри минватой 50мм и гипроком	0,596	61	29	18	21
Кладка 2,5 кирпича под расшивку с утеплением изнутри минватой 50мм и гипроком	0,544	59	29	18	20
2. СТЕНЫ ИЗ БРУСА					
Брус 150мм , обшитый с двух сторон вагонкой	0,863	69	29	18	31
Брус 200мм, обшитый с двух сторон вагонкой	0,696	63	29	18	26
Брус 150мм , снаружи –вагонка,	0,502	57	29	18	19

50мм с вагонкой					
Брус 200 мм, снаружи – вагонка, изнутри –минвата 50мм с вагонкой	0,441	55	29	18	16
Брус 150мм, снаружи –вагонка, изнутри – минвата 50мм с гипроком	0,509	58	29	18	18
Брус 200мм, снаружи –вагонка, изнутри – минвата 50мм с гипроком	0,446	56	29	18	16
3. ГАЗОБЕТОН					
Толщина 200мм, штукатурка с двух сторон	0,905	70	29	18	33
Толщина 250мм, штукатурка с двух сторон	0,771	66	29	18	28
Толщина 300мм, штукатурка с двух сторон	0,671	63	29	18	24
Толщина 400мм, штукатурка с двух сторон	0,534	58	29	18	20
4. КЕРАМЗИТОБЕТОН					
Панель 300мм	1,10	77	29	18	40
Панель 350мм	0,991	73	29	18	36
Панель 400 мм	0,905	70	29	18	33

Данные в таблице приведены для Тв=20ºС, Тн= - 26ºС. Для других температур табличные данные умножать на коэффициент К1= (Тв-Тн)/46.

Для автоматизированного расчета теплопотерь можно использовать программный расчетный комплекс *VALTEC .PRG*, который позволяет выводить результаты расчета с пояснениями на стандартном бланке проекта.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Таблица химической стойкости труб VALTEC PEX-AL-PEX

Наименование вещества	*Концентрация раствора*	*Химическая формула*	*Температура*	
			20°С	*60°С*
Адипиновая кислота	Н	$HOOC\text{-}(CH_2)_4\text{-}COOH$	○	○
Азотная кислота	25%	HNO_3	○	○
Азотная кислота	50%	HNO_3	-	-
Акролеин		C_3H_4O		
Алифатические углеводороды			○	○
Аллиловый спирт	96%	$H_2C=CH\text{-}CH_2\text{-}OH$	○	-
Амилацетат	100%	$CH_3COO(CH_2)_5$	○	-
Аминобензол	100%	$C_6H_5NH_2$	○	○
Аммиак	Г 100%	NH_3	○	○
Аммиак	100%	NH_3	○	○
Ананасовый сок			○	○
Анилин	100%	$C_6H_5NH_2$	○	○
Арсиновая кислота	Н	H_3AsO_4	○	○
Ацетат свинца	Н	$Pb(CH_3COO)_2\cdot 3H_2O$	○	-
Ацетальдегид		C_2H_4O	○	-
Ацетат серебра	Н	$AgCH_3COO$	○	○
Ацетон	100%	C_3H_6O	-	-
Ацетонитрил		C_2H_3N		
Бензальдегид	100%	C_6H_5CHO	○	-
Бензойная кислота	Н	C_6H_5COOH	○	○
Бензол	100%	C_6H_6	-	-
Бензин			○	-
Бензоат натрия	Н	C_6H_5COONa	○	○
Бертолетова соль	Н	$KClO_3$.	○	○
Бикарбонат калия	Н	$KHCO_3$	○	○
Бикарбонат натрия	Н	$NaHCO_3$	○	○
Бисульфат калия	Н	$KHSO_4$	○	○
Бисульфит натрия	Р	$NaHSO_3$	○	○
Бихромат калия	Н	$K_2Cr_2O_7$	○	○
Борная кислота	Н	H_3BO_3	-	-
Бром -газ	100%	Br_2	-	-
Бром -жидкость	100%	Br	-	-
Бромат калия	Н	$KBrO_3$	○	○
Бромид калия	Н	KBr	○	○
Бромид натрия	Н	NaBr	○	○
Бромистоводородная кислота	100%	HBr	○	○
Бромистый этил	100%	C_2H_5Br	○	-
Бура	Н	$Na_2B_4O_7\cdot 10H2O$	○	○
Бутадиен-1,3		C_4H_6		
Бутан -газ	100%	C_4H_{10}	○	○
Бутанол	100%	$CH_3(CH_2)_3OH$	○	○

Бутиловый спирт	100%	$CH_3(CH_2)_3OH$	○	○
Бутилен	100%	$C_2H_5CH=CH_2$	-	-
Вино			○	○
Вода	100%	H_2O	○	○
Водород	100%	H_2	○	○
Гептан	100%	C_7H_{17}	○	-
Гидроокись калия	Н	KOH	○	○
Гидроокись натрия	40%	NaOH	○	○
Гидроокись натрия	Н	NaOH	○	-
Гидроксиуксусная кислота	Н	$HOCH_2COOH$	○	○
Гидрохинон	Н	$C_2H_4(OH)_2$	○	○
Гипохлорит натрия	15%	NaClO	○	-
Глауберова соль	Н	Na_2SO_4	○	○
Гликолевая кислота	Н	$HOCH_2COOH$	○	○
Глицерин	100%	$HOCH_2CH(OH)CH_2OH$	○	○
Глюкоза	Н	$C_6H_{12}O_6$	○	○
Двуокись углерода	100%	CO_2	○	○
Декагидронафталин	100%	$C_{10}H_{18}$	-	-
Декалин	100%	$C_{10}H_{18}$	-	-
Декстрин	Р	$(C_6H_{10}O_5)n$	○	○
Диизобутилкетон		$C_9H_{18}O$		
Диизопропиловый эфир		$C_6H_{14}O$		
Диметиламин		C_2H_7N		
Диметилсульфат		$C_2H_6O_4S$		
Диметилформамид		C_3H_7NO		
Диоксан	100%	$C_4H_8O_2$	○	○
Дисульфид углерода	100%	CS_2	-	-
Дихлорметан	100%	CH_2Cl_2	-	-
Дихлорэтан		C_2H_4Cl		
Дихлорэтилен	100%		-	-
Диэтилкетон		$C_5H_{10}O$		
Диэтиловый эфир		$C_4H_{10}O$		
Дрожжи	ПР		○	-
Едкое кали	Н	KOH	○	○
Железистосинеродный калий	Н	$K_3[Fe(CH)_6]$	○	○
Железосинеродистый калий	Н	$K_4[Fe(CH)_6]$	○	○
Желтая кровяная соль	Н	$K_4[Fe(CH)_6]$	○	○
Изоамилацетат		$C_7H_{14}O_2$		
Изопропиловый спирт		C_3H_8O		
Каломель	Н	Hg_2Cl_2	○	○
Камфора		$C\text{-}(CH_3)_3O$	-	-
Карбонат бария	Н	$BaCO_3$	○	○
Карбонат калия	Н	K_2CO_3	○	○
Карбонат кальция	Н	$CaCO_3$	○	○
Карбонат магния	Н	$MgCO_3$	○	○
Карбонат натрия	Н	Na_2CO_3	○	○
Карбонат цинка	Н	$ZnCO_3$	○	○

Керосин	100%		-	-
Кетен		C_2H_2O		
Кислород	100%	O_2	○	-
Красная кровяная соль	Н	$K_3[Fe(CH)_6]$	○	○
Крезоловая кислота	100%	$C_6H_4(OH)CH_3$	-	-
Ксилен	100%		-	-
Ксилол	100%	$C_6H_4(CH_3)_2$	-	-
Лимонная кислота	Н	$HOCC(OH)(CH_2COOH)_2$	○	○
Ляпис	Н	$AgNO_3$	○	○
Малеиновая кислота	Н	HOOCHC=CHCOOH	○	○
Масла и жиры			○	-
Масляная кислота	100%		○	-
Медный купорос	Н	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	○	○
Меласса	ПР		○	○
Метанол	100%	CH_3OH	○	-
Метилакрилат		$C_4H_6O_2$		
Метилметакрилат		$C_5H_8O_2$		
Метил бромистый		CH_3Br		
Метилобензойная кислота	100%	$C_6H_5CH_3$	-	-
Метиловый спирт	100%	CH_3OH	○	-
Метилформиат		$C_2H_4O_2$		
Метилциклогексан		C_7H_{14}		
Метилэтилкетон	100%	C_4H_8O	○	-
Минеральные масла			○	-
Молоко			○	○
Молочная кислота	100%	$CH_3CH(OH)COOH$	○	○
Монохлорбензол	100%	C_6H_5Cl	-	-
Моча	100%		○	○
Мочевина	Р	$CO(NH_2)_2$	○	○
Муравьиная кислота	100%	CH_2O_2	○	○
Мышьяковая кислота	Н	H_3AsO_4	○	○
Нашатырный спирт	100%	NH_3	○	○
Никотиновая кислота	20%		○	-
Нитрат аммония	Н	$(NH_4)NO_3$	○	○
Нитрат железа	Р	$Fe(NO_3)_2$; $Fe(NO_3)_3$;	○	○
Нитрат калия	Н	KNO_3	○	○
Нитрат кальция	Н	$Ca(NO_3)_2$	○	○
Нитрат магния	Н	$Mg(NO_3)_2$	○	○
Нитрат меди	Н	$Cu(NO_3)_2$	○	○
Нитрат натрия	Н	$NaNO_3$	○	○
Нитрат никеля	Н	$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	○	○
Нитрат ртути	Р	$Hg(NO_3)_2$	○	○
Нитрат серебра	Н	$AgNO_3$	○	○
Нитробензол	100%	$C_6H_5NO_2$	○	-
Озон	100%	O_3	-	-
Оксид углерода	100%	CO	○	○
Оксид цинка	Н	ZnO	○	○
Ортофосфат калия	Н	K_3PO_4	○	○
Ортофосфат натрия	Н	Na_3PO_4		
Ортофосфорная кислота	50%	H_3PO_4	○	○

кислота				
Пентанол	96%	$C_5H_{11}OH$	○	-
Пергидронафталин	100%	$C_{10}H_{18}$	-	-
Перикись водорода	30%	H_2O_2	○	○
Перикись водорода	60%	H_2O_2	○	-
Перманганат калия	20%	$KMnO_4$	○	○
Персульфат калия	Н	$K_2S_2O_8$	○	○
Перхлорат калия	Н	$KClO_3$.	○	○
Пиво			○	○
Пикриновая кислота	Н	$C_6H_2(NO_2)_3OH$	○	-
Пиридин	100%	C_5H_5N	○	-
Пропиленгликоль	100%	$C_3H_8O_2$	○	○
Пропиловый спирт		C_3H_8O		
Пропионовая кислота	100%	C_2H_5COOH	○	○
Ртуть	100%	Hg	○	○
Салициловая кислота	Н	$C_6H_4(OOCCH_3)COOH$	○	○
Селитра аммиачная	Н	$(NH_4)NO_3$	○	○
Селитра калиевая	Н	KNO_3	○	○
Селитра кальциевая	Н	$Ca(NO_3)_2$	○	○
Селитра натриевая	Н	$NaNO_3$	○	○
Селитра чилийская	Н	$NaNO_3$	○	○
Серная кислота	50%	H_2SO_4	○	○
Серная кислота	98%	H_2SO_4	○	-
Серная кислота (дымящаяся)	>98%	H_2SO_4	-	-
Сернистая кислота	30%	H_2SO_3	○	○
Сернистый ангидрид	100%	SO_2	○	○
Серный ангидрид	10%	SO_3	-	-
Сероводород		H_2S		
Сероуглерод	100%	CS	-	-
Синильная кислота	10%	HCN	○	○
Скипидар			○	-
Сода каустическая	40%	NaOH	○	○
Сода пищевая	Н	$NaHCO_3$	○	○
Соляная кислота	80%	HCl	○	○
Стеариновая кислота	100%	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	○	-
Стирол		C_8H_8		
Сульфат алюминия	Н	$Al_2(SO_4)_3$	○	○
Сульфат бария	Н	$BaSO_4$	○	○
Сульфат аммония	Н	$(NH_4)_2SO_4$	○	○
Сульфат железа 2	Н	$FeSO_4$	○	○
Сульфат железа 3	Н	$Fe_2(SO_4)_3$	○	○
Сульфат калия	Н	K_2SO_4	○	○
Сульфат кальция	Н	$CaSO_4$	○	○
Сульфат меди 2	Н	$CuSO_4$	○	○
Сульфат натрия	Н	Na_2SO_4	○	○
Сульфат никеля	Н	$NiSO_4$	○	○
Сульфат цинка	Н	$ZnSO_4$	○	○
Сульфид аммония	Р	$(NH_4)_2S$	○	○
Сульфид калия	Р	K_2S	○	○
Сульфид кальция	Н	CaS	○	○

Сульфид углерода	100%	CS	○	○
Терпентинное масло (скипидар)			○	-
Тетрагидрофуран		C_4H_8O		
Тионилхлорид	100%	$SOCl_2$	-	-
Толуол	100%	$C_6H_5CH_3$	-	-
Треххлористый фосфор	100%	PCl_3	○	-
Тринитрофенон	Н	$C_6H_2(NO_2)_3OH$	○	-
Трихлорэтилен	100%	$CCl_2=CHCl$	-	-
Триэтиламин	Р	$(C_2H_5)_3N$	○	-
Угарный газ	100%	CO	○	○
Угольный ангидрид	100%	CO_2	○	○
Уксус пищевой			○	○
Уксусная кислота (ледяная)	96%	$C_2H_4O_2$	○	-
Уксуснокислый свинец	Н	$Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$	○	-
Уксусный альдегид	100%	CH_3CHO	○	-
Фениламин	100%	$C_6H_5NH_2$	○	○
Фенол	Н	C_6H_6O	-	-
Феррицианид калия	Н	$K_4[Fe(CH)_6]$	○	○
Феррицианид натрия	Н	$Na_4[Fe(CH)_6]$	○	○
Ферроцианид калия	Н	$K_3[Fe(CH)_6]$	○	○
Ферроцианид натрия	Н	$Na_3[Fe(CH)_6]$	○	○
Формальдегид	40%	CH_2O	○	○
Фосген		$COCl_2$		
Фосфин		PH_3		
Фосфорная кислота	95%	H_3PO_4	○	-
Фотопроявители	ПР		○	○
Фтор	100%	F_2	-	-
Фтористоводородная кислота	40%	HF	○	○
Фтористоводородная кислота	60%	HF	○	-
Фтористоводородная кислота	100%	HF	○	-
Фтористый натрий	Н	NaF	○	○
Фтористый алюминий	Н	AlF_3	○	○
Фтористый аммоний	Н	NH_4F	○	○
Фтористый водород	40%	HF	○	○
Фтористый калий	Н	KF	○	○
Фурфуриловый спирт	100%	$C_5H_6O_2$	○	-
Фурфурол		C_5H_4O		
Хлор (водный раствор)	Н	Cl	-	-
Хлор –газ-сухой	100%	Cl_2	○	○
Хлорат калия	Н	$KClO_3$	○	○
Хлорат кальция	Н	$CaClO_3$	○	○
Хлорат натрия	Н	$NaClO_3$	○	○
Хлорид тионила	100%	$SOCl_2$	-	-
Хлористая медь	Н	Cu_2Cl_2	○	○

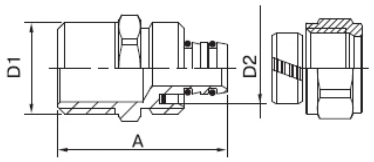
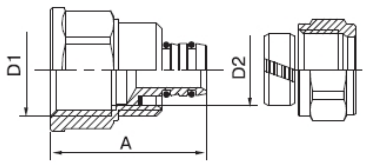
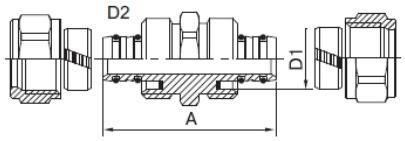
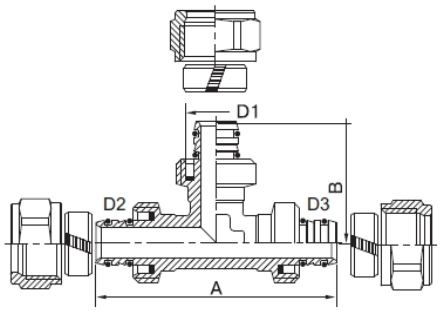
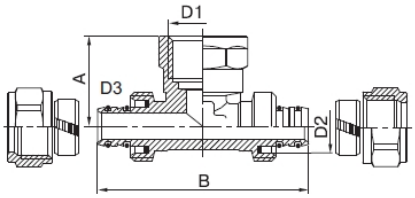
Хлористое железо 2	Н	$FeCl_2$	○	○
Хлористое железо 3	Н	$FeCl_3$	○	○
Хлористое олово 2	Н	$SnCl_2$	○	○
Хлористое олово 4	Н	$SnCl_4$	○	○
Хлористый алюминий	Н	$AlCl_3$	○	○
Хлористый аммоний	Н	NH_4Cl	○	○
Хлористый барий	Н	$BaCl_2$	○	○
Хлористый винил		C_2H_3Cl		
Хлористый калий	Н	KCl	○	○
Хлористый кальций	Н	$CaCl_2$	○	○
Хлористый магний	Н	$MgCl_2$	○	○
Хлористый метил	100%	CH_3Cl	-	-
Хлористый метилен	100%	CH_2Cl_2	-	-
Хлористый натрий	Н	NaCl	○	○
Хлористый никель	Н	$NiCl_2$	○	○
Хлористый цинк	Н	$ZnCl_2$	○	○
Хлороводородная кислота	80%	HCl	○	○
Хлоропрен	100%	CH_2=CH CCl=CH_2	-	-
Хлороформ	100%	CHCl3	-	-
Хлорсульфоновая кислота	100%	$HOSO_2Cl$	-	-
Хлортоифторэтилен		C_2ClF_3		
Хромат калия	Н	K_2CrO_4	○	○
Хромовая кислота	50%	H_2CrO_4	○	-
Царская водка	30%	HNO3 (1 объем) и соляной HCl (3 объема)	-	-
Цианистая ртуть	Н	$Hg(CN)_2$	○	○
Цианистое серебро	Н	$Ag(CN)_2$	○	○
Цианистый калий	Р	KCN	○	○
Цианистый натрий	Н	NaCN	○	○
Циклогексанон	100%	$C_6H_{10}O$	-	-
Циклотексанол	100%	$C_6H_{11}OH$	-	-
Четыреххлористый углерод	100%	CCl_4	○	○
Этанодиол (этиленгликоль)	100%	$HOCH_2CH_2OH$	○	○
Этанол	40%	C_2H_5OH	○	-
Этилацетат	100%	$C_4H_8O_2$	○	-
Этилбензол		C_8H_{10}		
Этилен		C_2H_4		
Этиленгликоль	100%	$HOCH_2CH_2OH$	○	○
Этиленхлорогидрин		C_2H_5ClO		
Этиловый спирт	40%	C_2H_5OH	○	-
Этиловый эфир	100%	$C_2H_5OC_2H_5$	-	-

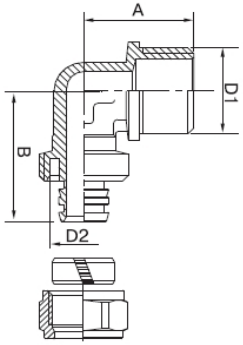
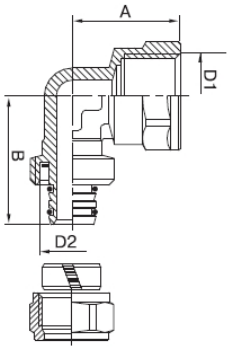
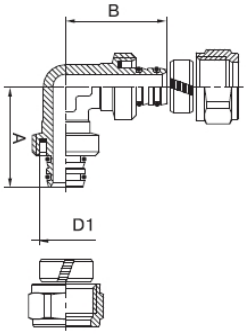
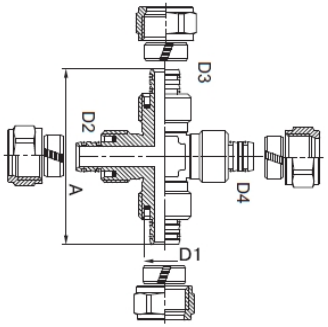
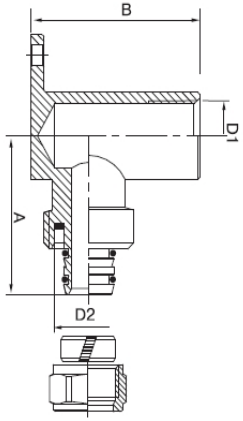
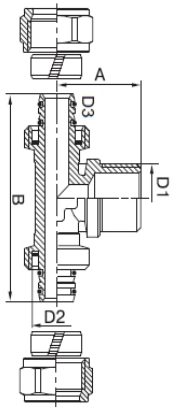
○ труба пригодна для использования

- труба не пригодна для использования

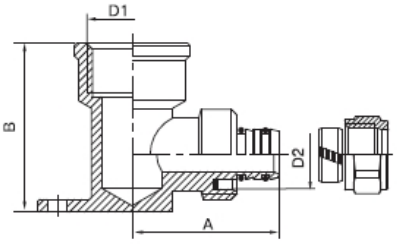
Приложение 2

Номенклатура и габаритные размеры обжимных фитингов

VTm.301 *Соединитель с переходом на наружную резьбу*		
VTm.302 *Соединитель с переходом на внутреннюю резьбу*		
VTm.303 *Соединитель прямой*		
VTm.331 *Тройник*		
VTm.332 *Тройник с переходом на внутреннюю резьбу*		

VTm.353 ***Угольник с переходом на наружную резьбу***	***VTm.352*** ***Угольник с переходом на внутреннюю резьбу***	***VTm.351*** ***Угольник***	***VTm.341*** ***Крестовина***	***VTm.334*** ***Водорозетка проходная ВР***	***VTm.333*** ***Тройник с переходом на наружную резьбу***
					

