

УТВЕРЖДАЮ:  
Зам. ген. директора  
ОАО «НИИСантехники»



Горбунов В. И.

# РУКОВОДСТВО

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

(вторая редакция)

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

К.Т.Н. ..... Сушицкий О. И.



Via G. di Vittorio, 9  
25125 Brescia ITALY

## 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 (495) 482-43-44

### 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.** .....

# СОДЕРЖАНИЕ

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

## 2. ТРУБЫ

|        |  |         |
|--------|--|---------|
| 2.1.   | Общие сведения о модификациях полиэтилена.....           | стр. 7  |
| 2.2.   | Сшивка полиэтилена.....                                  | стр. 12 |
| 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. 27 |
| 2.4.3. | Лабораторный контроль качества.....                      | стр. 28 |
| 2.5.   | Свойства труб.....                                       | стр. 32 |
| 2.5.1. | Температурное удлинение.....                             | стр. 32 |
| 2.5.2. | Химическая стойкость.....                                | стр. 33 |
| 2.5.3. | Стойкость к отложениям и биологическому обрастанию.....  | стр. 33 |
| 2.5.4. | Гладкость внутренней поверхности труб.....               | стр. 34 |
| 2.5.5. | Сводная таблица технических характеристик труб.....      | стр. 35 |
| 2.5.6. | Длительная прочность труб.....                           | стр. 36 |
| 2.6.   | Правила транспортировки и хранения труб.....             | стр. 44 |

## 3. ФИТИНГИ

|        |  |         |
|--------|--|---------|
| 3.1.   | Общие сведения о фитингах.....           | стр. 45 |
| 3.2.   | Гидравлические параметры фитингов.....   | стр. 47 |
| 3.3.   | Соединители VTm.....                     | стр. 48 |
| 3.3.1. | Материал корпуса.....                    | стр. 48 |
| 3.3.2. | Особенности конструкции корпуса.....     | стр. 50 |
| 3.3.3. | Уплотнительные кольца.....               | стр. 51 |
| 3.3.4. | Диэлектрическая прокладка.....           | стр. 53 |
| 3.3.5. | Интегрированный штуцер.....              | стр. 54 |
| 3.4.   | Обжимные фитинги.....                    | стр. 54 |
| 3.5.   | Пресс-соединители.....                   | стр. 55 |
| 3.6.   | Маркировка и совместимость фитингов..... | стр. 58 |

## 4. РАБОТА С МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫМИ ТРУБАМИ

|        |   |         |
|--------|---|---------|
| 4.1.   | Инструмент.....   | стр. 59 |
| 4.2.   | Монтаж МПТ.....   | стр. 64 |
| 4.2.1. | Общие требования к монтажу.....   | стр. 64 |
| 4.2.2. | Выполнение соединений.....  | стр. 66 |
| 4.2.3. | Типичные ошибки при выполнении соединений МПТ.....                      | стр. 72 |
| 4.2.4. | Компенсация температурных деформаций и расстановка опор.....            | стр. 74 |
| 4.2.5. | Крепление трубопроводов.....  | стр. 88 |
| 4.2.6. | Теплоизоляция трубопроводов.....  | стр. 89 |
| 4.3.   | Испытания смонтированных трубопроводов.....                             | стр. 90 |
| 4.3.1. | Общие требования к испытаниям.....                                      | стр. 90 |
| 4.3.2. | Гидравлические испытания систем отопления.....                          | стр. 89 |
| 4.3.3. | Тепловые испытания систем отопления.....                                | стр. 90 |
| 4.3.4. | Гидравлические испытания систем холодного и горячего водоснабжения..... | стр. 91 |
| 4.3.5. | Промывка систем.....  | стр. 91 |
| 4.4.   | Взаимозаменяемость труб.....  | стр. 92 |
| 4.5.   | Техника безопасности.....   | стр. 93 |

## 5. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| 5.1.     | Внутренний водопровод холодной и горячей воды..... | стр. 94  |
| 5.2.     | Системы радиаторного отопления.....                | стр. 96  |
| 5.3.     | Системы встроенного обогрева.....                  | стр. 98  |
| 5.3.1.   | Напольное отопление (теплый пол).....              | стр. 98  |
| 5.3.1.1. | Преимущества напольного отопления.....             | стр. 98  |
| 5.3.1.2. | Возможности напольного отопления.....              | стр. 99  |
| 5.3.1.3. | Конструктивные решения теплых полов.....           | стр. 104 |
| 5.3.1.4. | Раскладка петель.....                              | стр. 105 |
| 5.3.1.5. | Требования к стяжке.....                           | стр. 107 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| 5.3.1.6. | Требования к утеплителю.....                      | стр. 107 |
| 5.3.1.7. | Арматурная сетка.....                             | стр. 108 |
| 5.3.1.8. | Требования к чистовому покрытию пола.....         | стр. 108 |
| 5.3.1.9. | Использование алюминиевой фольги.....             | стр. 108 |
| 5.3.1.10 | Пароизоляция и гидроизоляция.....                 | стр. 109 |
| 5.3.1.11 | Деформационные швы.....                           | стр. 109 |
| 5.3.1.12 | Использование коллекторов.....                    | стр. 110 |
| 5.3.1.13 | Смесительные узлы и автоматика.....               | стр. 113 |
| 5.4.     | Системы настенного отопления.....                 | стр. 115 |
| 5.5.     | Системы отопления теплиц и открытых площадок..... | стр. 121 |

### 6. РАСЧЕТЫ

|        |   |          |
|--------|---|----------|
| 6.1.   | Определение расчетных расходов холодной и горячей воды..... | стр. 121 |
| 6.1.1. | Основные принципы расчета водопровода.....                  | стр. 121 |
| 6.1.2. | Определение расчетных расходов по СНиП 2.04.01.....         | стр. 122 |
| 6.1.3. | Ускоренный метод расчета расходов.....                      | стр. 126 |
| 6.2.   | Определение потерь тепла трубами.....                       | стр. 128 |
| 6.3.   | Расчет на образование конденсата.....                       | стр. 130 |
| 6.4.   | Гидравлический расчет трубопроводов.....                    | стр. 131 |
| 6.5.   | Расчет теплого пола.....                                    | стр. 132 |
| 6.5.1. | Задачи теплотехнического расчета.....                       | стр. 132 |
| 6.5.2. | Метод коэффициентов.....                                    | стр. 132 |
| 6.5.3. | Аналитический метод.....                                    | стр. 135 |
| 6.5.4. | Графический метод расчета.....                              | стр. 138 |
| 6.5.5. | Табличный метод расчета.....                                | стр. 141 |
| 6.5.6. | Пример расчета теплого пола.....                            | стр. 142 |
| 6.6.   | Определение теплотерь помещений.....                        | стр. 146 |

### ПРИЛОЖЕНИЯ

|    |   |          |
|----|---|----------|
| 1  | Таблица химической стойкости труб.....  | стр. 153 |
| 2  | Номенклатура и габаритные размеры обжимных фитингов.....  | стр. 159 |
| 3  | Номенклатура и габаритные размеры пресс-фитингов.....   | стр. 165 |
| 4  | Коэффициенты местных сопротивлений тройников.....   | стр. 170 |
| 5  | Коэффициенты местных сопротивлений прямых соединителей и угольников.....  | стр. 175 |
| 6  | Коэффициенты местных сопротивлений крестовин.....   | стр. 176 |
| 7  | Марки латуней.....  | стр. 177 |
| 8  | Типы насадок пресс-инструмента.....   | стр. 178 |
| 9  | Акт гидравлического или манометрического испытания.....   | стр. 179 |
| 10 | Акт индивидуального испытания оборудования.....   | стр. 181 |
| 11 | Норма расхода воды приборами.....   | стр. 182 |
| 12 | Нормы расхода воды для различных групп потребителей.....  | стр. 183 |
| 13 | Значение коэффициента «альфа».....  | стр. 185 |
| 14 | Нормативные требования по установке трубопроводной арматуры.....  | стр. 188 |
| 15 | Гидравлические характеристики труб.....   | стр. 192 |
| 16 | Потери тепла трубами.....   | стр. 193 |
| 17 | Письмо фирмы КМЕ об использовании фитингов VTm для соединения труб Q-Тес.....                                     | стр. 194 |
| 18 | Пример расчета условного стояка на дополнительные напряжения от изменения температуры и от собственного веса..... | стр. 196 |

# 1. Общая часть

## 1.1. Назначение пособия

Настоящее пособие разработано с целью ознакомления специалистов проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций с возможностями и особенностями систем металлополимерных трубопроводов **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 армирующей прослойки из металлической (как правило, алюминиевой) фольги между наружным и внутренним слоем термопласта. При этом, в качестве материала наружного и внутреннего слоя может использоваться полиэтилен (*PE, PEHD*), сшитый полиэтилен (*PEX*), термостойкий полиэтилен (*PERT*), полипропилен (*PP-R*).

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».

## 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 °С;
- 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, топливозапасников, станций биологической очистки и т.п.);
- трубопроводы грунтовых тепловых насосов;
- обвязки вентиляционных водяных калориферов и тепловых завес при температуре теплоносителя не выше 95°C;
- 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 95°C;
- 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°C;
- в системах центрального отопления с элеваторными узлами, т.к. в таких системах теоретически возможно длительное повышение температуры теплоносителя до 110-130 °C;
- для расширительного, предохранительного, переливного и сигнального трубопроводов;
- 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*

| <b>Достоинства</b>   | <b>Недостатки</b>  |
|--|--|
| Малый вес  | Возможность механических повреждений   |
| Реальная прочность больше, чем у труб из полиэтилена низкого давления и РЕХ    | Прочность меньше, чем у стальных и медных труб                                     |
| Коэффициент линейного расширения ниже, чем у РЕХ 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 РЕХ 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 РЕХ 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***

В настоящее время в России действуют следующие нормативные документы, касающиеся систем металлополимерных трубопроводов:

- СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий;
- СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование (с Изменениями N 1, 2, 3);
- СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование;
- 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 31-106-2002 Проектирование и строительство инженерных систем одноквартирных жилых домов;

- СП 41-108-2004 Поквартирное теплоснабжение жилых зданий с теплогенераторами на газовом топливе;
- 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;
- ВСН 69-97 Инструкция по проектированию и монтажу систем отопления зданий из металлополимерных труб.

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

| <b>Положение</b>   | <b>Пункт</b> | <b>Норматив</b>  |
|--|--------------|------------------|
| <b>МОНТАЖ</b>  |              |                  |
| Монтаж трубопроводов должен осуществляться при температуре окружающей среды не менее 5°C.  | 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°C, должны быть перед раскаткой выдержаны в течение 24 часов при температуре не ниже 10°C.  | 3.4          | СП 40-103-98     |
| <b>РАЗМЕЩЕНИЕ</b>  |              |                  |
| Прокладка пластмассовых труб должна предусматриваться преимущественно скрытой: в плинтусах, штробах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка подводок к санитарно-техническим приборам, а также в местах, где исключается механическое повреждение пластмассовых трубопроводов  | 10.1         | СНиП 2.04.01-85* |
| 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   |
| <b>РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b>  |              |                  |
| Разъемные соединения предусматриваются в местах установки на трубопроводе арматуры и присоединения к оборудованию и для возможности демонтажа элементов трубопровода в процессе  | 3.3.4.       | СП 40-102-2000   |



|  |         |                |
|--|---------|----------------|
| эксплуатации. Эти соединения должны быть расположены в местах, доступных для осмотра и ремонта.  |         |                |
| При скрытой прокладке трубопроводов следует предусматривать люки в местах расположения разборных соединений и арматуры.  | 7.2.5.2 | СП 31-106-2002 |
| <b><i>ПРОХОД ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦИИ</i></b>   |         |                |
| В местах прохода через строительные конструкции трубы из полимерных материалов необходимо прокладывать в гильзах. Длина гильзы должна превышать толщину строительной конструкции на толщину строительных отделочных материалов, а над поверхностью пола возвышаться на 20 мм. Расположение стыков труб в гильзах не допускается.                               | 3.6.1.  | СП 40-102-2000 |
| 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   |
| <b><i>КРЕПЛЕНИЯ</i></b>  |         |                |
| 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       |
| <b><i>СОЕДИНЕНИЯ</i></b>   |         |                |
| Резьбовые соединения труб и соединительных деталей следует выполнять вручную или с использованием ключей с регулируемым моментом   | 7.5.4   | СП 40-102-2000 |
| <b><i>РАССТОЯНИЯ</i></b>   |         |                |
| Между металлополимерными трубопроводами горячей и холодной воды расстояние в свету должно быть не менее 25 мм (с учетом  | 3.11    | СП 40-103-98   |

|   |         |                  |
|---|---------|------------------|
| 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.  |         |                  |
| 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 металлополимерным трубопроводом, проходящим вдоль нее, должно быть не менее 20 мм  | 5.8     | СП 41-102-98     |
| <b>ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>  |         |                  |
| Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности труб из полимерных материалов и медных (латунных) труб следует принимать не менее 0,01 и 0,11 мм соответственно.   | 3.29*.  | СНиП 2.04.05-91* |
| 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         |
| <b>УКЛОНЫ</b>   |         |                  |
| 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  | 3.39.   | СНиП 2.04.05-91* |
| 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   |
| <b>РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ</b>   |         |                  |
| При замене труб во время ремонта не допускается ставить трубы меньшего диаметра.  | 5.2.    | ТР 78-98         |
| <b>ВОДОПРОВОД</b>   |         |                  |
| 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.<br><i>Примечание.</i> 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 диаметром 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 металлополимерных труб от подающего стояка после шарового вентиля, механического фильтра, поквартирного регулятора давления и водосчетчика.  | 2.5. | ТР 78-98     |
| 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.<br>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.<br>После регуляторов давления устанавливаются латунные коллекторы с тремя отводящими штуцерами. | 4.9. | ТР 119-01    |
| <b><i>ОТОПЛЕНИЕ</i></b>   |      |              |
| 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.<br>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 пожарной опасности 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

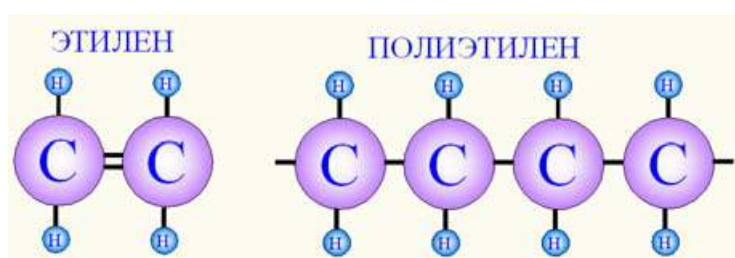
ограничивалось незначительным объемом пластиковой внутриквартирной канализации и подводками к смывным бачкам.

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

Если полипропиленовые и поливинилхлоридные трубы в большей массе применяются в канализационных сетях, то трубы на полиэтиленовой основе все активнее вытесняют традиционную сталь из внутренних систем отопления, холодного и горячего водоснабжения. Эта возможность появилась, благодаря разработке технологии «сшивки» (РЕХ –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



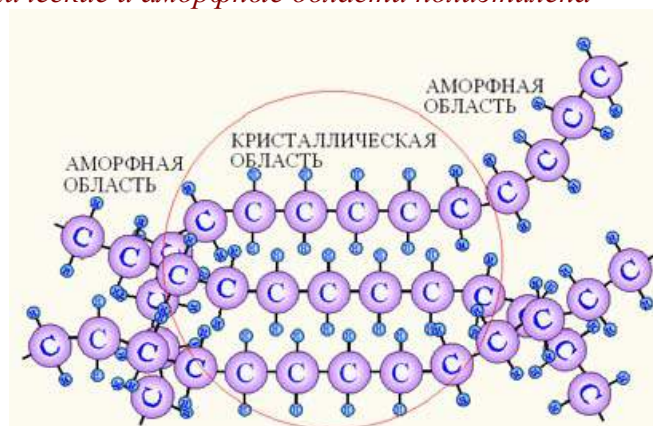
Полиэтилен является термопластичным материалом, то есть при нагревании он размягчается, а при охлаждении вновь твердеет. Полиэтилен состоит из множества макромолекул-цепочек, которые могут перемещаться друг относительно друга.

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 ровные 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). Эти зоны обладают меньшей плотностью. С повышением температуры кристаллиты распадаются, переходя в аморфное состояние. При достижении температуры 200 °С полиэтилен переходит в вязкотекучее состояние, при котором он может подвергаться формовке.

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



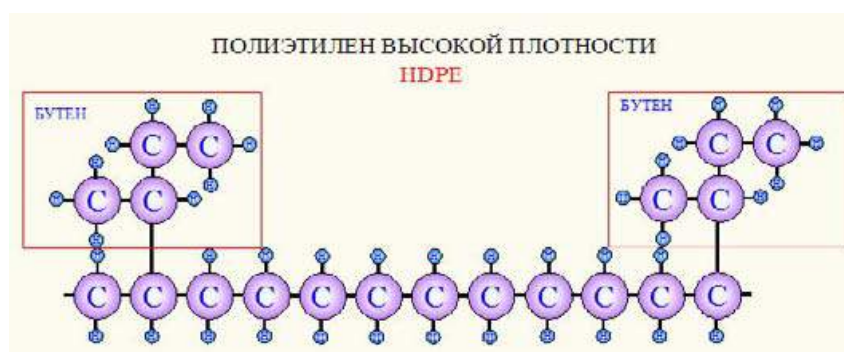
Обычно, в состав основного полимера входят присоединенные к основным молекулам цепочки сопутствующего мономера (*сополимера*). Для полиэтилена, это, как правило, бутен (бутилен).

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 70°C (кратковременно 85 °C).

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

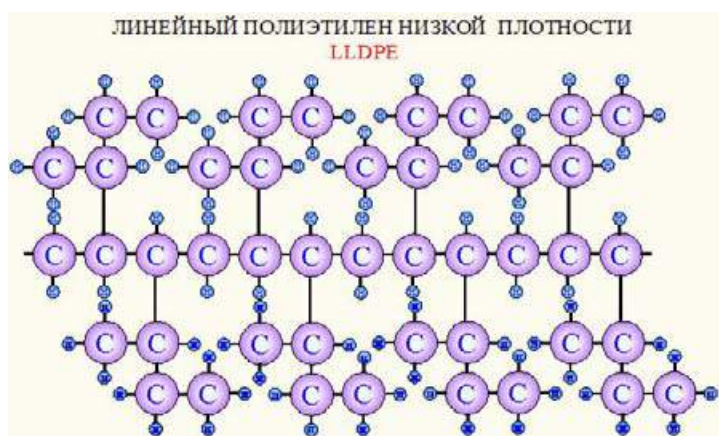
*Рис. 2.1.р.3* Химическая структура полиэтилена высокой плотности



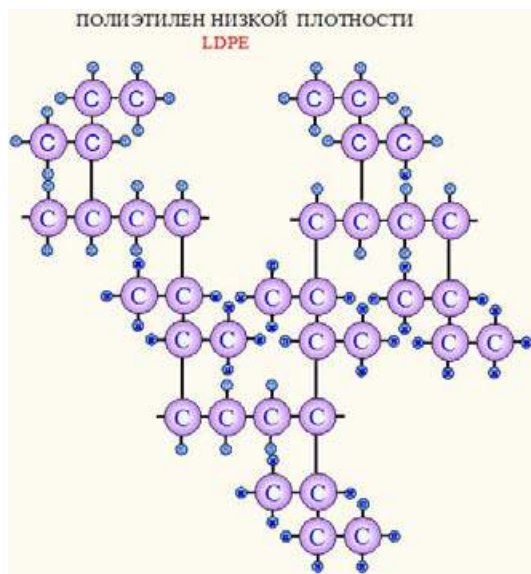
*Рис. 2.1.р.4* Химическая структура полиэтилена средней плотности



*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

**Рис.2.1.р.7** Гранулы ПНД



основных технологии:

- 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<sub>3</sub> + 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 (атоклаве). 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, predeterminedенная технологией его получения и структурой, придает материалу свои индивидуальные физические и механические свойства (см. таблицу 2.1.м.1).

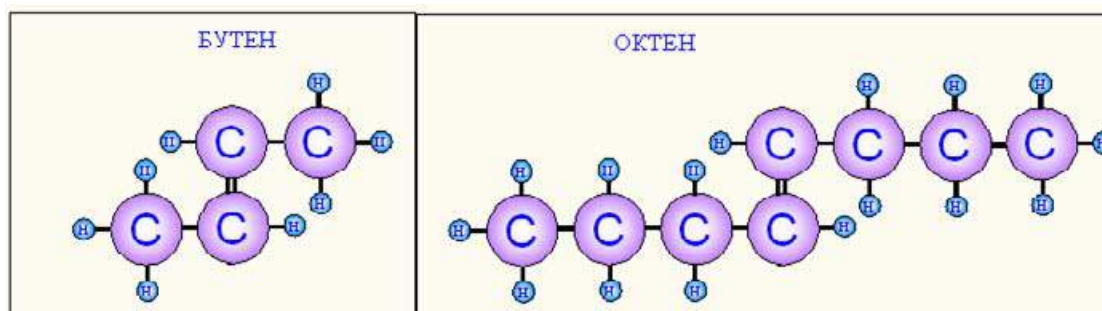
**Таблица 2.1.м.1** Технические характеристики полиэтиленов различной плотности

| Характеристика                               | LDPE | MDPE | HDPE |     |     |
|--|------|------|------|-----|-----|
| Плотность, кг/м <sup>3</sup>                 | 920  | 930  | 940  | 950 | 960 |
| Модуль упругости при 20°C, Н/мм <sup>2</sup> | 175  | 260  | 455  | 630 | 875 |
| Точка плавления кристаллитов, °C             | 109  | 116  | 125  | 130 | 133 |

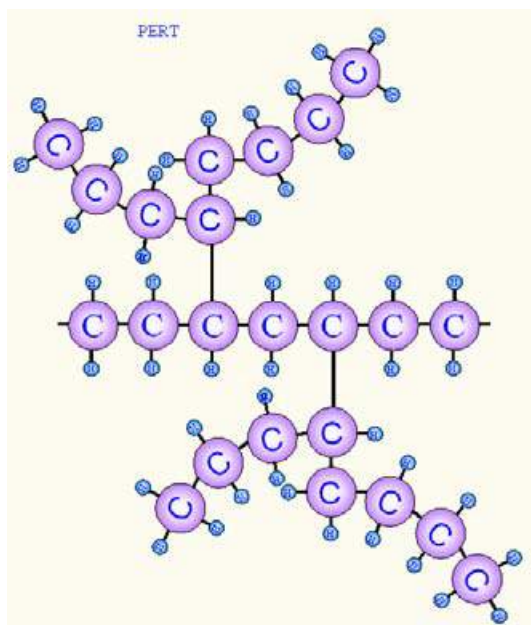
**PERT – термостойкий полиэтилен (resistance temperature).**

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 используется октен (октилен), имеющий формулу C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>. 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 сцепления и переплетения своих «ветвей» (рис.2.1.р.10). Получившийся материал приобретает ряд свойств, присущих РЕХ, таких как повышенная долговременная термостойкость и увеличение прочности. Химическая стойкость PERT существенно не изменяется, поэтому в ксилоле он растворяется. PERT сохраняет присущую обычному полиэтилену гибкость. Самым главным приобретением PERT по сравнению со своим «материнским» РЕМД 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 тепловой стойкости привели к идее сшивки полиэтилена, которая была реализована в 70х 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 продольно-поперечных связей между макромолекулами полимера.

Относительное количество образующихся поперечных связей в единице объема



**Рис.2.2.р.1** Стенд определения степени сшивки

Лаборатория комплексных испытаний  
элементов инженерных систем –ЛаКИЭЛИС)

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 РЕХ 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, РЕХ со степенью сшивки 100% - это материал, напоминающий стекло.



*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                  |
| Теплостойкость                         | 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 ( 400°С) и выше. Продуктами реакции горения полиэтилена являются вода и углекислый газ.

Известно несколько основных промышленных способов сшивки полиэтилена (*Таблица 2.2.т.2*), в зависимости от которых сшитый полиэтилен индексируется соответствующей литерой.

*Способы получения РЕХ*      *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 | РЕХ-а       | Сшивка органическими пероксидами или гидропероксидами | 75                               | 70                             | химический                        |
| 2 | РЕХ-б       | Сшивка органическими силанидами (силанами)            | 65                               | 65                             | химический                        |
| 3 | РЕХ-с       | Сшивка потоком элементарных частиц ( радиационный)    | 60                               | 60                             | физический                        |
| 4 | РЕХ-д       | Сшивка азотированием                                  | Не нормируется                   | 60                             | химический                        |

### Пероксидная сшивка (метод А).

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

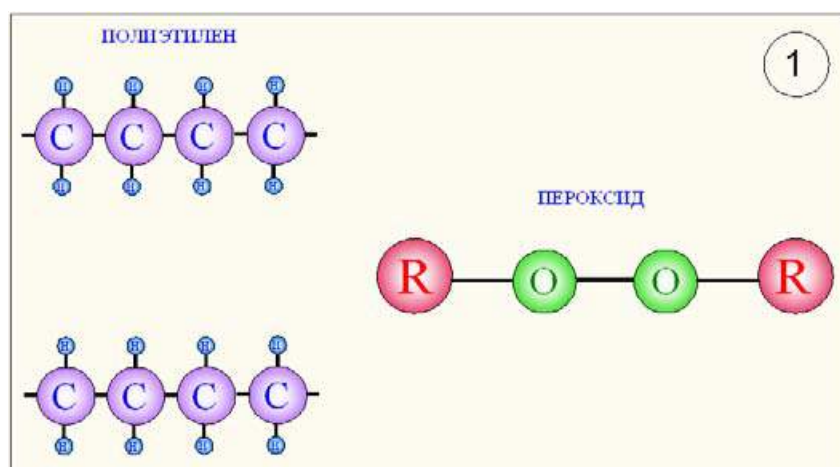
Органические пероксиды представляют из себя производные перекиси водорода (НООН) в которых один (гидропероксид, ROOH) или два (пероксид, ROOR) атома водорода замещены органическими радикалами. Самый популярный пероксид - *2,5-dimethyl-2,5-di-(butylperoxy)hexane*. При комнатной температуре он находится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

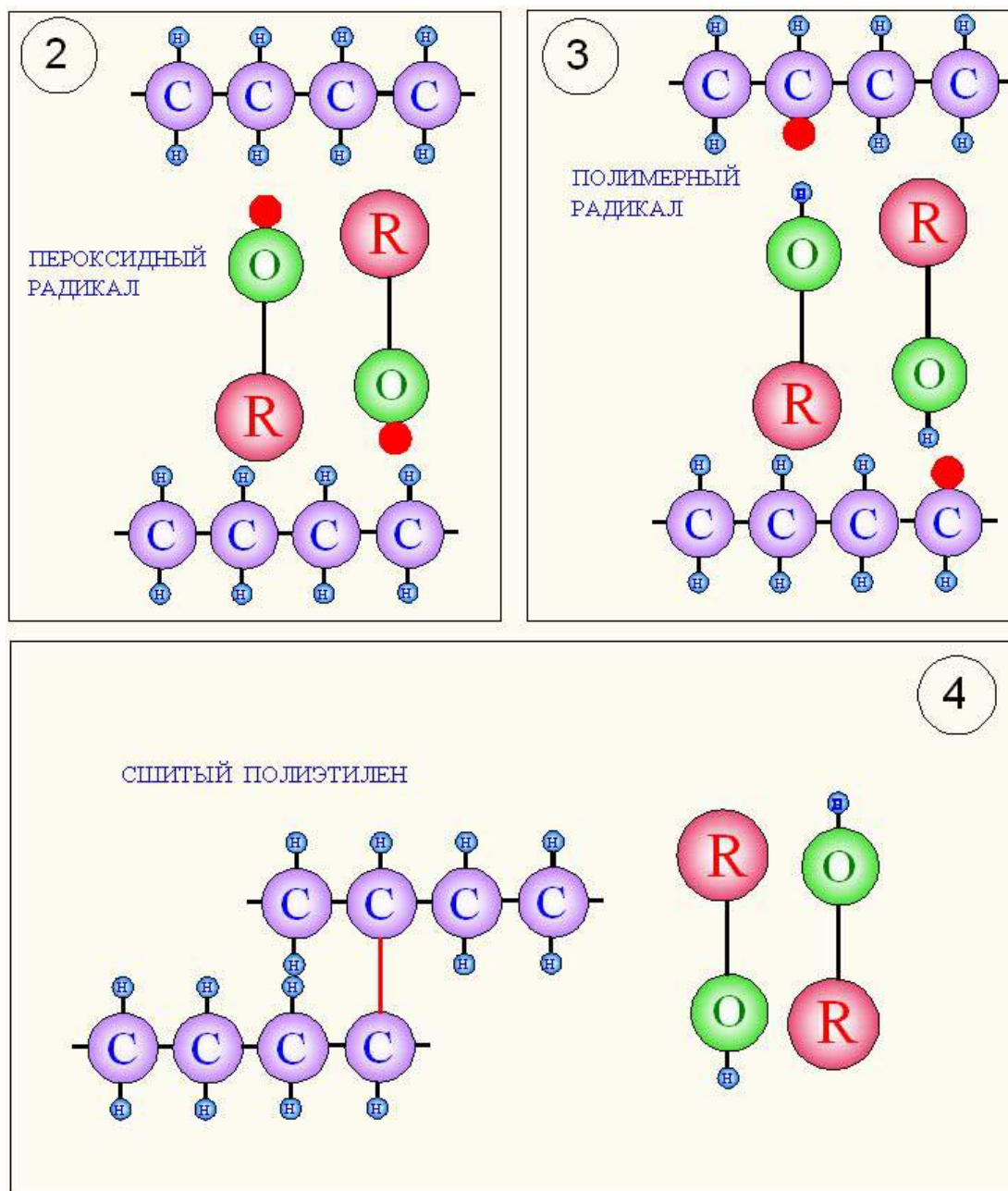
Пероксиды относятся к особо опасным веществам (ОСТ 19433-88). Их получение – технологически сложный и дорогостоящий процесс. Наиболее крупными производителями органопероксидов считаются французская фирма Atofina и голландский концерн Akzo Nobel с офисом в Чикаго. В России пероксиды выпускает объединение «Казаньоргсинтез». Количество добавляемого в расплав пероксида очень мало и составляет порядка 0,5-2 кг на 1 т полиэтилена.

Для получения РЕХ 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 РЕХ 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  $\text{SiH}_4$ ) в которых атомы водорода заменены органическими радикальными группами по схеме  $\text{RO-CH}_3$ , поэтому правильнее называть эти вещества «силоксанами».

Как и кремневодороды, от газообразного  $\text{SiH}_4$  до  $\text{Si}_3\text{H}_8$ , 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  $\text{Si-C}$  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 РЕХ труб по методу **В** в основном используется винилтриметаксилоксан ( $H_2C=CH$ )Si (OR)<sub>3</sub> (сокращенно-«винилсилан»).

Силановая сшивка может выполняться двумя способами:

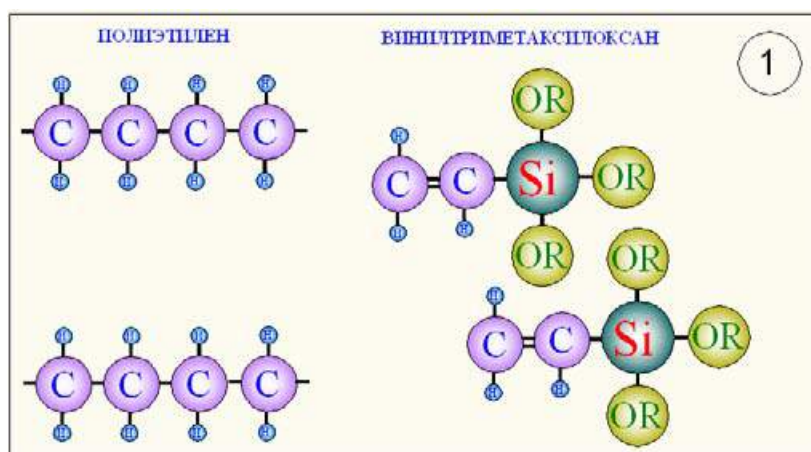
Метод **В-SIOPLAST**. В этом методе винилсилан вводится в расплав во время экструзии трубы.

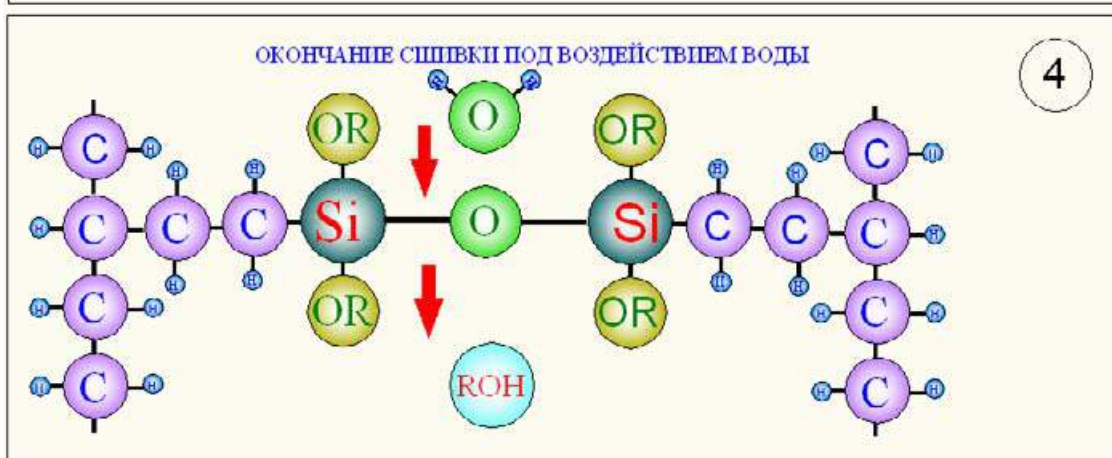
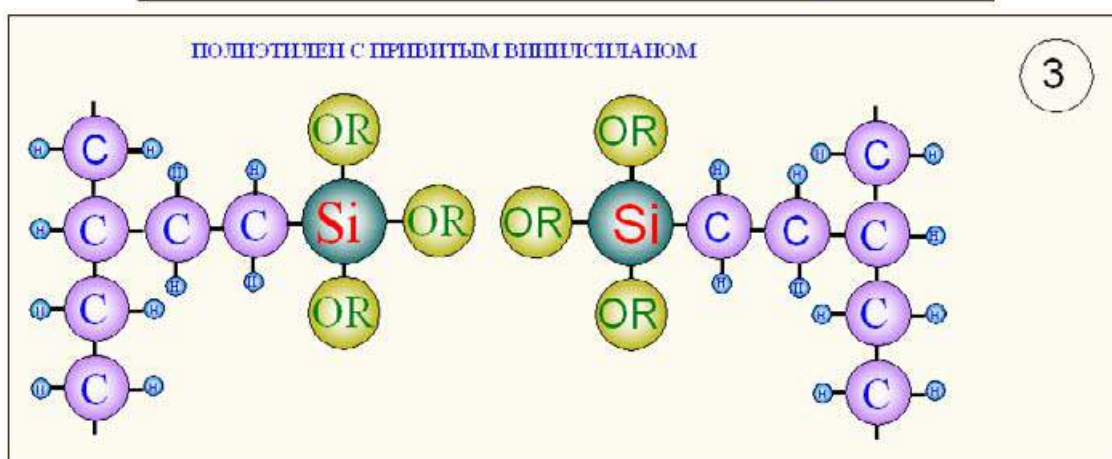
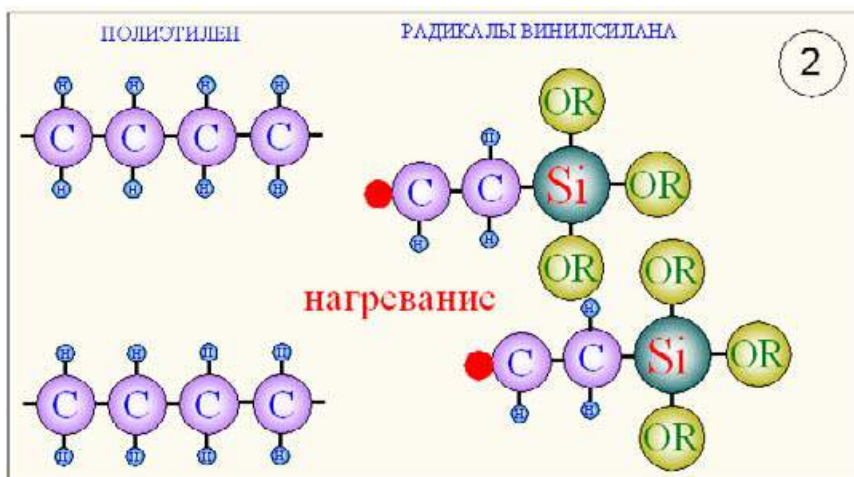
Метод **В-MONOSIL**. Здесь винилсилан перемешивается с пероксидом и некоторым количеством полиэтилена (*рис.2.2.р.3-1*). Эта смесь вводится в основную массу полиэтиленового расплава при экструзии вместе с каучук-катализатором. Неудобство данного метода заключается в том, что насыщенный винилсиланом полиэтилен 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 РЕХ 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.

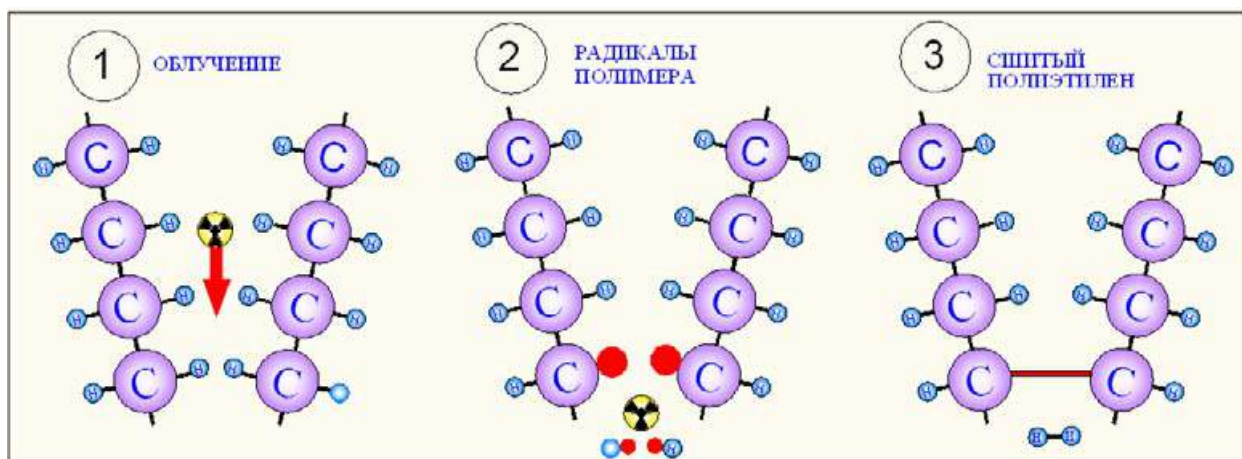
Метод С позволяет получать более гибкий полиэтилен, так как процент сшивки при этом методе составляет 60%, а с увеличением процента сшивки твердость материала возрастает. Качество сшивки и радиоактивная чистота готового продукта при данном методе зависит от принятой технологии радиационной обработки.

При использовании циклических ускорителей электронов (бетатронов) в диапазоне энергий 0,5-10 МэВ практически не образуются 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 сенсibiliзирующих 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 РЕХс, 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 130°C. Это происходит, когда по каким-либо причинам перекрывается или выходит из строя подмешивающая линия (байпас) в тепловом пункте с элеваторным или насосным узлом смещения. Распространены также случаи выемки или расточки сопел элеваторов. Несмотря на то, что по российским нормам применение металлополимерных труб в элеваторных системах 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 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).

### 2.3.2. Материал наружного и внутреннего слоев труб VALTEC

Рис.2.3.2.п.1

Исходное сырье для сшитого полиэтилена



В качестве исходного сырья для производства внутреннего и наружного слоев труб VALTEC используется гранулированный полиэтилен высокого давления итальянской компании Crosspolimeri S.P.A (рис.2.3.2.п.1), которая наряду с фирмой Padanaplast входит в десятку крупнейших европейских химических фирм.

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%.

Основным критерием при выборе поставщиков сырья служила стабильность характеристик поставляемых гранул. Такие показатели, как плотность, влажность, индекс расплава и вязкость расплава оказывают решающее влияние на качество экструдированных изделий.

Компания Crosspolimeri поставляет сырье с отклонением от паспортных значений не более, чем на 1-1,5%. Для большинства же остальных поставщиков этот показатель достигает 10-15 %.

### 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 ( $3NaF \cdot AlF_3$ ), после продувки хлором, удаляющим водород, имеет чистоту 94-96%. Именно из этого алюминия делается средний слой у большинства металлополимерных труб. Прочность такого алюминия составляет 60-70 Н/мм<sup>2</sup>. Конструкционную прочность в 380-600 Н/мм<sup>2</sup> 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 99,4%. При этом прочность алюминия остается на достаточно высоком уровне – 55 Н/мм<sup>2</sup>. Сохранение 0,3% примеси железа и 0,2% 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. Специалисты фирмы **VALTEC** остановили свой выбор на клее *Yparex® 8102* (таблица 2.3.4.м.1) голландской химической компании *DSM Engineering Plastics B.V.*, входящей в транснациональный концерн *DSM (Dutch State Mines)*. Этот достаточно дорогой клей был разработан в 2002 году специально для эластичного соединения композиции РЕ-алюминий. Разрывная долговременная прочность состава составляет 70 Н/10мм, в то время, как у труб на большинстве испытанных марках клея этот показатель не превышает 55 Н/10мм, хотя нормативное требование к этому показателю - всего 15 Н/10мм.

Индекс разрывной прочности показывает, какое растягивающее усилие необходимо приложить к вырезанной из трубы спирали шириной 10мм, чтобы ее расслоить.

Следует отметить, что при испытаниях на отрыв клея *Yparex® 8102*, 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.

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.1).

