# ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

NPG

# Предисловие к шведскому изданию

Уровень цивилизации современного общества основывается в значительной мере на огромном разнообразии технических средств, поддержание и дальнейшее развитие которых возможны только при системном подходе к решению возникающих проблем, и соответствии принимаемых решений выдвигаемым требованиям качества, надежности и долговечности создаваемых систем, оборудования и коммуникаций.

В этом отношении применение пластмассовых труб для инженерных сетей, которое началось в Швеции с середины 1950-х годов, полностью соответствует поставленным задачам. В течение более чем 40-летнего опыта их применения происходили накопление опыта и знаний и широкий обмен ими, результатом которых стало существенное повышение степени безопасности в функционировании различных по назначению трубопроводов. Обмен знаниями и информацией в этой области продолжается и в настоящее время, равно как продолжается и постоянное обновление материалов и изделий из них. Возрастает объем производственного опыта, возникают новые научно-технические проекты и эксплуатационные программы, приобретаются новые знания и в этой связи Швеция все более адаптируется к Европейскому сообществу, вводя у себя стандарты, разрабатываемые в рамках CEN.

Производственные и эксплуатационные аспекты функционирования инженерных систем имеют в настоящее время чрезвычайно важное значение и потому обмен знаниями и информацией заслуживают все большего внимания. Нам представляется, что обмен информацией в области применения пластмассовых материалов для трубопроводов, их проектирования и устройства также представляют значительный интерес для инженерной общественности. Поэтому, с нашей точки зрения, данная книга «Ledningsbyggande med plaströrsystem», издаваемая в форме справочника, удовлетворит в какой-то степени потребности в такой информации.

Считаем, что содержание книги, представленное в легко читаемой форме, не только описывает быстро расширяющуюся область применения систем из пластмассовых труб, но и освещает ряд сугубо технических аспектов, связанных с их применением. Одновременно выражаем надежду, что этот справочник будет полезен для проектировщиков, строителей трубопроводов и будет хорошим пособием для лиц, обучающихся в технических школах любого уровня для повышения своих знаний в этой области, будь то инженеры, техники или другие специалисты.

Трубопроводные системы из пластмассы выполняют исключительно важные функции и, в частности, в коммунальном хозяйстве, их значение будет, несомненно, возрастать в будущем благодаря высокой надежности в работе и продолжительности срока службы.

Хольгер Мальмстен – Директор - распорядитель

**СЕВЕРНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ**

Стокгольм, март 1999 года

# Предисловие к русскому изданию

Изданная в 1999 г. в Стокгольме книга «Ledningsbyggande med plastrqrsystem», кратко освещает основные направления применения пластмассовых труб в инженерных сетях различного назначения в Швеции. Швеция, как известно, работает в тесном контакте с различными странами европейского сообщества и, следовательно, изложенный в книге материал в определенной степени характеризует и ситуацию в этой сфере в европейских странах. Достаточно сказать, что шведские специалисты принимают деятельное участие в работе CEN (Европейская Комиссия по стандартизации) по созданию в ближайшее время единых европейских стандартов для строительной области и Швеция готова принять такие стандарты в качестве национальных. В этой связи мы считаем, что изложенный в книге материал может представлять интерес для российских специалистов, работающих в этой динамично развивающейся области. Следует подчеркнуть, что книга не содержит детального изложения узких, сугубо специфичных вопросов расчета и конструкции инженерных сетей из пластмассовых материалов или соображений по их эксплуатации, а лишь освещает круг проблем, на которых концентрируются усилия шведских специалистов и возможные пути их решения. Для заинтересованных в более детальной информации по данному вопросу в книге приводится обширный перечень соответствующей научной, технической и нормативной литературы, а также называются шведские организации, располагающие богатым и многообразным опытом работы в этой сфере.

Одновременно считаем необходимым отметить, что перевод осуществлялся через посредство английского языка, что не исключает возможности некоторых неточностей в терминологии; кроме того из-за краткости изложения материала, возможно, не совсем ясны некоторые инженерные аспекты изложенных в книге подходов к решению тех или иных конкретных проблем. В любом случае заинтересованным российским специалистам может быть предоставлена любая дополнительная информация по затронутым в книге вопросам.

В заключение мы хотим подчеркнуть, что выход книги в России на русском языке мы рассматриваем как шаг в направлении сотрудничества обеих стран в области использования пластмассовых материалов в инженерных сетях населенных пунктов и промышленных предприятий, а также при подготовке инженерных кадров по специальности "Водоснабжение и водоотведение"

Хольгер Мальмстеи – Директор - распорядитель

**СЕВЕРНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ**

Воронов Ю.В. – профессор
Журов В.Н. – профессор

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИСТЕТ**

Россия. Москва, март 2000 года

# СТРОИТЕЛЬСТВО ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ

- **Borealis**
- **Pipelife**
- **Hydro Polymers**
- **Uponor**
- **Wavin**


**Редакционная группа:**

*Ingemar Björklund*

*Gösta Kallin*

*Per Jansson*

*Pär Liljestrand*

*Holger Malmsten*

*Jens Martin Storheil*


**( Nordiska Plaströr Gruppen - СЕВЕРНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ)**

## СОДЕРЖАНИЕ

**Предисловие к шведскому изданию** 3
**Предисловие к русскому изданию** 4

# 1. ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

**1.1. Историческая справка** 9

**1.2. Пластмассовые материалы, область применения** 10
Что такое пластмасса?
Термопластики
Термопластики для производства труб
Термореактивные пластики
Производство пластмассовых труб
Производство фасонных частей и смотровых колодцев

**1.3. Свойства пластмассовых труб при различных видах воздействия на них** 15
Общие сведения
Линейные деформации в пластмассах при механических нагрузках
Прочность пластмассовых труб при механических нагрузках
Критерии расчета размеров пластмассовых труб, подвергающихся механическим нагрузкам
Влияние температурных воздействий
Продольное расширение
Теплоизоляционные свойства
Сопротивляемость химическим воздействиям
Воздействие на вкусовые качества и запах. Выделение химических веществ
Микробиальное обрастание
Диффузионная проницаемость
Износостойкость
Устойчивость против солнечной радиации

**1.4. Погрузочно-разгрузочные, транспортные операции и складирование** 23
Общие положения
Складирование

**1.5. Соединение труб** 24
Общие положения
Типы соединений труб из ПВХ, ПЭ и ПП для самотечных трубопроводов
Типы соединений труб из ПВХ, ПЭ и ПП для напорных трубопроводов
Муфты с уплотнительными кольцами
Клеевые соединения

**1.6. Методы соединения труб из ПЭ и ПП торцевой сваркой** 26
Общие положения
Оборудование для торцевой сварки
Рабочие параметры торцевой сварки
Фланцевые соединения
Электросварное соединение
Механические соединительные устройства
Сварка в муфтах или в раструбах

**1.7. Повторное использование пластмассовых материалов** 30
Возможность повторного использования
Методы повторного использования пластмассы труб
Энергетический потенциал пластмассы

**1.8. Анализ цикла обращения изделия (АЦО)** 31
Общие положения
Указания по АЦО
АЦО пластмассовых труб

## 2. ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ, ПРАКЛАДЫВАЕМЫЕ В ГРУНТАХ

**2.1. Деформация пластмассовых труб** 32
Жесткие и гибкие трубы
Методы расчета
Деформация труб в грунте, практический опыт
Допустимая овальность
Выпучивание поперечного сечения трубы (коллапс)

**2.2. Рекомендации по прокладке труб** 38
Общие положения
Ширина траншеи
Дно траншеи
Подушка под трубы
Первичная обсыпка трубы
Засыпка траншеи

**2.3. Напорные трубопроводы** 43
Общие положения

**2.3.1 Гидравлический расчет трубопроводов** 43
Расход жидкости через трубу, общие положения
Коэффициент шероховатости
Потери на трение в прямолинейном трубопроводе
Местные потери
Пропускная способность напорных трубопроводов
Гидравлический удар
Вакуум

**2.3.2. Расчет прочности труб** 47
Внутреннее давление
Отрицательное давление
Нагрузка, оказываемая грунтом и наземным транспортом

**2.3.3. Проведение монтажных работ** 48
Меры по ограничению силы гидравлического удара
Анкеровка труб
Глубина прокладки труб
Прокладка труб
Гидравлические испытания

**2.3.4. Ассортимент труб** 52
Общие положения
Напорные трубы из ПВХ
Напорные трубы из ПЭ

**2.4. Самотечные трубопроводы (безнапорные)** 54
Общие положения

**2.4.1. Гидравлический расчет** 54
Пропускная способность самотечных трубопроводов
Снижение пропускной способности трубы с овальным сечением
Коэффициент шероховатости
Местные потери
Самоочищающая способность

**2.4.2. Расчет запаса прочности** 57
Общие положения
Выбор класса жесткости трубы

**2.4.3. Практические методы проведения работ** 58
Расстояния между смотровыми колодцами
Глубина прокладки труб
Монтаж трубопроводов
Испытания на герметичность
Контроль овальности

**2.4.4. Ассортимент труб** 59
Общие положения
Гладкостенные трубы из ПВХ
Гладкостенные трубы из ПЭ
Гладкостенные трубы из ПП
Трубы со структурированными стенками
Смотровые колодцы

**2.5. Дренажные системы** 66

**2.5.1. Гидравлические характеристики системы** 66
Дренажные системы фундаментов зданий
Дренажные системы для осушения земель

**2.5.2. Устройство дренажных систем фундаментов зданий** 66
Общие положения
Расположение и уклон дренажных труб
Материал для засыпки дренажной линии
Смотровые колодцы

**2.5.3. Дренажные системы для осушения земель, проведение работ по их устройству** 68
Общие положения
Расположение и уклон
Прокладка дренажных труб
Материал для обсыпки дренажных труб

**2.5.4. Ассортимент дренажных труб** 70
Общие положения

**2.6. Защитные футляры для кабельных линий** 72
Общие положения
Способы прокладки
Ассортимент труб для защитных футляров электрокабелей
Защитные футляры для телекоммуникационных кабелей

**2.7. Газопроводы** 74
Общие положения
Специфика устройства газопроводов
Ассортимент труб

**2.8. Системы обогрева поверхностей** 75
Общие положения
Принципы конструирования систем обогрева поверхностей
Методы устройства систем обогрева поверхностей
Ассортимент труб

**2.9. Футляры для теплопроводов** 77
Общие положения
Ассортимент труб

## 3. ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБЫ ДЛЯ ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ

**3.1. Общие соображения по конструированию систем** 78
Область применения пластмассовых труб
Компенсация линейных расширений, общие соображения
Компенсация линейного расширения труб. уложенных в бетон
Компенсация расширений в муфтах
Компенсация линейных деформаций за счет изгиба соединительных патрубков
Крепление при помощи хомутов
Предотвращение распространения пожара в зданиях
Возникновение шума в трубопроводах

**3.2. Внутренние канализационные сети** 84
Общие положения
Расчет характеристик
Правила по устройству сети
Ассортимент труб

**3.3. Внутренние водопроводные сети** 88
Общие положения
Расчет внутренней водопроводной сети
Конструирование и устройство водопроводной сети
Ассортимент труб из ПЭХ
Ассортимент труб из ПП-r

**3.4. Системы отопления** 93
Общие положения
Расчет характеристик напольной отопительной системы
Методы устройства систем обогрева через пол
Ассортимент труб

## 4. ПОДВОДНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ 96

Общие положения
Проектирование подводных трубопроводов
Анкерная пригрузка трубопроводов
Работы по укладке трубопровода

## 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

**5.1. Классификация методов реконструкции и гидравлический расчет труб** 101
Общие положения
Методы реконструкции по стандартам ISO
Гидравлический расчет реконструированного трубопровода

**5.2. Методы проведения реконструкции трубопроводов** 102
Общие положения
Реконструкция внутренней облицовкой неразрезной трубой
Реконструкция трубопроводов облицовкой короткими трубами
Реконструкция трубопроводов облицовкой облегающей трубой
Реконструкция трубопроводов облицовкой из трубных сегментов
Реконструкция трубопроводов путем их облицовки гибкими материалами
Реконструкция методом внутренней облицовки спиральной намоткой профиля
Реконструкция трубопровода с разрушением труб и их заменой новыми

## 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

**6.1. Обеспечение качества в процессе строительства** 107
Общие положения
Возможные причины дефектов при строительстве трубопроводов
Контроль при приемке материалов на месте проведения работ
Контроль за выполнением монтажных работ
Испытания на герметичность
Стандарты испытания самотечных пластмассовых трубопроводов на герметичность

**6.2. Качество труб и фасонных частей** 109
Общие положения

**6.3. Национальная маркировка качества стандартизованных изделий** 109

**6.4. Национальная маркировка качества нестандартизованных изделий** 110
Маркировка «КР»
Утверждение типовых образцов
Маркировка «Р»
Европейская маркировка качества

**6.5. Статистика аварийности на трубопроводах** 111

**НОМОГРАММЫ** 112

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ** 114

# 1. ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

## 1.1. Историческа справка

В сравнении с традиционными для труб материалами, такими как сталь, чугун и бетон, пластмассу можно рассматривать как относительно новый материал. Развитие пластмассовых материалов имело место, главным образом, в двадцатом столетии и из большого числа известных сегодня пластмасс лишь около десятка используются для производства труб. Наиболее широко применяемыми для пластмассовых труб являются ПВХ (поливинилхлорид) и ПЭ (полиэтилен). В последние пятнадцать лет более широко стал применяться в качестве материала для труб полипропилен (ПП).

Винилхлорид, на основе которого производится ПВХ, был впервые получен в 1860 году. И хотя ПВХ был получен уже в 1872 г. его промышленное использование для производства труб началось лишь в начале 1930-х годов. Полиэтилен был впервые получен в начале 1930-х годов, а производство труб из него началось в середине 1940-х годов. Первый стандарт на трубы из ПВХ выпущен в 1942 г. в Германии, а первый стандарт на полиэтиленовые трубы был опубликован в 1953 г. в Великобритании. Полипропиленовые трубы находят применение с середины 1950-х годов. В Скандинавии трубы из ПВХ и ПП начали применяться в середине 1950-х годов. Здесь имелся Северный стандарт на напорные трубы из ПВХ и ПЭ с начала 1960-х годов.

Впервые пластмассовые трубы для подземных самотечных трубопроводов были применены в Германии и Голландии. В Скандинавии трубы из ПВХ и ПЭ для подземных самотечных трубопроводов стали применяться с конца 1960-х годов, а трубы из ПП – с конца 70-х годов.

За сорокалетний период использования пластмассовых труб в Скандинавии их применение постоянно расширялось. В настоящее время они находят широкий спектр применения и в том числе для:

- подземных напорных водопроводных и канализационных трубопроводов;
- подземных самотечных трубопроводов для сточных, поверхностных и дренажных вод;
- защитных футляров электрических и телекоммуникационных кабелей при их подземной прокладке;
- водопропускных труб под дорогами;
- теплоизоляционных футляров для наружных трубопроводов центральных систем отопления;
- газопроводных труб;
- систем внутреннего горячего и холодного водоснабжения зданий;
- внутренних канализационных сетей зданий;
- систем обогрева полов и отопления зданий через радиаторы, а также систем обогрева открытой поверхности земли;
- технологических трубопроводов в промышленности;
- подводных трубопроводов и водовыпускных трубопроводов;
- возвратных трубопроводов систем центрального отопления;
- центральных систем охлаждения;
- горных и подземных тепловых коллекторов.

В большинстве областей использования труб пластмассовые трубы занимают в настоящее время доминирующее положение

# 1.2. Пластмассовые материалы, область применения

***ЧТО ТАКОЕ ПЛАСТМАССА?***

Основным сырьем для получения пластмасс являются нефть или природный газ. При производстве ПВХ или ПЭ исходным материалом служит этилен, а при производстве ПП пропилен. Этилен и пропилен экстрагируют из этана или получают из газа пропана методом крекинга. ПВХ получают в процессе реакции между этиленом и газообразным хлором, в результате которой образуется винилхлорид и хлористый водород.

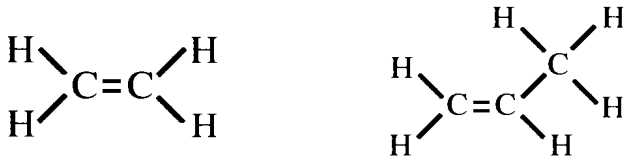
$$CH_2 = CH_2 \qquad Cl_2 \qquad CH_2 = CHCl \qquad HCl$$

*этилен* *газ хлор* *винилхлорид* *хлористый водород*

Винилхлорид затем полимеризуется в ПВХ. В ходе полимеризации молекулы этилена или пропилена преобразуются соответственно в молекулы полиэтилена или полипропилена.

до полимеризации:

*молекула этилена* *молекула пропилена*



после полимеризации:



*полиэтилен (ПЭ)* *полипропилен (ПП)*

Таким образом, пластмасса состоит из больших молекул, представляющих собой длинные углеводородные цепочки. Молекулы могут быть различной длины, с различным количеством ветвей и пр. Наиболее простая форма представляет собой линейную молекулу в виде цепи, практически без ответвлений (рис. 1.1а). Молекулы пластмассы могут иметь более или менее разветвленную структуру (рис. 1.1б). Кроме того в результате образования перекрестных связей молекулярные цепочки могут связываться в трехмерную структуру (рис. 1.1в)

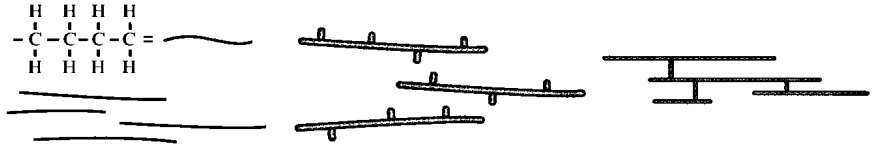


*Рис. 1.1. Структура молекул пластмасс*
*а) линейная молекулярная цепочка; б) разветвленная молекулярная цепочка; в) пространственная структура.*

В зависимости от строения и свойств пластмассы можно разделить на две группы: термопластики и термореактивные пластики

## *ТЕРМОПЛАСТИКИ*

Пластмассы, образованные из линейных или разветвленных молекулярных цепочек, называются термопластиками. Термопластики размягчаются при нагревании и могут формоваться в расплавленном состоянии. У большинства применяемых для производства труб термопластиков размягчение начинается при относительно низкой температуре (60 – 120°С). Это означает, что для труб из термопластика могут потребоваться температурные ограничения в определенных условиях применения.

Применяемые для изготовления труб термопластики содержат, кроме полимеров (молекулярных цепочек) также незначительное количество добавок, в качестве которых наиболее часто применяются:

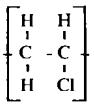
- стабилизаторы;
- смазочные вещества;
- красители;
- наполнители;
- добавки, повышающие динамическую прочность.

Более подробное описание строения и свойств пластмассовых материалов см. в разделах 1 и 2.

## *ТЕРМОПЛАСТИКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ*

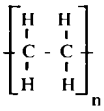
Из всех термопластиков наиболее широкое применение для производства труб получили три материала, а именно ПВХ, ПЭ и ПП. Ниже представлены краткие описания и структурные формулы материалов пластмассовых труб.

### *ПВХ (поливинилхлорид)*



ПВХ в настоящее время является наиболее часто применяемым материалом для производства пластмассовых труб. Благодаря тому, что ПВХ содержит хлорид, при производстве этого материала требуется небольшое количество этилена, что делает получение ПВХ относительно более дешевым по сравнению с получением ПЭ и ПП. Трубы из ПВХ применяются для всех типов напорных и самотечных трубопроводов. Применяются они в качестве защитных футляров для электрических и телекоммуникационных кабелей, дренажных линий, а также производственных технологических трубопроводов, температура среды в которых не превышает +45°С.

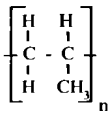
### *ПЭ (полиэтилен)*



Раньше трубы из ПЭ имели обозначение PEL, PEM или PEH, где последние буквы характеризовали плотность материала: L – низкая, M – средняя, H - высокая. Однако этот тип классификации не содержал никаких сведений о долговременной прочности полиэтиленового материала. Поэтому в проводимой европейской стандартизации (CEN) был принят новый метод классификации, основанный на прочности материала: "Minimum Required Strength" сокращенно MRS (минимально необходимая прочность). В соответствии с этим методом указывается давление, которое материал трубы может воспринимать без разрыва в течение не менее 50 лет. Маркировка труб PE100 соответствует прежней маркировке по плотности трубам PEH, а маркировка PE80 охватывает и PEM и PEH прежнего обозначения. Маркировка труб PEL старой классификации теперь классифицируется как PE40.

Трубы из ПЭ имеют ту же область применения, что и трубы из ПВХ. В то же время трубы из ПЭ используются для газопроводов и подводных трубопроводов.

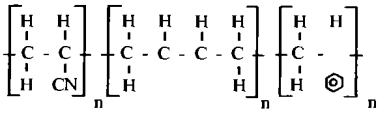
### *ПП (полипропилен)*



Трубы из ПП производятся как из однородного полимера, так и из смеси полимеров – ПП – ПЭ (сополимера; небольшая добавка ПЭ используется для придания материалу большей твердости). Трубы из ПП применяются, главным образом, для внутренних канализационных сетей, подземных канализационных трубопроводов и для технологических производственных трубопроводов.

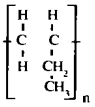
Для изготовления труб, хотя и в значительно меньшем объеме, чем вышеуказанные, используются и другие пластмассы, а именно:

***АБС (акрилнитрил-бутадиен-стирол)***



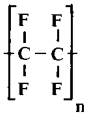
АБС является сополимером, состоящим из акрил-нитрила, бутадиена и стирола, в котором бутадиен присутствует в форме частиц резины. По внешнему виду трубы из АБС похожи на трубы из ПВХ, но имеют более высокую динамическую прочность и термостойкость. Трубы из АБС используются в основном для устройства внутренних канализационных сетей (а также на судах, поездах и т.п.)

***ПБ (полибутан)***



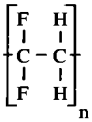
Полибутан изготовляется исключительно из бутана-1. Полибутановые трубы применяются, главным образом, для систем обогрева через полы, для горячего водоснабжения и для производственного назначения.

***ПТФЭ (политетрафторэтилен)***



ПТФЭ является фтористым пластиком, который более известен под торговым названием «Тефлон». Шланги из тефлона применяются в промышленности для технологических производственных сетей с высокой устойчивостью против химических воздействий, а также в условиях высоких температур.

***ПВФ (поливинилфторид)***



ПВФ как и ПТФЭ является фтористым пластиком, который применяется в основном для производства труб технологического назначения.

***ПЭХ (полиэтилен пространственной структуры)***

Полиэтиленовые трубы могут быть также из полиэтилена пространственной структуры и тогда их обозначают как ПЭХ – трубы. Они используются главным образом для подачи воды в водопроводных сетях, для обогрева полов и поверхности земли, в системах отопления через радиаторы, а также в системах центрального отопления в трубопроводах с возвратной водой.

***ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ПЛАСТИКИ***

В процессе производства термореактивные пластмассы подвергаются так называемой закалке, означающей возникновение между молекулами перекрестных связей и образованию трехмерной сетчатой структуры. Если после закалки материал нагревать, то он немного размягчается, но не может расплавиться или принять другую форму. Поэтому термореактивные пластики способны лучше воспринимать механические нагрузки при повышенных температурах, чем термопластики. В отличие от труб из термопластиков, полностью состоящих из однородного материала, трубы из термореактивных пластиков часто являются продуктами из композитных материалов, обычно армированных стекловолокном.

***СВП (стекловолокнистый полистирол)***

Для изготовления труб из СВП используются полистирол и эпоксидные смолы различного качества. Применяются они, главным образом, для производственных технологических трубопроводов жидких сред, а также для крупных подземных напорных и самотечных трубопроводов.

## *ПРОИЗВОДСТВО ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ*

Экструдер является машиной для производства пластмассовых труб методом прессования и выдавливания (рис. 1.2.) В экструдере имеется один или несколько шнеков, которые непрерывно продвигают и в условиях подогрева перерабатывают пластмассовые гранулы или порошок в массу, пригодную для формовки. Горячая пластмасса продавливается через сопло, придающее ей форму трубы. Из сопла труба поступает в калибратор, придающий ей требуемый внешний диаметр, после чего поступает в охлаждающий резервуар.

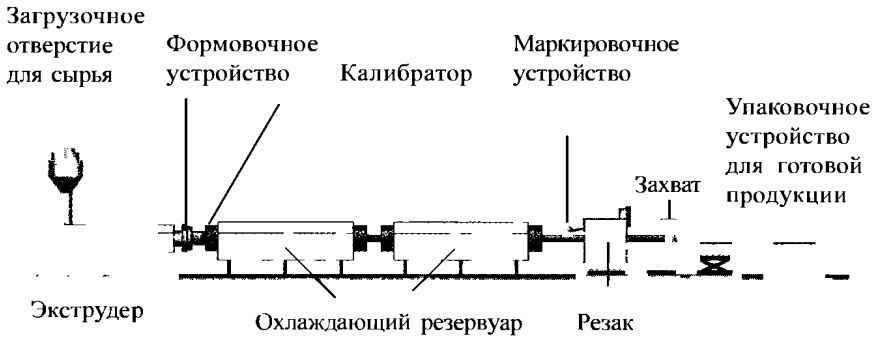



*Рис. 1.2. Схема экструдерной установки.*

При экструзионном методе производства из установки выходит труба непрерывной длины, которая затем разрезается на трубы такой длины, которая удобна для дальнейшего обращения с ними.

При производстве гофрированных труб или труб с фланцами перед соплом монтируются цепочки с различными профилями. Эти цепочки состоят из большого количества «отливочных форм», которые придают стенкам трубы желаемую форму поперечного сечения до того как пластмасса застынет (рис. 1.3.)

Кроме нарезки на заданную длину многие пластмассовые трубы обрабатываются затем в целях снабжения их муфтами, фланцами, пазами и пр. Например, периодически уменьшая скорость выхода трубы, в процессе экструзии можно получить местное утолщение трубы. Эти участки трубы в последующих операциях нагреваются и формируются в муфты.

Трубы из термореактивных пласт-масс изготовляются в основном методом центробежного литья, намоткой или перекрестной намот-кой.

При центробежном литье связующий материал (полиэфиры), возможный наполнитель (песок) и армирующий материал (стекловолокно) впрыскиваются в быстро-вращающуюся форму. Закалка ускоряется циркуляцией горячего воздуха.

При производстве методом намотки пропитанный жгут из стекловолокна непрерывно наматывается на сталь-ной сердечник. В результате обра-

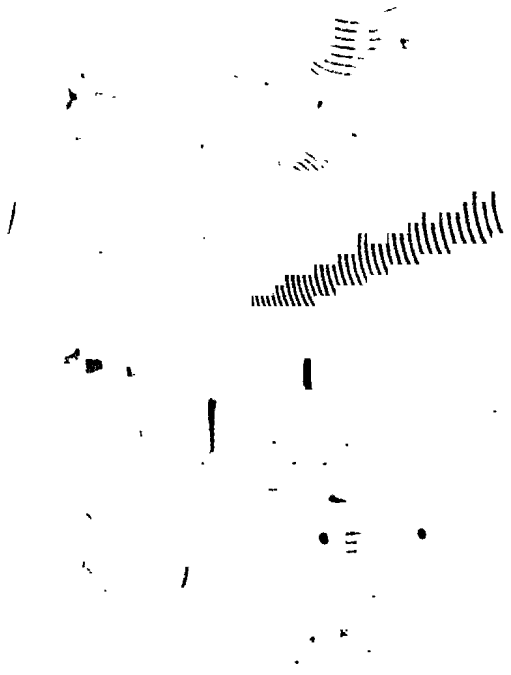


*Рис. 1.3. Оборудование для изготовления гофрированных труб.*

зуется непрерывная труба из стекловолокнистого полистирола, которая затем разрезается на трубы заданной длины. В процессе производства на стенки трубы наносится полиэфир и песок в различных количествах, и этот слой непрерывно закаляется за счет нагрева в процессе формирования трубы.

При производстве методом перекрестной намотки пропитанная стекловолокнистая лента крестообразно наматывается на вращающуюся стальную форму. Каждый вид трубы из стекловолокнистого полистирола формируется за счет намотки на определенную форму заданной длины.

## *ПРОИЗВОДСТВО ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ И СМОТРОВЫХ КОЛОДЦЕВ*

Для изготовления фасонных частей наиболее широко применяются инжекционное формование, формование дутьем и ротационное литье (рис. 1.4.).

При инжекционном формовании расплавленная пластмасса подается в форму под высоким давлением. При охлаждении формы материал пластмассы застывает, после чего форма снимается. Большинство фасонных частей для пластмассовых труб изготовляются методом инжекционного формования.

Смотровые колодцы изготовляются ротационным литьем, инжекционным формованием или из трубных заготовок. Крупные фасонные части также изготовляются из труб и трубных заготовок, которые обрабатываются и собираются вручную. Предпринимаются попытки использования метода формования их дутьем.

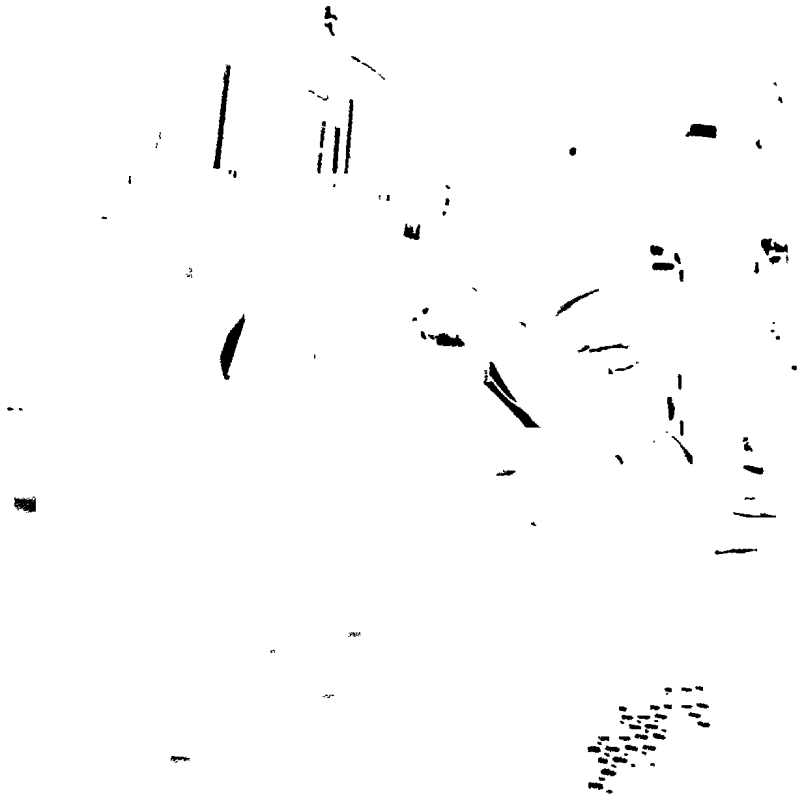


*Рис. 1.4. Изготовление фасонных частей труб методом литья.*

# 1.3. Свойства пластмассовых труб при различных видах воздействия на них

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Этот раздел содержит краткое описание некоторых свойств, присущих пластмассовым трубам с освещением следующих вопросов:

- линейные деформации в пластмассах при механических нагрузках;
- прочность пластмассовых труб при механических нагрузках;
- влияние температурных воздействий;
- продольное расширение;
- изоляционные свойства;
- сопротивляемость химическим воздействиям;
- воздействия на вкусовые качества и запах, выделение химических веществ;
- микробиальное обрастание;
- диффузионная проницаемость;
- износоустойчивость и методика ее определения;
- устойчивость к солнечной радиации.

## *ЛИНЕЙНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В ПЛАСТМАССАХ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ*

Пластмассовые материалы обладают одновременно вязкостью и упругостью и, следовательно, отличаются по своим характеристикам от упругих материалов, таких как сталь. Различие в поведении эластичных и вязко-эластичных материалов отчетливо характеризуется зависимостью между напряжением и линейной деформацией материала на диаграмме s ε, (рис. 1.5.).

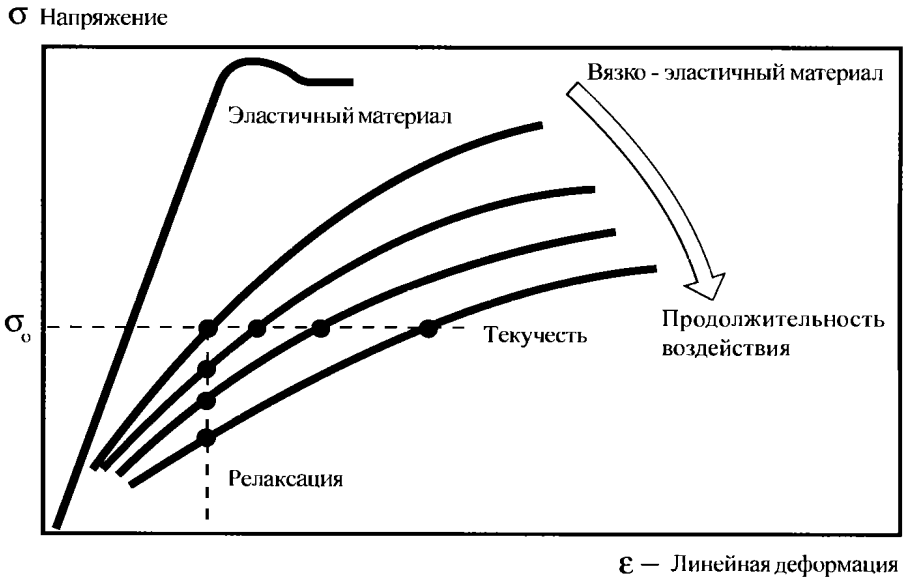



*Рис. 1.5. Зависимость между напряжением и линейной деформацией пластмассовых материалов.*

Для эластичного материала, например, стали, характерна прямолинейная зависимость между s и e вплоть до предела текучести материала. Более того, характер взаимосвязи между s и e не зависит от продолжительности действия нагрузки. Для вязко – эластичных материалов типа пластмасс зависимость между s и e выражается рядом кривых, каждая из которых отражает определенную длительность нагрузки. На рис. 1.5. можно обнаружить два типичных для пластмассовых материалов свойства:

- если пластмассовый материал подвергается постоянной нагрузке (so), то с увеличением длительности воздействия нагрузки увеличивается линейная деформация материала. Это явление называется текучестью.
- если пластмассовый материал подвергается постоянному растяжению (eo), то с увеличением длительности воздействия уменьшается напряжение материала. Это явление называется релаксацией.