VTm.354
Водорозетка ВР

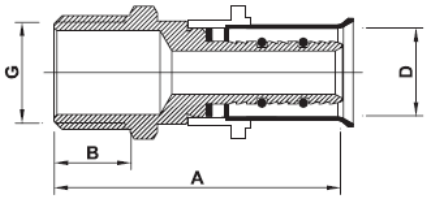
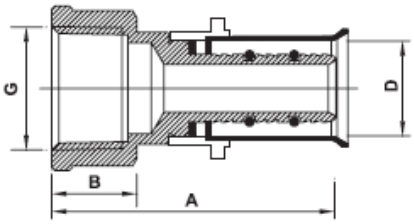
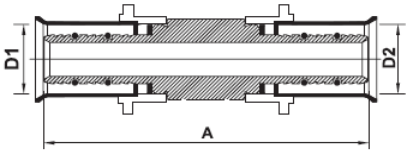
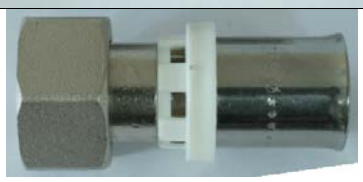
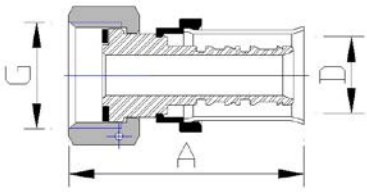
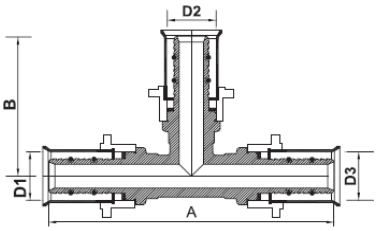
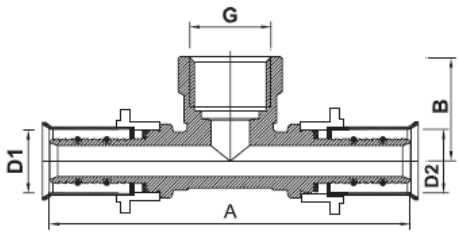
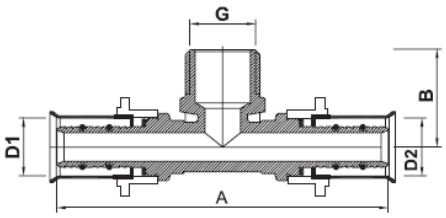


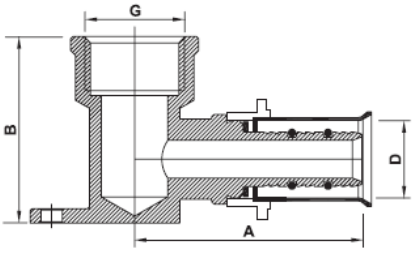
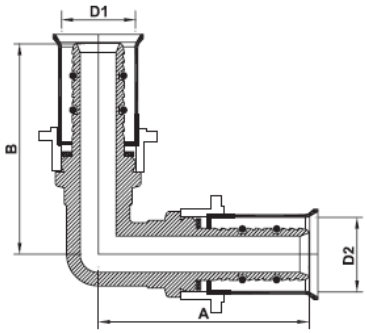
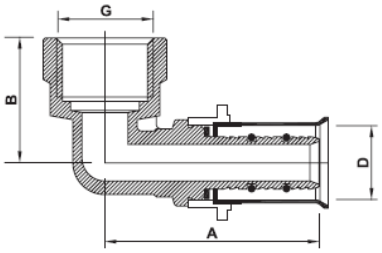
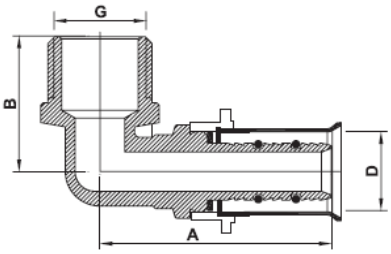
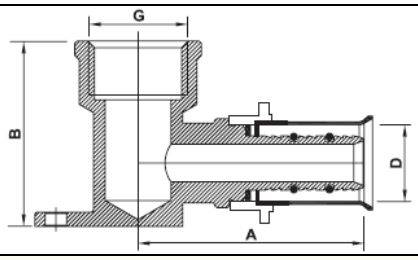
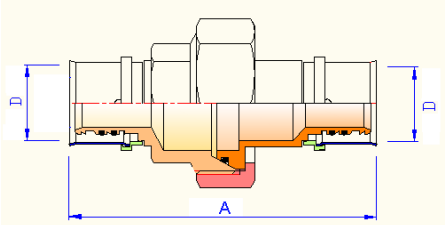
Марка	Обозначение	Размеры,мм					Вес,г
		A	B	D1	D2,D4	D3	
VTm.301	16x1/2	38		1/2"	16		64
	16x3/4	39		3/4"	16		77
	20x1/2	40		1/2"	20		111
	20x3/4	42		3/4"	20		110
	26x3/4	48		3/4"	26		171
	26x1	51		1"	26		172
	32x3/4	55		3/4"	32		347
	32x1	55		1"	32		359
	32x1 1/4	57		1 1/4"	32		363
VTm.302	16x1/2	35		1/2"	16		71
	16x3/4	39		3/4"	16		106
	20x1/2	40		1/2"	20		106
	20x3/4	42		3/4"	20		126
	26x3/4	45		3/4"	26		151
	26x1	49		1"	26		172
	32x3/4	50		3/4"	32		330
	32x1	52		1"	32		361
	32x1 1/4	57		1 1/4"	32		443
VTm.303	16	45		16	16		104
	20	50		20	20		181
	26	65		26	26		267
	32	65		32	32		522
	20x16	48		20	16		157
	26x16	54		26	16		215
	26x20	55		26	20		237
	32x16	57		32	16		370
	32x20	60		32	20		422
	32x26	63		32	26		410
VTm .331	16	65	32	16	16	16	150
	20	77	38,5	20	20	20	284
	26	88	44	26	26	26	380
	32	105	52,5	32	32	32	892
	16x20x16	65	38,5	16	20	16	201
	20x16x16	75	35,5	20	16	16	235
	20x16x20	77	35,5	20	16	20	258
	20x20x16	75	38,5	20	20	16	270
	20x26x20	81	45	20	26	20	362
	26x16x20	82,5	35,5	26	16	20	300
	26x16x26	88	41	26	16	26	350
	26x20x16	82,5	35,5	26	20	16	280
	26x20x20	84,5	41,5	26	20	20	343
	26x20x26	88,5	41,5	26	20	26	369
	26x26x20	85	46	26	26	20	360
	26x32x26	99	52,5	26	32	26	716
	32x16x32	105	42	32	16	32	662
	32x20x32	105	52,5	32	20	32	710
	32x26x26	102	49,5	32	26	26	688
	32x26x32	105	49,5	32	26	32	730
	32x32x26	102	52,5	32	32	26	745
VTm. 332	16x1/2x16	65	27,5	1/2"	16	16	141
	20x1/2x20	77	27,5	1/2"	20	20	243
	20x3/4x20	77	31,5	3/4"	20	20	264
	26x3/4x26	88	35	3/4"	26	26	324
	26x1x26	88	39	1"	26	26	371
	32x1x32	105	42	1"	32	32	712
	32x1 1/4x32	105	50	1 1/4"	32	32	733
Г	16x1/2x16	65	27,5	1/2"	16	16	132

	20x3/4x20	77	31,5	3/4"	20	20	244
	26x3/4x26	88	35	3/4"	26	26	303
	26x1x26	88	39	1"	26	26	324
	32x1x32	105	42	1"	32	32	672
	32x1 1/4"x32	105	50	1 1/4"	32	32	870
VTm. 334	16x1/2	59	45	1/2"	16	16	243
	20x1/2	59	45	1/2"	20	20	286
VTm. 341	16	71		16	16	16	234
	20	77		20	20	20	390
	20x16x20x16	77		20	16	20	330
	26x16x26x16	88		26	16	26	430
	26x20x26x20	88		26	20	26	461
VTm. 351	16	36	36	16	16		101
	20	38,5	38,5	20	20		201
	26	44	44	26	26		260
	32	53	53	32	32		597
VTm.352	16x1/2	27	32	1/2"	16		93
	16x3/4	32	34	3/4"	16		134
	20x1/2	39	29	1/2"	20		144
	20x3/4	39	32	3/4"			168
	26x3/4	46	35	3/4"			206
	26x1	44	39	1"			249
	32x1	55	43	1"			464
	32x1 1/4	59	52	1 1/4"			531
VTm .353	16x1/2	27	32	1/2"	16		84
	16x3/4	32	35	3/4"	16		122
	20x1/2	39	29	1/2"	20		133
	20x3/4	39	32	3/4"	20		155
	26x3/4	46	35	3/4"	26		196
	26x1	44	39	1"	26		206
	32x1	54	43	1"	32		392
	32x1 1/4	59	52	1 1/4"	32		442
VTm. 354	16x1/2	35	40	1/2"	16		128
	20x1/2	41	44	1/2"	20		175
	20x3/4	45	47	3/4"	20		236

Приложение 3.

Номенклатура и габаритные размеры пресс-соединителей VTm. 200

VTm.201 Соединитель с переходом на наружную резьбу		
VTm.202 Соединитель с переходом на внутреннюю резьбу		
VTm.203 Соединитель прямой		
VTm.222 Соединитель с накидной гайкой		
VTm.231 Тройник		
VTm.232 Тройник с переходом на внутреннюю резьбу		
VTm.233 Тройник с переходом на наружную резьбу		

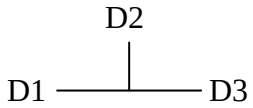
VTm.234 Водорозетка проходная		
VTm.251 Угодбник		
VTm.252 Угольник с переходом на внутреннюю резьбу		
VTm.253 Угольник с переходом на наружную резьбу		
VTm.254 Водорозетка ВР		
VTm.263 Соединитель разъемный		

	Обозначение	Размеры, мм						
		A	B	D,D1	D2	D3	G	Вес,г
VTm.201	16x1/2	48	13	16			1/2"	49
	16x3/4	49	14	16			3/4"	68
	20x1/2	48	13	20			1/2"	58
	20x3/4	49	14	20			3/4"	71
	26x3/4	50	14	26			3/4"	90
	26x1	52	16	26			1"	127
	32x1	52	16	32			1"	136
	32x1 1/4	57	17	32			1 1/4	236
	40x1	60	17	40			1	237
	40x1 1/4	60	17	40			1 1/4	267
VTm.202	16x1/2	44	16	16			1/2"	54
	16x3/4	45	18	16			3/4"	81
	20x1/2	44	18	20			1/2"	61
	20x3/4	46	18	20			3/4"	80
	26x3/4	46	20	26			3/4"	92
	26x1	48	24	26			1"	131
	32x1	49	25	32			1"	129
	32x1 1/4	53	28	32			1 1/4	236
VTm.203	16	60		16	16			39
	20	60		20	20			72
	26	62		26	26			108
	32	63		32	32			149
	40	79		40	40			295
	20x16	60		20	16			63
	26x16	61		26	16			93
	26x20	61		26	20			99
	32x16	62		32	16			132
	32x20	62		32	20			137
	32x26	63		32	26			151
VTm .231	16	83	42	16	16	16		95
	20	88	44	20	20	20		144
	26	97	49	26	26	26		279
	32	112	56	32	32	32		446
	16x20x16	88	44	16	20	16		186
	16x16x20	88	44	16	16	20		130
	20x16x20	88	44	20	16	20		140
	16x20x20	88	44	16	20	20		136
	20x26x20	96	49	20	26	20		258
	26x16x26	97	46	26	16	26		225
	26x16x20	96	47	26	16	20		233
	26x20x20	97	48	26	20	20		249
	26x26x20	97	48	26	26	20		255
	26x20x16	97	48	26	20	16		231
	26x20x26	97	48	26	20	26		231
	32x16x32	104	51	32	16	32		454
	32x20x32	104	51	32	20	32		430
	32x26x32	104	52	32	26	32		447
	32x32x26	104	52	32	32	26		431
	26x32x26	103	52	26	32	26		432
	32x20x26	104	51	32	20	26		397
	32x32x20	103	52	32	32	20		393
	32x26x26	104	52	32	26	26		412
VTm. 232	16x1/2x16	84	28	16	16		1/2"	120
	20x1/2x20	88	29	20	20		1/2"	128
	20x3/4x20	90	32	20	20		3/4"	192
	26x1/2x26	97	31	26	26		1/2"	244
	26x3/4x26	97	34	26	26		3/4"	260
	26x1x26	98	37	26	26		1"	270
	32x3/4x32	104	39	32	32		3/4"	429
	32x1x32	104	39	32	32		1"	444
	32x1 1/4x32	122	46	32	32		1 1/4	480
	40x1x40	124	46	40	40		1"	564
VTm.233	16x1/2x16	83	28	16	16		1/2"	93
	20x1/2x20	88	29	20	20		1/2"	173
	20x3/4x20	88	32	20	20		3/4"	171
	26x1/2x26	97	31	26	26		1/2"	196
	26x3/4x26	97	34	26	26		3/4"	230
	26x1x26	97	37	26	26		1"	267
	32x3/4x32	104	35	32	32		3/4"	409

VTm .234	16x1/2	56	45	16	16		1/2"	199
	20x1/2	56	45	20	20		1/2"	208
VTm. 222	16x1/2	45		16			1/2"	59
	20x3/4	52		20			¾"	109
	32x 1 1/4	57		32			1 1/4"	188
VTm.251	16	42	42	16	16			65
	20	44	44	20	20			102
	26	49	49	26	26			174
	32	52	52	32	32			239
	40	63	63	40	40			439
VTm.252	16x1/2	42	28	16			1/2"	78
	16x3/4	46	31	16			3/4"	119
	20x1/2	44	29	20			1/2"	126
	20x3/4	45	32	20			3/4"	105
	26x3/4	49	31	26			3/4"	165
	26x1	52	38	26			1"	229
	32x1	52	39	32			1"	298
VTm .253	16x1/2	42	28	16			1/2"	62
	16x3/4	43	30	16			3/4"	101
	20x3/4	44	32	20			3/4"	117
	20x1/2	44	29	20			1/2"	81
	26x3/4	49	34	26			3/4"	142
	26x1	49	37	26			1"	178
	32x1	51	39	32			1"	274
VTm.254	16x1/2	44	40	16			1/2"	110
	20x1/2	51	44	20			1/2"	144
	20x3/4	56	47	20			3/4"	195
	26x3/4	58	47	26			3/4"	222
VTm. 263	20x20	126		20	20			136
	26x26	128		26	26			212
	32x32	130		32	32			350

Приложение 4
Коэффициенты местных сопротивлений тройников

обозначение диаметров тройников принято слева по часовой стрелке



Диаметры	Отношение Объемных расходов Q1/Q2,	1 0 2		0 1 2	1 2 0	2 1 0	2 1 0
		Проход 0-2	Ответвление 1-2	Проход 1-2	Ответвление 2-1	Слияние 1-2	Деление 2-1
Тройник VTm. 231,331							
16-16-16	0,1	2,81	2,37	3,4	3,3	4,42	3,72
	0,2	2,93	2,58	3,35	3,4	4,21	3,8
	0,3	3,07	2,72	3,3	3,48	4,05	3,9
	0,4	3,15	2,89	3,26	3,6	3,94	4
	0,5	3,22	3,08	3,22	3,73	3,92	4,11
	0,6	3,26	3,22	3,2	3,87	3,94	4,2
	0,7	3,29	3,4	3,19	4	4,05	4,25
	0,8	3,29	3,7	3,24	4,2	4,21	4,26
	0,9	3,28	3,98	3,31	4,47	4,45	4,22
	1	3,22	4,3	3,4	4,7	4,7	4,15
20-20-20	0,1	1,69	2,25	2,25	2,44	3,29	2,58
	0,2	1,8	2,2	2,2	2,55	3,06	2,65
	0,3	1,92	2,16	2,11	2,63	2,89	2,77
	0,4	2,0	2,12	2,08	2,75	2,8	2,86
	0,5	2,08	2,08	2,04	2,88	2,79	2,96
	0,6	2,1	2,05	2,03	3,01	2,8	3,04
	0,7	2,23	2,04	2,1	3.18	2,9	3,1
	0,8	2,23	2,1	2,18	3,36	3,08	3,11
	0,9	2,22	2,18	2,18	3,62	3,3	3,08
	1	2,08	2,23	2,23	3,88	3,55	3,0
26-26-26	0,1	1,3	0,86	1,85	3,4	1,23	2,19
	0,2	1,42	1,03	1,8	3,35	1,41	2,25
	0,3	1,53	1,2	1,76	3,3	1,6	2,37
	0,4	1,62	1,38	1,72	3,27	1,75	2.48
	0,5	1,7	1,52	1,69	3,22	1,9	2,58
	0,6	1,73	1,7	1,65	3,2	2,8	2,64
	0,7	1,77	1,9	1,66	3,19	2,28	2,7
	0,8	1,76	2,22	1,7	3,24	2,52	2,7
	0,9	1,75	2,44	1,78	3,31	2,82	2,68
	1	1,7	2,78	1,85	3,39	3,15	2,6
32-32-32	0,1	1,08	0,55	1,54	1,75	2,6	1,89
	0,2	1,1	0,71	1,5	1,86	2,38	1,94
	0,3	1,21	0,9	1,45	1,94	2,22	2,05
	0,4	1,3	1,05	1,42	2,05	2,12	2,15
	0,5	1,37	1,2	1,38	2,18	2,1	2,25
	0,6	1,4	1,38	1,33	2,32	2,12	2,33

	0,8	1,43	1,82	1,4	2,67	2,36	2,4
	0,9	1,42	2,12	1,47	2,9	2,6	2,36
	1	1,38	2,43	1,54	3,18	2,85	2,3
20-26-16	0,1	3,06	-1,18	4,82	9,61	17,42	5,9
	0,2	3,46	3,47	4,63	14,99	16,76	5,98
	0,3	3,79	10,09	4,5	19,73	16,28	6,08
	0,4	4,06	18,76	4,41	25,67	16	6,18
	0,5	4,26	29,2	4,34	30,47	15,91	6,29
	0,6	4,41	41,8	4,22	35,84	16	6,38
	0,7	4,49	55,9	4,15	41,85	16,28	6,43
	0,8	4,51	72,56	4,35	50,7	16,76	6,44
	0,9	4,45	90,9	4,56	63,97	17,42	6,4
	1	4,34	111,4	4,82	78,8	23,92	6,33
32-32-16	0,1	1,08	0,7	1,54	8,31	13,04	5,32
	0,2	1,1	2,48	1,5	13,17	12,44	5,4
	0,3	1,21	19,69	1,45	17,45	12,02	5,5
	0,4	1,3	47	1,42	22,8	11,75	5,6
	0,5	1,37	82,9	1,38	27,16	11,67	5,71
	0,6	1,4	186,25	1,33	32	11,75	5,8
	0,7	1,43	217,6	1,34	37,4	12,02	5,85
	0,8	1,43	329,01	1,4	45.44	12,44	5,86
	0,9	1,42	415,5	1,47	57,44	13,04	5,82
	1	1,38	511,7	1,54	70,86	13,81	5,75
16-26-20	0,1	12,8	7,61	16,38	3,78	8,07	3,57
	0,2	13,66	7,56	16	5,17	7,4	3,64
	0,3	14,33	7,52	15,75	6,31	6,93	3,76
	0,4	14,86	7,48	15,56	7,73	6,65	3,85
	0,5	15,27	7,44	15,4	8,93	6,56	3,95
	0,6	15,5	7,41	15,18	10,48	6,65	4,03
	0,7	15,7	7,4	15,05	12,31	6,93	4,09
	0,8	17,02	7,46	15,43	13,96	7,4	4,1
	0,9	15,65	7,54	15,8	16,99	8,07	4,07
	1	15,44	7,59	16,38	20,94	8,93	3,99
20-20-16	0,1	1,69	-1,18	2,25	5,77	11,84	5,27
	0,2	1,8	3,47	2,2	7,98	11,05	5,35
	0,3	1,92	10,09	2,11	9,85	10,49	5,45
	0,4	2,0	18,76	2,08	12,47	10,15	5,55
	0,5	2,08	29,2	2,04	15,36	10,04	5,66
	0,6	2,1	41,8	2,03	19,03	10,15	5,75
	0,7	2,23	55,9	2,1	24,84	10,49	5,8
	0,8	2,23	72,56	2,18	32,15	11,05	5,81
	0,9	2,22	90,9	2,18	40,95	11,84	5,77
	1	2,08	111,4	2,23	50,32	12,85	5,7
20-16-20	0,1	2,28	2,25	5,09	4,85	12,06	4,13
	0,2	2,91	2,2	4,79	4,95	10,14	4.2
	0,3	3,07	2,16	4,58	5,03	8,82	4,32
	0,4	3,87	2,12	4,43	5,15	8,01	4,41
	0,5	4,21	2,08	4.33	5,28	7,76	4,51
	0,6	4,43	2,05	4,13	5,42	8,01	4,59
	0,7	4,56	2,04	4,03	5,55	8,82	4,65
	0,8	4,58	2,1	4,33	5,75	10,14	4,66
	0,9	4,51	2,18	4,68	6,02	12,06	4,63