**Рис.2.3.4.р.1 Вид среза МПТ после разрывных испытаний**



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 °С, несмотря на размягчение, свидетельствующее о плавлении кристаллитов, полной прозрачности образца не наступает, так как «игольчатые» клеящие 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 Урагех® 8102      Таблица 2.3.4.г.1**

| <i>№</i> | <i>Наименование характеристики</i> | <i>Ед.изм.</i>    | <i>Норматив</i> | <i>Значение</i>          |
|----------|------------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|
| 1        | Базовый полимер                    |                   |                 | C8-LLDPE                 |
| 2        | Плотность                          | г/см <sup>3</sup> | ISO 1183        | 923                      |
| 3        | ПТР или индекс (190°, 2,16 кг)     | г/10мин           | ISO 1133        | 23                       |
| 4        | Температура размягчения по Вика    | °С                | ISO 306         | 102                      |
| 5        | Температура плавления              | °С                | ISO 11357       | 124                      |
| 6        | Удельная теплота плавления         | Дж/г              |                 | 113                      |
| 7        | Адгезия к материалам               |                   |                 | PE,PEX,Cu,Al,<br>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, основу которых составляют экструдеры фирмы **Nextrom Technologies** (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 |   | Высушенное сырье загружается в миксер, где перемешивается с гранулами красителя и пластификатора   |
| 2 |  | По пневморукаву сырье из миксера поступает в загрузочный бункер шнекового экструдера внутреннего слоя. Шестизонные ТЭНы, установленные вокруг шнеков, обеспечивают стадийный разогрев сырья по команде с общего щита автоматики. Шнеки защищены от износа и коррозии бронированным слоем на основе никель-кобальт-кремний-вольфрамовой композиции. |
| 3 |  | Режим разогрева каждого из шести ТЭНов экструдера настраивается до начала процесса в зависимости от фактических характеристик сырья (влажности, индекса расплава, температуры плавления, возраста сырья)   |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 4 |    | <p>Через головку экструдера, оснащенную дорном, формирующим внутреннюю полость трубы, пластичная масса подается в ванну гидратации, где внутренний слой трубы принимает требуемую форму и охлаждается.</p> |
| 5 |    | <p>Циркуляция охлажденной воды в ванне обеспечивается системой обратного водоснабжения, оснащенной чиллером.</p>   |
| 6 |   | <p>Труба проходит прибор лазерного контроля диаметра</p>   |
| 7 |  | <p>Три трубопротяжных механизма задают трубной заготовке поступательное движение по линии с заданной скоростью. Автоматика синхронизирует скорость протяжки трубы на всех протяжных агрегатах.</p>         |
| 8 |  | <p>Перед нанесением первого слоя клея, труба высушивается и подогревается в тоннельной индукционной печи</p>   |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 9  |    | <p>Экструдер первого клеевого слоя наносит на внутренний слой клея, к которому на следующем участке будет приклеен алюминий.</p>  |
| 10 |    | <p>На сварочном участке происходит формирование алюминиевого слоя из ленты. Система стальных и тефлоновых роликов придает алюминиевой ленте форму трубы, после чего происходит сварка алюминия «встык» по TIG-методу (см. следующий раздел)</p> |
| 11 |   | <p>Система видеоконтроля позволяет постоянно контролировать процессы экструзии и сварки.</p>  |
| 12 |  | <p>После фольгирования, труба вновь разогревается в тоннельной печи</p>   |
| 13 |   |   |

|    |   |   |
|----|---|---|
|    |    | <p>На участке сдвоенного экструдера происходит нанесение второго клеевого слоя и одновременное формирование наружного слоя РЕХ.</p>   |
| 14 |    | <p>Нанесение маркировочной надписи на трубу производится на струйном программируемом принтере. В штрих-код автоматически вносятся сведения о дате и времени производства трубы.</p> |
| 15 |   | <p>Затем готовая труба остужается в водяной ванне</p>   |
| 16 |  | <p>Перед выходом с линии контролируется наружный диаметр трубы</p>  |
| 17 |  | <p>Намоточный участок обслуживается одним рабочим, который снимает готовую бухту со станка и закрепляет начало следующей бухты.</p>   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 18  |  | <p>На выходе из экструзионной линии труба имеет степень сшивки порядка 20%. Окончательная сшивка трубы производится на участке термогидравлической обработки. Здесь бухта присоединяется к трубопроводу, по которому циркулирует вода с температурой 85-90°C, и помещается в термокамеру, где выдерживается 4-5 часов ( в зависимости от диаметра).</p> |
| <p>19. После окончательной сшивки в термогидравлической камере, труба высушивается компрессором.<br/> 20. Концы труба закрываются защитными полиэтиленовыми колпачками, и производится упаковка рулона.<br/> 21. Образцы каждой суточной партии трубы поступают в лабораторию, где проводятся необходимые тестовые испытания.</p> |   |   |

### 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 аргона, замены электрода каждые 3 часа и теоретическую возможность прожига алюминия.

#### **2. Лазерная сварка в среде CO<sub>2</sub>.**

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 также только для тонкой алюминиевой фольги – 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 PEХ в месте нахлеста 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 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)** определяется в соответствии с ГОСТ 11645 на экструзионном пластомере (рис.2.4.3.п.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.



Рис.2.4.3.п.1 Экструзионный пластомер

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 выше глянец поверхности экструдированных труб. При горении образцов сшитого полиэтилена, выполненного из сырья с различным индексом расплава, отмечается более

частое каплепадение у полиэтилена с более высоким индексом расплава. Низкий индекс расплава свидетельствует о наличии большого количества сомономерных бутиленовых ответвлений от основной цепочки полимера. Отмечено также, что материал с низким индексом расплава со временем (2-3 года) перестает подчиняться логарифмической зависимости между начальным тангенциальным напряжением и временем до разрушения. Для такого материала нельзя с достаточной степенью точности предсказать срок эксплуатации при рабочих параметрах транспортируемой среды.

Для труб **VALTEC** используется сырье с индексом расплава 19-20 г/10мин.



Рис.2.4.3.п.2 TVI-влажномер

**Влажность** сырья определяется по методу Томазетти (*TVI test - Tomasetti's Volatile Indicator*) (рис.2.4.3.п.2). Для этого расплавленные гранулы помещаются между двумя стеклами. В зависимости от количества испаряющейся влаги, цвет индикатора меняется.

Высокая влажность расплава приводит к таким дефектам поверхности, как наличие шпиров.

#### Контроль качества готовой продукции

Образцы каждой партии металлополимерных труб **VALTEC** проходят лабораторные испытания, регламентированные 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.м.1

| Наименование параметра                     | Допустимое отклонение для диаметров, мм |       |      |      |      |
|--|---|-------|------|------|------|
|  | 16                                      | 20    | 26   | 32   | 40   |
| Наружный диаметр трубы                     | +0,2                                    | +0,2  | +0,2 | +0,2 | +0,3 |
| Овальность                                 | 1,1                                     | 1,1   | 1,1  | 1,2  | 1,3  |
| Толщина стенки                             | ±0,2                                    | ±0,2  | ±0,3 | ±0,4 | ±0,5 |
| Толщина полимерных слоев                   | ±0,15                                   | ±0,15 | ±0,2 | ±0,2 | ±0,3 |
| Расстояние между соседними мерными метками | ±2                                      | ±2    | ±2   | ±2   | ±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 таблице 2.4.3.м.2 приведены режимы статических испытаний, которым подвергаются образцы из каждой тестируемой партии МПТ.

Режимы статических испытаний МПТ Таблица 2.4.3.м.2

| Вид и режимы испытаний   | Испытательное давление(бар) по диаметрам (мм) |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|
|  | 16  | 20   | 26   | 32   | 40   |
| Стойкость МПТ к постоянному внутреннему давлению:                        |   |      |      |      |      |
| - T= 20°C; $\sigma_{нач}$ =23,0 Н/мм <sup>2</sup> ; время – 1 час.       | 65,7  | 51,0 | 60,0 | 47,6 | 44,1 |
| - T= 95°C; $\sigma_{нач}$ = 13,5 Н/мм <sup>2</sup> ; время – 1 час.      | 38,6  | 30,0 | 35,2 | 27,9 | 25,9 |
| - T= 95°C; $\sigma_{нач}$ = 9,0 Н/мм <sup>2</sup> ; время – 100 час.     | 25,7  | 20,0 | 23,5 | 18,6 | 17,3 |
| - T= 95°C; $\sigma_{нач}$ =8,0 Н/мм <sup>2</sup> ; время – 1000 час.     | 22,9  | 17,8 | 20,9 | 16,6 | 15,3 |
| Стойкость МПТ с фитингами к постоянному внутреннему давлению:            |   |      |      |      |      |
| - T= 20°C; время – 1 час.  | 37,1  | 37,1 | 37,1 | 37,1 | 37,1 |
| - T= 95°C; время – 1000 час.   | 18,4  | 18,4 | 18,4 | 18,4 | 18,4 |
| Стойкость МПТ с фитингами к постоянному внутреннему давлению при изгибе: |   |      |      |      |      |
| - T= 20°C; время – 1 час, $R_{изг}$ =5D <sub>нар</sub>                   | 37,1  | 37,1 | 37,1 | 37,1 | 37,1 |
| - T= 95°C; время – 1000 час.; $R_{изг}$ =5D <sub>нар</sub>               | 18,4  | 18,4 | 18,4 | 18,4 | 18,4 |

### 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.м.3*.

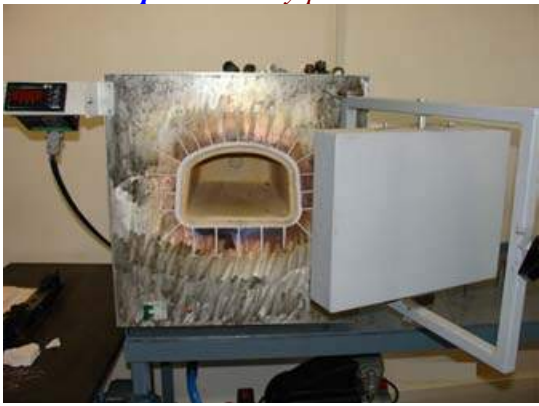
### Программа испытаний МПТ на длительную прочность Таблица 2.4.3.м.3

| Температура, °С | Начальное напряжение в стенке, Н/мм <sup>2</sup>      |                     |                     |                     |                      |                      |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|                 | Усредненные результаты испытаний (часы до разрушения) |                     |                     |                     |                      |                      |
| 20              | <u>21,3</u><br>1,07                                   | <u>18,3</u><br>106  | <u>18</u><br>175    | <u>17</u><br>1007   | <u>15,9</u><br>7075  | <u>15,8</u><br>9092  |
| 70              | <u>16,7</u><br>1,01                                   | <u>13,3</u><br>100  | <u>13,0</u><br>162  | <u>11,8</u><br>1130 | <u>10,75</u><br>7530 | <u>10,65</u><br>9102 |
| 95              | <u>13,9</u><br>1,00                                   | <u>10,45</u><br>104 | <u>10,15</u><br>168 | <u>9,1</u><br>1001  | <u>8,05</u><br>7320  | <u>7,95</u><br>9052  |
| 110             | <u>12,1</u><br>1,00                                   | <u>8,7</u><br>104   | <u>8,4</u><br>170   | <u>7,4</u><br>1025  | <u>6,45</u><br>7150  | <u>6,34</u><br>9140  |

На каждой температуре испытывается по 30 образцов (по пять на каждый режим по давлению). График и расчетную формулу длительной прочности см. в *разделе 2.5.6*.

### Испытания на термическую стабильность и изменение длины после прогрева

Рис.2.4.3. п.4 Печь муфельная



Испытания на термическую стабильность проводится в муфельной печи (*рис.2.4.3.п.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  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Каждый образец выдерживается в камере 8760 часов при температуре воздуха  $110^\circ\text{C}$  при начальном напряжении в стенке трубы 2,5 МПа. Для измерения изменения длины после прогрева, температура воздуха в камере

повышается до  $120^\circ\text{C}$ . 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.п.5 Стенд циклических испытаний



*Качество соединения трубы с фитингами* проверяется на стенде циклических испытаний (*рис.2.4.3.п.5*). Этот стенд состоит из испытательной камеры, циркуляционно-повысительного насоса, электронагревателя, chillера 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.м.4*).

Программа циклических испытаний МПТ Таблица 2.4.3.т.4

| Давление 1, бар | Давление 2, бар | Температура 1, °С | Температура 2, °С | 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:

**Рис.2.4.3.р.6** Стенд испытаний на разрыв



- *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;
- *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).

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

| Т,°С | Время,ч | Растягивающая сила, Н, для наружного диаметра |     |     |      |      |
|------|---------|---|-----|-----|------|------|
|      |         | 16  | 20  | 26  | 32   | 40   |
| 23   | 1       | 305   | 475 | 800 | 1210 | 1890 |
| 95   | 1       | 205   | 315 | 535 | 810  | 1260 |

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

## 2.5. Свойства металлополимерных труб VALTEC

### 2.5.1. Температурное удлинение

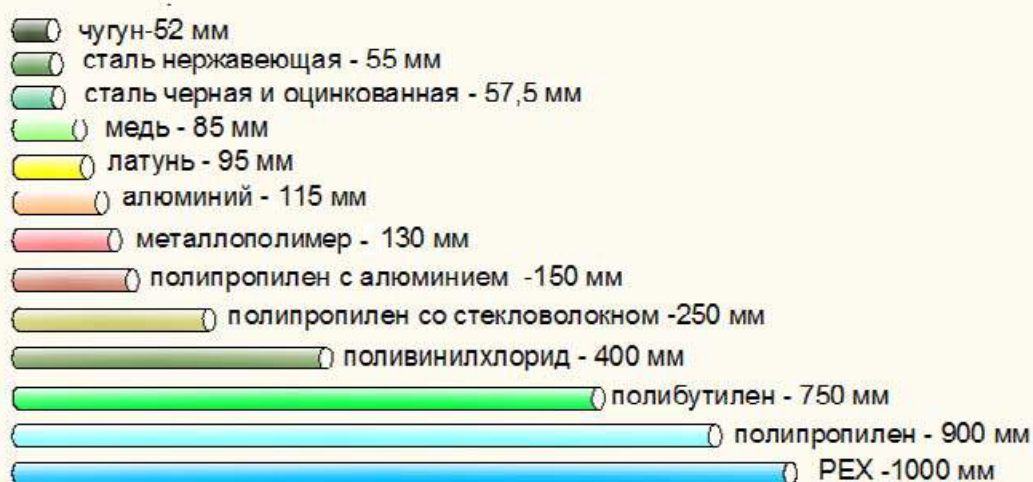
Прочное клеевое соединение пластика и алюминия дает возможность избавиться металлополимерные трубы от такого серьезного недостатка, как значительное температурное удлинение полимерных трубопроводов. По сравнению с трубами из РЕХ линейные температурные удлинения металлополимерных труб в 7 раз меньше (см. 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 нержавеющая                               | $0,11 \times 10^{-4}$                 | 1,1   | 55   |
| Сталь черная и оцинкованная                     | $0,115 \times 10^{-4}$                | 1,15  | 57,5   |
| Медь  | $0,17 \times 10^{-4}$                 | 1,7   | 85   |
| Латунь  | $0,19 \times 10^{-4}$                 | 1,9   | 95   |
| Алюминий  | $0,23 \times 10^{-4}$                 | 2,3   | 115  |
| Металлополимерные трубы                         | $0,26 \times 10^{-4}$                 | 2,6   | 130  |
| Поливинилхлорид (PVC)                           | $0,8 \times 10^{-4}$                  | 8   | 400  |
| Полибутилен (PB)                                | $1,5 \times 10^{-4}$                  | 15  | 750  |
| Полипропилен (PPR) неармированный               | $1,8 \times 10^{-4}$                  | 18  | 900  |
| Полипропилен (PPR) армированный алюминием       | $0,3 \times 10^{-4}$                  | 3,0   | 150  |
| Полипропилен (PPR), армированный стекловолокном | $0,5 \times 10^{-4}$                  | 5,0   | 250  |
| Сшитый полиэтилен (PEX)                         | $2 \times 10^{-4}$                    | 20  | 1000   |

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



### 2.5.2. Химическая стойкость

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

РЕХ 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 РЕХ. К сильным окислителям (азотная кислота, галогены) материал труб нестойк 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  $\text{HCO}_3^{3-}$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{SiO}_3^{2-}$  и катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Подавляющую массу отложений на стенках трубопроводов жилых домов составляет кальцит (карбонат кальция -  $\text{CaCO}_3$ ) (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  $\text{CaCO}_3$  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  $\Delta$  (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  $K_z$  (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*

| <b>Материал</b>                       | <b><math>K_z</math>,мм</b> | <b>Материал</b>                         | <b><math>K_z</math>,мм</b> | <b>Материал</b>        | <b><math>K_z</math>,мм</b> |
|---------------------------------------|----------------------------|---|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| Металлополимерная труба <b>VALTEC</b> | 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                      |

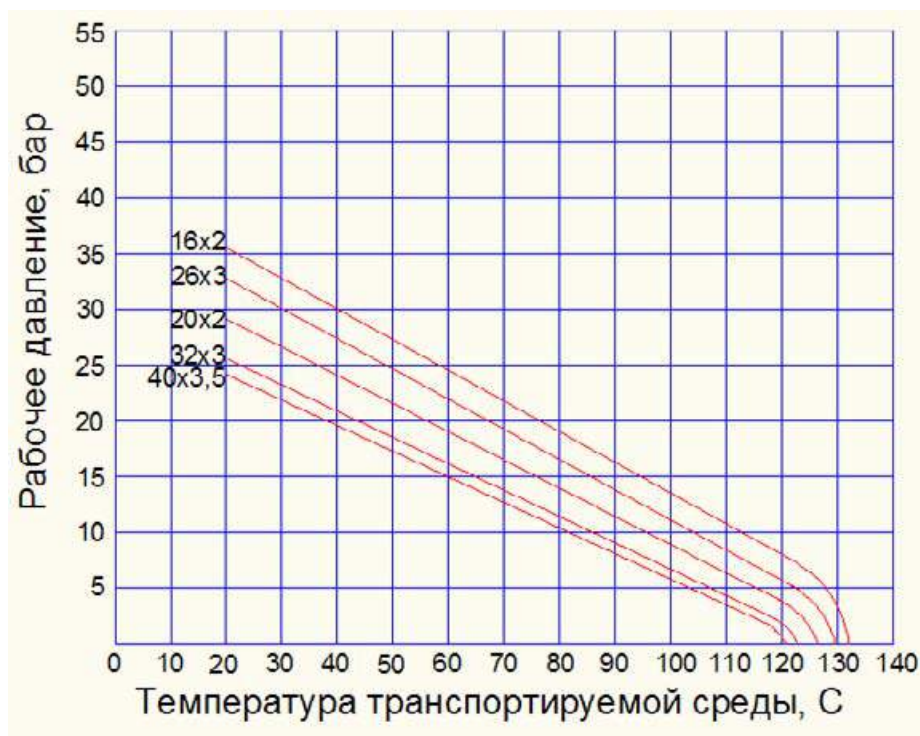
Высокая гладкость внутреннего канала обуславливает большую пропускную способность труб. Снижение гидравлических потерь в трубопроводах позволяет применять менее мощные насосы, уменьшать расчетный диаметр труб, увеличивать расход без увеличения уровня шумности трубопроводов.

**2.5.5. Сводная таблица технических характеристик труб VALTEC**

**Таблица 2.5.5.м.1**

| Наименование показателя  | Наружный диаметр труб, мм |       |       |       |       |
|--|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|  | 16                        | 20    | 26    | 32    | 40    |
| Внутренний диаметр, мм   | 12                        | 16    | 20    | 26    | 33    |
| 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   |
| Длина бухты/прутка, м  | 200/5                     | 100/5 | 50/5  | 25/5  | 5     |
| Диаметр бухты, см  | 80                        | 80    | 80    | 120   | -     |
| Вес 1 п.м. трубы, г  | 115                       | 170   | 300   | 370   | 430   |
| Объем жидкости в 1 м.п. трубы, л   | 0,113                     | 0,201 | 0,314 | 0,531 | 0,855 |
| Рабочая температура при давлении 10 бар, °С  | 0-95 ( см. график)        |       |       |       |       |
| Рабочая температура при давлении 25 бар, °С  | 0-25 ( см. график)        |       |       |       |       |
| Максимальная кратковременно допустимая температура, °С                             | 130                       |       |       |       |       |
| Максимальное рабочее давление при максимальной рабочей температуре, бар            | 10                        |       |       |       |       |
| Максимальное (разрушающее ) давление при температуре 20°С, бар                     | 94                        | 73    | 86    | 68    | 63    |
| Коэффициент линейного расширения, 1/°С   | 0,26x10 <sup>-4</sup>     |       |       |       |       |
| Изменение длины после прогрева при температуре (120-3) °С в течение (60+1) мин, %  | 0,81                      |       |       |       |       |
| Коэффициент эквивалентной равномерно-зернистой шероховатости                       | 0,007                     |       |       |       |       |
| Диффузия кислорода, мг/л   | 0                         |       |       |       |       |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/м К   | 0,43                      |       |       |       |       |
| Прочность клеевого соединения, Н/10мм  | 70                        |       |       |       |       |
| Прочность сварного соединения, Н/мм2   | 57                        |       |       |       |       |
| Стойкость при постоянном внутреннем давлении (без разрушений) при температуре, °С: |                           |       |       |       |       |
| -20 в течение 1 ч, бар   | 65,7                      | 51,0  | 60,0  | 47,6  | 44,1  |
| -95 в течение 1 ч, бар   | 38,6                      | 30,0  | 35,2  | 27,9  | 25,9  |
| -95 в течение 100 ч, бар   | 25,7                      | 20,0  | 23,5  | 18,6  | 17,3  |
| -95 в течение 1000 ч, бар  | 22,9                      | 17,8  | 20,9  | 16,6  | 15,3  |
| Прочность кольцевых образцов при поперечном разрыве, Н                             | 2800                      | 2800  | 3500  | 3500  | 3800  |
| Минимальный радиус изгиба вручную, мм  | 80                        | 100   | 130   | 160   | -     |
| Радиус изгиба с применением кондуктора или трубогиба, мм                           | 45                        | 60    | 95    | 125   | 180   |

**Рис.2.5.5.п.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:

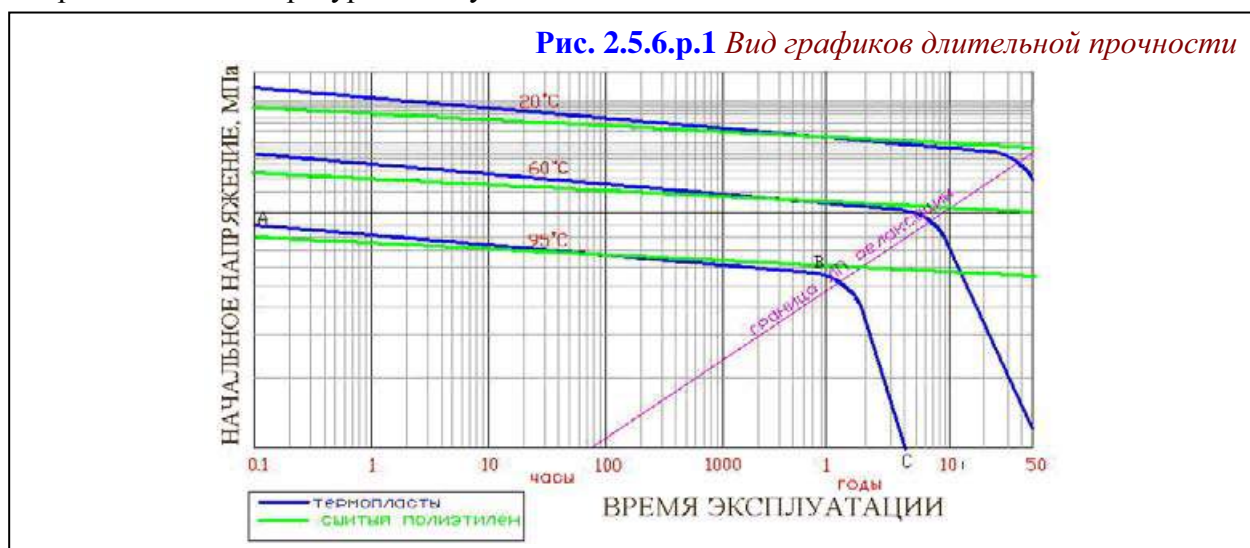
- полиэтилен (*PE, PEHD*);
- полиэтилен повышенной термостойкости (*PERT*);
- полипропилен и его модификации (*PP, PPH, PPB, PPR*);
- хлорированный поливинилхлорид (*PVC-C*);
- сшитый (вулканизированный) полиэтилен (*PEX*).

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.п.1 -участок А-В).



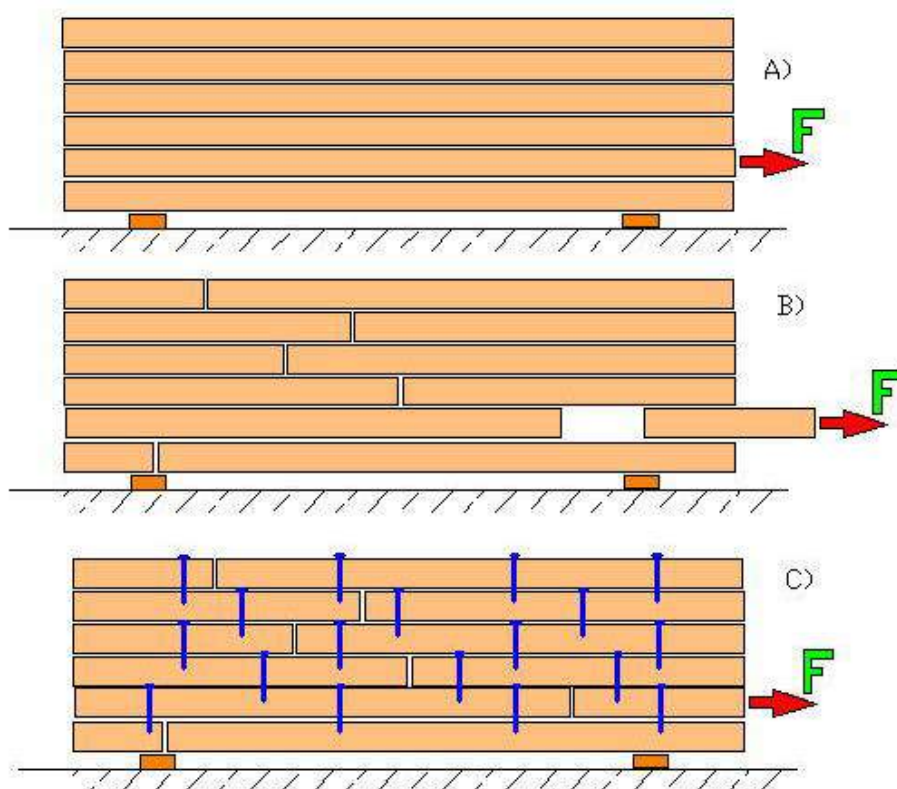
Такая зависимость дает возможность использовать для определения длительной прочности материала на этом участке экстраполяционный метод Палмгрена-Майнера (Palmgren-Miner). Однако, слепой перенос на термопласты метода, разработанного в 1945 году для металлов, в данном случае можно использовать только частично, 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.



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 в состоянии противостоять действующим внешним силам и начинается развивающаяся подвижка макромолекул друг относительно друга.

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.

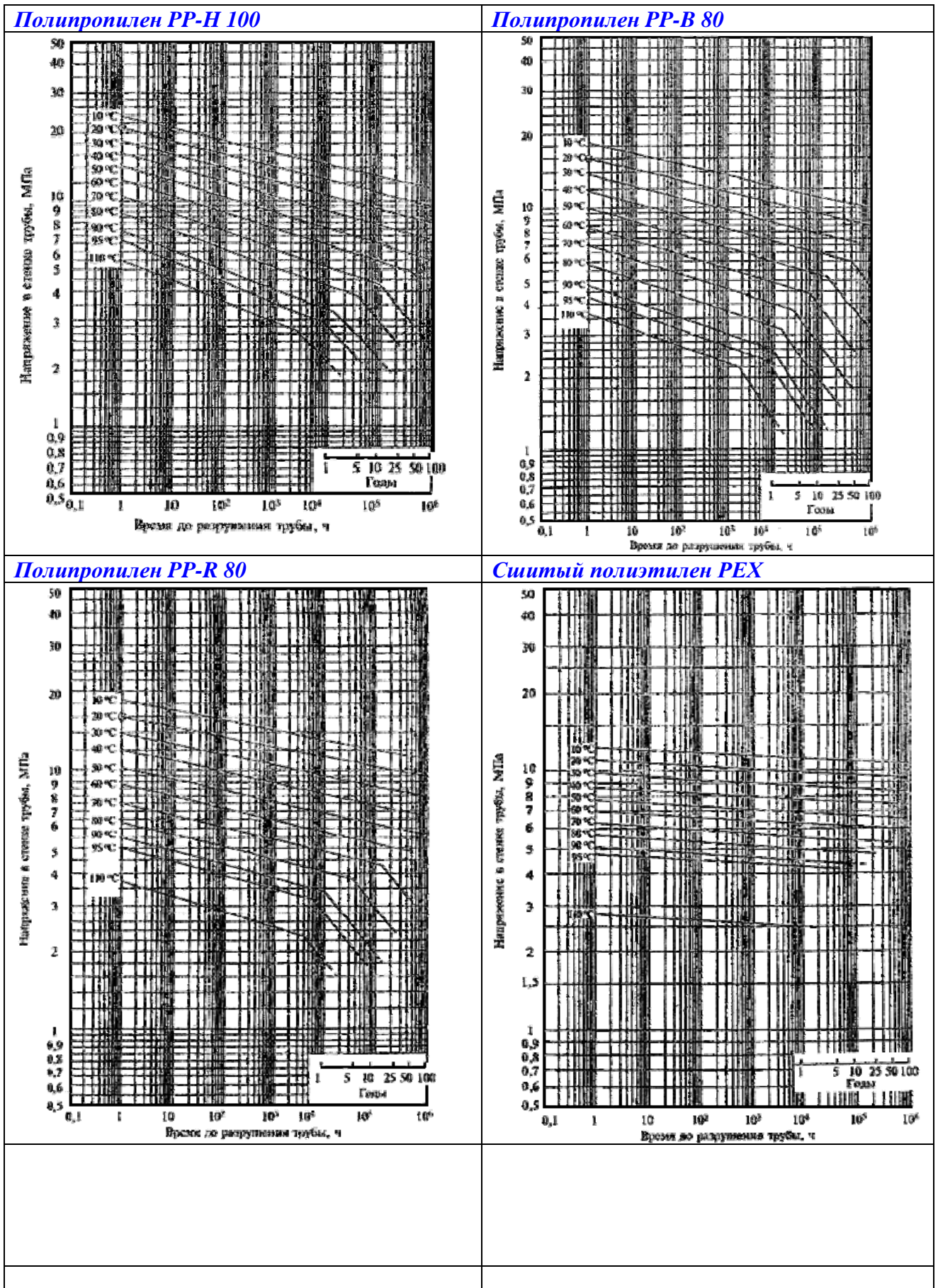
*Рис.2.5.6.р.2 Аналогия явления релаксации термопласта*



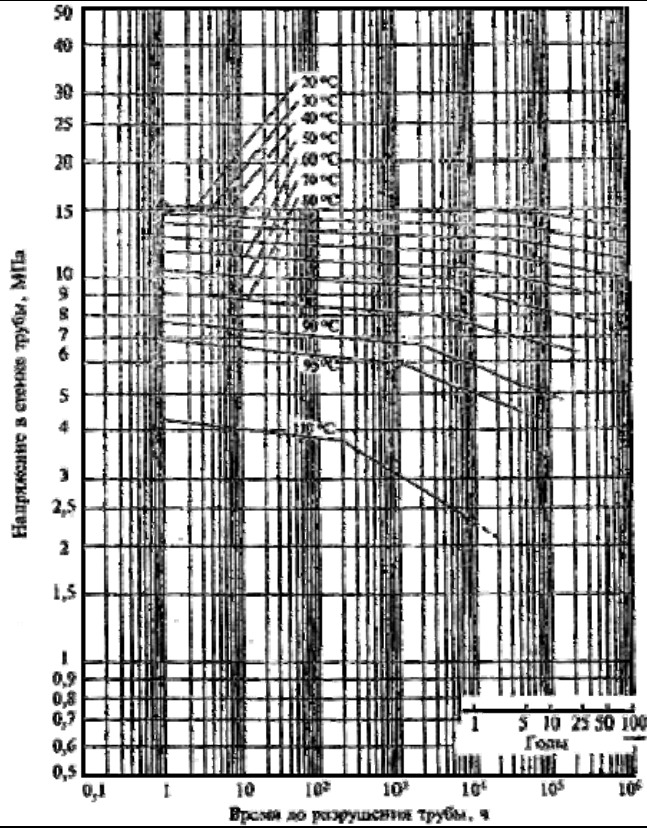
Теперь представим, что все доски в штабеле надежно скреплены между собой гвоздями (рис.2.5.6.р.2 -С). Теперь деление длинных досок на короткие ничего не меняет к исходной ситуации. Для сшитого полиэтилена (РЕХ) пространственные химические связи, объединяющие макромолекулы в единую структуру, и являются 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 РЕХ-АL-РЕХ и РЕХ-ЕVОН-РЕХ ведется на основании предсказуемых временных графиков, чего нельзя сказать о термопластах. Наличие точек перегиба 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 РР-Н при температуре 70°С тест нужно продолжать не менее 400000 часов (46 лет) ( см. *таблицу 2.5.6.т.1*).

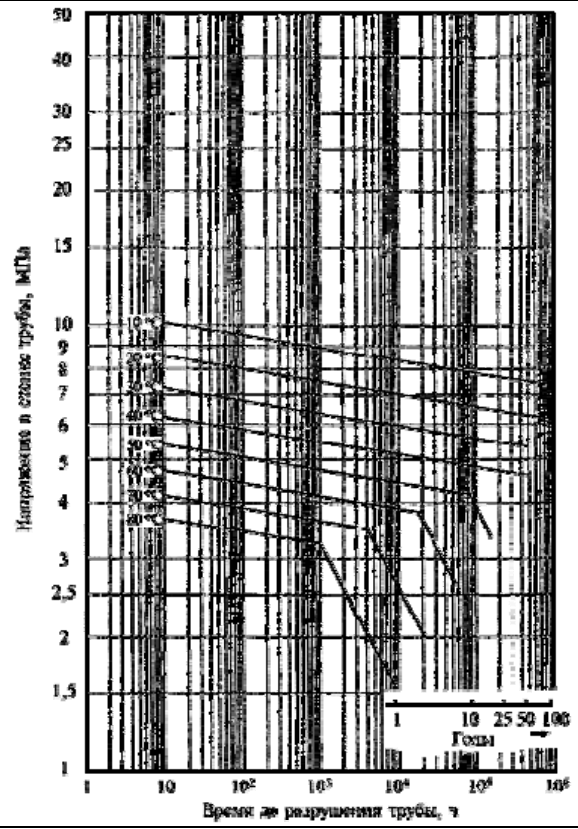
Не рекомендуется использовать в высокотемпературном отоплении такой материал как *PERT*. Этот пластик, у которого боковые ветви развиты до октеновых, относится к термопластам и также имеет перегиб на графике, однако производители и продавцы предпочитают его не показывать, устремляя прочностные характеристики материала в бесконечность и вводя в заблуждение потребителей. Причем, делается это не всегда умышленно – просто для данного материала еще не успело накопиться достаточного количества экспериментальных данных.



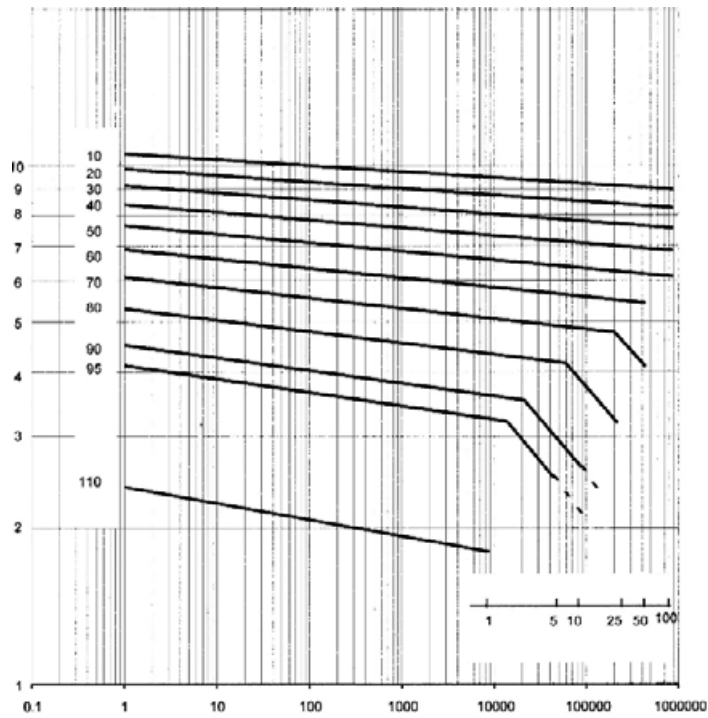
**Полибутен PB-125**



**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 испытаний на длительную прочность труб VALTEC, а также анализ опубликованных графиков длительной прочности металлополимерных труб ряда других производителей (Henco, Dalrex, BorPEX пр.), позволили выдвинуть предположение, что длительную прочность многослойных труб можно определять по показателю «эквивалентного напряжения». Под «эквивалентным напряжением» понимается напряжение в стенке монотрубы, равнопрочной с конкретной комбинированной трубой и имеющей те же геометрические параметры.

Напряжение в стенке такой монотрубы легко определить, исходя из условия равенства относительных деформаций ( диаметр и периметр) каждого слоя многослойной трубы:

$$\sigma_{\text{э}} = \sigma_{\text{PEX}} \cdot K_{\text{прив}}$$

$$K_{\text{прив}} = 1 + \frac{\delta_{\text{ал}}}{\delta} \left( \frac{E_{\text{ал}}}{E_{\text{PEX}}} - 1 \right)$$

где:

$\delta$  - толщина стенки трубы;

$\delta_{\text{ал}}$  - толщина слоя алюминия в многослойной трубе;

$\sigma_{\text{э}}$  - эквивалентное напряжение в стенке монотрубы;

$\sigma_{\text{PEX}}$  - напряжение в слое PEX;

$E_{\text{ал}}$  - модуль упругости алюминия (7000 МПа);

$E_{\text{PEX}}$  - модуль упругости PEX (900 МПа);

Для трубы **VALTEC**  $\delta_{\text{ал}} / \delta$  минимальное отношение принято 0,1.

Таким образом, было сделано предположение, что, имея график длительной прочности монотруб PEX, можно с достаточной степенью точности рассчитать срок службы многослойных труб системы PEX-AL-PEX, а также построить график длительной прочности для комбинированных труб в координатах «начальное эквивалентное напряжение-время» (см.рис.2.5.6.р.3). Результаты испытаний труб VALTEC полностью подтвердили выдвинутое предположение. Учет продольных (вдоль образующей) деформаций через коэффициент Пуассона (1- $\mu$ ) существенного влияния на результаты расчетов не оказывает.

**Рис.2.5.6.р.3** Графики длительной прочности МПТ Valtec



Представленное семейство графиков может быть выражено аппроксимационной формулой:

$$\log(t) = -66,178 + \frac{31212,4}{T} + \log(\sigma) \left( \frac{38,564}{T} - 20192,2 \right), \quad (2.5.6.ф.1)$$

где

$t$  – время до разрушения (часы);

$T$  – абсолютная температура, °С;

$\sigma$  – начальное эквивалентное напряжение в стенке трубы, Н/мм<sup>2</sup>.

### *Классы эксплуатации*

Все трубопроводы внутренних инженерных систем зданий подвергаются температурным воздействиям, продолжительность каждого из которых нормативно определена ГОСТ Р 52134-2003 (т. 2б) 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 | $T_{\text{раб.}}$ , °С | Время при $T_{\text{раб.}}$ , год | $T_{\text{макс.}}$ , °С | Время при $T_{\text{макс.}}$ , год | $T_{\text{авар.}}$ , °С | Время при $T_{\text{авар.}}$ , 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                     | 20                                | 50                      | 4,5                                | 65                      | 100                              | Низкотемпературное напольное отопление  |
| 4                  | 20                     | 2,5                               | 70                      | 2,5                                | 100                     | 100                              | Высокотемпературное напольное отопление<br><br>Низкотемпературное отопление отопительными приборами |
|                    | 40                     | 20                                |                         |                                    |                         |                                  |   |
|                    | 60                     | 25                                |                         |                                    |                         |                                  |   |
| 5                  | 20                     | 14                                | 90                      | 1                                  | 100                     | 100                              | Высокотемпературное отопление отопительными приборами   |
|                    | 60                     | 25                                |                         |                                    |                         |                                  |   |
|                    | 80                     | 10                                |                         |                                    |                         |                                  |   |
| ХВ                 | 20                     | 50                                | -                       | -                                  | -                       | -                                | Холодное водоснабжение  |

В таблице приняты следующие обозначения:

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

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

$T_{\text{авар}}$  - 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.

$$t = \frac{100}{\sum a_i / t_i}, \quad (2.5.6.ф.2)$$

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 долговременной прочности (класс 5) составляет  $\sigma_0=5,62$  МПа (см. *таблицу 2.5.6.т.3*).

*Расчет срока службы трубы VALTEC для 5-го класса эксплуатации*

*Таблица 2.5.6.т.3*

| Показатель  | Режимы эксплуатации               |                       |                       |                      |                      |
|---|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|   | 20                                | 60                    | 80                    | 90                   | 100                  |
| Температура, °С                                     | 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 | 5,62                              | 5,62                  | 5,62                  | 5,62                 | 5,62                 |
| Коэффициент запаса прочности                        | 1,5                               | 1,5                   | 1,5                   | 1,3                  | 1                    |
| Расчетное эквивалентное напряжение, МПа             | 8,43                              | 8,43                  | 8,43                  | 7,306                | 5,62                 |
| Время непрерывного действия, час                    | $1,77 \times 10^{12}$             | $1,31 \times 10^7$    | 97054                 | 117612               | 672002               |
| Годовая доля повреждений, % (a/t)                   | $1,58 \times 10^{-11}$            | $3,82 \times 10^{-6}$ | $2,06 \times 10^{-4}$ | $1,7 \times 10^{-5}$ | $3,4 \times 10^{-8}$ |
| Срок службы   | 4,41x10 <sup>5</sup> часов=50 лет |                       |                       |                      |                      |

Зная расчетное начальное эквивалентное напряжение в стенке трубы при долговременной эксплуатации (5,62 Н/мм<sup>2</sup>), можно определить рабочее давление для каждого типоразмера трубы по формуле (2.3.5.ф.1) (см. *таблицу 2.5.6.т.4*).

*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, % |
|----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 16                   | 2                  | 16,06                 | 10                               | 60,6                              |
| 20                   | 2                  | 12,5                  | 10                               | 25                                |
| 26                   | 3                  | 14,7                  | 10                               | 47                                |
| 32                   | 3                  | 11,6                  | 10                               | 16                                |
| 40                   | 3,5                | 10,8                  | 10                               | 8                                 |

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 долговременных прочностных расчетах 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    | XB   |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Эквивалентное напряжение, МПа        | 6,52 | 5,87 | 7,83 | 6,74 | 5,62 | 9,27 |
| Расчетное рабочее давление для труб: |      |      |      |      |      |      |
| 16x2                                 | 18,6 | 16,8 | 22,4 | 19,3 | 16,1 | 26,5 |
| 20x2                                 | 14,5 | 13,0 | 17,4 | 15,0 | 12,5 | 20,6 |
| 26x3                                 | 17,0 | 15,3 | 20,4 | 17,6 | 14,7 | 24,2 |
| 32x3                                 | 13,5 | 12,1 | 16,2 | 13,9 | 11,6 | 19,2 |
| 40x3,5                               | 12,5 | 11,3 | 15,0 | 12,9 | 10,8 | 17,8 |

## ***2.6. Правила транспортировки и хранения труб***

В соответствии с ГОСТ 19433-88, 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 +10°C.