Большинство формул, используемых для расчета механически нагруженных конструкций, предполагают, что для них применим Закон Гука, а возникающие деформации являются незначительными. Поэтому эти формулы не могут быть применимы к вязко – эластичным материалам. Расчетные модели для определения линейных деформаций пластмассовых материалов в виде функции напряжения от длительности нагрузки рассмотрены в различных литературных источниках. Однако, такие модели сложны и обычно не применяются в практических расчетах механически нагруженных пластмассовых конструкций. На практике обычно используются те же формулы, что и при расчетах эластичных материалов с введением искусственного приема, в соответствии с которым модуль E для вязко – эластичных материалов рассматривается не как постоянная величина, а как функция нагрузки, длительности воздействия нагрузки и температуры. Более подробное описание линейных деформаций в пластмассовых материалах см. в разделе 3.

Материалы из термопластиков характеризуются большой гибкостью и очень высоким предельным удлинением (часто более 100%). Гибкость означает, что пластмассовые трубы в грунте могут приобретать овальность и частично разгружаться от давления грунта и наземного транспорта задолго до того, как линейная деформация достигнет значения предельно допустимого удлинения. Поэтому трубы из термопластика, положенные в грунте, обеспечивают большую надежность от перегрузок.

Долговременные испытания труб из ПВХ проведены Шведским Государственным центром испытаний, (рис. 1.6). Слева расположена канализационная труба для подземной прокладки, класс T; справа – напорная труба из пластмассы PN 10. Показанная сторона трубного сегмента является внутренней стороной стенки трубы. Испытанные образцы находились в изогнутом состоянии в течении 9 лет, при этом не возникло никаких трещин.

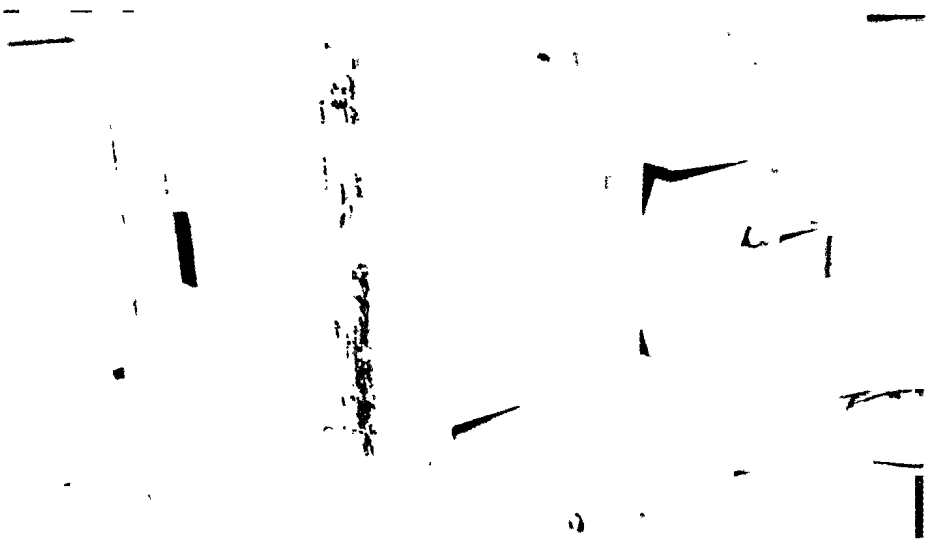


*Рис. 1.6. Устройство для испытания пластмассовых труб на деформацию.*

## *ПРОЧНОСТЬ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ*

Характерной чертой пластмассовых труб является то, что долговременная прочность трубы зависит от напряжения, а взаимосвязь прочности и времени воздействия нагрузки в принципе может быть описана так, как показано на рис. 1.7.




*Рис. 1.7. График зависимости прочности труб от длительности воздействия нагрузки.*

На первом участке кривой испытания (первая стадия) разрушение носит механический характер и ему предшествует большое удлинение. В пределах второй стадии разрушение носит отчасти механический и отчасти химический характер, и разрыв наступает обычно при относительно умеренном удлинении (порядка 1 – 10%). Наконец, в третьей стадии разрыв имеет чисто химическую природу разрушения (деградация материала). Однако эта стадия разрушения происходит через такое длительное время (порядка 300 500 лет), что не принимается во внимание для обычных инженерных сооружений.

Положение кривой разрушения, ее наклон и величина разрыва зависят от материала пластмассовых труб.

Обычно для пластмассовых труб допустимое напряжение принимают так, чтобы его величина соответствовала примерно половине величины прочности при длительности нагрузки в течение 50 100 лет. Это означает, что при кратковременных нагрузках будет примерно 4-кратный запас прочности. Значения запаса прочности также зависят от вида материалов пластмассовых труб.

## *КРИТЕРИИ РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ МЕХАНИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ*

Для назначения параметров пластмассовых труб применяются два расчетных критерия

- допустимое напряжение sдоп ;
- допустимая линейная деформация едоп .

Трубы, изготовленные из термопластиков ПВХ, ПЭ и ПП рассчитываются чаще всего с учетом допустимого напряжения (при температуре +20°С), которое обычно имеет следующие значения:

| Материал | $\sigma_{доп}$. (kN/м²) |
|---|---|
| ПВХ | 10 – 12,5 |
| ПЭ | 5 - 8 |
| ПП | 5 – 6,3 |

Указанные выше значения равны той нагрузке, которую материал способен выдержать длительное время (100 лет) без риска разрушения (коэффициент запаса включен в эти значения). Кратковременно материал может выдержать и большие нагрузки. Линейные деформации для всех вышеназванных материалов являются очень высокими (> 100%). Но значительные линейные деформации не приводят к образованию трещин в материале при снятии напряжения.

Благодаря большой способности пластмассовых труб к восприятию линейных деформаций допустимые значения линейных деформаций для этих труб обычно зависят от конструкции в целом, а не от материала. Практически это означает, что ограничения на конструкцию труб накладываются допустимой степенью овальности прокладываемых в грунте труб из ПВХ, ПЭ и ПП, а не риском возможных в будущем повреждений труб.

Линейные деформации для труб из термореактивных пластмасс (труб, изготовленных из СВП) обычно составляют 1 - 5% в зависимости от типа термореактивного пластика, используемого для производства труб. Микротрещины могут возникнуть и ранее в защитном слое пластика, если материал будет подвергнут линейной деформации при удлинении до значений близких к разрыву.

Поэтому характеристики трубопроводных линий из термореактивных пластиков рассчитываются с учетом допустимого растяжения ($\varepsilon_{доп}$), что обычно составляет порядка 0,3 - 0,5%. Более подробная информация об этом может быть получена у изготовителей труб.

## *ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ*

У всех пластмассовых материалов снижается прочность на растяжение при повышении температуры. Обычно пластмассовые трубы рассчитываются исходя из прочности материала при температуре +20°C. Если температура ниже этого значения, то прочность материала повышается. Это повышение прочности, как правило, не учитывается при назначении параметров трубопровода, но сам факт повышения прочности увеличивает коэффициент ее запаса для труб. Для термореактивных пластмасс и термопластиков с пространственной молекулярной структурой прочность на растяжение меньше зависит от температуры, чем для термопластиков. Поэтому трубы из пластмассы ПЭХ и СВП могут использоваться в условиях несколько более высоких температур, чем трубы из термопластиков (рис. 1.8).

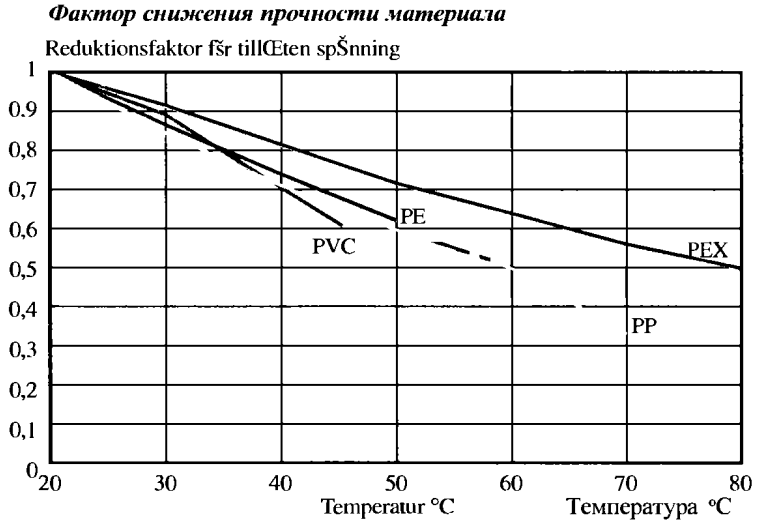



*Рис. 1.8. График зависимости снижения прочности материалов из ПВХ, ПЭ, ПП и ПЭХ от повышения температуры.*

Вообще рекомендуемые значения температуры, при которых могут использоваться пластмассовые трубы, зависят не только от того, работает ли труба в напорных или в самотечных условиях, но также и от того, является ли температурная нагрузка постоянной или временной. В таблице 1.1. приведены усредненные значения максимальных температур, при которых могут применяться трубы из пластмасс. Более подробные данные можно получить у соответствующих изготовителей труб.

*Таблица 1.1. Максимальные значения температур, при которых допускается применение пластмассовых труб.*

| Материал трубы | Усредненные значения предельных температур, °С | | |
|---|---|---|---|
| | Напорные трубопроводы | Самотечные трубопроводы | |
| | | Постоянная температурная нагрузка | Произвольные, мгновенные и кратковременные температурные нагрузки |
| ПВХ | 45 * | 45 | 95 |
| ПЭ | 50 * | 45 | 95 |
| ПП | 70 * | 45 | 100 |
| ПЭХ | 90 * | - | - |

** При температурах свыше 20°С необходимо снижение давления в соответствии с рекомендациями производителя труб.*

Выше было показано влияние температуры на прочность пластмассовых труб при растяжении. Однако, динамическая стойкость (прочность) пластмассовых материалов, напротив снижается со снижением температуры. При температурах выше 0°С пластмассовые трубы имеют очень высокую динамическую прочность. Степень снижения динамической прочности со снижением температуры зависит от вида пластмассовых материалов. Так, например, трубы из полиэтилена и полипропилена типа сополимеров имеют хорошую динамическую прочность даже при таких низких температурах, как – 40°С и – 30°С соответственно, тогда как трубы из поливинилхлорида и полипропилена типа однородных полимеров снижают свою динамическую прочность при температуре несколько ниже 0°С. Следовательно, там где требуется повышенная динамическая прочность, в пластмассу при изготовлении труб могут вводиться добавки, повышающие динамическую прочность материала. За более подробными сведениями о динамической прочности различных материалов для труб, следует обращаться к соответствующим производителям труб.

## *ПРОДОЛЬНОЕ РАСШИРЕНИЕ*

Трубы из термопластиков обычно имеют в 6 – 20 раз большее линейное расширение, чем сталь, тогда как коэффициент линейного расширения для труб из стекловолокнистого полиэтилена значительно ниже (лишь в 2 – 3 раза выше, чем у стали). Усредненные значения коэффициентов линейного расширения для различных пластмасс приведены в таблице 1.2.

*Таблица 1.2. Усредненные значения коэффициентов линейного расширения для различных пластических материалов.*

| Материал | Коэффициент линейного расширения, мм/м °С |
|---|---|
| ПВХ | 0,06 – 0,08 |
| ПЭ | 0,15 – 0,20 |
| ПП | 0,11 – 0,18 |
| АБС | 0,09 |
| ПБ | 0,12 |
| ПВФ | 0,12 |
| ПЭХ | 0,14 – 0,20 |
| СВП | 0,02 – 0,03 |
| (Сталь) | 0,011 |

Поскольку пластмассовые материалы имеют относительно большие значения линейного расширения, то эффект линейного расширения грубы должен учитываться в конструкциях собираемых из труб, которые могут работать в условиях со значительными температурными колебаниями (например, во внутренних канализационных сетях). Меры по компенсации линейного расширения в таких системах более подробно описаны в разделе 3.

## *ТЕПЛО-ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА*

Пластмассовые материалы имеют хорошие теплоизоляционные свойства. Тем не менее для прокладываемых в земле сетей теплоизоляционные свойства грунта зачастую более значимы, чем теплоизоляционные свойства самой трубы. В то же время в случае применения толстостенных пластмассовых труб их теплоизоляционные свойства могут быть значительными. Формулы для расчета температурных потерь в линиях приведены в разделе 6.

Для пластмассовых труб могут быть использованы следующие коэффициенты теплопроводности.

| Материал трубы | Коэффициент теплопроводности, W/м °K |
|---|---|
| ПВХ | 0,16 |
| ПЭ | 0,36–0,43 |
| ПП | 0,14 0,22 |

## *СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ ЖИМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ*

Как правило, пластмассовые трубы имеют очень хорошую устойчивость против воздействия химических веществ. Однако, некоторые химические вещества могут влиять на прочность пластмассовых труб при растяжении. Характер воздействия среды, в которой находится труба, на ее прочностные показатели иллюстрируется кривой разрушения, представленной на рис. 1.9.

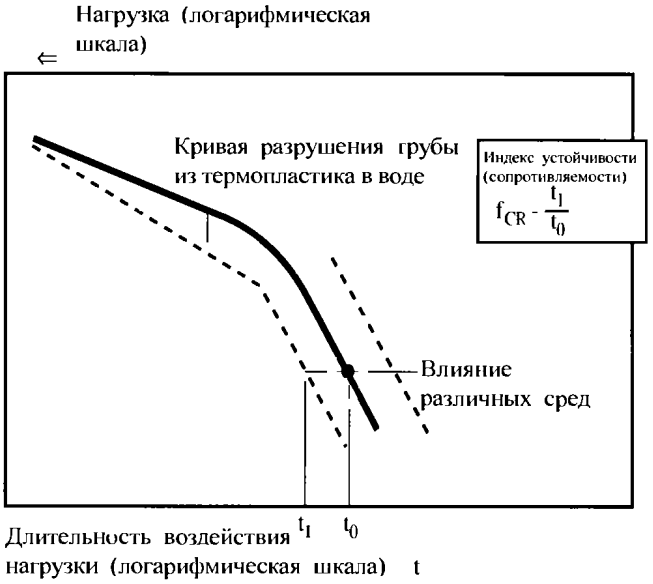



*Рис. 1.9. Эффект химического воздействия на пластмассовую трубу.*

Как пологая, так и круто спадающая части кривой могут смещаться или иметь другой угол наклона в зависимости от рода жидкости, с которой пластмассовая труба находится в контакте.

Сопротивляемость воздействию различных жидкостей для ряда пластмассовых труб приводится в соответствующих таблицах устойчивости материала, например в стандарте ISO/TR 10358. При этом, однако, следует отметить, что устойчивость против воздействия некоторых жидкостей часто может изменяться в зависимости от температуры, концентрации и вида химических соединений, а также длительности их воздействия на пластмассовый материал. Более подробные сведения об устойчивости различных пластмассовых труб против воздействия химических веществ можно получить у соответствующих производителей труб

## *ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВКУСОВЫЕ КАЧЕСТВА И ЗАПАХ. ВЫДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ*

Пластмассовые трубы, предназначенные для подачи питьевой воды, не оказывают никакого влияния на вкусовые качества и запах воды

Шведский стандарт на трубы из ПВХ и ПЭ устанавливает что: *«Материал не должен придавать никакого запаха, вкуса или цвета воде, подаваемой по трубам из этого материала. Он также не должен содержать никаких вредных для здоровья веществ, которые могли бы растворяться в воде в количествах, снижающих каким-либо образом пригодность воды для питьевых целей. Кроме того, материал должен соответствовать требованиям государственных органов, предъявляемым к материалам, находящимся в соприкосновении с питьевой водой.»*

Для труб из поливинилхлорида (ПВХ) в стандарте указывается, что они *«должны изготавливаться из поливинилхлорида без применения средств размягчения и с незначительными количествами присадок. В качестве присадок могут использоваться только стабилизаторы, смазочные материалы, пигменты и мел. Не должны использоваться кадмийсодержащие и барийсодержащие присадки.»*

В стандарте указываются предельно допустимые количества вещества присадок, которые могут выделяться в воду. Известно, что в процессе производства труб из поливинилхлорида присадки обычно концентрируются в виде поверхностной пленки на внутренней стороне трубы. Эта пленка исчезает в результате интенсивной промывки труб водой.

Трубы из полиэтилена содержат кроме полиэтилена также незначительное количество антиоксидантов (стабилизаторов) (< 0,3%), а также красящий пигмент.

Государственные органы указанных ниже стран установили специфичные требования в отношении проведения тестов на запах и вкус, а также токсикологических испытаний материалов используемых для производства водопроводных труб. К этим странам относятся:

- Дания,
- Финляндия,
- Германия,
- Голландия,
- Великобритания,
- Франция,
- Италия,
- США.

Трубы из поливинилхлорида и полиэтилена удовлетворяют всем требованиям соответствующих органов вышеназванных стран. В настоящее время в рамках CEN производится работа по установлению единых европейских требований к материалам, соприкасающимся с питьевой водой.

## *МИКРОБИАЛЬНОЕ ОБРАСТАНИЕ*

Со временем на внутренних стенках водопроводных и канализационных труб появляется биологическая пленка. Такая пленка развивается на всех типах материала труб (бетон, медь, пластмасса и сталь), извлекая для себя питательные вещества из транспортируемой трубой жидкости.

Обширные исследования /4,5/ убедительно показали, что материал труб из ПВХ, ПЭ, ПП и СВП вовсе не ведет к какому-либо повышенному микробиологическому росту в трубах. Напротив, результаты ряда исследований указывают на то, что биологическая пленка в пластмассовых трубах может быть менее значительной, чем в трубах из других материалов, благодаря, вероятно, гладкой поверхности пластмассовых труб, затрудняющей закрепление биологической пленки на стенках.

Всесторонний анализ литературных источников /6/, предпринятый для выяснения причин микробиального обрастания трубопроводов питьевой воды, показывает, что микробиальная пленка возникает из-за непригодности материала труб для этих целей и может наблюдаться в следующих случаях:

- при использовании размягченного ПВХ, например, при покрытии стен резервуаров для воды материей из размягченного поливинилхлорида, или в результате ошибочного соединения механического оборудования гибкими шлангами изготовляемыми из мягкого ПВХ; (трубы из ПВХ не содержат размягчителей);
- при использовании несоответствующих резиновых материалов для прокладок, сальников и уплотнительных колец (натуральной резины);
- при применении непригодных для таких целей смазочных средств в соединительных устройствах;
- при использовании пластмассовых присадок в цементном растворе;
  при использовании непригодных эпоксидных и полистироловых материалов.

Не было зарегистрировано случаев микробиального обрастания труб в водопроводных сетях, выполненных из ПВХ, ПЭ, ПП и СВП.

## *ДИФФУЗИОННАЯ ПРОНИЦАЕ*

Пластмассовые материалы не являются абсолютно герметичными против диффузионной проницаемости, которая зависит от вида материала и повышается с повышением температуры.

В редких случаях отмечалось вызванное диффузией воздействие материала на вкус и запах водопроводной воды в сетях из выпускавшихся ранее полиэтиленовых труб марки PEL. Известно, что болотный газ метан может оказывать влияние на вкус воды в трубах PEL Было выявлено, что в сильно загрязненных грунтах нефтепродукты, в некоторых случаях, оказывают влияние на вкус воды. Все эти случаи относятся только к трубам PEL

## *ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ*

Как правило, пластмассовые материалы имеют высокую износостойкость, что обуславливает целесообразность применения труб из ПЭ и ПП для перекачки шламов (жидкостей, смешанных с твердыми частицами). Износу при перекачке шламов подвергаются в первую очередь трубы на поворотах и изгибах. Наблюдаемый износ в пластмассовых трубах часто составляет лишь ничтожную часть износа, имеющего место на поворотах в стальных трубах.

В самотечных трубопроводах износ пренебрежительно мал, даже если вода содержит значительное количество песка. В трубах из термопластика ожидаемый износ за столетний период работы может составить с большим допуском не более 0,5 мм, что дает основание не принимать его во внимание даже для сетей из тонкостенных труб /7/.

Изучению износа, вызываемого песком в канализационных сетях, был посвящен ряд исследований. Изучение износа труб обычно проводится по методу Дармштадта/ Киршмера, в соответствии с которым труба заполняется смесью воды с песком (гравием) и затем качается вперед и назад с углом наклона 22,5° в каждом направлении (рис. 1.10). Каждый цикл занимает 4–4,5 секунды и предусматривает перемещение 3 кг песка. Через 10000 циклов смесь

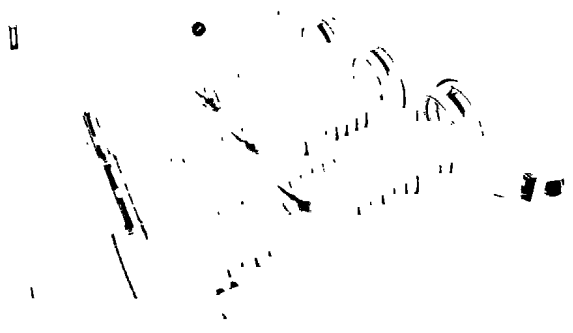


*Рис. 1.10 Испытание пластмассовых труб на износостойкость.*

воды и песка заменяется (во избежание истирания зерен песка до круглой формы). Перед таким испытанием труба взвешивается и заме- ряется толщина мате-риала в зоне ожида-емого износа. После теста труба снова взвешивается и вновь замеряется толщина материала. Датский Технологический институт применил вышеописанную методику испытаний для труб диаметром 200мм, изготовленных из поливинилхлорида и полипропилена. После 130000 циклов (с перемещением 390 тонн песка), что можно считать эквивалентным транспортированию песка в обычной канализационной трубе в течение примерно 195 лет, фактический износ составил 0,1 мм для обоих типов труб. Таким образом, подтверждено, что износом действительно можно пренебречь даже для труб с относительно малой толщиной стенок.

### *УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ*

Ультрафиолетовое облучение ускоряет процесс старения большинства пластмассовых труб. Так, например, воздействие солнечного света может вызвать изменение цвета труб или ухудшить их динамическую прочность. Для защиты пластмассовых материалов от разрушающего воздействия ультрафиолетового облучения в них добавляют пигменты или ультрафиолетовые стабилизаторы. Трубы из ПВХ, ПЭ и ПП выдерживают без всяких изменений качества один год складирования на открытой площадке. Тем не менее пластмассовые трубы должны размещаться так, чтобы не подвергаться длительному солнечному освещению. Пластмассовые материалы различаются по своей чувствительности к ультрафиолетовому облучению и, следовательно, существуют индивидуальные различия в том, как долго тот или иной материал может быть подвергнут воздействию солнечного света. Более подробную информацию о допустимой длительности воздействия солнечного света на пластмассовые трубы и уплотнительные кольца к ним можно получить у производителей соответствующих труб.

## 1.4. Погрузочно-разгрузочные, транспортные операции и складирование

### *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Пластмассовые трубы обычно легкие и редко требуют специального оборудования для их подъема и транспортировки. При операциях с ними необходимо соблюдать обычные меры предосторожности.

### *СКЛАДИРОВАНИЕ*

Трубы из пластика должны складироваться на ровной поверхности и не укладываться в слишком высокие штабели. Нельзя допускать их соприкосновение с острыми предметами поскольку они могут повредить трубы. Длительное складирование на неровном основании может привести к утере трубами своей прямолинейности. При укладке же труб в высокие штабели возникает риск того, что лежащие внизу штабеля трубы могут принять овальную форму. Способы складирования зависят от материала труб..

Необходимо избегать многолетнего хранения труб на открытой площадке в целях предотвращения ухудшения свойств материала труб, см. раздел 1.3. Для стран с жарким климатом могут потребоваться специальные инструкции по складированию. Рекомендуемые производителями труб инструкции по уходу за трубами и их складированию должны строго выполняться.

# 1.5. Соединение труб

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Соединение труб может осуществляться различными способами. В этом разделе дается описание наиболее часто встречаемых типов соединения труб из ПВХ, ПЭ и ПП.

Отмечается, что некоторые типы стыковых соединений могут передавать усилия в продольном направлении, тогда как другие, например, резиновые муфты не способны к передачи растягивающих усилий. При переходе от участка пластмассовых труб со стыковыми соединениями, способными передавать растягивающие усилия, к участку с соединениями, которые не могут их воспринимать, соединение в этой точке должно быть фиксирующим, поскольку иначе возникает опасность того, что оно в этом месте разойдется, когда трубопровод начнет функционировать. Дополнительную информацию см. в разделе 2.3.3. За более подробным описанием стыковых соединений и их свойств следует обращаться к каталогам, выпускаемым производителями изделий.

## *ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ ИЗ ПВХ, ПЭ, И ПП ДЛЯ САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ*

Наиболее часто используемые типы стыковых соединений представлены в табл. 1.3.

*Таблица 1.3.*

| Тип соединения | Самотечные трубопроводы из труб: ПВХ | ПЭ | ПП | Возможность передачи растягивающих усилий |
|---|---|---|---|---|
| Муфты с уплотнительными кольцами | x | x | x | нет |
| Клеевое соединение | x | | | да |
| Торцевая сварка | | x | x | да |
| Электросварка | | x | x | да |
| Механические муфты | | x | x | да |
| Усадочная муфта | x | x | x | нет |

## *ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ ИЗ ПВХ, ПЭ, И ПП ДЛЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ*

Наиболее часто встречающиеся типы стыковых соединений представлены в табл. 1.4.

*Таблица 1.4.*

| Тип соединения | Напорные трубопроводы из труб: ПВХ | ПЭ | ПП | Возможность передачи растягивающих усилий |
|---|---|---|---|---|
| Муфты с уплотнительными кольцами | x | | | нет |
| Поворот - фиксирующие муфты с уплотнительными кольцами | x | | | да |
| Клеевое соединение | x | | | да |
| Торцевая сварка | | x | x | да |
| Электросварка | | x | x | да |
| Фланцевое соединение | x | x | x | да |
| Механическое соединение | | x | x | да |

## *МУФТЫ С УПЛОТНИТЕЛЬНЫМИ КОЛЬЦАМИ*

Соединение посредством муфты или раструба с внутренней кольцевой бороздкой одной трубы с ответным концом, выполненным в виде втулки с внешней кольцевой бороздкой для эластичного уплотнительного кольца, другой трубы является наиболее широко применяемым методом соединения труб из ПВХ. Уплотнительные кольца обычно изготавливаются из синтетической резины, которая выпускается промышленностью в широком ассортименте. Выбор материала уплотнительных колец диктуется характером среды, которая должна транспортироваться по этому трубопроводу. Уплотнительные кольца не воспринимают растягивающих усилий и если возникает необходимость их поглощения, то требуется установка специальных фиксирующих соединительных устройств, (рис. 1.11).



*Рис. 1.11. Соединение посредством муфты или раструба с уплотнительными кольцами.*

## *КЛЕЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ*

Прямое склеивание концов труб применяется преимущественно для технологических трубопроводов из поливинилхлорида (рис.1.12). Клей ПВХ может содержать растворитель, вдыхания которого следует избегать. В этих целях работы по склеиванию труб из ПВХ должны проводиться в строгом соответствии с указаниями Шведского Совета по безопасным методам труда и охране здоровья. Следует подчеркнуть, что трубы из ПЭ и ПП не склеиваются.



*Рис. 1.12. Клеевое соединение пластмассовых труб*

# 1.6. Методы соединения труб из ПЭ и ПП торцевой сваркой

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Торцевая сварка является обычным методом соединения труб из полиэтилена и полипропилена. Такие сварочные работы должны проводиться только квалифицированным персоналом, со значительным опытом в этой области. Выпускаемые поставщиком труб указания по сварке должны выполняться неукоснительно

## *ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОРЦЕВОЙ СВАРКИ*

Торцевая сварка может применяться для труб с диаметром до 1600 мм включительно. Сварка осуществляется с помощью сварочного аппарата, показанного на рис. 1.13.



*Рис. 1.13. Сварочный аппарат.*

Подлежащие сварке концы труб центруются и зажимаются в аппарате, после чего торцевая поверхность труб выравнивается и очищается от окислов. Концы труб затем прижимаются к горячей металлической плите, в результате чего происходит расплавление пластмассы по торцам труб. Когда расплавление достигнет достаточной степени, горячая плита удаляется, а концы труб плотно сжимаются. Часть расплавленной пластмассы при этом выдавливается из шва наружу, образуя кольцевое утолщение шва (рис. 1.14).

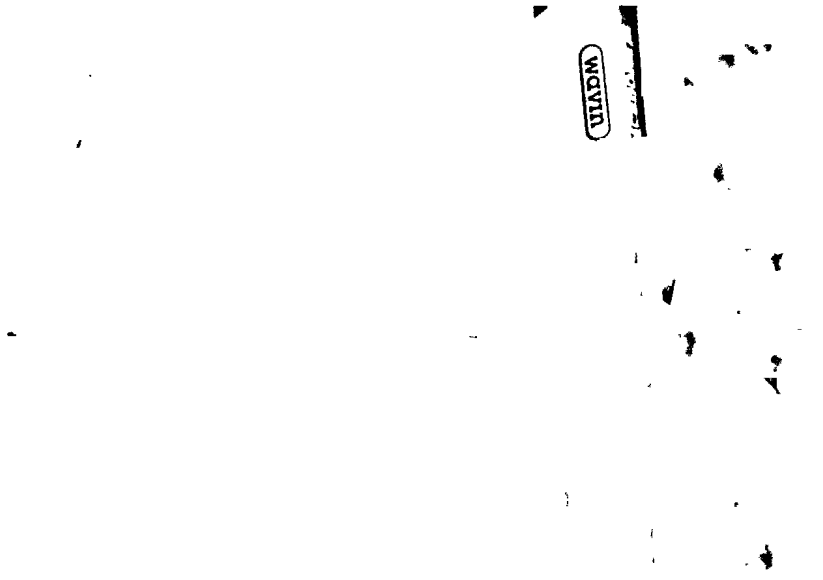


*Рис. 1.14 Устроиство сварного шва*

Шов должен охлаждаться под давлением. Кольцевое утолщение шва в месте соединения, как правило, не удаляют.

## *РАБОЧИЕ ПАРАМЕТЫ ТОРЦЕВОЙ СВАРКИ*

Прочность сварного соединения зависит от того, как осуществлена сварка. Чистота свариваемой поверхности столь же важна, как и соблюдение необходимых сварочных параметров, применяемых при ее осуществлении. К наиболее важным сварочным параметрам относятся:

- температура сварочной плиты;
- давление в зажимном устройстве аппарата;
- длительность нагрева свариваемых поверхностей;
- длительность перевода на режим сварки (длительность, в течение которой производится удаление сварочной плиты);
- давление сжатия свариваемых концов труб;
- длительность охлаждения сварного шва.

Значения рабочих параметров зависят от вида материала, размера труб и наружной температуры, (рис. 1.15.) Устанавливаются параметры сварки самими поставщиками труб.

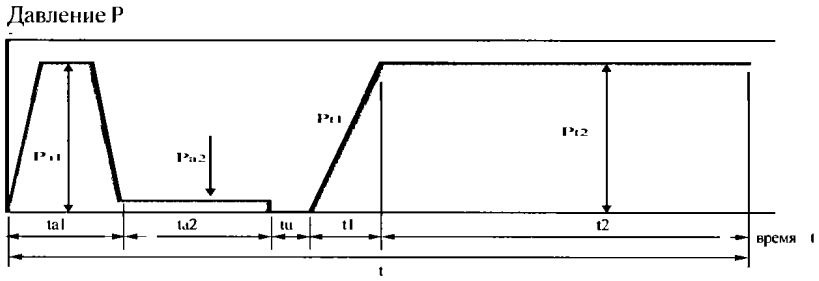



*Рис. 1.15. Рабочие параметры сварки.*

где:
Pa1, бар - рабочее давление сварки;
Pa2, бар - давление в период оплавления торцов труб (0,1 Pa1);
Pt1, бар - восстановление до рабочего давления для сварки;
Pt2, бар - рабочее давление при сварке;
ta1, с - длительность нагрева свариваемых поверхностей на сварочной плите до начала оплавления;
ta2, с - длительность оплавления торцов труб;
tu, с - максимальная длительность периода удаления сварочной плиты;
t1, с - максимальная длительность периода доведения давления до необходимого значения;
t2, с - длительность охлаждения шва под сварочным давлением;
t, с - общая длительность проведения сварки труб.

## *ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ*

Фланцевое соединение для полиэтиленовых и полипропиленовых труб выполняется путем токарной заготовки или отлитого пластмассового фланца и его приварки методом торцевой сварки к трубе в виде так называемого отбортовочного кольца (рис.1.16).

*Рис. 1.16. Вид фланцевого соединения.*

## *ЭЛЕКТРОСВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ*

Электросварное соединение может применяться для полиэтиленовых и полипропиленовых труб диаметром до 630 мм включительно. Для сварки используются специальные муфты, во внутреннюю поверхность которых вмонтирована металлическая спираль (рис. 1.17.)