16-16-20	0,1	2,81	7,61	3,4	3,3	12,06	4,13
	0,2	2,93	7,56	3,35	3,4	10,14	4.2
	0,3	3,07	7,52	3,3	3,48	8,82	4,32
	0,4	3,15	7,48	3,26	3,6	8,01	4,41
	0,5	3,22	7,44	3,22	3,73	7,76	4,51
	0,6	3,26	7,41	3,2	3,87	8,01	4,59
	0,7	3,29	7,4	3,19	4	8,82	4,65
	0,8	3,29	7,46	3,24	4,2	10,14	4,66
	0,9	3,28	7,54	3,31	4,47	12,06	4,63
	1	3,22	7,59	3,4	4,7	14,47	4,55
20-20-26	0,1	1,69	3,47	2,25	4,39	8,94	4.8
	0,2	1,8	3.64	2,2	4,34	7,52	4,86
	0,3	1,92	2,75	2,11	4,29	6,54	4,98
	0,4	2,0	3,98	2,08	4,26	5,94	5,09
	0,5	2,08	3,07	2,04	4,21	5,76	5,19
	0,6	2,1	4,31	2,03	4.19	5,94	5,26
	0,7	2,23	4,51	2,1	4,18	6,54	5,31
	0,8	2,23	4,83	2,18	4.23	7,52	5,31
	0,9	2,22	5,05	2,18	4,3	8,94	5,29
	1	2,08	4,33	2,23	4,38	10,71	5,21
26-20-20	0,1	1,53	-0,916	3,61	2,44	3,29	2,58
	0,2	2	1,05	3,38	2,55	3,06	2,65
	0,3	2,39	3,45	3,24	2,63	2,89	2,77
	0,4	2,71	6,43	3,12	2,75	2,8	2,86
	0,5	2,95	9,9	3,05	2,88	2,79	2,96
	0,6	3,12	14,16	2,9	3,01	2,8	3,04
	0,7	3,22	18,79	2,82	3.18	2,9	3,1
	0,8	3,24	23,48	3.05	3,36	3,08	3,11
	0,9	3,18	28,63	3,31	3,62	3,3	3,08
	1	3,05	35	3,61	3,88	3,55	3,0
26-26-20	0,1	1,3	-0,916	1,85	3,78	8,07	3,57
	0,2	1,42	1,05	1,8	5,17	7,4	3,64
	0,3	1,53	3,45	1,76	6,31	6,93	3,76
	0,4	1,62	6,43	1,72	7,73	6,65	3,85
	0,5	1,7	9,9	1,69	8,93	6,56	3,95
	0,6	1,73	14,16	1,65	10,48	6,65	4,03
	0,7	1,77	18,79	1,66	12,31	6,93	4,09
	0,8	1,76	23,48	1,7	13,96	7,4	4,1
	0,9	1,75	28,63	1,78	16,99	8,07	4.07
	1	1,7	35	1,85	20,94	8,93	3,99
26-26-16	0,1	1,3	5,71	1,85	9,61	17,42	5,9
	0,2	1,42	47,7	1,8	14,99	16,76	5,98
	0,3	1,53	114,4	1,76	19,73	16,28	6,08
	0,4	1,62	202,2	1,72	25,67	16	6,18
	0,5	1,7	315,9	1,69	30,47	15,91	6,29
	0,6	1,73	454,3	1,65	35,84	16	6,38
	0,7	1,77	530,9	1,66	41,85	16,28	6,43
	0,8	1,76	802,9	1,7	50,7	16,76	6,44
	0,9	1,75	1014	1,78	63,97	17,42	6,4
	1	1,7	1249	1,85	78,8	23,92	6,33
32-32-20	0,1	1,08	-4,7	1,54	3,39	11,67	3,98
	0,2	1,1	-0,89	1,5	3,71	11,09	4,05

	0,4	1,3	7,52	1,42	4,82	10,4	4,26
	0,5	1,37	11,6	1,38	4,99	10,32	4,36
	0,6	1,4	16,02	1,33	5,33	10,4	4,44
	0,7	1,43	20,78	1,34	5,82	10,66	4,5
	0,8	1,43	25,35	1,4	6,56	11,09	4,51
	0,9	1,42	29,8	1,47	7,93	11,67	4,48
	1	1,38	35,4	1,54	9,7	12,46	4,4
32-32-26	0,1	1,08	-1,6	1,54	3,4	7,22	2,99
	0,2	1,1	-2,62	1,5	4,65	6,62	3,05
	0,3	1,21	0,75	1,45	5,68	6,19	3,17
	0,4	1,3	2,02	1,42	6,97	5,93	3,28
	0,5	1,37	3,09	1,38	8,05	5,85	3,38
	0,6	1,4	4,23	1,33	9,45	5,93	3,44
	0,7	1,43	5,33	1,34	11,1	6,19	3,5
	0,8	1,43	6,34	1,4	12,59	6,62	3,5
	0,9	1,42	7,39	1,47	15,34	7,22	3,48
	1	1,38	8.4	1,54	18,91	7,99	3,4
32-26-26	0,1	2,69	-1,6	4,27	3,4	1,23	2,19
	0,2	3,05	-2,62	4,1	3,35	1,41	2,25
	0,3	3,35	0,75	3,99	3,3	1,6	2,37
	0,4	3,59	2,02	3,91	3,27	1,75	2.48
	0,5	3,77	3,09	3,85	3,22	1,9	2,58
	0,6	3,91	4,23	3,73	3,2	2,8	2,64
	0,7	3,97	5,33	3,67	3,19	2,28	2,7
	0,8	3,99	6,34	3,85	3,24	2,52	2,7
	0,9	3,95	7,39	4,05	3,31	2,82	2,68
	1	2,69	-1,6	4,27	3,4	1,23	2,19
26-26-32	0,1	1,3	0,55	1,85	4,2	7,54	4,17
	0,2	1,42	0,71	1,8	4,15	6,34	4,22
	0,3	1,53	0,9	1,76	4.1	5,52	4,33
	0,4	1,62	1,05	1,72	4,07	5,01	4,43
	0,5	1,7	1,2	1,69	4.02	4,85	4,53
	0,6	1,73	1,38	1,65	4	5,01	4.61
	0,7	1,77	1,57	1,66	3,99	5,52	4,67
	0,8	1,76	1,82	1,7	4,04	6,34	4,68
	0,9	1,75	2,12	1,78	4,11	7,54	4.64
	1	1,7	2,43	1,85	4,19	9,03	4,58
32-26-32	0,1	2,69	0,55	4,27	4,2	7,54	1,89
	0,2	3,05	0,71	4,1	4,15	6,34	1,94
	0,3	3,35	0,9	3,99	4.1	5,52	2,05
	0,4	3,59	1,05	3,91	4,07	5,01	2,15
	0,5	3,77	1,2	3,85	4.02	4,85	2,25
	0,6	3,91	1,38	3,73	4	5,01	2,33
	0,7	3,97	1,57	3,67	3,99	5,52	2,39
	0,8	3,99	1,82	3,85	4,04	6,34	2,4
	0,9	3,95	2,12	4,05	4,11	7,54	2,36
	1	3,85	2,43	4,27	4,19	9,03	2,3
Тройник с переходом на резьбу VTm.232, 233,332, 333							
16-1/2"-16	0,1	2,81	3,19	3,4	3,4	4,52	4,54
	0,2	2,93	3,4	3,35	3,5	4,31	4,62
	0,3	3,07	3,54	3,3	3,58	4,15	4,72
	0,4	3,15	3,71	3,26	3,7	4,04	4,82

	0,6	3,26	4,04	3,2	3,97	4,04	5,02
	0,7	3,29	4,22	3,19	4,1	4,15	5,07
	0,8	3,29	4,52	3,24	4,3	4,31	5,08
	0,9	3,28	4,8	3,31	4,57	4,55	5,04
	1	3,22	5,12	3,4	4,8	4,8	4,97
20-3/4"-20	0,1	1,69	2,46	2,25	2,55	3,39	2,79
	0,2	1,8	2,41	2,2	2,66	3,17	2,86
	0,3	1,92	2,37	2,11	2,73	2,99	2,98
	0,4	2,0	2,33	2,08	2,86	2,91	3,07
	0,5	2,08	2,29	2,04	2,99	2,89	3,17
	0,6	2,1	2,26	2,03	3,12	2,91	3,25
	0,7	2,23	2,25	2,1	3,29	3	3,31
	0,8	2,23	2,31	2,18	3,47	3,19	3,32
	0,9	2,22	2.39	2,18	3,73	0,36	3,29
	1	2,08	2,44	2,23	3,99	3,65	3,21
26-3/4"-26	0,1	1,3	0,86	1,85	3,4	1,23	2,19
	0,2	1,42	1,03	1,8	3,35	1,41	2,25
	0,3	1,53	1,2	1,76	3,3	1,6	2,37
	0,4	1,62	1,38	1,72	3,27	1,75	2.48
	0,5	1,7	1,52	1,69	3,22	1,9	2,58
	0,6	1,73	1,7	1,65	3,2	2,8	2,64
	0,7	1,77	1,9	1,66	3,19	2,28	2,7
	0,8	1,76	2,22	1,7	3,24	2,52	2,7
	0,9	1,75	2,44	1,78	3,31	2,82	2,68
	1	1,7	2,78	1,85	3,39	3,15	2,6
26-1"-26	0,1	1,3	1,07	1,85	3,5	1,33	2,39
	0,2	1,42	1,23	1,8	3,45	1,51	2,46
	0,3	1,53	1,4	1,76	3,4	1,7	2,58
	0,4	1,62	1,59	1,72	3,37	1,85	2,68
	0,5	1,7	1,73	1,69	3,32	2,0	2,79
	0,6	1,73	1,9	1,65	3,3	2,9	2,85
	0,7	1,77	2,1	1,66	3,29	2,38	2,91
	0,8	1,76	2,4	1,7	3,34	2,62	2,91
	0,9	1,75	2,65	1,78	3,41	2,92	2,88
	1	1,7	2.99	1,85	3,49	3,26	2,81
32-1"-32	0,1	1,08	0,51	1,54	1,73	2,58	1,85
	0,2	1,1	0,67	1,5	1,84	2,36	1,9
	0,3	1,21	0,86	1,45	1,92	2,2	2,01
	0,4	1,3	1,01	1,42	2,03	2,1	2.11
	0,5	1,37	1,16	1,38	2,16	2,08	2,21
	0,6	1,4	1,34	1,33	2,3	2,1	2,29
	0,7	1,43	1,53	1,34	2,43	2,18	2,36
	0,8	1,43	1,78	1,4	2,65	2,34	2,36
	0,9	1,42	2,08	1,47	2,88	2,58	2,32
	1	1,38	2,39	1,54	3,16	2,83	2,26

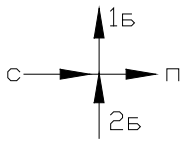
Приложение 5

Коэффициенты местных сопротивлений прямых соединителей и угольников

Диаметры	Прямое направление потока →	Обратное направление потока ←
Соединитель прямой VTm.203,303		
16	1,94	1,94
20	1,16	1,16
26	0,90	0,90
32	0,69	0,69
20-16	5,36	1,55
26-16	11,96	2,18
26-20	2,61	0,99
32-20	6,75	1,40
32-26	2,28	0,80
Соединитель с переходом на резьбу VTm.201,202, 301,302		
16x1/2"	1,99	3,31
16x3/4"	2,46	9,65
20x1/2"	0,75	0,67
20x3/4"	1,27	2,03
26x3/4"	0,64	0,64
26x1"	1,05	1,61
32x1"	0,56	0,43
Угольник VTm.251, 351		
16	4,91	4,91
20	3,3	3,3
26	2,63	2,63
32	2,29	2,29
Угольник с переходом на резьбу VTm.252, 253, 352,353		
1/2"-16	9,49	4,52
3/4"-16	29,2	4,99
1/2"-20	2,12	2,62
3/4"-20	6,6	3,14
3/4"-26	2,22	2,22
1"-26	5,47	2,63
1"-32	1,65	1,99
Водорозетка VTm. 254, 345		
1/2"-16	4,52	
1/2"-20	2,62	
3/4"-20	3,14	

Приложение 6

Коэффициенты местных сопротивлений крестовин VTm. 241, 341

Диаметр	$Q_б/Q_с$	$Q_{2б}/Q_{1б}$			Qп/Qс
		0,5	1	2	
КМС бокового ответвления с -$1_б$ 					
16	0	-3,84	-3,84	-3,84	
	0,1	-1,25	-0,49	0,82	
	0,2	1,12	2,43	4,56	
	0,3	3,29	4,81	6,58	
	0,4	5,17	6,58		
	0,5	6,79	7,54		
	0,6	7,95			
20	0	-2,83	-2,83	-2,83	
	0,1	-0,92	-0,36	0,61	
	0,2	0,83	1,8	3,38	
	0,3	2,44	3,56	4,87	
	0,4	3,82	4,87		
	0,5	5,02	5,58		
	0,6	5,88			
КМС на проход п-с					
16		6,53			0
		6,48			0,1
		6,38			0,2
		6,13			0,3
		5,77			0,4
		5,32			0,5
		4,76			0,6
		4,1			0,7
		3,2			0,8
		2,44			0,9
		1,47			1
20		4,83			0
		4,79			0,1
		4,72			0,2
		4,53			0,3
		4,27			0,4
		3,94			0,5
		3,53			0,6
		3,04			0,7
		2,44			0,8
		1,8			0,9
		1,09			1

Приложение 7
Марки латуней

Марки свинцовистых латуней по EN 12165

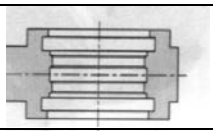
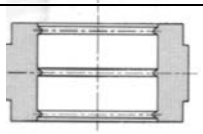
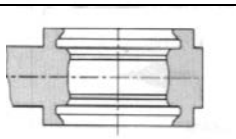
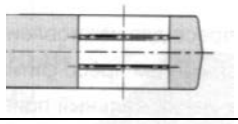
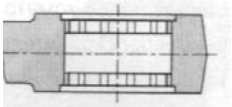
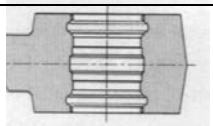
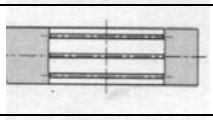
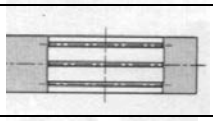
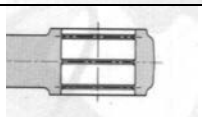
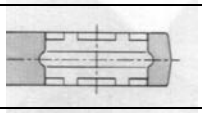
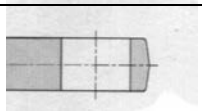
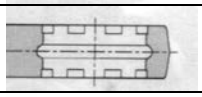
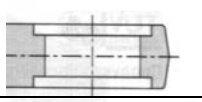
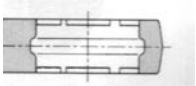
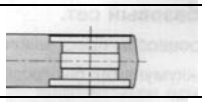
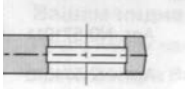
Марка	Процентное содержание элементов,%								
	Cu	Sn	Fe	Al	Pb	As	Mn	Ni	Zn
CW602N	61-63	0,1	0,1	0,05	1,7-2,8	0,02-0,16	0,1	0,2	остальное
CW606N	60-61	0,2	0,2	0,05	1,6-2,6			0,3	
CW610N	59-60	0,2	0,2	0,05	0,2-0,8			0,3	
CW611N	59-60	0,2	0,2	0,05	0,8-1,6			0,3	
CW612N	59-60	0,3	0,3	0,05	1,6-2,5			0,3	
CW613N	59-60	0,2-0,5	0,4	0,1	1,6-2,6			0,3	
CW614N	57-59	0,3	0,3	0,05	2,6-3,5			0,3	
CW615N	57-59	0,2-0,5	0,4	0,1	2,6-3,5			0,3	
CW616N	57-59	0,3	0,2	0,05-0,3	1,0-2,0			0,3	
CW617N	57-59	0,3	0,3	0,05	1,6-2,6			0,3	
CW618N	57-59	0,2-0,5	0,4	0,1	1,6-2,6			0,3	

Марки свинцовистых латуней по ГОСТ 15527-2004*

Марка	Процентное содержание элементов,%								
	Cu	Sn	Fe	Al	Pb	As	Mn	Ni	Zn
ЛС59-1	57-60	0,3	0,5		0,8-1,9				остальное
ЛС59-1В	57-61		0,5		0,6-1.9				
ЛС58-2	57-60	1,0	0,7	0,3	1,0-3,0			0,6	
ЛС58-3	57-59	0,4	0,5	0,1	2,5-3,5			0,5	
ЛС59-2	57-59	0,2	0,3	0,1	1,5-2,5			0,4	

Приложение 8

Типы пресс-насадок

№	ТИП	Эскиз	Марки фитингов
1	TH		VALTEC VTm.200, Henco, APE, Comap, Dalpex, Eurotherm, Giacomini, Herz Fittings, Hitec, Idrostar, Multitherm, Polysan, Praski, Purmo, Europress-system, Tyrotherm, STS, Thermagas, Tiemme, Viessmann, Watts MTR, Winkler и др.
2	U		CO.E.S., Aquapress, Hidrotec, Nupi, Multi-Unicor, Uponor, Metallplast, Wavin, Zecchini
3	B		Alpex, Effegi
4	CO		Sudo-Press
5	F		Frankische, Techno Trade
6	G		Geberit Mepla,
7	H		Fimisol, Hakapress, HS System, Jager, M-Press, Megaro, Neutherm, OMT, Oventrop, Polytherm, Prandelli, Remo, Valsir, WKS
8	HA		Cofit, Polyfix, SST, Welco-flex, Velta,
9	KI		Kisan
10	M		Anbo, Ballofix, GF, Hage, Heizung, IMI, Inoxpress, Gomafix, Mapress, Sanha, Scan-valve, Symplex, Prexto, Woeste
11	RF		Maxipress, Sapress
12	SA		Press Fit, Sanha
13	US		ASTM F1807
14	V		Armaturjonsson, Broen, Comap, Fra-Bo, Baronio, GF, IBP, LK, Cupress, Sanha, Seppelfricke, Viega
15	VP		Nussbaum, Viega
16	VX		Pexfit Fosta (Viega)

Приложение 8

АКТ
ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ИЛИ МАНОМЕТРИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ
НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

_____
(наименование системы)

смонтированной в _____
(наименование объекта,

_____
здания, цеха)

г._____ "_____"_____20__ г.

Комиссия в составе представителей:

заказчика _____
(наименование организации,

_____
должность, инициалы, фамилия)

генерального подрядчика _____
(наименование организации,

_____
должность, инициалы, фамилия)

монтажной (строительной) организации _____
(наименование организации,

_____
должность, инициалы, фамилия)

произвела осмотр и проверку качества монтажа и составила настоящий акт о нижеследующем:

1. Монтаж выполнен по проекту _____
(наименование проектной организации

_____
и номера чертежей)

2. Испытание произведено _____
(гидростатическим или манометрическим методом)

давлением _____МПа (_____кгс/кв.см)

в течение _____мин

3. Падение давления составило _____ МПа (_____ кгс/кв.см)

4. Признаков разрыва или нарушения прочности соединения котлов и водоподогревателей, капель в сварных швах, резьбовых соединениях, отопительных приборах, на поверхности труб, арматуры и утечки воды через водоразборную арматуру, смывные устройства и т.п. не обнаружено (ненужное зачеркнуть).

Решение комиссии:

Монтаж выполнен в соответствии с проектной документацией, действующими техническими условиями, стандартами, строительными нормами и правилами производства и приемки работ.

Система признается выдержавшей испытание давлением на герметичность.

Представитель заказчика _____
(подпись)

Представитель генерального подрядчика _____
(подпись)

Представитель монтажной (строительной) организации _____
(подпись)

Приложение 10

АКТ
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

выполненного в _____
(наименование объекта строительства, здания, цеха)

г._____ « » _____ 20__ г.

Комиссия в составе представителей:

заказчика_____
(наименование организации,

_____
должность, инициалы, фамилия)

генерального подрядчика _____
(наименование организации,

_____
должность, инициалы, фамилия)

монтажной организации _____
(наименование организации,

_____
должность, инициалы, фамилия)

составила настоящий акт о нижеследующем:

1. _____
[(вентиляторы, насосы, муфты, самоочищающиеся фильтры с электроприводом,

_____
регулирующие клапаны систем вентиляции (кондиционирования воздуха)

_____
(указываются номера систем)]

прошли обкатку в течение _____ согласно техническим условиям, паспорту.

2. В результате обкатки указанного оборудования установлено, что требования по его сборке и монтажу, приведенные в документации предприятий-изготовителей, соблюдены и неисправности в его работе не обнаружены.

Представитель заказчика _____
(подпись)

Представитель генерального подрядчика _____
(подпись)

Представитель монтажной организации _____
(подпись)

Приложение 11

Нормы расхода воды приборами

Санитарные приборы	Секундный расход воды, л/с			Часовой расход воды, л/ч			Свобод-ный напор H_f, м
	общий q_0^{tot}	холодной q_0^c	горячей q_0^h	общий $q_{0,hr}^{tot}$	холодной $q_{0,hr}^c$	горячей $q_{0,hr}^h$	
Умывальник с водоразборным краном	0,1	0,1	-	30	30	-	2
Умывальник со смесителем	0,12	0,09	0,09	60	40	40	2
Раковина, мойка с водоразборным краном	0,15	0,15	-	50	50	-	2
Мойка со смесителем	0,12	0,09	0,09	80	60	60	2
Мойка (для предприятий общественного питания)со смесителем	0,3	0,2	0,2	500	220	280	2
Ванна со смесителем	0,25	0,18	0,18	300	200	200	3
Душевая кабина со смесителем	0,12	0,09	0,09	115	80	80	3
Душ в групповой установке со смесителем	0,2	0,14	0,14	500	270	230	3
Гигиенический душ (биде) со смесителем и аэратором	0,08	0,05	0,05	75	54	54	5
Колонка в мыльне с водоразборным краном холодной или горячей воды	0,4	0,4	-	1000	1000	-	2
Унитаз со смывным бачком	0,1	0,1	-	83	83	-	2
Посудомоечная машина	0,3	0,2	0,2	50	50	-	3
Стиральная машина-автомат	0,25	0,25	-	200	200	-	3
Водонагреватель электрический	0,1	0,1	-	100	100	-	5
Писсуар с полуавтоматическим смывным краном	0,2	0,2	-	36	36	-	3
Поливочный кран	0,3	0,3	0,2	1080	1080	720	2

Примечание: При использовании водоразборных кранов или смесителей с аэраторами, свободный напор должен быть не менее 5 м вод. столба.