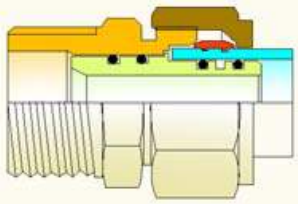
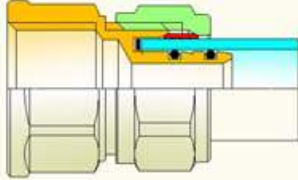
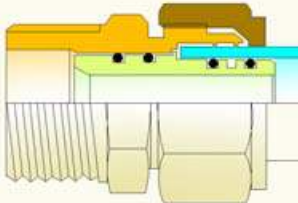
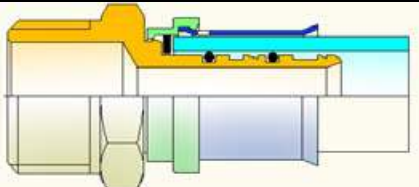
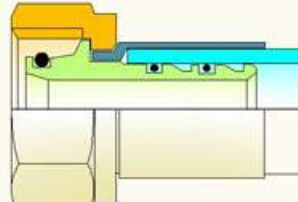
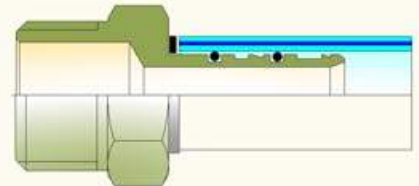


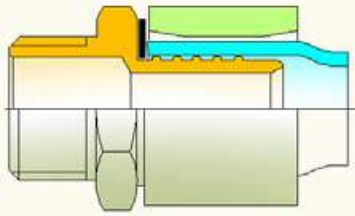
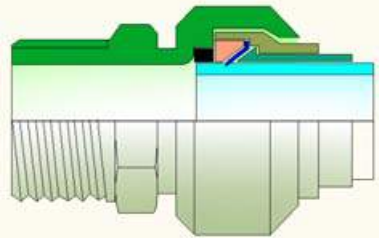
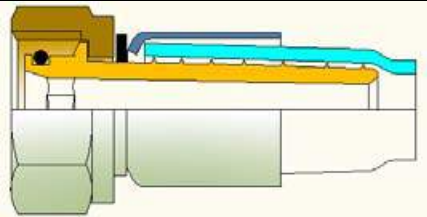
### 3. Фитинги

#### 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.м.1*.

Типы фитингов для МПТ *Таблица 3.1.м.1*

| Тип фитингов /производитель)                                    | Конструкция фитинга   | Достоинства   | Недостатки  |
|---|---|---|---|
| <b>Обжимные</b>   |   |   |   |
| - 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.   |
| <b>Пресс-фитинги</b>  |   |   |   |
| - 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 «старее».                 |
| -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. |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <b>Надвижные</b>                                    |   |  |  |
| -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 «старее». |
| -PPSU с латунной гильзой (TECE)                     |   | Можно замоноличивать. Низкие потери давления.            | Требуют специального инструмента. Появляется ослабленное сечение трубы. Материал «старее». |
| <b>Push – фитинги (штекерные)</b>                   |   |  |  |
| -PPSU (полифенилсульфон) (Friatherm; Walsir; Barbi) |   | Инструмент не нужен. Ускоренный монтаж.                  | Давление не более 6 бар. Нельзя замоноличивать. Низкая надежность. Материал «старее».      |
| <b>Врезные</b>                                      |   |  |  |
| -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.

Для соединения труб **VALTEC** разработаны две серии фитингов: обжимные – **VTm.300** и прессовые – **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).

В фитингах для металлополимерных труб подавляющее значение имеют потери на сужение и расширение потока. Даже для простого линейного соединителя доля этих потерь составляет 70-75% от общих потерь давления на фитинге, а для переходных соединителей эта доля увеличивается до 92-98%.

Приведенные цифры показывают, какое важное влияние на гидравлические характеристики фитингов оказывает угол диффузора (на расширении потока) и конфузора (на сужении потока).

Коэффициент местного сопротивления диффузора можно определить по формуле:

$$\zeta_d = \frac{\lambda(n^2 - 1)}{8n^2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} + \left(1 - \frac{1}{n}\right)^2 \cdot \sin \alpha$$

Для конфузора второе слагаемое отсутствует:

$$\zeta_k = \frac{\lambda(n^2 - 1)}{8n^2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

В приведенных формулах:

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

$\alpha$  - угол диффузора или конфузора;

$n$  – отношение большей площади поперечного сечения потока, к меньшей.

Коэффициент местного сопротивления диффузора имеет минимальное значение при угле:

$$\alpha_0 = \arcsin \left( \sqrt{\frac{n+1}{n-1} \cdot \frac{\lambda}{4}} \right)$$

Так, для прямого соединителя D16 оптимальный угол диффузора составляет 9°. Однако, технологически выполнить такой угол проблематично, поэтому для каждого фитинга подбирался такой угол, который одновременно удовлетворял бы условиям технологичности и снижения гидравлических потерь.

В ходе лабораторных испытаний на динамическом стенде расчетные данные были откорректированы. За счет изменения режимов токарной обработки корпусов фитингов, была понижена шероховатость внутренней поверхности канала. Если традиционно в подобных изделиях степень точности обработки определялась качеством IT 13 (допуск для диаметра 8мм – 220мкм) то фитинги VTm выпускаются с поверхностью канала, имеющей качество 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 15-20% 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. Коэффициенты местных сопротивлений для каждого фитинга *VTm* приведены в приложениях [4,5,6](#).

### 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.).

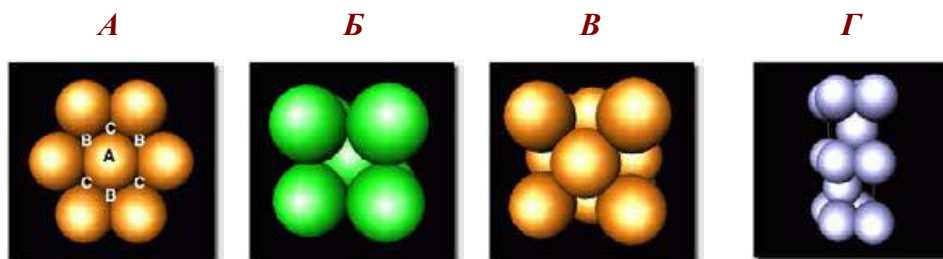
*Фазовые состояния латуней, в зависимости от процентного содержания цинка.*

*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 | $\alpha$ | $\alpha+\beta'$ | $\beta'$ | $\beta'+\gamma$ | $\gamma$ | $\gamma+\epsilon$ | $\epsilon$ | $\epsilon+\eta$ |

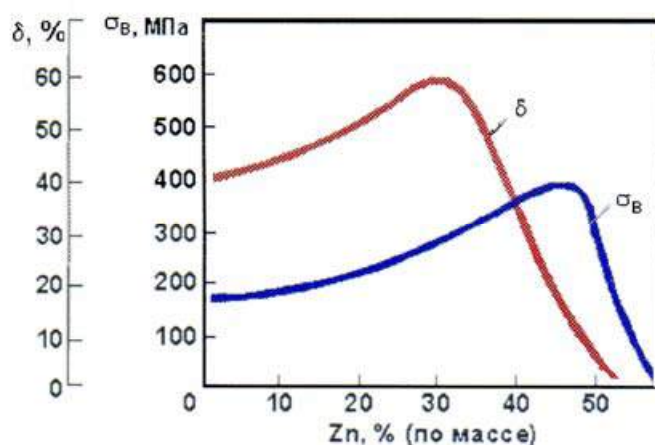
Каждое фазовое состояния характеризуется своей электронно-кристаллической решеткой. Характерная для чистой меди «кубическая плотно-упакованная» (КПУ) решетка (*рис.3.1.1.п.1.-А*) обуславливает мягкость и ковкость материала. В латуни такая же решетка обнаруживается в  $\alpha$ -фазе. Для чистого цинка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

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



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  $\alpha$  ( $\alpha+\beta$ ) латуни, а также пластичные только при высоких температурах  $\beta$  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 - <i>Fe</i>   | Способствует измельчению зерна. Повышает механические и технологические свойства. В кремнистых латунях снижает антифрикционные свойства, уменьшает коррозионную стойкость. |
| Алюминий - <i>Al</i> | Повышает твердость и прочность, коррозионную стойкость. Снижает пластичность.  |
| Марганец - <i>Mn</i> | Повышает механические свойства.  |
| Олово - <i>Sn</i>    | Повышает твердость, прочность и коррозионную стойкость. Снижает пластичность. Придает хрупкость в холодном состоянии.  |
| Никель - <i>Ni</i>   | Повышает растворимость цинка в меди до полного исчезновения $\beta'$ -фазы. Повышает коррозионную стойкость.   |
| Свинец - <i>Pb</i>   | Улучшает податливость латуни токарной обработке и прессованию.   |
| Кремний - <i>Si</i>  | Повышает антикоррозийные и литейные свойства.  |
| Мышьяк - <i>As</i>   | Предохраняет латунь от вымывания цинка в пресной воде и при высоких температурах   |
| Фосфор - <i>P</i>    | Повышает твердость, снижает пластичность. Ускоряет рост зерна.   |
| Сурьма - <i>Sb</i>   | Приводит к разрушению латуни при горячей и холодной обработке давлением.   |
| Сера - <i>S</i>      | Ухудшает все свойства латуни.  |

Для изготовления фитингов *VTm* используется латунь с содержанием меди 58% (CW617N по EN 12165, LC59-2 по ГОСТ 15527-2004). Содержание в сплаве свинца не превышает 1,9% (стандарты на состав латуни приведены в *приложении 7*). 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» по стандарту *DIN 17760* без наружного защитного покрытия, которая имеет обозначение DZR (DeZincification Resistance – стойкая к вымыванию цинка). «Пищевая» латунь получается путем легирования латуни никелем, который инициирует полное растворение цинка в меди и исчезновение  $\beta$ -фазы твердого раствора. Для этих же целей некоторые фирмы используют латунь марки CW602N, 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 стона 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.

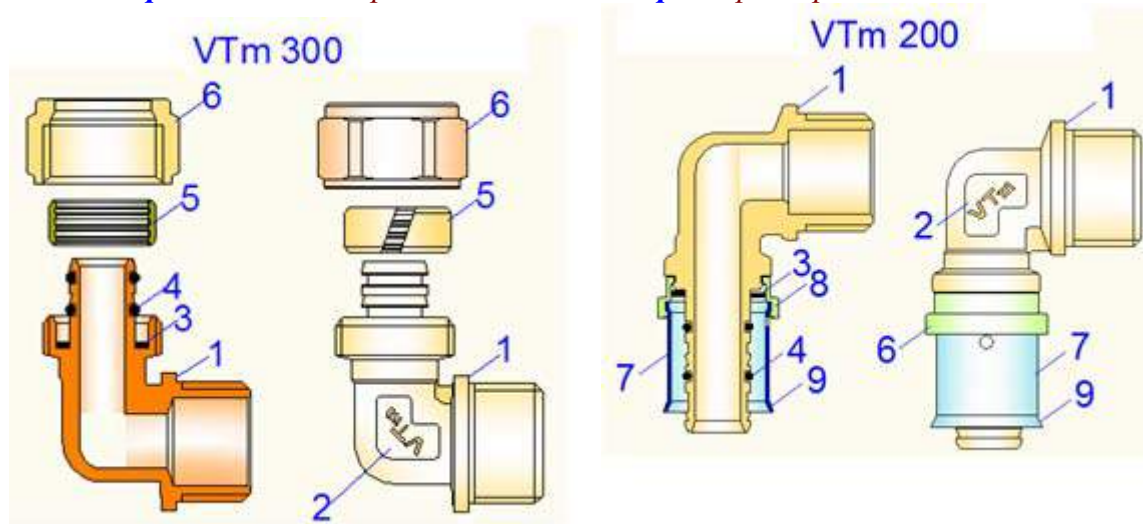
В фитингах *VTm* с переходом на наружную трубную резьбу роль прижимной гайки играет специальный буртик (*рис.3.3.2.п.1-1*). Он одновременно ограничивает заход резьбы в ответный соединитель, предохраняя обжимное кольцо от излишней деформации после смыкания. Многие изготовители подобного буртика не делают 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.п.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 оснастке можно судить о степени износа формы. Таким образом, уменьшение глубины 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 (полиэтилен);*
- 9-монтажный раструб.*

### ***3.3.3. Уплотнительные кольца***

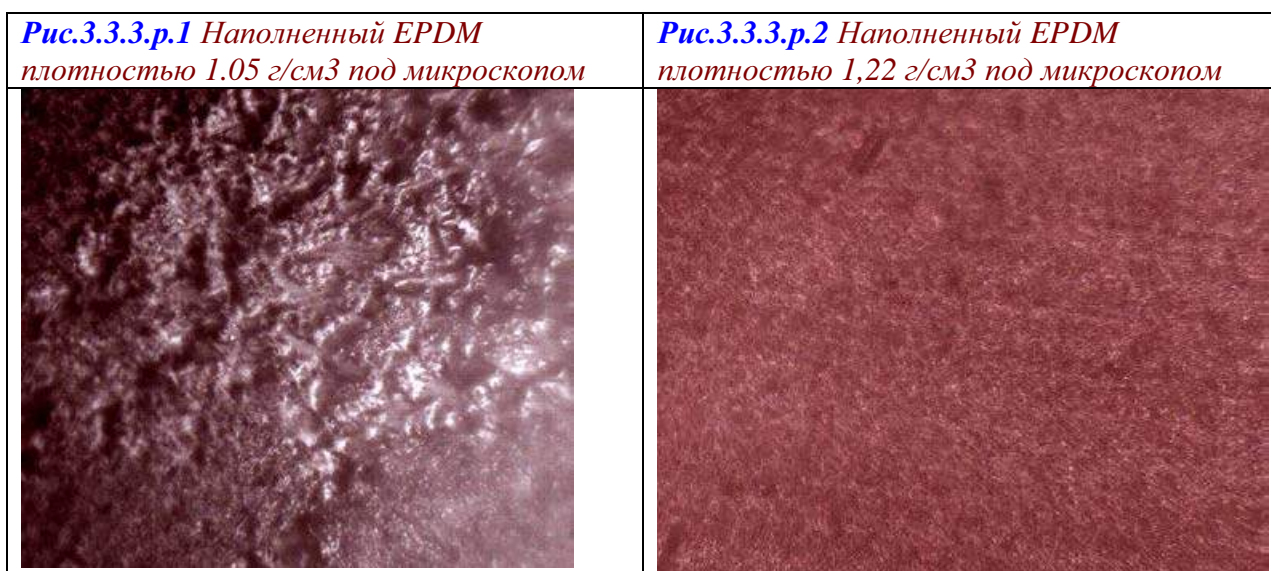
Достоинства даже самого хорошего обжимного соединителя могут свестись на «нет», если он укомплектован некачественными уплотнительными кольцами. Они неизбежно порвутся еще на стадии монтажа и вместо серьезного соединения получатся серьезные проблемы.

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—75\*). 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*).



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 *EPDM* (*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.

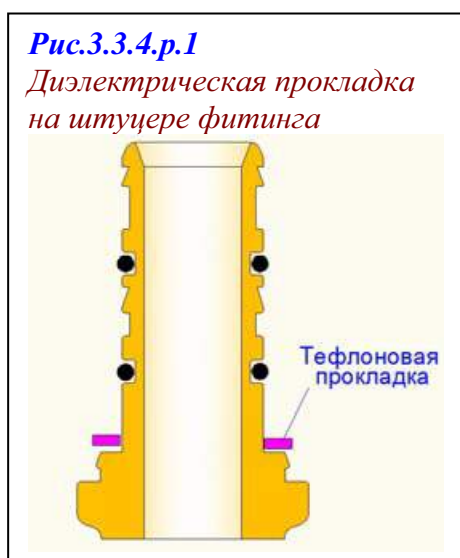
Показатели прочности и долговечности EPDM превосходят характеристики акрилонитрил—бутадиен-каучука (нитрил-бутадиеновая резина; NBR; пербунан), который применяется большинством известных производителей фитингов (см. *таблицу 3.3.3.т.1*).



| <i>№</i> | <i>Наименование показателя</i>   | <i>NBR</i> | <i>EPDM</i>       |
|----------|--|------------|-------------------|
| 1        | Удельный вес наполненного каучука, г/см <sup>3</sup>                                     | 1,31       | 1,22              |
| 2        | Предел прочности на разрыв (для наполненного каучука), МПа                               | 10-30      | 10-30 (VTm-30)    |
| 3        | Эластичность по отскоку при температуре:   |            |                   |
| 3.1      | 20 °С  | 14-44      | 36-52 (VTm-48)    |
| 3.2      | 100 °С   | 40-63      | 44-80 (VTm-70)    |
| 4        | Относительное удлинение при разрыве  | 100-400    | 100-400 (VTm-300) |
| 5        | Постоянная рабочая температура, °С   | 70         | 90                |
| 6        | Кратковременная температура, °С  | 110        | 150               |
| 7        | Температура стеклования, °С  | -35        | -60               |
| 8        | Остаточная деформация °С- °С/%   | 70-20/60   | 100-20/60         |
| 9        | Снижение прочности при искусственном «старении» (70 часов при температуре воздуха 150°С) | 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**



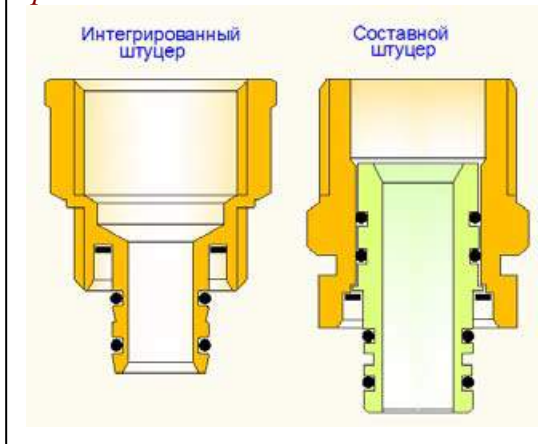
Прокладки из тефлона, которыми комплектуются фитинги VTm (*рис.3.3.4.р.1*), предотвращают электрический контакт между латунью соединителя и алюминием соединяемой трубы.

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.

### 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).

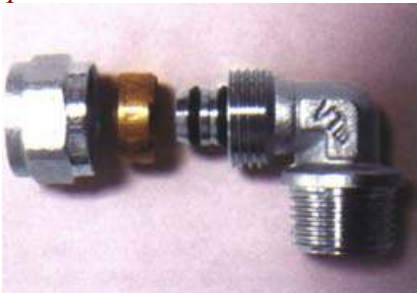
С точки зрения производства -это очень экономичное решение, поскольку значительно сокращает количество выпускаемых типоразмеров.

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

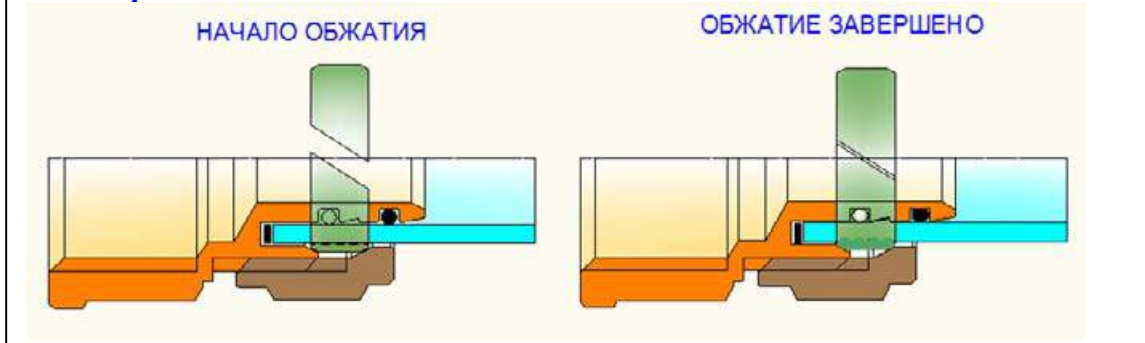
**Рис.3.4.р.1.** Обжимной фитинг VTm.300

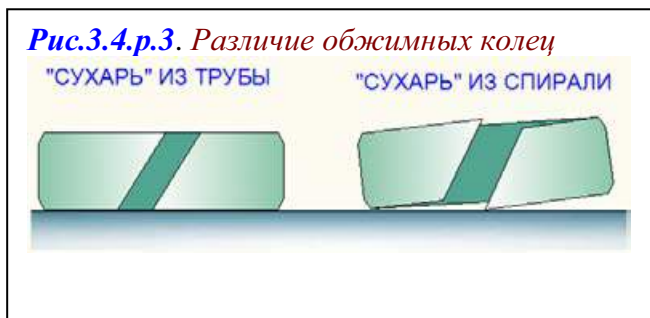


Принцип работы обжимного соединителя *VTm.300* заключается в создании зоны обжатия за счет смыкания обжимного латунного разрезного кольца («сухаря»). Смыкание происходит при воздействии на «сухарь» конусных поверхностей накладной гайки и штуцера фитинга во время затяжки накладной гайки (рис.3.4.р.2). Поскольку накладная гайка в обжимном соединителе играет чисто монтажную роль, ни в коем случае не допускается использование при ее установке 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





«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 может привести к ее повреждениям.

### 3.5. Пресс-соединители *VTm.200*



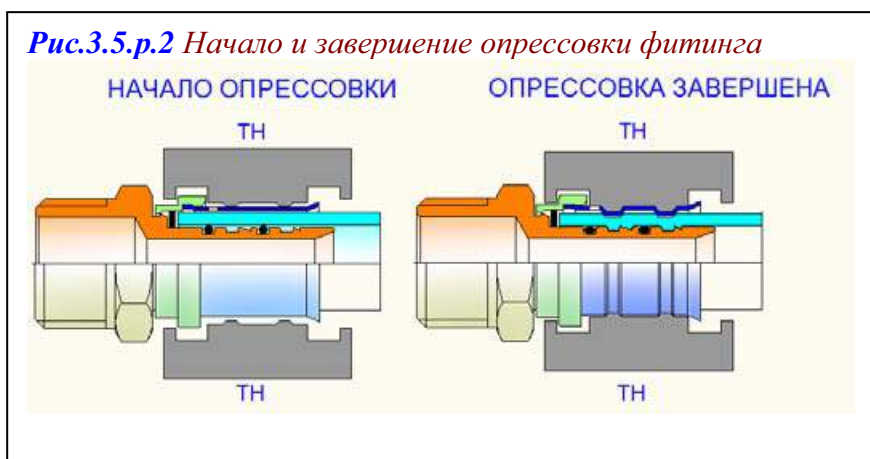
Принцип создания пресс-соединения заключается в радиальном обжатии металлополимерной трубы на штуцере с помощью специального пресс-инструмента. Фиксация опрессовки обеспечивается гильзой из нержавеющей стали, латуни или алюминия.

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.



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 полиэтилен 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 08X18H9 по ГОСТ 5632-72). 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 достаточно пластична и поддается опрессовке даже ручным инструментом.

*Свойства коррозионно-стойкой стали AISI 304 (08X18H9) Таблица 3.5.т.1*

| №  | Наименование показателя  | Символ          | Ед. изм.              | Значение              |
|----|--|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | Модуль упругости   | E               | МПа                   | $1,84 \times 10^5$    |
| 2  | Удельный вес   | $\gamma$        | Кг/м <sup>3</sup>     | 7830                  |
| 3  | Коэффициент линейного расширения   | $\lambda$       | 1/°C                  | $15,9 \times 10^{-6}$ |
| 4  | Предел текучести при 20°C  | $\sigma_{T20}$  | МПа                   | 200                   |
| 5  | Предел текучести при 400°C   | $\sigma_{T400}$ | МПа                   | 120                   |
| 6  | Временное сопротивление при растяжении при 20°C                                  | $\sigma_{B20}$  | МПа                   | 480                   |
| 7  | Временное сопротивление при растяжении при 400°C                                 | $\sigma_{B400}$ | МПа                   | 330                   |
| 8  | Относительное удлинение при 20°C   | $\delta_{20}$   | %                     | 40                    |
| 9  | Относительное удлинение при 400°C  | $\delta_{400}$  | %                     | 30                    |
| 10 | Относительное сужение при 20°C   | $\Psi_{20}$     | %                     | 55                    |
| 11 | Относительное сужение при 400°C  | $\Psi_{400}$    | %                     | 50                    |
| 12 | Общая коррозия (вода, 360°C, 1000 часов)   |                 | балл                  | 1                     |
| 13 | Общая коррозия (морская вода, 130°C, 44 часа)                                    |                 | балл                  | 1                     |
| 14 | Точечная коррозия (морская вода)   |                 | балл                  | 3                     |
| 15 | Скорость питтинговой коррозии (10% водный р-р FeCl <sub>2</sub> , 20°C, 5 часов) |                 | г/см <sup>2</sup> час | 3,5                   |

|    |  |  |        |        |
|----|--|--|--------|--------|
| 16 | Стойкость к кислоте ( 25%ННО3+ 70%Н2SO4, 60°С)             |  | балл   | 1      |
| 17 | Стойкость к 80% кислоте (70°С)                             |  | 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 600°С            |  | 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 многократного воздействия штампа на заготовку создает в гильзе множество зон концентраций напряжения, что не позволяет реально оценить прочностные качества гильзы. Гильзы соединителей *VTm.200* (рис.3.3.2.п.1 -7) производятся путем холодного деформирования трубы из нержавеющей стали толщиной 0,5мм.

До опрессовки гильза удерживается на фитинге с помощью съемного полиэтиленового фиксатора (рис.3.3.2.п.1- 8). Этот фиксатор выполняет еще одну функцию – он служит направляющим элементом для позиционирования пресс-насадки на фитинге.

Полиэтиленовый фиксатор может быть снят с фитинга вместе с гильзой, что позволяет проверить перед монтажом наличие и правильность расположения уплотнительных колец (рис.3.3.2.п.1 – 4) и электрической прокладки (рис.3.3.2.п.1 – 3).

В основании гильзы имеется круглое отверстие для контроля полноты одевания трубы на штуцер. Для удобства введения трубы в гильзу, верхняя часть гильзы фитинга *VTm.200* имеет небольшой монтажный раструб (рис.3.3.2.п.1 -9).

### 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<br>(пресс) | Корпус                  |    | VTm                              |
|                     | Гильза                  |    | ***Ø16x2,0***VTm***<br>VALTEC*** |
| VTm.300<br>(обжим)  | Корпус                  |    | VTm                              |
|                     | Накидная гайка (фартук) |   | ***Ø16x2,0***VTm***<br>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, НАКА, HENCO* (кроме D32, D40), *KISAN, LG Metapol Pipe, Pexal, Prandelli, Unipipe, 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** (КМЕ), что подтверждено изготовителем трубы (см. приложение 17).

## 4. Работа с металлополимерными трубами

### 4.1. Инструмент

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   |  |
|--|--|
|  <p>Резак сабельный для МПТ (модель до 26мм, модель до 42 мм)</p>               |  <p>Ножницы для МПТ (до 20 мм)</p>   |
|  <p>Труборез роликовый (модели до 63 мм)</p>                                   |  <p>Труборез роликовый со встроенным штыревым фаскоснимателем (до 32 мм)</p>                                |
|  <p>Труборез гильотинный (модель до 32 мм; модель до 50 мм) <i>Valtec</i></p> |  <p>Лезвие сменное для гильотинного трубореза <i>Valtec</i></p>  |
|   | <p>Для смены лезвия в гильотинном труборезе <i>Valtec</i>, необходимо совместит головки винтов, крепящих лезвие с отверстиями в корпусе, отвернуть винты, заменить лезвие и закрепить его.</p> |



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 *Valtec* со встроенными ножами для снятия фаски



Набор металлических калибраторов со встроенными ножами для снятия фаски



Фаскосниматель муфтовый



Фаскосниматель штыревой

**Инструмент для изгиба МПТ**



Кондуктор пружинный наружный *Valtec*



Кондуктор пружинный внутренний *Valtec*





ручной реечный

Трубогиб



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 значений, указанных в таблице.

**Минимальные радиусы изгиба металлопластиковых труб**

| Способ изгиба              | 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, c | 25 | 30 | 40 | 56,5 | 71,5 | 89,5 |
| м    |    |    |    |      |      |      |

*Таблица размеров ключа (SW) для фитингов VTm.300*

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| Dн | 16 | 20 | 26 | 32 |
| SW | 24 | 30 | 7  | 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)



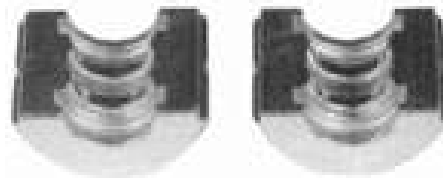
Вкладыши для облегченных пресс-клещей



*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.



Пресс-клещи радиальные (16,20,26,32) **Valtec**



Вкладыши для пресс-клещей **Valtec**



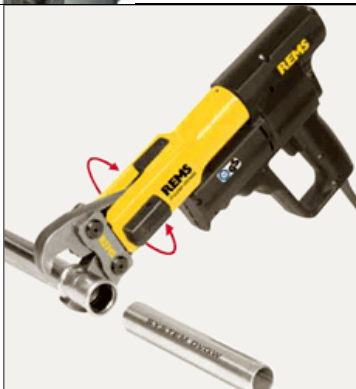
*Особенности конструкции:* Телескопические рукоятки(1).. Поворотная обойма(2) Замок обоймы (3), кнопочные фиксаторы (4).

*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 «холодную» опрессовку, при этом усилие на невыдвинутых рукоятках не должно превышать 10Н, а угол между ручками в момент смыкания «губок» – не более 30°. После завершения регулировки зафиксировать муфту, туго затянув фиксирующий винт.



Электрические пресс-клещи



Аккумуляторные пресс-клещи



Пресс-насадки

*Характеристики электроинструмента*

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

*Инструмент для выполнения подвижных соединений*



Расширитель трубный



Ручной подвижной инструмент



Электрический подвижной инструмент



Аккумуляторный подвижной инструмент

## 4.2. Монтаж МПТ

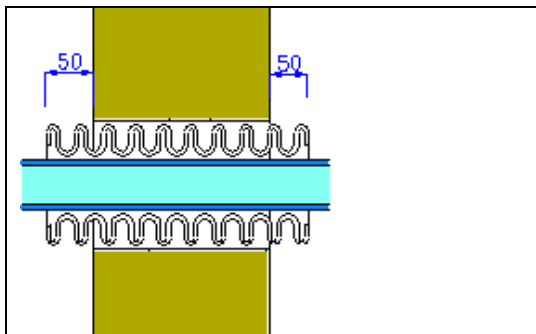
### 4.2.1. Общие требования к монтажу

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

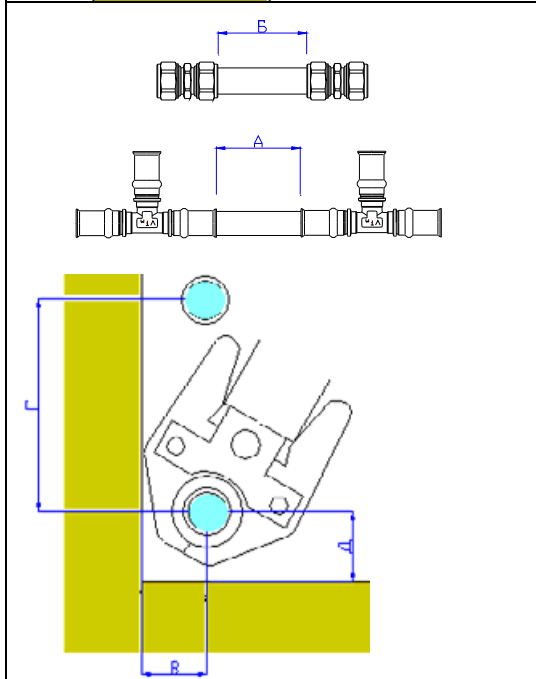
Общие требования к монтажу МПТ

Таблица 4.2.1. м.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

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*

| <b>Разметка трубы</b>   |   |
|---|---|
|    | 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   |
| <b>Отрезание трубы</b>  |   |
|   | 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.  |
| <b>Проверка качества трубы перед выполнением соединения</b>                         |   |
|  | 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**



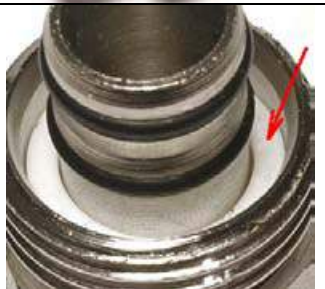
Детали фитингов не должны иметь механических повреждений, сколов, трещин или задиров.



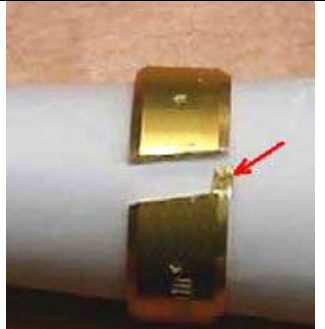
Пригодность резьбы проверяется предварительным навинчиванием накидной гайки при снятом «сухаре». Гайка должна навинчиваться на фитинг, полностью скрывая наружную резьбу.  
Можно проверить резьбу другим способом: при одетом сухаре завинчивать гайку до полного смыкания кольца (это можно наблюдать со стороны 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.

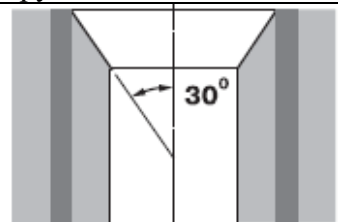
### **Калибровка трубы**



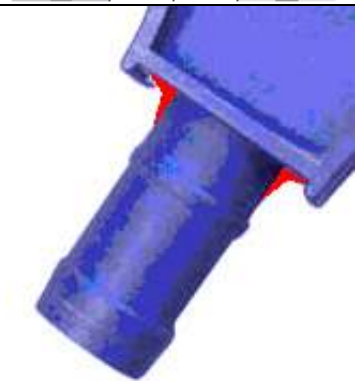
Для того, чтобы металлополимерная труба оделась на штуцер фитинга без значительных усилий, и не нарушила положения эластичных уплотнительных колец штуцера, конец трубы необходимо откалибровать внутренним калибратором. Штырь калибратора соответствующего диаметра вводится в трубу до упора, и производятся 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 закручивается на резьбу фитинга до упора;
- удерживая одним рожковым ключом фитинг, вторым рожковым ключом производится затягивание накидной гайки до полного смыкания обжимного кольца



## **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 гильзы. Дальнейшие действия зависят от типа применяемого инструмента.

### *Запрессовка ручным инструментом Valtec JAW*



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



Обойма открывается при нажатии на рычаг замка.



При нажатой кнопке фиксатора, вкладыши вставляются 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 JAW телескопические, что позволяет опрессовывать соединители, не прилагая больших физических усилий.

|   |   |
|---|---|
|    | <p>При первичной опрессовке на гильзе появляются два параллельных углубления и характерные «защипы» в местах сопряжения пресс-насадок. Эти «защипы» являются местами потенциально возможных протечек.</p>   |
|    | <p>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».</p>  |
|    | <p>Чтобы снять инструмент с фитинга, ручки инструмента нужно развести на 180 °.</p>   |
|   | <p>Качество опрессовки легко проверяется наложением на пресс-соединитель вкладышей. Если зазор между вкладышами не превышает 2 мм (естественная упругая реакция гильзы) – соединение выполнено качественно, если зазор больше – требуется повторить опрессовку.</p> |
| <p><i>Запрессовка ручным инструментом Henco</i></p>                                 |   |
|  | <p>Для установки или замены пресс-вкладышей инструмента Henco необходимо сдвинуть в сторону рукояток рифленый замок фиксатора. Вкладыши вводятся сбоку по направляющим до защелкивания фиксатора.</p>   |
|  | <p>Опрессовка производится в описанном выше порядке. Для снятия клещей с фитинга, нужно полностью свести вместе рукоятки. Такая конструкция сделана во избежание неполной опрессовки.</p>   |
| <p><i>Запрессовка электроинструментом REMS</i></p>                                  |   |
|  | <p>Для установки пресс-насадки профиля «ТН» на инструмент фирмы REMS нажимается кнопка защелки фиксирующего пальца</p>  |

|   |   |
|---|---|
|    | <p>При этом подпружиненный фиксирующий палец выдвигается из гнезда</p>  |
|    | <p>Пресс-насадка соответствующего диаметра вставляется в направляющие инструмента до совпадения отверстий под фиксирующий палец</p>   |
|   | <p>Пресс-насадка закрепляется на инструменте с помощью фиксирующего пальца</p>  |
|  | <p>Нажатием на пусковую кнопку инструмента достигается полное смыкание губок насадки. При полной опрессовке звук работы двигателя меняется (происходит автоматический переход в режим холостого хода)</p> |
|  | <p>Рычаг переключения направления хода поршня переводится в положение реверса. При нажатии кнопки включения, поршень возвращается в исходное положение</p>  |
| <p><i>Запрессовка электроинструментом Henco(Klauke) и Rothenberger</i></p>          |   |
|  | <p>Для установки или замены пресс-насадки пресс-инструмента фирмы Rothenberger или Henco (Klauke) стопорную гайку фиксирующего пальца нужно нажать и немного провернуть против часовой стрелки</p>        |

|   |  |
|---|--|
|  | <p>При этом подпружиненный фиксирующий палец выдвигается</p>   |
|  | <p>Установив пресс-насадку, следует нажать на фиксирующий палец и повернуть стопорную гайку по часовой стрелке</p> |



**ВНИМАНИЕ!**






Электроинструмент для опрессовки рассчитан на повторно-кратковременный режим работы ( S3 -15%). Это значит, что после 2 минут непрерывной работы, инструменту 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*

|   |  |
|---|--|
|  | <p>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).</p> |
|  | <p>Пресс-насадка была неправильно надета на фитинг, что привело к порче гильзы, фиксирующей пластиковой обоймы и негерметичному соединению</p>   |

|   |   |
|---|---|
|    | <p>При надевании трубы на штуцер уплотнительное кольцо потеряло проектное положение, в результате чего образовалась протечка. Фаска с трубы была не снята.</p>  |
|    | <p>Не выдержан монтажный разрыв между соседними соединителями. При таком исполнении, запрессовка одного из соединителей нарушает герметичность ранее выполненного соединения.</p>   |
|   | <p>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 пресс-вкладышами составляет 5,5мм вместо допустимых 2 мм).</p>         |
|  | <p>Запрессовка произведенная насадкой неподходящего профиля («U» вместо «ТН»). Вторичная запрессовка для ликвидации «защипа» не производилась. В результате все соединения оказались негерметичны.</p>  |
|  | <p>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.</p> |



Некачественная запрессовка фитинга (зазор между пресс-вкладышами составляет 4 мм, вместо допустимых 2 мм). Ошибка вызвана несоблюдением режима работы электроинструмента. Его перегрев привел к ослаблению усилия обжатия.

#### 4.2.4. Компенсация температурных удлинений и расстановка опор

Коэффициент линейного расширения труб *Valtec* составляет  $\alpha = 0,000026 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ . Это значит, что каждые 10м трубы при повышении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  удлиняются на 2,6мм.

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

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T = 26 \times L \times \Delta T / 1000000 \text{ (мм); (4.2.4.ф.1)}$$

где:

$\Delta L$  – величина изменения длины трубы в мм;

$L$  – длина участка трубы в мм;

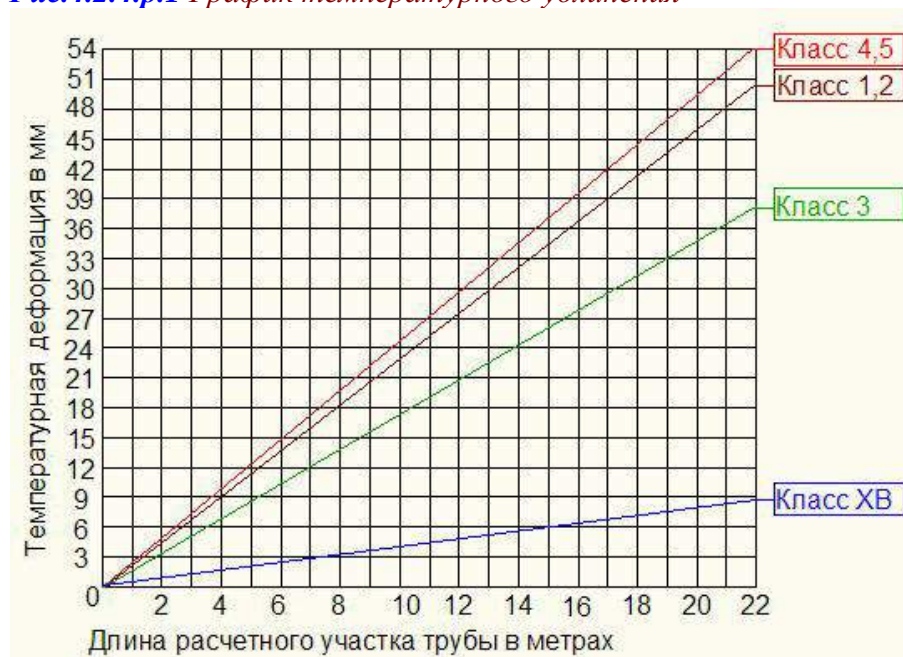
$\Delta T$  – разница между минимальной и максимальной температурой стенки трубы. В качестве максимальной температуры принимается  $T_{\text{авар}}$  из таблицы 26 ГОСТ Р 52134-2003. Минимальной рекомендуется принимать температуру холодной водопроводной воды в зимний период ( $+5^\circ\text{C}$ ). (см. таблицу 4.2.4.т.1)

*Значения  $\Delta T$  по классам эксплуатации и упрощенные формулы расчета температурной деформации* **Таблица 4.2.4.т.1**

| Класс эксплуатации | Вид системы   | $\Delta T$ | Формула расчета деформации (мм) (L – в метрах) |
|--------------------|---|------------|--|
| 1                  | Горячее водоснабжение ( $60 \text{ }^\circ\text{C}$ )                                 | 90         | $2,34L$  |
| 2                  | Горячее водоснабжение ( $70 \text{ }^\circ\text{C}$ )                                 | 90         | $2,34L$  |
| 3                  | Низкотемпературное напольное отопление  | 60         | $1,56L$  |
| 4                  | Высокотемпературное напольное отопление.<br>Низкотемпературное радиаторное отопление. | 95         | $2,47L$  |
| 5                  | Высокотемпературное радиаторное отопление   | 95         | $2,47L$  |
| XB                 | Холодное водоснабжение  | 15         | $0,39L$  |

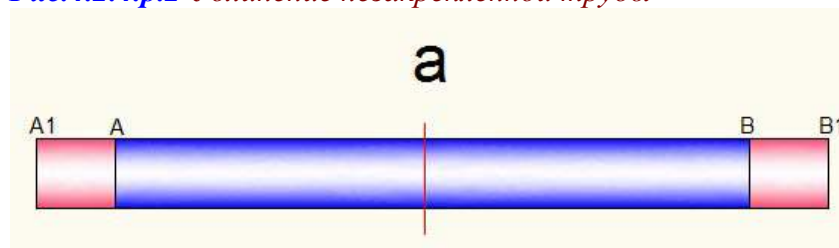
Величину температурного удлинения можно определять по графику (рис.4.2.4.р.1)

Рис.4.2.4.р.1 График температурного удлинения



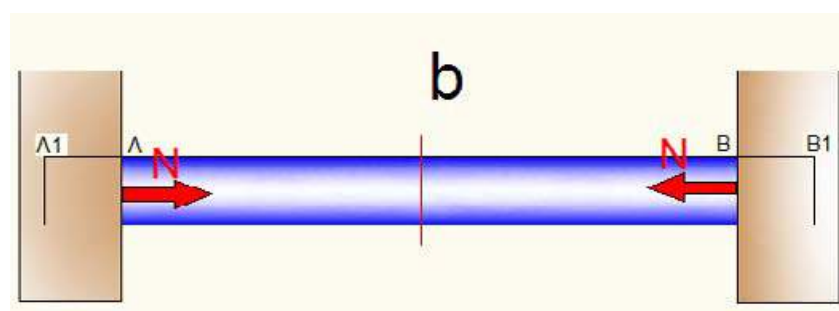
При нагревании незакрепленного отрезка трубы, его концы перемещаются на одинаковое расстояние относительно геометрического центра отрезка (рис.4.2.4.р.2). То есть  $AA_1=BB_1= \Delta L/2$ . В центре отрезка образуется мнимая неподвижная опора, положение которой не меняется при удлинении трубы.