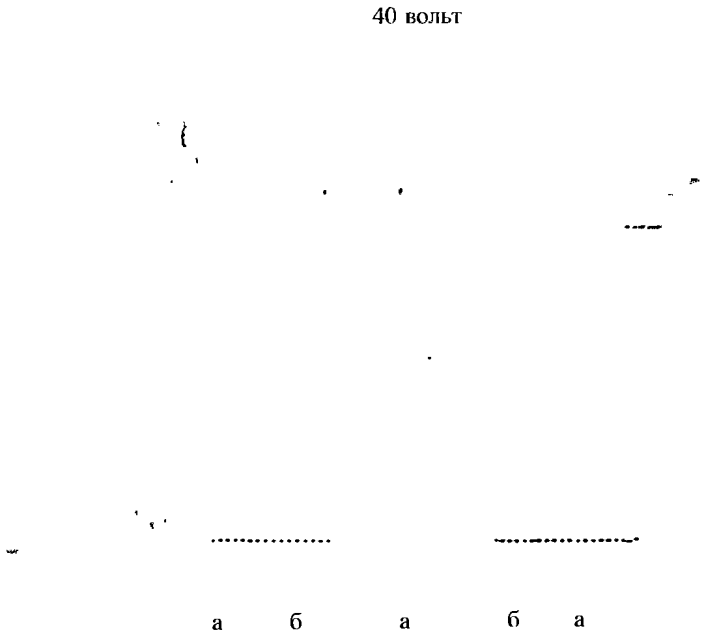



*Рис. 1.17. Электросварка соединительной муфтой*
*а) холодный участок; б) свариваемый участок.*

При подсоединении металлического провода к источнику тока труба и муфта разогреваются настолько, что материал на внешней поверхности трубы и внутренней поверхности муфты расплавляется. Поскольку муфта при нагревании несколько уменьшается в диаметре между ней и трубой обеспечивается хороший контакт, в результате чего происходит сплавление поверхностей. Правильно проведенная таким способом электросварка (чистота является очень важным ее условием) обеспечивает такую же прочность, что и соединение методом торцевой сварки. На рынке представлен широкий ассортимент электросварочных муфт с применением автоматизированных сварочных аппаратов. Сварка становится очень простой операцией.

## *МЕХАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНИЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА*

Механические соединительные устройства применяются в основном для соединения полиэтиленовых труб диаметром до 75 мм. На рынке имеется большое разнообразие таких устройств (рис. 1.18.) Изготавливаются они обычно из латуни или пластмассы. Некоторые виды этих устройств снабжены внутренними уплотнительными



*Рис. 1.18. Механические соединительные устройства для полиэтиленовых труб.*

прокладками или патрубками. Когда соединение стягивается и уплотняется, труба в соединительном устройстве сжимается за счет трения. Очень важно выполнить монтаж соединения тщательно. Некачественный монтаж может стать причиной протечек или других нарушений в будущем.

## *СВАРКА В МУФТАХ ИЛИ В РАСТРУБАХ*

Сварка в муфтах применяется для полиэтиленовых и полипропиленовых труб диаметром до 110 мм. Муфта фасонной части и конец трубы нагреваются при помощи специальной сварочной плиты. По достижении требуемого нагрева сварочная плита удаляется и производится сварка. Соединение методом тепловой сварки трубы с муфтой все чаще заменяется более простым методом электросварки.

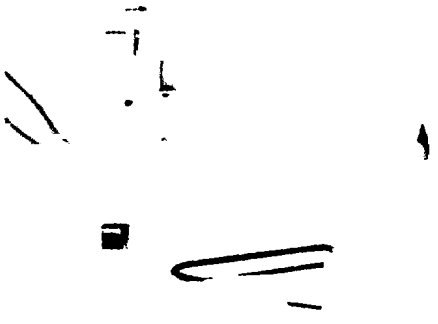


*Рис. 1.19. Нагревание трубы и фасонной части*



*Рис. 1.20. Соединение трубы и фасонной части.*

# 1.7. Повторное использование пластмассовых материалов

## *ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ*

Все термопластические материалы могут быть использованы повторно. Поэтому представляется целесообразным размалывание труб и фасонных частей из термопластика, переплав этой пластмассы и изготовление новых изделий. Чтобы получить высококачественный продукт, использованные трубы необходимо максимально возможно очистить, а также не смешивать различные пластмассовые материалы между собой.

Термореактивные пластики не могут быть переплавлены и сформованы вновь. Поэтому трубы из таких пластиков не могут повторно использоваться в тех же объемах, что и трубы из термопластиков.

## *МЕТОДЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТМАССЫ ТРУБ*

В течении определенного времени производители труб уже повторно используют отходы своих собственных производств. В целях расширения возможности повторного использования отходов производства новых труб, а также труб, отслуживших свой срок и подлежащих замене при реконструкции сооружений, Северное объединение производителей пластмассовых труб (NPG) ввело в 1996 году в Швеции системы повторного использования труб из поливинилхлорида, полиэтилена и полипропилена. Трубы собираются, сортируются, размалываются и материал возвращается производителям труб для изготовления новых изделий (так называемый «замкнутый рецикл»). Уже в течение нескольких лет в Германии и Голландии функционируют заводы по повторному использованию термопластиков труб. Там собираются отработавшие срок трубы, главным образом, из ПВХ, материал которых используется в качестве промежуточного слоя в новых трубах.

## *ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЛАСТМАССЫ*

В сравнении с количеством нефти, ежегодно сжигаемой в Швеции, количество нефти, которое используется для изготовления пластмассовых труб, чрезвычайно мало (<0,5%). Большая часть энергии, затрачиваемой на изготовление труб (25÷55%) сосредоточена в материале трубы. Поэтому представляется целесообразным этот энергетический потенциал труб использовать за счет их сжигания. Полиэтиленовые и полипропиленовые трубы имеют в принципе такую же энергетическую ценность на 1 кг, как и нефть; содержание же энергии в 1 кг труб из поливинилхлорида соответствует почти половине энергетической ценности 1 кг нефти. В таблицах 1.5 - 1.7 приведены некоторые энергетические характеристики для отдельных видов труб из ПВХ, ПЭ и ПП.

*Таблица 1.5. Энергетические характеристики ПВХ, ПЭ и ПП; расход энергии (MJ/кг).*

| Материал | Производство[1] материала | Изготовление труб | Теплота сжигания[2] |
|---|---|---|---|
| ПВХ | 65 | 1,5 2 | 18 |
| ПЭ | 81 | 2 3 | 43 |
| ПП | 80 | 2,2 – 3,5 | 44 |

1) Производство материала, согласно публикации «APME», 1993-1994 гг.
2) Теплота сжигания, согласно публикации: Райман, Мюль и Абфаль, 6/88.

*Таблица 1.6. Относительное энергопотребление и соответственно теплоотдача при сжигании некоторых труб класса Т8 для самотечных канализационных сетей одинакового внутреннего диаметра.*

| Тип трубы | Относительное энергопотребление | Теплоотдача при сжигании |
|---|---|---|
| Гибкие трубы из ПВХ | 1,0 | 0,3 |
| Трубы из ПВХ с многослойными стенками | 0,6 | 0,2 |
| Трубы из ПП с многослойными стенками | 0,7 | 0,4 |
| Гладкие трубы из ПЭ и ПП | 1,6 | 0,8 |

*Таблица 1.7. Относительное энергопотребление и теплоотдача при сжигании напорных труб типа PN10 одинакового внутреннего диаметра.*

| Тип трубы | Энергопотребление при производстве | Теплоотдача при сжигании |
|---|---|---|
| ПВХ | 1,0 | 0,3 |
| ПЭ 80 | 1,9 | 1,0 |
| ПЭ – 100 | 1,1 | 0,6 |

# 1.8. Анализ цикла обращения изделия (АЦО)

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Рассмотрение полностью замкнутого цикла, через который все большую значимость приобретает необходимость всесторонней оценки воздействия того или иного продукта на окружающую среду (включая стадию пользования им и затем ликвидацию его как отхода,а не только воздействия на окружающую среду процесса его производства), привлекает к себе в сегодняшнем обществе все более пристальное внимание. Чтобы направить наши усилия в этой области в нужное русло должна быть обеспечена возможность описания (предпочтительно количественного) воздействия продукта на окружающую среду за весь период его существования «от люльки до могилы». Это делается с помощью анализа цикла обращения (АЦО) продукта, представляющего собой обобщенный термин для множества различных путей оценки суммарного эффекта воздействия продукта на окружающую среду. Первой и главной задачей использования АЦО является выявление направлений улучшения окружающей среды. В концепции АЦО нет ничего, что определяло бы степень детальности проработки или метод подхода к анализу. Анализ может быть достаточно общим и носить чисто качественный характер. Сама цель анализа определяет то, как он должен быть проведен. Чтобы оказать содействие в этих вопросах имеется целый ряд указаний, например «Северные указания по АЦО». Наиболее важным фактором в них является указание на необходимость принятия во внимание всех аспектов от получения исходного сырья до финальной стадии существования продукта, т.к. иначе это не будет анализом обращения продукта. В настоящее время в рамках Международной Стандартизационной Организации проводится работа по созданию международных стандартов на проведение анализа цикла обращения.

***УКАЗАНИЯ ПО АЦО***

Анализ цикла обращения зачастую подразделяется на пять этапов:

1. ***Цель:*** на этом этапе изучения должна быть описана поставленная цель.
2. ***Границы:*** устанавливаются объемы изучения.
3. ***Круг задач изучения:*** классификация процессов, которая показывает их связь с наиболее важными этапами цикла сушествования продукта.
4. ***Оценка воздействия на окружающую среду:*** на этом этапе должна быть дана оценка воздействия на окружающую среду выбросов и отходов, идентифицированных на этапе разработки перечня.
5. ***Анализ чувствительности:*** на этом этапе изучается значимость изменения исходных данных и основы для расчетов и заключений по анализу цикла обращения.

***АЦО ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ***

Большая часть отходов в окружающую среду и потребления энергии для пластмассовых труб (около 85%) происходит в период строительства и эксплуатации сооружений из них. Это показано исчерпывающими исследованиями, заказанными Северным Объединением производителей пластмассовых труб /24/. Отчет по ним касается техники оценки воздействия на окружающую среду с помощью АЦО и охватывает также ряд конкретных природоохранных вопросов, что является довольно редким в исследованиях по этой проблеме. Было изучено, какую нагрузку на окружающую среду создают трубы, имея в виду газы в теплицах, подкисление, выбросы питательных веществ, образование фотохимического озона, смог, токсическое воздействие на здоровье людей и на экологическую систему за период их существования «от люльки до могилы».
Отчет был изучен и одобрен международно признанными экспертами по анализу цикла обращения.

# 2. ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ, ПРОКЛАДЫВАЕМЫЕ В ГРУНТЕ

## 2.1. Деформация пластмассовых труб

### *ЖЕСТКИЕ И ГИБКИЕ ТРУБЫ*

Проложенный в грунте трубопровод, кроме способности воспринимать повышение давления внутри трубопровода, должен также воспринимать внешние нагрузки со стороны грунта, от транспортных средств и возможного давления грунтовых вод. Величина нагрузки со стороны грунта и транспортных средств на трубу будет зависеть от того, в какой степени трубы под нагрузкой могут принимать овальную форму.

В зависимости от способности принимать или нет овальную форму под нагрузкой трубы классифицируются на гибкие и жесткие.

Жесткая труба – это такая труба, которая воспринимает внешние нагрузки без существенного изменения круглой формы поперечного сечения трубы. Повышенные внешние нагрузки на гибкую трубу приводят к увеличению овальности поперечного сечения трубы (рис. 2.1.и 2.2).

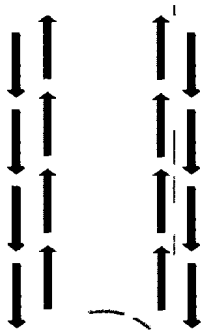


*Рис. 2.1. Давление грунта на гибкую трубу.*

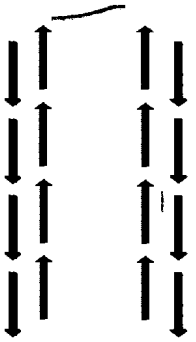


*Рис. 2.2. Давление грунта на жесткую трубу.*

Гибкая труба в грунте, принимающая под нагрузкой овальную форму, подвергается меньшей нагрузке, чем жесткая труба, не изменяющая под нагрузкой формы своего поперечного сечения. Это объясняется тем, что при возникновении овальности в поперечном сечении трубы, давление на нее от грунта обратной засыпки будет частично передаваться за счет трения на грунт по обеим сторонам трубы. Именно поэтому принято считать, что нагрузка на гибкую трубу от грунта обратной засыпки ограничивается лишь весом грунта, расположенного непосредственно над трубой.

Для жесткой трубы вертикальная нагрузка будет увеличиваться в связи с тем, что при осадке засыпного грунта, его вес через силы трения будет передаваться и на грунт, находящейся непосредственно над трубой.

Поскольку нагрузка на гибкую трубу в грунте в значительной степени зависит от способности трубы принимать под давлением овальную форму, то очень важно определить понятие гибкости трубы. Способность к деформациям под нагрузкой выражается через жесткость трубы, которая рассчитывается по уравнению:

$$S = \frac{EI}{D^3} \qquad (2.1)$$

где S - жесткость трубы ($N/м^2$)
E - модуль упругости трубы ($N/м^2$)
I - момент инерции стенки грубы ($м^3$)
D - средний диаметр трубы (м)

Для гладких труб уравнение 2.1. может быть записано так:

$$S = \frac{E}{12}\left(\frac{s}{D}\right)^3 \qquad (2.1a)$$

где s толщина стенки трубы (м).

Таким образом, через понятие жесткости выражается мера деформационных свойств трубы под нагрузкой. Поэтому самотечные трубы, проложенные в грунте и подверженные, в основном, внешним нагрузкам обычно классифицируются через жесткость; см. раздел 2.4.2.

## *МЕТОДЫ РАСЧЕТА*

Большинство пластмассовых труб в обычных условиях можно рассматривать как гибкие трубы и, следовательно, они могут рассчитываться на нагрузку от грунта, которая равна весу насыпного грунта над трубой. Возникающая при этом овальность трубы обусловливается в значительной степени той опорой, которую может получить труба от окружающей ее массы грунта, т.е. от того, до какой степени был уплотнен засыпной грунт. С точки зрения расчета можно предположить, что труба взаимодействует с окружающим ее грунтом, чтобы воспринимать внешние нагрузки. Тогда для деформаций трубы применима следующая принципиальная взаимосвязь:

$$\text{Овальность} = \frac{\text{Нагрузка}}{\text{Жесткость трубы} + \text{Жесткость грунта}}$$

Существует несколько различных методов расчета для оценки овальности прокладываемой в земле гибкой трубы. Однако эти методы расчета основываются, как правило, на одних и тех же базовых принципах, отчего различия в результатах расчета по ним весьма незначительны. В действительности же из-за различий в степени уплотнения грунта вокруг трубы при засыпке зачастую получаются гораздо большие различия между фактически замеренной овальностью трубы и той, что была получена теоретическим путем по различным методам расчета. Для более подробного ознакомления с методами расчета гибких труб, прокладываемых в грунте, см./8, 9/. Ниже дано краткое изложение наиболее распространенного метода расчета.

При расчете овальности гибкой трубы в грунте принимается схема распределения давления земли на трубу, показанная на рис. 2.3.

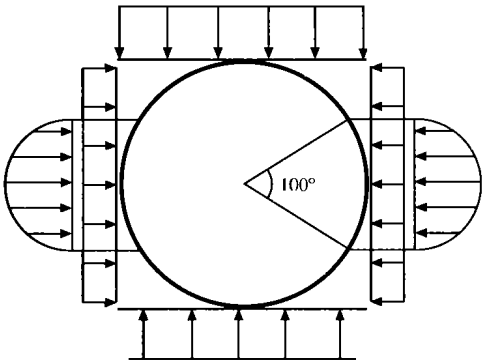



*Рис. 2.3. Схема распределения давления грунта окружающего гибкую трубу.*

В соответствии с принятой схемой распределения давления грунта овальность трубы может быть рассчитана по формуле:

$$\frac{\delta_y}{D} = \frac{Q}{D} = \frac{0.042}{8S + 0.061E_s} \qquad (2.2)$$

где dy/D - овальность трубы, (Рис. 2.4);
Q - вертикальная нагрузка на трубу ($N/м^2$);
S - жесткость трубы ($N/м^2$);
Es - модуль секанса ($N/м^2$) окружающего трубу грунта, (Рис. 2.5);
D - средний диаметр трубы (м).

Уравнение 2.2. предназначено для расчета средней овальности трубы на рассматриваемом участке трубопровода вскоре после укладки труб.

Опытным путем было установлено, что средняя овальность труб на отдельных участках зачастую на 1–2% выше полученной расчетным способом в следующих случаях:

- если трубопровод был уложен без тщательного уплотнения грунта при засыпке и без контроля за засыпкой;
- если труба подвергалась воздействию нагрузки от наземного транспорта в период строительных работ, а глубина укладки составляет менее 1,5 м;
- если уплотнение грунта при засыпке траншеи непосредственно над трубой производилась оборудованием, вес которого превышал 60 кг.

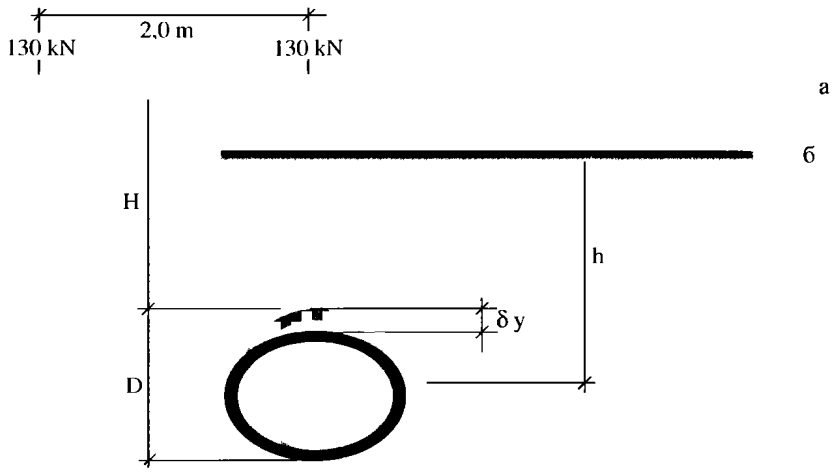



*Рис. 2.4. Нагрузка на пластмассовую трубу, создаваемая грунтом и наземным транспортом*
а) поверхность земли; б) уровень грунтовых вод.

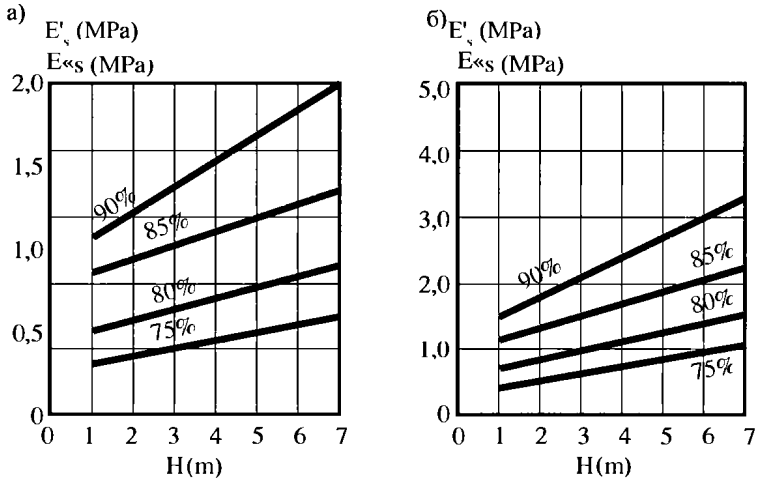



*Рис. 2.5. Модуль секанса E'ₛ для грунта, обладающего фрикционными свойствами*
а) уровень грунтовых вод совпадает с уровнем поверхности земли; б) уровень грунтовых вод ниже труб.

## *ДЕФОРМАЦИЯ ТРУБ В ГРУНТЕ, ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ*

Даже если укладка труб произведена весьма тщательно и аккуратно, на практике часто можно обнаружить, что овальность труб не является одинаковой по всей длине рассматриваемого участка трубопровода. Из-за незначительных неровностей основания и различий в степени уплотнения грунта при первоначальной обсыпке трубы, ее овальность изменяется в определенных пределах по длине рассматриваемого участка. Эти особенности показаны на рис. 2.6.

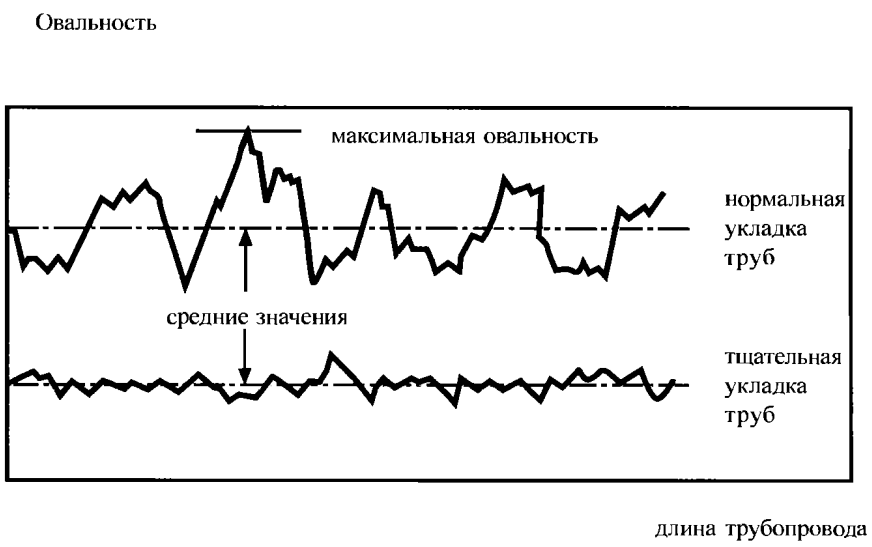



*Рис. 2.6. Фактически замеренная овальность труб вдоль участка трубопровода.*

Известно также, что овальность трубы может несколько увеличиваться в течение первых 1 - 2 лет после прокладки трубопровода (рис. 2.7).

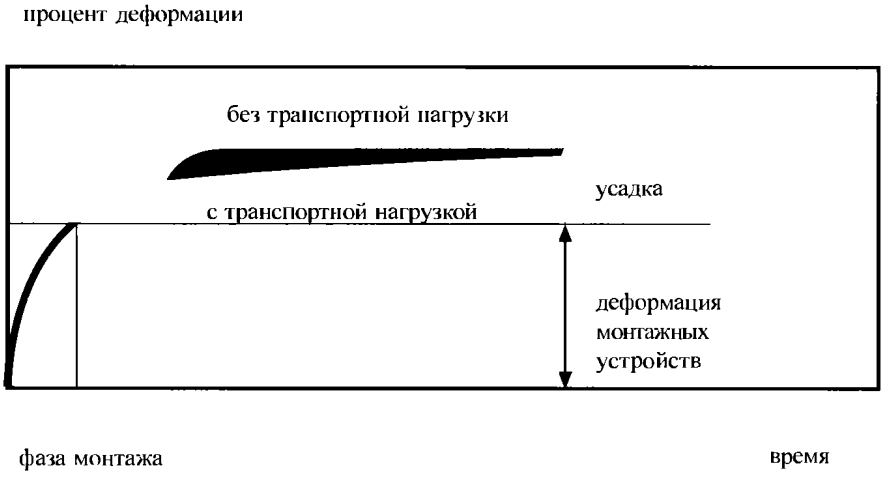



*Рис. 2.7. График зависимости изменения овальности от времени.*

Окончательная средняя овальность труб на участке достигается значительно быстрее, если трубопровод подвергается нагрузке от наземного транспорта, чем если он испытывает нагрузку только от грунта. Более подробное рассмотрение овальности гибких труб, прокладываемых в грунте, дано в /9, 10/.

Чтобы оценить максимальную деформацию труб трубопровода после его укладки, необходимо в расчетную деформацию ввести поправку в соответствии с таблицей 2.1.

*Таблица 2.1. Поправка для расчета максимальной овальности труб трубопровода.*

| | Поправка к расчетной овальности [1] (%) | |
|---|---|---|
| | Тщательно выполненная и контролируемая укладка труб | Не контролируемая укладка труб |
| Не каменистое основание траншеи | 1 - 2 | 2 - 4 |
| Каменистое основание или прокладка траншеи в горной породе | 2 - 3 | 3 - 5 |

[1] Среднее значение для труб с жесткостью несколько ниже 8 kN/м2 и диаметром меньше 400 мм. Для труб с большими диаметрами или значениями жесткости поправка на овальность будет ниже.

Долговременная овальность трубопровода может быть рассчитана тем же путем. что и кратковременная, с той лишь разницей, что полученная по уравнению 2.2 усредненная овальность умножается на коэффициент 1,5 – 2,0.

## *ДОПУСТИМАЯ ОВАЛЬНОСТЬ*

Способность труб принимать овальную форму в значительной степени зависит от их материала. В соответствии с техническими условиями трубы из ПВХ, ПЭ и ПП для прокладки подземных канализационных сетей должны выдерживать 15-процентную овальность при сохранении своей водонепроницаемости. Такая овальность не может явиться причиной каких-либо разрушений трубы в течении 100-летней эксплуатации трубопровода/11/. Поскольку деформационная стойкость труб из ПВХ, ПЭ и ПП очень высокая, то естественно, что ограничения на допустимую овальность устанавливаются вовсе не из опасений повреждения труб. Из практических соображений овальность труб для подземных трубопроводов не должна прсвышать 10%. Значения величины максимально допустимой овальности сразу после прокладки трубопровода в разных странах различны и обычно устанавливаются национальными стандартами. Для северных стран значения допустимой овальности указаны в таблице 2.2.

*Таблица 2.2. Максимальная допустимая овальность труб сразу после прокладки трубопровода.*

| Материал | Максимальная овальность труб сразу после прокладки трубопровода (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SPF 01 | VAV P50 | DS430 | NS3420 | RIL 77 |
| ПВХ | 8 | 8 [1] | 8 | 8 | 8 |
| PEL | 9 | | 10 | 10 | 9 |
| PEM | 9 | 9 [2] | 9 | 9 | 9 |
| РЭН | 9 | 9 [2] | 9 | 9 | 9 |
| ПП | | | 9 | 9 | 8 |
| АБС | | | 8 | 8 | |

[1] Значение уменьшается, если овальность превышает 6%;
[2] Значение уменьшается, если овальность превышает 7%.

Значительно более строгие требования установлены для труб из термореактивных пластиков, чем для труб из термопластиков. Величина допустимой овальности обусловливается в этом случае возможностью расслоения материала трубы и классом ее жесткости. Максимально допустимая овальность труб сразу после прокладки трубопровода обычно находится в пределах 2 – 4%. За более подробной информацией следует обращаться к каталогам изготовителей труб.

## *ВЫПУЧИВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТРУБЫ (КОЛЛАПС)*

Если гибкая труба с низкой жесткостью подвергается большим внешним нагрузкам, например от грунта или от грунтовых вод, то возникает риск выпучивания (коллапса) поперечного сечения трубы Возможность выпучивания обусловливается частично жесткостью трубы, а частично степенью плотности окружающего трубу грунта. Форма выпучивания сечения трубы зависит исключительно от степени уплотненности грунта при первичной обсыпке трубы (рис. 2.8.).

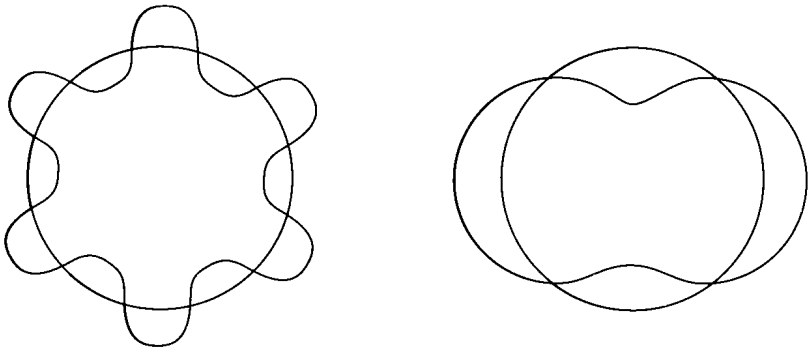


*Рис. 2.8. Формы выпучивания поперечного сечения труб*

Нагрузка, приводящая к выпучиванию гибкой трубы в грунте обычно рассчитывается по формуле:

Нагрузка, вызывающая образование выпуклостей на гибкой трубе, находящейся в грунте, обычно рассчитывается по формуле:

$$q_{вып} = 5.63 \sqrt{S \times E'_t} \qquad \text{(Eq.3)}$$

где S - жесткость трубы (см. раздел 2.1)
$E'_t$ -тангенс модуля грунта обратной засыпки, равный $2E'_t$, (рис. 2.5)

Допустимая нагрузка обычно определяется путем деления нагрузки, приводящей к выпучиванию трубы на коэффициент запаса прочности 2. За более детальной информацией по расчету нагрузки, вызывающей выпучивание гибких труб, прокладываемых в земле, следует обращаться к /9/.

Вообще же можно отметить, что выпучивание редко принимается во внимание при расчетах гибких труб для подземной прокладки. Обычно опасность выпучивания возникает только в случае применения гибких труб очень низкой жесткости (менее 4 kN/м$^2$) при большой глубине их прокладки в рыхлом грунте и высоком уровне стояния грунтовых вод.

Для труб с минимальной жесткостью 4 kN/м$^2$, обсыпаемых шероховатым грунтом, проверка на возможность выпучивания сечения труб требуется лишь при их укладке на глубину более 2,5 м.

Для труб с минимальной жесткостью 8 kN/м$^2$, обсыпаемых неуплотненным глинистым грунтом, проверка на возможность выпучивания сечения труб должна проводиться при глубине их укладки превышающей ~ 6 м.

## 2.2. Рекомендации по прокладке труб

### *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

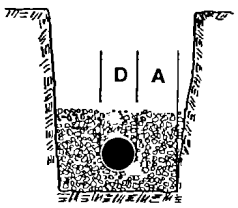
Как следует из раздела 2.1., деформация трубы зависит, прежде всего, от качества выполнения работ по прокладке трубопровода. Правильное выполнение строительно-монтажных работ имеет также важное значение для предотвращения возможных просадок в будущем, и потому строительно-монтажные работы оказывают определяющее влияние на качественные характеристики построенного трубопровода. Инструкции по монтажу пластмассовых труб изложены в /12, 13, 25, 26/. Независимо от материала применяемых труб, строительно-монтажные работы в значительной мере определяют величину напряжений, которым трубы подвергнутся в будущем. В этой связи нельзя не подчеркнуть еще раз важность тщательного и качественного проведения процесса строительно-монтажных работ. Ниже приводятся краткие рекомендации по прокладке пластмассовых труб.

### *ШИРИНА ТРАНШЕИ*

Ширина траншеи должна назначаться из условий обеспечения удобства проведения монтажных работ. Минимальные расстояния между стенкой траншеи и трубой определяются согласно данным таблицы 2.3.

*Таблица 2.3. Рекомендуемые данные для определения минимальной ширины траншеи.*

| Диаметр трубы D (мм) | Амин (см) |
|---|---|
| < 225 | 20[1] |
| 225 – 350 | 25[1] |
| 350 700 | 35 |
| 700 - 1200 | 42,5 |
| 1200 < | 50 |




[1] обсыпка на 30 см вокруг трубы должна быть уплотнена

### *ДНО ТРАНШЕИ*

Дно траншеи должно быть выровнено, без промерзших участков, освобождено от камней и валунов. При очень рыхлых грунтах может потребоваться укрепление дна траншеи. В склонных к смещению или в случае опасности вымывания грунта дно траншеи должно укрепляться слоем геотекстильного материала для отделения такого грунта от трубы. Места выемки валунов или взрыхленного грунта в основании должны быть засыпаны грунтом, уплотняющимся до той же плотности, что и грунт основания (рис. 2.9)

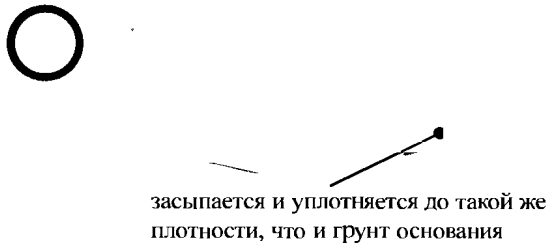



*Рис. 2.9. Уплотнение основания в месте выемки грунта.*

## ПОДУШКА ПОД ТРУБЫ

Подушка под трубы обычно должна устраиваться во всех видах грунтов Для этих целей используется песок или гравий (максимальный размер зерен 20 мм) и толщиной слоя не менее 10 см, но и не более 15 см. Подушка под трубы не должна уплотняться за исключением участков за 2 метра до смотрового колодца или до стенки колодца со стороны входной трубы. Подушка должна быть тщательно выровнена. При прокладке труб должны устраиваться приямки в местах выполнения стыковых соединений (рис. 2.10).

*Рис. 2.10. Приямки в дне траншеи под стыковые соединения.*

Если дно траншеи под трубу ровное и не требует устройства подушки (например, в грунтах с большим внутренним трением) может потребоваться незначительная выемка грунта в основании по ширине трубы и его замена более мягким (рис. 2.11).




*Рис. 2.11. Подготовка дна траншеи в твердых грунтах.*

## ПЕРВИЧНАЯ ОБСЫПКА ТРУБЫ

Вынутый при отрыве траншеи грунт может быть использован для первичной обсыпки трубы при условии, что в нем не содержится камней (максимально допустимый их размер - 20 мм, отдельные камни до 60 мм могут быть оставлены в грунте). Если грунт для обсыпки предполагается уплотнять, то он должен быть пригодным для такой операции. Если же вынутый грунт не годится для обсыпки трубы, то для этой цели должен использоваться песок или гравий с размером фракций @ 22 мм или щебень с размером фракций 4 – 22 мм, /12/.