Приложение 12

Нормы расхода воды для различных групп потребителей

Водопотребители Измеритель числа потребителей	Нормы расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
	в средние сутки		в сутки наибольшего водопотребления		в час наибольшего водопотребления			
	общая (в том числе горячей) $q_{u,m}^{tot}$	горячей $q_{u,m}^{h}$	общая (в том числе горячей) q_{u}^{tot}	горячей q_{u}^{h}	общая (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	горячей $q_{hr,u}^{h}$	общий (холодной и горячей) q_0^{tot} $(q_{0,hr}^{tot})$	холодной или горячей q_0^{c} , q_0^{h} $(q_{0,hr}^{c}, q_{0,hr}^{h})$
1	3	4	5	6	7	8	9	10
Жилые дома 1 житель	360	115	400	130	20	10,9	0,3 (300)	0,2 (200)
Гостиницы 1 проживающий	300	180	300	180	30	16	0,3 (300)	0,2 (200)
Больницы 1 койка	200	90	200	90	12	7,7	0,3 (300)	0,2 (200)
Санатории и дома отдыха 1 койка	150	75	150	75	12,5	8,2	0,2 (100)	0,14 (60)
Поликлиники 1 больной в смену	13	5,2	15	6	2,6	1,2	0,2 (80)	0,14 (60)
Детские дошкольные учреждения 1 ребенок	25	105	35	18	8	0,2 (100)	0,14 (60)	25
Прачечные 1 кг сухого белья	75	25	75	25	75	25	По технологическим данным	
Административные здания 1 работающий	12	5	16	7	4	2	0,14 (80)	0,1 (60)
Учебные заведения 1 учащийся и преподаватель	17,2	6	20	8	2,7	1,2	0,14 (100)	0,1 (60)
Предприятия общественного питания 1 условное блюдо	12	4	12	4	12	4	0,3 (300)	0,2 (200)
Магазины продовольственные 1 работающий в смену или 20м2 торгового зала	250	65	250	65	37	9,6	0,3 (300)	0,2 (200)
Магазины промтоварные 1 работающий в смену	12	5	16	7	4	2	0,14 (80)	0,1 (60)
Парикмахерские 1 рабочее место в смену	56	33	60	35	9	4,7	0,14 (60)	0,1 (40)
Кинотеатры 1 место	4	1,5	4	1,5	0,5	0,2	0,14 (80)	0,1 (50)
Клубы 1 место	8,6	2,6	10	3	0,9	0,4	0,14 (80)	0,1 (50)
Стадионы и спортзалы: для зрителей 1 место	3	1	3	1	0,3	0,1	0,14 (60)	0,1 (40)

для спортсменов 1 спортсмен	100	60	100	60	9	5	0,2 (80)	0,14 (50)
Плавательные бассейны: пополнение бассейна % емкости бассейна в сутки	10	-	-	-	-	-	-	-
для зрителей 1 место	3	1	3	1	0,3	0,1	0,14 (60)	0,1 (40)
Для спортсменов 1 спортсмен	100	60	100	60	9	5	0,2 (80)	0,14 (50)
Душевые в бытовых помещениях 1 душ. сетка в смену	-	-	500	230	500	230	0,2 (500)	0,14 (270)
Горячие цеха 1 чел. в смену	-	-	45	24	14,1	8,4	0,14 (60)	0,1 (40)
Остальные цеха 1 чел в смену	-	-	25	11	9,4	4,4	0,14 (60)	0,1 (40)
Расход воды на поливку 1 м2	3-6	-	3-6	-	-	-	-	-

В предприятиях общественного питания количество реализуемых блюд в час следует определять по формуле:

$$U = 2{,}2mn,$$

где:

n – количество посадочных мест ;

m – количество посадок, принимаемое для столовых открытого типа и кафе равным 2; для столовых при промышленных предприятиях и студенческих столовых -3; для ресторанов 1,5.

Приложение 13

Значения коэффициентов α для определения расчетных расходов воды

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ α
при P (Phr) > 0,1 и N <= 200

N	P (Phr)									
	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25	0,316	0,4	0,5	0,63	0,8
2	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
4	0,58	0,62	0,65	0,69	0,72	0,76	0,78	0,80	0,80	0,80
6	0,72	0,78	0,83	0,90	0,97	1,04	1,11	1,16	1,20	1,20
8	0,84	0,91	0,99	1,08	1,18	1,29	1,39	1,50	1,58	1,59
10	0,95	1,04	1,14	1,25	1,38	1,52	1,66	1,81	1,94	1,97
12	1,05	1,15	1,28	1,41	1,57	1,74	1,92	2,11	2,29	2,36
14	1,14	1,27	1,41	1,57	1,75	1,95	2,17	2,40	2,63	2,75
16	1,25	1,37	1,53	1,71	1,92	2,15	2,41	2,69	2,96	3,14
18	1,32	1,47	1,65	1,85	2,09	2,35	2,55	2,97	3,24	3,53
20	1,41	1,57	1,77	1,99	2,25	2,55	2,88	3,24	3,60	3,92
22	1,49	1,67	1,88	2,13	2,41	2,74	3,11	3,51	3,94	4,33
24	1,57	1,77	2,00	2,26	2,57	2,93	3,33	3,78	4,27	4,70
26	1,64	1,86	2,11	2,39	2,73	3,11	3,55	4,04	4,60	5,11
28	1,72	1,95	2,21	2,52	2,88	3,30	3,77	4,30	4,94	5,51
30	1,80	2,04	2,32	2,65	3,03	3,48	3,99	4,56	5,27	5,89
32	1,87	2,13	2,43	2,77	3,18	3,66	4,20	4,82	5,60	6,24
34	1,94	2,21	2,53	2,90	3,33	3,84	4,42	5,08	5,92	6,65
36	2,02	2,30	2,63	3,02	3,48	4,02	4,63	5,33	6,23	7,02
38	2,09	2,38	2,73	3,14	3,62	4,20	4,84	5,58	6,60	7,43
40	2,16	2,47	2,83	3,26	3,77	4,38	5,05	5,83	6,91	7,84
45	2,33	2,67	3,08	3,53	4,12	4,78	5,55	6,45	7,72	8,80
50	2,50	2,88	3,32	3,80	4,47	5,18	6,05	7,07	8,52	9,90
55	2,66	3,07	3,56	4,07	4,82	5,58	6,55	7,69	9,40	10,80
60	2,83	3,27	3,79	4,34	5,16	5,98	7,05	8,31	10,20	11,80
65	2,99	3,46	4,02	4,61	5,50	6,38	7,55	8,93	11,00	12,70
70	3,14	3,65	4,25	4,88	5,83	6,78	8,05	9,55	11,70	13,70
75	3,30	3,84	4,48	5,15	6,16	7,18	8,55	10,17	12,50	14,70
80	3,45	4,02	4,70	5,42	6,49	7,58	9,06	10,79	13,40	15,70
85	3,60	4,20	4,92	5,69	6,82	7,98	9,57	11,41	14,20	16,80
90	3,75	4,38	5,14	5,96	7,15	8,38	10,08	12,04	14,90	17,70
95	3,90	4,56	5,36	6,23	7,48	8,78	10,59	12,67	15,60	18,60
100	4,05	4,74	5,58	6,50	7,81	9,18	11,10	13,30	16,50	19,60
105	4,20	4,92	5,80	6,77	8,14	9,58	11,61	13,93	17,20	20,60
110	4,35	5,10	6,02	7,04	8,47	9,99	12,12	14,56	18,00	21,60
115	4,50	5,28	6,24	7,31	8,80	10,40	12,63	15,19	18,80	22,60
120	4,65	5,46	6,46	7,58	9,13	10,81	13,14	15,87	19,50	23,60
125	4,80	5,64	6,68	7,85	9,46	11,22	13,65	16,45	20,20	24,60
130	4,95	5,82	6,90	8,12	9,79	11,63	14,16	17,08	21,00	25,50
135	5,10	6,00	7,12	8,39	10,12	12,04	14,67	17,71	21,90	26,50
140	5,25	6,18	7,34	8,66	10,45	12,45	15,18	18,34	22,70	27,50
145	5,39	6,36	7,56	8,93	10,77	12,86	15,69	18,97	23,40	28,40
150	5,53	6,54	7,78	9,20	11,09	13,27	16,20	19,60	24,20	29,40
155	5,67	6,72	8,00	9,47	11,41	13,68	16,71	20,23	25,00	30,40
160	5,81	6,90	8,22	9,74	11,73	14,09	17,22	20,86	25,60	31,30
165	5,95	7,07	8,44	10,01	12,05	14,50	17,73	21,49	26,40	32,50
170	6,09	7,23	8,66	10,28	12,37	14,91	18,24	22,12	27,10	33,60
175	6,23	7,39	8,88	10,55	12,69	15,32	18,75	22,75	27,90	34,70
180	6,37	7,55	9,10	10,82	13,01	15,73	19,26	23,38	28,50	35,40
185	6,50	7,71	9,32	11,09	13,33	16,14	19,77	24,01	29,40	36,60
190	6,63	7,87	9,54	11,36	13,65	16,55	20,28	24,64	30,10	37,60
195	6,76	8,03	9,75	11,63	13,97	16,96	20,79	25,27	30,90	38,30
200	6,89	8,19	9,96	11,90	14,30	17,40	21,30	25,90	31,80	39,50

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ α
при P (Phr) <= 0,1 и любом N, а также при P (Phr) > 0,1 и числе N > 200

NP (NPhr)	α	NP (NPhr)	α	NP (NPhr)	α	NP (NPhr)	α	NP (NPhr)	α
Менее 0,015	0,200	0,64	0,767	10,0	4,126	58	16,22	330	76,80
0,015	0,202	0,66	0,779	10,2	4,185	59	16,45	335	77,88
0,016	0,205	0,68	0,791	10,4	4,244	60	16,69	340	78,96
0,017	0,207	0,70	0,803	10,6	4,302	61	16,92	345	80,04
0,018	0,210	0,72	0,815	10,8	4,361	62	17,15	350	81,12
0,019	0,212	0,74	0,826	11,0	4,419	63	17,39	355	82,20
0,020	0,215	0,76	0,838	11,2	4,477	64	17,62	360	83,28
0,021	0,217	0,78	0,849	11,4	4,534	65	17,85	365	84,36
0,022	0,219	0,80	0,860	11,6	4,592	66	18,09	370	85,44
0,023	0,222	0,82	0,872	11,8	4,649	67	18,32	375	86,52
0,024	0,224	0,84	0,883	12,0	4,707	68	18,55	380	87,60
0,025	0,226	0,86	0,894	12,2	4,764	69	18,79	385	88,67
0,026	0,228	0,88	0,905	12,4	4,820	70	19,02	390	89,75
0,027	0,230	0,90	0,916	12,6	4,877	71	19,25	395	90,82
0,028	0,233	0,92	0,927	12,8	4,934	72	19,48	400	91,90
0,029	0,235	0,94	0,937	13,0	4,990	73	19,71	405	92,97
0,030	0,237	0,96	0,948	13,2	5,047	74	19,94	410	94,05
0,031	0,239	0,98	0,959	13,4	5,103	75	20,18	415	95,12
0,032	0,241	1,00	0,969	13,6	5,159	76	20,41	420	96,20
0,033	0,243	1,05	0,995	13,8	5,215	77	20,64	425	97,27
0,034	0,245	1,10	1,021	14,0	5,270	78	20,87	430	98,34
0,035	0,247	1,15	1,046	14,2	5,326	79	21,10	435	99,41
0,036	0,249	1,20	1,071	14,4	5,382	80	21,33	440	100,49
0,037	0,250	1,25	1,096	14,6	5,437	81	21,56	445	101,56
0,038	0,252	1,30	1,120	14,8	5,492	82	21,69	450	102,63
0,039	0,254	1,35	1,144	15,0	5,547	83	22,02	455	103,70
0,040	0,256	1,40	1,168	15,2	5,602	84	22,25	460	104,77
0,041	0,258	1,45	1,191	15,4	5,657	85	22,48	465	105,84
0,042	0,259	1,50	1,215	15,6	5,712	86	22,71	470	106,91
0,043	0,261	1,55	1,238	15,8	5,767	87	22,94	475	107,98
0,044	0,263	1,60	1,261	16,0	5,821	88	23,17	480	109,05
0,045	0,265	1,65	1,283	16,2	5,876	89	23,39	485	110,11
0,046	0,266	1,70	1,306	16,4	5,930	90	23,62	490	111,18
0,047	0,268	1,75	1,328	16,6	5,984	91	23,85	495	112,25
0,048	0,270	1,80	1,350	16,8	6,039	92	24,08	500	113,32
0,049	0,271	1,85	1,372	17,0	6,093	93	24,31	505	114,38
0,050	0,273	1,90	1,394	17,2	6,147	94	24,54	510	115,45
0,052	0,276	1,95	1,416	17,4	6,201	95	24,77	515	116,52
0,054	0,280	2,00	1,437	17,6	6,254	96	24,99	520	117,58
0,056	0,283	2,1	1,479	17,8	6,308	97	25,22	525	118,65
0,058	0,286	2,2	1,521	18,0	6,362	98	25,45	530	119,71
0,060	0,289	2,3	1,563	18,2	6,415	99	25,68	535	120,78
0,062	0,292	2,4	1,604	18,4	6,469	100	25,91	540	121,84
0,064	0,295	2,5	1,644	18,6	6,522	102	26,36	545	122,91
0,065	0,298	2,6	1,684	18,8	6,575	104	26,82	550	123,97
0,068	0,301	2,7	1,724	19,0	6,629	106	27,27	555	125,04
0,070	0,304	2,8	1,763	19,2	6,682	108	27,72	560	126,10
0,072	0,307	2,9	1,802	19,4	6,734	110	28,18	565	127,16
0,074	0,309	3,0	1,840	19,6	6,788	112	28,63	570	128,22
0,076	0,312	3,1	1,879	19,8	6,840	114	29,09	575	129,29
0,078	0,315	3,2	1,917	20,0	6,893	116	29,54	580	130,35
0,080	0,318	3,3	1,954	20,5	7,025	118	29,89	585	131,41
0,082	0,320	3,4	1,991	21,0	7,156	120	30,44	590	132,47
0,084	0,323	3,5	2,029	21,5	7,287	122	30,90	595	133,54
0,086	0,326	3,6	2,065	22,0	7,417	124	31,35	600	134,60
0,088	0,328	3,7	2,102	22,5	7,547	126	31,80	605	135,66
0,090	0,331	3,8	2,138	23,0	7,677	128	32,25	610	136,72
0,092	0,333	3,9	2,174	23,5	7,806	130	32,70	615	137,78
0,094	0,336	4,0	2,210	24,0	7,935	132	33,15	620	138,84

0,098	0,341		4,2	2,281		25,0	8,192		136	34,06		630	140,96
0,100	0,343		4,3	2,317		25,5	8,320		138	34,51		635	142,02
0,105	0,349		4,4	2,352		26,0	8,447		140	34,96		640	143,08
0,110	0,355		4,5	2,386		26,5	8,575		142	35,41		645	144,14
0,115	0,361		4,6	2,421		27,0	8,701		144	35,86		650	145,20
0,120	0,367		4,7	2,456		27,5	8,828		146	36,31		655	146,25
0,125	0,373		4,8	2,490		28,0	8,955		148	36,76		660	147,31
0,130	0,378		4,9	2,524		28,5	9,081		150	37,21		665	148,37
0,135	0,384		5,0	2,558		29,0	9,207		152	37,66		670	149,43
0,140	0,389		5,1	2,592		29,5	9,332		154	38,11		675	150,49
0,145	0,394		5,2	2,626		30,0	9,457		156	38,56		680	151,55
0,150	0,399		5,3	2,660		30,5	9,583		158	39,01		685	152,60
0,155	0,405		5,4	2,693		31,0	9,707		160	39,46		690	153,66
0,160	0,410		5,5	2,726		31,5	9,832		162	39,91		695	154,72
0,165	0,415		5,6	2,760		32,0	9,957		164	40,35		700	155,77
0,170	0,420		5,7	2,793		32,5	10,08		166	40,80		705	156,83
0,175	0,425		5,8	2,826		33,0	10,20		168	41,25		710	157,89
0,180	0,430		5,9	2,858		33,5	10,33		170	41,70		715	158,94
0,185	0,435		6,0	2,891		34,0	10,45		172	42,15		720	160,00
0,190	0,439		6,1	2,924		34,5	10,58		174	42,60		725	161,06
0,195	0,444		6,2	2,956		35,0	10,70		176	43,05		730	162,11
0,20	0,449		6,3	2,989		35,5	10,82		178	43,50		735	163,17
0,21	0,458		6,4	3,021		36,0	10,94		180	43,95		740	164,22
0,22	0,467		6,5	3,053		36,5	11,07		182	44,40		745	165,28
0,23	0,476		6,6	3,085		37,0	11,19		184	44,84		750	166,33
0,24	0,485		6,7	3,117		37,5	11,31		186	45,29		755	167,39
0,25	0,493		6,8	3,149		38,0	11,43		188	45,74		760	168,44
0,26	0,502		6,9	3,181		38,5	11,56		190	46,19		765	169,50
0,27	0,510		7,0	3,212		39,0	11,68		192	46,64		770	170,55
0,28	0,518		7,1	3,244		39,5	11,80		194	47,09		775	171,60
0,29	0,526		7,2	3,275		40,0	11,92		196	47,54		780	172,66
0,30	0,534		7,3	3,307		40,5	12,04		198	47,99		785	173,71
0,31	0,542		7,4	3,338		41,0	12,16		200	48,43		790	174,76
0,32	0,550		7,5	3,369		41,5	12,28		205	49,49		795	175,82
0,33	0,558		7,6	3,400		42,0	12,41		210	50,59		800	176,87
0,34	0,565		7,7	3,431		42,5	12,53		215	51,70		810	178,98
0,35	0,573		7,8	3,462		43,0	12,65		220	52,80		820	181,08
0,36	0,580		7,9	3,493		43,5	12,77		225	53,90		830	183,19
0,37	0,588		8,0	3,524		44,0	12,89		230	55,00		840	185,29
0,38	0,595		8,1	3,555		44,5	13,01		235	56,10		850	187,39
0,39	0,602		8,2	3,585		45,0	13,13		240	57,19		860	189,49
0,40	0,610		8,3	3,616		45,5	13,25		245	58,29		870	191,60
0,41	0,617		8,4	3,646		46,0	13,37		250	59,38		880	193,70
0,42	0,624		8,5	3,677		46,5	13,49		255	60,48		890	195,70
0,43	0,631		8,6	3,707		47,0	13,61		260	61,57		900	197,90
0,44	0,638		8,7	3,738		47,5	13,73		265	62,66		910	200,00
0,45	0,645		8,8	3,768		48,0	13,85		270	63,75		920	202,10
0,46	0,652		8,9	3,798		48,5	13,97		275	64,85		930	204,20
0,47	0,658		9,0	3,828		49,0	14,09		280	65,94		940	206,30
0,48	0,665		9,1	3,858		49,5	14,20		285	67,03		950	208,39
0,49	0,672		9,2	3,888		50	14,32		290	68,12		960	210,49
0,50	0,678		9,3	3,918		51	14,56		295	69,20		970	212,59
0,52	0,692		9,4	3,948		52	14,80		300	70,29		980	214,68
0,54	0,704		9,5	3,978		53	15,04		305	71,38		990	216,78
0,56	0,717		9,6	4,008		54	15,27		310	72,46		1000	218,87
0,58	0,730		9,7	4,037		55	15,51		315	73,55		1250	271,14
0,60	0,742		9,8	4,067		56	15,74		320	74,63		1600	343,90
0,62	0,755		9,9	4,097		57	15,98		325	75,72		2000	426,80

Приложение 14.

Нормативные требования по установке трубопроводной арматуры

ВОДОПРОВОД ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ		
Водозапорная арматура	В основании стояков	СНиП 2.04.01, п.10.5
	При закольцованных по вертикали стояках – в верхней их части	
	При закольцованной системе – для отключения каждого полукольца	
	На ответвлениях от магистрали	
	На вводе в квартиру (номер)	
	На ответвлениях, питающих 5 или больше точек водоразбора	
	Перед наружным поливочным краном	
	Перед смывным бачком унитаза	
	Перед водонагревателями	
	Перед стиральной машиной-автоматом	Паспорт машины
	Перед посудомоечной машиной	Паспорт машины
	Перед гидромассажной ванной	Паспорт ванны
	Перед гидромассажным душем	Паспорт душа
	Перед фильтром питьевой воды со сменными фильтрующими элементами	Паспорт фильтра
Водоспускная арматура	В нижних точках системы	СНиП 2.04.01, п.9.15
	У основания стояков перед запорной арматурой стояка	СНиП 2.04.01, п.10.4.
	После водосчетчика (по ходу воды) перед запорной арматурой	СНиП 2.04.01, п.11.6.
Поливочный кран	На каждые 60 м периметра здания (у наружной стены)	СНиП 2.04.01, п.10.7.
	В мусоросборной камере мусорпровода (горячая и холодная вода)	СНиП 2.04.01, п.10.11
	В гардеробах рабочей одежды загрязненных производств	СНиП 2.04.01, п.10.12 (в зданиях с горячей водой к поливочным кранам подводится горячая и холодная вода)
	В общественных уборных	
	В уборных с тремя и более унитазами	
	В умывальных помещениях при числе умывальников 5 и более	
	В душевых помещениях при числе душей 3 и более	
	В помещениях, где предусмотрена мокрая уборка полов	
Кран со штуцером и шлангом длиной 15м	На вводе в квартиру (в качестве первичного средства пожаротушения)	СНиП 2.08.01. п.3.1а
Регулятор давления	На вводе водопровода, если давление наружной сети превышает величину (4,5 бар + потери до нижней водоразборной точки)	СНиП 2.04.01, п.10.9
	На каждом ярусе системы для зданий высотой более 40м.	