Рис.4.2.4.р.2 Удлинение незакрепленной трубы



Если продольные перемещения концов отрезка ограничены жесткими (неподвижными) опорами (рис.4.2.4.р.3), то деформация температурного передается на сам отрезок: он испытывает осевое сжатие с силой  $N$ , приводящей к его мнимой деформации  $\Delta L$ .

Рис.4.2.4.р.3 Возникновение усилий в трубе при ограничении перемещений



Относительная величина этой мнимой деформации:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (4.2.4.ф.2)$$

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

$$\sigma = \varepsilon E \quad (4.2.4.ф.3)$$

где: E – приведенный модуль упругости материала стенки. Для труб *Valtec* E=900 МПа.

Подставив в формулу (4.2.4.ф.3) выражение  $\Delta L$  как функцию от коэффициента температурного расширения (4.2.4.ф.1), получим следующую зависимость:

$$\sigma = \frac{E\Delta L}{L} = \frac{E\alpha L\Delta T}{L} = E\alpha\Delta T \quad (4.2.4.ф.4)$$

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:

$$N = \sigma F, \quad (4.2.4.ф.5)$$

где

F – площадь поперечного сечения стенки трубы (см. таблицу 4.2.4.м.2).

#### *Геометрические характеристики труб Valtec*      **Таблица 4.2.4.м.2**

| Размер трубы | F, Площадь сечения стенки, мм <sup>2</sup> | W, момент сопротивления сечения, мм <sup>3</sup> | I, Момент инерции сечения, мм <sup>4</sup> | Вес 1 м.п. с водой, г |
|--------------|--|--|--|-----------------------|
| 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, возникают дополнительные напряжения, которые можно интерпретировать, как прирост давления транспортируемой среды (см. таблицу 4.2.4.м.3).

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

**Таблица 4.2.4.м.3**

| Размер трубы | Напряжения (МПа)                                 |              |              |              |              |              |
|--------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Продольные усилия (Н) для классов эксплуатации   |              |              |              |              |              |
|              | Эквивалентный прирост внутреннего давления (бар) |              |              |              |              |              |
|              | 1  | 2            | 3            | 4            | 5            | XB           |
| 16x2,0       | <u>2,106</u>                                     | <u>2,106</u> | <u>1,404</u> | <u>2,223</u> | <u>2,223</u> | <u>0,351</u> |
|              | <u>185</u>                                       | <u>185</u>   | <u>123</u>   | <u>195</u>   | <u>195</u>   | <u>31</u>    |
|              | 6,0  | 6,0          | 4,0          | 6,35         | 6,35         | 1,0          |
| 20x2,0       | <u>2,106</u>                                     | <u>2,106</u> | <u>1,404</u> | <u>2,223</u> | <u>2,223</u> | <u>0,351</u> |
|              | <u>238</u>                                       | <u>238</u>   | <u>159</u>   | <u>251</u>   | <u>251</u>   | <u>40</u>    |
|              | 4,7  | 4,7          | 3,1          | 4,9          | 4,9          | 0,78         |
| 26x3,0       | <u>2,106</u>                                     | <u>2,106</u> | <u>1,404</u> | <u>2,223</u> | <u>2,223</u> | <u>0,351</u> |
|              | <u>456</u>                                       | <u>456</u>   | <u>304</u>   | <u>482</u>   | <u>482</u>   | <u>76</u>    |
|              | 5,5  | 5,5          | 3,7          | 5,8          | 5,8          | 0,92         |
| 32x3,0       | <u>2,106</u>                                     | <u>2,106</u> | <u>1,404</u> | <u>2,223</u> | <u>2,223</u> | <u>0,351</u> |
|              | <u>575</u>                                       | <u>575</u>   | <u>384</u>   | <u>607</u>   | <u>607</u>   | <u>96</u>    |
|              | 4,4  | 4,4          | 2,9          | 4,6          | 4,6          | 0,73         |
| 40x3,5       | <u>2,106</u>                                     | <u>2,106</u> | <u>1,404</u> | <u>2,223</u> | <u>2,223</u> | <u>0,351</u> |
|              | <u>844</u>                                       | <u>844</u>   | <u>563</u>   | <u>892</u>   | <u>892</u>   | <u>141</u>   |
|              | 4,0  | 4,0          | 2,7          | 4,3          | 4,3          | 0,67         |



Чтобы оценить результаты воздействия дополнительных температурных напряжений на эксплуатационные качества МПТ, достаточно прибавить дополнительные напряжения из *таблицы 4.2.4.т.3* к расчетным начальным напряжениям по *таблице 2.5.6.т.5.*, и затем оценить срок службы трубы при изменившихся значениях начального напряжения. При такой оценке выясняется, что, например, **для трубы МПТ 16х2 при первом классе эксплуатации и несоблюдении мероприятий по компенсации температурных деформаций, срок службы снижается с 50 до 9 лет, а для этой же трубы при 5 классе эксплуатации – с 50 до 1,7 года.**

Основным критерием при разработке мероприятий по компенсации температурных деформации служит правило: **дополнительные напряжения в стенке трубы, возникающие при температурных деформациях, не должны превышать 25 % расчетных напряжений, используемых в прочностных расчетах** ( см. *таблицу 4.2.4.т.4*).

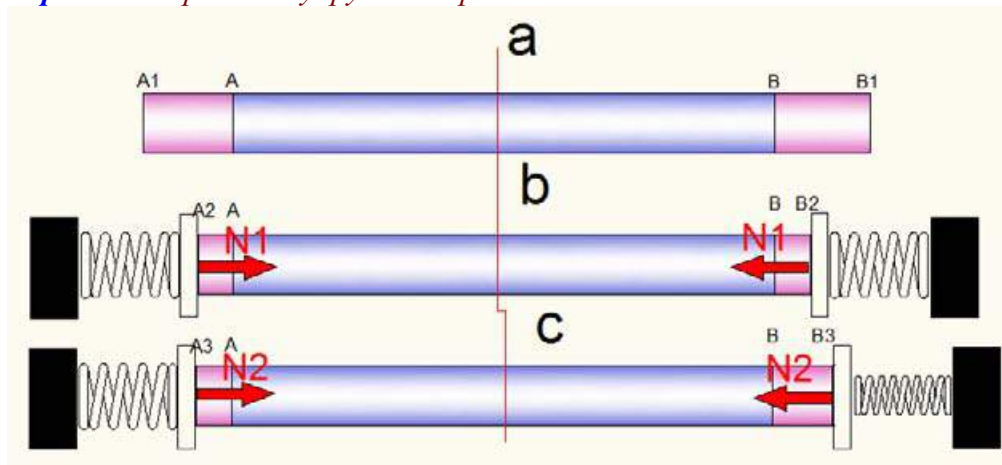
*Допустимые напряжения от температурных деформаций трубы Valtec*

**Таблица 4.2.4.т.4**

| Класс эксплуатации  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | XB   |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Расчетное напряжение, МПа   | 6,52 | 5,87 | 7,83 | 6,74 | 5,62 | 9,27 |
| Предельное дополнительное напряжение от температурных деформаций, МПа | 1,63 | 1,47 | 1,96 | 1,69 | 1,41 | 2,32 |

Если концы трубного отрезка закрепить не в жестких опорах, а в упругих (*рис.4.2.4.р.4- b*), то картина температурных деформаций и напряжений несколько изменится.

**Рис.4.2.4.р.4** *Схема работы упругих опор.*



При незакрепленных концах труба удлинится на длину:

$$(AA_1)+(BB_1)=\Delta L=\alpha\Delta TL \quad (4.2.4.ф.6)$$

При одинаковой жесткости пружин (*рис.4.2.4.р.4- b*) труба окажется под воздействием сжимающих сил  $N_1$ :

$$N_1=k(AA_2+BB_2)=k\Delta L_1, \quad (4.2.4.ф.7)$$

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:

$$\Delta l_2 = \Delta L - \Delta L_1 = \frac{N_1 L}{EF} = \frac{\Delta L_1 k L}{EF} \quad (4.2.4.ф.8),$$

откуда фактическое удлинение трубы будет:

$$\Delta L_1 = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1 + \frac{kL}{EF}\right)} \quad (4.2.4.ф.9),$$

а удлинение каждого конца трубы составит:

$$\Delta L_{11} = \Delta L_{12} = 0,5 \Delta L_1 \quad (4.2.4.ф.10).$$

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.4-с*), то формула общего удлинения трубы примет вид:

$$\Delta L_1 = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1 + \frac{(k_1 + k_2)L}{EF}\right)} \quad (4.2.4.ф.11), \text{ где}$$

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

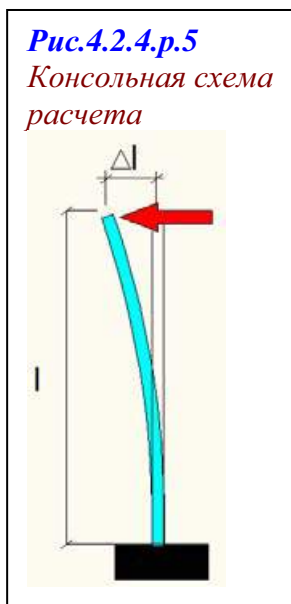
$$\Delta L_{11} = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1 + \frac{(k_1 + k_2)L}{EF}\right)} \left(\frac{k_2}{k_1 + k_2}\right); \quad (4.2.4.ф.12)$$

$$\Delta L_{12} = \frac{\alpha L \Delta T}{\left(1 + \frac{(k_1 + k_2)L}{EF}\right)} \left(\frac{k_1}{k_1 + k_2}\right). \quad (4.2.4.ф.13)$$

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.5*).

Из курса сопротивления материалов известна формула для определения деформации такого стержня:



$$\Delta l = \frac{Nl^3}{3EI} \quad (4.2.4.ф.14)$$

Если сравнить эту формулу с выражением для деформации пружины:

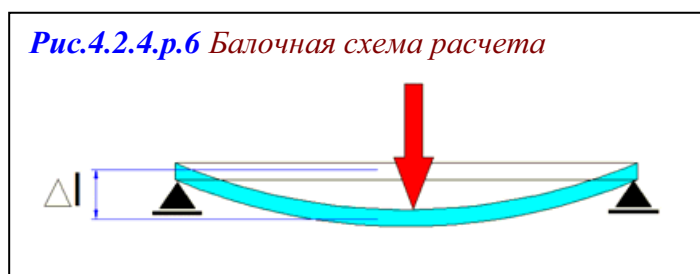
$$\Delta l = \frac{N}{k}, \quad (4.2.4.ф.15)$$

то очевидно, что для стержня значение

$$G = \frac{3EI}{l^3} \quad (4.2.4.ф.16)$$

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.6).



**Рис.4.2.4.р.6** Балочная схема расчета

В этом случае коэффициент упругой реакции находится по формуле:

$$G = \frac{48EI}{l^3} \quad (4.2.4.ф.17)$$

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 напряжение в стенке трубы от температурных деформаций (таблица 4.2.4.т.4) и момент сопротивления поперечного сечения трубы (таблица 4.2.4.т.2) можно определить предельно допустимый изгибающий момент, возникающий при температурных деформациях (Таблица 4.2.4.т.5) по формуле:

$$M_{\text{до}} = Wc_{\text{до}}$$

*Значения предельно допустимых изгибающих моментов от температурных деформаций для труб и фитингов Valtec*

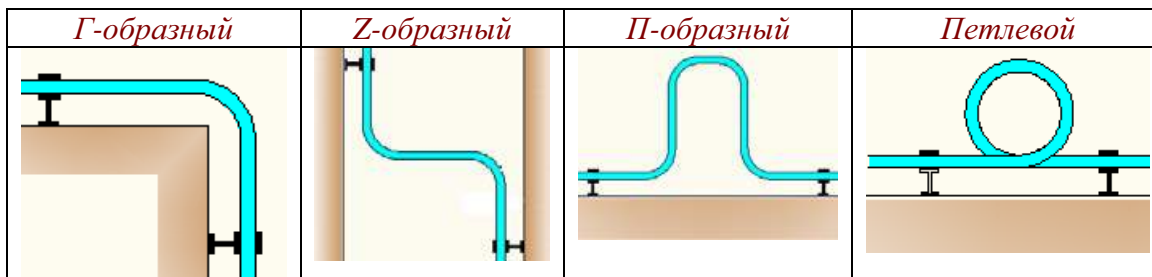
**Таблица 4.2.4.т.5**

| <i>Класс эксплуатации</i>                                   | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>XB</i> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Предельный изгибающий момент для труб, Нмм                  |          |          |          |          |          |           |
| -16x2,0   |          |          |          |          |          |           |
| -20x2,0   | 440      | 404      | 539      | 465      | 388      | 638       |
| -26x3,0   | 755      | 681      | 907      | 782      | 653      | 1074      |
| -32x3,0   | 1827     | 1648     | 2197     | 1894     | 1581     | 2601      |
| -40x3,5   | 2957     | 2667     | 3555     | 3066     | 2558     | 4208      |
|   | 5495     | 4955     | 6607     | 5697     | 4753     | 7821      |
| Предельный изгибающий момент для фитинговых соединений, Нмм |          |          |          |          |          |           |
| -16x2,0   | 396      | 364      | 485      | 419      | 349      | 574       |
| -20x2,0   | 680      | 613      | 816      | 704      | 588      | 967       |
| -26x3,0   | 1644     | 1483     | 1977     | 1705     | 1423     | 2341      |
| -32x3,0   | 2661     | 2400     | 3200     | 2759     | 2302     | 3787      |
| -40x3,5   | 4946     | 4560     | 5946     | 5127     | 4278     | 7039      |

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.7)

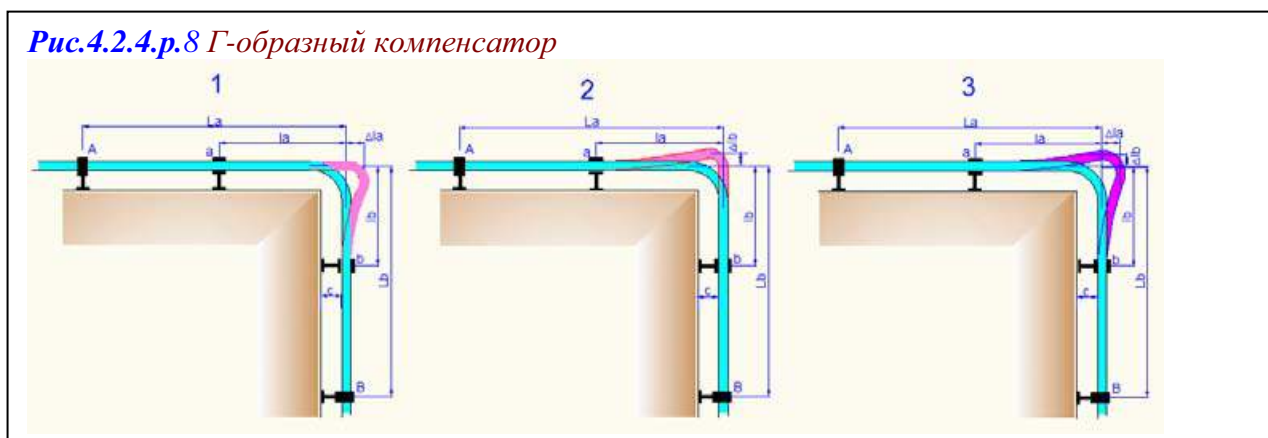
Рис.4.2.4.р.7 Типы компенсаторов для МПТ



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.8)

Рис.4.2.4.р.8 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.8-1).

$$\Delta l_a = \alpha \Delta T L_a = \frac{N l_b^3}{3EI} = \frac{\sigma_\delta W l_b^2}{3EI}, \quad (4.2.4.ф.18)$$

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

$$l_b = \sqrt{\frac{3ED\Delta l_a}{2\sigma_\delta}} = 36,74 \sqrt{\frac{D\Delta l_a}{\sigma_\delta}}, \quad (4.2.4.ф.19)$$

где  $\sigma_\delta$  – 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.8-2). Минимальное расстояние до опоры  $a$  вычисляется по формуле:

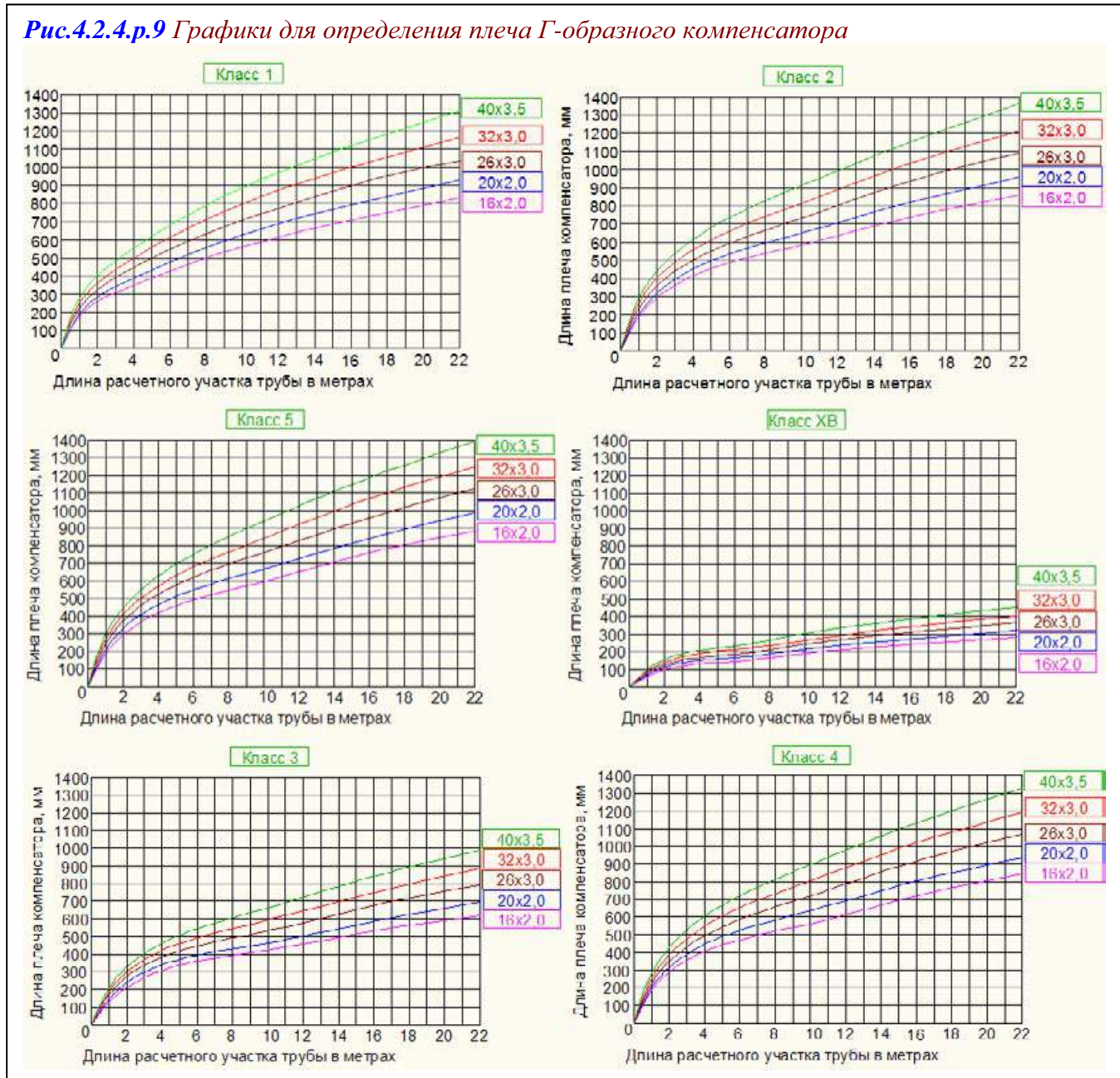
$$l_a = \sqrt{\frac{3ED\Delta l_b}{2\sigma_\delta}} = 36,74 \sqrt{\frac{D\Delta l_b}{\sigma_\delta}} \quad (4.2.4.ф.20)$$

3. Фактическая деформация компенсатора будет равна векторной сумме смещений  $\Delta l_a$  и  $\Delta l_b$  (рис.4.2.4.р.8-3).

Для расчета плеча компенсатора можно пользоваться таблицей 4.2.4.т.6 или графиками на рис.4.2.4.р.9.

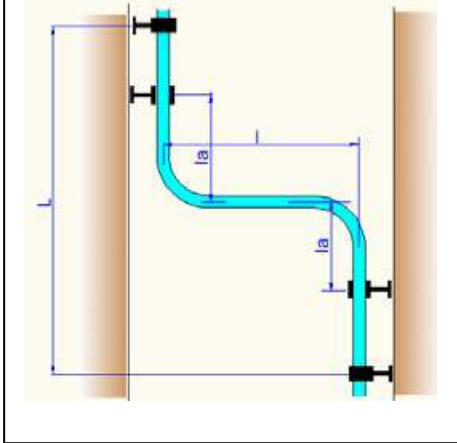
|  | Формулы плеча компенсатора (мм) для класса эксплуатации |                        |                        |                        |                        |                        |
|--|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|  | 1   | 2                      | 3                      | 4                      | 5                      | XB                     |
| 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.9** Графики для определения плеча Г-образного компенсатора



**Рис.4.2.4.р.10**

**Z-образный компенсатор**



Для *Z-образного компенсатора* 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  $l$  ( $\Delta l/2$ ).

$$l_a = 36,74 \sqrt{\frac{D\Delta l}{2\sigma_d}} = 26 \sqrt{\frac{D\Delta l}{\sigma_d}} \quad (4.2.4.ф.21)$$

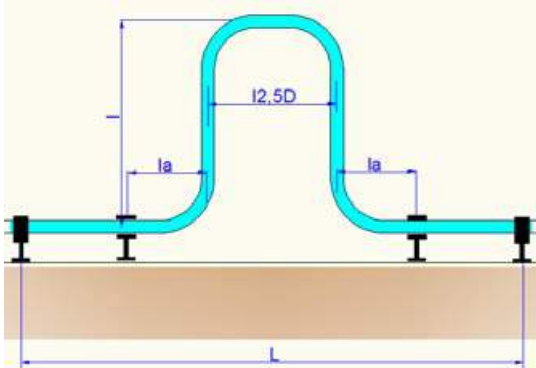
То есть:

$$l_a = 0,71 \cdot l \quad (4.2.4.ф.22)$$

*Расчет П-образного компенсатора (рис.4.2.4.р.11) и петлеобразного компенсатора (рис.4.2.4.р.12)*

**Рис.4.2.4.р.11**

**П-образный компенсатор**

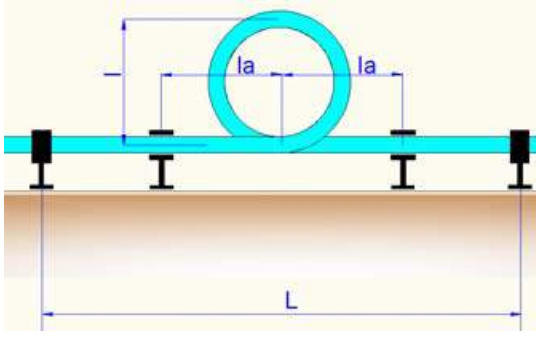


Для *П-образного и петлеобразного компенсаторов* плечом, компенсирующим удлинение участка  $L$ , будет являться участок  $l$ , длина которого может определяться по формулам для углового компенсатора с коэффициентом  $0,71$ , поскольку смещение каждого плеча составляет  $\Delta l/2$ .

Расстояние между плечами П-образного компенсатора по технологическим соображениям принимается не менее  $12,5 D$ .

**Рис.4.2.4.р.12**

**Петлеобразный компенсатор**



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

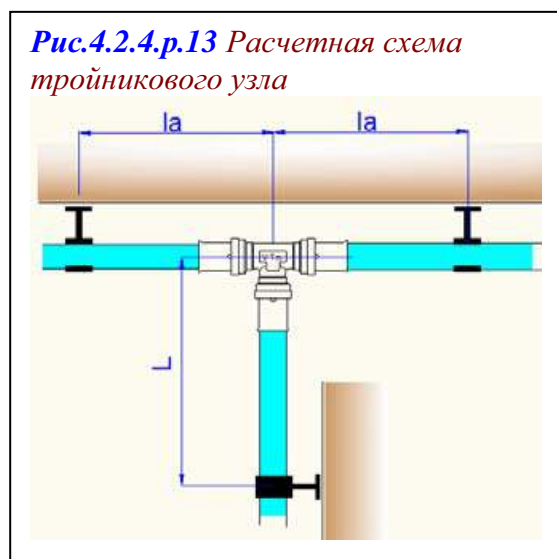
$$l_a = 26 \sqrt{\frac{D\Delta l}{2\sigma_d}} = 18,4 \sqrt{\frac{D\Delta l}{\sigma_d}} \quad (4.2.4.ф.23)$$

или:

$$l_a = 0,71 \cdot l \quad (4.2.4.ф.24)$$

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.13).



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  $L$ .

$$\Delta l = \frac{N(2l_a)^3}{48EI} = \frac{Nl_a^3}{6EI} = \frac{Ml_a^2}{6EI} = \frac{\sigma_d W l_a^2}{6EI} = \frac{\sigma_d l_a^2}{3ED} \quad (4.2.4.ф.25)$$

, откуда;

$$l_a = 1,73 \sqrt{\frac{ED\Delta l}{\sigma_d}} = 51,9 \sqrt{\frac{D\Delta l}{\sigma_d}} \quad (4.2.4.ф.26)$$

Для расчета  $l_a$  тройникового узла можно пользоваться формулами *таблицы 4.2.4.м.7*.

Формула для расчета тройниковых узлов

Таблица 4.2.4.м.7

|   | Формулы $l_a$ (мм) для класса эксплуатации |                        |                        |                        |                        |                        |
|---|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|   | 1  | 2                      | 3                      | 4                      | 5                      | XB                     |
| 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.

$$\Delta l = \frac{5ql^4}{384EI} = \frac{l}{100}, \quad (4.2.4.ф.27)$$

откуда выражение для расстояния между опор примет вид:

$$l = 413 \sqrt{\frac{I}{q}}, \quad (4.2.4.ф.28)$$

где  $I$ -момент инерции сечения трубы ( $\text{мм}^4$ );  $q$  –вес трубы с водой ( $\text{кг/м}$ ).

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.м.7*.

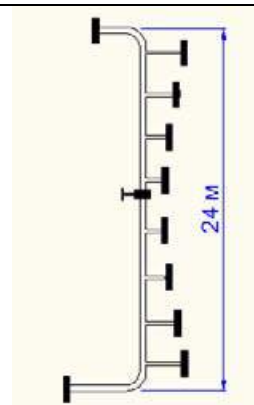
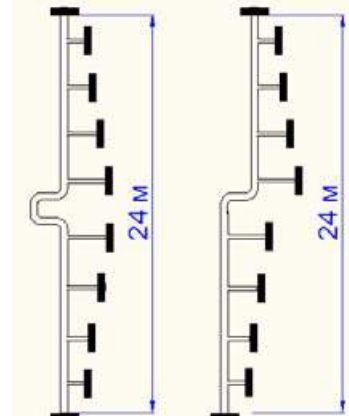
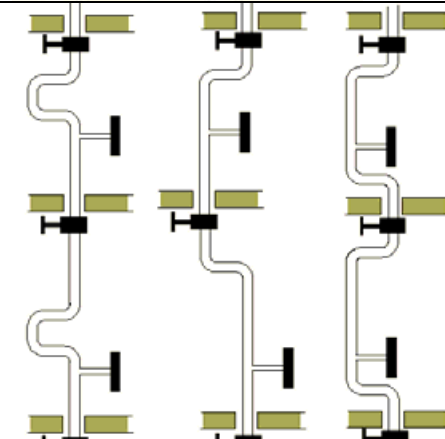
Максимальные шаг подвижных опор **Таблица 4.2.4.т.7**

| 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         |

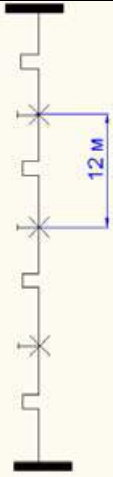
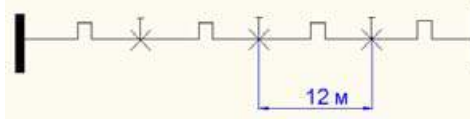
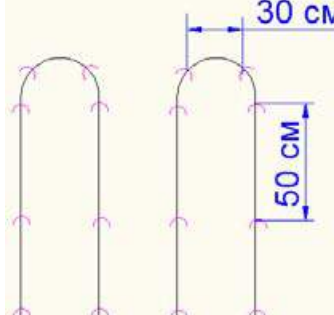
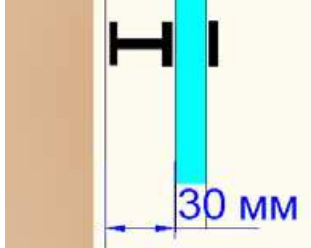

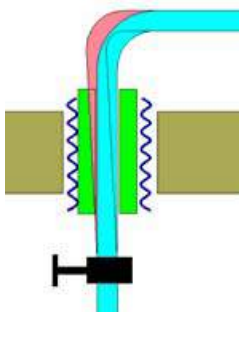
Рекомендации по расстановке опор на металлополимерных трубопроводах изложены в таблице **таблица 4.2.4.т.8**

**Практические рекомендации по установке опор на МПТ**

**Таблица 4.2.4.т.8**

| <i>Поясняющая схема</i>   | <i>Рекомендации</i>   |
|---|---|
|   | <p>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.</p>  |
|  | <p>При невозможности устройства компенсаторов на концах стояка для этих зданий рекомендуется устраивать один П-образный или Z-образный компенсатор в центре стояка.</p>   |
|  | <p>Для многоэтажных жилых многоквартирных зданий рекомендуется устраивать поэтажные неподвижные опоры с компенсаторами между ними. Это вызвано тем, что жилыцы 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.</p> |



|   |   |
|---|---|
|    | <p>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.</p>   |
|    | <p>На прямолинейных горизонтальных участках систем отопления и ГВС неподвижные опоры следует ставить через каждые 12 м с устройством компенсатора между ними.</p>   |
|   | <p>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.</p>  |
|  | <p>Опоры стояков должны обеспечивать относ труб от стен не менее 30 мм.</p>   |
|  | <p>Не допускается установка какой-либо арматуры на незакрепленных концах металлополимерного трубопровода.</p>   |
|  | <p>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.</p> |

### **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 пластификаторов, глянецовость наружной поверхности не обеспечит требуемое сцепление 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:

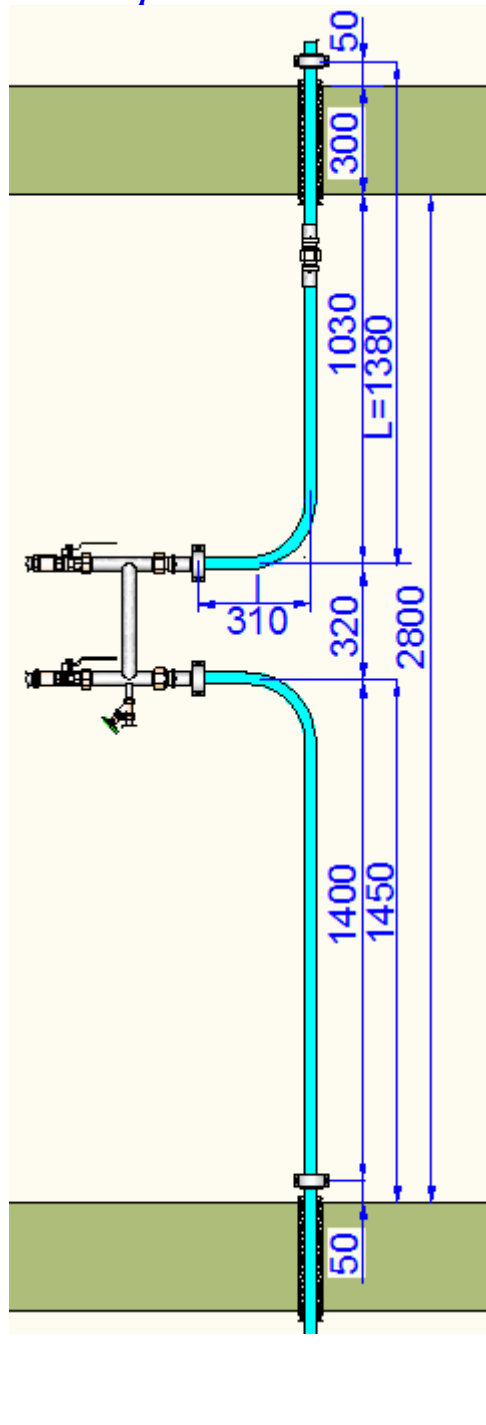
$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{N}} = \pi \sqrt{\frac{I}{\alpha \Delta T F}} = 616 \sqrt{\frac{I}{\Delta T F}} = 159 \sqrt{\frac{I}{F}} \quad (4.2.4.ф.29) \text{ или по таблице 4.2.4.т.9}$$

*Расстояния между неподвижными опорами трубопроводов ХВ из условий устойчивости*

**Таблица 4.2.4.т.9**

| 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.14 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:

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

Расстояние до опоры принято  $l = 310$  мм.

Удлинение плеча  $l$  составит:

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

В уровне низа перекрытия отклонение трубы от вертикали составит:

$$0,73 \times (300+50)/1380 = 0,19 \text{ мм.}$$

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:

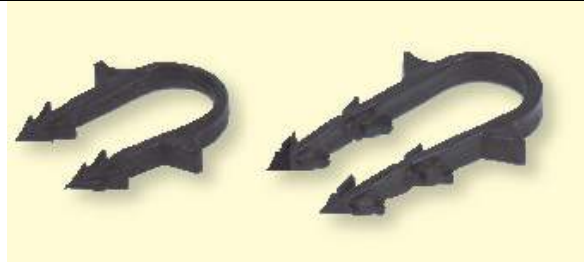
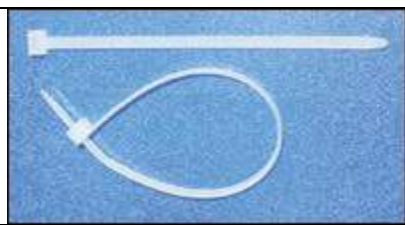

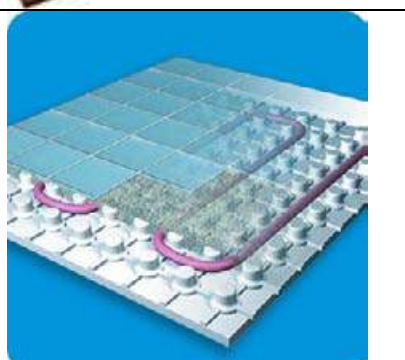
- подвижные опоры должны обеспечивать возможность перемещения трубы в продольном направлении и ограничивать перемещение в поперечном направлении;
- неподвижные опоры должны исключать или максимально ограничивать перемещение трубы как в продольном, так и в поперечном направлении;
- опоры не должны деформировать 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.м.1*.

*Типы опор и креплений МПТ*

*Таблица 2.4.5.м.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 (20x1,5мм) с прокладкой из EPDM (винт-М8) | В качестве неподвижной опоры для одиночных труб D16,D20,D26,D32, D40 |
|  | Сдвоенная стальная опора (20x1,5мм) 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   |
| <i>Не допускается использование для крепления труб проволочных хомутов.</i>        |  |  |

#### 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 неотопливаемым подпольем;
- при прохождении трубопроводов через неотопливаемые 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 СНиП 3.05.01, 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 воздухопускных 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 прекратится, 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 или медных 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  $10^4$  Па/м или 1 м.вод.ст./м* **Таблица 4.4.т.1**

| Днар    | Ду | Двн            | Пропускная способность, л/с |              |                    |          |           |           |
|---------|----|----------------|-----------------------------|--------------|--------------------|----------|-----------|-----------|
|         |    |                | Труба МПТ                   | Труба медная | Трубы стальные ВГП |          |           | Трубы ППР |
|         |    |                | легкие                      |              |                    | норм.    | усиленные |           |
|         |    |                |                             |              |                    | <i>e</i> |           |           |
| 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 |        |        |        |        |
|------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 16x2,0                  | 20x2,0 | 26x3,0 | 32x3,0 | 40x3,5 |
| 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**

| Диаметр стальных труб | Металлополимерные трубы |        |        |        |        |
|-----------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                       | 16x2,0                  | 20x2,0 | 26x3,0 | 32x3,0 | 40x3,5 |
| 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* 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, прошедшие специальное обучение и знакомые со спецификой данного вида труб.

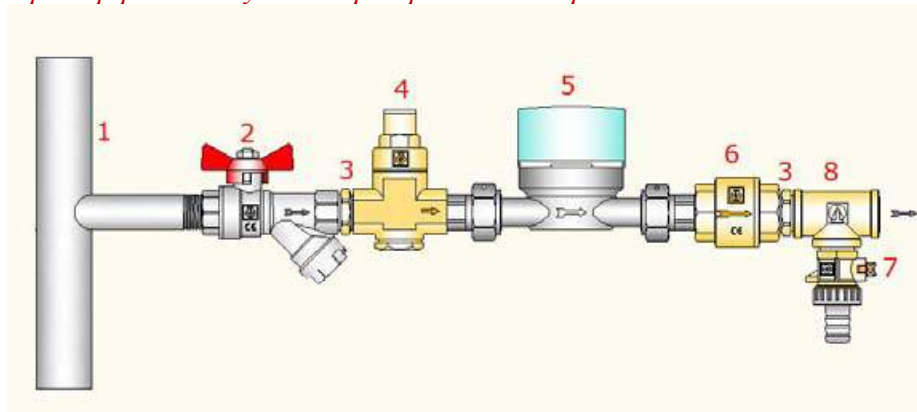
## 5. Конструирование сетей

### 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 – шаровый 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.3.1а СНиП 2.08.01) ); 8 – тройник резьбовой.

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

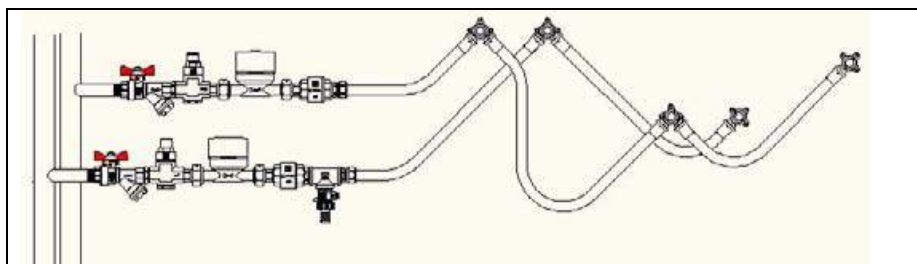
- эксплуатационные свойства, оцениваемые по влиянию друг на друга одновременно открытых приборов, удобству обслуживания и компактности;
- затраты на монтаж, которые можно оценить по количеству выполняемых соединений и протяженности трубопроводов;
- экономичность, определяемая по стоимости материалов, 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  |
|-------|---|
|       | <p><b>Тройниковая разводка.</b><br/>Стоимость на 29% выше, чем при проходных водорозетках.<br/>Неравномерное давление воды на приборах.</p>   |
|       | <p><b>Коллекторная разводка.</b><br/>Стоимость на 50 % выше, чем при проходных водорозетках. Равномерное давление у приборов.<br/>Возможность отключения приборов с единого узла.</p> |



**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 СНиП 3.05.01-85 «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 5.1.т.2*

| Прибор, арматура                            | Высота установки, мм         | Пункт СНиП 3.05.01 |
|---|------------------------------|--------------------|
| Кран или смеситель раковины                 | 250 от борта раковины        | 3.11               |
| 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 |                    |
| 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 мм,, писсуаров - не менее 700 мм

## 5.2. Системы радиаторного отопления

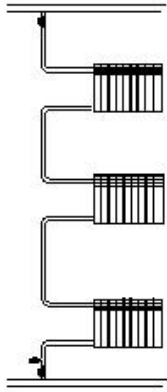
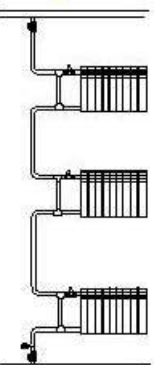
В настоящее время большинство российских отопительных систем являются однотрубными с верхней или нижней разводкой. Причины этого следует искать в экономической сфере.