Первичная обсыпка труб должна осуществляться по всей ширине траншеи на высоту не менее 0,15 м от верха трубы. Уплотнение грунта при обсыпке трубы там, где это требуется, должно проводиться слоями толщиной 0,15 – 0,20 м. Первый слой не должен превышать половины диаметра трубы, но не более 0,20 м. Второй слой отсыпается до верха трубы, но также толщиной не более 0,20 м. Непосредственно над трубой трамбование грунта не допускается (рис. 2.12 и таблица 2.5.).

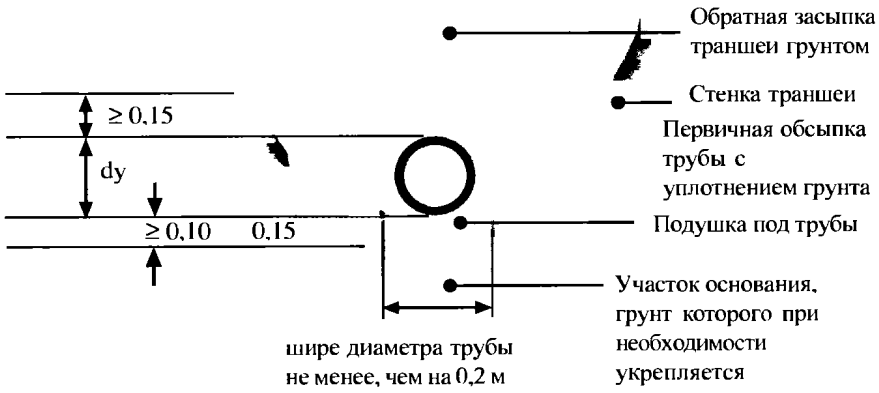



*Рис. 2.12. Защитная обсыпка трубы.*

Степень разгрузки, которую гибкая труба получает за счет передачи нагрузки через обсыпку на боковые стенки грунта зависит не только от характера грунта, но также от степени его уплотнения. Степень же уплотнения зависит от вида применяемого для этой цели оборудования, количества трамбовочных проходов и толщины уплотняемых слоев. Обычно применяемые для засыпки гибких трубопроводов категории уплотнения указаны в таблице 2.4.

*Таблица 2.4. Категории уплотнения для обсыпки гибких трубопроводов.*

| Категория уплотнения | Обозначение | Стандарт. плотность по Проктору (%) | Модуль плотности по Проктору (%) |
|---|---|---|---|
| Легкое | Л | > 88 | > 85 |
| Тяжелое | Т | > 93 | > 90 |

В таблице 2.5 указывается количество трамбовочных проходов и максимальная толщина уплотняемых слоев, необходимых при применяемом способе уплотнения.

*Таблица 2.5. Толщина уплотняемых слоев и количество трамбовочных проходов.*

| Способ уплотнения | Количество проходов для достижения требуемой категории уплотнения | | Максимальная толщина уплотняемого слоя | | | Минимальный слой обсыпки над верхом труб до уплотнения (м) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Взрыхленная | | | |
| | Т | Л | Гравий, песок | плотная глина | Сыпучая глина | |
| Уплотнение ногами | - | 3 | 0,15 | 0,10 | 0,10 | 0,20 |
| Уплотнение ручным штампом, весом мин. 15 кг | 3 | 1 | 0,15 | 0,10 | 0,10 | 0,20 |
| Уплотнение виброштампом, весом мин. 70 кг | 3 | 1 | 0.30 | 0,20 | | 0,30 |
| Уплотнение виброционной плитой, весом мин. 50 кг | 4 | 1 | 0,10 | - | - | 0,15 |
| мин. 100 кг | 4 | 1 | 0,15 | - | | 0,15 |
| мин. 200 кг | 4 | 1 | 0,20 | 0,10 | - | 0,20 |
| мин. 400 кг | 4 | 1 | 0,30 | 0,15 | - | 0,30 |
| мин. 600кг | 4 | 1 | 0,40 | 0,15 | | 0,50 |

Крупнозернистые материалы, такие как щебень с размером фракций 8 – 12 мм, 8 – 16 мм или галька 8 – 22 мм, являются самоуплотняющимися материалами и при их использовании для засыпки слоями толщиной 0,15 – 0,20 м обеспечивается категория уплотнения Т.

## *ЗАСЫПКА ТРАНШЕИ*

Засыпка траншеи может осуществляться вынутым из нее грунтом при условии, что размер самых крупных валунов в нем не превышает 300 мм. Размер камней однако не должен превышать 60 мм там, где слой защитной обсыпки трубы менее 0,3 м до ее верха.

# 2.3. Напорные трубопроводы

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

В этом разделе кратко освещаются следующие вопросы:

- элементы гидравлического расчета напорных трубопроводов, учитывающих степень влияния свойств пластмассовых материалов на гидравлические характеристики труб (раздел 2.3.1.);
- на какие виды нагрузок целесообразно проводить расчет трубопроводов из напорных пластмассовых труб (раздел 2.3.2.);
- практические соображения по расчету и устройству напорных трубопроводов из пластмассовых труб (раздел 2.3.3.);
- существующий ассортимент напорных труб из поливинилхлорида, полиэтилена и полипропилена для напорных трубопроводов (раздел 2.3.4.).

## 2.3.1. Гидравлический расчет трубопроводов

***РАСХОД ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ТРУБУ, ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Расход жидкости через работающую полным сечением трубу определяется следующей формулой:

$$Q = VA \quad . \qquad (2.4)$$

где: Q - расход жидкости ($м^3$/сек);
V - скорость течения (м/сек);
A - площадь внутреннего поперечного сечения трубы ($м^2$).

При движении жидкости по трубопроводу имеют место потери напора за счет трения, что означает падение давления в трубопроводе по направлению движения потока (рис. 2.13).

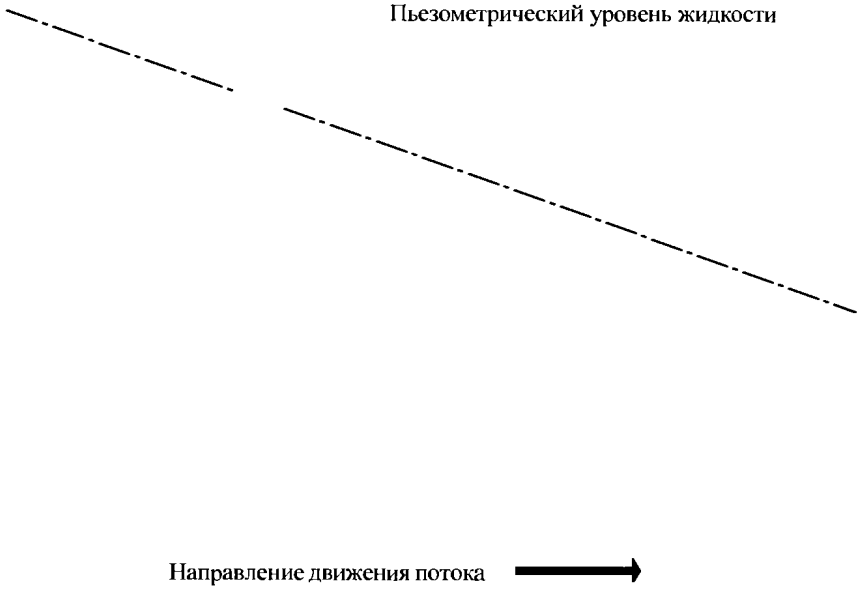



*Рис. 2.13. Схема падения давления по длине напорного трубопровода.*

## *КОЭФФИЦИЕНТ ШЕРОХОВАТОСТИ*

На величину потерь в трубопроводе за счет трения, влияют скорость потока жидкости, диаметр трубы и гладкость внутренней поверхности трубы (коэффициент шероховатости, **k**).

Пластмассовые трубы имеют очень гладкую внутреннюю поверхность, и, следовательно, очень низкое значение коэффициента шероховатости **k**. Ниже указаны значения **k** обычно применяемые при расчетах характеристик труб из разных пластмассовых материалов:

| Труба из: | **k** (мм) |
|---|---|
| ПЭ, ПП, ПВХ с D < 200 мм | 0,01 |
| ПЭ, ПП, ПВХ с D > 200 мм | 0,05 |
| СВП | 0,1 |

Со временем на внутренней поверхности действующих канализационных трубопроводов может образоваться пленка из транспортируемых сточной водой веществ, которая постепенно может привести к повышению коэффициента шероховатости. Тем не менее, замеренные коэффициенты шероховатости в пластмассовых трубах очень редко превышают 0,2 мм. В действительности коэффициенты шероховатости для новых пластмассовых труб значительно ниже, указанных значений, /14/.

## *ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ В ПРЯМОЛИНЕЙНОМ ТРУБОПРОВОДЕ*

Потери на трение в трубопроводе рассчитываются обычно по формуле Колбрука-Прандтля-Никурадзе:

$$\frac{v}{v_f} = -2{,}5 \ln\left[\frac{k}{3{,}3d} + \frac{\nu}{dv_f}\right] \qquad (2.5)$$

где:
v - средняя скорость движения жидкости в трубе;
$v_f$ - фрикционная скорость, равная $= \sqrt{g \cdot \frac{d}{4} \cdot i}$
*i* - потери напора на единицу длины напорного трубопровода;
*d* - внутренний диаметр трубы;
**ν** - кинематический коэффициент вязкости;
**k** - коэффициент шероховатости;
g - ускорение силы тяжести 9.81 м/сек$^2$;
ln - натуральный логарифм.

Номограмма для определения потерь напора на трение приведена на стр. 113-114.

Потери на трение могут также быть вычислены с использованием формулы Маннинга:

$$v = M \left(\frac{d}{4}\right)^{2/3} \quad i^{1/2} \qquad (2.6)$$

где:
v - средняя скорость движения жидкости в трубе;
M - коэффициент Маннинга, равный 25/6**k**;
**k** - коэффициент шероховатости (мм);
d - внутренний диаметр трубы;
i - потери напора на единицу длины напорного трубопровода.

## *МЕСТНЫЕ ПОТЕРИ*

Как правило трубопроводы состоят не только из прямолинейных участков, но и включают участки с другим сечением труб, повороты, вентили, задвижки и пр. Это ведет к изменению характера течения жидкости в трубопроводе и, следовательно, к дополнительным потерям энергии, которые в форме потерь напора должны добавляться к потерям напора на трение по длине трубопровода. Такие местные потери описываются уравнением:

$$h_t = -\frac{k \cdot v^2}{2g} \qquad (2.7)$$

Здесь коэффициент k выражает величину местных потерь и обусловлен в основном геометрической конструкцией трубопровода. Местные потери возникают при:
- увеличении поперечного сечения трубы ($k_r$), обычно 0,20 – 0,75;
- уменьшении поперечного сечения трубы ($k_a$), обычно 0,02 – 0,07;
- повороте трубы ($k_к$), обычно 0,1 – 0,5;
- установке вентилей, задвижек ($k_v$);
- ответвлении от трубы ($k_g$).

Местные потери во входных отверстиях с острыми краями могут быть в десятки раз больше, чем в плавно закругленных отверстиях.

## *ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ*

В напорных трубопроводах вода транспортируется под избыточным давлением. Пропускная способность является функцией падения давления вдоль трубопровода. Падение давления обусловливается потерями энергии по длине трубопровода на трение о стенки трубы и местными потерями, возникающими на поворотах, в вентилях, ответвлениях и т.д.

Величина давления в трубопроводе определяется характеристиками совместной работы насоса и самого трубопровода (рис. 2.14).

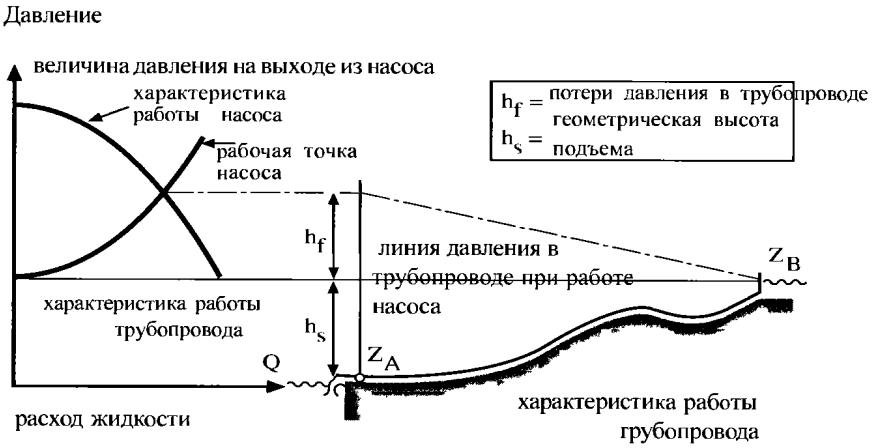



*Рис. 2.14. Характеристика совместной работы насоса и трубопровода.*

## *ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР*

Всякое изменение скорости движения жидкости в трубе вызывает изменение давления в ней. При резком изменении давления в трубопроводе возникает так называемый гидравлический удар. Величина и частота колебаний при его распространении зависят от сжимаемости жидкости и эластичности стенок трубы. Возникает гидравлический удар в напорных трубопроводах при резком открытии или закрытии задвижек, а также при запуске или остановке насосов.

Рассчитать силу гидравлического удара довольно сложно. Методы расчета можно найти в справочниках /14 и 15/. Зачастую для этих целей используют также компьютерные программы.

В отношении способности пластмассовых труб воспринимать гидравлический удар, необходимо отметить следующее:

а) скорость распространения гидравлического удара в термопластиковых трубах из ПЭ, ПП и ПВХ значительно ниже, чем в трубопроводах из ковкого чугуна или стали (обычно 250–450 м/сек против более 1000 м/сек). Величина гидравлического удара прямо пропорциональна скорости распространения ударной волны, что и объясняет почему гидравлический удар в пластмассовых трубопроводах ниже, чем в аналогичных трубопроводах из стали или ковкого чугуна;

б) кратковременная прочность трубы из термопластиков зачастую почти в 4 раза выше указанного в соответствующем ей классе. Иными словами пластмассовые трубы могут выдерживать кратковременные нагрузки более высокие, чем указанные в классификации без особого риска возникновения повреждений. Обычно считается, что трубы из термопластиков (ПЭ, ПП и ПВХ) не требуют расчета на гидравлический удар, если максимальное давление в трубопроводе при гидравлическом ударе не превышает в 1,5 раза номинальное давление, установленное для класса этих труб, а количество гидравлических ударов в течение всего срока службы трубопровода не превысит $10^7$, /3/.

***ВАКУУМ***

В соответствии с изменениями давления, вызванными гидравлическим ударом в трубопроводе, возникает отрицательное давление (рис. 2.15.). Если отрицательное давление будет достаточно большим (около 10 м водн. столба), то сплошность потока жидкости в трубе нарушается и возникает вакуум.

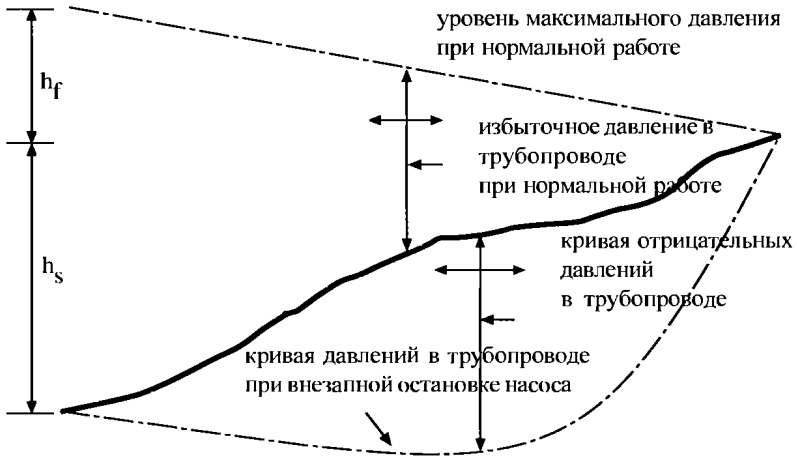



*Рис. 2.15. Пример возникновения различных состояний давления в трубопроводе.*

Напорные трубопроводы должны быть рассчитаны так, чтобы отрицательное давление в них никогда не достигало уровня, при котором мог бы возникнуть вакуум. Необходима также проверка на соответствие принятых соединений труб требованиям обеспечения герметичности в случае отрицательного давления, а также на соответствие запаса прочности против выпучивания труб; см. раздел 2.1.

## 2.3.2. Расчет прочности труб

***ВНУТРЕННЕЕ ДАВЛЕНИЕ***

Напряжение, возникающее в стенках трубы, в результате внутреннего давления жидкости в ней, может быть рассчитана при помощи формулы:

$$\sigma = P \times \frac{D}{2s} \qquad (2.8)$$

где:

P - давление в трубе (рис. 2.16);
D - средний диаметр трубы;
s - толщина стенок трубы.

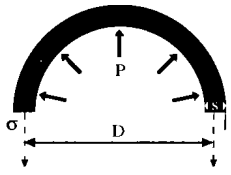



*Рис. 2.16. Схема воздействия давления в трубопроводе на стенки трубы.*

Допустимое напряжение зависит от материала пластмасс, что означает различную толщину стенок для труб из разных материалов. Пластмассовые трубы изготавливаются в соответствии со стандартизованными классами давлений (обычно PN 4, PN 6.3, PN 10 и PN 16), где класс давления указывает допустимое (постоянное) рабочее давление в трубопроводе в течение всего срока его службы при температуре +20о С.
Кратковременно могут допускаться более высокие давления в трубе, например, при гидравлическом ударе, см. раздел 2.3.1. Если же температура будет выше +20о С, то допустимое рабочее давление должно быть снижено. Степень этого снижения зависит от вида пластмассовых материалов; см. раздел 1.3.

***ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ***

Давление, при котором происходит выпучивание сечения в незасыпанной грунтом пластмассовой трубе, можно рассчитать по формуле:

$$P_{buckl} = 24 \cdot \frac{EI}{D^3} \cdot \left( \frac{100 - \frac{\delta}{D}}{100 + \frac{\delta}{D}} \right)^{4.62} \qquad (2.9)$$

где:

$P_{вып}$ - давление выпучивания;
E - модуль упругости трубы;
I - момент инерции стенки трубы:
D - средний диаметр трубы;
d/D - овальность трубы (%).

***НАГРУЗКА, ОКАЗЫВАЕМАЯ ГРУНТОМ И НАЗЕМНЫМ ТРАНСПОРТОМ***

Подход к расчету нагрузки от грунта и наземного транспорта на прокладываемую в земле трубу был изложен в разделе 2.2. Трубы из термопластиков класса PN 10 и выше при строгом выполнении указаний по прокладке труб, изложенных в разделе 2.3, воспринимают нагрузки от грунта и наземного транспорта, и нет необходимости снижать значение допустимого рабочего давления. Для труб же из термопластиков класса PN 6 и ниже допустимое рабочее давление в трубе может быть снижено, если трубы прокладываются на большой глубине или в случае высоких нагрузок от наземного транспорта. Тем не менее, если все правила укладки труб были соблюдены, то и в этих случаях допустимое рабочее давление обычно составляет не менее 70% от соответствующего этому классу труб давления.

Для труб из стекловолокнистого полиэтилена должны проводиться проверочные расчеты способности трубы выдерживать суммарную нагрузку от грунта, наземного транспорта и внутреннего давления так, чтобы не превышались допустимые линейные деформации в стенках трубы; см. раздел 1.3.

## 2.3.3. Проведение монтажных работ

***МЕРЫ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ СИЛЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА***

При помощи расчетов можно установить, существует ли опасность возникновения гидравлического удара. Есть несколько способов ограничения силы гидравлического удара. Например, за счет:

- контроля за работой насосного оборудования;
- установки воздушных емкостей:
- устройства уравнительных резервуаров (башен)

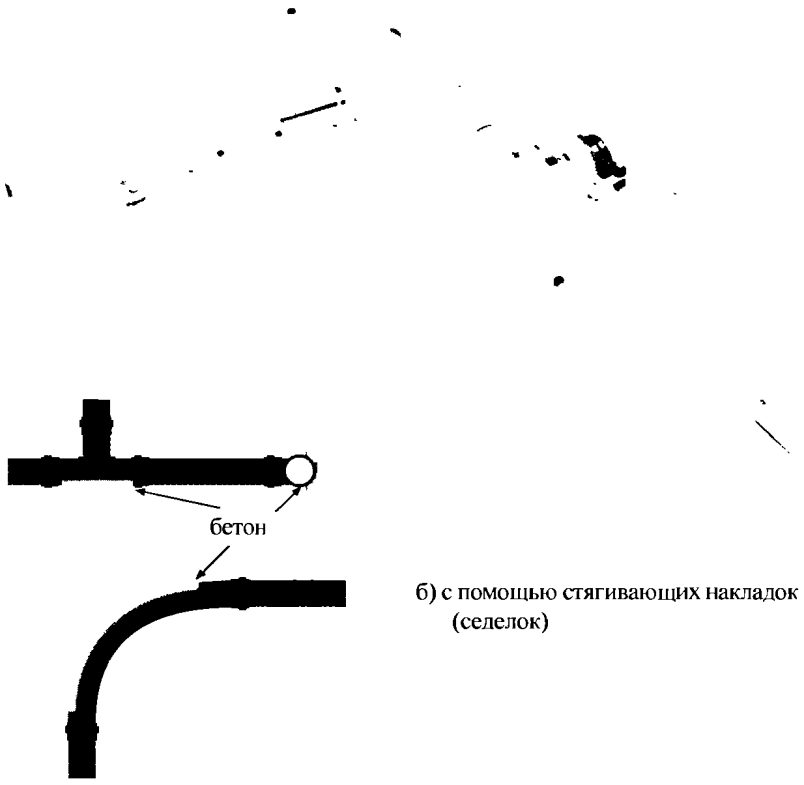
Выбор материала для трубопровода также влияет на силу гидравлического удара. Понижением модуля E упругости материала труб можно понизить и силу гидравлического удара.

## *АНКЕРОВКА ТРУБ*

На напорных трубопроводах с соединением труб, не обеспечивающим восприятие растягивающих усилий (например, на трубопроводах при соединениях муфтами с уплотнительными кольцами), должна выполняться анкеровка труб в следующих местах:

- на поворотах;
- на ответвлениях;
- изменения диаметров труб;
- установки задвижек. пожарных гидрантов;
- установки заглушек для будущих присоединений.

Анкеровка труб может выполняться в виде жестких стягивающих накладок или упоров (рис.2.17).




б) с помощью стягивающих накладок (седелок)

а) с устройством упоров

*Рис. 2.17. Примеры анкеровки пластмассовых труб*

Цельносварные трубопроводы обычно не требуют анкеровки или устройства упоров. Для цельносварных трубопроводов из ПЭ и ПП иногда желательно приваренные литые сегменты на поворотах и ответвлениях заливать бетоном в виде упора с целью избежать концентрации напряжений в трубопроводе. По вопросам конкретного выполнения таких упоров следует обращаться к соответствующим изготовителям труб.

Если имеются переходы от участка трубопровода из пластмассовых труб с соединениями, способными воспринимать растягивающие усилия (например, сварные трубопроводы из ПЭ и ПП), к участку с другим трубопроводом (например, трубы из ПВХ с муфтами), то очень важно заанкерить концы трубопровода, способного выдерживать растяжение. Особенно важна такая анкеровка при прокладке воспринимающего растяжение трубопровода в футляре. Причина этого заключается в том, что давление воды в пластмассовом трубопроводе приводит к незначительному увеличению его диаметра и может произойти соответствующее сокращение длины трубопровода, если он не заанкерен.

## *ГЛУБИНА ПРОКЛАДКИ ТРУБ*

Как правило, трубопровод прокладывается на глубине промерзания грунта. Эта глубина зависит не только от географического положения объекта, но и от вида грунта. Укладываемые в пределах глубины промерзания трубопроводы должны быть утеплены. Теплоизоляция трубопровода в траншее выполняется обычно из листового ячеистого стирола получаемого экструзионным методом. Пример выполнения изоляционных работ показан на рис. 2.18.

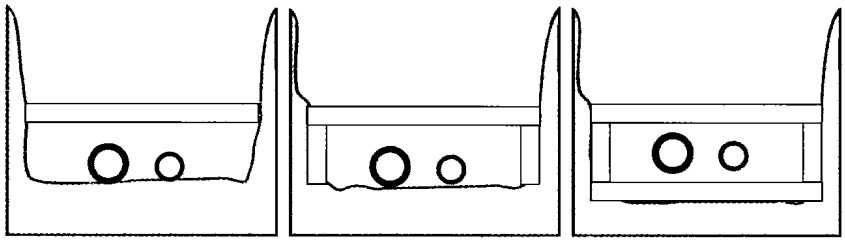


*Рис. 2.18. Пример устройства теплоизоляции труб в траншее.*

По другому варианту пластмассовые трубы могут быть уложены в специальном теплоизоляционном футляре, в котором может также прокладываться электрокабель для целей обогрева (рис. 2.19).

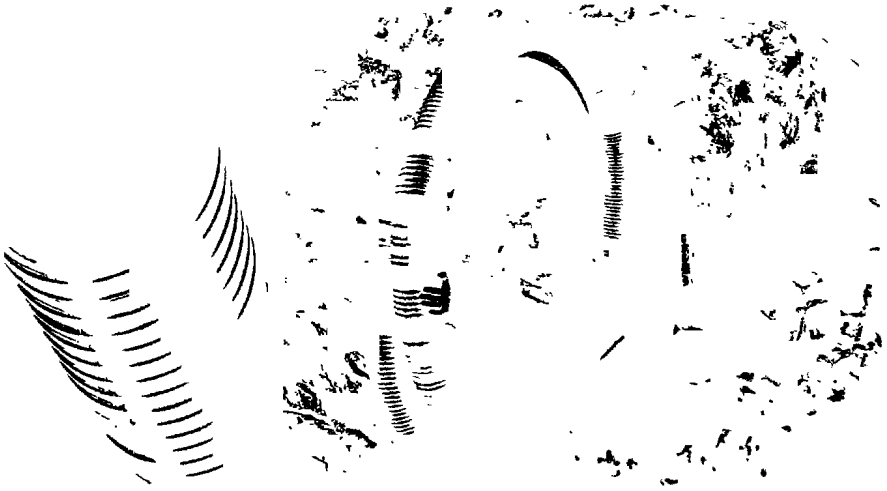


*Рис. 2.19. Пример теплоизоляционного футляра и способа его укладки.*

Что касается нагрузок на трубу от грунта и наземного транспорта, то на глубину прокладки пластмассовых трубопроводов обычно накладываются следующие ограничения:

| Условия прокладки трубопровода | Глубина прокладки (м) |
|---|---|
| В зонах, где полностью исключена нагрузка от наземного транспорта | 0,3 – 6 [1] |
| В зонах с ограниченным движением наземного транспорта (например, дворы, стоянки для машин) | 0,6 – 6 [1] |
| В зонах с высокими транспортными нагрузками | 1,0 – 6 [1] |

1) Большее значение глубины прокладки может потребоваться после изучения характера нагрузок.

## *ПРОКЛАДКА ТРУБ*

См. раздел 2.2.

## *ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ*

После монтажа трубопровода и засыпки обычно проводятся его гидравлические испытания под давлением. Проверка на герметичность осуществляется в соответствии с требованиями действующих в стране нормативов, см. раздел 6.1. Гидравлические испытания на герметичность пластмассового трубопровода проводятся только после его пребывания под давлением в течение определенного времени (обычно не менее 24 часов под давлением, соответствующим номинальному давлению класса его труб). Причина этого объясняется тем, что под давлением пластмассовые трубы увеличиваются в диаметре, что становится заметным только в течение первых суток функционирования трубопровода, (рис. 2.20).

Падение давления, вызванное расширением труб, может быть неправильно истолковано как утечка, если испытание на герметичность будет проведено слишком рано.

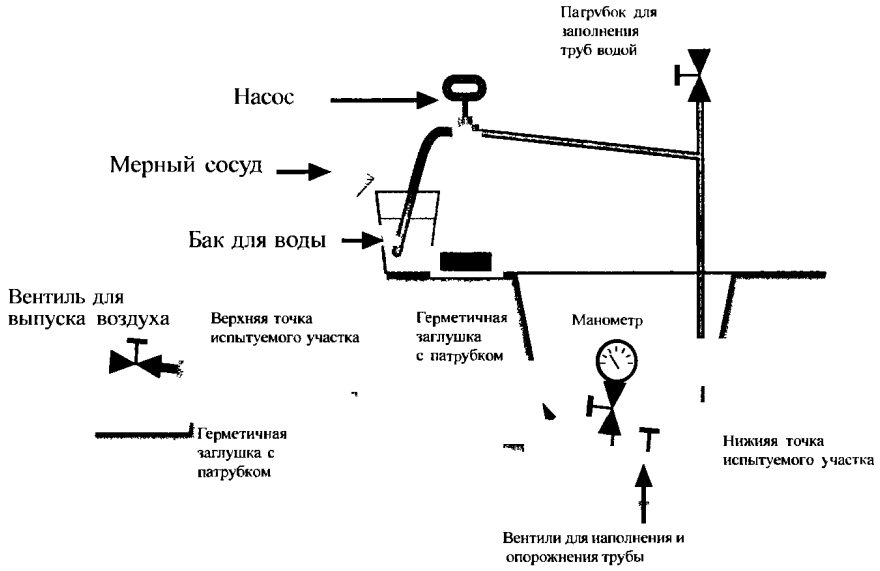



*Рис. 2.20. Установка для гидравлического испытания напорных трубопроводов.*

## 2.3.4. Ассортимент труб

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Наиболее применяемыми пластмассовыми материалами для напорных трубопроводов являются ПВХ и ПЭ. Для использования в промышленных целях применяются также трубы из полипропилена, стекловолокнистого полистирола и поливинилфторида.

***НАПОРНЫЕ ТРУБЫ ИЗ ПВХ***

Напорные трубы из ПВХ имеют обычно серый цвет (могут быть и синего цвета) и производятся длиной 6 м. Эти трубы соединяются, как правило, при помощи раструбов с уплотнительными кольцами, (рис. 2.21). Для производственных сетей применяются также клеевые соединения. Диаметр выпускаемых по классам давлений PN 6, PN 10 и PN 16 пластмассовых труб из ПВХ зависит от типа их соединения:

- для соединений с уплотнительными кольцами: 63 – 710 мм;
- для клеевых соединений: 12 – 400 мм.

За более подробными сведениями следует обращаться к каталогам изготовителей изделий.

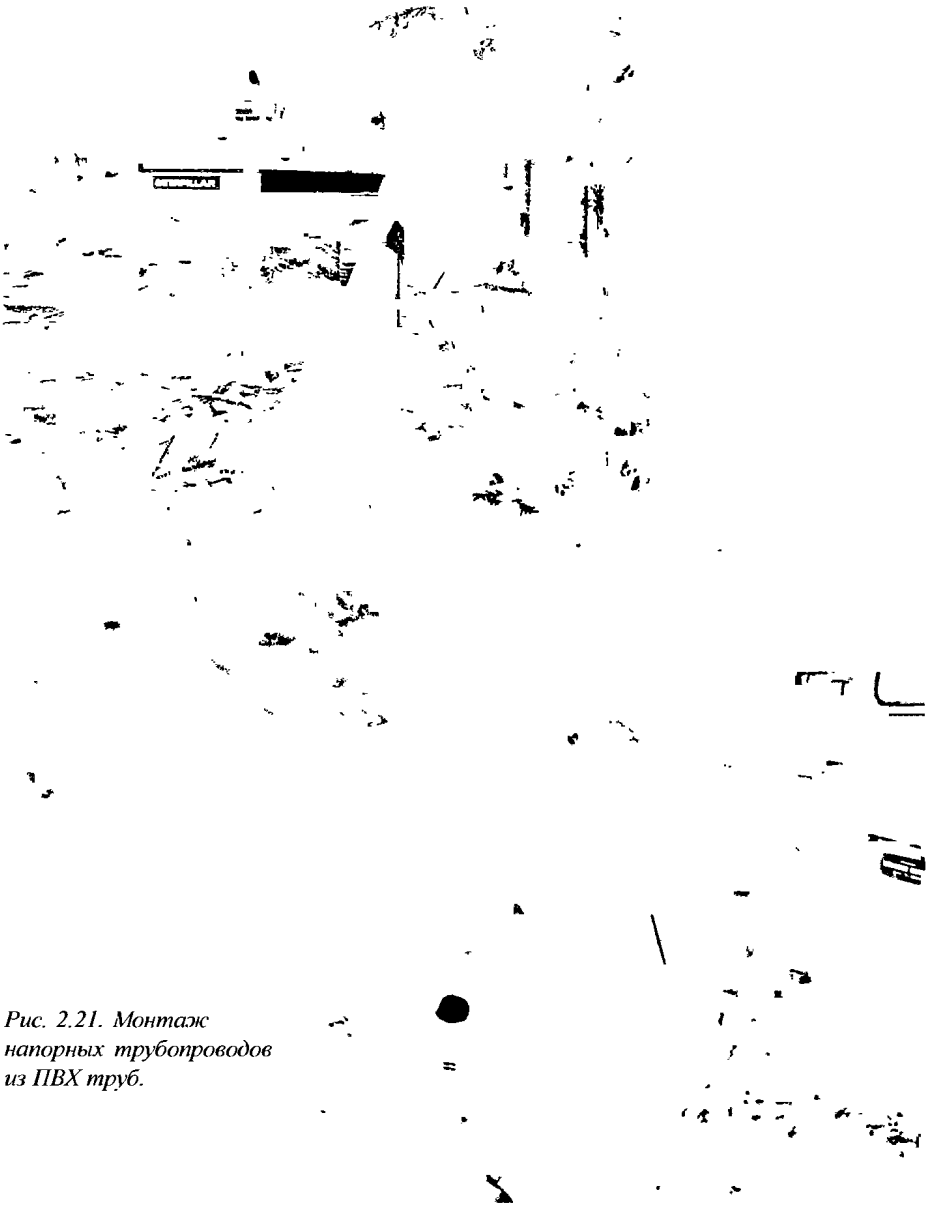


*Рис. 2.21. Монтаж напорных трубопроводов из ПВХ труб.*

## *НАПОРНЫЕ ТРУБЫ ИЗ ПЭ*

Напорные трубы из ПЭ бывают черного, синего, а также черного с синими полосками цвета. Изготовляются полиэтиленовые трубы по классам давлений PN 2,5; PN 3(3,2); PN 4; PN 6(6,3); PN 10; PN 16, диаметром от 16 мм до 600 мм. Трубы диаметром до 110 мм поставляются на барабанах с различной длиной намотки, а больших диаметров в виде прямых труб (обычно длиной 6, 12 и 18 м). По желанию заказчика могут быть поставлены трубы и большей длины, (рис. 2.22). Полиэтиленовые трубы соединяются нижеуказанными способами:

| Тип соединения | Диаметр труб (мм) |
|---|---|
| Торцевая сварка | 90 – 1600 |
| Электросварная муфта | 16 – 630 |
| Фланцевое соединение | 63 – 1600 |
| Механические соединительные устройства | 16 – 90 |

Более подробные сведения даются в каталогах производителей труб.