Обратный клапан	На участках системы , подающих горячую воду к групповым смесителям	СНиП 2.04.01, п.10.16
	На циркуляционном трубопроводе ГВС перед присоединением его к водонагревателю	
	На байпасе обратного трубопровода ГВС к терморегулятору (трехходовому смесителю)	
	На циркуляционном трубопроводе ГВС перед присоединением его к обратному трубопроводу тепловой сети в системах с непосредственным водоразбором из трубопроводов тепловых сетей	
	После водосчетчика на циркуляционном водопроводе ГВС	СНиП 2.04.01, п.11.1
Водосчетчик	На вводе в здание	СНиП 2.04.01, п.11.1
	На вводе в квартиру	
	На вводе ответвлении к отдельной группе потребителей (магазин,офис, склад и т.п.)	
	На подающем и обратном трубопроводе ГВС	
СОСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ		
Водозапорная арматура	У основания стояков	СНиП 2.04.05 п.3.37
	В начале и конце поэтажного циркуляционного кольца при горизонтальной разводке	
	Для отключения отдельных ветвей, колец, стояков	СНиП 2.04.05 п.3.60
	Для отключения части отопительных приборов в помещениях, которые используются эпизодически	
Спускная арматура со штуцером	На каждом стояке перед запорной арматурой	СНиП 2.04.05 п.3.37
	В начале и конце поэтажного циркуляционного кольцо при горизонтальной разводке	
Воздухоотводчики	В верхних точках системы	СНиП 2.04.05 п.3.43
Регулирующая арматура	У отопительных приборов (кроме гардеробных, душевых, кладовых, лестничных клеток, тамбуров)	СНиП 2.04.05 п.3.59
Терморегуляторы	У отопительных приборов жилых и общественных зданий	СНиП 2.04.05 п.3.59
ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ		
Водозапорная арматура	На подающем и обратном трубопроводе при вводе и выходе из ТП	СП41-101, п.4.42
	На всасывающем и нагнетательном патрубке насоса	
	на подводящих и отводящих трубопроводах каждого водоподогревателя	
Спускная арматура со штуцером	Для слива воды с водонагревателя	СП41-101, п.4.7
	На обратных трубопроводах каждой из систем потребления теплоты	СП41-101, п.4.49
	В низших точках трубопроводов	СП41-101, п.4.50
	На коллекторах (Dy не менее 25мм)	
Клапан предохранительный	На водонагревателе со стороны нагреваемой среды	СП41-101, п.4.7.

	На расширительном баке	СП41-101, п.4.35
	На коллекторе подающего трубопровода	СП41-101, п.4.64
Воздухоотводчик	На водонагревателе	СП41-101, п.4.7
	В высших точках трубопроводов	СП41-101, п.4.50
Фильтры грубой очистки (грязевики)	на подающем трубопроводе при вводе в тепловой пункт непосредственно после первой запорной арматуры	СП41-101, п.4.36
	на обратном трубопроводе перед регулирующими устройствами, насосами, приборами учета	
Фильтры сетчатые ферромагнитные	Перед механическими водосчетчиками	СП41-101, п.4.37
	Перед пластинчатыми теплообменниками	
Клапан обратный	на циркуляционном трубопроводе системы горячего водоснабжения перед присоединением его к обратному трубопроводу тепловых сетей в открытых системах теплоснабжения или к водоподогревателям в закрытых системах теплоснабжения	СП41-101, п.4.58
	на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателями системы горячего водоснабжения за водомерами по ходу воды	
	на ответвлении от обратного трубопровода тепловой сети перед регулятором смешения в открытой системе теплоснабжения	
	на трубопроводе перемычки между подающим и обратным трубопроводами систем отопления или вентиляции при установке смесительных или корректирующих насосов на подающем или обратном трубопроводе этих систем	
	на нагнетательном патрубке каждого насоса до задвижки при установке более одного насоса	
	на обводном трубопроводе у подкачивающих насосов	
	на подпиточном трубопроводе системы отопления при отсутствии на нем насоса	
Манометр показывающий	после запорной арматуры на вводе в тепловой пункт	СП41-101, п.8.10
	после узла смешения	
	до и после регуляторов давления	
	на подающих трубопроводах после запорной арматуры на каждом ответвлении к системам потребления теплоты и на обратных трубопроводах до запорной арматуры - из систем потребления теплоты	

	на входе и выходе трубопроводов греющей и нагреваемой воды для каждой ступени водоподогревателей систем горячего водоснабжения и отопления (п.8.11)	
	перед всасывающими и после нагнетательных патрубков насосов (п.8.12)	
Штуцеры для манометров	до запорной арматуры на вводе в тепловой пункт трубопроводов водяных тепловых сетей	
	до и после грязевиков, фильтров и водомеров	
Термометры показывающие	после запорной арматуры на вводе в тепловой пункт	СП41-101, п.8.10
	на трубопроводах водяных тепловых сетей после узла смешения	
	на обратных трубопроводах из систем потребления теплоты по ходу воды перед задвижками	
	на входе и выходе трубопроводов греющей и нагреваемой воды для каждой ступени водоподогревателей систем горячего водоснабжения и отопления.	СП41-101, п.8.11

1. Не допускается размещение арматуры, дренажных устройств, фланцевых и резьбовых соединений в местах прокладки трубопроводов над дверными и оконными проемами, а также над воротами
2. Манометры, устанавливаемые на трубопроводах с температурой теплоносителя до 105ºС, должны присоединяться через трехходовой кран. При большей температуре теплоносителя кроме трехходового крана должна устанавливаться сифонная трубка.
3. Термометры на трубопроводах должны быть установлены в гильзах, а выступающая часть термометра должна быть защищена оправой. На трубопроводах с условным проходом до 57 мм включительно в месте установки термометров следует предусматривать расширитель.

Приложение 15

Гидравлические характеристики труб при шероховатости 0,01 мм

Рас	16 х 2,0			20х2,0			26х3,0			32х2,0			40х3,5		
ход	v	20 °С	80 °С	v	20 °С	80 °С	v	20 °С	80 °С	v	20 °С	80 °С	v	20 °С	80 °С
л/с	м/с	Па/м	Па/м	м/с	Па/м	Па/м	м/с	Па/м	Па/м	м/с	Па/м	Па/м	м/с	Па/м	Па/м
0,01	0,088	25,36	14,13	0,049	8,024	2,482	0,031	3,286	1,016	0,018	1,15	0,355	0,012	0,443	0,137
0,02	0,177	50,72	47,53	0,099	16,05	12,12	0,064	6,573	4,199	0,038	2,301	1,207	0,023	0,887	0,273
0,03	0,265	131,8	96,63	0,149	24,07	24,64	0,096	9,861	8,537	0,057	3,452	2,455	0,035	1,33	0,791
0,04	0,354	218	159,9	0,199	55,58	40,76	0,127	13,15	14,12	0,075	4,603	4,062	0,047	1,77	1,309
0,05	0,442	322	244,7	0,249	82,14	60,24	0,159	28,46	20,87	0,094	5,754	6,003	0,058	2,217	1,934
0,06	0,53	443,2	339	0,298	113	82,88	0,191	39,15	28,72	0,113	6,905	8,258	0,07	2,661	2,661
0,07	0,619	580,4	446,9	0,348	147,9	108,5	0,223	51,28	37,61	0,132	14,75	10,82	0,082	3,104	3,485
0,08	0,708	733,2	568,2	0,398	186,9	137,1	0,255	64,78	47,51	0,151	18,63	13,66	0,094	6,003	4,403
0,09	0,796	901	702,7	0,448	229,8	174,6	0,287	79,6	58,38	0,17	22,89	16,79	0,105	7,377	5,41
0,1	0,885	1083	850,1	0,498	276,3	210,8	0,318	95,72	70,2	0,188	27,53	20,19	0,117	8,871	6,506
0,11	0,973	1280	1010,4	0,547	326,4	250	0,35	113,1	82,95	0,207	32,52	23,85	0,129	10,48	7,687
0,12	1,062	1491	1184	0,597	380,1	292,2	0,382	131,7	96,59	0,226	37,87	27,78	0,14	12,2	8,951
0,13	1,15	1715	1568	0,647	437,3	337,3	0,414	151,5	114,8	0,245	43,57	31,95	0,152	14,04	10,3
0,14	1,239	1952	1778	0,697	497,8	385,5	0,446	172,5	131,1	0,264	49,6	36,38	0,164	15,98	11,72
0,15	1,327	2278	2002	0,746	561,7	436,5	0,478	194,6	148,3	0,283	55,97	41,05	0,175	18,04	13,23
0,16	1,416	2556	2237	0,796	628,8	490,4	0,51	217,9	166,4	0,302	62,66	45,96	0,187	20,19	14,81
0,17	1,504	2848	2485	0,846	699,2	547,2	0,541	242,3	185,5	0,32	69,67	51,1	0,199	22,45	16,47
0,18	1,593	3154	2746	0,896	772,8	606,8	0,573	267,8	205,5	0,339	77	56,48	0,211	24,81	18,2
0,19	1,681	3475	3019	0,946	849,5	669,3	0,605	294,3	226,4	0,358	84,64	62,08	0,222	27,28	20
0,20	1,769	3809	3303	0,995	929,2	734,6	0,637	322	248,3	0,377	92,59	67,91	0,234	29,84	21,88
0,21	1,858	4157	3601	1,045	1012	802,7	0,669	350,7	271	0,396	100,8	73,96	0,246	32,5	23,83
0,22	1,646	4519	3910	1,095	1098	873,6	0,701	380,4	294,7	0,415	109,4	82,94	0,257	35,25	25,86
0,23	2,035	4895	4232	1,145	1187	947,3	0,733	411,2	319,2	0,433	118,2	89,78	0,269	38,1	27,95
0,24	2,123	5284	4565	1,194	1278	1024	0,764	443	345	0,452	127,4	96,87	0,281	41,05	30,11
0,25	2,212	5687	4911	1,244	1373	1103	0,796	475,8	371,1	0,471	136,8	104,2	0,292	44,09	32,34
0,26	2,3	6103	5269	1,294	1520	1185	0,828	509,6	398,3	0,49	146,5	111,8	0,304	47,22	34,64
0,27	2,389	6533	5669	1,344	1625	1270	0,86	544,4	426,4	0,509	156,6	119,6	0,316	50,45	37
0,28	2,477	6976	5639	1,393	1734	1357	0,892	580,1	455,4	0,528	166,8	127,6	0,328	53,76	39,43
0,29	2,566	7432	6022	1,443	1846	1448	0,924	616,9	485,3	0,546	177,4	135,9	0,339	57,17	41,93
0,30	2,654	7902	6416	1,493	1962	1541	0,956	654,6	516,1	0,565	188,2	144,4	0,351	60,66	44,49
0,31	2,743	8385	6823	1,543	2080	1636	0,987	693,2	547,8	0,584	199,4	153,1	0,363	64,25	47,12
0,32	2,831	8881	7241	1,592	2202	1735	1,019	732,9	580,3	0,603	210,8	162,1	0,374	67,92	49,81
0,33	2,92	9390	7672	1,642	2326	1836	1,051	773,4	613,6	0,622	222,4	171,3	0,386	71,67	52,57
0,34	3,01	9912	8114	1,692	2454	1940	1,083	814,9	647,9	0,641	234,4	180,7	0,398	75,52	55,39
0,35				1,742	2585	2046	1,115	857,3	683	0,66	246,54	190,4	0,409	79,45	60,21
0,36				1,792	2718	2156	1,147	900,6	719	0,678	259	200,3	0,421	83,46	63,31
0,37				1,841	2855	2268	1,178	944,8	755,8	0,697	271,7	210,4	0,433	87,56	66,48
0,38				1,891	2995	2382	1,21	990	793,6	0,716	284,7	220,8	0,444	91,74	69,72
0,39				1,941	3138	2500	1,242	1036	832	0,735	298	231,4	0,456	96,01	73,03
0,4				1,991	3284	2620	1,274	1083	871,5	0,754	311,4	242,2	0,468	100,4	76,41
0,45				2,24	4059	3261	1,433	1380	1081	0,848	382,7	300	0,526	123,3	94,32
0,5				2,488	4908	3969	1,592	1666	1312	0,942	460	362,5	0,585	148,3	113,9
0,55				2,737	5831	4744	1,752	1976	1565	1,036	543,8	431	0,643	175,2	135,2
0,6				2,986	6826	5585	1,911	2309	1838	1,131	633,2	505	0,702	204	158,1
0,65				3,235	7894	6494	2,07	2666	2132	1,225	728,4	584	0,76	234,7	182,6
0,7							2,230	3046	2447	1,319	857,4	669,2	0,819	267,2	208,7
0,75							2,389	3450	2782	1,413	970	759,4	0,877	301,5	236,5
0,8							2,55	3876	3139	1,508	1088	855	0,936	337,6	265,8
0,85							2,71	4325	3514	1,6	1213	956	0,994	375,4	296,7
0,9							2,87	4796	3914	1,696	1343	1062	1,053	414,8	329,2
1,0							3,185	5807	4772	1,885	1922	1290	1,17	498,8	398,8
1,2										2,262	2252	1810	1,404	711,1	556,7
1,4										2,638	2974	2414	1,638	936,6	739,1
1,6										3,015	3787	3101	1,872	1190	945,8
1,8										3,39	4691	3871	2,106	1470	1177
2,0										3,769	5684	4725	2,34	1777	1432
2,5										4,71	8553,2	7221	2,925	2660	2173

Приложение 16

Потери тепла открыто проложенными неизолированными трубами, Вт/м

Dн	ΔT=Ттеп - Твозд	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Положение
16	20	9,38	9,86	10,33	10,8	11,27	11,74	12,21	12,68	13,14	13,61	Верт.
		11,12	11,67	12,23	12,79	13,35	13,9	14,46	15,01	15,57	16,13	Гориз.
	30	14,08	14,55	15,02	15,49	15,96	16,43	16,9	17,37	17,84	18,31	Верт.
		17,96	18,55	19,15	19,75	20,34	20,94	21,54	22,14	22,74	23,34	Гориз.
	40	20,52	21,03	21,55	22,06	22,57	23,09	23,09	24,11	24,63	25,14	Верт.
		25.62	26.25	26,90	27,54	28,17	28,82	29,46	30,1	30,74	31,38	Гориз.
	50	27,8	28,36	28,91	29,47	30,03	30,58	31,13	31,69	32,25	32,81	Верт.
		34,09	34,77	35,45	36,14	36,82	37,50	38,18	38,86	39,55	40,23	Гориз.
	60	33,36	33,92	34,47	35,03	35,59	35,59	36,70	37,26	37,81	38,37	Верт.
		43,36	44,08	44,81	45,52	46,25	46,97	46,97	48,42	49,14	49,86	Гориз.
	70	41,90	42,49	43,09	43,69	44,29	44,89	45.49	46.09	46,68	47,28	Верт.
		53,41	54,17	54,94	55,70	56,46	57,23	57,99	58,75	59,52	60,28	Гориз.
20	20	11,75	12,34	12,93	13,52	14,10	14,69	15,28	15,87	16,45	17,04	Верт.
		13,93	14,62	15,32	16,02	16,71	17,41	18,10	18,80	19,50	20.19	Гориз.
	30	17,63	18,22	18,80	19,39	19,98	20,57	21.16	21,74	22,33	22,92	Верт.
		22,48	23,23	23,99	24,74	25,49	26,24	26,99	27,73	28,48	29,23	Гориз.
	40	25,68	26,33	26,97	27,62	28,26	28,91	29,55	30,19	30,83	31,47	Верт.
		32,08	32,89	33,69	34,49	35,30	36,10	36,90	37,70	38,50	39,31	Гориз.
	50	34,81	35,51	36,2	36,9	37,6	38,29	39,00	39,69	40,39	41,08	Верт.
		42,71	43,56	44,41	45,27	46.12	46,97	47,83	48,69	49,54	50,39	Гориз.
	60	41,77	42,47	43,17	43,86	44,56	45,26	45,95	46,65	47,35	48,05	Верт.
		54,33	55,23	56,14	57,04	57,95	58,85	59,76	60,66	61,57	62,47	Гориз.
	70	52,47	53,22	53,97	54,72	55,47	56,22	56,97	57,72	58,47	59,22	Верт.
		66,93	67,88	68,84	69,80	70,76	71,71	72,66	73,62	74.58	75,53	Гориз.
26	20	14,89	15,64	16,38	17,13	17,87	18,62	19,36	20,11	20,85	21,60	Верт.
		17,57	18,45	19,33	20,21	21,08	21,96	22,84	23,72	24.60	25,48	Гориз.
	30	22,35	23,09	23,84	24,58	25,33	26,07	26,82	27,56	28,31	29,05	Верт.
		28,31	29,25	30.19	31,13	32,08	33,02	33,96	34,91	35,86	36,80	Гориз.
	40	32,49	33,3	34,11	34,92	35,74	36,55	37,36	38,17	38,99	39,8	Верт.
		40,3	41,31	42,32	43,32	44,33	45,34	46.34	47,35	48,36	49,37	Гориз.
	50	43,92	44,8	45,68	46,56	47,44	48,32	49,20	50.07	50.95	51,83	Верт.
		50,37	51,38	52,39	53,40	54,40	55,41	56,42	57,43	58,44	59,45	Гориз.
	60	52,71	53,58	54,47	55,34	56,22	57,10	57,98	58,85	59,73	60,61	Верт.
		67,9	69,1	70,2	71,3	72,5	73,6	74,7	75,9	77,0	78,13	Гориз.
	70	66,05	66,99	67,94	68,88	69,82	70,77	71,71	72.65	73,60	74,54	Верт.
		83,5	84,7	85,91	87,10	88,30	89,49	90,68	91,87	93,07	94.2	Гориз.
32	20	18.37	19,29	20.2	21,13	22,04	22.96	23.88	24,8	25.71	26,62	Верт.
		21,67	22,75	23,84	24,92	26	27.1	28.17	29,25	30,34	31,42	Гориз.
	30	27,55	28,47	29.39	30,31	31,23	32,14	33,07	33,99	34,9	35,8	Верт.
		34,92	36,08	37,25	38,42	39,57	40,74	41,91	43,07	44.24	45,40	Гориз.
	40	40,07	41,07	42.07	43,07	44,07	45,08	46,08	47,08	48,08	49,09	Верт.
		49,73	50,97	52,22	53,46	54,7	55,95	57,19	58,43	59,67	60,91	Гориз.
	50	54,18	55,26	56,35	57,43	58,51	59,6	60,68	61,77	62.85	63,93	Верт.
		66,06	67,37	68,69	70,01	71.33	72.65	73.98	75,30	76,62	77,94	Гориз.
	60	65,01	66,1	67,18	68,26	69,35	70,43	71,51	72,6	73,68	74,67	Верт.
		83,85	85,25	86,65	88,05	89,44	90,85	92.24	93,64	95,04	96,44	Гориз.
	70	81,48	82,65	83,81	84,97	86.14	87,31	88,47	89,63	90,8	91,96	Верт.
		103.1	104,6	106.1	107,5	109	110.4	111,9	113,4	114,8	116,4	Гориз.
40	20	22,71	23.84	24,98	26,12	27,25	28,39	29.52	30,66	31,79	32,93	Верт.
		26,73	28,07	29,41	30,75	32,09	33,43	34,76	36,10	37.43	38,77	Гориз.
	30	34,06	35,20	36,33	37,47	38,61	39,74	40,87	42,01	43,14	44,28	Верт.
		43,04	44,48	45,91	47,34	48,78	50,22	51,65	53,08	54,52	56	Гориз.
	40	49,48	50,72	51,96	53,19	54,43	55,67	56,91	58.15	59,38	60,62	Верт.
		61,23	62,76	64,29	65,82	67,36	68,89	70,42	71,95	73,98	75	Гориз.
	50	66,84	68.18	69,5	70,86	72,19	73,53	74,86	76.20	77,54	78,87	Верт.
		81,26	82,88	84,51	86,14	87,76	89,39	91,01	92,63	94,26	95.89	Гориз.
	60	80,21	81,55	82,88	84,23	85,56	86,90	88,23	89,57	90,91	92,24	Верт.
		103	104,7	106,5	108,2	109,9	111,7	113,3	115	116,8	118,5	Гориз.
	70	100,4	101,8	103,3	104.7	106,2	107,6	109	110,5	111,9	113,3	Верт.
		126,6	128,4	130,2	132	133,8	135,6	137,5	139,3	141,1	142,9	Гориз.

Приложение 17

KME

Confirmation

16 x 2.0 and 20 x 2.0 press fittings Type "VTM" from

Vesta Trading
Professor Katschalow Str. 11
195272 St. Petersburg

were tested by KME GERMANY AG & Co. KG as follows:

Dimensional test

The dimensions were compared with the specified values from Vesta (see attached technical drawing from VESTA)

Result:

All values are into the specification.

All tested fittings (16x2.0, 20x2.0) could be plugged easily on the correlating Q-tec® tubes.

Pressure test

Q-tec® tubes 16 x2 mm and 20 x2 mm with the correlating fittings were tested by increasing pressure and high temperature (zero up to 10 bar, 60°C).

Result:

After 15000 cycles the connections were ok, no leakage.

Additional we tested the under pressure (-0,8 bar, > 1 h) behaviour

Result: the connections were ok, no leakage

From the technical point of view the VESTA fitting Type "VTM" 16 x 2.0 and 20 x 2.0 could be use together with the Q-tec® tube.*

KME Germany AG & Co. KG
Plumbing Tubes Quality Assurance

Osnabrück, 10.09.2008

Attachment: technical drawing of VTM press fittings

Attachment: * comment

KME Германия AG & Co. KG

KME

Подтверждение

16 x 2.0 и 20 x 2.0 пресс фитинг тип "VTM" от

Vesta Trading
Ул. Проф.Качалова, 11
195272 Санкт-Петербург

Были протестированы KME GERMANY AG &Co. KG

Тест размера

Сравнивались размеры с нормированными значениями (заданными величинами) компании Vesta (см. Технический чертеж в приложении VESTA)
Результат:
Все величины соответствуют их тех.характеристикам/(совпадают с теми, что на чертеже)
Все протестированные фитинги (16x2.0, 20x2.0) могут быть легко подсоединены к соответствующим Q-tec® трубам.

Тест давления

Q-tec® трубы 16 x2 мм и 20 x2 мм с соответствующими фитингами были протестированы путем увеличения давления и высокой температуры (ноль до 10 бар, 60°C).
Результат:
После 15000 циклов соединения были в порядке, никакой протечки. Дополнительно были протестированы под давлением (-0,8 bar, > 1 h). Результат: соединения были в порядке, никакой протечки.

С технической точки зрения фитинг VESTA тип "VTM" 16 x 2.0 и 20 x 2.0 может быть использованы вместе с Q-tec® трубой.