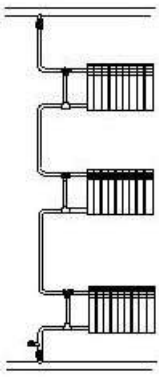
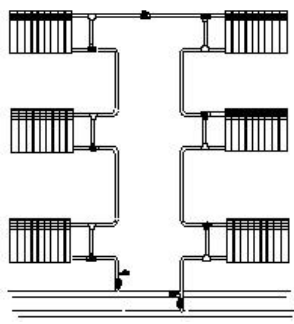
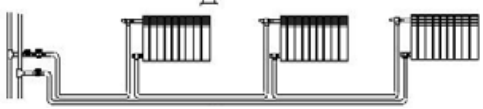
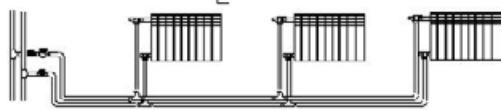
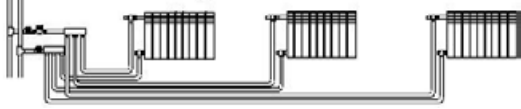
В 60-е -70е годы прошлого века шла всесоюзная борьба за экономию металла при крайне низкой «политической» стоимости электроэнергии. Огромными темпами развивалось типовое панельное строительство, требующее дешевых унифицированных узлов и заготовок. О поквартирном учете тепла речь не шла – все платили 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  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">А</p>   | <p><i>Однотрубная система с верхней разводкой без замыкающих участков</i></p> <p>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.</p> |
| <p style="text-align: center;">Б</p>  | <p><i>Однотрубная система с верхней разводкой с замыкающими участками с радиаторными терморегуляторами</i></p> <p>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. Требуется использование специальных терморегуляторов повышенной пропускной способности.</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;">В</p>   | <p><i>Однотрубная система с верхней разводкой с трехходовыми кранами.</i></p> <p>Регулировка каждого прибора сохраняет общие гидравлические характеристики стояка. В остальном, сохраняются недостатки однотрубных систем.</p>  |
|  <p style="text-align: center;">Г</p>   | <p><i>П-образные однотрубные стояки с нижней разводкой и терморегуляторами на замыкающих участках.</i></p> <p>Температура теплоносителя снижается от первого радиатора к последнему, что требует использования постепенного увеличения поверхности нагрева отопительных приборов. На восходящем участке стояка снижена теплоотдача радиаторов.</p>  |
|  <p style="text-align: center;">Д</p>  | <p><i>Система с двухтрубными стояками и горизонтальной однотрубной разводкой.</i></p> <p>Схема позволяет оборудовать узел поквартирного учета тепловой энергии. При отсутствии байпасов регулировка отдельного радиатора ведет к изменению теплоотдачи все радиаторов ветви.</p>  |
|  <p style="text-align: center;">Е</p> | <p><i>Система с двухтрубными стояками и горизонтальной двухтрубной разводкой.</i></p> <p>Регулировка отдельно взятого прибора не приводит к изменению температуры в остальных приборах. Схема позволяет оборудовать узел поквартирного учета тепловой энергии.</p>  |
|  <p style="text-align: center;">И</p> | <p><i>Система с двухтрубными стояками и лучевой коллекторной разводкой.</i></p> <p>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.</p> |

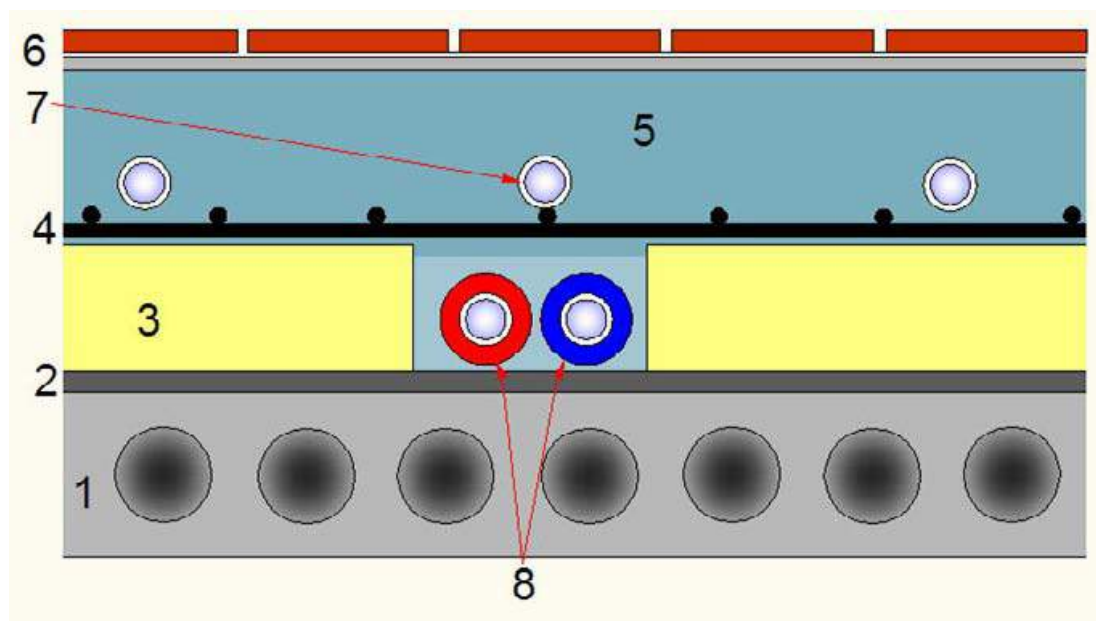
Прокладку металлополимерных труб по помещениям рекомендуется производить скрыто: в стяжке пола или в плинтусных коробах. Открытая прокладка допускается только в местах, защищенных от воздействия прямых солнечных лучей.

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 петлей «теплого пола»; 8 – трубопроводы радиаторного отопления в изоляции.*

### **5.3. Системы встроенного обогрева**

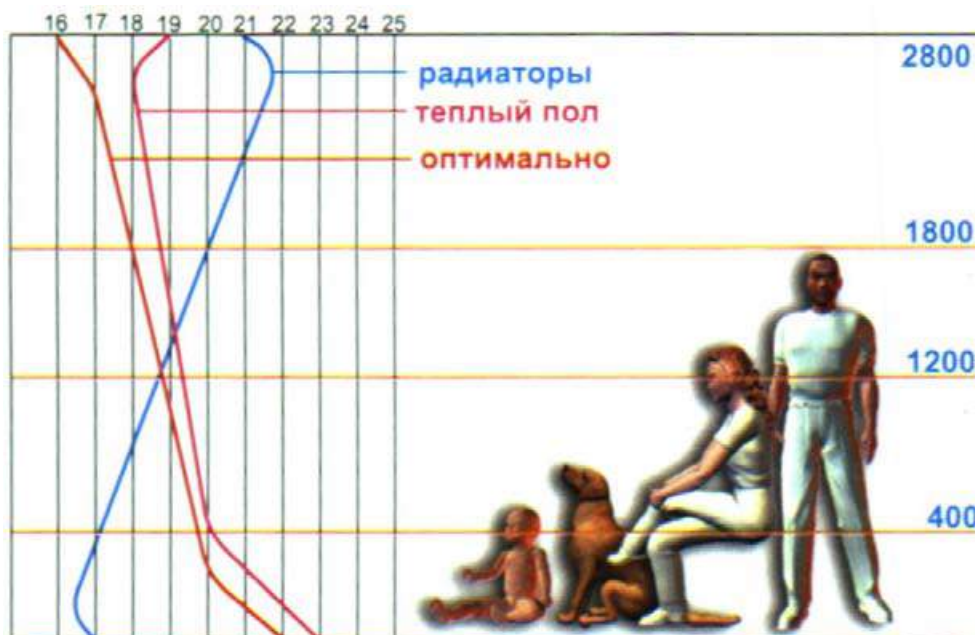
#### **5.3.1. Напольное отопление (теплый пол)**

##### **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 °С) при радиаторном отоплении располагается на уровне груди стоящего человека (150 см). Ниже уровня 40 см от пола температура воздуха не превышает до 16-17°С, а припотолочный воздух прогревается до температур 23-24°С. 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 1-2°C, 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.

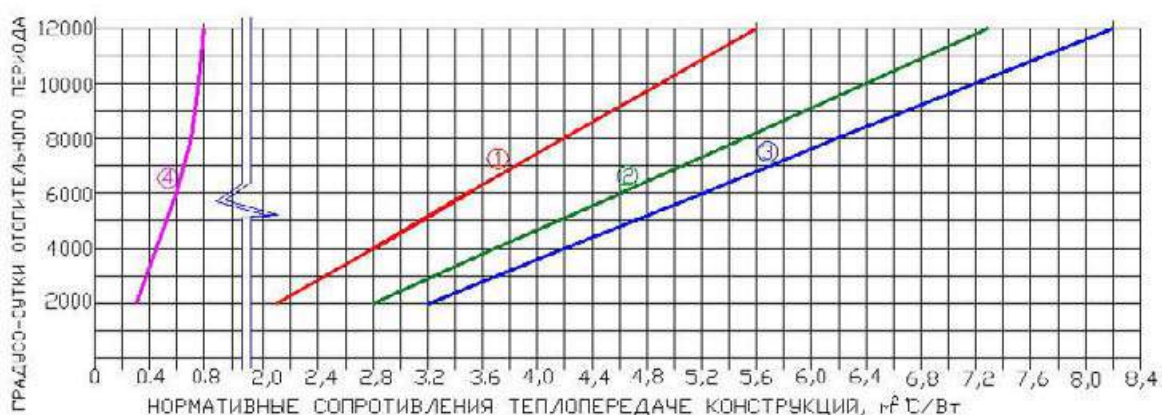
#### 5.3.1.2. Возможности напольного отопления

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. Примем, что здания имеют неотапливаемый технический этаж и неотапливаемый подвал (в расчетах температура воздуха в этих помещениях принята +5°C. Фактически, она определяется из уравнения теплового баланса).

Ограждающие конструкции зданий должны иметь приведенное сопротивление теплопередаче не ниже значений, изложенных в таблице 4 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП) (рис.5.3.1.2 р.2).

**Рис.5.3.1.2.р.2** Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (1 – наружные стены; 2 – чердачные перекрытия, перекрытия над подвалами; 3 – покрытия; 4 – окна и балконные двери).



Примерное территориальное расположение зон ГСОП на карте России показано на рисунке 5.3.1.2.р.3, который построен на основании данных, приведенных в СНиП 23-01-99\* «Строительная климатология».

**Рис.5.3.1.2.р.3.** Зоны ГСОП для температуры внутреннего воздуха +20°C



Используя значения требуемых сопротивлений теплопередаче можно определить требуемые общие приведенные коэффициенты теплопередачи для каждого типа ограждающей конструкции (см. таблицу 5.3.1.2.м.1).

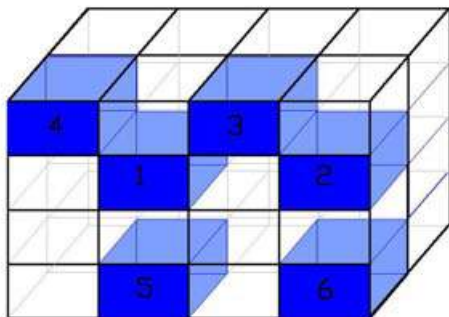
*Требуемые коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций при температуре воздуха в помещении +20°C* **Таблица 5.3.1.2.м.1**

| Конструкция                            | Коэффициенты теплопередачи Вт/м² К, при значении ГСОП |       |       |       |       |       |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 2000  | 4000  | 6000  | 8000  | 10000 | 12000 |
| Наружная стена                         | 0,476   | 0,357 | 0,286 | 0,238 | 0,204 | 0,179 |
| Чердачное перекрытие                   | 0,357   | 0,270 | 0,217 | 0,182 | 0,156 | 0,137 |
| Перекрытие над неотапливаемым подвалом | 0,357   | 0,270 | 0,217 | 0,182 | 0,156 | 0,137 |
| Окна и балконные двери                 | 3,333   | 2,222 | 1,667 | 1,429 | 1,333 | 1,25  |



Если рассматривать жилое помещение со стандартным соотношением сторон 4:3 и площадью остекления равной 18% от площади пола, то в зависимости от схемы расположения помещения в здании (см. *рисунок 5.3.1.2.р.4*), можно вычислить удельные потери тепла через ограждающие конструкции, приходящиеся на 1 м<sup>2</sup> площади пола (см. таблицу *5.3.1.2.т.2*).

*Рис.5.3.1.2.р.4 Схемы расположения помещения в здании*



*Удельные потери тепла через ограждающие конструкции*

*Таблица 5.3.1.2.т.2*

| Номер<br>схемы | Расчетная<br>температура<br>наружного<br>воздуха, °С | Удельные потери тепла Вт/м <sup>2</sup> (пола), при значении ГСОП |      |      |      |       |       |
|----------------|--|---|------|------|------|-------|-------|
|                |  | 2000  | 4000 | 6000 | 8000 | 10000 | 12000 |
| 1              | -15  | 35  | 24   | 19   | 16   | 14    | 13    |
|                | -20  | 40  | 28   | 22   | 18   | 16    | 15    |
|                | -25  | 45  | 31   | 24   | 20   | 18    | 17    |
|                | -30  | 50  | 35   | 27   | 23   | 20    | 19    |
|                | -35  | 54  | 38   | 29   | 25   | 22    | 20    |
| 2              | -15  | 47  | 34   | 26   | 22   | 20    | 18    |
|                | -20  | 54  | 38   | 30   | 25   | 22    | 20    |
|                | -25  | 61  | 43   | 34   | 28   | 25    | 23    |
|                | -30  | 67  | 48   | 37   | 31   | 28    | 25    |
|                | -35  | 74  | 53   | 41   | 35   | 31    | 28    |
| 3;5            | -15  | 42  | 30   | 23   | 19   | 17    | 16    |
|                | -20  | 47  | 33   | 26   | 22   | 19    | 18    |
|                | -25  | 52  | 37   | 28   | 24   | 21    | 19    |
|                | -30  | 57  | 40   | 31   | 26   | 23    | 21    |
|                | -35  | 61  | 44   | 34   | 29   | 26    | 23    |
| 4;6            | -15  | 54  | 39   | 31   | 26   | 23    | 20    |
|                | -20  | 61  | 44   | 34   | 29   | 26    | 23    |
|                | -25  | 68  | 49   | 38   | 32   | 28    | 25    |
|                | -30  | 75  | 53   | 42   | 35   | 31    | 28    |
|                | -35  | 81  | 58   | 46   | 38   | 34    | 31    |

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 |          |
|---|--|----------------------------|----------|
|   |  | СНиП 2.04.05               | 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 475-3 для интервала температур внутреннего воздуха от 18 °С до 25°С;

$$q = 8.92(t_n - t_e)^{1,1}, \text{ Вт/м}^2$$

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.м.4).

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

*Таблица 5.3.1.2.м.4*

| Номер схемы | Доля краевых зон в общей площади, % | Удельный тепловой поток, Вт/м <sup>2</sup> |              |             |
|-------------|-------------------------------------|--|--------------|-------------|
|             |                                     | основная зона                              | краевая зона | средний     |
| 1,3,5       | 25                                  | 64   | 124,7        | <b>79,2</b> |
| 2,4,6       | 39                                  | 64   | 124,7        | <b>87,7</b> |

Сравнивая данные таблицы 5.3.1.2.м.2 с реальными возможностями напольного отопления, можно отметить, что во всех рассмотренных случаях **теплый пол в российских климатических условиях при соблюдении нормативных требований по тепловой защите способен возместить теплопотери через ограждающие конструкции.**

Однако, кроме теплопотерь через ограждающие конструкции, **при отсутствии принудительной вентиляции**, в расчете мощности отопительной системы необходимо учитывать затраты тепла на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха.

Требования российских норм предполагают учитывать эти затраты из расчета нагрева до комнатной температуры 3 м<sup>3</sup> воздуха в час на 1 м<sup>2</sup> площади помещений. Для расчета количества тепла используется формула:

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot L \cdot \rho_n \cdot c_e \cdot (t_e - t_n).$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.3.1.2.м.5.

*Удельные затраты тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха Таблица 5.3.1.2.м.5*

| Температура наружного воздуха, °С | Плотность наружного воздуха, кг/м <sup>3</sup> | Удельные затраты тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт/м <sup>2</sup> |
|-----------------------------------|--|--|
| -15                               | 1,368  | 40,2   |
| -20                               | 1,395  | 46,9   |
| -25                               | 1,423  | 53,8   |
| -30                               | 1,453  | 61,0   |
| -35                               | 1,483  | 68,5   |

Добавляя затраты тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха, учтенные в нормативном объеме, к теплопотерям через ограждающие конструкции, получим данные общей удельной теплопотребности помещений (см. таблицу 5.3.1.2.м.6).

**Удельная теплопотребность помещений с учетом затрат тепла на нагрев  
инфильтрующегося наружного воздуха** **Таблица 5.3.1.2.т.6**

| Номер<br>схемы | Расчетная<br>температура<br>наружного<br>воздуха, °С | Удельные потери тепла Вт/м <sup>2</sup> (пола), при значении ГСОП |      |      |      |       |       |
|----------------|--|---|------|------|------|-------|-------|
|                |  | 2000  | 4000 | 6000 | 8000 | 10000 | 12000 |
| 1              | -15  | 80  | 70   | 64   | 62   | 60    | 59    |
|                | -20  | 92  | 81   | 75   | 71   | 70    | 68    |
|                | -25  | 106   | 92   | 85   | 81   | 79    | 78    |
|                | -30  | 118   | 104  | 96   | 92   | 89    | 87    |
|                | -35  | 132   | 115  | 107  | 102  | 100   | 98    |
| 2              | -15  | 97  | 84   | 76   | 72   | 70    | 68    |
|                | -20  | 112   | 96   | 88   | 83   | 80    | 78    |
|                | -25  | 127   | 110  | 100  | 95   | 91    | 89    |
|                | -30  | 142   | 123  | 112  | 106  | 103   | 100   |
|                | -35  | 158   | 137  | 124  | 118  | 115   | 112   |
| 3;5            | -15  | 89  | 77   | 71   | 68   | 66    | 64    |
|                | -20  | 102   | 88   | 81   | 78   | 75    | 74    |
|                | -25  | 114   | 100  | 92   | 87   | 85    | 83    |
|                | -30  | 127   | 111  | 102  | 98   | 95    | 93    |
|                | -35  | 140   | 123  | 113  | 108  | 105   | 103   |
| 4;6            | -15  | 105   | 91   | 83   | 78   | 75    | 73    |
|                | -20  | 121   | 104  | 95   | 89   | 86    | 84    |
|                | -25  | 136   | 117  | 107  | 101  | 97    | 95    |
|                | -30  | 151   | 130  | 119  | 113  | 109   | 106   |
|                | -35  | 167   | 144  | 132  | 124  | 120   | 117   |

**Примечание:** зеленым цветом выделены значения, при которых напольное отопление полностью заменяет радиаторное.

Как видно из таблицы 5.3.1.2.т.6, при учете нормативных затрат тепла на нагрев поступающего с улицы воздуха, возможности напольного отопления по самостоятельному отоплению зданий несколько сократились, причем именно в зонах с ГСОП 2000-4000. Однако, и здесь все не так однозначно. Ведь 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/м<sup>2</sup> с человека;
- для нормального дыхания человеку нужно в час всего 1,5 м<sup>3</sup> воздуха в час, а не 3 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> (60 м<sup>3</sup> для помещения в 20 м<sup>2</sup>), как предусмотрено нормами по инфильтрации;
- современные заполнения оконных проемов со стеклопакетами, в большинстве своем не обеспечивают нормативное поступление уличного воздуха в помещения;
- в дополнение к теплomu 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.

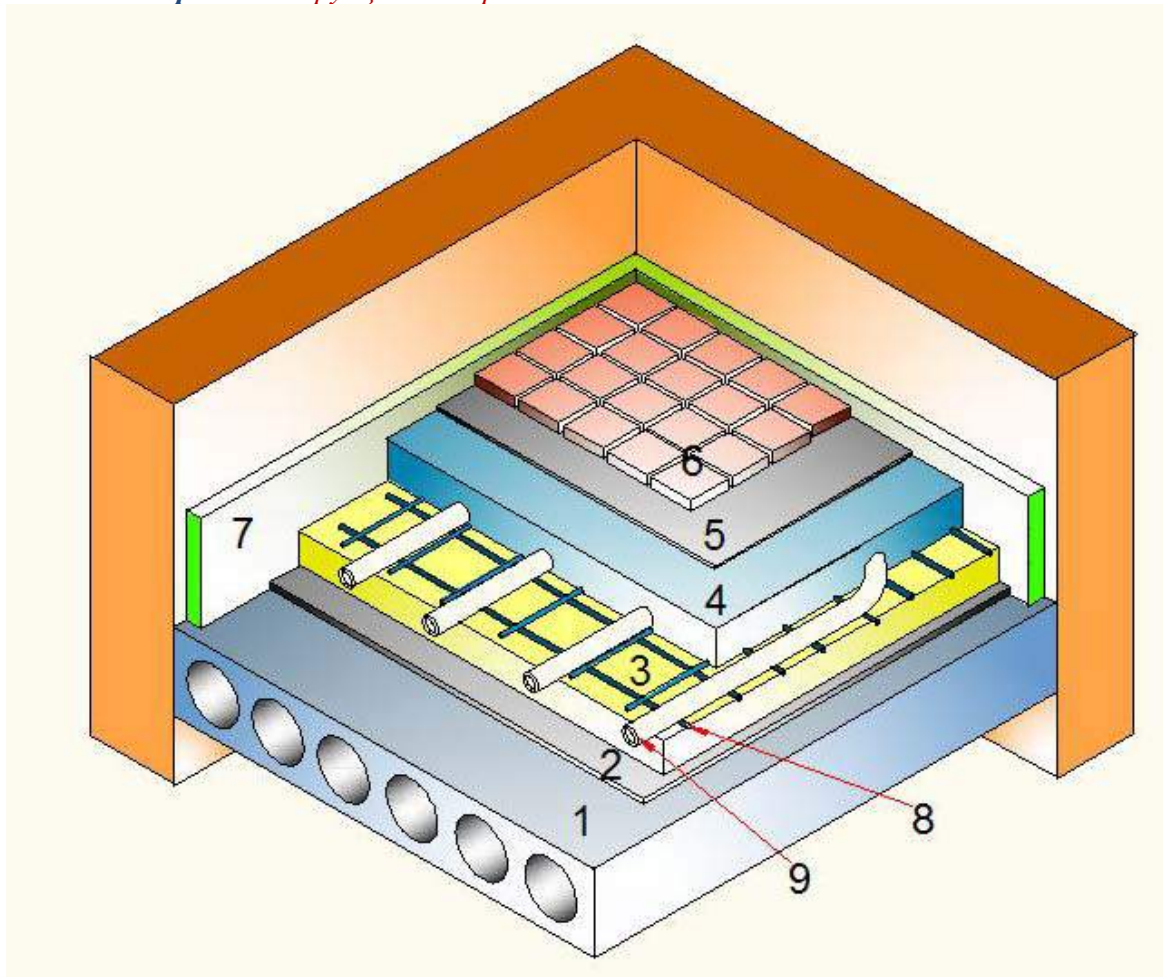
Приведенными данными хотелось бы поколебать бытующее заблуждение, что «севернее Ростова теплый пол не может конкурировать с радиаторным отоплением». Может и успешно конкурирует. В Финляндии, Швеции, Норвегии и Дании более 45% жилых домов отапливаются с помощью различных безрадиаторных систем лучистого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

### 5.3.1.3. Конструктивные решения теплых полов

При устройстве встроенных систем обогрева применяются два способа конструктивных решений:

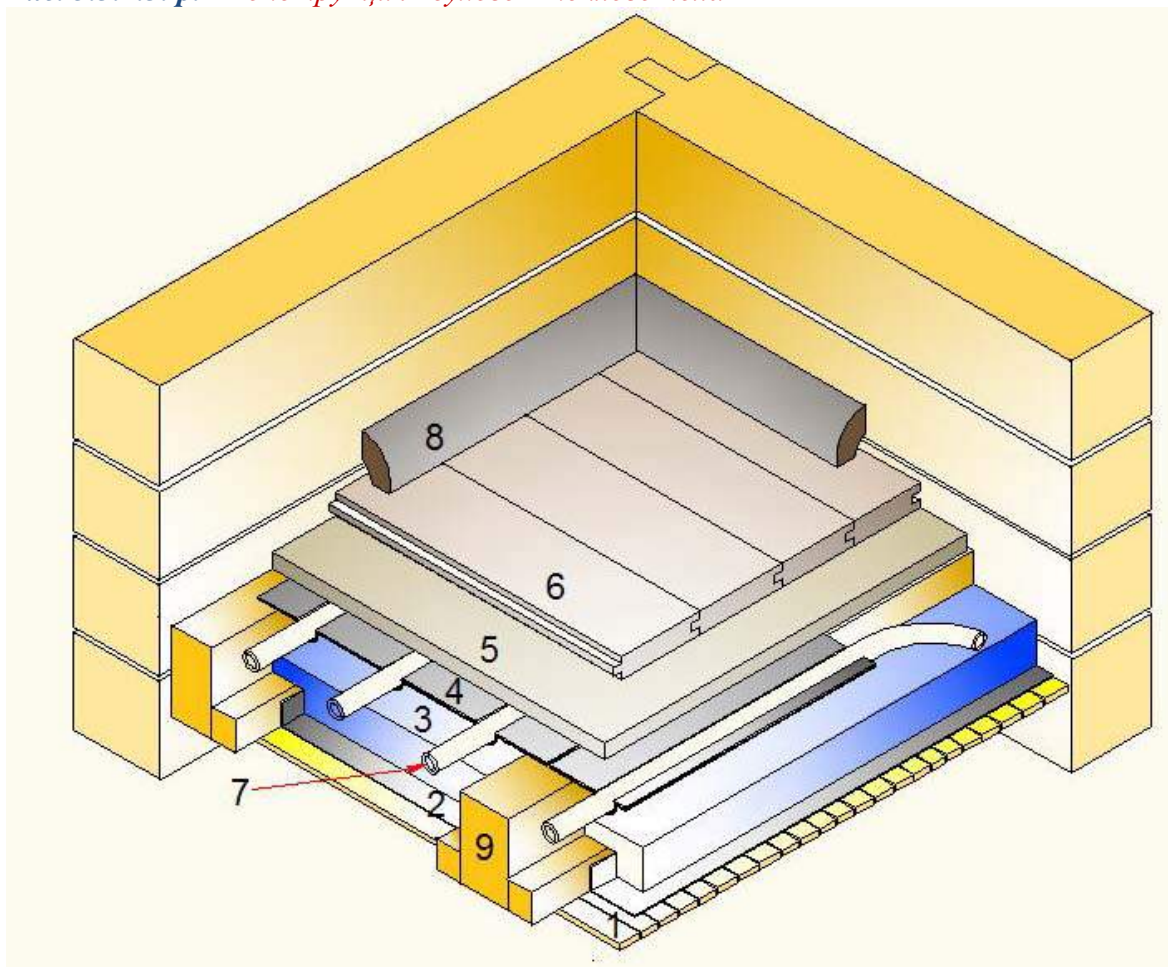
- «мокрый» способ, при котором нагревательным элементом становится монолитная плита из бетона или цементно-песчаного раствора с встроенными греющими трубопроводами (см. рис. 5.3.1.3. п.1);
- «сухой» способ. В этом случае монолитная плита отсутствует, а равномерное распределение тепла от трубопроводов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

*Рис. 5.3.1.3. п.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 16x2,0. 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*

| <i>Удельные тепловой поток,<br/>Вт/м<sup>2</sup></i> | <i>Рекомендуемый шаг<br/>петель,мм</i> |
|--|--|
| 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 180°);
- 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 °С.

**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 мм от стены.

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

Нарастивать 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 16x2,0 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 м<sup>2</sup>.

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 неводоудерживающие пластификаторы (например *Силар, Kilma Therm*), основанные на мелкодисперсных чешуйчатых частицах минеральных материалов с низким коэффициентом трения. Большинство же используемых в строительстве пластификаторов являются водоудерживающими, что в результате приведет к понижению прочности и теплопроводности стяжки. Как правило, расход пластификатора составляет 3-5 л на м<sup>3</sup> 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/м<sup>3</sup>;
- 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 м<sup>3</sup> 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/м<sup>3</sup>.

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 150x150. В практике отечественного строительства чаще используется кладочная сетка из арматурной проволоки ВрI Ø 5 мм с шагом ячеей 50 x 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, бесосновный линолеум, ламинат и т.п.).

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

*Рис.5.3.1.8.п.1 Знак пригодности ковролина*



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

*Рис.5.3.1.8.п.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°C 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°C 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 «мокроем методе» устройства теплых полов по перекрытиям, если в архитектурно-строительной части проекта не предусмотрено устройство пароизоляции, рекомендуется укладывать по выровненному перекрытию слой пергамин для предотвращения протекания через перекрытие цементного молока во время заливки стяжки. Если же в проекте междуэтажная пароизоляция предусмотрена, то дополнительно гидроизоляцию устраивать не обязательно.

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  $\alpha_{ст}=13 \times 10^{-6} 1/^\circ C$ . 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 «мокроем» теплом полу ведется по формуле:

$$b=0,55 \times L, \quad (5.3.1.10 \text{ ф.1})$$

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<sup>2</sup>;
- 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 45°.

### 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. приведены в таблице *5.3.1.12 т.2*.

*Изделия для коллекторных систем* Таблица 5.3.1.12.т.2

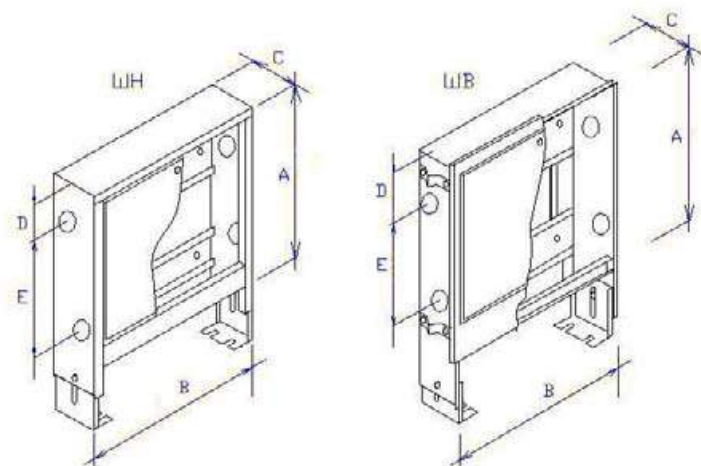
| Эскиз   | Наименование  | Описание   |
|---|---|--|
|  | Коллектор латунный никелированный с отсекающими кранами.<br>Артикул VTc.580.N | Диаметры условного прохода – ¾ "и 1".<br>Количество выходов - 2,3,4.<br>Подключение петель – с помощью фитингов VTc. 710.<br>Расстояние между выходами - 40 мм.<br>Ставится на подающий трубопровод. |

|   |   |  |
|---|---|--|
|    | <p>Коллектор латунный никелированный с регулирующими кранами.<br/>         Артикул VTс.560.NE</p>   | <p>Диаметры условного прохода – ¾ "и 1".<br/>         Количество выходов - 2,3,4.<br/>         Подключение петель – с помощью фитингов VTс. 710.<br/>         Расстояние между выходами - 40 мм.<br/>         Ставится на обратный трубопровод.</p>  |
|    | <p>Коллектор латунный никелированный с регулирующими кранами для соединителей стандарта «евроконус».<br/>         Артикул VTс.560.N</p>       | <p>Диаметры условного прохода – ¾ "и 1".<br/>         Количество выходов - 2,3,4.<br/>         Подключение петель – с помощью фитингов VT. 4420.<br/>         Расстояние между выходами - 40 мм.<br/>         Ставится на прямой и обратный трубопровод.</p>   |
|  | <p>Блок коллекторный с регулировочными и настроечными клапанами, воздухоотводчиком и дренажным краном.<br/>         Артикул VTс. 594.EMNX</p> | <p>Диаметр условного прохода – ¾ ".<br/>         Количество выходов – от 3 до 12..<br/>         Подключение петель – с помощью фитингов VT.4420.<br/>         Расстояние между выходами - 40 мм.<br/>         На прямом коллекторе имеются клапаны для монтажной настройки. На обратном коллекторе – термостатические клапаны с возможностью ручной регулировки.</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p>Блок коллекторный с регулировочными, настроечными клапанами, ротаметрами и сервис-группой.<br/>         Артикул VTc. 595.EMNX</p> | <p>Диаметр условного прохода – 3/4".<br/>         Количество выходов – от 3 до 12..<br/>         Подключение петель – с помощью фитингов VT. 4420.<br/>         Расстояние между выходами - 40 мм.<br/>         На прямом коллекторе имеются клапаны для монтажной настройки с ротаметрами. На обратном коллекторе – термостатические клапаны с возможностью ручной регулировки.</p> |
|---|--|--|

Коллекторы размещаются в коллекторных шкафах. Шкафы выпускаются во встраиваемом и пристенном исполнении (рис. 5.3.1.12.р.1)

Рис. 5.3.1.12.р.1 Схемы коллекторных шкафов



Сведения о коллекторных шкафах «Изотерм» приведены в таблице 5.3.1.12.т.3.  
 Коллекторные шкафы «Изотерм» Таблица 5.3.1.12.т.3

| Марка | Размеры |      |      |      |      |             | Вес, кг | Рекомендуемое количество петель |
|-------|---------|------|------|------|------|-------------|---------|---------------------------------|
|       | A,мм    | B,мм | C,мм | D,мм | E,мм | D выхода,мм |         |                                 |
| ШН-1  | 650     | 450  | 120  | 120  | 220  | 60          | 7,9     | 6                               |
| ШН-2  | 650     | 550  | 120  | 120  | 220  | 60          | 9,1     | 8                               |
| ШН-3  | 650     | 700  | 120  | 120  | 220  | 60          | 10,9    | 10                              |
| ШН-4  | 650     | 850  | 120  | 120  | 220  | 60          | 12,65   | 12                              |
| ШН-5  | 650     | 1000 | 120  | 120  | 220  | 60          | 14,5    | 16                              |
| ШН-6  | 650     | 1150 | 120  | 120  | 220  | 60          | 16,3    | 18                              |
| ШН-7  | 650     | 1300 | 120  | 120  | 220  | 60          | 18,1    | 22                              |
| ШН-8  | 650     | 1450 | 120  | 120  | 220  | 60          | 19,9    | 24                              |

|       |     |      |     |     |     |    |      |    |
|-------|-----|------|-----|-----|-----|----|------|----|
| ШН-9  | 650 | 1600 | 120 | 120 | 220 | 60 | 21,7 | 26 |
| ШН-10 | 650 | 1750 | 120 | 120 | 220 | 60 | 23,5 | 29 |
| ШН-11 | 650 | 1900 | 120 | 120 | 220 | 60 | 25,3 | 32 |
| ШВ-1  | 685 | 465  | 120 | 120 | 220 | 60 | 9,3  | 6  |
| ШВ-2  | 685 | 565  | 120 | 120 | 220 | 60 | 10,6 | 8  |
| ШВ-3  | 685 | 715  | 120 | 120 | 220 | 60 | 12,4 | 10 |
| ШВ-4  | 685 | 865  | 120 | 120 | 220 | 60 | 14,3 | 12 |
| ШВ-5  | 685 | 1015 | 120 | 120 | 220 | 60 | 16,2 | 16 |
| ШВ-6  | 685 | 1165 | 120 | 120 | 220 | 60 | 18,1 | 18 |
| ШВ-7  | 685 | 1315 | 120 | 120 | 220 | 60 | 20   | 22 |
| ШВ-8  | 685 | 1465 | 120 | 120 | 220 | 60 | 21,9 | 24 |
| ШВ-9  | 685 | 1615 | 120 | 120 | 220 | 60 | 23,8 | 26 |
| ШВ-10 | 685 | 1765 | 120 | 120 | 220 | 60 | 25,7 | 29 |
| ШВ-11 | 685 | 1915 | 120 | 120 | 220 | 60 | 27,6 | 32 |

Специально для размещения в шкафу смесительных узлов CombiMix и Dualmix выпускаются шкафы глубиной 145 мм (ШН 5/145).

### 5.3.1.13 Смесительные узлы и автоматика

Максимальная температура теплоносителя в системах теплого пола, как правило, не превышает 55°C, рабочее значение этого параметра обычно лежит в пределах 35-45°C, 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 CombiMix и Dualmix.

В смесительном узле CombiMix (рис.5.3.1.13 п.1) 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 Kv<sub>v</sub> этого клапана и установленного скоростного

режима насоса зависит тепловая мощность смесительного узла. Максимальная присоединенная мощность смесительных узлов CombiMix и DualMix равна 20 кВт.



Рис.5.3.1.13.п.1.  
Насосно-смесительный узел CombiMix

Насосно-смесительный узел Dualmix (рис.5.3.1.13 р.2) состоит из двух модулей (насосного и термостатического), между которыми монтируется коллекторный блок вторичного контура. Для смешения используется трехходовой термостатический клапан, управляемый термоголовой 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 Dualmix*

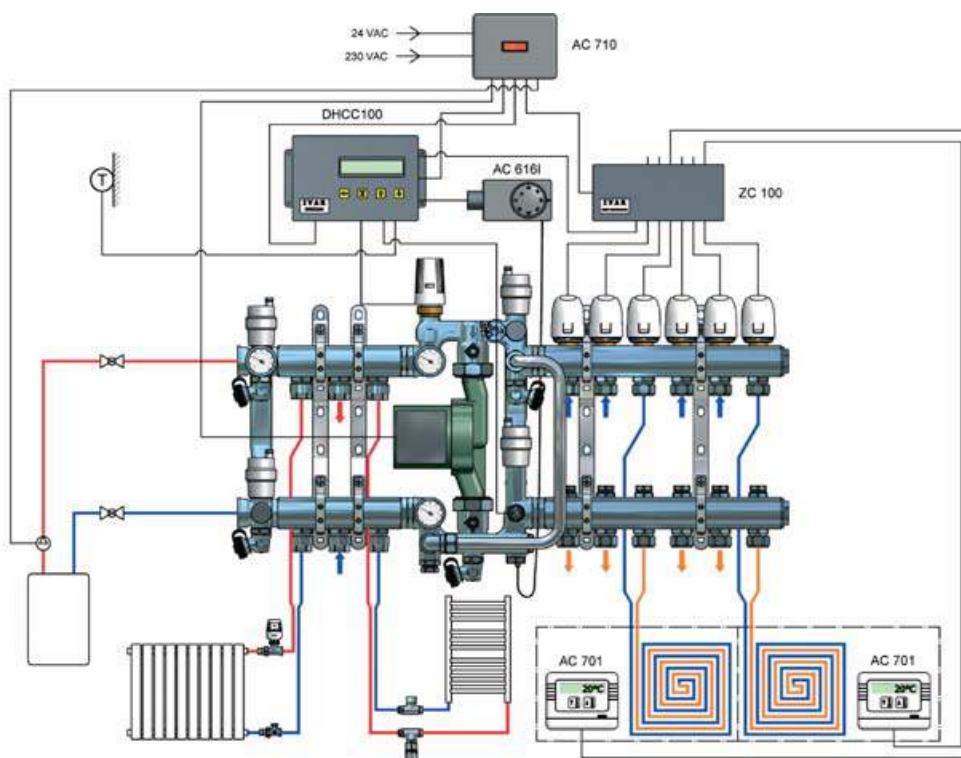


В связи со значительной инерционностью систем напольного отопления все их преимущества можно реализовать, применяя для управления такими системами погодозависимое регулирование.

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

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*

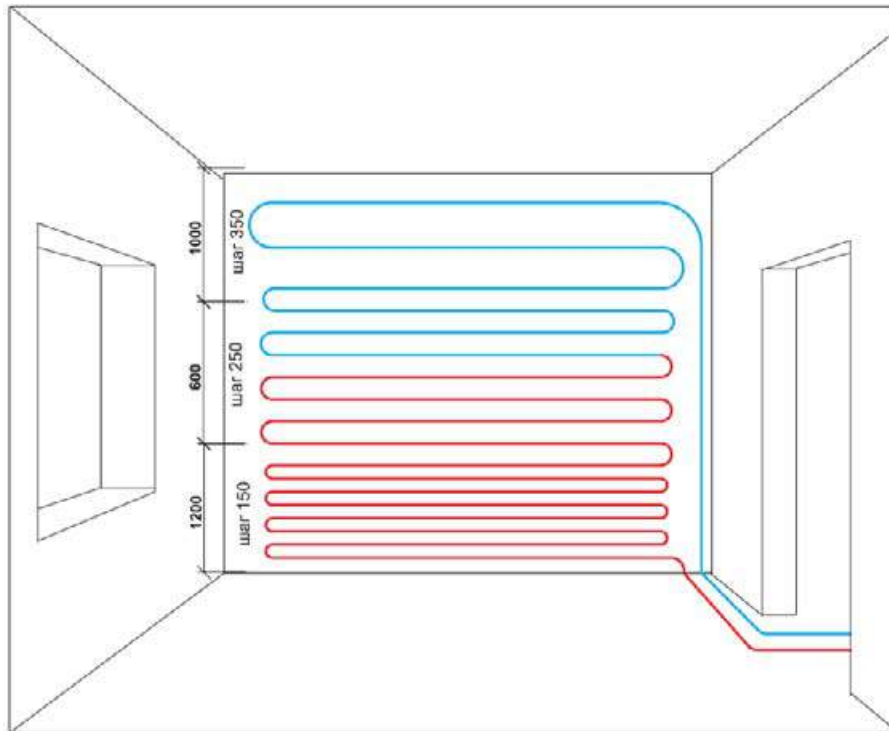


## 5.4. Системы настенного отопления

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

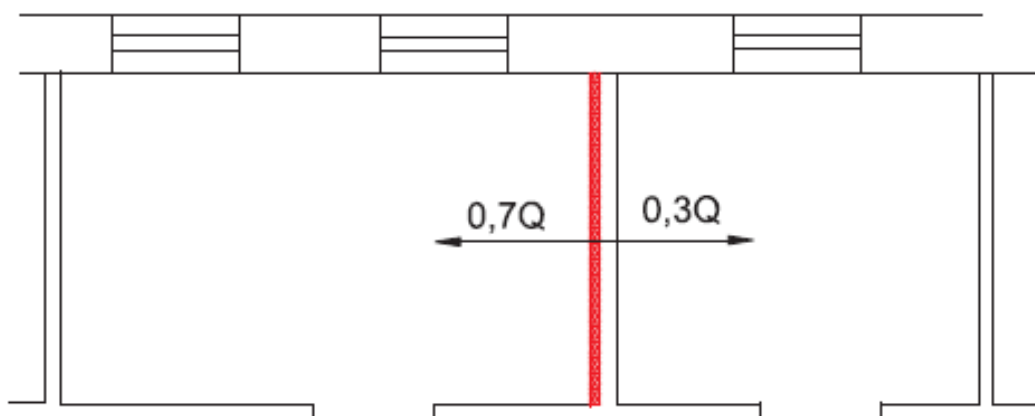
1. Передача тепла от теплых стен в помещение происходит на 85% за счет лучистого теплообмена. При теплообмене излучением человек и домашние животные чувствуют себя комфортно, если температура в помещении на 1,5-2,5°C ниже, чем при конвективном теплообмене. Напомним, что конвективная составляющая теплообмена преобладает при отоплении радиаторами и теплыми полами. Таким образом, поддерживая температуру воздуха в помещении 17,5-18,5°C вместо 20-21°C 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/м<sup>2</sup> (площади пола), то при помощи системы теплых стен удельный показатель теплового потока, приведенный к площади пола может достигать 150-180 Вт/м<sup>2</sup>. Такая возможность создается благодаря тому, что перепад температур между подающей и обратной линией в системе теплых полов может достигать 15°C (для теплых полов этот показатель ограничен 10°C). 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).