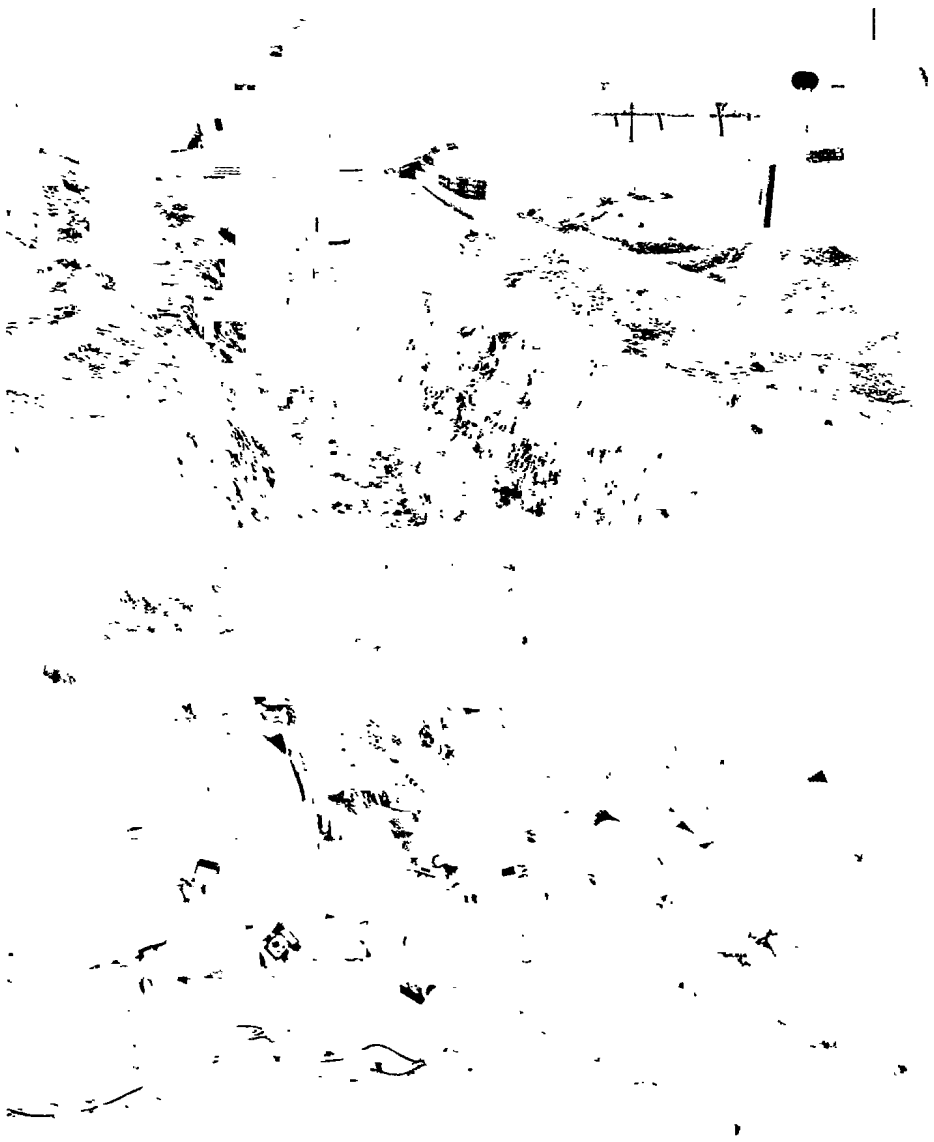


*Рис. 2.22. Монтаж напорных трубопроводов из ПЭ труб.*

# 2.4. Самотечные трубопроводы (безнапорные)

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

В разделе кратко освещаются следующие вопросы:

- основные принципы гидравлического расчета самотечных труб и оценка степени влияния свойств пластмассовых материалов на гидравлические характеристики трубопровода (раздел 2.1.);
- расчет прочностных характеристик самотечных труб из пластмассовых материалов;
- практические соображения по расчету, конструированию и устройству самотечных трубопроводов;
- имеющийся на рынке ассортимент труб из ПВХ, ПЭ и ПП для самотечных трубопроводов.

## 2.4.1. Гидравлический расчет

***ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ***

Пропускная способность самотечной трубы определяется ее уклоном. Номограмма Колбрука (стр. 113-114) показывает пропускную способность самотечной трубы, работающей полным сечением, если градиент давлений будет равным уклону труб. Если расход жидкости через трубу будет меньшим, чем тот, который получается по номограмме Колбрука, то сечение трубы будет заполнено жидкостью частично. Связь между степенью наполнения трубы и расходом жидкости показана на рис. 2.23.

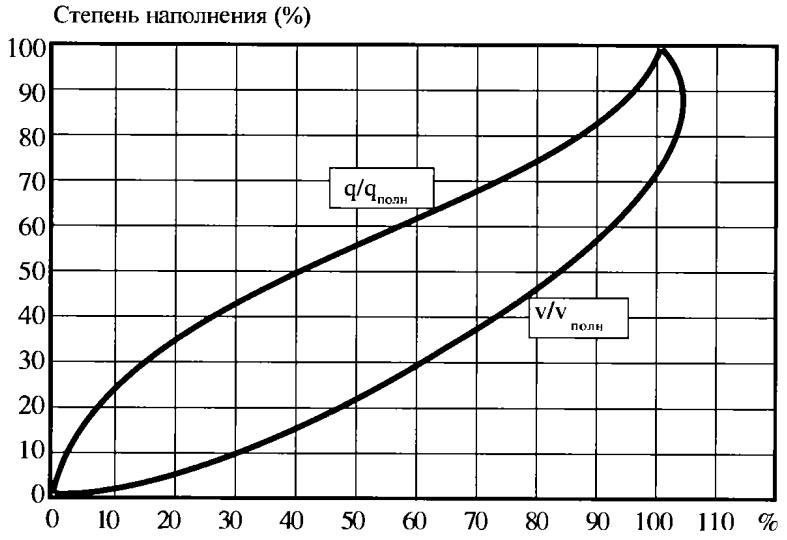



*Рис. 2.23. *) График зависимости скоростей движения жидкости и расходов в трубопроводах круглого сечения от степени наполнения.*

**) В российской практике приняты несколько иные гидравлические характеристики движения жидкости в самотечных трубопроводах круглого сечения; скорость движения потока достигает максимума (K=1,14) при наполнении h=0,813d, а пропускная способность (расход) труб (K=1,06) при наполнении h=0,95d. Коэффициент K это отношение скорости движения жидкости или расхода при любом наполнении к скорости или расходу при полном наполнении.*

***СНИЖЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБЫ С ОВАЛЬНЫМ СЕЧЕНИЕМ***

Проложенный в земле пластмассовый трубопровод обычно имеет незначительную овальность труб, которая, в основном, зависит от того, как тщательно было проведено уплотнение грунта при обсыпке трубы, см. раздел 2.1. Теоретически овальная труба должна иметь несколько меньшую пропускную способность, чем круглая; (рис. 2.24).

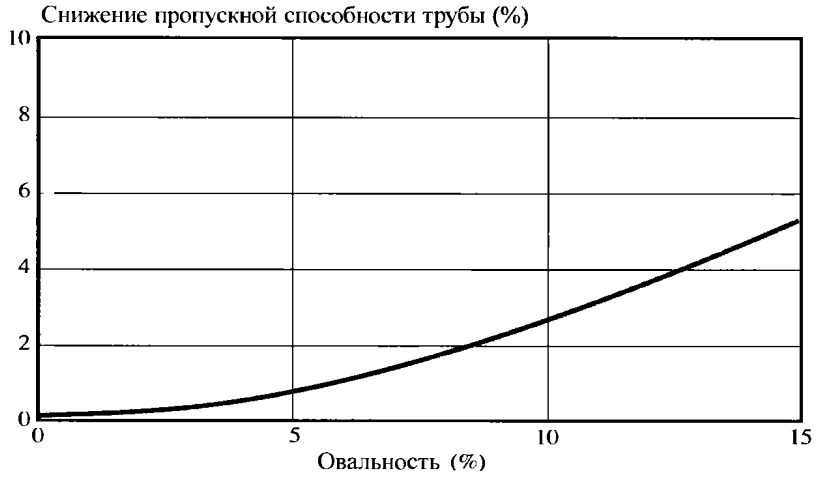



*Рис. 2.24. График зависимости пропускной способности от овальности сечения трубы.*

Поскольку средняя овальность пластмассовых трубопроводов обычно не превышает 5%, то практически уменьшением пропускной способности можно пренебречь.

## *КОЭФФИЦИЕНТ ШЕРОХОВАТОСТИ*

См. раздел 2.3.

## *МЕСТНЫЕ ПОТЕРИ*

В канализационных трубопроводах неровности в стыковых соединениях труб, и особенно конструкции открытых лотков в смотровых колодцах, приводят к возникновению местных потерь напора в системе. Пока труба заполнена жидкостью лишь частично, эти недостатки вызывают только повышение уровня воды в трубе, не влияя, однако, на ее пропускную способность, (рис. 2.25).

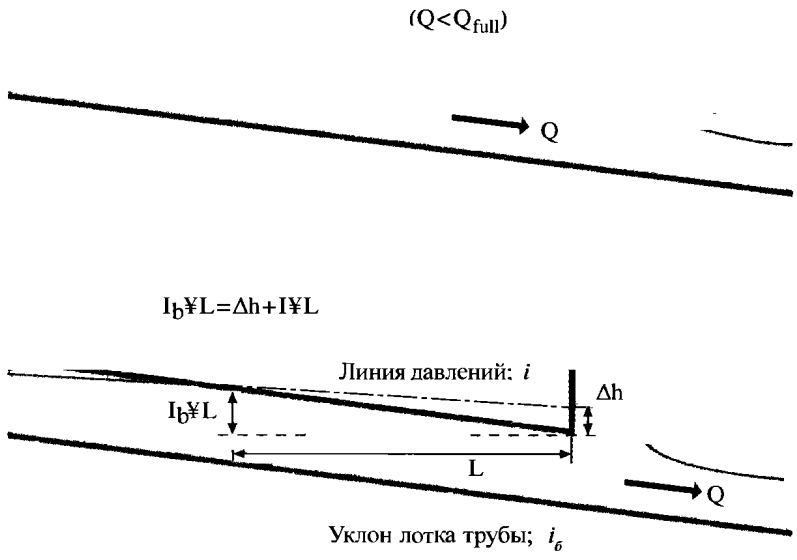



*Рис. 2.25 Уровни поверхности воды при частично наполненной трубе.*

Но при полном заполнении трубы все эти местные потери напора следует суммировать с потерями на трение, (рис. 2.26). Более детальное изложение подхода к расчету местных потерь в трубопроводе см. в /16/.

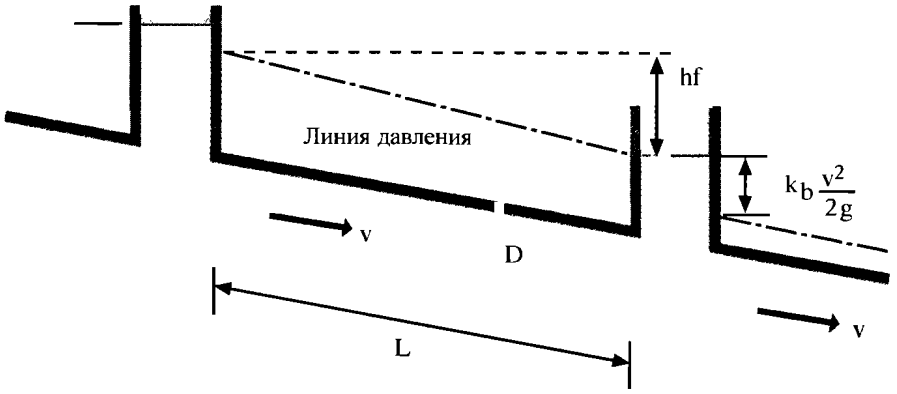



*Рис. 2.26. Линия давлений при движении потока полным сечением трубы.*

Как правило, местные потери в пластмассовых трубопроводах очень малы. Наибольшее воздействие на величину местных потерь оказывает качество выполнения соединений в смотровых колодцах открытых лотков и труб с гидравлической точки зрения и расстояние между ними. Из-за возникающих в канализационной трубе местных потерь напора значение коэффициента шероховатости этих труб будет несколько выше, чем обусловливаемое материалом трубы. Практического значения, однако, это не имеет, поскольку при возникновении подпора в трубе, она будет функционировать под давлением, вследствие чего ее пропускная способность обычно возрастает.

## *САМООЧИЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ*

Чтобы избежать осаждения твердых частиц, самотечные трубопроводы должны прокладываться с уклоном, обеспечивающим их самоочищение. Труба считается самоочищающейся, если усилие сдвига слоя воды у дна трубы превышает 1,5 N/м2. Если же усилие сдвига в слое воды у дна трубы меньше 1,0 N/м2, труба не считается самоочищающейся. Номограмма для определения самоочищающей способности канализационных труб их ПВХ приведена на рис. 2.27.

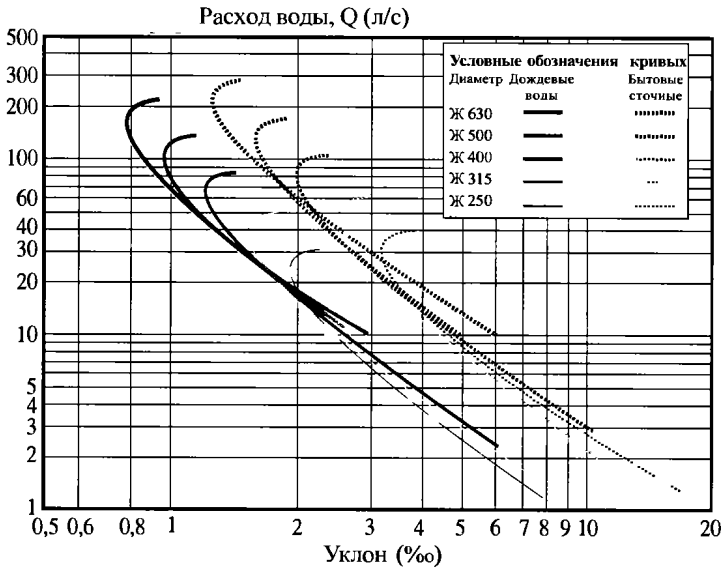



*Рис. 2.27. Самоочищающая способность самотечных труб.*

Чтобы избежать осаждения твердых частиц и опасности образования газов в дюкерах и уложенных под водой трубопроводах (что может привести к их всплытию), скорость движения жидкости в трубе должна быть не ниже 0,6 – 0,7 м/сек.

## 2.4.2. Расчет запаса прочности

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Самотечные трубы, прокладываемые в земле, должны рассчитываться на соответствующие нагрузки от грунта и наземного транспорта, чтобы не была превышена допустимая овальность и чтобы была обеспечена устойчивость сечения трубы против выпучивания. Относительно расчета овальности и предотвращения выпучивания сечения трубы см. раздел 2.1. Однако, в проведении расчетов для труб из термопластиков нет необходимости, если класс жесткости труб выбирается в соответствии с указанием таблицы 2.6, а строительно-монтажные работы проводятся согласно рекомендациям изложенным в разделе 2.1.

***ВЫБОР КЛАССА ЖЕСТКОСТИ ТРУБЫ***

Если жесткость труб выбрана в соответствии с таблицей 2.6 и выполняются рекомендации по прокладке труб, изложенные в разделе 2.2., то можно ожидать, что средняя овальность трубопровода после укладки составит менее 4%. Это означает, что для трубопроводов из термопластиков максимальная овальность будет гораздо ниже допустимых значений, см раздел 2.1.

*Таблица 2.6. Выбор класса жесткости труб.*

| Условия прокладки трубопровода | Материал засыпки трубы | Минимальная категория уплотнения согласно табл. 2.5 | Рекомендуемая минимальная жесткость труб (kN/м) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Глубина укладки труб [1] ~ 3 м | | | 3 – 6 м | | |
| | | | Плотный грунт с хор. сцеплением | Наносы и плотная глина | Разрыхленная глина | Плотный грунт с хор. сцеплением | Наносы и плотная глина | Разрыхленная глина |
| Естественный грунт (нет нагрузки от наземного траиспорта) | Местный грунт | никакого уплотнения | 2 | | | 4[2] | | |
| | | Л | 2 | 4 | 8 | 4[2] | 8[2] | 16[3] |
| | Песок, гравий < 22 мм | Л | 2 | 4 | 8 | 4[2] | 4[2] | 8[3] |
| | Галька, щебень 4-22 мм | Л | 2 | - | | 4[2] | | |
| Второстепенные улицы с незиачительиой интенсивиостью движеиия транспорта | Местный грунт | Т | 4 | 4 | 8 | 4 | 8 | 16[3] |
| | Песок, гравий < 22 мм | Т | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8[3] |
| | Галька, щебень 4-22 мм | Т | 4 | | | 4 | | |
| Главные улицы с интенсивным движением транспорта | Местиый грунт | Т | 8 | - | - | 8 | | - |
| | Песок, гравий < 22 мм | Т | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8[3] |
| | Галька, щебень 4-22 мм | Т | 8 | | | 8 | | |

1) глубина укладки трубопровода в зонах с интенсивным наземным движением транспорта не должна быть менее 1,0 м;
2) при глубине укладки более 4 м необходимо назиачать класс трамбовки **Т**;
3) для глубины укладки до 4 м включительно.

Если выбирается более низкий класс жесткости труб, то расчет характеристик трубопровода должен проводиться в каждом конкретном случае.
При использовании некоторых труб из стекловолокнистого полистирола могут потребоваться специальные рекомендации по их прокладке во избежание превышения допустимых значений овальности. По этим вопросам следует получить консультацию соответствующего изготовителя труб, либо провести расчет максимальной овальности и запаса прочности против выпучивания сечения трубы.

## 2.4.3. Практические методы проведения работ

***РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СМОТРОВЫМИ КОЛОДЦАМИ***

Смотровые колодцы на самотечных трубопроводах устраиваются для обеспечения осмотра и прочистки сети. Обычно колодцы располагаются в местах соединения нескольких трубопроводов. изменения направления трубопровода, а также через определенные расстояния по длине трубопровода. Смотровые колодцы для спуска обычно имеют внутренний диаметр не менее 1000 мм. Поскольку работы по прочистке и осмотру сети в настоящее время редко приходится выполнять в самих колодцах, то время от времени возникает сомнение в необходимости устройства этих колодцев. Сегодняшняя практика прочистки канализационных сетей заключается в интенсивной промывке трубы под высоким давлением; осмотр сети осуществляется с помощью телекамеры, а колодцев - с помощью оптических приборов. Телевизионные камеры и оборудование высокого давления для промывки труб в настоящее время могут вводиться в сети через колодцы диаметром 315 мм. Уже имеется оборудование, которое может вводиться в колодцы с меньшим диаметром. В конечном итоге и расстояние между смотровыми колодцами диктуется возможностями оборудования для осмотра и прочистки сети. В настоящее время имеет место тенденция увеличения расстояния между смотровыми колодцами с обычных ранее интервалов примерно в 60 м до 80 м.

***ГЛУБИНА ПРОКЛАДКИ ТРУБ***

См. раздел 2.3.

***МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ***

См. раздел 2.2.

***ИСПЫТАНИЯ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ***

Испытания на герметичность проводятся с целью проверки соответствия плотности соединения труб трубопровода установленным требованиям. Испытания могут быть как пневматическими, так и гидравлическими. В практике испытания пневматический метод является наиболее часто применяемым. Гидравлические же испытания обычно проводятся в случае, если пневматические испытания не могут проводиться из соображений безопасности, или если в результате их проведения получен сомнительный результат. В последнем случае итоги гидравлических испытаний являются решающими. Испытания на герметичность проводятся в соответствии с действующими в стране нормативами, см. раздел 6.1.

***КОНТРОЛЬ ОВАЛЬНОСТИ***

Контроль овальности проводится в местах, где это представляется необходимым в целях проверки качества работы по укладке трубопровода и обратной засыпки траншеи. При измерениях овальности устанавливается, не превышено ли ее максимально допустимое значение (см. раздел 2.1.) путем протаскивания либо шаблона фиксирующего овальность, либо шаблона с индикатором овальности, (рис. 2.28).

Если трубопровод проложен в соответствии с изложенными в разделе 2.2. указаниями, то его овальность после укладки будет значительно меньше максимально допустимой для труб из термопластиков. По этой причине проверка овальности трубопроводов из термопластика проводится не всегда. Однако, следует отметить, что проведение замеров овальности обеспечивает возможность контроля качества проведения строительно-монтажных работ. Аналогичный контроль качества работ по прокладке трубопровода путем замера степени уплотнения грунта при защитной обсыпке труб значительно более затруднителен и к тому же менее надежен. Методы испытаний и измерения овальности освещены в разделе 6.1.



а) б)

*Рис. 2.28. Оборудование для контроля овальности труб*
*а) складной шаблон, фиксирующий овальность сечения трубы;*
*б) шаблон с индикатором овальности сечения трубы.*

## 2.4.4. Ассортимент труб

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Наиболее широко применяемыми пластмассовыми материалами при изготовлении самотечных труб для подземной прокладки являются ПВХ, ПЭ, ПП и СВП. Гладкие безнапорные трубы с однородным профилем стенок для прокладки самотечных трубопроводов стали использоваться уже в 1960-х годах . В течение 1970-х и 1980-х годов были разработаны многочисленные новые конструкции труб с переменным профилем стенок (рис. 2.29).

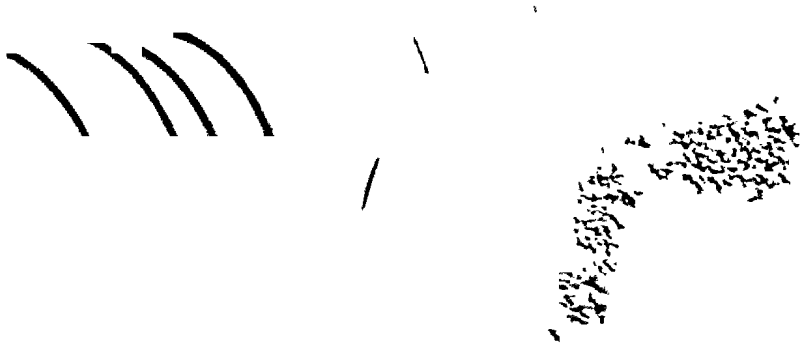


*Рис. 2.29. Образцы различных профилей стенок пластмассовых труб.*

Целью разработки новых конструкций труб было стремление более эффективно использовать прочностные возможности пластмассовых материалов. Новые конструкции труб и методы их изготовления разрабатывались одновременно, что позволяло воспроизводить все более сложные профили стенок. Такие трубы (так называемые трубы со структурированными стенками) производятся в настоящее время не только из ПВХ, но и из ПЭ и ПП.

В канализационных трубах подземной прокладки имеет место нерациональное использование материала, поскольку толщина их стенок назначалась исходя из обеспечения достаточной жесткости трубы. В качестве примера нерационального использования возможностей материала можно привести канализационную трубу из ПВХ класса **Т** для подземной прокладки, которая имеет точно такую же толщину стенок, что и производимая в Швеции труба из ПВХ PN 6, для напорных трубопроводов (аналог напорной трубы из ПВХ PN 75 в Европе). Таким образом, толщина стенок гладких труб из термопластиков для канализационных сетей

завышена по отношению к напряжениям, возникающим в стенках трубы в обычных условиях применения. Если же принять во внимание, что трубы из ПВХ, ПЭ и ПП имеют очень высокий коэффициент пластичности и что незначительная овальность, которую труба приобретает, не приведет к ее разрыву, то становится совершенно ясно, что можно конструировать стенки трубы с более эффективным использованием материала без всякого ущерба для надежности ее работы.
Трубы создаются на различных принципах конструирования Кроме гофрированных труб, имеются также трубы с пустотами в стенках или со слоеными стенками, (рис.2.30).

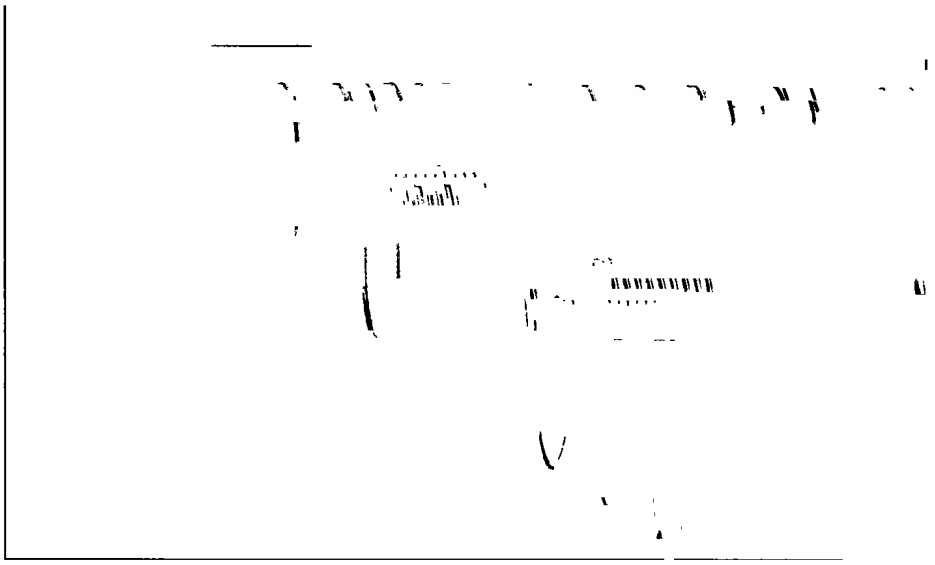


*Рис. 2.30. Образцы труб со структурированными стенками.*

Для всех типов пластмассовых труб выпускается широкий ассортимент фасонных частей и смотровых колодцев (рис. 2.31).

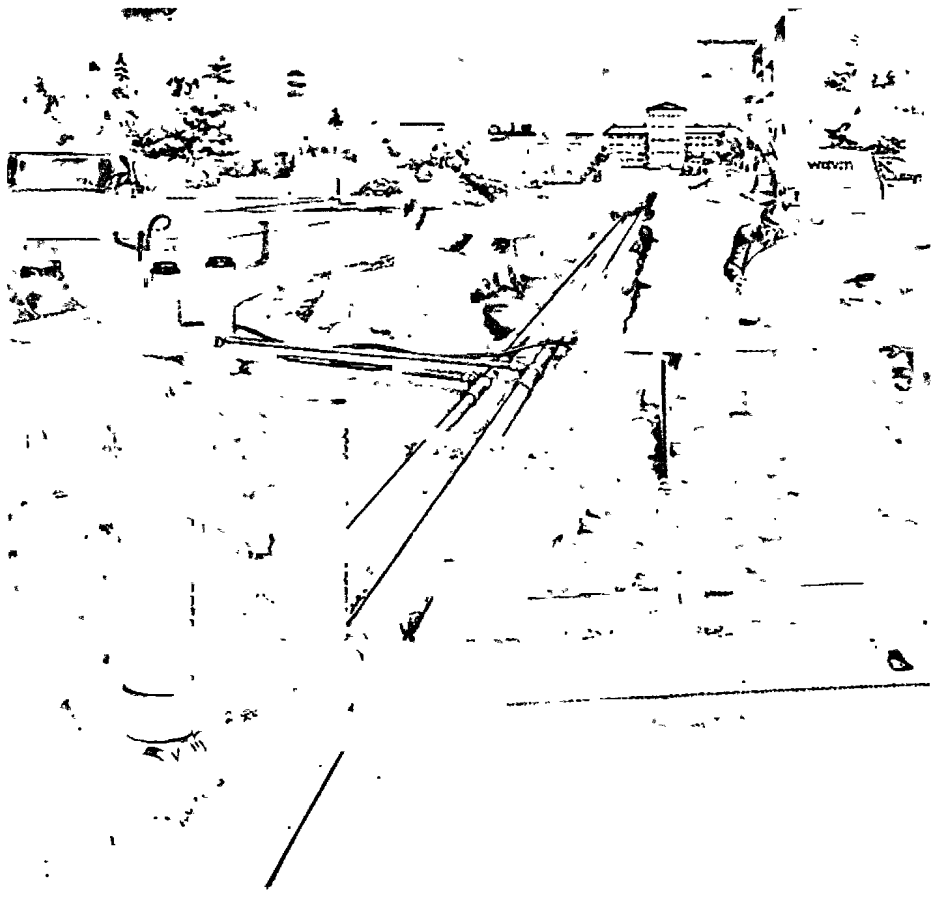


*Рис. 2.31. Схема монтажа напорных и самотечных трубопроводов.*



*Рис. 2.32. Испытание на герметичность при угловом перекосе и деформации.*

Применение пластмассовых труб для канализационных сетей позволяет обеспечивать их очень высокую устойчивость к коррозии. Трубы соединяются обычно при помощи муфт или раструбов с уплотнительными кольцами. Как правило, к конструкции соединений предъявляются очень строгие требования. В стандартах северных стран на трубы из термопластиков указывается, что трубопровод должен выдерживать 5%-ую деформацию соединения и 10%-ую деформацию торца трубы, а также 1 – 2 градуса углового перекоса в соединении, в зависимости от диаметра трубы при сохранении герметичности трубопровода (рис.2.32).



*Рис. 2.33. Строительство цельносварного трубопровода из пластмассовых труб.*

При использовании труб из ПЭ и ПП представляется возможным создавать цельносварную конструкцию канализационного трубопровода (рис. 2.33).

## *ГЛАДКОСТЕННЫЕ ТРУБЫ ИЗ ПВХ*

Канализационные трубы из ПВХ для подземной прокладки обычно имеют красновато-коричневый цвет и изготавливаются длиной 6 м. Эти трубы соединяются методом «раструб – шомпол» с уплотнительными эластичными кольцами (рис. 2.34).

Канализационные трубы из ПВХ для подземной прокладки производятся следующих классов жесткости:

| Класс жесткости | SN 2 | SN 4 | SN 8 |
|---|---|---|---|
| Жесткость (kN/м$^2$) | 2 | 4 | 8 |

а)

б)



*Рис. 2.34. Монтаж канализационной сети из гладкостенных пластмассовых труб.*

## *ГЛАДКОСТЕННЫЕ ТРУБЫ ИЗ ПЭ*

Канализационные полиэтиленовые трубы для подземной прокладки имеют черную окраску и изготавливаются шести- или двенадцатиметровой длины Эти трубы обычно свариваются при помоши торцевой сварки или электросварной муфты. Может применяться и соединение труб при помощи муфт или раструбное.

Эти трубы изготовляются следующих классов жесткости:

| Класс жесткости | SN 2 | SN 4 | SN 8 |
|---|---|---|---|
| Жесткость (kN/м$^2$) | 2 | 4 | 8 |

Более подробную информацию можно получить из каталогов производителей труб.

## *ГЛАДКОСТЕННЫЕ ТРУБЫ ИЗ ПП*

Канализационные трубы из полипропилена имеют обычно красно-коричневый цвет. Эти трубы свариваются или соединяются при помощи муфт. Выпускаются они следующих классов жесткости:

| Класс жесткости | SN 2 | SN 4 | SN 8 |
|---|---|---|---|
| Жесткость (kN/м$^2$) | 2 | 4 | 8 |

Более подробную информацию можно получить из каталогов производителей этих труб.

## *ТРУБЫ СО СТРУКТУРИРОВАННЫМИ СТЕНКАМИ*

В настоящее время в Швеции имеются три различных вида труб со структурированными стенками, помеченных маркой «КР» и предназначенных для канализационных сетей - «Ультра», «Терра» и «Прагма» (таблица 2.7).

Таблица 2.7.

| Тип трубы | Производитель | Материал трубы | Диаметр (мм) | Жесткость (kN /м$^2$) |
|---|---|---|---|---|
| «Ультра» | Uponor, Wavin | ПВХ + ПП | 160-560 | 8 |
| «Терра» | Davinyl | ПВХ | 200-400 | 8 |
| « Прагма » | Mabo | ПП | 160-630 | 8 |




*Рис. 2.35. Монтаж канализационных линий из структурированных гофрированных труб.*

Погрузка и складирование, транспортировка и укладка этих труб осуществляются теми же методами, что и гладкостенные канализационные трубы. При правильной прокладке трубопроводов из этих труб, т.е. при укладке труб на ровную подушку из песка или гравия, их обсыпке и уплотнении грунтом с соответствующими характеристиками согласно рекомендациям по прокладке, средняя овальность трубы обычно не превышает 3%. В отношении стыковых соединений труб действуют те же строгие требования герметичности, что и для гладкостенных канализационных труб из пластмассы (рис. 2.35). Труба должна выдерживать 5%-ую деформацию в стыковом соединении и 10%-ую деформацию торца трубы, а также 1 – 2 градуса углового отклонения в соединениях при сохранении своей исходной водонепроницаемости. Кроме того, требуется, чтобы труба со структурированными стенками выдерживала деформации до 30% овальности без образования трещин в ее стенках (испытания на выпучивание).