KME Germany AG & Co. KG
Plumbing Tubes Quality Assurance

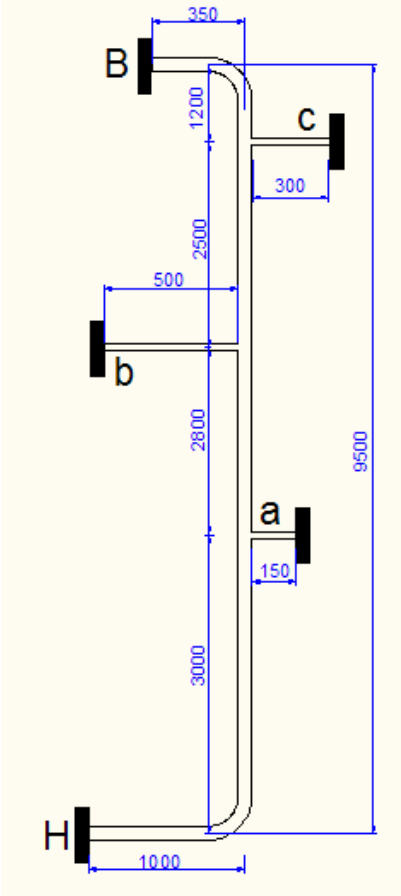
Osnabruck, 10.09.2008

Вложение: технический чертеж пресс фитинга

Приложение 18

Пример расчета условного стояка на дополнительные напряжения от изменения температуры и от собственного веса

Расчетная схема стояка



Исходные данные:

Стояк МПТ из трубы 32х3,0 в точках *B* и *H* крепится к стальным разводящим трубопроводам (принимаются в качестве жестких опор). В узлах *a,b* и *c* расположены этажные тройниковые ответвления из МПТ 16х2,0 , закрепленные от вертикального смещения на заданных расстояниях от стояка. Требуется определить наличие сверхнормативных напряжений в элементах трубопровода в условиях 2-го класса эксплуатации (ΔT=90ºC).

Решение:

Геометрический центр стояка (без учета отводов, принимаемых за упругие опоры) находится на расстоянии L/2=9500/2=4750 мм от оси опоры Н (между опорами *a* и *b*).

Определяем суммы коэффициентов упругой реакции опор выше и ниже геометрического центра:

$$\Sigma G_в = \frac{3EI_B}{l_B^{\,3}} + \frac{3EI_c}{l_c^{\,3}} + \frac{3EI_b}{l_b^3} = 3\cdot 900\cdot\left(\frac{29025}{350^3} + \frac{2198}{300^3} + \frac{2198}{500^3}\right) = 2{,}095 \text{ Н/мм;}$$

$$\Sigma G_H = \frac{3EI_H}{l_H^{\,3}} + \frac{3EI_a}{l_a^{\,3}} = 3\cdot 900\cdot\left(\frac{29025}{1000^3} + \frac{2198}{150^3}\right) = 1{,}837 \text{ Н/мм.}$$

Находим температурное смещение верхней и нижней точки стояка:

$$\Delta L_B = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1 + \frac{(\Sigma G_B + \Sigma G_H)L}{EF}\right)}\left(\frac{\Sigma G_H}{\Sigma G_B + \Sigma G_H}\right) = \frac{0{,}000026\cdot 9500\cdot 90\cdot 1{,}83}{\left(1 + \frac{(2{,}095 + 1{,}837)\cdot 9500}{900\cdot 273}\right)(2{,}09}$$

= 9,015 мм

$$\Delta L_H = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1 + \frac{(\Sigma G_B + \Sigma G_H)L}{EF}\right)}\left(\frac{\Sigma G_B}{\Sigma G_B + \Sigma G_H}\right) = \frac{0{,}000026\cdot 9500\cdot 90\cdot 2{,}095}{\left(1 + \frac{(2{,}095 + 1{,}837)\cdot 9500}{900\cdot 273}\right)(2{,}095 + 1{,}837)} =$$

= 10,281 мм.

Зная смещение крайних опор , можно найти смещение тройниковых упругих опор из соотношения:

$$\frac{\Delta l_i}{\Delta l_k} = \frac{L}{2} : \left(\frac{L}{2} - y\right); \quad \Delta l_i = \frac{\Delta l_k (0{,}5L - y)}{0{,}5L}, \text{ где}$$

Δl_i – смещение промежуточной опоры;

Δl_k- смещение крайней опоры;

y – расстояние от ближайшей крайней опоры до промежуточной опоры.

$$\Delta l_c = \frac{\Delta l_B (0{,}5L - y)}{0{,}5L} = \frac{9{,}015\cdot(0{,}5\cdot 9500 - 1200)}{0{,}5\cdot 9500} = 6{,}738 мм$$

$$\Delta l_b = \frac{\Delta l_B (0{,}5L - y)}{0{,}5L} = \frac{9{,}015\cdot(0{,}5\cdot 9500 - 3700)}{0{,}5\cdot 9500} = 1{,}993 мм$$

$$\Delta l_a = \frac{\Delta l_H (0{,}5L - y)}{0{,}5L} = \frac{10{,}281 \cdot (0{,}5 \cdot 9500 - 3000)}{0{,}5 \cdot 9500} = 3{,}788 мм$$

Зная перемещения , можно определить напряжения в стенках труб в наиболее опасных сечениях (расчет ведется в табличной форме)

	Опора В	Опора Н	Опора а	Опора b	Опора с
Усилие (Н) $N = \frac{3EI\Delta l}{l^3}$	+16,48*	-0,81*	-6,66*	+0,095*	+1,48*
Изгибающий момент (Нмм) $M = Nl$	149	8,28	25,2	0,19	9,98
Напряжение в стенке (МПа) σ=*M/W*	0,082	0,005	0,09	0,0007	0,036

**Знак «плюс» - сила на гибкую опору действует вверх, знак «минус» -вниз.*

Как видно из результатов расчета, если принимать во внимание только температурные деформации, то система полностью удовлетворяет нормативным требованиям (σ<1,5 МПа).
Для сравнения можно рассчитать напряжения в стенках труб этой же системы только от собственного веса заполненного стояка.
Вес стояка с водой составит: P=0,901x9,5= 8,56 кг.
Сумма коэффициентов упругой реакции: ΣG=2,095+1,837=3,932 Нм.
Смещение стояка под собственным весом: Δl= Pg/ΣG= 8,56 x9,8 /3,932 = 21,33мм

	Опора В	Опора Н	Опора а	Опора b	Опора с
Усилие от собственного веса (Н)	-38,99	-1,67	-37	-1,01	-4,69
Изгибающий момент (Нмм)	831	36	800	22	100
Напряжение в стенке (МПа)	0,46	0,02	2,91	0,08	0,36

Под действием собственного веса опора «а» переходит в область недопустимых напряжений и изгибающих моментов (σ>1,5 МПа; М>412 Нмм).

Суммарные нагрузки и напряжения при учете температурных деформаций и собственного веса:

	Опора В	Опора Н	Опора а	Опора b	Опора с
Усилие (Н)	-22,51	-2,48	-44,17	-0,92	-3,21
Изгибающий момент (Нмм)	480	53	942	19,6	68,4
Напряжение в стенке (МПа)	0,26	0,029	3,43	0,071	0,25

Из расчета видно, что температурные деформации вертикального стояка разгружают упругие опоры, расположенные выше геометрического центра, и дополнительно нагружают нижние опоры.

Расчет показал, что необходимо увеличить упругие свойства опоры «а», поскольку изгибающий момент у основания опоры достигает 942 Нмм вместо допустимого 412 Нмм. Это можно сделать, увеличив диаметр трубы, увеличив плечо вылета консоли или установив на стояке неподвижную опору, которая воспримет на себя собственный вес стояка. После чего требуется заново

Приложение 19

Таблица среднесуточных расходов воды по потребителям (для расчета по СП.30.1330.2012)

№	Потребитель			Ед.изм.	Средний суточный расход общий, л/сут	Средний суточный расход ГВ, л/сут	Продолжительность водоразбора, ч
1	Жилые здания	1.1.	С водопроводом и канализацией без ванн, I и II к.з.	житель	100	40	24
		1.2.	С водопроводом и канализацией без ванн, III и IV к.з.	житель	110	45	24
		1.3.	То же, с газоснабжением, I и II к.з.	житель	120	48	24
		1.4.	То же, с газоснабжением, III и IV к.з.	житель	135	55	24
		1.5.	С водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе, I и II к.з.	житель	150	60	24
		1.6.	С водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе, III и IV к.з	житель	170	70	24
		1.7.	То же, с газовыми водонагревателями, I и II к.з.	житель	210	85	24
		1.8.	То же, с газовыми водонагревателями, III и IV к.з	житель	235	95	24
		1.9.	С централизованным горячим водоснабжением и сидячими ваннами, I и II к.з.	житель	230	95	24
		1.10.	С централизованным горячим водоснабжением и сидячими	житель	260	105	24

			IV к.з				
		1.11.	То же, с ваннами длиной более 1500-1700 мм, I и II к.з.	житель	250	100	24
		1.12.	То же, с ваннами длиной более 1500-1700 мм, III и IV к.з	житель	285	115	24
2	Общежития						
		2.1.	с общими душевыми, I и II к.з.	житель	90	50	24
		2.2.	с общими душевыми, III и IV к.з	житель	99	55	24
		2.3.	с душами при всех жилых комнатах, I и II к.з.	житель	140	80	24
		2.4.	с душами при всех жилых комнатах, III и IV к.з	житель	161	92	24
3	Гостиницы, пансионаты и мотели	3.1.	с общими ваннами и душами, I и II к.з.	житель	120	70	24
		3.2.	с общими ваннами и душами, III и IV к.з	житель	132	77	24
		3.3.	с душами во всех номерах, I и II к.з.	житель	230	140	24
		3.4.	с душами во всех номерах, III и IV к.з	житель	264,5	161	24
		3.5.	с ванными во всех номерах, I и II к.з.	житель	300	180	24
		3.6.	с ванными во всех номерах, III и IV к.з	житель	345	207	24
4	Больницы	4.1.	с общими ваннами и душами, I и II к.з.	житель	120	75	24
		4.2.	с общими ваннами и душами, III и IV к.з	житель	132	82,5	24
		4.3.	с санитарными узлами, приближенными	житель	200	90	24

			к.з.				
		4.4.	с санитарными узлами, приближенными к палатам, III и IV к.з	житель	220	99	24
		4.5.	инфекционные, I и II к.з.	житель	240	110	24
		4.6.	инфекционные, III и IV к.з	житель	264	121	24
5	Санатории и дома отдыха	5.1.	с общими душами, I и II к.з.	житель	130	65	24
		5.2.	с общими душами, III и IV к.з	житель	149,5	74,75	24
		5.3.	с душами при всех жилых комнатах, I и II к.з.	житель	150	75	24
		5.4.	с душами при всех жилых комнатах, III и IV к.з	житель	172,5	86,25	24
		5.5.	с ваннами при всех жилых комнатах, I и II к.з.	житель	200	100	24
		5.6.	с ваннами при всех жилых комнатах, III и IV к.з	житель	200	100	24
6	Физкультурно-оздоровительные учреждения	6.1.	со столовыми на полуфабрикатах , без стирки белья, I и II к.з.	1 место	60	30	24
		6.2.	со столовыми на полуфабрикатах , без стирки белья, III и IV к.з	1 место	69	34,5	24
		6.3.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, I и II к.з.	1 место	200	100	24
		6.4.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, III и IV к.з	1 место	220	110	24
7	Дошкольные образовательные учреждения		с дневным пребыванием детей:				
		7.1.	со столовыми на полуфабрикатах , I и II к.з.	1 ребенок	40	20	10

		7.2.	со столовыми на полуфабрикатах , III и IV к.з	1 ребенок	44	22	10
		7.3.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, I и II к.з.	1 ребенок	80	30	10
		7.4.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, III и IV к.з	1 ребенок	88	33	10
			с круглосуточным пребыванием детей:				
		7.5.	со столовыми на полуфабрикатах , I и II к.з.	1 ребенок	60	30	24
		7.6.	со столовыми на полуфабрикатах , III и IV к.з	1 ребенок	69	34,5	24
		7.7.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, I и II к.з.	1 ребенок	120	40	24
		7.8.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, III и IV к.з	1 ребенок	138	46	24
8	Школы-интернаты		с дневным пребыванием детей:				
		8.1.	со столовыми на полуфабрикатах , I и II к.з.	1 ребенок	40	20	10
		8.2.	со столовыми на полуфабрикатах , III и IV к.з	1 ребенок	44	22	10
		8.3.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, I и II к.з.	1 ребенок	80	30	10
		8.4.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, III и IV к.з	1 ребенок	88	33	10
			с круглосуточным пребыванием детей:				
		8.5.	со столовыми на полуфабрикатах , I и II к.з.	1 ребенок	60	30	24

		8.6.	со столовыми на полуфабрикатах , III и IV к.з	1 ребенок	69	34,5	24
		8.7.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, I и II к.з.	1 ребенок	120	40	24
		8.8.	со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, III и IV к.з	1 ребенок	138	46	24
9	Учебные заведения с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	9.1.	I и II к.з.	1 учащийся и 1 преподаватель	20	8	8
		9.2.	III и IV к.з	1 учащийся и 1 преподаватель	22	8,8	8
10	Административные здания	10.1.	I и II к.з.	1 работающий	15	6	8
		10.2.	III и IV к.з	1 работающий	18	7,2	8
11	Предприятия общественного питания с приготовлением пищи, реализуемой в обеденном зале						
		11.1.	Предприятия общественного питания с приготовлением пищи, реализуемой в обеденном зале, I и II к.з.	1 блюдо	12	4	8
		11.2.	Предприятия общественного питания с приготовлением пищи, реализуемой в обеденном зале, III и IV к.з	1 блюдо	12	4	8
12	Магазины	12.1.	продовольственные (без холодильных установок), I и II к.з.	1 работник в смену или 20 м² торгового зала	30	12	8
		12.2.	продовольственные (без холодильных установок), III и IV к.з	1 работник в смену или 20 м² торгового зала	33	13,2	8
		12.3.	промтоварные, I и II к.з.	1 работник в смену	20	8	8
		12.4.	промтоварные, III и IV к.з	1 работник в смену	22	8,8	8

13	Поликлиники и амбулатории	13.1.	I и II к.з.	1 больной	10	4	10
		13.2.	III и IV к.з	1 больной	11	4,4	10
		13.3.	I и II к.з.	1 работающий в смену	30	12	10
		13.4.	III и IV к.з	1 работающий в смену	30	12	10
14	Аптеки	14.1.	торговый зал и подсобные помещения, I и II к.з.	1 работающий	30	12	12
		14.2.	торговый зал и подсобные помещения, III и IV к.з	1 работающий	30	12	12
		14.3.	лаборатория приготовления лекарств, I и II к.з.	1 работающий	310	55	12
		14.4.	лаборатория приготовления лекарств, III и IV к.з	1 работающий	310	55	12
15	Парикмахерские						
		15.1.	I и II к.з.	1 рабочее место в смену	56	33	12
		15.2.	III и IV к.з	1 рабочее место в смену	61,6	36,3	12
16	Кинотеатры, театры, клубы и досугово-развлекательные учреждения						
		16.1.	для зрителей, I и II к.з.	1 человек	8	3	4
		16.2.	для зрителей, III и IV к.з	1 человек	8	3	4
		16.3.	для артистов, I и II к.з.	1 человек	40	25	8
		16.4.	для артистов, III и IV к.з	1 человек	40	25	8
17	Стадионы и спортзалы	17.1.	для зрителей, I и II к.з.	1 человек	3	1	4
		17.2.	для зрителей, III и IV к.з	1 человек	3	1	4
		17.3.	для физкультурников с учетом приема душа, I и II к.з.	1 человек	50	30	11
		17.4.	для физкультурников с учетом приема душа, III и IV к.з	1 человек	57,5	34,5	11

			душа, I и II к.з.				
		17.6.	для спортсменов с учетом приема душа, III и IV к.з	1 человек	115	69	11
18	Плавательные бассейны						
		18.1.	для зрителей, I и II к.з.	1 место	3	1	6
		18.2.	для зрителей, III и IV к.з	1 место	3	1	6
		18.3.	для спортсменов (физкультурников) с учетом приема душа, I и II к.з.	1 человек	100	60	8
		18.4.	для спортсменов (физкультурников) с учетом приема душа, III и IV к.з	1 человек	100	60	8
		18.5.	на пополнение бассейна, I и II к.з.	% вместимости	10	0	8
		18.6.	на пополнение бассейна, III и IV к.з	% вместимости	10	0	8
19	Бани						
		19.1.	для мытья в мыльной и ополаскиванием в душе, I и II к.з.	1 посетитель	180	120	3
		19.2.	для мытья в мыльной и ополаскиванием в душе, III и IV к.з	1 посетитель	180	120	3
		19.3.	то же, с приемом оздоровительных процедур, I и II к.з.	1 посетитель	290	190	3
		19.4.	то же, с приемом оздоровительных процедур, III и IV к.з	1 посетитель	290	190	3
		19.5.	душевая кабина, I и II к.з.	1 посетитель	360	240	3
		19.6.	душевая кабина, III и IV к.з	1 посетитель	360	240	3
		19.7.	ванная кабина, I и II к.з.	1 посетитель	540	360	3
		19.8.	ванная кабина, III и IV к.з	1 посетитель	540	360	3

20	Прачечные	20.1.	немеханизированные, I и II к.з.	1 кг. сухого белья	40	15	8
		20.2.	немеханизированные, III и IV к.з	1 кг. сухого белья	40	15	8
		20.3.	механизированные, I и II к.з.	1 кг. сухого белья	75	25	8
		20.4.	механизированные, III и IV к.з	1 кг. сухого белья	75	25	8
21	Производственные цехи						
		21.1.	обычные, I и II к.з.	1 чел. в смену	25	11	8
		21.2.	обычные, III и IV к.з	1 чел. в смену	28,75	12,65	8
		21.3.	с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1м³/ч, I и II к.з.	1 чел. в смену	45	24	6
		21.4.	с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1м³/ч, III и IV к.з	1 чел. в смену	45	24	6
22	Душевые в бытовых помещениях промышленных предприятий	22.1.	I и II к.з.	1 душевая сетка в смену	500	270	8
		22.2.	III и IV к.з	1 душевая сетка в смену	550	297	8
23	Расход воды на поливку	23.1.	травяного покрова, I и II к.з.	1 м²	3	0	8
		23.2.	травяного покрова, III и IV к.з	1 м²	3,6	0	8
		23.3.	футбольного поля, I и II к.з.	1 м²	0,5	0	8
		23.4.	футбольного поля, III и IV к.з	1 м²	0,6	0	8
		23.5.	остальных спортивных сооружений, I и II к.з.	1 м²	1,5	0	8
		23.6.	остальных спортивных сооружений, III и IV к.з	1 м²	1,8	0	8
		23.7.	усовершенствованных покрытий, тротуаров, площадей, заводских проездов, I и II к.з.	1 м²	0,5	0	8
		23.8.	усовершенствованных покрытий, тротуаров, площадей,	1 м²	0,6	0	8

			проездов, III и IV к.з				
		23.9.	зеленых насаждений, газонов и цветников, I и II к.з.	1 м²	6	0	8
		23.10.	зеленых насаждений, газонов и цветников, III и IV к.з	1 м²	7,2	0	8
24	Заливка поверхности катка	24.1.	I и II к.з.	1 м²	0,5	0	8
		24.2.	III и IV к.з	1 м²	0,5	0	8

Приложение 20

Расходы воды приборами (для расчета по СП.30.13330.2012)

Санитарно-техническое оборудование	Средние часовые расходы воды, л/ч, в зданиях							Максимальные секундные расходы стоков, q_0^s, л/с
	жилые здания	бани, прачечные, производ-ственные помещения, мастерские, гаражи	учебные заведения, общеобразо-вательные учреждения, администрат-ивные здания, НИИ	медучреждения, дома отдыха, санатории, дошкольные образовательные учреждения, промтоварные магазины	гостиницы, общежития, школы-интернаты, объекты физкультурного и физкуль-турно досугового назначения	предприятия общественного питания, продовольственные магазины	спорт сооружения, театры, кинотеатры, общест-венные туалеты	
Мойка (в том числе лабораторная) со смесителем (в том числе на гибком шланге)	4+6	4+6	8+12	8+12	6+9	125+125	125+125	1,0
То же, с аэратором	3+5	3+5	6+9	6+9	5+7	120+120	120+120	0,6
Мойка с краном горячей и холодной воды	-	-	-	50+50	50+50	150+150	150+150	1,0
Душ индивидуального пользования	5+7	150+150	-	-	12+13	-	12+13	0,2
Сидячая ванна	6+9	100+100	-	160+160	11+17	-	11+17	1,1
Ванна длиной 1500-1700 мм	9+13	125+125	-	160+160	11+17	-	11+17	1,1
Гигиенический душ (биде)	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,15
Унитаз со смывным бачком	4	12	14	12	12	12	90	1,6
Унитаз со смывным краном	4	12	14	12	12	12	90	1,4
Ножная ванна со смесителем	-	100+100	-	100+100	25+25	25+25	25+25	0,5

Писсуар	-	10	10	10	10	10	20	0,1
Умывальник со смесителем	2+3	10+10	2+3	5+7	4+6	20+20	20+20	0,15
Ванна медицинская, $Д_у$ = 20 мм	-	-	-	250+200	-	-	-	2,3
То же, со смесителем, $Д_у$ = 25 мм	-	-	-	300+250	-	-	-	3,0
То же, со смесителем, $Д_у$ = 32 мм	-	-	-	330+270	-	-	-	3,0
Субаквальная ванна	-	-	-	200+200	-	-	-	3,0
Ванна с подводным массажем	-	-	-	300+200	-	-	-	3,0
Контрастная ванна	-	-	-	200+200	-	-	-	3,0
Раковина лабораторная, водоразборная колонка	10	20	20	20	20	-	-	0,3
Раковина со смесителем	4+6	8+12	8+12	8+12	8+12	-	-	0,4

Примечания

1 Первое число - расход холодной воды, второе - расход горячей воды.

2 Для унитазов, писсуаров и раковины лабораторной дан расход холодной воды.

3 В последней графе приведены расчетные максимальные секундные стоки.