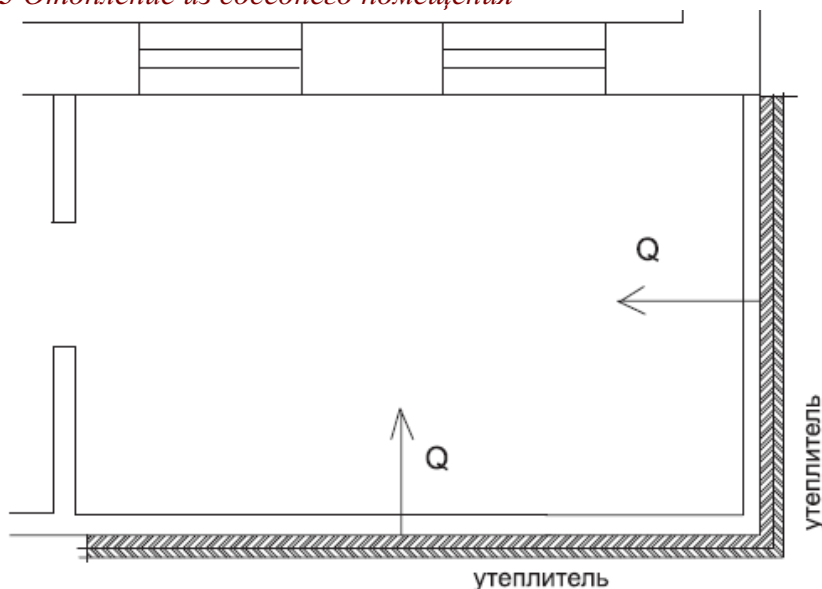
*Рис. 5.4.р.2* Отопление двух смежных помещений





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 помещения (см. рис. 5.4.р.3)

*Рис. 5.4.р.3 Отопление из соседнего помещения*

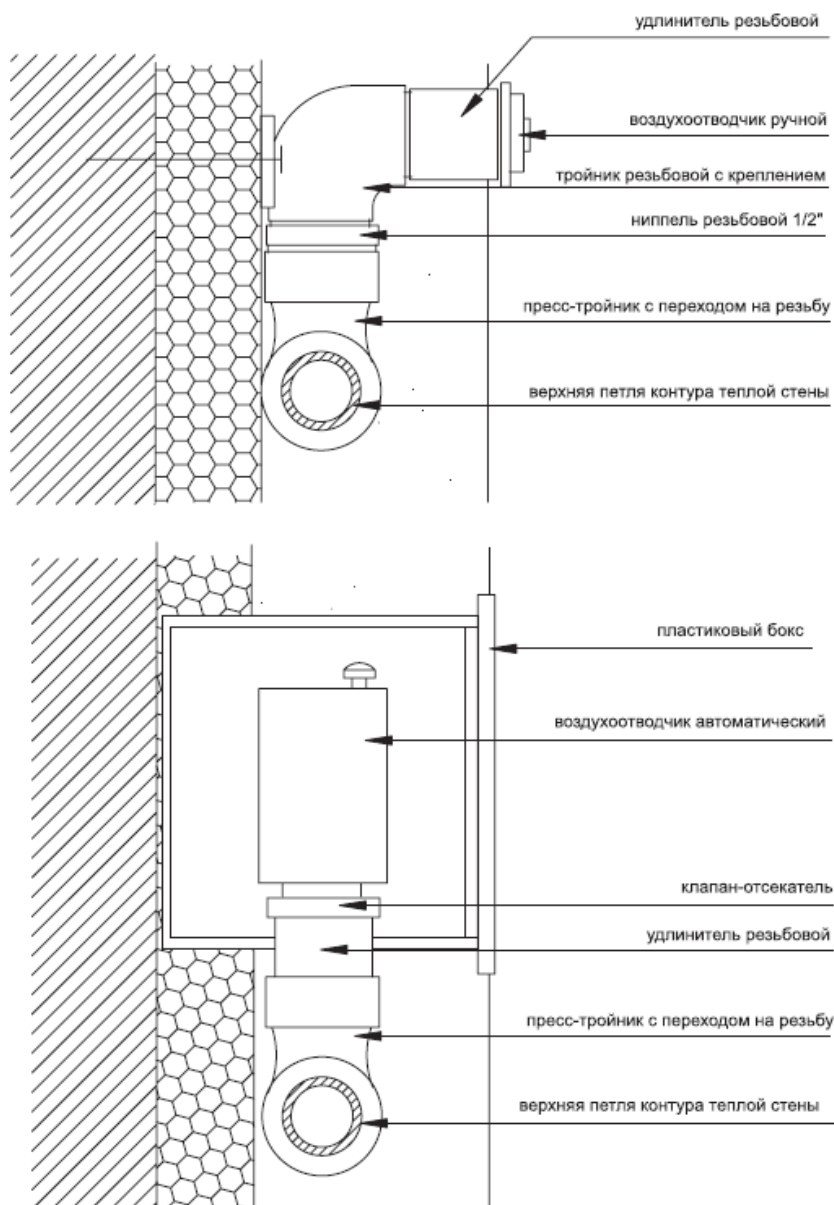


Как и любая другая система отопления, система теплых стен требует от конструкторов и монтажников учета ряда ее специфических особенностей:

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 массового 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**

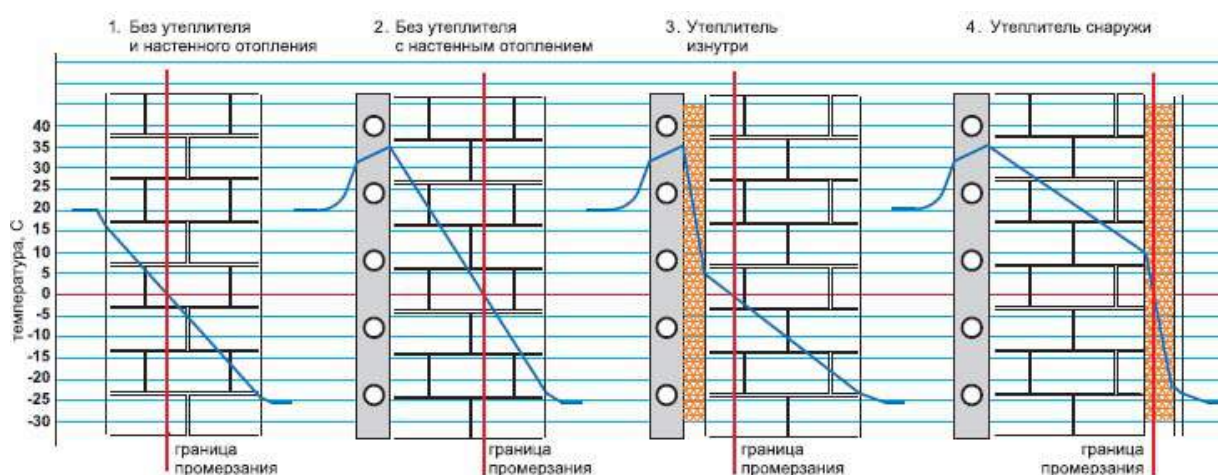
**Таблица 5.4.т.1**

| № | 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 площадью 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.

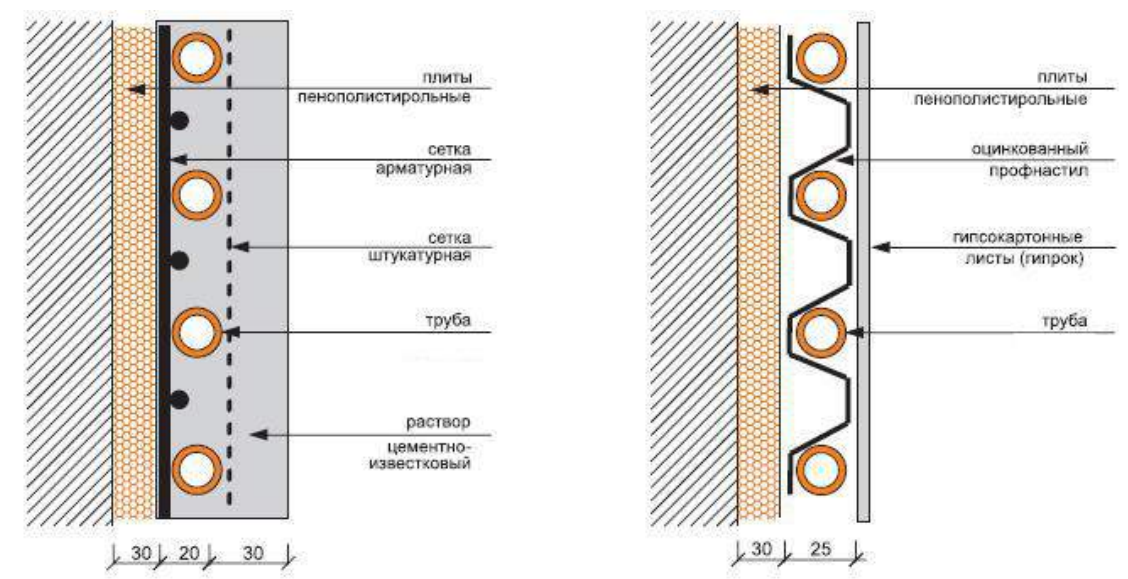
Минусом такого решения является то, что кроме энергозатрат на непосредственное отопление помещений, существенная доля тепловой энергии тратится на прогревание ограждающих конструкций.

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 отопления 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 подобной 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 полутонным рабочим давлением;
- подача нагретого теплоносителя в трубы настенного отопления допускается после окончательного высыхания штукатурных слоев;
- во избежание последующего механического повреждения трубопроводов настенного отопления, рекомендуется выполнять его исполнительную схему с привязкой осей труб.

## **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 площадки 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 25°C;
- 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 °С;
- 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.м.1*.

5.

#### Усредненные расходы воды для жилых зданий *Таблица 6.1.2. м.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: 
$$P = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600} \quad (6.1.2.ф.1)$$

7. По таблице *приложения 13* находится коэффициент  $\alpha$ , являющийся функцией от  $P$  и  $N$ .

Коэффициент  $\alpha$  с некоторой долей погрешности может быть рассчитан по формуле:

$$\alpha = 0,2 + 0,777(NP - 0,015)^{0,686}, \text{ при } NP < 0,015 \quad \alpha = 0,2. \quad (6.1.2.ф.2)$$

8. Находится расчетный секундный расход для группы потребителей:

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0, \text{ л/сек.} \quad (6.1.2.ф.3)$$

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

9. Определяется вероятность использования приборов:

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

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

11. Находится максимальный расчетный часовой расход для группы потребителей:

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}, \text{ м}^3/\text{час.} \quad (6.1.2.ф.5)$$

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:

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

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:

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

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

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

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

19. Находится расчетный секундный расход для группы потребителей:

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0, \text{ л/сек.} \quad (6.1.2.ф.9)$$

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

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

21. Находится вероятность использования приборов для системы в целом:

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

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

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

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (6.1.2.ф.12)$$

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

формуле: 
$$q_T = \frac{\sum q_{u,i} \cdot U_i}{1000 \cdot T}. \quad (6.1.2.ф.13)$$

*Определение расчетного расхода циркуляционной воды ГВС*

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

26. Расчетный циркуляционный расход ГВС определяется по формуле:

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

где коэффициент разбалансировки  $\beta$  можно принять равным 1, а  $\Delta t=10^\circ\text{C}$ .

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

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

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

*Значение коэффициента  $K_{cir}$  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:

- расчетные расходы холодной воды на участках 1,2,3.

**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:

$$P = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600} = (9,1 \times 5) / (0,2 \times 4 \times 3600) = 0,016; P_N = 0,016 \times 4 = 0,064$$

3. По приложению 13 находим значение  $\alpha=0,295$ .

4. Расчетный секундный расход на участке 1 составит

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0 = 5 \times 0,295 \times 0,2 = 0,295 \text{ л/сек.}$$

5. Определяем вероятность использования приборов:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}} = (3600 \times 0,016 \times 0,2) / 200 = 0,058; P_{hr} N = 0,058 \times 4 = 0,232$$

6. По приложению 13 находим значение  $\alpha=0,48$ .

7. Максимальный часовой расход на участке составит:

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr} = 0,005 \times 0,48 \times 200 = 0,48 \text{ м}^3/\text{час.}$$

8. Определяем средний часовой расход в течение суток:

$$q_T = \frac{q_u \cdot U}{1000 \cdot T} = (270 \times 5) / (1000 \times 24) = 0,056 \text{ м}^3/\text{час.}$$

**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:

$$P = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600} = (2 \times 26) / (0,1 \times 5 \times 3600) = 0,029; P_N = 0,029 \times 5 = 0,145$$

11. По приложению 13 находим значение  $\alpha=0,394$ .

12. Расчетный секундный расход на участке 2 составит

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0 = 5 \times 0,394 \times 0,1 = 0,197 \text{ л/сек.}$$

13. Определяем вероятность использования приборов:

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

14. По приложению 13 находим значение  $\alpha=0,7$ .

15. Максимальный часовой расход на участке составит:

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr} = 0,005 \times 0,7 \times 60 = 0,21 \text{ м}^3/\text{час.}$$

16. Определяем средний часовой расход в течение суток:

$$q_T = \frac{q_u \cdot U}{1000 \cdot T} = (9 \times 26) / (1000 \times 8) = 0,029 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Участок 3. Участок 3 обслуживает жилую квартиру и офис (9 приборов).

17. Находим вероятность действия приборов для системы в целом:

$$P = \frac{\sum N_i \cdot P_i}{\sum N_i} = (4 \times 0,016 + 5 \times 0,029) / (4 + 5) = 0,023; PN = 0,023 \times 9 = 0,207$$

18. Ищем секундный расход прибором для системы в целом:

$$q_0 = \frac{\sum N_i \cdot P_i \cdot q_{0,i}}{\sum N_i \cdot P_i} = (4 \times 0,016 \times 0,2 + 5 \times 0,029 \times 0,1) / (4 \times 0,016 + 5 \times 0,029) = 0,131 \text{ л/сек}.$$

19. По приложению 13 находим значение  $\alpha = 0,45$ .

20. Расчетный секундный расход на участке 3:

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0 = 5 \times 0,45 \times 0,131 = 0,294 \text{ л/сек}.$$

21. Часовой расход холодной воды одним прибором для системы в целом:

$$q_{0,hr} = \frac{\sum N_i \cdot P_{hr,i} \cdot q_{0,hr,i}}{\sum N_i \cdot P_{hr,i}} = (4 \times 0,058 \times 200 + 5 \times 0,174 \times 60) / (4 \times 0,058 + 5 \times 0,174) = 89,5 \text{ л/час}.$$

22. Вероятность использования приборов для системы в целом:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}} = (3600 \times 0,023 \times 0,131) / 89,5 = 0,121; .$$

23. По приложению 13 находим значение  $\alpha = 0,98$ .

24. Расчетный часовой расход для участка 3 составит:

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha \cdot q_{0,hr} = 0,005 \times 0,98 \times 89,5 = 0,439 \text{ м}^3/\text{час}$$

25. Средний часовой расход в течение суток составит:

$$q_T = \frac{\sum q_{u,i} \cdot U_i}{1000 \cdot T} = (270 \times 5 + 9 \times 26) / (1000 \times 24) = 0,066 \text{ м}^3/\text{час}.$$

### 6.1.3. Ускоренный метод определения расчетных расходов

С достаточной степенью точности расчетные секундные расходы холодной и горячей воды для жилых и административных зданий можно определить следующим упрощенным способом:

1. По таблице *приложения 11* определяются секундные расходы каждым прибором  $q_{0,i}$  (л/сек).
2. Определяется суммарный секундный расход от всех приборов, обслуживаемых данным участком:

$$q_{\sum 0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i \text{ л/сек}.$$

3. По таблице определяется расчетный расход  $q$ , 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 | $q_{\sum_0} = \sum q_{0,i} \cdot N_i$ | $q$ , 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        |
| 1,0                                   | 0,55        | 8,5                                   | 1,64        | 29                                    | 3,02        |
| 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 ускоренного расчета**

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

## 6.2. 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:

$$q = \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}})}{\frac{1}{\pi \cdot d_{\text{т.нар.}} \cdot \alpha_1} + \frac{\ln \frac{d_{\text{и.нар.}}}{d_{\text{т.нар.}}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{из.}}} + \frac{\ln \frac{d_{\text{т.нар.}}}{d_{\text{т.вн.}}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{тр.}}} + \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{и.нар.}} \cdot \alpha_2}}, \text{ Вт/м.п. (6.2.ф.1)}$$

где:  $t_{\text{вн}}$  - температура транспортируемой среды, °С;

$t_{\text{нар}}$  - температура окружающей среды (помещения), °С;

$d_{\text{т.нар.}}$  - наружный диаметр трубопровода, м;

$d_{\text{и.нар.}}$  - наружный диаметр изоляции, м;

$d_{\text{т.вн.}}$  - внутренний диаметр трубы, м;

$\lambda_{\text{из.}}$  - коэф. теплопроводности изоляции, Вт/м·°С, (для вспененного полиэтилена – 0,033);

$\lambda_{\text{тр}}$  - коэффициент теплопроводности стенок трубы, Вт/м·°С, (для труб *Valtec* - 0,43);

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи соответственно поверхности трубы и поверхности изоляции, Вт/м<sup>2</sup>·°С, принимаются по таблице 6.2.т.1.

### Коэффициенты теплоотдачи

Таблица 6.2.т.1

| Изолируемый объект                                      | В закрытом помещении                                  |   | На открытом воздухе при скорости ветра <sup>3</sup> , м/с |    |    |
|---|---|---|---|----|----|
|   | Покрытия с малым коэффициентом излучения <sup>1</sup> | Покрытия с высоким коэффициентом излучения <sup>2</sup> | 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  $\alpha_1$  при наличии плотно прилегающей изоляции принимается равным 0,5х  $\alpha_2$ .

Величину тепловых потерь для труб *Valtec* допускается определять, пользуясь таблицей приложения 16.

При параметрах воздуха ( $T_{\text{в}}$ ) и теплоносителя ( $T_{\text{т}}$ ), отличающихся от табличных, потери тепла металлополимерными трубами можно определить по формуле:

$$q = q_{70} \cdot \left( \frac{T_{\text{т}} - T_{\text{в}}}{70} \right)^{1,2}, \text{ Вт/м.п., (6.2.ф.2)}$$

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

$$Q=L \cdot q, \text{ Вт}, \quad (6.2.ф.3)$$

можно найти снижение температуры:

$$\Delta t = Q/(G \cdot 4187), ^\circ\text{C}. \quad (6.2.ф.4)$$

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 ( $\lambda_{\text{бет}} \geq 1,8 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ,  $\rho_{\text{бет}} \geq 2000 \text{ кг/м}^3$ ), 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 ( $\lambda_{\text{бет}} \geq 1,8 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ,  $\rho_{\text{бет}} \geq 2000 \text{ кг/м}^3$ ) 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 пенной 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 16x2,0. Температура теплоносителя на входе в распределительный коллектор составляет  $T_m=82,0$  °С. Температура окружающего воздуха  $T_g=20$  °С. 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  $(82-20)=62$  °С. Для трубы 16x2,0 он составит  $q_{62}= 44,81 \text{ Вт/м}$*
- 2. Находим общие потери тепла подводящим трубопроводом  $Q = 12 \times 44,81 = 537,72 \text{ Вт}$ .*
- 3. Рассчитываем снижение температуры теплоносителя от коллектора до радиатора:*

$$\Delta t = 537,72 / (0,015 \times 4187) = 8,56 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

*Температура на входе в радиатор будет составлять  $T = 82,0 - 8,56 = 73,44$  °С.*

### 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  $T_p$ :

$$t_c = t_{нар} + \frac{q}{\pi \cdot d_{т.нар.} \cdot \alpha_1}, \quad (6.3.ф.1)$$

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, °С | Тр при относительной влажности, °С |      |      |
|-------------------------|------------------------------------|------|------|
|                         | 40%                                | 60%  | 80%  |
| 20                      | 6,5                                | 12   | 17   |
| 25                      | 10,5                               | 16,5 | 21,5 |
| 30                      | 15,4                               | 21,3 | 26,5 |

Можно определять точку росы по следующей приближенной формуле:

$$T_p = \frac{233,77 \text{ LN}(E_\phi) + 115,72}{16,57 - 0,877 \text{ LN}(E_a)}$$

где  $E_\phi = 0,01 \cdot \varphi \cdot E$  фактическая упругость водяного пара (кПа);

$$E = 0,6112 \text{ EXP} \left( \frac{17,504t}{241,2 + t} \right) \quad \text{максимальная упругость водяного пара (кПа);}$$

$\varphi$  - относительная влажность воздуха, %;

#### **ПРИМЕР**

**Исходные данные:**

Холодная вода с температурой  $t_{вн} = +10$  °С протекает по вертикальной металлополимерной трубе 16х2. Температура воздуха в помещении  $t_{нар} = +20$  °С, влажность  $\varphi = 60\%$ . 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.

$$\text{Определяем реальный тепловой поток: } q = q_{70} \cdot \left( \frac{T_m - T_v}{70} \right)^{1,2} =$$

$$41,9 \times ((10 - 20) / 70)^{1,2} = -4,06 \text{ Вт/м.}$$

Знак «минус» обозначает, что тепловой поток направлен со стороны помещения внутрь трубы.

Определяем температуру наружной стенки трубы:

$$t_c = t_{нар} + \frac{q}{\pi \cdot d_{т.нар.} \cdot \alpha_1} = 20 - 4,06 / (3,14 \times 0,016 \times 12) = 13,3^\circ\text{C.}$$

Температура точки росы при заданных параметрах составляет 12 °С. Защиты от конденсата не требуется. Для стальной трубы при тех же заданных параметрах температура стенки составила бы 10,6 °С, что потребовало бы защиту от конденсата.

#### 6.4. Гидравлический расчет трубопроводов

Потери давления в трубопроводах *Valtec* можно рассчитать, пользуясь формулой:

$$\Delta P = Rl + Z \text{ (Па)} \quad (6.4.ф.1)$$

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:

$$Z = \sum \xi \frac{v^2}{2} \rho \text{ (Па)}, \quad (6.2.ф.2)$$

где  $\sum \xi$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке трубопровода;

$v$  - скорость теплоносителя в трубопроводе, м/с;

$\rho$  - плотность жидкости при температуре теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициенты местных сопротивлений для не прямых 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 $\geq 5d$ :<br>90°<br>45° |       | 0,3-0,5                                      |
| 2      | Отступ, «утка»   |       | 0,5  |
| 3      | Обвод  |       | 1,0  |
| 4      | Калач  |       | 1,0  |
| 5      | Прямой соединитель                                     |       | <i>Приложение 5</i>                          |
| 6      | Тройник  |       | <i>Приложение 4</i>                          |
| 7      | Крестовина   |       | <i>Приложение 6</i>                          |
| 8      | Арматура и приборы                                     |       | По техническим описаниям на изделия*         |
| 9      | Коллектор без кранов и регуляторов                     |       | 1,5  |
| 10     | Коллектор с регулирующими или отсекающими кранами      |       | 3  |

- В ряде технических описаний вместо коэффициента местного сопротивления на изделие приводится «коэффициент пропускной способности»  $K_v$  (м<sup>3</sup>/час). Взаимосвязь между этими двумя показателями следующая:

$$\zeta = \frac{16 \cdot 10^8 \cdot d^4}{K_v^2}; \quad (6.2.ф.3)$$

где:

$K_v$ - коэффициент пропускной способности в м<sup>3</sup>/час;

$d$  – внутренний диаметр в м.

## 6.5. Расчет теплого пола

### 6.5.1. Задачи теплотехнического расчета

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;

б) 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 «б». В обоих случаях определяющим критерием расчета является температура поверхности пола, которая не должна превышать нормативных величин (см. таблицу 5.3.1.2.м.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.м.1).

#### Характеристики эталонного теплого пола Таблица 6.5.2.м.1

| № | Характеристика                                     | Ед. изм.             | Значение |
|---|--|----------------------|----------|
| 1 | Приведенный коэффициент теплопередачи стенки трубы | Вт/ м <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> К  | 10,8     |
| 8 | Шаг труб   | см                   | 7,5      |



$$q = \Delta t_l \cdot K_{тр} \cdot K_{ин} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D, \quad (6.5.2.ф.1)$$

где

$q$  – удельный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup>

$\Delta t$  – логарифмическая разность между температурой теплоносителя и температурой воздуха в помещении, °С;

$K_{мп}$  – приведенный коэффициент теплопередачи стенки трубы, Вт/ м<sup>2</sup> К;

$K_{ин}$  – 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:

$$\Delta t = \frac{(t_1 - t_2)}{LN \frac{(t_1 - t_B)}{(t_2 - t_B)}}, \quad (6.5.2.ф.2)$$

где

$t_1$  и  $t_2$  – температуры соответственно прямого и обратного теплоносителя, °С;

$t_B$  – расчетная температура воздуха в помещении, °С.

Коэффициент теплопередачи стенки трубы:

$$K_{мп} = \frac{K_{тр0}}{1 + \frac{1,1}{\pi} \cdot K_{мп0} \cdot K_{ин} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \cdot b \left( \frac{1}{2\lambda_{ст}} LN \frac{D}{D - 2\delta} - \frac{1}{2\lambda_{ст0}} LN \frac{D_0}{D_0 - 2\delta_0} \right)} =$$

$$= \frac{6,7}{1 + 2,347 \cdot K_{ин} \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_D \cdot b \left( \frac{1}{2\lambda_{ст}} LN \frac{D}{D - 2\delta} - 0,41 \right)}, \quad (6.5.2.ф.3)$$

где

$K_{мп0}$  – коэффициент теплопередачи эталонной трубы - 6,7 Вт/м<sup>2</sup> К;

$b$  – шаг труб, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы, м;

$\delta_0$  – 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:

$$K_{ин} = \frac{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{c0}}{\lambda_{c0}}}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{c0}}{\lambda_c} + R_{ин}} = \frac{0,1376}{0,0926 + \frac{0,045}{\lambda_c} + \Sigma R_{ин}}; \quad (6.5.2.ф.4)$$

где

$\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи поверхности пола, -10,8 Вт/м<sup>2</sup> К;

$\delta_{c0}$  – толщина эталонной стяжки, -0,045 м;

$\lambda_c$  – коэффициент теплопроводности стяжки, Вт/ м К;

$\lambda_{c0}$  – коэффициент теплопроводности эталонной стяжки, -1,00 Вт/м К;

$R_{ин}$  – термические сопротивления слоев покрытия пола (выше стяжки), м<sup>2</sup> К/Вт.

Коэффициент шага укладки труб:

$$K_b = (1,23 - 0,4 \Sigma R_{\text{ин}}^{0,75})^{1 - \frac{b}{0,075}} \quad (6.5.2.ф.5)$$

Коэффициент толщины стяжки определяется по формуле:

$$K_c = C^{(4,5 - 100 \delta_c)} \quad (6.5.2.ф.6)$$

где:

$\delta_c$  – толщина стяжки над трубой, м;

C – коэффициент, определяемый по *таблице 6.5.2.т.2*.

*Значение коэффициента C. Таблица 6.5.2.т.2*

| Шаг труб, b, см | Термическое сопротивление покрытия пола, м <sup>2</sup> 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:

$$K_D = C_D^{250D-5} \quad (6.5.2.ф.7)$$

где

D – наружный диаметр трубы, м;

C<sub>D</sub> – коэффициент, принимаемый по *таблице 6.5.2.т.3*.

*Значения коэффициентов C<sub>D</sub> Таблица 6.5.2.т.3*

| Шаг труб, b, см | Термическое сопротивление покрытия пола, м <sup>2</sup> 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<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> 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):

$$q_g = 8,92(t_n - t_g)^{1,1}, \quad (6.5.3. \phi.1)$$

где

$q_g$  – удельный тепловой поток по направлению «вверх», Вт/м<sup>2</sup>;

$t_n$  – температура поверхности пола, °С;

$t_g$  – температура воздуха в помещении, °С.

Из этой формулы можно получить следующие зависимости:

-температура поверхности пола:

$$t_n = t_g + \frac{q_g^{0,91}}{7,325} \quad (^\circ\text{C}) \quad (6.5.3. \phi.2)$$

-коэффициент теплоотдачи поверхности пола:

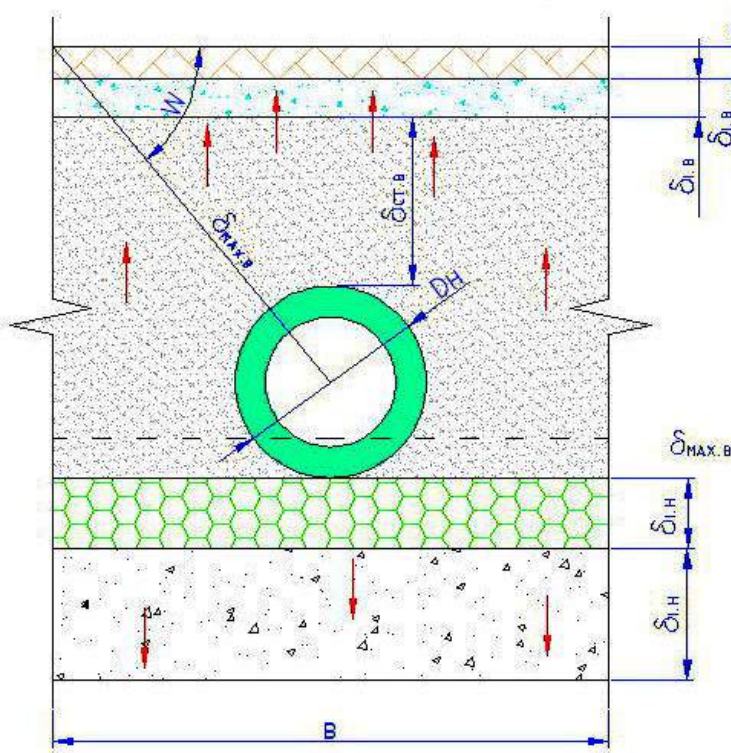
$$\alpha_g = 8,92(t_n - t_g)^{0,1} = 7,325 q_g^{0,09} \quad (\text{Вт/м}^2 \text{К}) \quad (6.5.3. \phi.3)$$

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:

$$R^g = \frac{\delta_{ст.г}}{\lambda_{ст.г}} + \sum \frac{\delta_{i.г}}{\lambda_{i.г}} \quad (\text{м}^2 \text{К/Вт}) \quad (6.5.3. \phi.4)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола над трубой с учетом теплообмена на поверхности:

$$R_n^e = R^e + \frac{1}{\alpha_e} \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}; \quad (6.5.3. \text{ ф.}5)$$

Термическое сопротивление слоев пола под трубой:

$$R^n = \sum \frac{\delta_{i,n}}{\lambda_{i,n}} \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)} \quad (6.5.3. \text{ ф.}6)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола под трубой:

$$R_n^u = R^n + \frac{1}{\alpha_n} \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)} \quad (6.5.3. \text{ ф.}7)$$

Коэффициент теплоотдачи нижней поверхности конструкции (если полы не по грунту) для гладких и малоорбренных потолков ( $h/a \leq 0,3$ ) принимается  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C})$ , для сильноорбренных потолков -  $7,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C})$ . Для полов по грунту приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола под трубой следует считать по формуле:

$$R_n^u = 2,1 + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)} \quad (6.5.3. \text{ ф.}8)$$

Второе слагаемой в этой формуле учитывает толщины и коэффициенты теплопроводности только теплоизоляционных слоев ( $\lambda < 1,2 \text{ Вт/м К}$ ).

Приведенное сопротивление теплопередаче стенок трубы (с учетом коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубы  $\alpha_{вн}$ , принимаемого  $400 \text{ Вт м/К}$ ).

$$R_{mp}^{np} = \frac{1}{\pi \alpha_{вн} D_{вн}} + \frac{LN \frac{D_n}{D_{вн}}}{2\pi \lambda_{cm}} \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)} \quad (6.5.3. \text{ ф.}9)$$

Угол  $W$  вычисляется для возможности определения температуры поверхности пола между трубами:

$$W = \arctg \frac{2 \cdot (\delta_{cm,g} + \sum \delta_{i,g} + \frac{D_n}{2})}{B} \text{ (град)} \quad (6.5.3. \text{ ф.}10)$$

Максимальное термическое сопротивление слоев пола над трубой:

$$R_{max}^e = \frac{\delta_{cm,g}}{\sin W \cdot \lambda_{cm}} + \sum \frac{\delta_{i,g}}{\sin W \cdot \lambda_{i,g}} \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)} \quad (6.5.3. \text{ ф.}11)$$

Число труб в поперечном сечении пола, приходящееся на 1 м.п.

$$n = \frac{1}{b}, \text{ где} \quad (6.5.3. \text{ ф.}12)$$

$b$  – шаг труб (м);

Отношение тепловых потоков «вниз/вверх»:

$$a = \frac{q_n}{q_e} = \frac{(t_{mp} - t_n) \cdot R_n^e}{(t_{mp} - t_e) \cdot R_n^u} \quad (6.5.3. \text{ ф.}13)$$

Из условия, что тепловой поток (верх) должен быть равен погонному тепловому потоку с поверхности труб, приходящихся на 1 м.п. поперечного сечения пола, получим:

$$q_6 = nq_{mp}(1 - a); \text{ (Вт/м}^2\text{)} \quad (6.5.3. \text{ ф.14})$$

Из предыдущей формулы получаем выражение удельного теплового потока через стенку трубы «вверх»:

$$q_{mp} = \frac{q_6}{n(1 - a)} \text{ (Вт/м}^2\text{)} \quad (6.5.3. \text{ ф.15})$$

В то же время тепловой поток через стенку трубы «вверх» равен:

$$q_{mp} = \frac{t_{mn} - t_{mp}}{R_{mp}^{np}} \text{ (Вт/м}^2\text{)} \quad (6.5.3. \text{ ф.16})$$

Приравняв правые части уравнений, получим формулу для определения средней температуры теплоносителя:

$$t_{mn} = t_6 + q_6 R_n^6 + \frac{q_6 R_{mp}^{np}}{n(1 - a)} \text{ (}^\circ\text{C)}. \quad (6.5.3. \text{ ф.17})$$

Далее можно определить максимальную и минимальную температуру поверхности пола:

$$t_{n.\max} = t_{mn} - q_6 \left( R_6^6 + \frac{bR_{mp}^{np}}{(1 - a)} \right) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (6.5.3. \text{ ф.18})$$

$$t_{n.\min} = t_6 + (t_n - t_6) \sin W \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (6.5.3. \text{ ф.19})$$

Для решения обратной задачи (определение удельного теплового потока по заданной средней температуре теплоносителя) методом приближений решается относительно  $q_6$  уравнение:

$$t_{mn} = t_6 + q_6 R_6^6 + 0,1368q_6^{0,91} + \frac{q_6 R_{mp}^{np}}{n \left( 1 - \frac{t_6 - t_n + q_6 R_6^6 + 0,1368q_6^{0,91}}{q_6 R_n^6} \right)} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (6.5.3. \text{ ф.20})$$

Данная методика реализована в программном комплексе *Valtec.prg*.

#### *Особенности расчета при использовании краевых зон*

Если задан требуемый тепловой поток  $q_{mp}$  и имеются ограничения по температуре поверхности пола (в основной зоне  $t_o$ , в краевых зонах  $t_k$ ), то максимально допустимый тепловой поток в основной зоне составит:

$$q_{o.\max} = a_6 (t_o - t_6) \text{ (Вт/м}^2\text{)} \quad (6.5.3. \text{ ф.21})$$

В краевой зоне:

$$q_{k.\max} = a_6 (t_k - t_6) \text{ (Вт/м}^2\text{)} \quad (6.5.3. \text{ ф.22})$$

По этим предельным потокам можно найти требуемый процент площади краевой зоны:

$$c = \frac{q_{mp} - q_{o.\max}}{q_{k.\max} - q_{o.\max}} \cdot 100 \% \quad (6.5.3. \text{ ф.23})$$

Можно решить обратную задачу: по проценту площади краевой зоны найти требуемый поток краевой зоны:

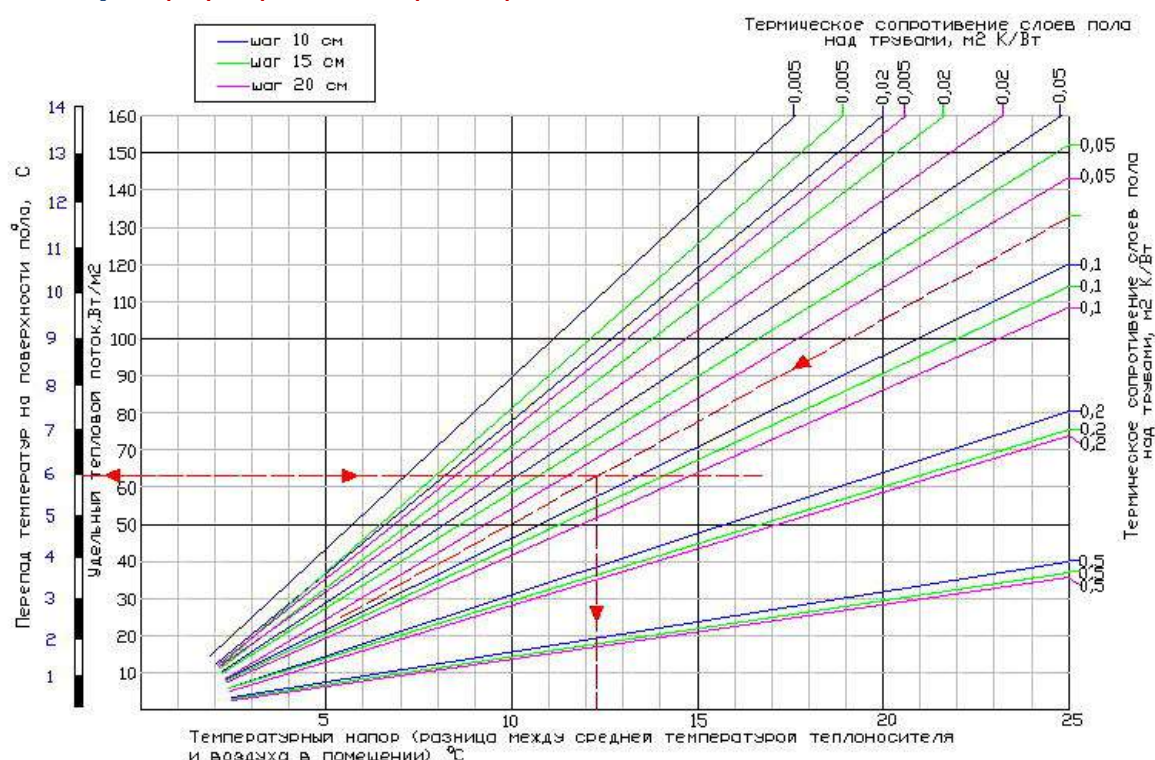
$$q_k = \frac{100(q_{mp} - q_{o,max})}{c} + q_{o,max} \quad (\text{Вт/м}^2). \quad (6.5.3. \text{ ф.24})$$

#### 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 16x2,0, уложенных с шагом 10, 15 и 20 см. График охватывает диапазон термических сопротивлений слоев пола над трубами от 0,005 до 0,5 м<sup>2</sup> К/Вт.

*Рис.6.5.4.р.1* График расчета параметров теплого пола



*Пример графического расчета.*

**Дано:** удельная теплопотребность помещения составляет 62 Вт/м<sup>2</sup>.

**Требуется** определить необходимую среднюю температуру теплоносителя в петлях теплого пола, уложенных с шагом 15 см при термическом сопротивлении слоев пола над трубами 0,075 м<sup>2</sup> К/Вт. Температура воздуха в помещении 20°C.

**Решение:**

1. По шкале удельных тепловых потоков находим точку 62 Вт/м<sup>2</sup>.
2. Проводим горизонталь. Пересечение горизонтали со шкалой «Перепад температур на поверхности пола». Получаем значение перепада в 6°C. Сложив эту величину с известной температурой воздуха в помещении (20°C), получим температуру поверхности пола 20+6=26°C.
3. На любой из вертикалей, пересекающих график, находим середину отрезка, отсекаемого прямыми со значениями термических сопротивлений 0,05 и 0,1 м<sup>2</sup> 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  $12,3^{\circ}\text{C}$ .
5. Прибавив температурный напор к температуре воздуха в помещении, получаем требуемую среднюю температуру теплоносителя в петлях теплого пола  $20+12,3=32,3^{\circ}\text{C}$ .