Кроме названных выше труб выпускаются разные виды других труб со структурированными стенками, предназначенные , в основном, для отвода дождевых осадков и дорожных водопропусков.
За более подробными сведениями по этому вопросу следует обращаться к каталогам изготовителей труб.

## *СМОТРОВЫЕ КОЛОДЦЫ*

Для большинства трубопроводов из пластмассы выпускается широкий ассортимент смотровых колодцев. Пластмассовые колодцы состоят обычно из двух частей: рабочей камеры и вертикального лаза. Рабочая камера выполняется из ПЭ, ПП и ПВХ либо методом отливки под давлением, либо методом ротационного литья. Вертикальный лаз выполняется из гладкостенной или гофрированной трубы (рис. 2.36).

Пластмассовые колодцы применяются для:
- прочистки сети;
- контроля за состоянием сети и проведения ремонтных работ;
- спуска обслуживающего персонала к оборудованию;
- накопления атмосферных вод;
- размещения соединительных или разводящих лотков труб:
- использования в качестве фильтрационных и инфильтрационных резервуаров.



*Рис. 2.36. Установка пластмассовых смотровых колодцев.*

Благодаря своим свойствам колодцы из пластмассы имеют ряд преимуществ по сравнению с колодцами из обычных материалов. К ним следует отнести:
- высокую герметичность;
- транспортабельность и простоту устройства;
- простоту подгонки по высоте;
- надежное противостояние транспортным нагрузкам;
- низкие коэффициенты местных сопротивлений на входе и выходе жидкости;
- высокую прочность и устойчивость.

# 2.5. Дренажные системы

## 2.5.1. Гидравлические характеристики системы

***ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ***

Для небольших зданий (площадью до 200 м$^2$) пропускная способность дренажных сетей определяется весьма редко. Дренажная сеть для отведения воды от фундаментов обычно устраивается из труб внутренним диаметром 100 мм Информацию об инфильтрационной и пропускной способностях труб можно получить у соответствующих производителей труб.

***ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ***

Дренаж земель должен осуществляться в соответствии с принятым проектом, в котором проектировщиком приведены все гидравлические характеристики системы. Обычно для водосборных сетей применяются дренажные трубы с внутренним диаметром 50 мм, а для магистральных линий – трубы с внутренним диаметром 80 мм и более.

## 2.5.2. Устройство дренажных систем фундаментов зданий

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Дренажные трубы являются частью дренажной системы. Обсыпка труб и устройство дренирующего слоя являются столь же важными элементами системы Достижение надежных результатов может быть обеспечено только при правильном выполнении всего комплекса работ по созданию дренажной системы. Некоторые элементы конструкции дренажной системы показаны на рис. 2.37 и 2.38.

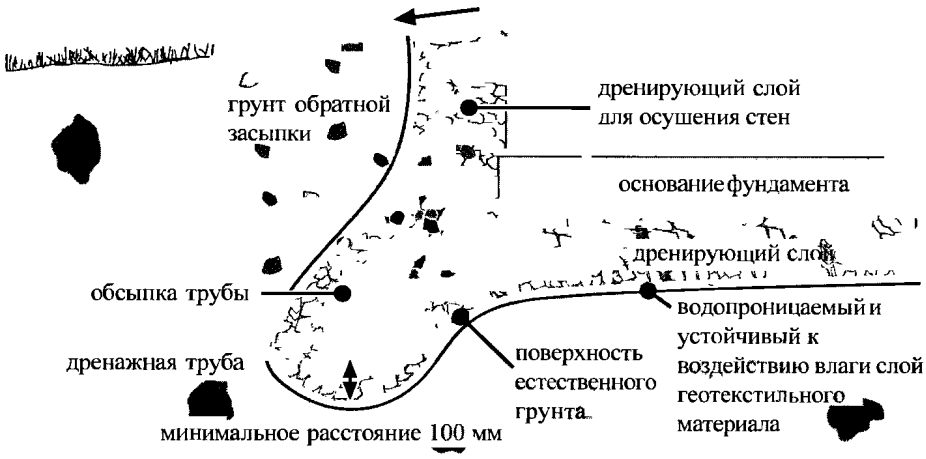



*Рис. 2.37. Конструктивное устройство дренажной системы фундамента здания.*

Рекомендуемый уклон поверхности земли на расстоянии не менее 3 м от стены здания должен составлять 0,05

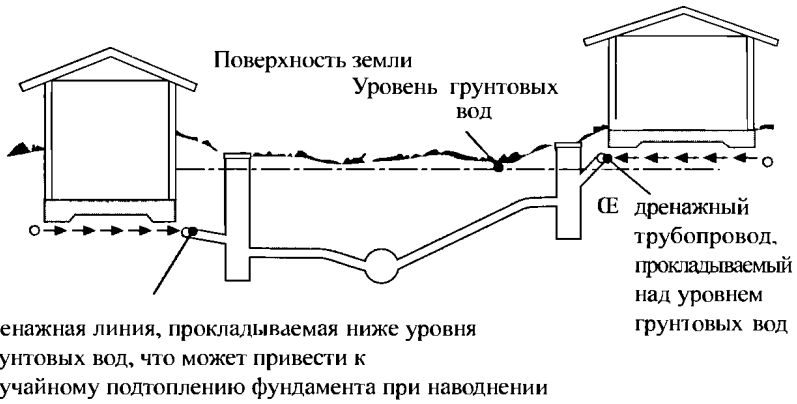



*Рис. 2.38. Поддерживаемый уровень грунтовых вод.*

Более подробную информацию по устройству дренажных систем фундаментов зданий см. /17/.

## *РАСПОЛОЖЕНИЕ И УКЛОН ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ*

Дренажная линия для осушения основания фундамента здания должна укладываться параллельно стене здания. Верх ее трубы в самой высокой точке должен быть ниже нижнего уровня дренирующего слоя (рис.2.39).

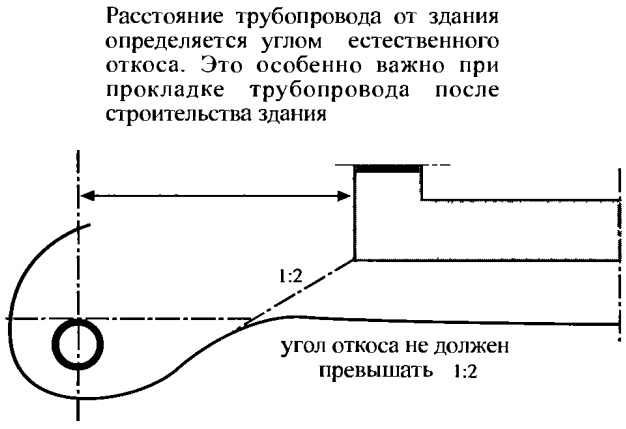



*Рис. 2.39. Схема расположения дренажного трубопровода.*

Расстояние от стены здания до дренажной трубы определяется заложением откоса ближайшей к фундаменту стенки траншеи, отрываемой для укладки трубы. Это особенно важно в тех случаях, когда прокладка трубы осуществляется после возведения здания. Как правило, заложение откоса не должно быть больше, чем 1:2

Дренажный трубопровод укладывается с уклоном не менее 0,005.

***МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗАСЫПКИ ДРЕНАЖНОЙ ЛИНИИ***

Дренажная линия обсыпается обычно слоем промытой гальки или промытого щебня с размером фракций 8 – 16 мм. Более крупные фракции не должны соприкасаться с трубой.

Из местных материалов можно использовать лишь материал, при просеивании которого через сито с размером ячеек 2 мм просеивается не более 5% материала. Дренажные щели в трубе должны быть такого размера, чтобы материал дренирующего слоя не проникал внутрь трубы. Толщина дренирующего слоя должна быть не менее 100 мм; см. рис. 2.38.

Для предотвращения проникновения грунта в дренирующий материал, последний со всех сторон защищается слоем геотекстильного водопроницаемого материала.

***СМОТРОВЫЕ КОЛОДЦЫ***

Смотровые колодцы устраиваются в самой высокой точке дренажного трубопровода и в удобном для доступа месте (рис. 2.40).

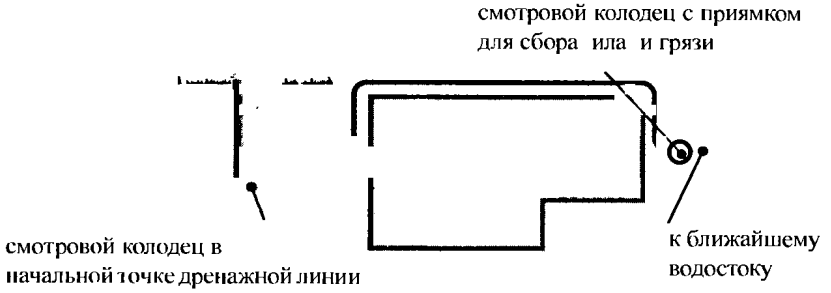



*Рис. 2.40 Пример расположения смотровых колодцев.*

## 2.5.3. Дренажные системы для осушения земель, проведение работ по их устройству

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Работы по устройству дренажной системы для осушения земель должны осуществляться в соответствии с принятым проектом. В плотных грунтах расстояние между дренажными трубами принимаются 10 – 24 м в зависимости от интенсивности атмосферных осадков, водопроницаемости грунта и требований к осушению почвы. Более частое расположение принимается при глинистых грунтах с низкой водопроницаемостью. Более подробную информацию по устройству дренажных систем см. в /18/.

***РАСПОЛОЖЕНИЕ И УКЛОН***

Уклон магистральных линий должен быть не менее 0,002. Уклон боковых ответвлений составляет не менее 0,003. В илистых грунтах уклон должен быть не менее 0,005 и по возможности выше, если позволяет глубина дренажной канавы.

***ПРОКЛАДКА ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ***

Боковые водосборные трубы должны прокладываться на глубине не менее 0,9 м. Магистральные трубы должны располагаться как минимум на 5 см глубже.

***МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОБСЫПКИ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ***

Для дренажных систем осушения земель должны устраиваться дренажные фильтры. Выбор типа фильтра определяется, прежде всего, степенью водопроницаемости грунта и необходимостью защиты дренажных труб от заиливания.

В грунтах с низкой водопроницаемостью фильтры устраиваются для увеличения фильтрационной поверхности вокруг трубы и усиления водосбора в дренажную трубу. В грунтах склонных к выносу мелких частиц фильтр устраивается для предохранения дренажных труб от заиливания и предотвращения преждевременного выхода дренажной системы из строя.

Обычно в качестве фильтров используются щебень, природный гравий, крупная древесная стружка, опилки или плотная намотка на трубу водопроницаемого материала (рис. 2.41).

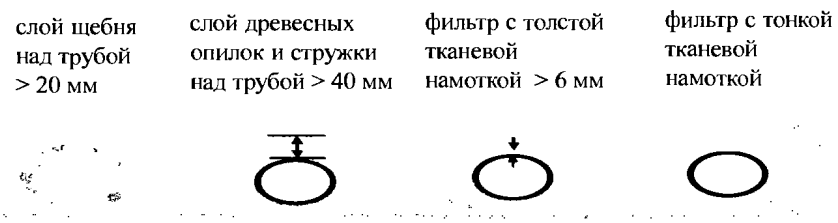



*Рис. 2.41. Конструкции фильтров.*

***Щебень.*** Слой щебня над верхом трубы должен быть не менее 20 мм. Хорошая фильтрация достигается только тогда, когда кривая распределения зернистости находится в пределах заштрихованного поля (рис. 2.42).

***Древесные опилки и стружка.*** Для достижения требуемой водопроницаемости нужны крупные опилки и стружка. Не менее 50% опилок должны иметь размеры фракций больше 1 мм. Слой опилок и стружки над верхом трубы должен быть не менее 40 мм.

***Фильтр из тканевой намотки*** должен обладать пористостью и водопроницаемостью как минимум в 15 раз большими, чем грунт, в который укладывается труба.

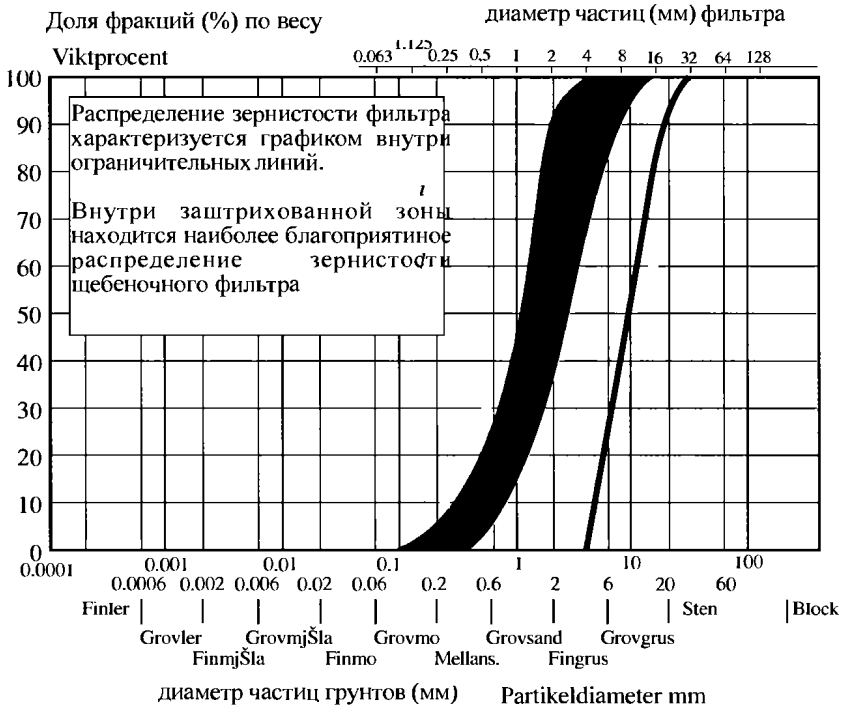



*Рис. 2.42. Кривая распределения зернистости щебеночных фильтров;*
*где* 1) мелкозернистая глина; 2) крупнозернистая глина; 3) мелкозернистый суглинок; 4) супеси; 5) мелкозернистый песок; 6) песок средней зернистости; 7) крупнозернистый песок; 8) мелкий гравий; 9) мелкий щебень; 10) крупный щебень; 11) камни; 12) валуны.

Распределение зернистости дренажного материала должно располагаться между внешними ограничительными кривыми и их склоном вблизи совпадения их с наклонной линией. Для илистых грунтов кривые распределения зернистости дренирующего материала должны лежать в пределах заштрихованного поля.

## 2.5.4. Ассортимент дренажных труб

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*** Для целей осушения земель используется большое число различных пластмассовых изделий. Дренажные трубы изготавливаются из ПВХ, ПП и ПЭ как в виде отдельных прямых труб (обычно длиной 6 м), так и в бухтах различной длины. Трубы производятся как с гофрированной, так и с гладкой внутренней поверхностью (рис. 2.43 – 2.45).



*Рис. 2.43. Дренажные трубы с гофрированной поверхностью*

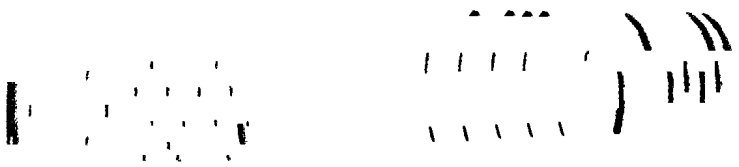


*Рис. 2.44. Труба с гофрированной внутренней поверхностью.*

*Рис. 2.45. Труба с гладкой внутренней поверхностью*

Трубы в бухтах могут поставляться с готовым внешним фильтром из намотки кокосового волокна или водопроницаемого геотекстильного материала (рис. 2.46 – 2.47).



*Рис. 2.46. Бухты пластмассовых дренажных труб.*



*Рис. 2.47. Механизированная прокладка дренажных труб.*

Имеется широкий ассортимент фасонных частей и смотровых колодцев. За более подробной информацией об ассортименте труб и их характеристиках следует обращаться к каталогам изделий и производителям труб.

# 2.6. Защитные футляры для кабельных линий

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Футляры из пластмассы применяются для прокладки электрических или коммуникационных кабелей. Чтобы различать тип кабеля желтые пластмассовые трубы используются в качестве футляра для прокладки электрокабелей, оранжевые – для прокладки коммуникационных кабелей. В последние годы интенсифицировалось развитие кабельных телевизионных сетей. В качестве защитных футляров для прокладки кабелей этих сетей применяются зеленые пластмассовые трубы. Футляры для кабелей изготавливаются из ПВХ, ПЭ и ПП. Размеры для футляров и тип соединительных устройств к ним зависят от типа используемых труб.

## *СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ*

Электро- и телекоммуникационные кабели в местах с умеренной интенсивностью движения, таких как тротуары, велосипедные дорожки и пр. прокладываются, обычно, на небольшой глубине. Футляры хорошо воспринимают нагрузки от наземного транспорта (легковых автомобилей, облегченных снегоочистительных машин), если глубина их прокладки достигает 0,5 м и более. При мелкой прокладке кабелей в зонах с интенсивным движением тяжелого транспорта могут потребоваться футляры из труб с более толстыми стенками. По этой причине футляры для электрокабелей производятся двух классов жесткости. Футляры для электрических и телекоммуникационных кабелей могут также изготавливаться из двух продольных половин трубы для использования при раскопках улицы и вскрытии ранее уложенных без футляров кабелей и проведения их защиты перед обратной засыпкой траншеи (рис. 2.48).

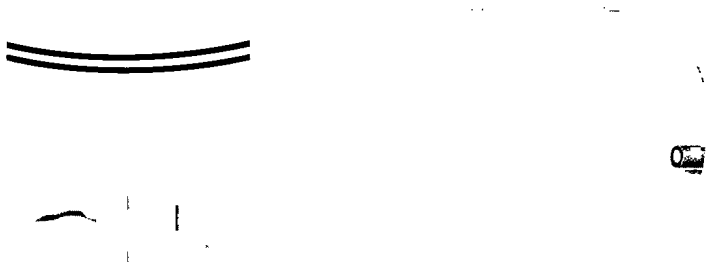


*Рис. 2.48. Применение труб половинного профиля*

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ФУТЛЯРОВ ЭЛЕКТРОКАБЕЛЕЙ*

Эти трубы выпускаются диаметром 32 – 160 мм. Обычно они имеют желтый цвет. Более подробная информация имеется в каталогах производителей (рис. 2.49).



*Рис. 2.49. Прокладка футляров для электрокабелей.*

## *ЗАЩИТНЫЕ ФУТЛЯРЫ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КАБЕЛЕЙ*

Эти футляры производятся в виде труб диаметром 28 – 104 мм оранжевого цвета. Кроме того, для этих целей производятся и колодцы из полиэтилена (рис. 2.50).



*Рис. 2.50. Ассортимент пластмассовых футляров и изделий для защиты телекоммуникационных кабелей.*

# 2.7. Газопроводы

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Применение труб из ПЭ в системах газоснабжения началось в Великобритании в конце 1960-х годов. В течение 1970-х и 1980-х годов широкое применение в газовых сетях с давлением газа до 4 бар в большинстве стран получили трубы марки ПЭ-80 благодаря высокой их антикоррозийной устойчивости и прочности на разрыв. Положительный опыт применения полиэтиленовых труб в сетях газоснабжения и прогресс в области разработки полиэтиленовых материалов, произошедший в указанный выше период, обусловили начало применения в последние годы в Великобритании полиэтиленовых труб ПЭ-100 на рабочее давление до 7 бар. В Великобритании, Франции и Голландии, которые обладают широкой сетью газоснабжения, полиэтиленовые трубы полностью завоевали рынок материалов для газовых сетей. В северных странах полиэтиленовые трубы также заняли доминирующее положение на рынке газопроводных труб давлением до 4 бар.

## *СПЕЦИФИКА УСТРОЙСТВА ГАЗОПРОВОДОВ*

Строительство газопроводов и контроль за его проведением осуществляются в соответствии с действующими нормативными документами той или иной страны. Рассчитываются газопроводы на больший запас прочности, чем другие напорные трубопроводы. Полиэтиленовые трубы класса PN 4 для газопроводов имеют, например, такую же толщину стенок, как и полиэтиленовые трубы класса PN 10 для водопровода. Из соображений безопасности на газопроводах из ПЭ обычно не допускается применение механических соединительных устройств. Все соединения труб выполняются только сварными методами (как правило, торцевой сваркой или электросваркой, см. стр. 27-29). Выпускается также весь спектр полиэтиленовых фасонных частей, что позволяет создавать цельносварные полиэтиленовые газопроводы без использования каких-либо металлических элементов. Также из соображений безопасности сварочные работы на газопроводах подвергаются более строгому контролю, чем на других напорных трубопроводах из полиэтиленовых труб. В Дании применяется даже система лицензирования на проведение сварочных работ на газопроводах.

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ*

Полиэтиленовые трубы для газопроводов обычно желтого цвета, хотя встречаются и черные трубы с желтыми полосами (рис. 2.51).



*Рис. 2.51. Монтаж газопровода из полиэтиленовых труб.*

Полиэтиленовые трубы для газопроводов изготовляются по классам давления PN 2,5 и PN 4 диаметром до 315 мм. Дополнительные сведения можно получить из каталогов изделий производителей труб.

# 2.8. Системы обогрева поверхностей

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Пластмассовые трубы для обогрева поверхностей применяются с конца 1960-х годов. В первую очередь это трубы из пластмассы марки ПЭХ, теплостойкие полиэтиленовые трубы и в незначительной мере обычные полиэтиленовые трубы. Системы обогрева используются для предотвращения обледенения и образования снежного покрова поверхностей тротуаров для пешеходов, подъездных пандусов к закрытым автостоянкам, взлетно-посадочных полос аэродромов и т.п.. Системы обогрева поверхностей применяются на аренах стадионов и на футбольных полях в целях продления спортивного сезона (рис. 2.52).

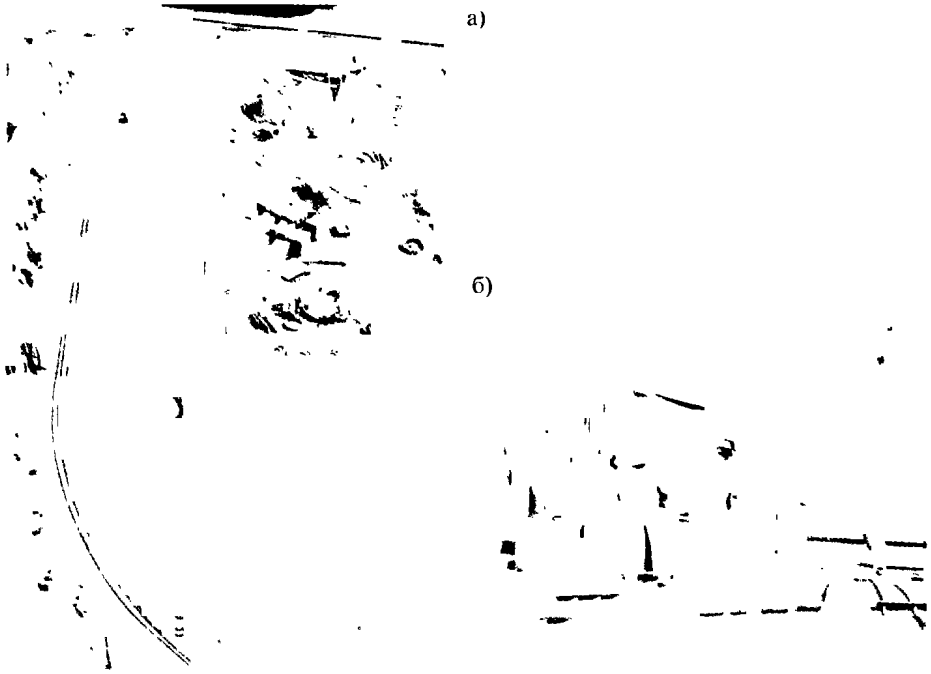



*Рис. 2.52. Системы обогрева поверхностей.*

Пластмассовые трубы нашли также широкое применение в системах с противоположными функциями, как например, для коллекторов тепловых насосных станций. В тепловых насосных системах, где имеют место более низкие рабочие температуры, чем в системах обогрева поверхностей, применяются обычные трубы из ПЭ.

## *ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБОГРЕВА ПОВЕРХНОСТЕЙ*

Системы обогрева поверхностей функционируют обычно при температурах воды от + 35° С до + 45° С. В качестве источника тепла используется, например, тепло из возвратных систем отопления, тепло отводимое из различных производственных процессов, тепловых насосов и пр. Через теплообменники тепло передается в подсоединенные к ним замкнутые системы обогрева поверхностей (рис. 2.53). Температурные датчики, установленные непосредственно под обогреваемой поверхностью, поддерживают ее температуру на заданном уровне. При этом должен соблюдаться основной принцип, чтобы все змеевики от одной и той же распределительной трубы в системе имели одинаковую длину, что обеспечивает равномерное распределение тепла без использования дроссельных вентилей. В случае больших поверхностей обогрева, где имеется несколько распределительных труб, устойчивость систем обеспечивается путем поддержания величины падения давления в змеевиках, распределительных и магистральных трубах. Система обогрева поверхностей может быть рассчитана на мощность от нескольких W/м$^2$ до 500 W/м$^2$. Требуемая мощность зависит не только от климатической зоны расположения объекта, но и от назначения системы обогрева.

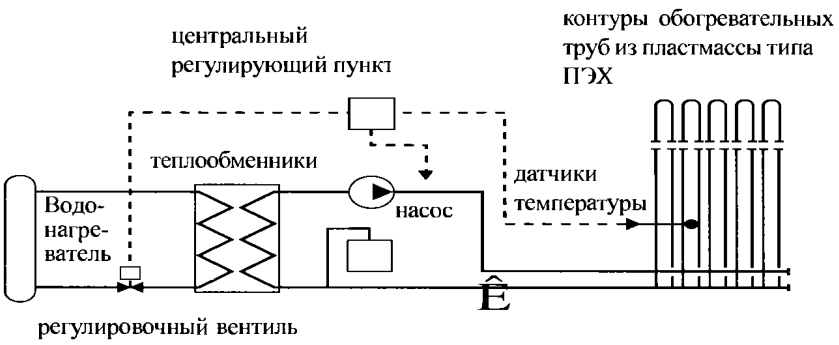



*Рис. 2.53. Принцип действия системы обогрева поверхностей.*

## *МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ОБОГРЕВА ПОВЕРХНОСТЕЙ*

Глубина укладки и длина обогревательных змеевиков труб назначаются в соответствии с потребностями в энергии конкретного объекта обогрева. Трубы из теплостойкого полиэтилена укладываются обычно на 10 – 15 см ниже поверхности земли (рис. 2.54).

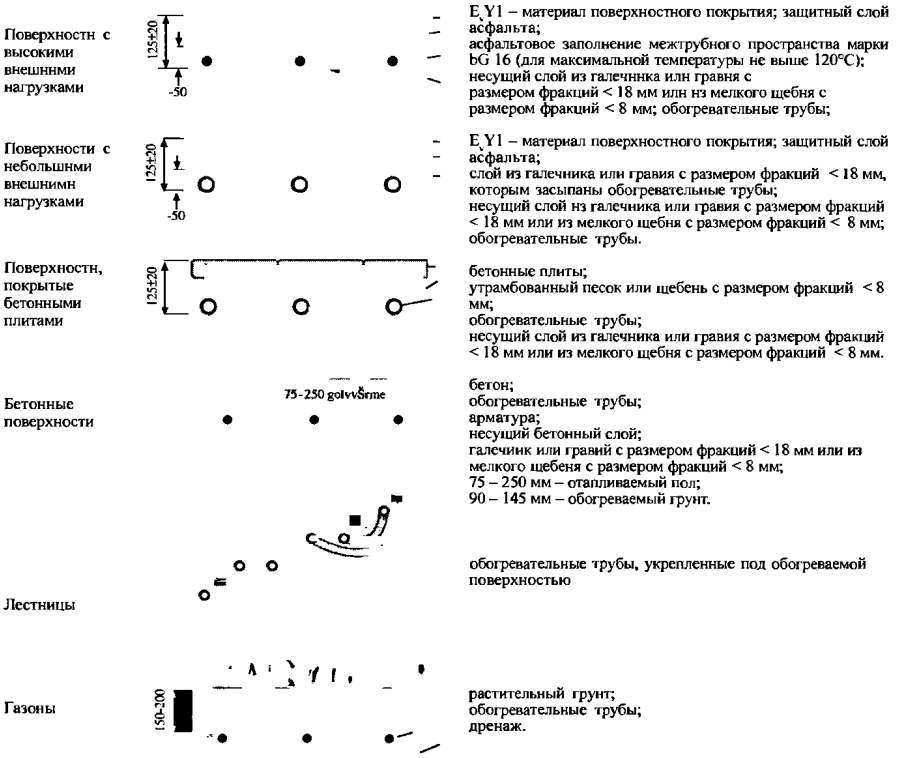



*Рис. 2.54. Примеры укладки обогревательных труб при различных типах обогреваемых поверхностей.*

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ*

Трубы в бухтах из ПЭХ или теплостойкие трубы из ПЭ изготовляются диаметром 20 – 32 мм.

Распределительные трубы из полиэтилена (черные) выпускаются диаметром 75 – 160 мм.

Комплексные подстанции заводского изготовления состоят из теплообменников, регулирующего оборудования, вентилей и расширительных баков, рассчитанных на мощности до 120 квт включительно.

# 2.9. Футляры для теплопроводов

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Пластмассовые трубы начали применяться в качестве внешних оболочек (наружных труб) для теплопроводящих и отводящих трубопроводов центрального отопления уже с 1970-х годов. Пластмассовые конструкции в виде блоков с трубой-носителем из полиэтилена пространственной структуры (ПЭХ) были введены в 1980-е годы для обратных грубопроводов в системах горячего водоснабжения. Гибкие пластмассовые футляры могут поставляться большой длины, что повышает надежность их функционирования, а также простоту и быстроту монтажа.

Растягивающие усилия воспринимаются как внутренние напряжения и потому отпадает необходимость в воспринимающих растяжение анкерных устройствах.

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ*

Пластмассовые футляры-блоки изготавливаются с трубой-носителем из полиэтилена пространственной структуры с изоляцией из вспененного полиэтилена, также пространственной структуры, в футляре из гофрированных полиэтиленовых труб. ПЭ блоки изготавливаются в виде однотрубных, двухтрубных и четырехтрубных конструкций.

Размеры труб – теплоносителей:

в однотрубных блоках для систем горячего водоснабжения: 28, 32, 40, 50 и 63 мм;

в двухтрубных блоках для систем горячего водоснабжения: 28+18, 32+18, 40+28, 50+32 мм;

в однотрубных блоках для систем отопления: 40, 50, 63, 75, 90 и 110 мм;

в двухтрубных блоках для систем отопления: 2x25, 2x32, 2x40 и 2x50 мм;

в блоках для систем горячего водоснабжения и отопления (так называемых четырехтрубных блоках):

28+18 + 2x25
28+18 + 2x32
32+18 + 2x32

Размеры труб-футляров, в зависимости от размеров труб-теплоносителей бывают 128, 160 и 200 мм. Выпускается также большой ассортимент фасонных частей к ним и соединительных камер.

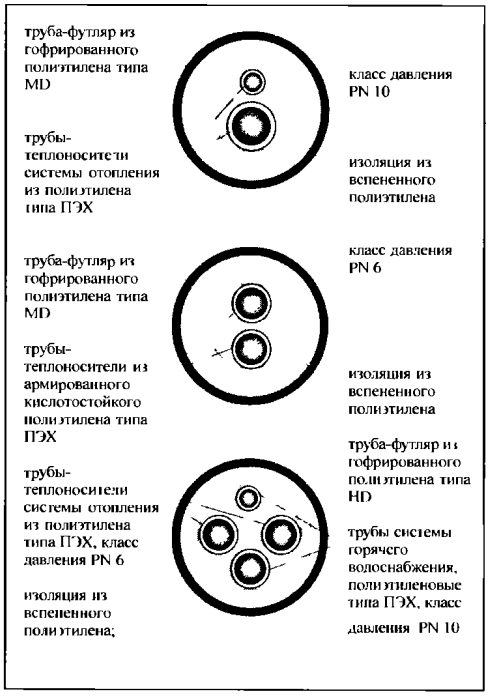





*Рис. 2.55. Центральная отопительная система.*

# 3. ПЛАСТМАССОВЫЕ ТРУБЫ ДЛЯ ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ

## 3.1. Общие соображения по конструированию систем

***ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ***

Системы из пластмассовых труб используются в зданиях для выполнения многочисленных функций. Уже давно пластмассовые трубы стали широко применяться для внутренних канализационных сетей зданий. В 1970-е годы были разработаны системы холодного и горячего водоснабжения зданий полностью из пластмассовых материалов. Широко используются также системы обогрева через полы, полностью собираемые из труб ПЭХ. Что касается промышленных предприятий, то пластмассовые трубы нашли широкое применение для технологических трубопроводов и прежде всего для агрессивных жидкостей.

При проектировании внутренних сетей зданий из пластмассовых материалов следует обязательно учитывать, что пластмассовые материалы имеют относительно низкие значения модуля упругости и относительно высокий коэффициент температурного расширения. Кроме того, все пластмассы являются воспламеняющимися материалами, что также оказывает влияние на конструктивное оформление систем из таких труб. Все эти свойства материалов должны непременно учитываться независимо от характера их использования внутри здания. Поэтому ниже следует описание того, что должно приниматься в расчет при конструировании внутренних сетей из пластмассы применительно к:

- восприятию линейных расширений;
- кольцевым зажимам;
- распространению огня;
- возможности образования шума.

***КОМПЕНСАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАСШИРЕНИЙ, ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ***

Пластмассовые материалы имеют относительно высокий коэффициент теплового расширения, см. раздел 1.3., что означает изменение длины пластмассовых трубопроводов при изменении температуры, и это необходимо принимать во внимание при конструировании пластмассовых сетей в зданиях.

***КОМПЕНСАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАСШИРЕНИЙ ТРУБ, УЛОЖЕННЫХ В БЕТОН***

Если пластмассовый трубопровод залит в бетон, то он окажется прочно зафиксированным в бетоне каждым соединительным устройством и каждой фасонной частью, если даже бетон не образует сцепления с пластмассовой поверхностью трубы. Трубопровод будет неподвижен в бетоне и лишен возможности расширения. Трубы же уложенные в свободный или стабилизированный цементом материал «Leca» не будут иметь такой жесткой фиксации и потому должны рассматриваться как свободно уложенные. В таких трубопроводах температурные расширения гасятся либо в муфтах, либо за счет смещения водоотводящих трубопроводных патрубков.

***КОМПЕНСАЦИЯ РАСШИРЕНИЙ В МУФТАХ***

Большинство пластмассовых трубопроводов с соединением труб посредством муфт конструируются таким образом, чтобы температурные расширения гасились в муфтах. Для этого положение каждой муфты обычно фиксируется. Размер зазора в стыке труб для компенсации расширений зависит от типа муфты. Для внутренних канализационных сетей из термопластиков предусматривается указанный на рис. 3.1. температурный зазор в муфтах. Такого зазора вполне достаточно для восприятия максимально возможных температурных подвижек трубы в пределах высоты этажа здания (около 2,6 м).

Имеются также муфты с большими возможностями компенсации изменения размеров труб, которые можно заказать дополнительно. Номограмма температурных изменений труб, изготовленных из ПВХ, ПЭ и ПП имеется в разделе 6. Вообще следует иметь в виду, что при сборке муфт, способных компенсировать расширение по длине, следует проверять, имеется ли достаточное расстояние для входа трубы в муфту, чтобы полностью компенсировать возможное в будущем расширение линии.



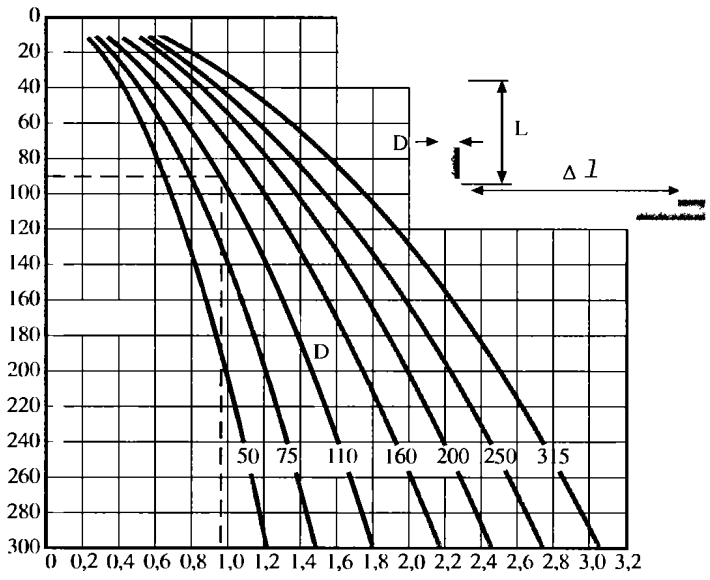

общепринятые компенсационные размеры муфт для труб из ПВХ.

*Рис. 3.1.. Зазор для компенсации расширения в муфте, предназначенной для канализационных труб из термопластика.*

## *КОМПЕНСАЦИи ТЕМПЕРАТУРНЫХ РАСШИРЕНИЙ ЗА СчЕТ ИЗГИБА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ПАТРУБКОВ*

Компенсация удлинения за счет перемещения сливной трубы обычно применяется при использовании цельносварных полиэтиленовых и полипропиленовых линий, а также трубопроводов их ПВХ с клеевыми соединительными устройствами. Необходимая длина вертикального участка сливной трубы может быть рассчитана правильно, если установлен полный размер температурного удлинения (?). См. пример на рис. 40. В трубопроводных линиях, где температурное удлинение компенсируется за счет передвижения самой трубы, очень важно закрепить линию в отдельных фиксированных точках, чтобы предопределить направление температурного удлинения. Для линий из ПЭ и ПП это можно сделать путем наварки электросварной муфты по обеим сторонам зажимных скоб (накладок).

Общее температурное удлинение $\Delta l$ в мм;




длина соединительного патрубка L в метрах.

*Рис. 3.2. График для определения необходимой длины соединительного патрубка.*

## КРЕПЛЕНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ХОМУТОВ

Целью крепления с помощью хомутов является удержание и закрепление трубы в заданном положении без ограничения ее продольных перемещений. Соединительные муфты должны быть в фиксированном положении. Трубопровод может закрепляться при помощи соответствующих хомутов, предназначенных для принятого типа труб. Хомуты должны иметь гладкую поверхность. Грани хомута должны быть закругленными, а его размер должен быть таким, чтобы после сборки он удерживал трубу в заданном положении, но не препятствовал ее перемещению в продольном направлении.

Закрепление свободно прокладываемых трубопроводов должно выполняться весьма тщательно. Максимальные расстояния между точками установки креплений для труб разных размеров указаны в таблице 3.1.

*Таблица 3.1. Расстояния между точками установки креплений труб, м.*

| Диаметр, мм | На горизонтальных участках | На вертикальных участках |
|---|---|---|
| 32 | 0,5 | 1,2 |
| 40 | 0,5 | 1,2 |
| 50 | 0,8 | 1,5 |
| 63 | 0,8 | 1,5 |
| 75 | 0,8 | 2,0 |
| 80 | 0,8 | 2,0 |
| 90 | 0,9 | 2,0 |
| 100 | 1.0 | 2,0 |
| 110 | 1,1 | 2,0 |
| 125 | 1,25 | 2,0 |
| 160 | 1,6 | 2,0 |
| 200 | 1,7 | 2,0 |

Вышеуказанные значения расстояний следует рассматривать как рекомендуемые и они не должны превышаться. В особых случаях может потребоваться сокращение указанных расстояний между креплениями.

Чтобы исключить образование трещин и возникновения шума в местах прохода трубы через деревянные и аналогичные им стены, труба должна проходить через стену свободно, без соприкосновения с ней. При деревянных конструкциях полов необходимо устраивать ложе из мягких материалов.

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ

Пластмассовые трубы горят под воздействием высоких температур, создающихся при возникновении пожара. Поэтому важно, чтобы через отверстия для пропуска труб в стенах, опасных в пожарном отношении, обеспечивались требования противопожарной безопасности.

Правила противопожарной безопасности различны в разных странах, и конкретные требования регламентируются нормативными документами каждой страны. В Швеции требования к обеспечению длительности огнестойкости относятся к устройству отверстий для пропуска труб через элементы строительных конструкций.

Принцип расчета огнестойкости какой-либо конструкции заключается в том, что суммируются длительности огнестойкости отдельных конкретных проходов, перегородок, стен шахт или других защитных оболочек, например, из минеральной ваты. Это суммирование всегда должно осуществляться для «самой опасной стены», например, в направлении главного трубопровода (рис. 3.3).

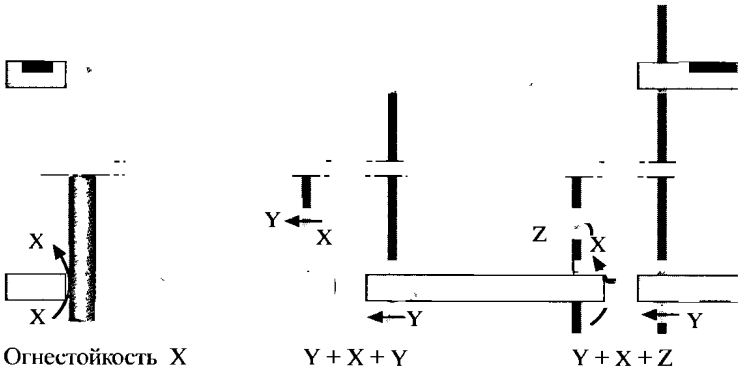



*Рис. 3.3. Пример суммирования длительностей огнестойкости.*

Время сопротивляемости возгоранию может быть увеличено путем локального увеличения толщины строительного элемента в месте прохождения сквозь него трубы, или путем установки на трубе противопожарной муфты.

Противопожарная муфта для пластмассового трубопровода состоит из стального патрубка с внутренним покрытием из сильно расширяющегося при нагревании материала (рис. 3.4 – 3.5). Эти муфты монтируются на пластмассовой трубе в тех местах, где труба проходит через строительные элементы, препятствующие распространению огня. Внутреннее покрытие муфты начинает расширяться при температуре в 200° С, и в течение нескольких минут расширившаяся масса материала образует пробку внутри муфты, которая предотвращает распространение дыма и пламени.

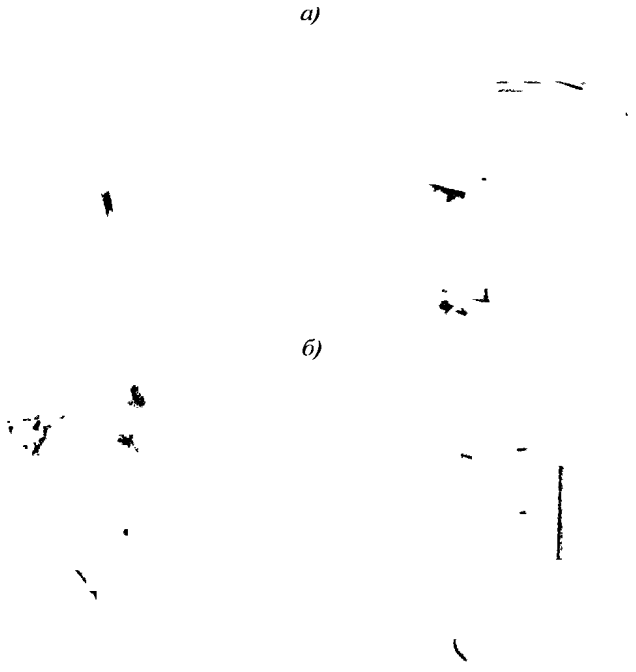



*Рис. 3.4. Принцип действия противопожарной муфты.*

*Рис. 3.5. Образцы противопожарных муфт*
*а) одностороннего действия (разборная, категория огнестойкости E1 60);*
*б) двустороннего действия (разборная, категория огнестойкости E1 120)*

## *ВОЗНИКНОВЕНИЕ ШУМА В ТРУБОПРОВОДАХ*

Шум возникает в результате преобразования энергии. Например, при движении воды через вертикальную трубу, последняя приходит в движение и, следовательно, имеет место превращение энергии; при этом шумы передаются в радиальном направлении через трубу в окружающий воздух (звуковые волны), а также передаются вдоль трубы на строительные конструкции, вызывая вибрацию. Жесткие стальные и чугунные трубы хорошо проводят звук в продольном направлении, а пластмассовые трубы эффективно подавляют такое распространение звука. Радиальное распространение звука, передаваемого в окружающую среду непосредственно от его источника, зависит от плотности материала трубы. Плотный материал труб трудно привести в движение, и потому тяжелые трубы подавляют звуковые волны более эффективно, чем пластмассовые трубы.

Для решения проблемы борьбы с шумами во внутренних канализационных сетях соответствующие национальные органы власти устанавливают их предельные значения.

В скандинавских странах установлены следующие предельные значения шумов:

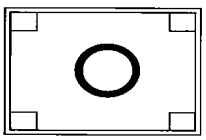
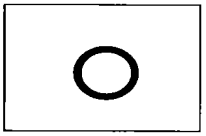
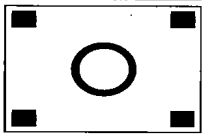
**Швеция:** 35 децибел (А) в жилых помещениях,
40 децибел (А) в кухне (Шведский национальный комитет жилищного строительства, BBR).

**Дания:** 35 децибел в жилых помещениях
(«Строитсльные нормы», BR 82).

**Норвегия:** 35 децибел (А) в жилых помещениях
40 децибел (А) в кухне
(Норвежский комитет строительного регулирования).

Чтобы удовлетворить этим гребованиям и снизить до минимума шумовые помехи может потребоваться звукоизоляция труб. Таблица 3.2. приводит примеры снижения шума, которое может быть достигнуто при использовании различных методов звукоизоляции. В таблице даны величины снижения шума от вертикальной трубы диаметром 110 мм из полиэтилена при заполненном сечении и скорости движения воды 0,16 м/с при различных вариантах ее звукоизоляции. Без изоляции уровень шума составлял 56 децибел (А) на расстоянии 0,6 м от трубы.

*Таблица 3.2.*

| *Тип конструкции* | *Метод звукоизоляции* | *Снижение уровня шума* |
|---|---|---|
|  | Без изоляции | 0 дб (А) |
|  | Кожух толщиной 50 мм из минеральной ваты (плотность > 125 кг/м³) | 12 – 14 дб (А) |
|  | Короб из гипсовых панелей толщиной 13 мм | 14 – 18 дб (А) |
|  | Короб из гипсовых панелей толщиной 13 мм и кожух на трубу из минеральной ваты толщиной 50 мм (плотность > 125 кг/м³) | 25 – 30 дб (А) |
|  | Короб из гипсовых панелей толщиной 13 мм и кожух на трубу из минеральной ваты толщиной 50 мм (плотность > 75 кг/м³) | 25 - 28 дб (А) |

В то же время при выполнении определенных правил конструирования трубопроводов можно обойтись без звукоизоляции труб.

Конструкция трубопровода, материал труб и способ их крепления в совокупности оказывают большое влияние на возникновение и распространение шумов в системе. Общим правилом является то, что плавные повороты в трубах снижают общий уровень шумов.

При конструировании внутренней сети в ней следует исключать возможность резких снижений скорости протекания жидкости, которые приводят к возникновению шумов. В этом случае более целесообразно, например, применение двух отводов по 45°, как показано на рис. 3.6, или трех отводов по 30°., чем одно колено при повороте вертикально идущей трубы на 90°, поскольку более плавный поворот, достигаемый использованием нескольких отводов, ведет к снижению шумообразования. Даже поворот трубы под углом 90°, но выполненный с большим радиусом закругления, снижает уровень шума.

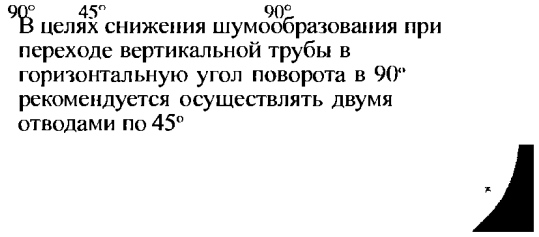



*Рис. 3.6. Пример конструктивного решения плавного поворота вертикальной трубы для снижения шумообразования.*

Разработаны также специальные типы пластмассовых труб, обеспечивающих хорошую звукоизоляцию. Примером таковых являются трубы из полипропилена с минеральным наполнителем.

# 3.2. Внутренние канализационные сети

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Для внутренних канализационных сетей выпускаются трубы и фасонные части к ним из ПВХ, ПЭ и ПП. Соединение труб осуществляется обычно с использованием соединительных муфт. Трубы из полиэтилена и полипропилена могут также соединяться методом сварки. Внутренние канализационные сети представляют обширную область для использования пластмассовых труб, в которой они применяются с середины 50-х годов. От вида материалов пластмассовых труб зависит их сопротивляемость воздействию высоких температур, см. раздел 1.3., и, следовательно, температура сточных вод может влиять на выбор материала труб.

Трубы из термопластиков могут использоваться во внутренних канализационных сетях, если температура сточной воды не превышает 45°C, а при кратковременных сбросах в течение 60 секунд 30 л воды ее температура не должна превышать 95°C. Температурные характеристики труб из ПВХ, ПП и ПЭ достаточно высоки и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к канализационным трубам для жилых зданий. При приеме сточных вод от кухонь в учреждениях и промышленных стоков особое внимание при выборе материала труб должно быть уделено температуре и расходу сточных вод.

## *РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК*

Расчет характеристик внутренних канализационных сетей осуществляется в соответствии с нормативами той или иной страны. В Швеции используются указанные в таблице 3.3. нормативные расчетные расходы сточных вод для различных санитарно-технических приборов и оборудования.

*Таблица 3.3. Нормативные расчетные расходы сточной воды от санитарно-технических и бытовых приборов.*

| **Бытовые и санитарно-технические приборы** | **Нормативный расход сточных вод; л/с** |
|---|---|
| Умывальник | 0,3 |
| Кухонная мойка | 0,6 |
| Посудомоечное место в ресторане | 1,2 |
| Стиральная машина < 5 кг белья | 0.6 |
| Стиральная машина > 5 кг белья | 1,2 |
| Посудомоечная машина | 0,6 |
| Посудомоечная машина в ресторане | 1,2 |
| Небольшие моечные баки на складах и базах | 0,9 |
| Большие моечные баки для овощей | 1,8 |
| Унитаз | 1,8 |
| Ванна | 0,9 |
| Биде | 0,3 |
| Писсуар | 0,3 на единицу, но не более 1,8 |
| Ножная ванна | 1,5 |
| Прачечная, в расчете на 1 метр | 0.4 |

Канализационные трубы должны рассчитываться на постоянный пропуск расхода равного 150% нормативного расхода от этих приборов.

Трубы подсоединения приборов к водоотводящей линии должны рассчитываться на пропуск соответствующего нормативного расхода от прибора при их 50% наполнении (для стояков максимальное наполнение не превышает 20%). Водосборные отводящие линии должны рассчитываться на вероятный расчетный расход сточной воды в них. При определении диаметра канализационных труб необходимо учитывать следующее:

а) диаметр не должен уменьшаться в направлении потока жидкости;
б) диаметр отводной трубы от унитаза должен быть не менее 100 мм;
в) в бачке унитаза должно быть не менее 3 л воды для смыва;
г) диаметр труб, прокладываемых в земле, должен быть не менее 75 мм (в зависимости от назначения трубы).

Вероятный расчетный расход сточной воды, как функция суммы нормативных расходов от всех подсоединенных к трубопроводу санитарно-технических и бытовых приборов, может быть рассчитан по графику (рис. 3.7).

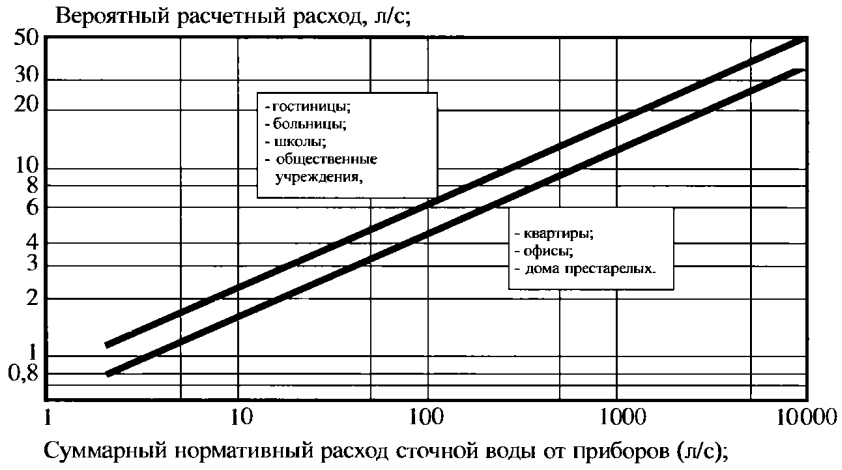



*Рис. 3.7. График для определения вероятного расчетного расхода сточной воды.*

Если суммарный нормативный расход воды от приборов менее 10 л/сек, то необходимо принимать вероятный расчетный расход не меньше максимального нормативного расхода от отдельного прибора. Самотечные канализационные сети должны оборудоваться системой вентиляции.

## *ПРАВИЛА ПО УСТРОЙСТВУ СЕТИ*

В отношении методов компенсации линейных расширений, крепления, звукоизоляции и предотвращения распространения пожара, см. раздел 3.1.

**Способы соединения внутренних канализационных линий.**

Примеры типичных соединений труб показаны на рис. 3.8.

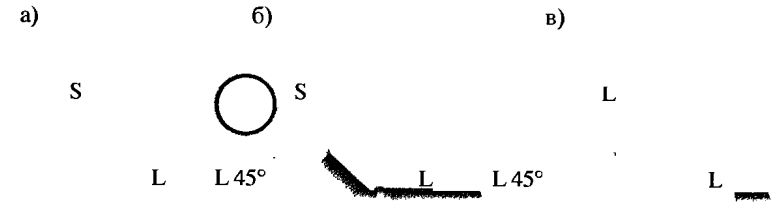



*Рис. 3.8. Типичные способы соединения внутренних канализационных лини с использованием фасонных частей*
*а) стояка (S) с горизонтально расположенной трубой (L), посредством колена (или двух отводов); б) стояка (S) с горизонтально расположенной коллекторной трубой (L), посредством колена и тройника 45°; в) двух горизонтально расположенных линий посредством отвода и тройника 45°.*

**Вентиляция.**
Вытяжные трубы должны прокладываться с постоянным подъемом и без резких изменений направления.

**Крепежные хомуты.**
Примеры крепежных устройств и схема их расположения показаны на рис. 3.9.

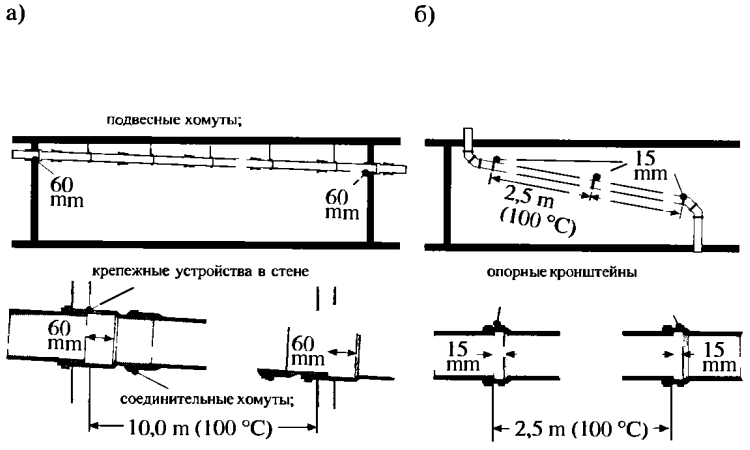



*Рис. 3.9. Примеры расположения различных крепежных устройств*
*а)крепление трубы с помощью подвесок; б) крепление к стене.*

**Крепление к стене.**
Пластмассовые трубы не имеют сцепления с бетоном. Поэтому фасонные муфты, тройники и колена могут служить местами для установки креплений трубы. Смещение трубы можно предотвратить, например, навариваемыми или наклеиваемыми на трубу хомутами в точках ее крепления к стене (рис. 3.10).

*Рис. 3.10. Пример использования хомута при креплении к стене.*

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ*

### Из ПВХ

Канализационные трубы из ПВХ для внутренних сетей имеют серый цвет и производятся диаметром 32 – 169 мм. Трубы соединяются посредством раструбов с уплотнительными кольцами. Выпускается широкий набор фасонных частей. Более подробные сведения можно получить из каталогов производителей изделий.

### Из ПЭ

Канализационные трубы из ПЭ для внутренних сетей имеют черный цвет и выпускаются диаметром 32 – 315 мм. Трубы соединяются посредством уплотнительных колец или сварки. Сварка выполняется либо методом торцевой сварки, либо электросваркой, см. описание в разделе 2.3.4. Выпускается широкий ассортимент фасонных частей. Более подробные сведения можно получить из каталогов производителей изделий.

### Из ПП

Канализационные трубы из ПП для внутренних сетей имеют белую, серую или черную окраску и выпускаются диаметром 32 – 200 мм. Трубы соединяются посредством раструбов, накладки электросварных муфт или методом торцевой сварки. Можно получить трубы из полипропилена с добавками минеральных наполнителей. Более подробные сведения можно получить из каталогов производителей изделий.

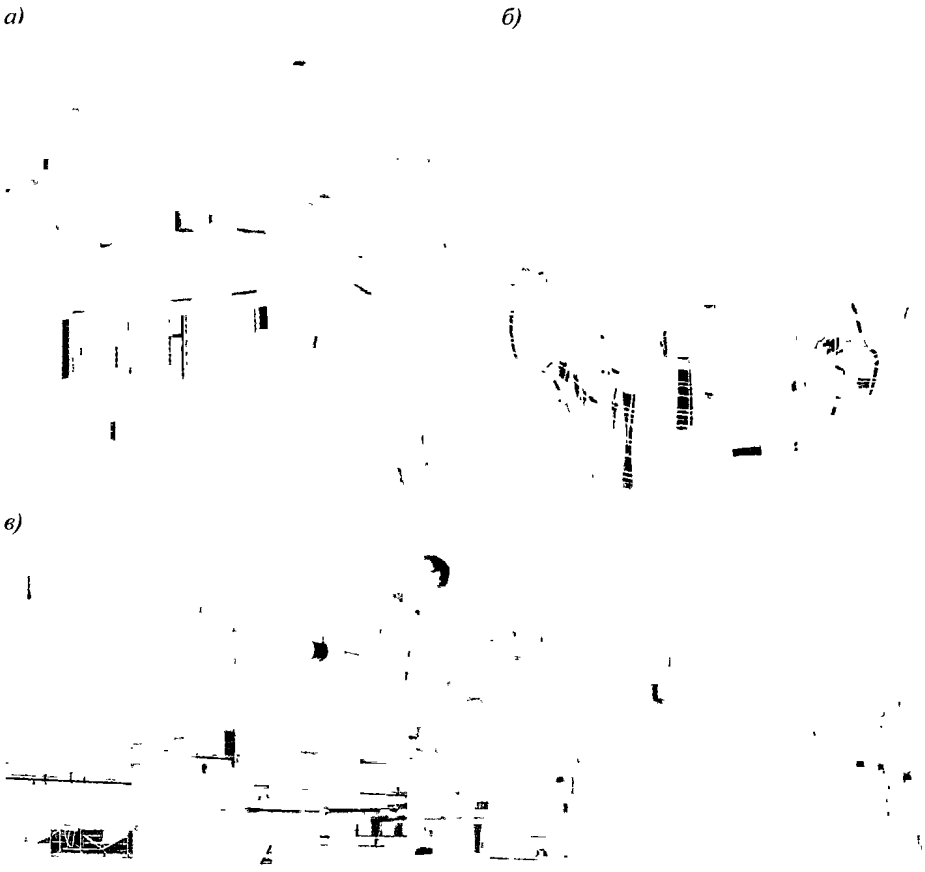



*Рис. 3.11. Монтаж внутренней канализационной сети из пластмассовых труб и фасонных частей*
*а) раструбное соединение; б) соединение на муфтах; в) общий вид.*

# 3.3. Внутренние водопроводные сети

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Внутренние сети из пластмассы ПЭХ для горячего и холодного водоснабжения были разработаны в середине 70-х годов. Трубы этих водопроводов могут укладываться в обычные стены или заливаться в бетон междуэтажных перекрытий. Эти трубы могут применяться для рабочих давлений до 1 MPa (10 бар) при температуре + 90°C.

Сети из ПП-r для подачи холодной и горячей воды начали применяться с начала 1990-х годов. Обозначение ПП-r используется для разработанного полипропиленового материала, применяемого в условиях высоких температур. Трубы из ПП-r могут использоваться для рабочих давлений до 1 MPa (10 бар) при температуре 70°C.

## *РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ*

Расчет и конструирование водопроводной сети проводятся в соответствии с национальными нормативами. В Швеции в этих целях руководствуются указанными в таблице 3.4. нормативными расходами воды.

*Таблица 3.4. Нормативные расходы воды.*

| **Тип прибора** | **Нормативный расход воды (л/с)** |
|---|---|
| ***Для горячей и холодной воды*** | |
| Ванна | 0,3 |
| Мойка в кухнек | 0,2 |
| Душ | 0,2 |
| Бак для стирки | 0,2 |
| Мойка в подсобке | 0,2 |
| Умывальник | 0,1 |
| Биде | 0,1 |
| ***Для холодной воды*** | |
| Стиральная машина (5 кг) | 0,2 |
| Унитаз | 0,1 |
| Водоразборные краны для напольного умывальника, полива участка для отдельного дома | 0,2 |
| ***Для горячей и холодной воды*** | |
| Посудомоечная машина | 0,2 |

Вероятный расчетный расход в распределительных трубопроводах для жилых домов, офисов и пр. определяется как функция суммы нормативных расходов от водоразборных приборов (рис. 3.12).

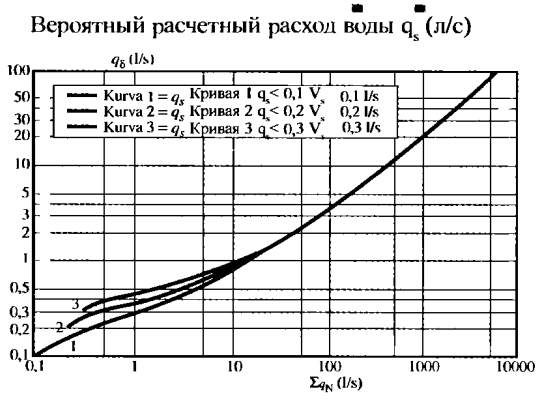



*Рис. 3.12. График зависимости $q_s = f\ q_N$*
*где: кривая 1 - $q_s$ для нормативного расхода прибора не более 0,1 л/с; кривая 2 - $q_s$ для нормативного расхода прибора не более 0,2 л/с; кривая 3 - $q_s$ для нормативного расхода прибора не более 0,3 л/с.*

## КОНСТРУИРОВАНИЕ И УСТРОЙСТВО ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Водораспределительные узлы (рис. 3.13) располагаются в помещении, где имеется система приема сточных вод (бойлерная, ванная, душевая, подсобные помещения).

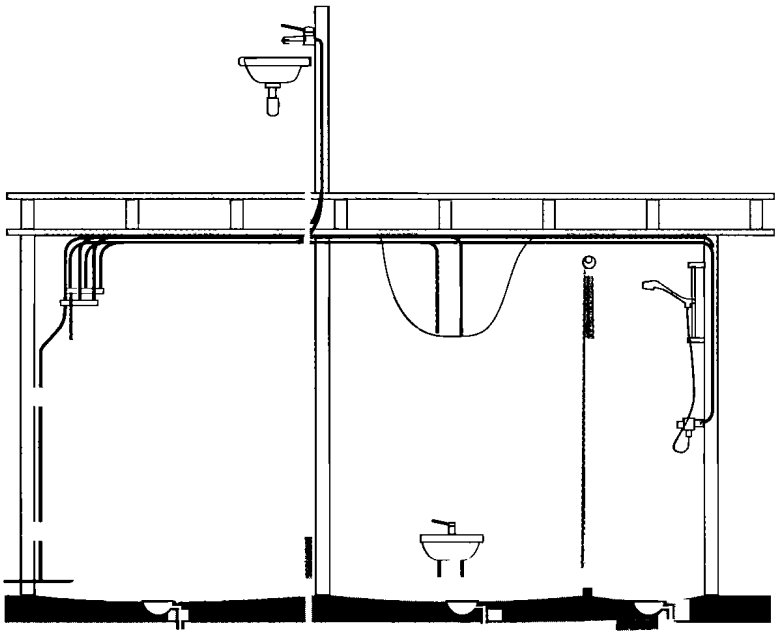


*Рис. 3.13. Пример устройства водопроводной системы.*

Каждая соединительная труба между водораспределительным узлом и соответствующим водоразборным устройством прокладывается по наикратчайшему расстоянию. Трубы ПЭХ прокладываются в гофрированных защитных футлярах, которые закладываются в междуэтажных перекрытиях с прикреплением к арматуре, которая затем заливается бетоном (рис. 3.14).

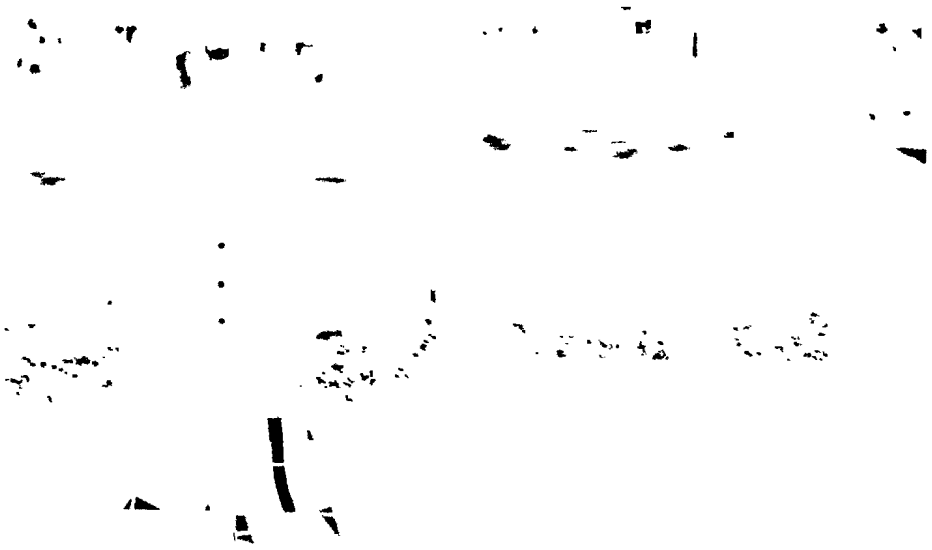


*Рис. 3.14. Укладка водопроводных труб в бетонируемые плиты перекрытий*

В деревянных перекрытиях трубы укладываются в предусмотренных для этих целей прозорах (рис. 3.15.).