Приложение 21

Расчетные расходы воды(при расчете по СП 30.1330.2012)

Кол-во приборов	Вода и размерность		Расчетные расходы при среднем часовом расходе (л/ч):								
			4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	гор и	л/сек	0,22	0,28	0,33	0,39	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65

	общ	м3 /час	0,12	0,15	0,17	0,2	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33
	хол	сек	0,17	0,21	0,26	0,3	0,34	0,39	0,43	0,47	0,5
		час	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26
2	гор и общ	сек	0,23	0,29	0,34	0,4	0,46	0,52	0,57	0,62	0,66
		час	0,18	0,21	0,25	0,3	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49
	хол	сек	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,4	0,44	0,48	0,51
		час	0,13	0,16	0,19	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38
3	гор и общ	сек	0,25	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6	0,65	0,7
		час	0,22	0,27	0,32	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,61
	хол	сек	0,19	0,23	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,5	0,54
		час	0,17	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36	0,4	0,44	0,47
4	гор и общ	сек	0,26	0,32	0,38	0,44	0,51	0,57	0,62	0,68	0,73
		час	0,26	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55	0,61	0,66	0,71
	хол	сек	0,2	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,48	0,53	0,57
		час	0,2	0,24	0,29	0,33	0,38	0,43	0,48	0,52	0,56
5	гор и общ	сек	0,27	0,33	0,4	0,46	0,53	0,59	0,65	0,71	0,76
		час	0,3	0,36	0,42	0,49	0,56	0,63	0,69	0,75	0,81
	хол	сек	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51	0,55	0,59
		час	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44	0,49	0,54	0,59	0,63
6	гор и общ	сек	0,29	0,35	0,41	0,48	0,55	0,62	0,68	0,74	0,79
		час	0,33	0,4	0,47	0,55	0,62	0,7	0,77	0,83	0,9
	хол	сек	0,22	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	0,53	0,57	0,62
		час	0,25	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6	0,66	0,71
7	гор и общ	сек	0,3	0,36	0,43	0,5	0,57	0,64	0,71	0,77	0,82
		час	0,36	0,43	0,51	0,6	0,68	0,76	0,84	0,91	0,98
	хол	сек	0,23	0,28	0,33	0,39	0,44	0,5	0,55	0,6	0,64
		час	0,28	0,33	0,4	0,46	0,53	0,6	0,66	0,72	0,77
8	гор и общ	сек	0,31	0,38	0,45	0,52	0,59	0,66	0,73	0,79	0,85
		час	0,39	0,47	0,56	0,64	0,73	0,82	0,91	0,98	1,06
	хол	сек	0,24	0,29	0,35	0,4	0,46	0,52	0,57	0,62	0,66
		час	0,3	0,36	0,43	0,5	0,57	0,65	0,71	0,78	0,84
9	гор и общ	сек	0,33	0,39	0,46	0,54	0,61	0,68	0,75	0,82	0,88
		час	0,42	0,5	0,6	0,69	0,79	0,88	0,97	1,05	1,03
	хол	сек	0,25	0,3	0,36	0,42	0,48	0,53	0,59	0,64	0,69
		час	0,32	0,39	0,46	0,54	0,62	0,69	0,77	0,83	0,9
10	гор и общ	сек	0,34	0,4	0,48	0,55	0,63	0,71	0,78	0,84	0,91
		час	0,45	0,54	0,63	0,73	0,84	0,94	1,03	1,12	1,21
	хол	сек	0,26	0,31	0,37	0,43	0,49	0,55	0,61	0,66	0,71
		час	0,34	0,41	0,49	0,58	0,66	0,74	0,82	0,89	0,96
12	гор и общ	сек	0,36	0,43	0,51	0,59	0,67	0,75	0,82	0,89	0,96
		час	0,51	0,6	0,71	0,82	0,93	1,04	1,15	1,25	1,34
	хол	сек	0,28	0,33	0,39	0,46	0,52	0,58	0,64	0,7	0,75
		час	0,39	0,47	0,55	0,64	0,74	0,82	0,91	0,99	1,07
14	гор и общ	сек	0,38	0,46	0,54	0,62	0,7	0,78	0,86	0,94	1,01
		час	0,56	0,66	0,78	0,9	1,02	1,14	1,26	1,37	1,47

		час	0,43	0,51	0,61	0,71	0,81	0,91	1	1,09	1,18
16	гор и общ	сек	0,4	0,48	0,56	0,65	0,74	0,82	0,9	0,98	1,05
		час	0,61	0,72	0,84	0,98	1,11	1,24	1,36	1,48	1,6
	хол	сек	0,31	0,37	0,44	0,51	0,58	0,64	0,71	0,77	0,83
		час	0,47	0,56	0,66	0,77	0,88	0,99	1,09	1,19	1,28
18	гор и общ	сек	0,42	0,5	0,59	0,68	0,77	0,86	0,94	1,02	1,1
		час	0,66	0,78	0,91	1,05	1,19	1,33	1,47	1,59	1,72
	хол	сек	0,33	0,39	0,46	0,53	0,6	0,67	0,74	0,8	0,86
		час	0,51	0,6	0,72	0,83	0,95	1,06	1,17	1,28	1,38
20	гор и общ	сек	0,45	0,52	0,61	0,7	0,8	0,89	0,98	1,06	1,14
		час	0,71	0,83	0,97	1,12	1,27	1,42	1,56	1,7	1,83
	хол	сек	0,34	0,41	0,48	0,55	0,63	0,7	0,77	0,84	0,9
		час	0,54	0,65	0,77	0,89	1,01	1,14	1,26	1,37	1,48
22	гор и общ	сек	0,47	0,55	0,64	0,73	0,83	0,92	1,01	1,1	1,18
		час	0,76	0,89	1,03	1,19	1,35	1,51	1,66	1,8	1,94
	хол	сек	0,36	0,42	0,5	0,57	0,65	0,73	0,8	0,87	0,93
		час	0,58	0,69	0,82	0,95	1,08	1,21	1,34	1,46	1,57
24	гор и общ	сек	0,48	0,57	0,66	0,76	0,86	0,95	1,05	1,14	1,22
		час	0,81	0,94	1,09	1,26	1,43	1,59	1,75	1,9	2,05
	хол	сек	0,37	0,44	0,52	0,59	0,67	0,75	0,83	0,9	0,97
		час	0,62	0,73	0,86	1	1,14	1,28	1,41	1,54	1,66
26	гор и общ	сек	0,5	0,59	0,68	0,78	0,88	0,98	1,08	1,17	1,26
		час	0,85	0,99	1,15	1,32	1,5	1,67	1,84	2	2,16
	хол	сек	0,39	0,46	0,53	0,62	0,7	0,78	0,85	0,93	1
		час	0,65	0,77	0,91	1,06	1,2	1,35	1,49	1,63	1,75
28	гор и общ	сек	0,52	0,61	0,71	0,81	0,91	1,01	1,11	1,21	1,3
		час	0,9	1,04	1,21	1,39	1,57	1,75	1,93	2,1	2,26
	хол	сек	0,4	0,47	0,55	0,64	0,72	0,8	0,88	0,96	1,03
		час	0,69	0,82	0,96	1,11	1,26	1,42	1,56	1,71	1,84
30	гор и общ	сек	0,54	0,63	0,73	0,83	0,94	1,04	1,15	1,24	1,33
		час	0,94	1,09	1,27	1,45	1,64	1,83	2,02	2,19	2,36
	хол	сек	0,42	0,49	0,57	0,66	0,74	0,83	0,91	0,99	1,06
		час	0,72	0,86	1,01	1,16	1,32	1,48	1,64	1,79	1,93
40	гор и общ	сек	0,63	0,73	0,83	0,95	1,07	1,18	1,36	1,4	1,51
		час	1,16	1,33	1,54	1,76	1,99	2,21	2,43	2,64	2,85
	хол	сек	0,49	0,57	0,66	0,75	0,85	0,94	1,03	1,12	1,21
		час	0,89	1,05	1,23	1,42	1,61	1,8	1,99	2,17	2,34
50	гор и общ	сек	0,72	0,82	0,93	1,06	1,19	1,31	1,44	1,56	1,67
		час	1,38	1,57	1,8	2,05	2,31	2,57	2,82	3,07	3,3
	хол	сек	0,55	0,64	0,74	0,84	0,95	1,05	1,15	1,25	1,34
		час	1,06	1,24	1,44	1,66	1,88	2,11	2,32	2,53	2,74
60	гор и общ	сек	0,8	0,9	1,03	1,16	1,3	1,44	1,57	1,7	1,82
		час	1,58	1,79	2,05	2,33	2,62	2,91	3,2	3,47	3,74
	хол	сек	0,62	0,71	0,81	0,93	1,04	1,15	1,26	1,37	1,47
		час	1,22	1,42	1,65	1,9	2,15	2,4	2,65	2,89	3,12
	гор и	сек	0,88	0,99	1,12	1,26	1,41	1,56	1,7	1,84	1,97

	хол	сек	0,68	0,78	0,89	1,01	1,13	1,25	1,37	1,49	1,6
		час	1,38	1,6	1,85	2,12	2,4	2,68	2,96	3,23	3,49
80	гор и общ	сек	0,95	1,07	1,21	1,36	1,52	1,67	1,82	1,97	2,11
		час	1,99	2,23	2,53	2,87	3,22	3,57	3,91	4,25	4,57
	хол	сек	0,74	0,84	0,96	1,09	1,22	1,35	1,48	1,6	1,72
		час	1,53	1,77	2,05	2,35	2,65	2,96	3,26	3,56	3,85
90	гор и общ	сек	1,03	1,15	1,3	1,46	1,62	1,78	1,94	2,1	2,25
		час	2,18	2,44	2,77	3,13	3,51	3,88	4,26	4,62	4,97
	хол	сек	0,79	0,91	1,03	1,17	1,31	1,44	1,58	1,71	1,84
		час	1,68	1,94	2,24	2,57	2,9	3,23	3,56	3,89	4,2
100	гор и общ	сек	1,1	1,23	1,38	1,55	1,72	1,89	2,06	2,23	2,39
		час	2,38	2,65	3	3,39	3,79	4,19	4,6	4,99	5,37
	хол	сек	0,85	0,97	1,1	1,24	1,39	1,54	1,68	1,82	1,96
		час	1,83	2,11	2,44	2,78	3,14	3,5	3,86	4,21	4,55
150	гор и общ	сек	1,45	1,6	1,79	1,99	2,2	2,41	2,62	2,83	3,03
		час	3,32	3,66	4,12	4,62	5,16	5,69	6,23	6,76	7,27
	хол	сек	1,12	1,27	1,43	1,61	1,79	1,98	2,16	2,34	2,51
		час	2,57	2,93	3,37	3,84	4,32	4,8	5,29	5,76	6,23
200	гор и общ	сек	1,78	1,95	2,17	2,4	2,65	2,9	3,15	3,39	3,63
		час	4,23	4,63	5,19	5,81	6,47	7,13	7,79	8,45	9,1
	хол	сек	1,38	1,55	1,75	1,96	2,18	2,39	2,61	2,83	3,04
		час	3,27	3,72	4,27	4,85	5,45	6,06	6,66	7,26	7,85
300	гор и общ	сек	2,41	2,61	2,89	3,19	3,51	3,83	4,15	4,47	4,78
		час	6	6,52	7,27	8,11	8,99	9,9	10,8	11,7	12,6
	хол	сек	1,86	2,08	2,34	2,62	2,9	3,19	3,48	3,76	4,04
		час	4,64	5,26	6,01	6,81	7,64	8,48	9,33	10,2	11
400	гор и общ	сек	3	3,24	3,57	3,93	4,32	4,71	5,1	5,49	5,88
		час	7,7	8,33	9,27	10,3	11,4	12,6	13,7	14,9	16
	хол	сек	2,32	2,59	2,91	3,25	3,6	3,59	4,31	4,66	5,01
		час	5,96	6,74	7,69	8,71	9,77	10,8	11,9	13	14,1
500	гор и общ	сек	3,56	3,84	4,22	4,65	5,1	5,56	6,03	6,49	6,95
		час	9,36	10,1	11,2	12,5	13,8	15,2	16,6	18	19,4
	хол	сек	2,76	3,07	3,45	3,85	4,27	4,69	5,12	5,54	5,96
		час	7,25	8,19	9,34	10,6	11,9	13,2	14,5	15,8	17,1
600	гор и общ	сек	4,11	4,24	4,86	5,35	5,87	6,4	6,93	7,46	7,99
		час	11	11,8	13,2	14,6	16,2	17,8	19,4	21	22,7
	хол	сек	3,18	3,55	3,98	4,45	4,93	5,42	5,91	6,39	6,88
		час	8,52	9,61	11	12,4	13,9	15,4	17	18,5	20
700	гор и общ	сек	4,64	4,99	5,48	6,04	6,62	7,21	7,81	8,41	9,01
		час	12,6	13,6	15	16,7	18,5	20,4	22,2	24,1	25,9
	хол	сек	3,6	4,01	4,5	5,03	5,57	6,13	6,68	7,24	7,79
		час	9,76	11	12,6	14,2	16	17,7	19,5	21,2	23
800	гор и общ	сек	5,16	5,54	6,09	6,71	7,35	8,02	8,68	9,35	10
		час	14,2	15,2	16,9	18,8	20,8	22,9	25	27,1	29,2
	хол	сек	4	4,46	5,01	5,6	6,21	6,83	7,45	8,07	8,69
		час	11	12,4	14,1	16	18	20	21,9	23,9	25,9

	общ	час	15,7	16,9	18,8	20,9	23,1	25,4	27,7	30	32,4
	хол	сек	4,4	4,9	5,51	6,16	6,84	7,52	8,21	8,89	9,58
		час	12,2	13,8	15,7	17,8	20	22,2	24,4	26,6	28,8
1000	гор и общ	сек	6,17	6,62	7,28	8,02	8,79	9,59	10,4	11,2	12
		час	17,2	18,6	20,6	22,9	25,4	27,9	30,4	33	35,5
	хол	сек	4,78	5,34	6	6,72	7,45	8,2	8,96	9,71	10,5
		час	13,4	15,1	17,3	19,6	22	24,4	26,8	29,3	31,7
1500	гор и общ	сек	8,56	9,19	10,1	11,2	12,3	13,4	14,5	15,7	16,8
		час	24,7	26,6	29,5	32,9	36,4	40,1	43,8	47,5	51,2
	хол	сек	6,65	7,44	8,39	9,42	10,5	11,5	12,6	13,7	14,8
		час	19,2	21,7	24,9	28,2	31,7	35,3	38,8	42,4	46
2000	гор и общ	сек	10,8	11,6	12,8	14,2	15,6	17	18,5	20	21,5
		час	31,9	34,4	38,2	42,6	47,2	52	52,8	61,7	66,6
	хол	сек	8,43	9,45	10,7	12	13,4	14,8	16,2	17,6	19
		час	24,8	28,2	32,3	36,7	41,3	45,9	50,6	55,3	60
2500	гор и общ	сек	13	14	15,5	17,1	18,8	20,6	22,4	24,2	26,1
		час	38,9	42	46,7	52,1	57,9	63,7	69,7	75,7	81,8
	хол	сек	10,1	11,4	12,9	14,6	16,2	17,9	19,7	21,4	23,1
		час	30,3	34,5	39,6	45	50,7	56,4	62,2	68,1	73,9
3000	гор и общ	сек	15,2	16,3	18,1	20	22	24,1	26,3	28,4	30,6
		час	45,7	49,4	55,1	61,5	68,3	75,3	82,4	89,6	96,8
	хол	сек	11,8	13,3	15,1	17	19	21,1	23,1	25,1	27,2
		час	35,7	40,6	46,7	53,3	60	66,9	73,8	80,7	87,7
3500	гор и общ	сек	17,2	18,6	20,6	22,8	25,2	27,6	30,0,	32,5	35
		час	52,5	56,8	63,4	70,8	78,7	86,8	95,1	103	112
	хол	сек	13,4	15,2	17,3	19,5	21,8	24,1	26,5	28,9	31,2
		час	40,9	46,7	53,8	61,4	69,2	77,2	85,2	93,3	101
4000	гор и общ	сек	19,3	20,8	23,1	25,6	28,3	31	33,8	36,6	39,4
		час	59,1	64	71,5	80	89	98,2	108	117	127
	хол	сек	15	17	19,4	21,9	24,5	27,2	29,8	32,5	35,2
		час	46,2	52,8	60,9	69,5	78,4	87,4	96,6	106	115
5000	гор и общ	сек	23,2	25,1	27,9	31,1	34,3	37,7	41,1	44,46	48,1
		час	72,1	78,3	87,6	98,2	109	121	132	144	156
	хол	сек	18,1	20,6	23,5	26,7	29,9	33,2	36,5	39,8	43,1
		час	56,4	64,7	74,7	85,5	96,5	108	119	131	142
6000	гор и общ	сек	27,1	29,4	32,7	36,4	40,3	44,3	48,4	52,5	56,6
		час	84,8	92,3	103	116	129	143	157	171	185
	хол	сек	21,2	24,1	27,6	31,4	35,2	39,1	43	47	50,9
		час	66,4	76,4	88,4	101	115	128	141	155	169
7000	гор и общ	сек	30,8	33,5	37,4	41,7	46,2	50,9	55,6	60,3	65,1
		час	97,3	106	119	134	149	165	181	198	214
	хол	сек	21,2	27,6	31,6	36	40,4	45	498,5	54,1	58,7
		час	76,3	87,9	102	117	132	148	164	180	195
8000	гор и общ	сек	34,5	37,6	42	46,9	52	57,3	62,7	68,1	73,5
		час	110	120	135	151	169	187	205	224	243
		сек	27,1	31	35,6	40,6	45,6	50,8	55,9	61,2	66,4

9000	гор и общ	сек	38,2	41,6	46,6	52	57,8	63,7	69,7	75,8	81,8
		час	122	133	150	169	189	209	229	250	271
	хол	сек	30	34,3	39,6	45,1	50,8	56,5	62,3	68,2	74
		час	95,7	111	129	148	168	188	208	228	248
10000	гор и общ	сек	41,7	45,6	51,1	57,1	63,5	70,1	76,7	83,4	90,1
		час	134	147	165	186	208	231	253	276	300
	хол	сек	32,8	37,7	43,4	49,6	55,9	62,2	68,7	75,1	81,6
		час	105	122	142	163	185	207	230	252	275
12000	гор и общ	сек	48,8	53,4	60	67,2	74,8	82,6	90,5	98,5	107
		час	157	173	195	220	247	274	301	328	356
	хол	сек	38,4	44,2	51,1	58,5	66	73,6	81,3	89	96,7
		час	124	144	168	194	220	246	273	300	327
14000	гор и общ	сек	55,6	61,1	68,7	77,2	86	95,1	104	113	123
		час	181	199	225	254	285	316	348	380	412
	хол	сек	43,9	50,7	58,7	67,2	76	84,8	93,7	103	112
		час	143	166	194	224	254	285	316	348	379
16000	гор и общ	сек	62,4	68,7	77,4	87	97,1	107	118	128	139
		час	203	225	255	288	323	359	395	431	468
	хол	сек	49,3	57,1	66,3	75,9	85,9	96	106	116	127
		час	161	188	220	254	289	324	359	395	431
18000	гор и общ	сек	69,1	76,1	85,9	96,7	108	120	131	143	155
		час	226	250	284	321	361	401	441	483	524
	хол	сек	54,6	63,4	73,7	84,6	95,7	107	118	130	141
		час	179	210	246	284	323	362	402	442	483

Кол-во приборов	Вода и размерность		Расчетные расходы при среднем часовом расходе (л/ч):										
			23	26	30	35	40	45	50	55	60	70	80
1	гор и общ	л/сек	0,71	0,76	0,81	0,86	0,9	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99

	хол	сек	0,55	0,59	0,63	0,67	0,7	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77
		час	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38	0,39	0,4	0,41	0,42
2	гор и общ	сек	0,73	0,78	0,84	0,89	0,93	0,96	0,98	0,99	1	1,01	1,02
		час	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,7	0,72	0,73	0,75	0,77	0,79
	хол	сек	0,56	0,6	0,65	0,69	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,8
		час	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,56	0,57	0,59	0,6	0,62	0,64
3	гор и общ	сек	0,76	0,82	0,88	0,93	0,97	1	1,03	1,04	1,05	1,07	1,09
		час	0,66	0,71	0,76	0,82	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,98	1,01
	хол	сек	0,59	0,63	0,68	0,73	0,76	0,78	0,8	0,81	0,83	0,84	0,85
		час	0,52	0,56	0,6	0,64	0,68	0,71	0,73	0,75	0,77	0,8	0,83
4	гор и общ	сек	0,8	0,86	0,92	0,98	1,02	1,05	1,08	1,1	1,11	1,13	1,15
		час	0,78	0,84	0,9	0,96	1,01	1,05	1,08	1,11	1,13	1,18	1,22
	хол	сек	0,62	0,67	0,72	0,76	0,8	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,91
		час	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,84	0,87	0,9	0,92	0,97	1,01
5	гор и общ	сек	0,83	0,89	0,96	1,02	1,07	1,1	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21
		час	0,88	0,95	1,02	1,1	1,15	1,2	1,24	1,27	1,3	1,35	1,41
	хол	сек	0,65	0,7	0,75	0,8	0,84	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,96
		час	0,7	0,75	0,81	0,87	0,92	0,97	1	1,04	1,06	1,12	1,17
6	гор и общ	сек	0,87	0,93	1	1,07	1,12	1,15	1,18	1,2	1,22	1,25	1,27
		час	0,98	1,05	1,14	1,22	1,28	1,34	1,38	1,42	1,46	1,52	1,59
	хол	сек	0,68	0,73	0,78	0,83	0,87	0,91	0,93	0,95	0,96	0,99	1,01
		час	0,77	0,84	0,9	0,98	1,03	1,08	1,13	1,16	1,2	1,27	1,33
7	гор и общ	сек	0,9	0,97	1,04	1,11	1,16	1,2	1,23	1,25	1,27	1,3	1,33
		час	1,07	1,15	1,24	1,34	1,41	1,47	1,52	1,57	1,61	1,68	1,76
	хол	сек	0,7	0,75	0,81	0,87	0,91	0,94	0,97	0,99	1,01	1,04	1,06
		час	0,85	0,92	0,99	1,07	1,14	1,19	1,24	1,29	1,33	1,41	1,48
8	гор и общ	сек	0,93	1	1,07	1,15	1,2	1,24	1,28	1,3	1,32	1,36	1,39
		час	1,16	1,25	1,35	1,45	1,53	1,59	1,65	1,7	1,75	1,84	1,92
	хол	сек	0,73	0,78	0,84	0,9	0,95	0,98	1,01	1,03	1,05	1,08	1,11
		час	0,92	0,99	1,08	1,17	1,24	1,3	1,36	1,41	1,45	1,54	1,63
9	гор и общ	сек	0,96	1,03	1,11	1,19	1,24	1,29	1,32	1,35	1,37	1,41	1,45
		час	1,24	1,34	1,44	1,55	1,64	1,71	1,78	1,84	1,89	1,99	2,08
	хол	сек	0,75	0,81	0,87	0,93	0,98	1,02	1,05	1,07	1,09	1,13	1,16
		час	0,99	1,07	1,16	1,25	1,33	1,4	1,46	1,52	1,57	1,67	1,77
10	гор и общ	сек	0,99	1,06	1,14	1,22	1,28	1,33	1,36	1,39	1,42	1,46	1,5
		час	1,32	1,42	1,54	1,65	1,75	1,83	1,9	1,97	2,02	2,13	2,24
	хол	сек	0,78	0,83	0,9	0,96	1,01	1,05	1,08	1,11	1,13	1,17	1,21
		час	1,05	1,14	1,24	1,34	1,43	1,5	1,57	1,63	1,69	1,8	1,91
12	гор и общ	сек	1,05	1,12	1,21	1,29	1,36	1,41	1,45	1,48	1,51	1,56	1,61
		час	1,47	1,59	1,72	1,85	1,96	2,06	2,14	2,21	2,28	2,42	2,55
	хол	сек	0,82	0,88	0,95	1,02	1,08	1,12	1,16	1,19	1,21	1,26	1,3
		час	1,18	1,28	1,39	1,51	1,61	1,69	1,77	1,85	1,92	2,05	2,18
14	гор и общ	сек	1,1	1,18	1,27	1,36	1,43	1,48	1,53	1,57	1,6	1,66	1,71
		час	1,61	1,74	1,88	2,04	2,16	2,27	2,36	2,45	2,53	2,69	2,84
	хол	сек	0,86	0,93	1	1,08	1,14	1,18	1,22	1,26	1,29	1,34	1,39