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

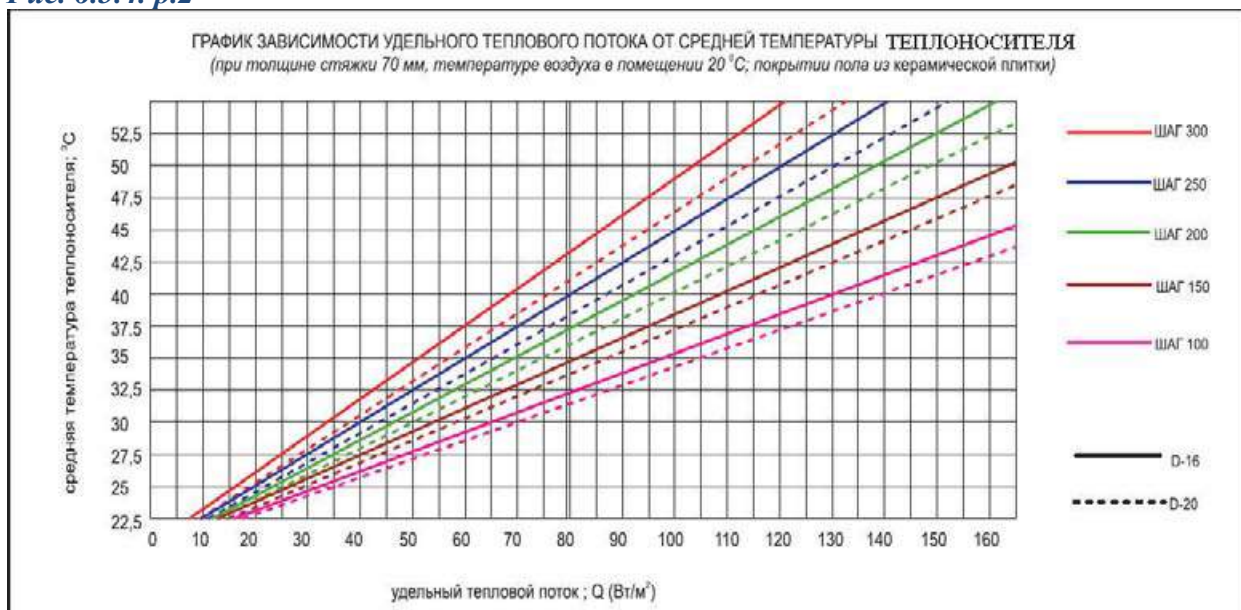


Рис. 6.5.4. р.3

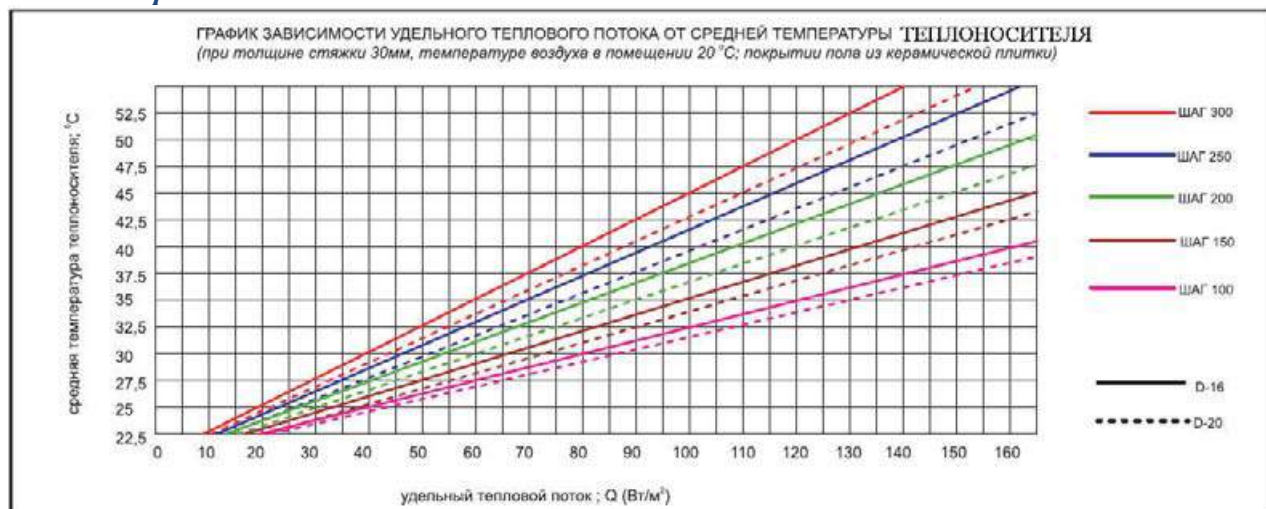


Рис. 6.5.4. р.4

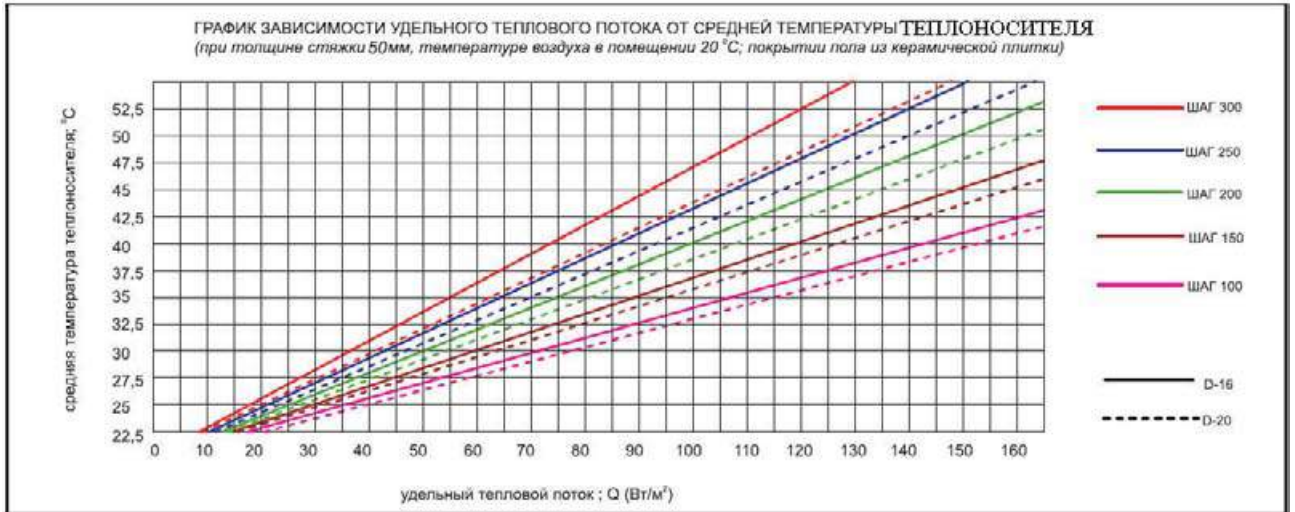


Рис. 6.5.4. р.5

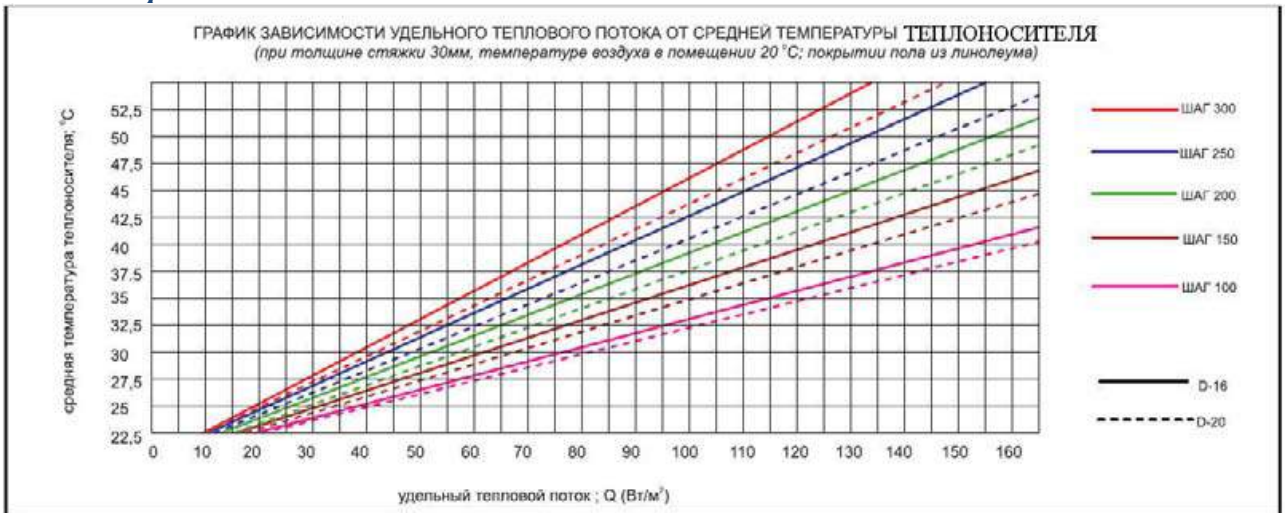


Рис. 6.5.4. р.6

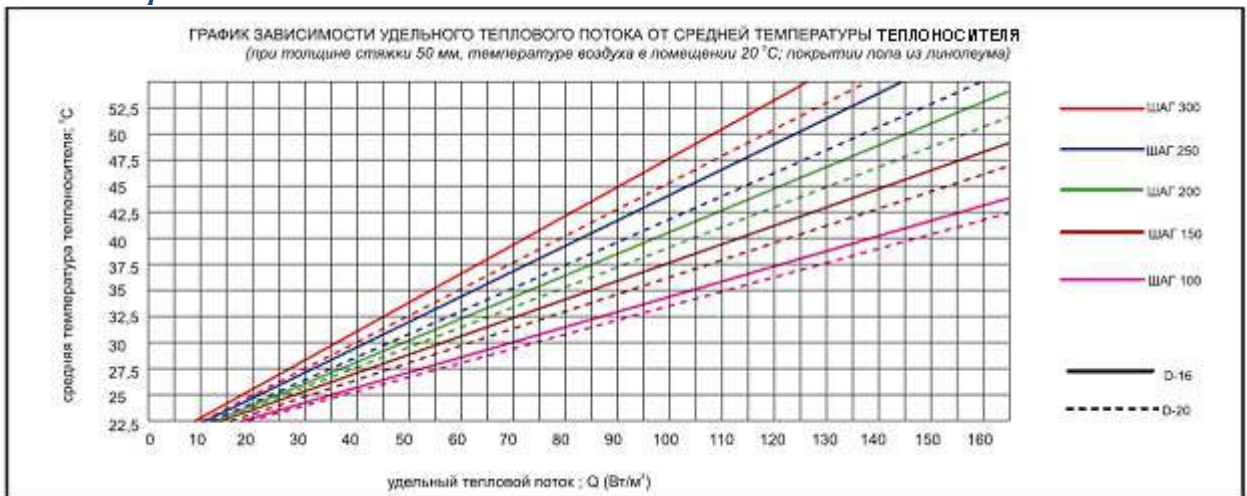
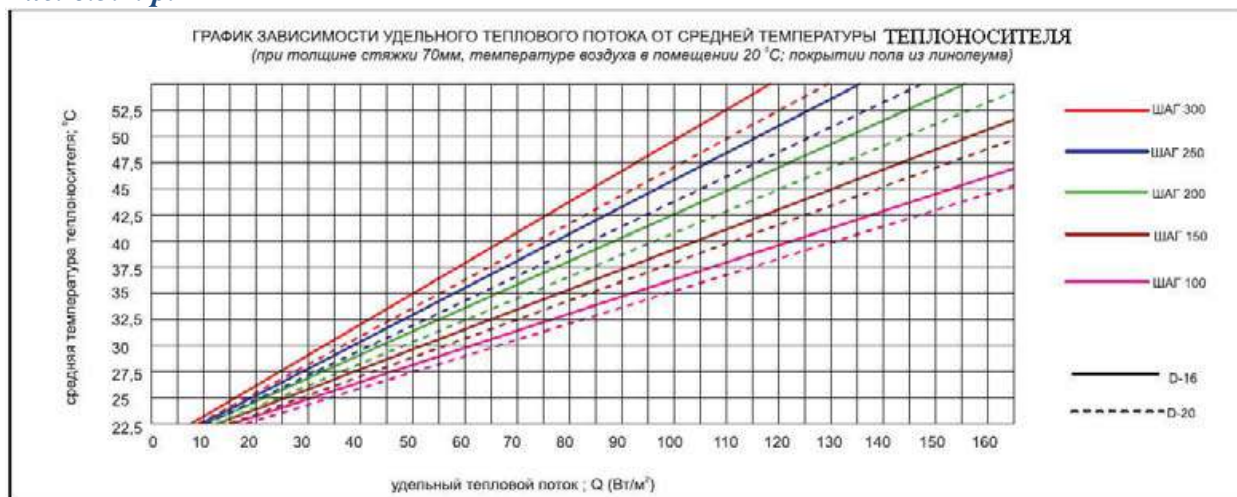




Рис. 6.5.4. р.7



### 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 ( $\lambda=1,00 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ ) толщиной 12 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки  $-0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ . Толщина стяжки – «в» от верха трубы.*

Таблица 6.5.5.т.1

| Средняя T теплоносителя | T воздуха в помещении | Удельный тепловой поток, Вт/м <sup>2</sup> |        |        |                |        |        |                |        |        |                |        |        |
|-------------------------|-----------------------|--|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|                         |                       | 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          | 124,4  | 117    | 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 ( $\lambda=0,07 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ ) толщиной 5 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки  $-0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ . Толщина стяжки – «в» от верха трубы.*

Таблица 6.5.5.м.1

| Средняя T теплоносителя | T воздуха в помещении | Удельный тепловой поток, Вт/м <sup>2</sup> |        |        |                |        |        |                |        |        |                |        |        |
|-------------------------|-----------------------|--|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|                         |                       | шаг труб 10 см                             |        |        | шаг труб 15 см |        |        | шаг труб 20 см |        |        | шаг труб 25 см |        |        |
|                         |                       | ø=30мм                                     | ø=40мм | ø=50мм | ø=30мм         | ø=40мм | ø=50мм | ø=30мм         | ø=40мм | ø=50мм | ø=30мм         | ø=40мм | ø=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   | 54,0           | 52,2   | 49,9   | 52,5           | 50,1   | 47,9   | 50,4           | 40,2   | 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                    | 106,7                                      | 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                    | 156  | 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 ( $\lambda=0,2$  Вт/м °С) толщиной 15 мм по фанере ( $\lambda=0,18$  Вт/м °С) толщиной 12 мм.  
Коэффициент теплопроводности стяжки -0,93 Вт/м °С. Толщина стяжки –«в» от верха трубы.

Таблица 6.5.5.м.3

| Средняя T теплоносителя | T воздуха в помещении | Удельный тепловой поток, Вт/м <sup>2</sup> |        |        |                |        |        |                |        |        |                |        |        |
|-------------------------|-----------------------|--|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|                         |                       | шаг труб 10 см                             |        |        | шаг труб 15 см |        |        | шаг труб 20 см |        |        | шаг труб 25 см |        |        |
|                         |                       | ø=30мм                                     | ø=40мм | ø=50мм | ø=30мм         | ø=40мм | ø=50мм | ø=30мм         | ø=40мм | ø=50мм | ø=30мм         | ø=40мм | ø=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                    | 42,0                                       | 41,3   | 39,0   | 41,4           | 39,9   | 30,5   | 40             | 30,6   | 37,3   | 30,0           | 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   | 32,0   | 31,6   | 32,9           | 31,7   | 30,6   | 31,0           | 30,7   | 29,7   | 30,0           | 29,0   | 20,0   |
| 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                    | 70,9                                       | 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°C.

Площадь помещения.

Определяется по архитектурно-строительным чертежам или по результатам обмеров.

Для нашего примера примем помещение размерами 5м x 4м, площадью  $S=20$  м<sup>2</sup>.

Учитывая, что вдоль внутренних стен, где будет располагаться мебель, нужно оставить краевые участки шириной 300мм, рабочая площадь теплого пола составит  $20 - (5+4+4) \times 0,3 = 16,1$  м<sup>2</sup>.

**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/м<sup>2</sup> ( для зданий с эффективными ограждающими конструкциями и стеклопакетами ) до 250-300Вт/м<sup>2</sup> ( для коттеджей с кирпичными неутепленными стенами и большим количеством проемов).

В рассматриваемом примере теплопотери помещения принимаются  $Q=1288$  В (удельные теплопотери помещения составляют  $q=1288/16,1=80$ Вт/м<sup>2</sup>).

*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

График показывает, что для достижения требуемого теплового потока 80 Вт/м<sup>2</sup> можно использовать несколько вариантов, сведенных в таблицу

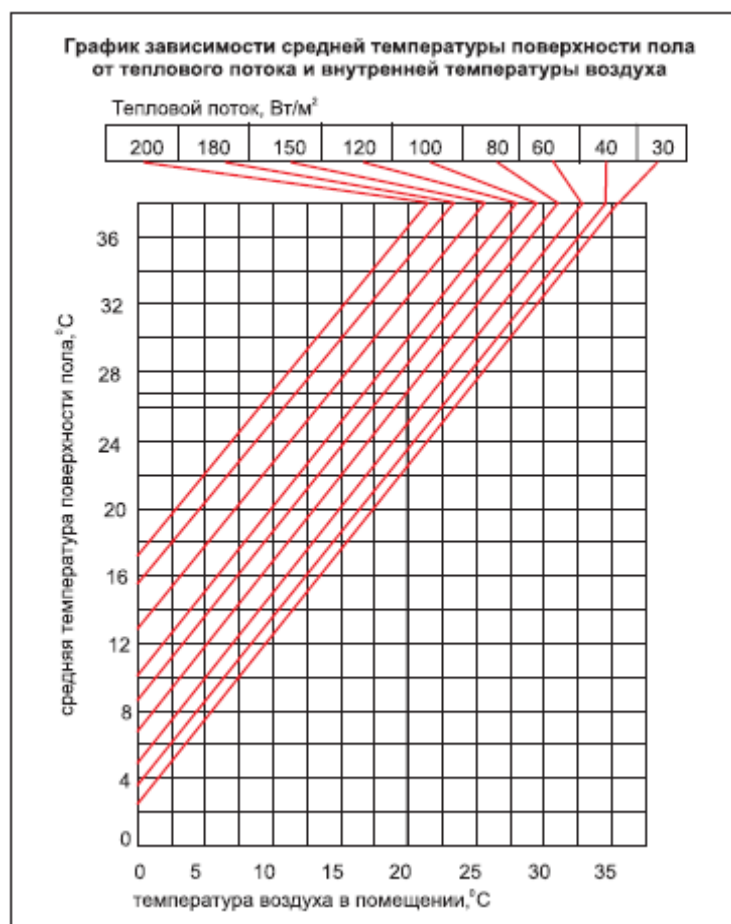
| Шаг, см | Диаметр, мм | Средняя температура теплоносителя °С | Количество трубы на 1 м <sup>2</sup> , м.п. | Количество трубы на 20м <sup>2</sup> , м.п. |
|---------|-------------|--------------------------------------|---|---|
| 10      | 20          | 31,5                                 | 10  | 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°C.

Средняя температура пола не превышает допустимых значений, представленных в таблице

| Предназначение помещения или его части              | Максимальная температура поверхности пола, °C. |
|---|--|
| Жилая зона  | 29   |
| 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 °C за максимальную ( $T_{пол}$ ) и рассчитаем, какую среднюю температуру должен иметь теплоноситель ( $T_{cp}$ ).

### **Определение средней температуры теплоносителя.**

На этом этапе расчета можно пренебречь теплопотерями в стенках трубы и на ее внутренней поверхности (теповосприятие).

Расчет ведем по формуле:

$$T_{cp} = T_{пол} + q \delta_{пл} / \lambda_{пл} + q \delta_{ст} / \lambda_{ст} = 26,9 + 80 \times 0,015 / 1,5 + 80 \times 0,07 / 0,93 = 33,72^\circ\text{C};$$

где:  $q$  – удельный тепловой поток ( 80 Вт/м<sup>2</sup>);

$\delta_{пл}$  – толщина плитки ( 0,015м);

$\lambda_{пл}$  – коэффициент теплопроводности плитки (1,5 Вт/м °К);

$\delta_{ст}$  – толщина стяжки (0,07м);

$\lambda_{ст}$  – коэффициент теплопроводности стяжки ( 0,93 Вт/м °К).

### **Окончательный выбор шага труб.**

Возвращаясь к графику, становится ясно, что из условия не превышения 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 200 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 $\Delta t$ .**

Оптимальный перепад температур для теплых полов составляет  $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ . При этом перепаде прогрев пола идет наиболее равномерно. Допускается перепад до  $10^\circ\text{C}$ , но в этом случае босая ступня человека может ощущать неравномерность нагрева пола.

В нашем примере задаемся  $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ .

### **Определение температуры теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе.**

Температура теплоносителя в прямом трубопроводе:  $T_1 = T_{cp} + \Delta t/2 = 33,72 + 5/2 = 36,2^\circ\text{C}$ .

Температура в обратном трубопроводе:  $T_2 = T_{cp} - \Delta t/2 = 33,72 - 5/2 = 31,2^\circ\text{C}$ .

### **Определение расхода теплоносителя в петле.**

Расход теплоносителя в петле ( $G$ ) рассчитывается для подбора окончательного диаметра труб и вычисления гидравлических потерь.

$$G = Q_1 / (4187 \times \Delta t) = 644 / (4187 \times 5) = 0,031 \text{ кг/с.}$$

### **Определение скорости движения теплоносителя**

Максимальная скорость движения теплоносителя в трубах теплого пола должна лежать в пределах от 0,15 до 1 м/с.

Определим скорости воды в трубах диаметрами 16мм и 20мм

( внутренние диаметры соответственно  $D_{вн}$  -12мм и 16мм):

$$V_{16} = 1,274 \times G / (D_{вн}^2 \times \rho) = 1,274 \times 0,031 / (0,012^2 \times 1000) = 0,274 \text{ м/с};$$

$$V_{20} = 1,274 \times 0,031 / (0,016^2 \times 1000) = 0,154 \text{ м/с.}$$

Обе трубы удовлетворяют допустимым интервалам скоростей. Принимаем трубу с наружным диаметром 16 мм, как более дешевую. На практике, порой выгоднее принимать большее значение диаметра, чтобы снизить гидравлические потери в системе.

### **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  $124 \times 96 = 11904$  Па.

Сумму коэффициентов местных сопротивлений Z определяем как произведение количества отводов («калач» считается за два отвода) на 0,5 (КМС отвода). Для нашего примера  $Z = 52 \times 0,5 = 26$ . (Потери в присоединительных фитингах условно не учитываются).

Потери на местные сопротивления определяются по формуле:

$$\Delta P = \rho \times Z \times V_{16}^2 / 2 = 1000 \times 26 \times 0,274^2 / 2 = 976 \text{ Па.}$$

Суммируя линейные и местные потери получаем полное гидравлическое сопротивление петли:  $11904 + 976 = 12880$  Па.

**ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ОДНОЙ ПЕТЛЕ, КАК ПРАВИЛО, НЕ ДОЛЖНЫ ПРЕВЫШАТЬ 20 000 Па.**

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**.

## **6.6. Определение теплотерь помещений**

Для расчета систем отопления необходимо определить теплотребность для каждого помещения, которая складывается из следующих факторов:

- теплотери 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  $N = 3$  м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> помещения в час, данный вид потерь можно рассчитать по формуле:

$$Q_{инф} = 0,00028 N \rho c (t_e - t_n) S, \text{ (Вт)} \quad (6.6.ф.1)$$

Где:

$\rho$  - плотность воздуха, 1,29 кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – теплоемкость воздуха, 1000 Дж/кг;

$t_{в}$  - температура воздуха в помещении;

$t_{н}$  – расчетная температура наружного воздуха;

$S$  – площадь помещения;

В среднем, затраты тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха для жилых помещений составляют 50 Вт/м<sup>2</sup>. 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 учитываются, так как они носят временный характер и компенсируются термостатическими устройствами нагревательных приборов.

Теплопотери через ограждающие конструкции рассчитываются по формуле:

$$Q = A(t_{в} - t_{н})(1 + \sum \beta)nK \quad (\text{Вт}), \quad (6.6.ф.2)$$

Где:

$A$  – площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$\beta$  – коэффициенты добавочных теплопотерь, определяемые по *таблице 6.6.т.1*.

**Коэффициенты добавочных теплопотерь  $\beta$**

*Таблица 6.6.т.1*

| <i>№</i> | <i>Ограждающие конструкции</i>  | <i>Коэффициент <math>\beta</math></i> |
|----------|---|---------------------------------------|
| 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*

| <i>№</i> | <i>Ограждающая конструкция</i>   | <i>Коэффициент <math>n</math></i> |
|----------|--|-----------------------------------|
| 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 строительной-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 строительной-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                               |

$K$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, определяемый по формуле:

$$K = \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum R + \frac{1}{\alpha_e} \right)^{-1} \quad , (\text{Вт/м}^2 \text{ К}), \quad (6.6.ф.3)$$

где

$\alpha_n, \alpha_e$  -коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности и тепловосприятия внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемые по *таблице 6.6.т.3.*

*Коэффициенты  $\alpha_n, \alpha_e$*

*Таблица 6.6.т.3*

| <i>№</i> | <i>Конструкция</i>  | $\alpha_n, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ | $\alpha_e, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ |
|----------|---|--|--|
| 1        | Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне  | 23   |  |
| 2        | Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-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 $\alpha$ между гранями соседних ребер $\frac{h}{\alpha} \leq 0,3$                        |  | 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;

$$R = \delta / \lambda, \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}, \quad (6.6.ф.4)$$

где:

$\delta$  – толщина конструкции или слоя, м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м К, принимаемый *по таблице 6.6.т.4.*

### Коэффициенты теплопроводности материалов

*Таблица 6.6.т.4*

| №  | Наименование материала, конструкции     | Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ 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/м <sup>3</sup> | 0,47   |
| 6  | Газо- и пенобетон 800кг/м <sup>3</sup>  | 0,37   |
| 7  | Газо- и пенобетон 600кг/м <sup>3</sup>  | 0,26   |
| 8  | Газо- и пенобетон 400кг/м <sup>3</sup>  | 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/м <sup>3</sup>    | 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<br>$R_o, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ |                          |
|---|---|--------------------------|
|   | в деревянных или ПВХ переплетах   | в алюминиевых переплетах |
| 1. Двойное остекление в спаренных переплетах                                    | 0,4   | -                        |
| 2. Двойное остекление в отдельных 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 отдельных 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 отдельных 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 отдельных переплетах                        | 0,74  | -                        |
| 14. Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах                       | 0,80  | -                        |

\* в стальных переплетах.

Для ориентировочных расчетов, теплотери через ограждающие конструкции можно определять по *таблице 6.6.т.6.*

### Усредненные удельные теплотери через ограждающие конструкции

*Таблица 6.6.т.6*

| Конструкция наружных стен   | Коэф. Теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> К | Удельные теплотери через ограждающие конструкции, Вт/м <sup>2</sup> площади пола |                             |                              |                                  |
|---|--|--|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
|   |  | Рядовое помещение  | Добавлять для первого этажа | Добавлять для верхнего этажа | Добавлять для углового помещения |
| <b>1. КИРПИЧНЫЕ СТЕНЫ</b>   |  |  |                             |                              |                                  |
| 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                               |
| <b>2. СТЕНЫ ИЗ БРУСА</b>  |  |  |                             |                              |                                  |
| 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, изнутри – минвата 50мм с вагонкой              | 0,502                                    | 57   | 29                          | 18                           | 19                               |
| Брус 200 мм, снаружи – вагонка,   | 0,441                                    | 55   | 29                          | 18                           | 16                               |

|   |       |    |    |    |    |
|---|-------|----|----|----|----|
| изнутри –минвата 50мм с вагонкой                                |       |    |    |    |    |
| 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  $T_v=20^{\circ}\text{C}$ ,  $T_n= - 26^{\circ}\text{C}$ . Для других температур табличные данные умножить на коэффициент  $K1= (T_v-T_n)/46$ .*

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

| Наименование вещества      | Концентрация раствора | Химическая формула  | Температура |      |
|----------------------------|-----------------------|---|-------------|------|
|                            |                       |   | 20°C        | 60°C |
| Адипиновая кислота         | Н                     | HOOC -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH                       | ○           | ○    |
| Азотная кислота            | 25%                   | HNO <sub>3</sub>  | ○           | ○    |
| Азотная кислота            | 50%                   | HNO <sub>3</sub>  | -           | -    |
| Акролеин                   |                       | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O                                   |             |      |
| Алифатические углеводороды |                       |   | ○           | ○    |
| Аллиловый спирт            | 96%                   | H <sub>2</sub> C=CH-CH <sub>2</sub> -OH                           | ○           | -    |
| Амилацетат                 | 100%                  | CH <sub>3</sub> COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>                | ○           | -    |
| Аминобензол                | 100%                  | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>                     | ○           | ○    |
| Аммиак                     | Г 100%                | NH <sub>3</sub>   | ○           | ○    |
| Аммиак                     | 100%                  | NH <sub>3</sub>   | ○           | ○    |
| Ананасовый сок             |                       |   | ○           | ○    |
| Анилин                     | 100%                  | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>                     | ○           | ○    |
| Арсиновая кислота          | Н                     | H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>                                   | ○           | ○    |
| Ацетат свинца              | Н                     | Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O           | ○           | -    |
| Ацетальдегид               |                       | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O                                   | ○           | -    |
| Ацетат серебра             | Н                     | AgCH <sub>3</sub> COO   | ○           | ○    |
| Ацетон                     | 100%                  | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O                                   | -           | -    |
| Ацетонитрил                |                       | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N                                   |             |      |
| Бензальдегид               | 100%                  | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHO                                 | ○           | -    |
| Бензойная кислота          | Н                     | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH                                | ○           | ○    |
| Бензол                     | 100%                  | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                                     | -           | -    |
| Бензин                     |                       |   | ○           | -    |
| Бензоат натрия             | Н                     | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COONa                               | ○           | ○    |
| Бертолетова соль           | Н                     | KClO <sub>3</sub> .   | ○           | ○    |
| Бикарбонат калия           | Н                     | KHCO <sub>3</sub>   | ○           | ○    |
| Бикарбонат натрия          | Н                     | NaHCO <sub>3</sub>  | ○           | ○    |
| Бисульфат калия            | Н                     | KHSO <sub>4</sub>   | ○           | ○    |
| Бисульфит натрия           | Р                     | NaHSO <sub>3</sub>  | ○           | ○    |
| Бихромат калия             | Н                     | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                     | ○           | ○    |
| Борная кислота             | Н                     | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                                    | -           | -    |
| Бром -газ                  | 100%                  | Br <sub>2</sub>   | -           | -    |
| Бром -жидкость             | 100%                  | Br  | -           | -    |
| Бромат калия               | Н                     | KBrO <sub>3</sub>   | ○           | ○    |
| Бромид калия               | Н                     | KBr   | ○           | ○    |
| Бромид натрия              | Н                     | NaBr  | ○           | ○    |
| Бромистоводородная кислота | 100%                  | HBr   | ○           | ○    |
| Бромистый этил             | 100%                  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Br                                  | ○           | -    |
| Бура                       | Н                     | Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O | ○           | ○    |
| Бутадиен-1,3               |                       | C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>                                     |             |      |

|                           |      |   |   |   |
|---------------------------|------|---|---|---|
| Бутан -газ                | 100% | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>                                | ○ | ○ |
| Бутанол                   | 100% | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH            | ○ | ○ |
| 2-Бутанон                 | 100% | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O                               | ○ | - |
| Бутиловый спирт           | 100% | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH            | ○ | ○ |
| Бутилен                   | 100% | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>              | - | - |
| Вино                      |      |   | ○ | ○ |
| Вода                      | 100% | H <sub>2</sub> O  | ○ | ○ |
| Водород                   | 100% | H <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Гептан                    | 100% | C <sub>7</sub> H <sub>17</sub>                                | ○ | - |
| Гидроокись калия          | Н    | КОН   | ○ | ○ |
| Гидроокись натрия         | 40%  | NaOH  | ○ | ○ |
| Гидроокись натрия         | Н    | NaOH  | ○ | - |
| Гидроксиуксусная кислота  | Н    | HOCH <sub>2</sub> COOH  | ○ | ○ |
| Гидрохинон                | Н    | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub>               | ○ | ○ |
| Гипохлорит натрия         | 15%  | NaClO   | ○ | - |
| Глауберова соль           | Н    | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                               | ○ | ○ |
| Гликолевая кислота        | Н    | HOCH <sub>2</sub> COOH  | ○ | ○ |
| Глицерин                  | 100% | HOCH <sub>2</sub> CH(OH)CH <sub>2</sub> OH                    | ○ | ○ |
| Глюкоза                   | Н    | C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>                 | ○ | ○ |
| Двуокись углерода         | 100% | CO <sub>2</sub>   | ○ | ○ |
| Декагидронафталин         | 100% | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>                               | - | - |
| Декалин                   | 100% | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>                               | - | - |
| Декстрин                  | Р    | (C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub> | ○ | ○ |
| Диизобутилкетон           |      | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O                              |   |   |
| Диизопропиловый эфир      |      | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O                              |   |   |
| Диметиламин               |      | C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N                               |   |   |
| Диметилсульфат            |      | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> S                |   |   |
| Диметилформамид           |      | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO                              |   |   |
| Диоксан                   | 100% | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>                  | ○ | ○ |
| Дисульфид углерода        | 100% | CS <sub>2</sub>   | - | - |
| Дихлорметан               | 100% | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                               | - | - |
| Дихлорэтан                |      | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl                              |   |   |
| Дихлорэтилен              | 100% |   | - | - |
| Диэтилкетон               |      | C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O                              |   |   |
| Диэтиловый эфир           |      | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O                              |   |   |
| Дрожжи                    | ПР   |   | ○ | - |
| Едкое кали                | Н    | КОН   | ○ | ○ |
| Железистосинеродный калий | Н    | K <sub>3</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                         | ○ | ○ |
| Железосинеродистый калий  | Н    | K <sub>4</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                         | ○ | ○ |
| Желтая кровяная соль      | Н    | K <sub>4</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                         | ○ | ○ |
| Изоамилацетат             |      | C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>                 |   |   |
| Изопропиловый спирт       |      | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O                               |   |   |
| Каломель                  | Н    | Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                               | ○ | ○ |
| Камфора                   |      | C-(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> O                           | - | - |
| Карбонат бария            | Н    | BaCO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Карбонат калия            | Н    | K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                                | ○ | ○ |
| Карбонат кальция          | Н    | CaCO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |

|                         |      |   |   |   |
|-------------------------|------|---|---|---|
| Карбонат магния         | Н    | MgCO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Карбонат натрия         | Н    | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Карбонат цинка          | Н    | ZnCO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Касторовое масло        |      |   | - | - |
| Керосин                 | 100% |   | - | - |
| Кетен                   |      | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O   |   |   |
| Кислород                | 100% | O <sub>2</sub>  | ○ | - |
| Красная кровяная соль   | Н    | K <sub>3</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                                   | ○ | ○ |
| Крезоловая кислота      | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH)CH <sub>3</sub>                       | - | - |
| Ксилен                  | 100% |   | - | - |
| Ксилол                  | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>           | - | - |
| Лимонная кислота        | Н    | HOCC(OH)(CH <sub>2</sub> COOH) <sub>2</sub>                             | ○ | ○ |
| Ляпис                   | Н    | AgNO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Малеиновая кислота      | Н    | HOCHC=CHCOOH  | ○ | ○ |
| Масла и жиры            |      |   | ○ | - |
| Масляная кислота        | 100% |   | ○ | - |
| Медный купорос          | Н    | CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O                                    | ○ | ○ |
| Меласса                 | ПР   |   | ○ | ○ |
| Метанол                 | 100% | CH <sub>3</sub> OH  | ○ | - |
| Метилакрилат            |      | C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>                            |   |   |
| Метилметакрилат         |      | C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>                            |   |   |
| Метил бромистый         |      | CH <sub>3</sub> Br  |   |   |
| Метилобензойная кислота | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>                           | - | - |
| Метиловый спирт         | 100% | CH <sub>3</sub> OH  | ○ | - |
| Метилформиат            |      | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>                            |   |   |
| Метилциклогексан        |      | C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>  |   |   |
| Метилэтилкетон          | 100% | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O   | ○ | - |
| Минеральные масла       |      |   | ○ | - |
| Молоко                  |      |   | ○ | ○ |
| Молочная кислота        | 100% | CH <sub>3</sub> CH(OH)COOH  | ○ | ○ |
| Монохлорбензол          | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl  | - | - |
| Моча                    | 100% |   | ○ | ○ |
| Мочевина                | Р    | CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>                                       | ○ | ○ |
| Муравьиная кислота      | 100% | CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Мышьяковая кислота      | Н    | H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>   | ○ | ○ |
| Нашатырный спирт        | 100% | NH <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Никотиновая кислота     | 20%  |   | ○ | - |
| Нитрат аммония          | Н    | (NH <sub>4</sub> )NO <sub>3</sub>                                       | ○ | ○ |
| Нитрат железа           | Р    | Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ; Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ; | ○ | ○ |
| Нитрат калия            | Н    | KNO <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Нитрат кальция          | Н    | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                       | ○ | ○ |
| Нитрат магния           | Н    | Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                       | ○ | ○ |
| Нитрат меди             | Н    | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                       | ○ | ○ |
| Нитрат натрия           | Н    | NaNO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Нитрат никеля           | Н    | Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O                    | ○ | ○ |
| Нитрат ртути            | Р    | Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                       | ○ | ○ |
| Нитрат серебра          | Н    | AgNO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Нитробензол             | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>                           | ○ | - |
| Озон                    | 100% | O <sub>3</sub>  | - | - |

|                               |      |  |   |   |
|-------------------------------|------|--|---|---|
| Оксид углерода                | 100% | CO   | ○ | ○ |
| Оксид цинка                   | Н    | ZnO  | ○ | ○ |
| Ортофосфат калия              | Н    | K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                   | ○ | ○ |
| Ортофосфат натрия             | Н    | Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                  |   |   |
| Ортофосфорная кислота         | 50%  | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                   | ○ | ○ |
| Ортофосфорная кислота         | 95%  | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                   | ○ | - |
| Пентанол                      | 96%  | C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH                                | ○ | - |
| Пергидронафталин              | 100% | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>                                  | - | - |
| Перокись водорода             | 30%  | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                                    | ○ | ○ |
| Перокись водорода             | 60%  | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                                    | ○ | - |
| Перманганат калия             | 20%  | KMnO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Персульфат калия              | Н    | K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>                     | ○ | ○ |
| Перхлорат калия               | Н    | KClO <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Пиво                          |      |  | ○ | ○ |
| Пикриновая кислота            | Н    | C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH | ○ | - |
| Пиридин                       | 100% | C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N                                  | ○ | - |
| Пропиленгликоль               | 100% | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>                     | ○ | ○ |
| Пропиловый спирт              |      | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O                                  |   |   |
| Пропионовая кислота           | 100% | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH                               | ○ | ○ |
| Ртуть                         | 100% | Hg   | ○ | ○ |
| Салициловая кислота           | Н    | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OOCCH <sub>3</sub> )COOH          | ○ | ○ |
| Селитра аммиачная             | Н    | (NH <sub>4</sub> )NO <sub>3</sub>                                | ○ | ○ |
| Селитра калиевая              | Н    | KNO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Селитра кальциевая            | Н    | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                | ○ | ○ |
| Селитра натриевая             | Н    | NaNO <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Селитра чилийская             | Н    | NaNO <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Серная кислота                | 50%  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | ○ | ○ |
| Серная кислота                | 98%  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | ○ | - |
| Серная кислота<br>(дымящаяся) | >98% | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | - | - |
| Сернистая кислота             | 30%  | H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                                   | ○ | ○ |
| Сернистый ангидрид            | 100% | SO <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Серный ангидрид               | 10%  | SO <sub>3</sub>  | - | - |
| Сероводород                   |      | H <sub>2</sub> S   |   |   |
| Сероуглерод                   | 100% | CS   | - | - |
| Синильная кислота             | 10%  | HCN  | ○ | ○ |
| Скипидар                      |      |  | ○ | - |
| Сода каустическая             | 40%  | NaOH   | ○ | ○ |
| Сода пищевая                  | Н    | NaHCO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Соляная кислота               | 80%  | HCl  | ○ | ○ |
| Стеариновая кислота           | 100% | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH            | ○ | - |
| Стирол                        |      | C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>                                    |   |   |
| Сульфат алюминия              | Н    | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>                  | ○ | ○ |
| Сульфат бария                 | Н    | BaSO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Сульфат аммония               | Н    | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | ○ | ○ |
| Сульфат железа 2              | Н    | FeSO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Сульфат железа 3              | Н    | Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>                  | ○ | ○ |
| Сульфат калия                 | Н    | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | ○ | ○ |
| Сульфат кальция               | Н    | CaSO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Сульфат меди 2                | Н    | CuSO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |



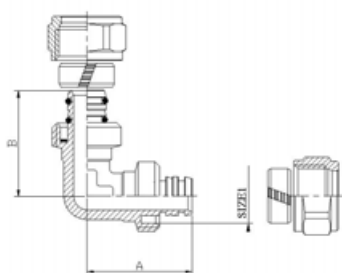
|                               |      |  |   |   |
|-------------------------------|------|--|---|---|
| Сульфат натрия                | Н    | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                  | ○ | ○ |
| Сульфат никеля                | Н    | NiSO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Сульфат цинка                 | Н    | ZnSO <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Сульфид аммония               | Р    | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S                                | ○ | ○ |
| Сульфид калия                 | Р    | K <sub>2</sub> S   | ○ | ○ |
| Сульфид кальция               | Н    | CaS  | ○ | ○ |
| Сульфид натрия                | Н    | Na <sub>2</sub> S  | ○ | ○ |
| Сульфид углерода              | 100% | CS   | ○ | ○ |
| Терпентинное масло (скипидар) |      |  | ○ | - |
| Тetraгидрофуран               |      | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O                                  |   |   |
| Тионилхлорид                  | 100% | SOCl <sub>2</sub>  | - | - |
| Толуол                        | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>                    | - | - |
| Треххлористый фосфор          | 100% | PCl <sub>3</sub>   | ○ | - |
| Тринитрофенон                 | Н    | C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH | ○ | - |
| Трихлорэтилен                 | 100% | CCl <sub>2</sub> =CHCl   | - | - |
| Триэтиламин                   | Р    | (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N                  | ○ | - |
| Угарный газ                   | 100% | CO   | ○ | ○ |
| Угольный ангидрид             | 100% | CO <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Уксус пищевой                 |      |  | ○ | ○ |
| Уксусная кислота (ледяная)    | 96%  | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>                     | ○ | - |
| Уксуснокислый свинец          | Н    | Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O          | ○ | - |
| Уксусный альдегид             | 100% | CH <sub>3</sub> CHO  | ○ | - |
| Фениламин                     | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>                    | ○ | ○ |
| Фенол                         | Н    | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O                                  | - | - |
| Феррицианид калия             | Н    | K <sub>4</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                            | ○ | ○ |
| Феррицианид натрия            | Н    | Na <sub>4</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                           | ○ | ○ |
| Ферроцианид калия             | Н    | K <sub>3</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                            | ○ | ○ |
| Ферроцианид натрия            | Н    | Na <sub>3</sub> [Fe(CH) <sub>6</sub> ]                           | ○ | ○ |
| Формальдегид                  | 40%  | CH <sub>2</sub> O  | ○ | ○ |
| Фосген                        |      | COCl <sub>2</sub>  |   |   |
| Фосфин                        |      | PH <sub>3</sub>  |   |   |
| Фосфорная кислота             | 95%  | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                   | ○ | - |
| Фотопроявители                | ПР   |  | ○ | ○ |
| Фтор                          | 100% | F <sub>2</sub>   | - | - |
| Фтористоводородная кислота    | 40%  | HF   | ○ | ○ |
| Фтористоводородная кислота    | 60%  | HF   | ○ | - |
| Фтористоводородная кислота    | 100% | HF   | ○ | - |
| Фтористый натрий              | Н    | NaF  | ○ | ○ |
| Фтористый алюминий            | Н    | AlF <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Фтористый аммоний             | Н    | NH <sub>4</sub> F  | ○ | ○ |
| Фтористый водород             | 40%  | HF   | ○ | ○ |
| Фтористый калий               | Н    | KF   | ○ | ○ |
| Фурфуриловый спирт            | 100% | C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>                     | ○ | - |
| Фурфурол                      |      | C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O                                  |   |   |
| Хлор (водный раствор)         | Н    | Cl   | - | - |
| Хлор –газ-сухой               | 100% | Cl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлорат калия                  | Н    | KClO <sub>3</sub>  | ○ | ○ |

|                           |      |  |   |   |
|---------------------------|------|--|---|---|
| Хлорат кальция            | Н    | CaClO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Хлорат натрия             | Н    | NaClO <sub>3</sub>   | ○ | ○ |
| Хлорид тионила            | 100% | SOCl <sub>2</sub>  | - | - |
| Хлористая медь            | Н    | Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                              | ○ | ○ |
| Хлористая ртуть           | Н    | Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                              | ○ | ○ |
| Хлористая сурьма 3        | 90%  | SbCl <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористое железо 2        | Н    | FeCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористое железо 3        | Н    | FeCl <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористое олово 2         | Н    | SnCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористое олово 4         | Н    | SnCl <sub>4</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористый алюминий        | Н    | AlCl <sub>3</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористый аммоний         | Н    | NH <sub>4</sub> Cl   | ○ | ○ |
| Хлористый барий           | Н    | BaCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористый винил           |      | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl                             |   |   |
| Хлористый калий           | Н    | KCl  | ○ | ○ |
| Хлористый кальций         | Н    | CaCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористый магний          | Н    | MgCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористый метил           | 100% | CH <sub>3</sub> Cl   | - | - |
| Хлористый метилен         | 100% | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                              | - | - |
| Хлористый натрий          | Н    | NaCl   | ○ | ○ |
| Хлористый никель          | Н    | NiCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлористый цинк            | Н    | ZnCl <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Хлороводородная кислота   | 80%  | HCl  | ○ | ○ |
| Хлоропрен                 | 100% | CH <sub>2</sub> =CH CCl=CH <sub>2</sub>                      | - | - |
| Хлороформ                 | 100% | CHCl <sub>3</sub>  | - | - |
| Хлорсульфоновая кислота   | 100% | HO <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> Cl                           | - | - |
| Хлортоифторэтилен         |      | C <sub>2</sub> ClF <sub>3</sub>                              |   |   |
| Хромат калия              | Н    | K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>                              | ○ | ○ |
| Хромовая кислота          | 50%  | H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>                              | ○ | - |
| Царская водка             | 30%  | HNO <sub>3</sub> (1 объем) и соляной HCl (3 объема)          | - | - |
| Цианистая ртуть           | Н    | Hg(CN) <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Цианистое серебро         | Н    | Ag(CN) <sub>2</sub>  | ○ | ○ |
| Цианистый калий           | Р    | KCN  | ○ | ○ |
| Цианистый натрий          | Н    | NaCN   | ○ | ○ |
| Циклогексанон             | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O                             | - | - |
| Циклотексанол             | 100% | C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> OH                            | - | - |
| Четыреххлористый углерод  | 100% | CCl <sub>4</sub>   | ○ | ○ |
| Этанолиол (этиленгликоль) | 100% | HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH                         | ○ | ○ |
| Этанол                    | 40%  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                             | ○ | - |
| Этилацетат                | 100% | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>                 | ○ | - |
| Этилбензол                |      | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>                               |   |   |
| Этилен                    |      | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>                                |   |   |
| Этиленгликоль             | 100% | HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH                         | ○ | ○ |
| Этиленхлорид              |      | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>                |   |   |
| Этиловый спирт            | 40%  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                             | ○ | - |
| Этиловый эфир             | 100% | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | - | - |

○ труба пригодна для использования  
- труба не пригодна для использования

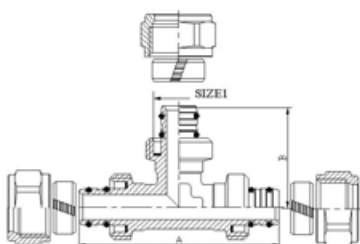
## Приложение 2.

### Номенклатура и габаритные размеры обжимных фитингов



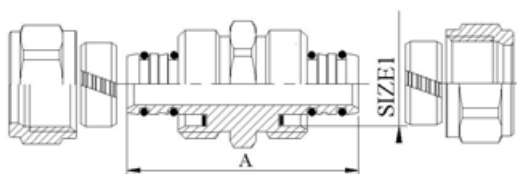
**VTm.351** Угольник 90°

| SIZE | A    | B    |
|------|------|------|
| 16   | 32   | 36   |
| 20   | 38,5 | 38,5 |
| 26   | 44   | 44   |
| 32   | 52,5 | 52,5 |



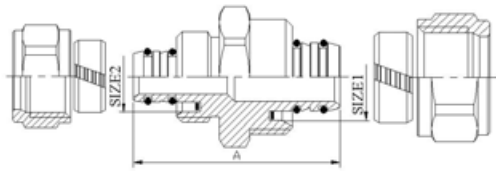
**VTm.331** Тройник

| SIZE | A   | B    |
|------|-----|------|
| 16   | 65  | 32   |
| 20   | 77  | 38,5 |
| 26   | 88  | 44   |
| 32   | 105 | 52,5 |



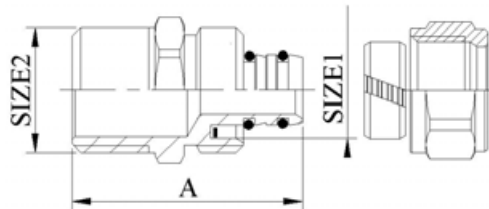
**VTm.303** Соединитель

| SIZE | A    |
|------|------|
| 16   | 45   |
| 20   | 49,7 |
| 26   | 64,5 |
| 32   | 64,6 |



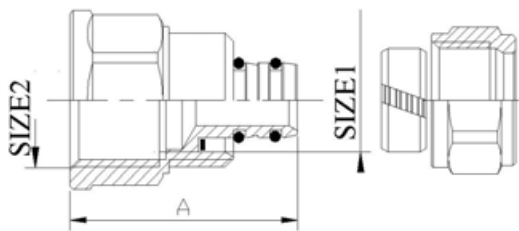
**VTm.303** Соединитель переходной

| SIZE 1 | SIZE 2 | A    |
|--------|--------|------|
| 20     | 16     | 48   |
| 26     | 16     | 54   |
| 26     | 20     | 55   |
| 32     | 20     | 59,5 |
| 32     | 26     | 62,5 |



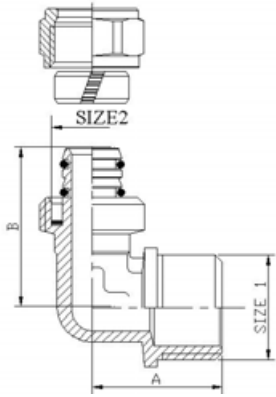
**VTm.301** Соединитель с переходом на наружную резьбу

| SIZE 1 | SIZE 2 | A    |
|--------|--------|------|
| 16     | 1/2"   | 38,2 |
| 16     | 3/4"   | 39   |
| 20     | 1/2"   | 40   |
| 20     | 3/4"   | 42   |
| 26     | 3/4"   | 48   |
| 26     | 1"     | 50,5 |
| 32     | 1"     | 55   |



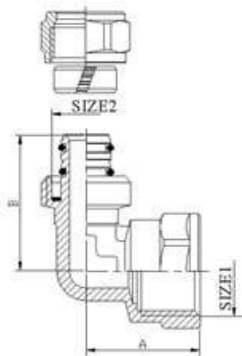
**VTm. 302** Соединитель с переходом на внутреннюю резьбу

| SIZE 1 | SIZE 2 | A    |
|--------|--------|------|
| 16     | 1/2"   | 35   |
| 16     | 3/4"   | 38,5 |
| 20     | 1/2"   | 40   |
| 20     | 3/4"   | 42   |
| 26     | 3/4"   | 45   |
| 26     | 1"     | 49   |
| 32     | 1"     | 51,5 |



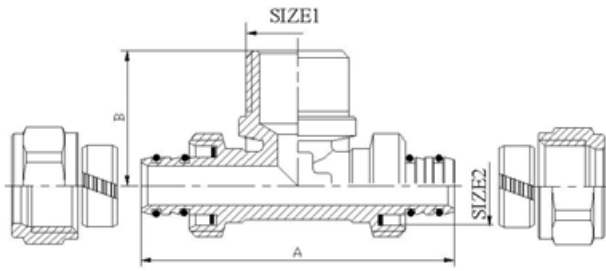
**VTm.353** Угольник с переходом на наружную резьбу

| SIZE 1 | SIZE 2 | A    | B    |
|--------|--------|------|------|
| 1/2"   | 16     | 26,5 | 32   |
| 3/4"   | 16     | 32   | 35   |
| 1/2"   | 20     | 38,5 | 28,5 |
| 3/4"   | 20     | 38,5 | 32   |
| 3/4"   | 26     | 45,5 | 35   |
| 1"     | 26     | 44   | 39   |
| 1"     | 32     | 53,5 | 43   |



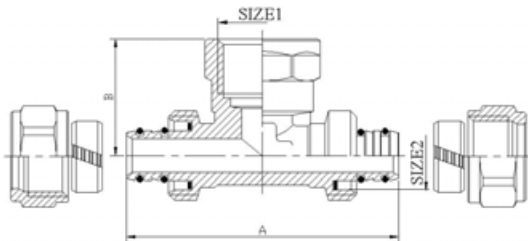
**VTm.352** Угольник с переходом на внутреннюю резьбу

| SIZE 1 | SIZE 2 | A    | B    |
|--------|--------|------|------|
| 1/2"   | 16     | 26,5 | 32   |
| 3/4"   | 16     | 32   | 35   |
| 1/2"   | 20     | 38,5 | 28,5 |
| 3/4"   | 20     | 38,5 | 32   |
| 3/4"   | 26     | 45,5 | 35   |
| 1"     | 26     | 44   | 39   |
| 1"     | 32     | 53,5 | 43   |



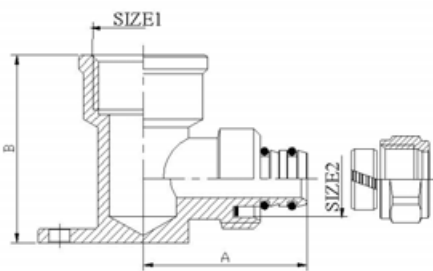
**VTm.333** Тройник с переходом на наружную резьбу

| SIZE 1 | SIZE 2 | A   | B    |
|--------|--------|-----|------|
| 1/2"   | 16     | 65  | 27,5 |
| 3/4"   | 20     | 77  | 31,5 |
| 3/4"   | 26     | 88  | 35   |
| 1"     | 26     | 88  | 39   |
| 1"     | 32     | 105 | 42   |



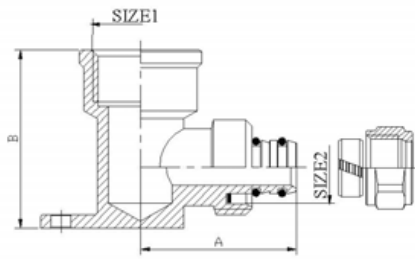
**VTm.332** Тройник с переходом на внутреннюю резьбу

| SIZE 1 | SIZE 2 | A   | B    |
|--------|--------|-----|------|
| 1/2"   | 16     | 64  | 27,5 |
| 3/4"   | 20     | 77  | 31,5 |
| 3/4"   | 26     | 88  | 36,5 |
| 1"     | 26     | 88  | 41,5 |
| 1"     | 32     | 105 | 44,5 |



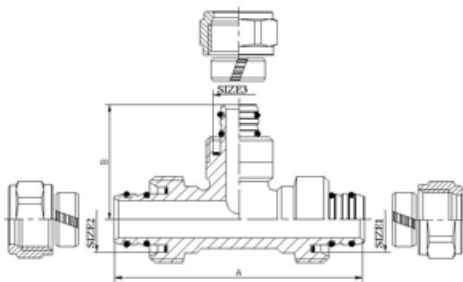
**VTm.354** Водорозетка

| SIZE 1 | SIZE 2 | A    | B    |
|--------|--------|------|------|
| 1/2"   | 16     | 34,5 | 39,5 |
| 1/2"   | 20     | 40,5 | 43,5 |
| 3/4"   | 20     | 45   | 46,5 |



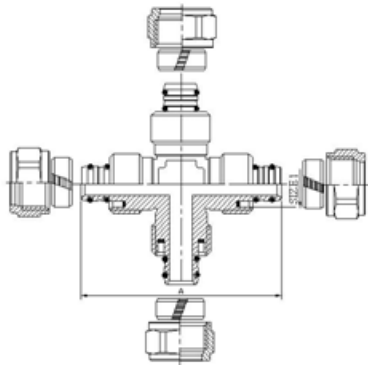
***VTm.334 Водорозетка проходная***

| <b>SIZE 1</b> | <b>SIZE 2</b> | <b>A</b> | <b>B</b> |
|---------------|---------------|----------|----------|
| 1/2"          | 16            | 34,5     | 39,5     |
| 1/2"          | 20            | 40,5     | 43,5     |



***VTm.331 Тройник переходной***

| <b>SIZE 1</b> | <b>SIZE 2</b> | <b>SIZE 3</b> | <b>A</b> | <b>B</b> |
|---------------|---------------|---------------|----------|----------|
| 20            | 26            | 16            | 82,5     | 35,5     |
| 16            | 26            | 20            | 82,5     | 38,5     |
| 32            | 32            | 16            | 105      | 40,5     |
| 20            | 20            | 16            | 77       | 35,5     |
| 20            | 16            | 16            | 75       | 35,5     |
| 20            | 16            | 20            | 75       | 38,5     |
| 16            | 16            | 20            | 65       | 38,5     |
| 20            | 20            | 26            | 81       | 45       |
| 26            | 20            | 20            | 84,5     | 41,5     |
| 26            | 26            | 20            | 88,5     | 41,5     |
| 26            | 20            | 20            | 85       | 46       |
| 26            | 26            | 16            | 88       | 41       |
| 32            | 32            | 20            | 105      | 52,5     |
| 32            | 32            | 26            | 105      | 52,5     |
| 32            | 26            | 26            | 98,5     | 46       |
| 26            | 26            | 32            | 99       | 52,5     |
| 32            | 26            | 32            | 102      | 52,5     |
| 32            | 32            | 26            | 105      | 49,5     |
| 32            | 26            | 26            | 102      | 49,5     |
|               |               |               |          |          |



***VTm.341 Крестовина***

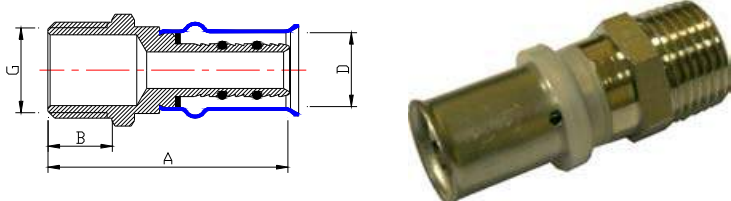
| SIZE | A  |
|------|----|
| 16   | 65 |
| 20   | 77 |



### Приложение 3.

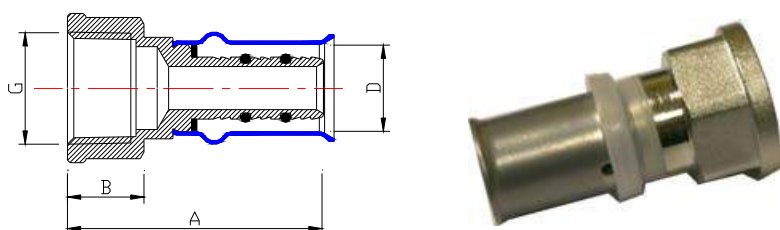
#### Номенклатура и габаритные размеры пресс-соединителей VTm. 200

**VTm.201** – Соединитель прямой с переходом на наружную резьбу



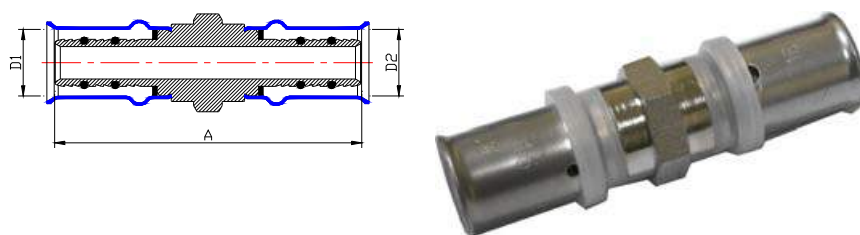
| Обозначение | D, мм | G,   | A, мм | B, мм |
|-------------|-------|------|-------|-------|
| 16x1/2"     | 16    | 1/2" | 53    | 13    |
| 16x3/4"     | 16    | 3/4" | 54    | 14    |
| 20x1/2"     | 20    | 1/2" | 53    | 13    |
| 20x3/4"     | 20    | 3/4" | 54    | 14    |
| 26x3/4"     | 26    | 3/4" | 56    | 14    |
| 26x1"       | 26    | 1"   | 58    | 16    |
| 32x1"       | 32    | 1"   | 60    | 16    |

**VTm.202** – Соединитель прямой с переходом на внутреннюю резьбу



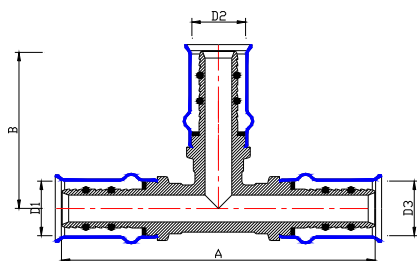
| Обозначение | D, мм | G,   | A, мм | B, мм |
|-------------|-------|------|-------|-------|
| 16x1/2"     | 16    | 1/2" | 51    | 16    |
| 16x3/4"     | 16    | 3/4" | 52    | 18    |
| 20x1/2"     | 20    | 1/2" | 52    | 18    |
| 20x3/4"     | 20    | 3/4" | 52    | 18    |
| 26x3/4"     | 26    | 3/4" | 55    | 20    |
| 26x1"       | 26    | 1"   | 59    | 24    |
| 32x1"       | 32    | 1"   | 60    | 25    |

**VTm.203** – Соединитель прямой



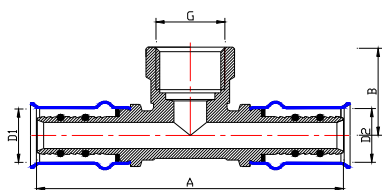
| Обозначение | D1, мм | D2, мм | A, мм |
|-------------|--------|--------|-------|
| 16          | 16     | 16     | 75    |
| 20          | 20     | 20     | 75    |
| 26          | 26     | 26     | 76    |
| 32          | 32     | 32     | 79    |
| 20x16       | 20     | 16     | 75    |
| 26x16       | 26     | 16     | 76    |
| 26x20       | 26     | 20     | 76    |
| 32x16       | 32     | 16     | 78    |
| 32x20       | 32     | 20     | 78    |
| 32x26       | 32     | 26     | 78    |

### *VTm.231 – Тройник*



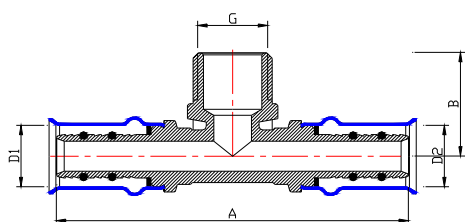
| Обозначение | D1, мм | D2, мм | D3, мм | A, мм | B, мм |
|-------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 16          | 16     | 16     | 16     | 94    | 47    |
| 20          | 20     | 20     | 20     | 100   | 50    |
| 26          | 26     | 26     | 26     | 106   | 53    |
| 32          | 32     | 32     | 32     | 112   | 56    |
| 16x20x16    | 16     | 20     | 16     | 94    | 50    |
| 16x16x20    | 16     | 16     | 20     | 100   | 50    |
| 20x16x20    | 20     | 16     | 20     | 100   | 50    |
| 16x20x20    | 16     | 20     | 20     | 96    | 50    |
| 20x26x20    | 20     | 26     | 20     | 106   | 53    |
| 26x16x26    | 26     | 16     | 26     | 106   | 53    |
| 26x16x20    | 26     | 16     | 20     | 106   | 53    |
| 26x20x20    | 26     | 20     | 20     | 106   | 53    |
| 26x26x20    | 26     | 26     | 20     | 106   | 53    |
| 26x20x16    | 26     | 20     | 16     | 106   | 53    |
| 26x20x26    | 26     | 20     | 26     | 106   | 53    |
| 32x16x32    | 32     | 16     | 32     | 112   | 56    |
| 32x20x32    | 32     | 20     | 32     | 112   | 56    |
| 32x26x32    | 32     | 26     | 32     | 112   | 56    |
| 32x32x26    | 32     | 32     | 26     | 111   | 56    |
| 32x32x20    | 32     | 32     | 20     | 111   | 56    |
| 32x20x26    | 32     | 20     | 26     | 111   | 56    |
| 26x32x26    | 26     | 32     | 26     | 111   | 56    |

**VTm.232 – Тройник с переходом на внутреннюю резьбу**



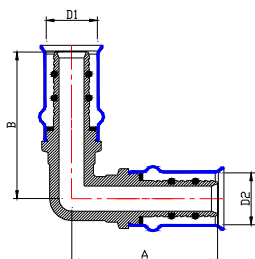
| Обозначение | D1, мм | G,   | D2, мм | A, мм | B, мм |
|-------------|--------|------|--------|-------|-------|
| 16x1/2"x16  | 16     | 1/2" | 16     | 94    | 27    |
| 20x1/2"x20  | 20     | 1/2" | 20     | 100   | 31    |
| 20x3/4"x20  | 20     | 3/4" | 20     | 100   | 31    |
| 26x1/2"x26  | 26     | 1/2" | 26     | 106   | 35    |
| 26x3/4"x26  | 26     | 3/4" | 26     | 106   | 36    |
| 26x1"x26    | 26     | 1"   | 26     | 106   | 41    |
| 32x3/4"x32  | 32     | 3/4" | 32     | 112   | 42    |
| 32x1"x32    | 32     | 1"   | 32     | 112   | 44    |

**VTm.233 – Тройник с переходом на наружную резьбу**



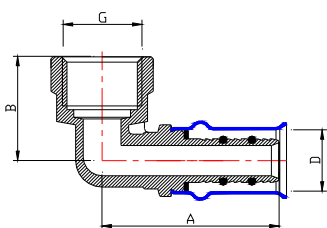
| Обозначение | D1, мм | G,   | D2, мм | A, мм | B, мм |
|-------------|--------|------|--------|-------|-------|
| 16x1/2"x16  | 16     | 1/2" | 16     | 94    | 27    |
| 20x1/2"x20  | 20     | 1/2" | 20     | 100   | 31    |
| 20x3/4"x20  | 20     | 3/4" | 20     | 100   | 31    |
| 26x1/2"x26  | 26     | 1/2" | 26     | 106   | 35    |
| 26x3/4"x26  | 26     | 3/4" | 26     | 106   | 35    |
| 26x1"x26    | 26     | 1"   | 26     | 106   | 39    |
| 32x3/4"x32  | 32     | 3/4" | 32     | 112   | 42    |
| 32x1"x32    | 32     | 1"   | 32     | 112   | 42    |

**VTm.251 – Угольник**



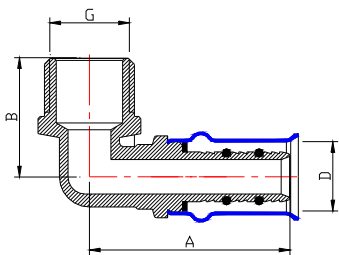
| Обозначение | D1, мм | D2, мм | A, мм | B, мм |
|-------------|--------|--------|-------|-------|
| 16          | 16     | 16     | 46    | 46    |
| 20          | 20     | 20     | 46    | 46    |
| 26          | 26     | 26     | 54    | 54    |
| 32          | 32     | 32     | 56    | 56    |

**VTm.252** – Угольник с переходом на внутреннюю резьбу



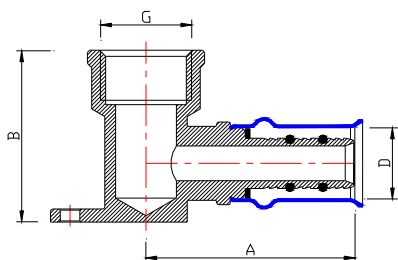
| Обозначение | D, мм | G,   | A, мм | B, мм |
|-------------|-------|------|-------|-------|
| 1/2"x16     | 16    | 1/2" | 47    | 27    |
| 3/4"x16     | 16    | 3/4" | 47    | 31    |
| 3/4"x20     | 20    | 3/4" | 50    | 32    |
| 1/2"x20     | 20    | 1/2" | 50    | 30    |
| 3/4"x26     | 26    | 3/4" | 53    | 36    |
| 1"x32       | 32    | 1"   | 55    | 44    |
| 1"x26       | 26    | 1"   | 53    | 43    |

**VTm.253** – Угольник с переходом на наружную резьбу



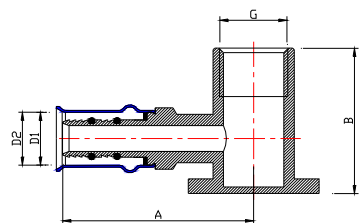
| Обозначение | D, мм | G,   | A, мм | B, мм |
|-------------|-------|------|-------|-------|
| 1/2"x16     | 16    | 1/2" | 47    | 27    |
| 3/4"x16     | 16    | 3/4" | 47    | 31    |
| 3/4"x20     | 20    | 3/4" | 50    | 31    |
| 1/2"x20     | 20    | 1/2" | 50    | 29    |
| 3/4"x26     | 26    | 3/4" | 53    | 35    |
| 1"x32       | 32    | 1"   | 55    | 43    |
| 1"x26       | 26    | 1"   | 53    | 43    |

**VTm.254 – Водорозетка**



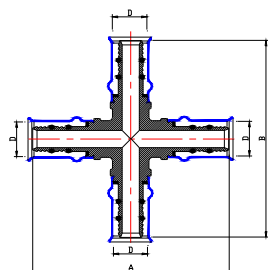
| Обозначение | D, мм | G,   | A, мм | B, мм |
|-------------|-------|------|-------|-------|
| 1/2"x16     | 16    | 1/2" | 46    | 39    |
| 1/2"x20     | 20    | 1/2" | 51    | 44    |
| 3/4"x20     | 20    | 3/4" | 55    | 46    |

**VTm.234 – Водорозетка проходная**



| Обозначение | D1, мм | D2, мм | G,   | A, мм | B, мм |
|-------------|--------|--------|------|-------|-------|
| 1/2"x16     | 16     | 16     | 1/2" | 59    | 45    |

**VTm.241 – Крестовина**



| Обозначение | D, мм | A, мм | B, мм |
|-------------|-------|-------|-------|
| 16          | 16    | 90    | 90    |
| 20          | 20    | 93    | 93    |

## Приложение 4

### Коэффициенты местных сопротивлений тройников

| Диаметры <sup>1</sup> | Отношение<br>Объемных<br>расходов<br>Q1/Q2, |               |                    |               |                    |                |                |  |  |  |  |
|-----------------------|---|---------------|--------------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|--|--|--|--|
|                       |   | Проход<br>0-2 | Ответвление<br>1-2 | Проход<br>1-2 | Ответвление<br>2-1 | Слияние<br>1-2 | Деление<br>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           |  |  |  |  |
|                       | 0,7   | 1,43          | 1,57               | 1,34          | 2,45               | 2,2            | 2,39           |  |  |  |  |
|                       | 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 |
|          | 1   | 4,33  | 2,23   | 5,09  | 6,25  | 14,47 | 4,55 |

|          |     |      |        |      |       |       |      |
|----------|-----|------|--------|------|-------|-------|------|
| 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 |
|          | 0,3 | 1,21 | 3,12  | 1,45 | 4,27  | 10,66 | 4,17 |
|          | 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 |
|   | 0,5 | 3,22 | 3,9  | 3,22 | 3,83 | 4,02 | 4,93 |
|   | 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 |

1 – обозначение диаметров тройников принято слева по часовой стрелке

|    |    |
|----|----|
| D2 |    |
| D1 | D3 |

## Приложение 5

### Коэффициенты местных сопротивлений прямых соединителей и угольников

| Диаметры   | Прямое направление потока<br>→ | Обратное направление потока<br>← |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| 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 <sub>б</sub> /Q <sub>с</sub> | Q <sub>2б</sub> /Q <sub>1б</sub> |       |       | Q <sub>п</sub> /Q <sub>с</sub> |
|--|--------------------------------|----------------------------------|-------|-------|--------------------------------|
|  |                                | 0,5                              | 1     | 2     |                                |
| КМС бокового ответвления с -1 <sub>б</sub> |                                |                                  |       |       |                                |
|  |                                |                                  |       |       |                                |
| 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**

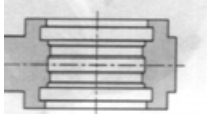
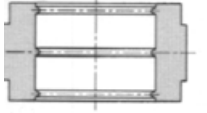
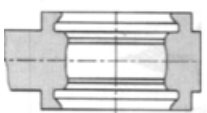
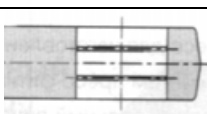
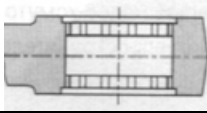
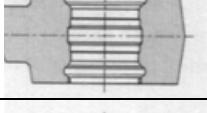


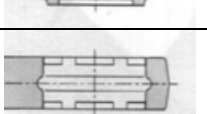
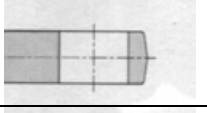
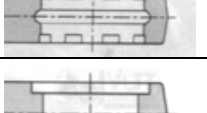
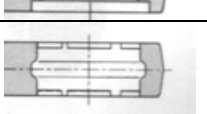
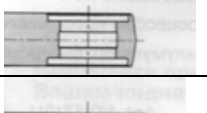



| Марка  | Процентное содержание элементов, % |         |     |          |         |           |     |     |           |
|--------|------------------------------------|---------|-----|----------|---------|-----------|-----|-----|-----------|
|        | Cu                                 | Sn      | Fe  | 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 |
| ЛС59-1B | 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  | ТН  |    | 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  | В   |    | Alpex, Effegi   |
| 4  | СО  |    | 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  | НА  |  | 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   |  | Armaturljonsson, Broen, Comap, Fra-Bo, Baronio, GF, IBP, LK, Cupress, Sanha, Seppelfricke, Viega  |
| 15 | VP  |  | Nussbaum, Viega   |
| 16 | VX  |  | Pexfit Fosta (Viega)  |

**Приложение 9**  
**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 |                      |                     | Свободный напор $H_f$ , м |
|---|----------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
|   | общий $Q_0^{tot}$          | холодной $Q_0^c$ | горячей $Q_0^h$ | общий $Q_{0,ч}^{tot}$    | холодной $Q_{0,ч}^c$ | горячей $Q_{0,ч}^h$ |                           |
| 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<br>Измеритель числа<br>потребителей   | Нормы расхода воды, л   |  |   |                                      |  |   | Расход воды прибором,<br>л/с (л/ч)  |   |
|---|---|--|---|--------------------------------------|--|---|---|---|
|   | в средние сутки   |  | в сутки<br>наибольшего<br>водопотреблени<br>я                           |                                      | в час<br>наибольшего<br>водопотреблени<br>я                                |   |   |   |
|   | общая<br>(в том<br>числе<br>горяче<br>й)<br>$q_{\text{и,ж}}^{\text{tot}}$ | горячей<br>$q_{\text{и,ж}}^{\text{k}}$ | общая<br>(в том<br>числе<br>горяче<br>й)<br>$q_{\text{и}}^{\text{tot}}$ | горячей<br>$q_{\text{и}}^{\text{k}}$ | общая<br>(в том<br>числе<br>горяче<br>й)<br>$q_{\text{кр,и}}^{\text{tot}}$ | горячей<br>$q_{\text{кр,и}}^{\text{k}}$ | общий<br>(холодной<br>и горячей)<br>$q_0^{\text{tot}}$ ( $q_{0,\text{кр}}^{\text{tot}}$ ) | холодной<br>или горячей<br>$q_0^{\text{c}}$ , $q_0^{\text{k}}$<br>( $q_{0,\text{кр}}^{\text{c}}$ , $q_{0,\text{кр}}^{\text{k}}$ ) |
| 1   | 3   | 4                                      | 5   | 6                                    | 7  | 8                                       | 9   | 10  |
| <b>Жилые дома</b><br>1 житель   | 360   | 115                                    | 400   | 130                                  | 20   | 10,9                                    | 0,3 (300)   | 0,2 (200)   |
| <b>Гостиницы</b><br>1 проживающий   | 300   | 180                                    | 300   | 180                                  | 30   | 16                                      | 0,3 (300)   | 0,2 (200)   |
| <b>Больницы</b><br>1 койка  | 200   | 90                                     | 200   | 90                                   | 12   | 7,7                                     | 0,3 (300)   | 0,2 (200)   |
| Санатории и дома<br><u>отдыха</u><br>1 койка  | 150   | 75                                     | 150   | 75                                   | 12,5   | 8,2                                     | 0,2 (100)   | 0,14 (60)   |
| <b>Поликлиники</b><br>1 больной в смену   | 13  | 5,2                                    | 15  | 6                                    | 2,6  | 1,2                                     | 0,2 (80)  | 0,14 (60)   |
| Детские дошкольные<br><u>учреждения</u><br>1 ребенок  | 25  | 105                                    | 35  | 18                                   | 8  | 0,2 (100)                               | 0,14 (60)   | 25  |
| <b>Прачечные</b><br>1 кг сухого белья   | 75  | 25                                     | 75  | 25                                   | 75   | 25                                      | По технологическим<br>данным  |   |
| Административные<br><u>здания</u><br>1 работающий   | 12  | 5                                      | 16  | 7                                    | 4  | 2                                       | 0,14 (80)   | 0,1 (60)  |
| Учебные<br><u>заведения</u><br>1 учащийся и<br>преподаватель  | 17,2  | 6                                      | 20  | 8                                    | 2,7  | 1,2                                     | 0,14 (100)  | 0,1 (60)  |
| Предприятия<br>общественного<br><u>питания</u><br>1 условное блюдо                                      | 12  | 4                                      | 12  | 4                                    | 12   | 4                                       | 0,3 (300)   | 0,2 (200)   |
| <b>Магазины<br/>продовольственные</b><br>1 работающий в<br>смену или 20м <sup>2</sup><br>торгового зала | 250   | 65                                     | 250   | 65                                   | 37   | 9,6                                     | 0,3 (300)   | 0,2 (200)   |
| Магазины<br><u>промтоварные</u><br>1 работающий в<br>смену  | 12  | 5                                      | 16  | 7                                    | 4  | 2                                       | 0,14 (80)   | 0,1 (60)  |
| <b>Парикмахерские</b><br>1 рабочее место в<br>смену   | 56  | 33                                     | 60  | 35                                   | 9  | 4,7                                     | 0,14 (60)   | 0,1 (40)  |
| <b>Кинотеатры</b><br>1 место  | 4   | 1,5                                    | 4   | 1,5                                  | 0,5  | 0,2                                     | 0,14 (80)   | 0,1 (50)  |
| <b>Клубы</b><br>1 место<br>Стадионы и<br>спортзалы:   | 8,6   | 2,6                                    | 10  | 3                                    | 0,9  | 0,4                                     | 0,14 (80)   | 0,1 (50)  |

|   |     |    |     |     |      |     |           |            |
|---|-----|----|-----|-----|------|-----|-----------|------------|
| <u>для зрителей</u><br>1 место                                    | 3   | 1  | 3   | 1   | 0,3  | 0,1 | 0,14 (60) | 0,1 (40)   |
| <u>для спортсменов</u><br>1 спортсмен                             | 100 | 60 | 100 | 60  | 9    | 5   | 0,2 (80)  | 0,14 (50)  |
| Плавательные<br>бассейны:<br>пополнение<br><u>бассейна</u>        | 10  | -  | -   | -   | -    | -   | -         | -          |
| % емкости бассейна в<br>сутки                                     |     |    |     |     |      |     |           |            |
| <u>для зрителей</u><br>1 место                                    | 3   | 1  | 3   | 1   | 0,3  | 0,1 | 0,14 (60) | 0,1 (40)   |
| Для<br><u>спортсменов</u><br>1 спортсмен                          | 100 | 60 | 100 | 60  | 9    | 5   | 0,2 (80)  | 0,14 (50)  |
| Душевые в бытовых<br><u>помещениях</u><br>1 душ. сетка в<br>смену | -   | -  | 500 | 230 | 500  | 230 | 0,2 (500) | 0,14 (270) |
| <i>Горячие цеха</i><br>1 чел. в смену                             | -   | -  | 45  | 24  | 14,1 | 8,4 | 0,14 (60) | 0,1 (40)   |
| <i>Остальные цеха</i><br>1 чел в смену                            | -   | -  | 25  | 11  | 9,4  | 4,4 | 0,14 (60) | 0,1 (40)   |
| Расход воды на<br><u>поливку</u><br>1 м2                          | 3-6 | -  | 3-6 | -   | -    | -   | -         | -          |

В предприятиях общественного питания количество реализуемых блюд в час следует определять по формуле:

где:  $U = 2,2m$ ,

$n$  – 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  $\alpha$  для определения расчетных расходов воды*

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ  $\alpha$   
при  $P (Phr) > 0,1$  и  $N \leq 200$**

| 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  $\alpha$**   
**при  $P (Phr) \leq 0,1$  и любом  $N$ , а также при  $P (Phr) > 0,1$  и числе  $N > 200$**

| NP (NPhr)   | $\alpha$ | NP (NPhr) | $\alpha$ | NP (NPhr) | $\alpha$ | NP (NPhr) | $\alpha$ | NP (NPhr) | $\alpha$ |
|-------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 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 |
| 0,096 | 0,338 | 4,1 | 2,246 | 24,5 | 8,064 | 134 | 33,60 | 625  | 139,90 |
| 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**

| <b>ВОДОПРОВОД ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ</b>                        |  |   |
|--|--|---|
| 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.   |
| Полivочный 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   |                       |
| <b>СОСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ</b> |   |                       |
| 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 кольца 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   |
| <b>ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ</b>            |   |                       |
| 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 (Ди 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 переключки 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 105°C, 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

| Расход | 16 x 2,0 |       |        | 20x2,0 |       |       | 26x3,0 |       |       | 32x2,0 |        |       | 40x3,5 |       |       |
|--------|----------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
|        | v        | 20 °C | 80 °C  | v      | 20 °C | 80 °C | v      | 20 °C | 80 °C | v      | 20 °C  | 80 °C | v      | 20 °C | 80 °C |
| 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

| Дн | $\Delta T = T_{\text{теп}} - T_{\text{возд}}$ | 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 | 74,77 | 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 | 73,48 | 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



### 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

page 1/3

## 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).

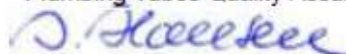
Результат:

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

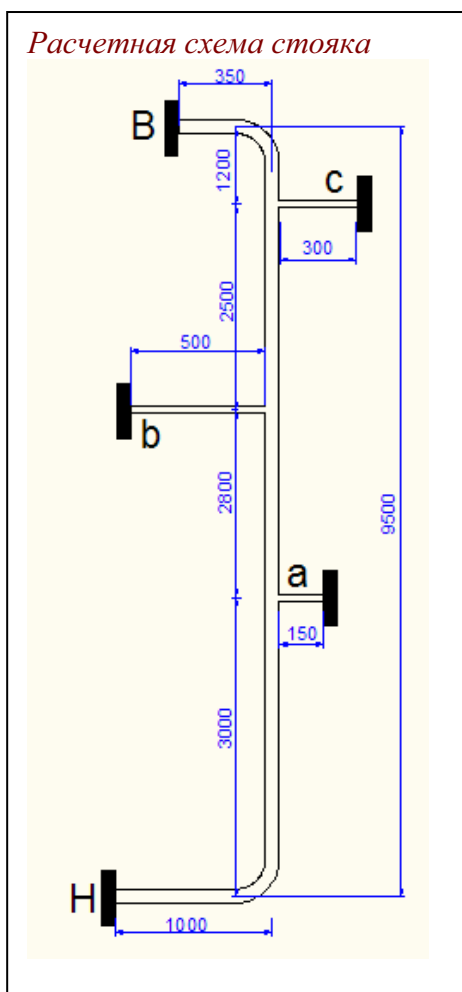


Osnabruck, 10.09.2008

Вложение: технический чертеж пресс фитинга

## Приложение 18

### Пример расчета условного стояка на дополнительные напряжения от изменения температуры и от собственного веса



#### 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 ( $\Delta T = 90^\circ\text{C}$ ).

#### Решение:

Геометрический центр стояка (без учета отводов, принимаемых за упругие опоры) находится на расстоянии  $L/2 = 9500/2 = 4750$  мм от оси опоры *H* (между опорами *a* и *b*).

Определяем суммы коэффициентов упругой реакции опор выше и ниже геометрического центра:

$$\Sigma G_e = \frac{3EI_B}{l_B^3} + \frac{3EI_c}{l_c^3} + \frac{3EI_b}{l_b^3} = 3 \cdot 900 \cdot \left( \frac{29025}{350^3} + \frac{2198}{300^3} + \frac{2198}{500^3} \right) = 2,095 \text{ Н/мм};$$

$$\Sigma G_H = \frac{3EI_H}{l_H^3} + \frac{3EI_a}{l_a^3} = 3 \cdot 900 \cdot \left( \frac{29025}{1000^3} + \frac{2198}{150^3} \right) = 1,837 \text{ Н/мм}.$$

Находим температурное смещение верхней и нижней

точки стояка:

$$\Delta L_B = \frac{\alpha L \Delta T}{\left( 1 + \frac{(\Sigma G_B + \Sigma G_H)L}{EF} \right)} \left( \frac{\Sigma G_H}{\Sigma G_B + \Sigma G_H} \right) = \frac{0,000026 \cdot 9500 \cdot 90 \cdot 1,837}{\left( 1 + \frac{(2,095 + 1,837) \cdot 9500}{900 \cdot 273} \right)} (2,095 + 1,837) = 9,015 \text{ мм}$$

$$\Delta L_H = \frac{\alpha L \Delta T}{\left( 1 + \frac{(\Sigma G_B + \Sigma G_H)L}{EF} \right)} \left( \frac{\Sigma G_B}{\Sigma G_B + \Sigma G_H} \right) = \frac{0,000026 \cdot 9500 \cdot 90 \cdot 2,095}{\left( 1 + \frac{(2,095 + 1,837) \cdot 9500}{900 \cdot 273} \right)} (2,095 + 1,837) =$$

$= 10,281$  мм.

Зная смещение крайних опор, можно найти смещение тройниковых упругих опор из соотношения:

$$\frac{\Delta l_i}{\Delta l_k} = \frac{L}{2} : \left( \frac{L}{2} - y \right); \quad \Delta l_i = \frac{\Delta l_k (0,5L - y)}{0,5L}, \text{ где}$$

$\Delta l_i$  – смещение промежуточной опоры;

$\Delta l_k$  – смещение крайней опоры;

$y$  – расстояние от ближайшей крайней опоры до промежуточной опоры.



$$\Delta l_c = \frac{\Delta l_B (0,5L - y)}{0,5L} = \frac{9,015 \cdot (0,5 \cdot 9500 - 1200)}{0,5 \cdot 9500} = 6,738 \text{ мм}$$

$$\Delta l_b = \frac{\Delta l_B (0,5L - y)}{0,5L} = \frac{9,015 \cdot (0,5 \cdot 9500 - 3700)}{0,5 \cdot 9500} = 1,993 \text{ мм}$$

$$\Delta l_a = \frac{\Delta l_H (0,5L - y)}{0,5L} = \frac{10,281 \cdot (0,5 \cdot 9500 - 3000)}{0,5 \cdot 9500} = 3,788 \text{ мм}$$

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)<br>$N = \frac{3EI\Delta l}{l^3}$  | +16,48* | -0,81*  | -6,66*  | +0,095* | +1,48*  |
| Изгибающий момент (Нмм)<br>$M = Nl$          | 149     | 8,28    | 25,2    | 0,19    | 9,98    |
| Напряжение в стенке ( МПа)<br>$\sigma = M/W$ | 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 ( $\sigma < 1,5$  МПа).

Для сравнения можно рассчитать напряжения в стенках труб этой же системы только от собственного веса заполненного стояка.

Вес стояка с водой составит:  $P = 0,901 \times 9,5 = 8,56$  кг.

Сумма коэффициентов упругой реакции:  $\Sigma G = 2,095 + 1,837 = 3,932$  Нм.

Смещение стояка под собственным весом:  $\Delta l = P g / \Sigma G = 8,56 \times 9,8 / 3,932 = 21,33$  мм

|                                 | 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 ( $\sigma > 1,5$  МПа;  $M > 412$  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 произвести деформационно-прочностной расчет стояка.