16	гор и общ	сек	1,15	1,23	1,33	1,42	1,5	1,56	1,61	1,65	1,69	1,75	1,81
		час	1,75	1,89	2,05	2,21	2,35	2,47	2,58	2,68	2,77	2,95	3,13
	хол	сек	0,91	0,97	1,05	1,13	1,19	1,25	1,29	1,33	1,36	1,42	1,48
		час	1,41	1,53	1,67	1,82	1,94	2,06	2,16	2,26	2,35	2,53	2,7
18	гор и общ	сек	1,2	1,29	1,39	1,49	1,57	1,63	1,68	1,73	1,77	1,84	1,91
		час	1,88	2,03	2,2	2,38	2,54	2,67	2,79	2,9	3,01	3,21	3,41
	хол	сек	0,95	1,02	1,1	1,18	1,25	1,31	1,35	1,39	1,43	1,5	1,57
		час	1,52	1,65	1,8	1,96	2,1	2,23	2,34	2,45	2,56	2,75	2,95
20	гор и общ	сек	1,24	1,34	1,44	1,55	1,63	1,7	1,75	1,8	1,85	1,93	2
		час	2,01	2,17	2,35	2,55	2,72	2,86	3	3,12	3,24	3,46	3,68
	хол	сек	0,98	1,06	1,15	1,23	1,31	1,36	1,42	1,46	1,5	1,58	1,65
		час	1,63	1,77	1,93	2,11	2,26	2,4	2,52	2,64	2,76	2,98	3,2
22	гор и общ	сек	1,29	1,38	1,49	1,6	1,69	1,76	1,82	1,88	1,93	2,01	2,1
		час	2,13	2,3	2,5	2,71	2,89	3,05	3,2	3,33	3,46	3,71	3,95
	хол	сек	1,02	1,1	1,19	1,28	1,36	1,42	1,48	1,52	1,57	1,65	1,73
		час	1,73	1,88	2,05	2,25	2,41	2,56	2,7	2,83	2,96	3,2	3,44
24	гор и общ	сек	1,33	1,43	1,54	1,66	1,75	1,83	1,89	1,95	2	2,1	2,19
		час	2,25	2,43	2,64	2,87	3,06	3,24	3,39	3,54	3,68	3,95	4,22
	хол	сек	1,06	1,14	1,23	1,33	1,41	1,48	1,54	1,59	1,64	1,73	1,81
		час	1,84	1,99	2,18	2,38	2,56	2,72	2,87	3,02	3,16	3,42	3,68
26	гор и общ	сек	1,37	1,48	1,59	1,71	1,81	1,89	1,96	2,02	2,08	2,18	2,28
		час	2,37	2,56	2,78	3,02	3,23	3,42	3,59	3,74	3,9	4,19	4,48
	хол	сек	1,09	1,18	1,28	1,38	1,46	1,53	1,59	1,65	1,7	1,8	1,89
		час	1,93	2,1	2,3	2,52	2,71	2,88	3,05	3,2	3,35	3,64	3,92
28	гор и общ	сек	1,42	1,52	1,64	1,77	1,87	1,95	2,03	2,09	2,15	2,26	2,37
		час	2,48	2,68	2,92	3,17	3,4	3,59	3,78	3,95	4,11	4,43	4,74
	хол	сек	1,13	1,21	1,32	1,42	1,51	1,58	1,65	1,71	1,77	1,87	1,97
		час	2,03	2,21	2,42	2,65	2,85	3,04	3,21	3,38	3,54	3,85	4,16
30	гор и общ	сек	1,46	1,57	1,69	1,82	1,93	2,02	2,09	2,16	2,22	2,34	2,46
		час	2,59	2,8	3,05	3,32	3,56	3,77	3,96	4,15	4,32	4,66	5
	хол	сек	1,16	1,25	1,36	1,47	1,56	1,64	1,71	1,77	1,83	1,94	2,05
		час	2,13	2,31	2,53	2,78	3	3,19	3,38	3,56	3,73	4,07	4,4
40	гор и общ	сек	1,65	1,77	1,92	2,07	2,2	2,31	2,4	2,49	2,57	2,73	2,88
		час	3,13	3,39	3,7	4,04	4,34	4,61	4,87	5,11	5,34	5,8	6,26
	хол	сек	1,32	1,43	1,55	1,68	1,79	1,89	1,98	2,06	2,14	2,28	2,43
		час	2,59	2,82	3,09	3,4	3,68	3,94	4,19	4,42	4,65	5,1	5,55
50	гор и общ	сек	1,82	1,96	2,13	2,3	2,45	2,58	2,7	2,8	2,9	3,1	3,29
		час	3,63	3,94	4,3	4,71	5,08	5,41	5,73	6,03	6,33	6,91	7,48
	хол	сек	1,47	1,59	1,73	1,88	2,01	2,13	2,23	2,33	2,43	2,61	2,79
		час	3,03	3,3	3,63	4	4,34	4,66	4,97	5,26	5,55	6,11	6,67
60	гор и общ	сек	1,99	2,15	2,33	2,52	2,69	2,84	2,98	3,1	3,22	3,46	3,69
		час	4,11	4,46	4,88	5,36	5,79	6,19	6,57	6,93	7,29	7,99	8,68
	хол	сек	1,62	1,75	1,9	2,07	2,22	2,36	2,48	2,6	2,71	2,93	3,15
		час	3,45	3,76	4,14	4,58	4,98	5,36	5,72	6,08	6,42	7,1	7,78
70	гор и общ	сек	2,15	2,32	2,52	2,74	2,93	3,09	3,25	3,39	3,54	3,81	4,08

	хол	сек	1,75	1,9	2,07	2,26	2,43	2,58	2,72	2,86	2,99	3,25	3,5
		час	3,86	4,21	4,64	5,14	5,61	6,05	6,47	6,88	7,28	8,08	8,87
80	гор и общ	сек	2,31	2,49	2,71	2,94	3,15	3,34	3,51	3,68	3,84	4,15	4,46
		час	5,03	5,47	6	6,61	7,16	7,69	8,19	8,67	9,15	10,1	11
	хол	сек	1,89	2,04	2,23	2,44	2,63	2,8	2,96	3,11	3,26	3,56	3,85
		час	4,26	4,65	5,13	5,7	6,22	6,72	7,2	7,67	8,13	9,04	9,95
90	гор и общ	сек	2,46	2,65	2,89	3,14	3,37	3,58	3,77	3,96	4,14	4,49	4,84
		час	5,48	5,95	6,54	7,21	7,83	8,42	8,98	9,52	10,1	11,1	12,2
	хол	сек	2,02	2,19	2,39	2,62	2,82	3,01	3,19	3,36	3,53	3,86	4,19
		час	4,65	5,08	5,62	6,24	6,82	7,38	7,92	8,45	8,97	10	11
100	гор и общ	сек	2,61	2,81	3,06	3,34	3,34	3,59	3,82	4,03	4,23	4,82	5,21
		час	5,92	6,43	7,07	7,81	8,49	9,14	9,76	10,4	11	12,1	13,3
	хол	сек	2,15	2,33	2,54	2,79	3,02	3,22	3,42	3,61	3,8	4,16	4,52
		час	5,04	5,5	6,09	6,78	7,42	8,04	8,64	9,22	9,8	10,9	12,1
150	гор и общ	сек	3,31	3,58	3,91	4,28	4,63	4,95	5,26	5,56	5,85	6,44	7,02
		час	8,02	8,73	9,63	10,7	11,7	12,6	13,6	14,5	15,4	17,2	19
	хол	сек	2,76	2,99	3,29	3,63	3,94	4,24	4,53	4,81	5,08	5,63	6,17
		час	6,91	7,56	8,4	9,38	10,3	11,2	12,1	13	13,9	15,6	17,3
200	гор и общ	сек	3,98	4,3	4,71	5,18	5,62	6,04	6,44	6,83	7,22	8	8,77
		час	10	10,9	12,1	13,5	14,8	16	17,3	18,5	19,7	22,1	24,5
	хол	сек	3,34	3,63	4	4,43	4,83	5,22	5,59	5,96	6,33	7,05	7,78
		час	8,71	9,55	10,6	11,9	13,2	14,4	15,5	16,7	17,9	20,2	22,5
300	гор и общ	сек	5,24	5,67	6,23	6,89	7,52	8,12	8,71	9,3	9,87	11	12,2
		час	13,9	15,2	16,9	18,8	20,8	22,6	24,5	26,3	28,1	31,8	35,4
	хол	сек	4,45	4,85	5,36	5,96	6,54	7,11	7,66	8,21	8,75	9,83	10,9
		час	12,2	13,4	15	16,8	18,7	20,5	22,2	24	25,7	29,2	32,7
400	гор и общ	сек	6,45	6,99	7,7	8,54	9,35	10,1	10,9	11,7	12,4	14	15,5
		час	17,7	19,4	21,5	24,1	26,6	29,1	31,6	34	36,4	41,3	46,2
	хол	сек	5,53	6,03	6,67	7,45	8,21	8,94	9,67	10,4	11,1	12,5	14
		час	15,6	17,2	19,2	21,7	24,1	26,5	28,8	31,2	33,5	38,2	42,8
500	гор и общ	сек	7,62	8,28	9,12	10,1	11,1	12,1	13,1	14	15	16,9	18,8
		час	21,4	23,4	26	29,3	32,4	35,5	38,5	41,6	44,6	50,7	56,8
	хол	сек	6,57	7,18	7,96	8,91	9,84	10,7	11,6	12,5	13,4	15,2	17
		час	19	20,9	23,4	26,4	29,4	32,4	35,3	38,3	41,2	47	52,9
600	гор и общ	сек	8,77	9,53	10,5	11,7	12,9	14,1	15,2	16,3	17,5	19,7	22
		час	25,1	27,4	30,6	34,4	38,1	41,8	45,5	49,1	52,8	60,1	67,4
	хол	сек	7,6	8,3	9,22	10,3	11,4	12,5	13,6	14,7	15,7	17,9	20
		час	22,3	24,6	27,5	31,2	34,7	38,3	41,8	45,3	48,8	55,8	62,8
700	гор и общ	сек	9,9	10,8	11,9	13,3	14,6	16	17,3	18,6	19,9	22,5	25,2
		час	28,7	31,4	35	39,4	43,8	48,1	52,3	56,6	60,9	69,4	77,9
	хол	сек	8,61	9,42	10,5	11,8	13	14,3	15,5	16,8	18	20,5	22,9
		час	25,6	28,2	31,6	35,8	40	44,1	48,2	52,3	56,4	64,6	72,8
800	гор и общ	сек	11	12	13,3	14,8	16,4	17,9	19,4	20,9	22,4	25,3	28,3
		час	32,3	35,4	39,4	44,4	49,4	54,3	59,2	64	68,9	78,6	88,4
	хол	сек	9,61	10,5	11,7	13,2	14,6	16	17,4	18,9	20,3	23,1	25,9

900	гор и общ	сек	12,1	13,2	14,6	16,4	18,1	19,8	21,4	23,1	24,8	28,1	31,5
		час	35,8	39,3	43,8	49,4	55	60,5	66	71,5	76,9	87,8	98,8
	хол	сек	10,6	11,6	12,9	14,6	16,2	17,8	19,3	20,9	22,5	25,7	28,8
		час	32,1	35,4	39,8	45,1	50,5	55,7	61	66,2	71,5	82	92,5
1000	гор и общ	сек	13,2	14,4	15,9	17,9	19,7	21,6	23,5	25,3	27,2	30,9	34,6
		час	39,4	43,2	48,2	54,4	60,6	66,7	72,8	78,8	84,9	97	109
	хол	сек	11,6	12,7	14,1	15,9	17,7	19,5	21,2	23	24,7	28,2	31,7
		час	35,4	39	43,8	49,8	55,6	61,5	67,3	73,2	79	90,7	102
1500	гор и общ	сек	18,5	20,2	22,5	25,3	28	30,8	33,5	36,2	39	44,4	49,9
		час	56,8	62,4	69,8	79	88,1	97,2	106	115	124	143	161
	хол	сек	16,4	18	20,1	22,7	25,4	28	30,5	33,1	35,7	40,9	46,1
		час	51,3	56,7	63,8	72,6	81,4	90,1	98,8	108	116	134	151
2000	гор и общ	сек	23,7	25,9	28,9	32,5	36,1	39,7	43,4	47	50,6	57,8	65
		час	74	81,3	91,1	103	115	127	139	151	163	188	212
	хол	сек	21,1	23,2	26	29,4	32,9	36,3	39,7	43,1	46,5	53,3	60,2
		час	67,1	74,1	83,5	95,2	107	118	130	142	153	176	199
2500	гор и общ	сек	28,8	31,5	35,1	39,6	44,1	18,6	53	57,5	62	70,9	79,8
		час	90,9	100	112	127	142	157	172	187	202	232	262
	хол	сек	25,7	28,3	31,7	36	40,3	44,5	48,7	53	57,2	65,7	74,2
		час	82,7	91,4	103	118	132	147	161	175	190	219	248
3000	гор и общ	сек	33,8	37	41,3	46,7	52	57,3	62,6	68	73,3	83,9	94,6
		час	108	118	133	151	169	187	205	223	241	277	313
	хол	сек	30,3	33,3	37,4	42,5	47,6	52,6	57,7	62,8	67,8	77,9	88
		час	98,1	109	122	140	157	174	192	209	226	261	295
3500	гор и общ	сек	38,7	42,5	47,4	53,6	59,8	66	72,2	78,3	84,5	96,8	109
		час	124	137	154	175	196	216	237	258	279	321	363
	хол	сек	34,8	38,3	43,1	49	54,9	60,7	66,6	72,5	78,3	90,1	102
		час	113	126	142	162	182	202	222	243	263	303	343
4000	гор и общ	сек	43,6	47,9	53,5	60,5	67,6	74,6	81,6	88,6	95,6	110	124
		час	141	155	174	198	222	246	270	294	317	365	413
	хол	сек	39,3	43,3	48,7	55,4	62,1	68,8	75,4	82,1	88,8	102	116
		час	129	143	161	184	207	230	253	276	299	345	391
5000	гор и общ	сек	53,3	58,5	65,5	74,2	82,9	91,6	100	109	118	135	153
		час	174	191	215	245	275	304	334	364	393	453	512
	хол	сек	48,1	53,1	59,8	68,1	76,4	84,7	93	101	110	126	143
		час	159	176	199	228	257	285	314	342	371	428	486
6000	гор и общ	сек	62,8										
		час	206										
	хол	сек	56,9										
		час	189										
7000	гор и общ	сек	72,3										
		час	239										
	хол	сек	65,6										
		час	219										
8000	гор и общ	сек	81,7										

	хол	сек	74,2										
		час	249										
9000	гор и общ	сек	91										
		час	303										
	хол	сек	82,8										
		час	279										
10000	гор и общ	сек	100										
		час	335										
	хол	сек	91,4										
		час	309										
12000	гор и общ	сек	119										
		час	398										
	хол	сек	108										
		час	368										
14000	гор и общ	сек	137										
		час	461										
	хол	сек	125										
		час	426										
16000	гор и общ	сек	155										
		час	524										
	хол	сек	142										
		час	485										
18000	гор и общ	сек	173										
		час	586										
	хол	сек	159										
		час	543										

Приложение 22

Перечень нормативной литературы по металлополимерным трубопроводам

	СП 30.13330.2012	Внутренний водопровод и канализация зданий
	СП 31-106-2002	Проектирование и строительство инженерных систем одноквартирных жилых домов;
	СП 40-102-2000	Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования
	СП 40-103-98	Проектирование и монтаж трубопроводов систем холодного и горячего водоснабжения с использованием металлополимерных труб
	СП 41-102-98	Проектирование и монтаж трубопроводов систем отопления с использованием металлополимерных труб;
	СП 41-108-2004	Поквартирное теплоснабжение жилых зданий с теплогенераторами на газовом топливе;
	СП 60.13330.2012	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
	СП 73.13330.2012	Внутренние санитарно-технические системы зданий
	ТР 78-98	Технические рекомендации по проектированию и монтажу внутреннего водопровода зданий из металлополимерных труб;
	ТР 119-01	Технические рекомендации по монтажу гибких водопроводных подводок из металлополимерных труб в санитарно-технических кабинах;
	СН 550-82	Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб
		Пособие по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб (к СН 550-82)
	ВСН 69-97	Инструкция по проектированию и монтажу систем отопления зданий из металлополимерных труб.
	ГОСТ 11262-80	Пластмассы. Метод испытания на растяжение
	ГОСТ 24157-80	Трубы из пластмасс. Метод определения стойкости при постоянном внутреннем давлении
	ГОСТ 25136-82	Соединения трубопроводов. Методы испытания на герметичность.
	ГОСТ 26277-84	Пластмассы. Общие требования к изготовлению образцов способом механической обработки
	ГОСТ 27077-86	Детали соединительные из термопластов. Методы определения изменения внешнего вида после прогрева
	ГОСТ 27078-86	Трубы из термопластов. Методы определения изменения длины труб после прогрева
	ГОСТ Р 52134-2003	Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия

		и отопления. Общие технические условия
	ГОСТ Р 53652.1-2009	Трубы из термопластов. Метод определения свойств при растяжении.Часть1. Общие требования.
	ГОСТ Р 53652.3-2009	Трубы из термопластов. Метод определения свойств при растяжении.Часть3. Трубы из полиолефинов.
	ГОСТ 32415-2013.	Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия
	ГОСТ Р 54867-2011	Трубы полимерные многослойные. Определение длительной прочности
	ГОСТ ИСО 161-1-2004	Трубы из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Номинальные наружные диаметры и номинальные давления. Метрическая серия
	ГОСТ Р ИСО 3126-2007	Трубопроводы из пластмасс. Пластмассовые элементы трубопровода. Определение размеров
	ГОСТ ИСО 4065-2005	Трубы из термопластов. Таблица универсальных толщин стенок
	ГОСТ ИСО 11922-1-2006	Трубы из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Размеры и допуски. Часть 1. Метрическая серия
	ISO 161-1:1996	Трубы из термопластов для транспортировки жидкостей - Номинальные наружные диаметры и номинальное давление - Часть 1: Метрическая серия . «Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Nominal outside diameters and nominal pressure - Part 1: Metric series»
	ISO 4065:1996	Трубы из термопластов - Общая таблица толщины стенки. «Thermoplastics pipes - Universal wall thickness table»
	ISO 9080:2003	Определение длительной гидростатической прочности термопластичных материалов в форме трубы путем экстраполяции. «Plastics piping and ducting systems - Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation»
	ISO 10508:1995	Трубы и фитинги из термопластов для систем холодного и горячего водоснабжения. «Thermoplastics pipes and fittings for hot and cold water systems»
	ISO 11922-1:1997	Трубы из термопластов для транспортировки жидкостей. Размеры и допуски - Часть 1: Метрическая серия. «Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Dimensions and tolerances - Part 1: Metric series»
	ISO 13760:1998	Трубы из пластмасс для транспортирования жидкостей под давлением - Правило Майнера - Расчетный метод определения накопленного повреждения . «Plastics pipes for the conveyance of fluids under pressure - Miner’s rule - Calculation method for cumulative damage»
	DIN 16836:2005	Трубы многослойные - полиолефин - алюминий - многослойные трубы. Основные требования и испытания. «Mehrschichtverbundrohre - Poliolefin-Aluminium-

	DIN 16887:1990	Испытания труб из термопластов - определение стойкости при длительном внутреннем давлении. «Prufung von Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen - Bestimmung des Zeitstand-lnnendruckverhaltens»
	DIN 16893:2000	Трубы из сшитого полиэтилена (PE-X) – Размеры. «Crosslinked polyethylene (PE-X) pipes-Dimensions»
	ИСО 17456:2006	Пластмассовые трубопроводные системы - Многослойные трубы - Определение долговременной прочности. «Plastics piping systems. Multilayer pipes. Determination of long-term strength»
	ИСО 21003-1:2008	Многослойные трубы для внутренних систем горячего и холодного водоснабжения - Часть 1: Общие данные. «Multilayer piping systems for hot and cold water installations inside buildings - Part 1: General»
	ИСО 21003-2:2008	Многослойные трубы для внутренних систем горячего и холодного водоснабжения - Часть 2: Трубы. «Multilayer piping systems for hot and cold water installations inside buildings - Part 2: Pipes»