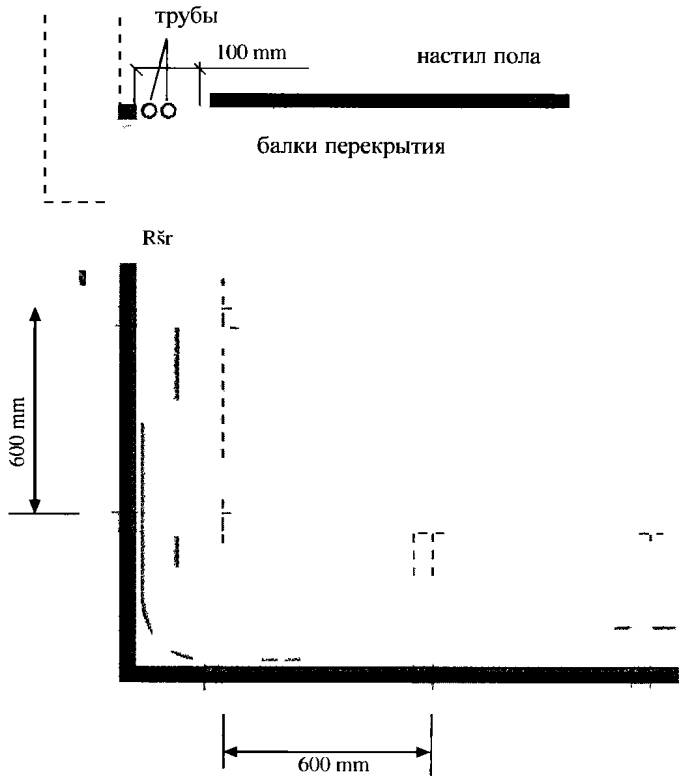



*Рис. 3.15. Пример укладки водопроводных труб в деревянных перекрытиях.*

Для удобства прокладки труб, минимальный радиус поворота трубопровода не должен быть менее указываемых производителями труб значений. Исходя же из обеспечения возможности последующей замены, трубопровод не должен изгибаться радиусом меньше пятикратного внешнего диаметра трубы. Вводы труб в помещение крепятся к стене при помощи специальных крепежных пластин (рис. 3.16).

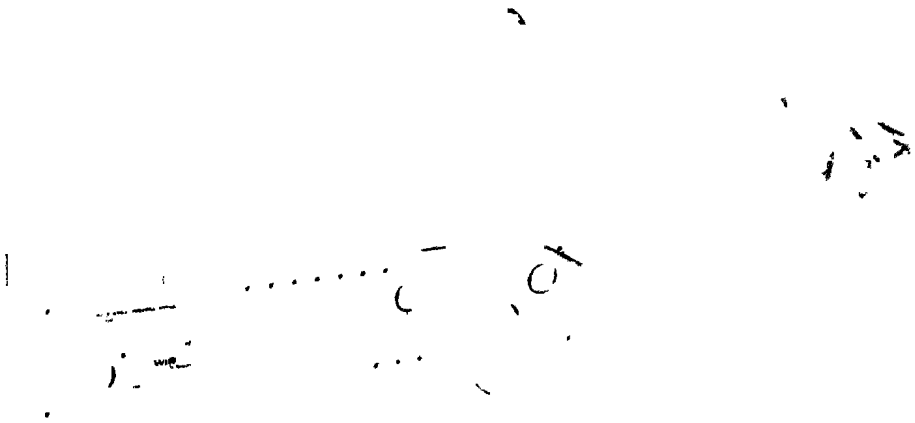


*Рис. 3.16. Крепление вводов из труб ПЭХ к стене.*

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ ИЗ ПЭХ*

Ниже приведены данные по водопроводным трубам ПЭХ с футлярами и без футляров (таблица 3.5 и рис. 3.17.).

*Таблица 3.5. Водопроводные трубы из ПЭХ*

| Труба + защитный футляр | | | Труба без защитного футляра |
|---|---|---|---|
| $D_н$ x | $D_н$ | $D_{вн}$ | $D_н$ x |
| 12 x 2,0 + | 25 | 20 | 32 x 4,4 |
| 15 x 2,5 + | 25 | 20 | 40 x 5,5 |
| 18 x 2,5 + | 34 | 28 | 50 x 6,9 |
| 22 x 3,0 + | 34 | 28 | 63 x 8,7 |
| 28 x 4,0 + | 54 | 48 | |

где $D_н$ и $D_{вн}$ - соответственно наружный и внутренний диаметры трубы и защитного кожуха, в мм; - толщина стенки трубы, в мм.




*Рис. 3.17. Ассортимент труб, фасонных частей и соединительных деталей из ПЭХ.*

Более полную информацию можно получить в каталогах производителей изделий.

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ ИЗ ПП-г.*

Внутренние водопроводные системы из пластмассы марки ПП-г включают широкий ассортимент труб и фасонных частей к ним от 16 до 110 мм диаметром и могут быть получены разнообразной цветовой гаммы.

Типовой набор может включать от 150 до 250 различных фасонных частей (рис. 3.18). За более подробной информацией следует обращаться к производителям изделий.



*Рис. 3.18. Ассортимент труб, фасонных частей и соединительных деталей из ПП-г.*

Соединение труб осуществляется при помощи сварных муфт в основном вручную если диаметр труб не превышает 50 мм, и при помощи сварочного автомата для труб больших размеров.

Подсоединение к металлическим трубам или другим металлическим деталям водопроводной сети выполняется посредством специально сконструированных и изготовленных инжекционным методом фасонных частей с металлическими вставками (рис. 3.19).

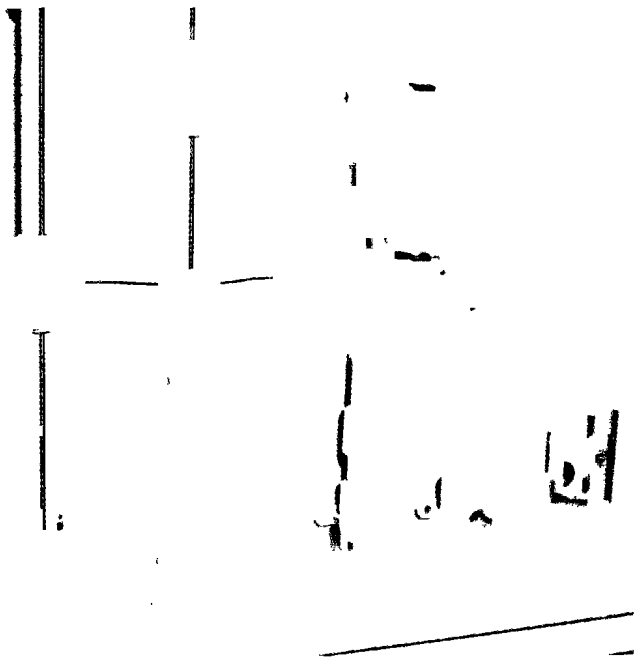


*Рис. 3.19. Подводка пластмассовых труб к водоразборным устройствам.*

# 3.4. Системы отопления

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Трубы из пластмассы типа ПЭХ используются в отопительных системах с начала 70-х годов. При применении труб из ПЭХ первого поколения в ряде случаев возникали проблемы, связанные с диффузионным поступлением кислорода через стенки таких труб, вызывавшим коррозию металлических элементов системы отопления. Разработка труб из ПЭХ с антидиффузионной защитой быстро решила эту проблему. Для современных труб из ПЭХ диффузия кислорода через стенки труб больше не представляет проблем. Трубы из ПЭХ сейчас широко используются прежде всего для систем отопления через пол.

## *РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОЛЬНОЙ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ*

Тепловые потребности здания могут быть, как правило, удовлетворены путем поддержания температуры поверхности пола на уровне 23 – 25°С. Различные конструкции полов и их покрытий по-разному проводят тепло. Бетонный пол хорошо проводит и распространяет тепло, в связи с чем нужно поддерживать температуру воды на уровне 30°С, чтобы покрывать потребности в тепле в холодную погоду. Паркетный пол или пол из древесностружечных плит, уложенных по балкам перекрытия, имеет плохую теплопроводность и приходится применять настил из алюминиевых листов, чтобы добиться равномерного распределения тепла по поверхности пола. Для покрытия потребности в тепле эта система требует поддержания температуры воды около 40°С.

Система отопления через пол состоит из расположенного в центре здания распределительного устройства, от которого тепло поступает к змеевикам отопительных труб обогреваемых помещений (рис.3.20).

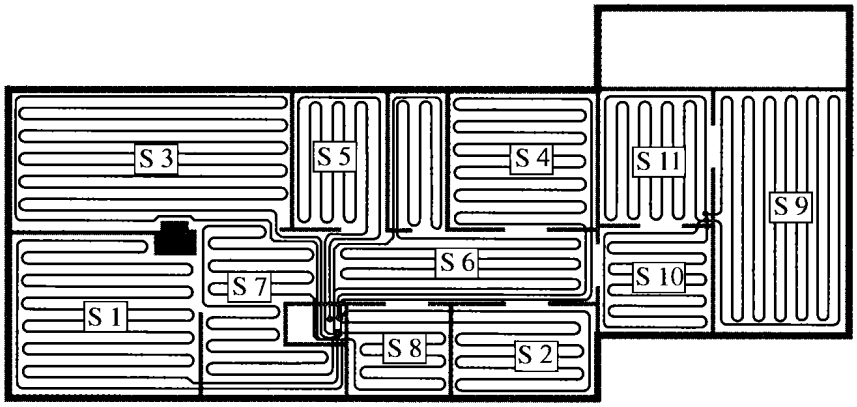



*Рис. 3.20. Пример укладки отопительных змеевиков труб в бетонном полу.*

Обычно для обогрева помещения площадью до 25 м$^2$ укладывается один змеевик из труб. Большие по площади помещения оборудуются двумя или несколькими змеевиками. Обычно трубы змеевика укладываются на расстоянии 300 мм между осями. В больших залах с бетонным полом и малой потребностью в тепле (спортзалы, мастерские и т.п.) расстояние между осями труб может быть увеличено почти вдвое во внутренней зоне в 3 – 4 м от внешних стен.

Уменьшение расстояния между трубами до 150 мм повышает теплоотдачу на 5 – 10% и такой же результат получается при повышении температуры воды на 1 – 2°С. Для циркуляции воды применяются обычные циркуляционные насосы, а для одинакового падения давления во всех змеевиках, используется дросселирование более коротких змеевиков. Направление змеевиков определяется конструкцией пола и его покрытием. Длина змеевиков обычно составляет 50 – 90 м. В больших помещениях (мастерские, спортивные залы, магазины и т.п.) могут применяться и большие длины змеевиков, поскольку в этих случаях используются насосы высокого давления (100 – 150 м). При использовании таких систем в полах,

укладываемых на грунтовое основание, необходимо теплоизоляционный слой увеличить примерно на 30 мм, чтобы обеспечить те же теплопотери, что и при обычных системах отопления.

Теплоизоляционный слой в междуэтажных перекрытиях должен быть толщиной не менее 50 мм.

## *МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ОБОГРЕВА ЧЕРЕЗ ПОЛ*

Трубы из ПЭХ диаметром 16 или 20 мм с толщиной стенок 2 мм и защитой от диффузии применяются практически для всех используемых конструкций полов. Другим видом труб для отопления через пол являются трубы «ALUPEX», которые представляют собой трубы из ПЭХ с защитой от диффузии слоем алюминия. Стенка такой трубы состоит из двух слоев пластмассы ПЭХ, между которыми находится слой алюминия, что позволяет легко изогнуть трубу руками и придать ей новую форму. Благодаря устойчивости приданной формы трубы снижается общее количество креплений (рис. 3.21).

*Рис. 3.21. Труба типа «ALUPEX» с алюминиевым слоем*

**В бетонных перекрытиях.**
В бетонных перекрытиях трубы из ПЭХ укладываются с применением специальных держателей труб, монтажных панелей или привязываются к арматуре и заливаются бетоном, как показано на рис. 3.22.




*Рис. 3.22. Укладка змеевиков труб отопления в бетонном полу.*

**В накладных перекрытиях.**
При любых конструкциях перекрытий обогревательные трубы могут прокладываться в специальных панелях из ячеистой пластмассы, которые свободно накладываются на существующую конструкцию перекрытия. В пластмассовых панелях предусмотрены борозды для обогревательных труб (рис. 3.23). До укладки труб между ними и теплоизоляционным слоем настилаются алюминиевые листы для повышения теплоотдачи от пола.

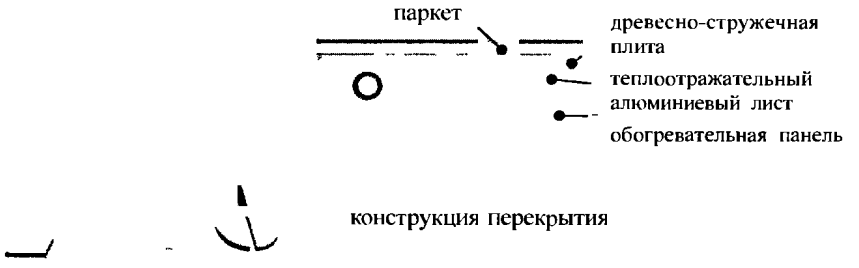



*Рис. 3.23. Обогревательные панели со змеевиками труб.*

**В деревянных перекрытиях.**
В случае деревянных перекрытий к несущей конструкции гвоздями прибивается деревянная решетка из брусков 22 х 95 мм с прозорами, на которую настилаются алюминиевые листы. Обогревательные трубы размещаются в прозорах между брусками, как показано на рис. 3.24.

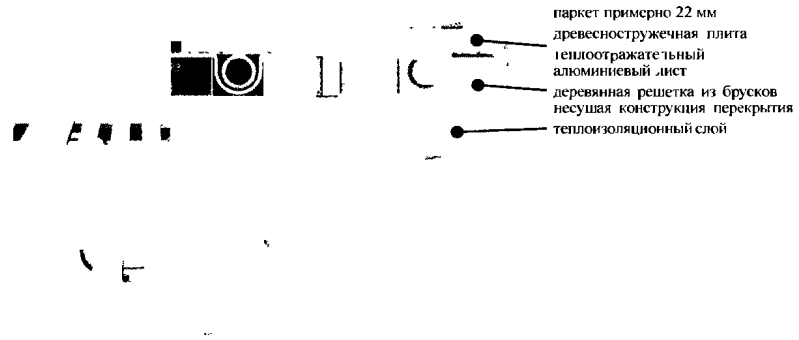



*Рис. 3.24. Укладка обогревательных труб в деревянной решетке*

**Распределительный узел.**
Трубы змеевиков подключаются к распределительному узлу с регуляторами температуры в помещениях (рис. 3.25), который в свою очередь подключается к источнику тепла (например, к электрокотлу).

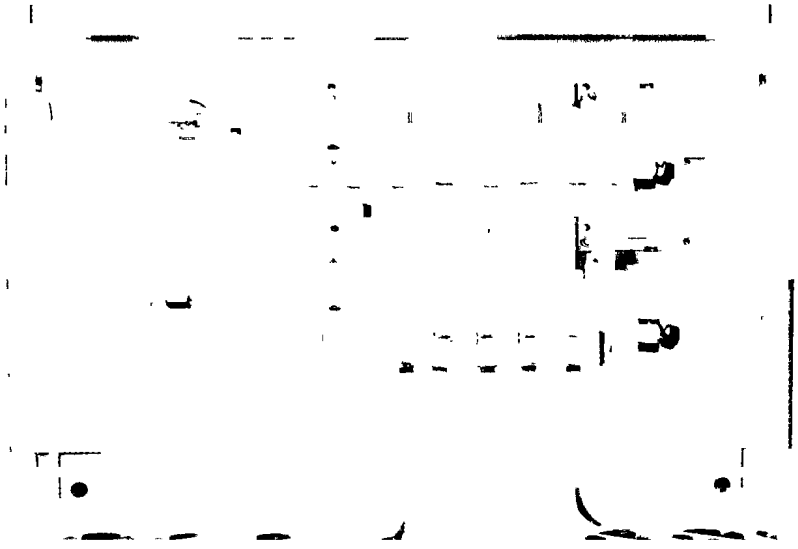


*Рис. 3.25. Распределительный узел с регуляторами температуры в помещениях.*

## *АССОРТИМЕНТ ТРУБ*

Кроме труб и соединительных устройств к ним производители труб предлагают также широкий ассортимент различного вспомогательного оборудования типа реек для монтажа, алюминиевых листов, распределительных узлов и т.д. Более подробная информация по этому вопросу приводится в каталогах производителей изделий.

# 4. ПОДВОДНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

## *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Пластмассовые трубы могут успешно применяться для прокладки подводных трубопроводов в качестве водосбросных и водозаборных труб, трубопроводов для перекачки и пр. Для этих целей обычно применяются полиэтиленовые трубы. При прокладке подводных линий используется большая гибкость труб из ПЭ и, кроме того, возможность соединения их или сварки в плети большой длины. Принцип прокладки подводных трубопроводов состоит в том, что один его конец герметизируется заглушкой, и трубопровод, будучи заполненным воздухом, плавает на поверхности воды. У берега на трубопроводе закрепляются анкерные грузы и, пригруженный, таким образом, трубопровод буксируется к месту его прокладки, после чего он заполняется водой (рис. 4.1).



*Рис. 4.1. Монтаж подводного трубопровода и анкерных грузов.*

Заполнение трубопровода водой осуществляется с одной стороны (рис. 4.2), а с другой стороны через систему вентилей выпускается воздух таким образом, чтобы контролировать скорость погружения трубопровода.



*Рис. 4.2. Погружение подводного трубопровода.*

В процессе погружения осуществляется контроль за правильностью опускания трубопровода на предусмотренное место на дне озера или моря. Как правило, трубопровод укладывается непосредственно на дно водоема без устройства траншеи. Если донный грунт мягкий, то трубопровод, благодаря своему весу, относительно быстро погружается в грунт дна полностью или частично. При более плотном песчаном дне будет иметь место эрозия дна под воздействием волн или водных течений и, следовательно, со временем трубопровод может углубиться в грунт дна (рис. 4.3).

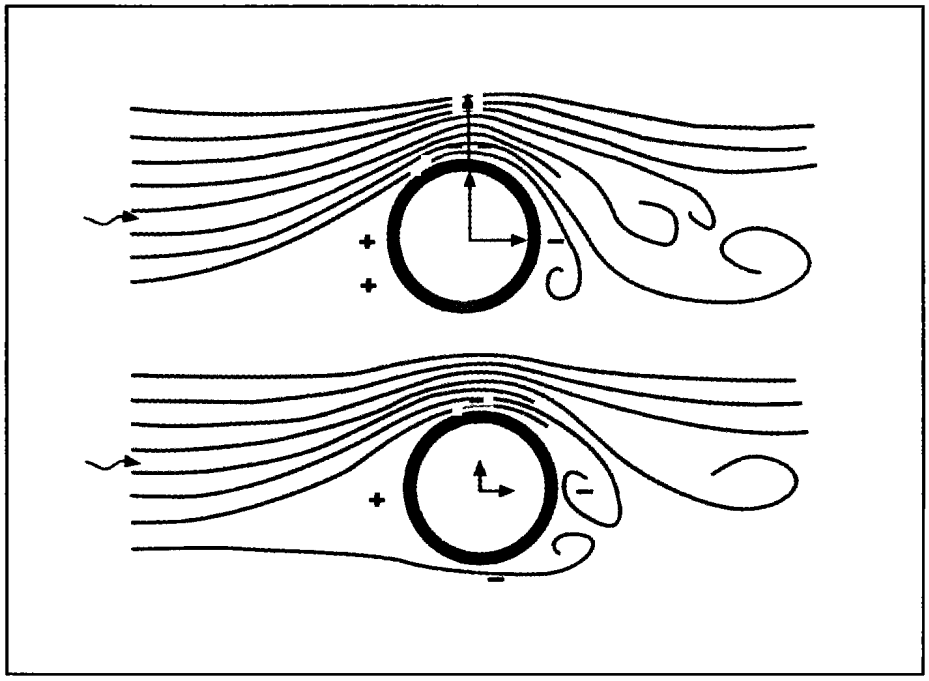


*Рис. 4.3. Схема водных потоков вокруг трубопровода на дне водоема.*

Поскольку полиэтиленовый трубопровод гибкий, то он принимает форму профиля дна, и весьма редко требуется подготовка дна. Со временем трубопровод может углубиться в грунт дна, что не вызывает опасений благодаря большой гибкости полиэтиленового грубопровода.

Трубопроводы для подводной прокладки требуют особого внимания к вопросам расчета его параметров, анкерных грузов, а также к технологии прокладки. Под соответствующими заголовками ниже излагаются общие соображения, которые необходимо учитывать при прокладке подводных трубопроводов.

## *ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ*

Помимо обычных критериев, учитываемых при устройстве подземных трубопроводов, проектирование подводных трубопроводов связано с рассмотрением следующих дополнительных задач:

- выявление профиля дна с помощью эхолотов;
- установление характерных уровней воды (высокого, среднего и низкого);
- установление уровня воды при приливах;
- определение максимальной толщины льда;
- изучение силы воздействия волн и течений;
- установление характеристик дна визуальным или геотехническим обследованием;
- обследование на предмет наличия имеющихся коммуникаций, таких как трубопроводы, кабели и пр.;
- оценка возможности повреждения трубопровода якорными устройствами;
- изучение инструкций и правил, регламентирующих проведение подводного строительства.

Прокладываемый под водой трубопровод подвергается воздействию течений и волн и потому нуждается в определенной анкерной пригрузке. По вопросам расчета сил течений и волн рекомендуется обратиться к работе /3/. Как правило, сила волн и течений больше воздействует на трубопровод, лежащий непосредственно на дне, чем на трубопровод находящийся на некотором расстоянии от дна. Поэтому анкерные грузы на трубопровод следует конструировать такой формы, которая обеспечивала бы зазор между низом трубопровода и дном водоема, равный примерно 25% диаметра трубопровода (рис. 4.4).

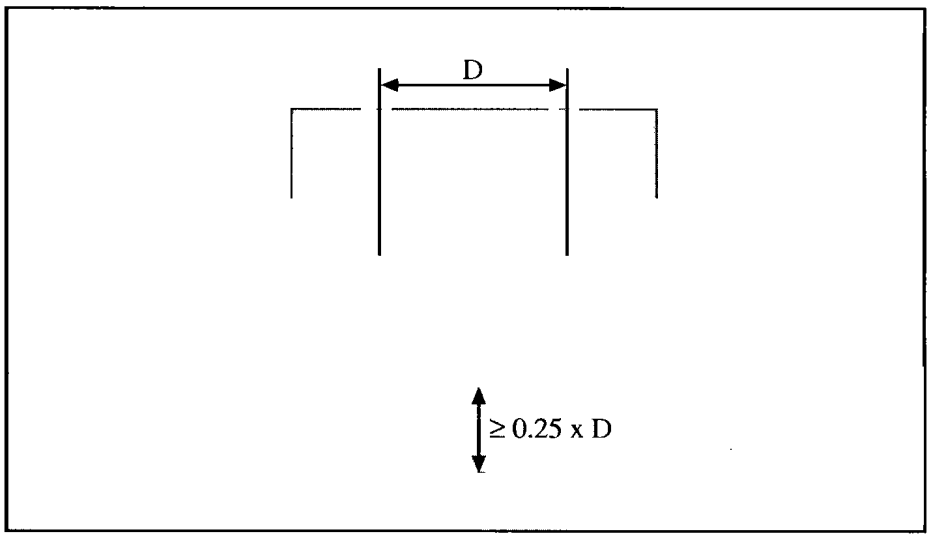



*Рис. 4.4. Принцип установки бетонных грузов для подводных трубопроводов.*

Для трубопровода же почти полностью углубившегося в грунт дна водоема, силы воздействия течений и волн будут незначительны. Благодаря своей гибкости трубопровод из ПЭ допускает некоторое смещение его под воздействием сил течений и волн. При погружении анкерных грузов в донный грунт настолько, что между трубопроводом и дном не остается просвета, то сила волновых воздействий на трубопровод возрастет. Однако, как только волновые воздействия приподнимут трубопровод над дном, сила этих воздействий снизится, и как результат этого, трубопровод снова опустится на дно.
За счет своей гибкости трубопровод выдерживает такие смещения, и поэтому характеристики прокладываемого подводного трубопровода из полиэтиленовых труб рассчитывают так, чтобы величина смещения трубопровода под воздействием волн в течение 50- или 100-летнего периода не превышала допустимых пределов.

"Нормальными" критериями для расчета подводного трубопровода являются:

- вес анкерного груза назначается так, чтобы смещение трубопровода под волновым воздействием в течение 50 лет было в пределах одного метра;
- для подводных трубопроводов, на которые предполагаемое воздействие силы волн и течений мало (например, во внутренних озерах) анкерный груз принимается равным примерно 20% водоизмещения трубопровода;
- продольный профиль трубопровода назначается так, чтобы расстояние между верхней кромкой бетонного анкера и самым низким уровнем воды в водоеме было большим, чем максимальная толщина льда, и чтобы расстояние от верха трубы до самого низкого уровня воды было не меньше 2 м;
- на участках, где имеет место полное или частичное погружение подводного трубопровода в грунт, анкерные грузы должны составлять около 40% его водоизмещения в целях обеспечения сохранения принятого продольного профиля трубопровода после его заполнения жидкостью. При тщательном проведении заполнения трубы и постоянным контролем за положением трубопровода, вес анкерных грузов может быть снижен до 15-20% его водоизмещения.

Чтобы предотвратить осаждение взвешенных веществ и образование газов в подводных напорных канализационных трубопроводах, (что может привести к всплытию трубопровода), скорость движения воды в них должна поддерживаться достаточно высокой (не менее 0,5 м/с).

Для всасывающих трубопроводов (водозаборных труб) требуется проверка устойчивости поперечного сечения труб против выпучивания из-за текучести материала труб. Для напорных трубопроводов требуется проверка устойчивости труб против выпучивания из-за отрицательных давлений, возникающих в трубопроводе при остановке насоса (например, из-за прекращения подачи электроэнергии). Для таких случаев можно учитывать эффект придания трубам жесткости анкерными грузами на трубопроводе.

## *АНКЕРНАЯ ПРИГРУЗКА ТРУБОПРОВОДОВ*

Подводные трубопроводы из ПЭ пригружаются сборными бетонными блоками. Бетонные блоки являются, как правило, вращательно-симметричными и закрепляются на трубопроводе при помощи болтов или запирающихся колодок (рис. 4.5).

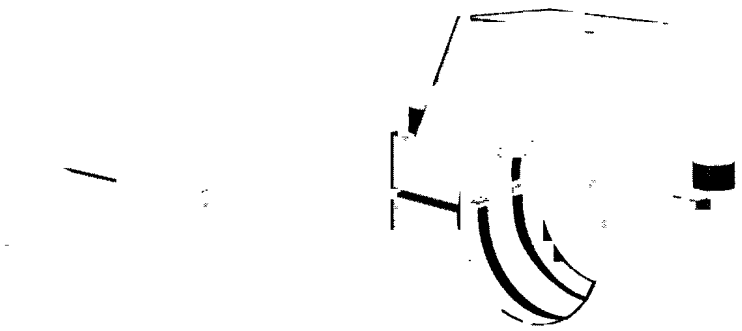


*Рис. 4.5. Образцы бетонных грузов для подводных трубопроводов.*

Грузы с запирающимися колодками могут применяться только для трубопроводов диаметром меньше 300 мм, при их прокладке на относительно малых глубинах воды. Для обеспечения зажимного усилия между грузом и трубой, исключающего проскальзывания груза по трубе во время операции погружения, запорные шпонки должны выполняться из резинового материала. Болтовые соединения, стягивающие верхнюю и нижнюю части груза должны соответственно снабжаться эластичными резиновыми втулками (рис. 4.6).

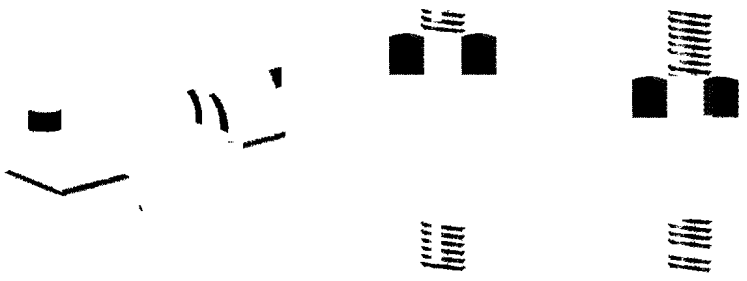


*Рис. 4.6. Резиновые втулки для бетонных грузов с болтовым соединением.*

Для предохранения от коррозии болты желательно защищать анодированием (рис.4.7).

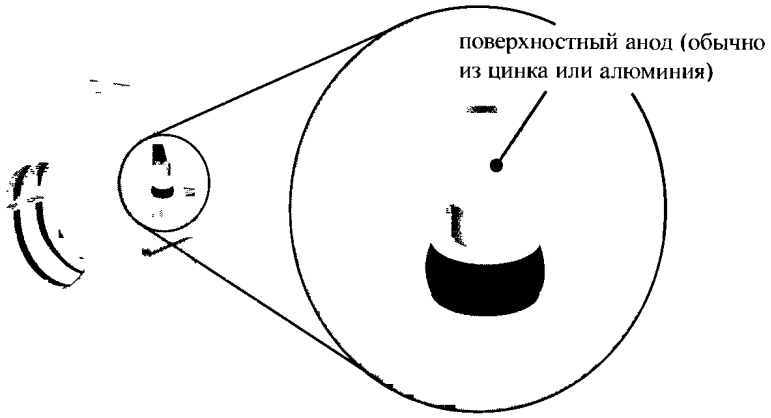



*Рис. 4.7. Пример антикоррозионной защиты болтов.*

Во избежание местной концентрации напряжений и для обеспечения плотного контакта между трубой и грузом между ними должна помещаться эластичная резиновая вставка. Максимальное расстояние между грузами не должно превышать 5 м.

Установленные через равные расстояния вдоль трубопроводной линии бетонные грузы повышают его жесткость и, следовательно, повышают способность трубопровода к восприятию отрицательных давлений.

Более подробная информация о влиянии анкерных грузов на жесткий трубопровод изложена в /11/.

## *РАБОТЫ ПО УКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДА*

Перед погружением трубопровода, его трасса должна быть размечена с помощью буев. Полиэтиленовые трубы должны быть сварены в плети длиной в 250 – 1000 м, соединяемые затем при помощи фланцев. Погружаемая часть может состоять из одной или нескольких соединенных плетей. Трубопровод буксируется с уже собранными на нем бетонными грузами к месту запланированной укладки. Операция погружения начинается путем открытия клапана на одном конце трубопровода и впуска в него воды. Вентильным устройством на другом конце трубопровода регулируется выход из него воздуха. Регулируя выход воздуха из трубопровода, контролируют скорость его погружения (обычно 0,2 – 0,6 м/с). В процессе всей операции погружения проверяется соответствие положения трубопровода заданной трассе.

В нормальных условиях полиэтиленовый трубопровод может быть проложен с точностью до 10 м от проектной трассы даже при очень большой глубине водоема. В процессе погружения часть трубопровода может уже лечь на дно водоема, тогда как другая его часть будет продолжать находиться на плаву. Уклон трубопровода от поверхности воды до дна зависит от глубины водоема, жесткости трубопровода и величины растягивающих усилий в нем. При больших глубинах воды нередко трубопровод занимает при погружении почти вертикальное положение (трубопроводы из полиэтилена погружались на глубину в 385 м).

# 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

## 5.1. Классификация методов реконструкции и гидравлический расчет труб

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Разработка изделий для реконструкции водопроводных и канализационных трубопроводов ведется очень быстрыми темпами. Первые виды изделий для этих целей появились в начале 80-х годов. Раньше для реконструкции трубопроводов применялись обычные стандартные изделия, как например, канализационные трубы из ПВХ и свариваемые торцевой сваркой трубы из ПЭ и ПП.

***МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПО СТАНДАРТАМ ISO***

Работа по стандартизации методов реконструкции трубопроводов в настоящее время проводится в рамках ISO. Типовые методы реконструкции существующих трубопроводов классифицируются следующим образом:

- метод внутренней облицовки трубопровода неразрезной трубой (Continuous pipe);
- метод внутренней облицовки короткими трубами (Discrete pipes):
- метод внутренней облицовки облегающей трубой (Close-Fit pipes);
- метод внутренней облицовки спиральной намоткой профиля (Spiral Wound pipe);
- метод внутренней облицовки трубными сегментами (Pipe Segments);
- метод внутренней местной облицовки гибкой трубой (Cured in Place pipes);
- метод внутренней облицовки вставными рукавами (Inserted Hoses).

Типовые методы реконструкции трубопроводов с заменой существующих труб подразделяются на:

- метод замены труб путем разрушения существующих и укладки новых на их место;
- метод замены труб путем устройства микротоннельной выемки грунта.

Наиболее часто применяемые методы описаны более подробно в разделе 5.2.

### *ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО ТРУБОПРОВОДА*

Метод реконструкции трубопровода определяется местными условиями каждого конкретного объекта. Рекомендации по выбору метода реконструкции изложены в /21/.

Реконструированный трубопровод может подвергаться целому ряду различных нагрузок. Более подробное рассмотрение нагрузок, которым может подвергнуться реконструированный трубопровод, приводится в /21/.

Обычно в реконструированном трубопроводе внутренний диаметр меньше, чем до реконструкции. Следовательно, и пропускная способность трубопровода также несколько уменьшается, хотя снижение пропускной способности в определенной степени компенсируется тем, что облицовка трубопровода имеет значительно более гладкую внутреннюю поверхность (и следовательно более низкий коэффициент шероховатости), чем существующий трубопровод. Определение пропускной способности трубопровода см. раздел 2.4.

## 5.2. Методы проведения реконструкции трубопроводов

### *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Разработка методов реконструкции трубопроводов шла весьма интенсивно в 1980-х годах и можно ожидать дальнейшего их развития. Высокие темпы развития технологий реконструкции привели к накоплению определенного опыта их применения. Одни методы применялись уже в течение ряда лет, и в итоге накоплен значительный практический опыт. Другие же методы по-настоящему еще пока не внедрены.

Некоторые методы реконструкции требуют специализированных строительных организаций, тогда как другие могут проводиться обычными строительными организациями или персоналом владельца трубопровода. Как правило, для обоснованного выбора оптимального метода реконструкции требуется обследование и диагностика существующего трубопровода. Что же касается практического применения конкретных методов реконструкции, то следует руководствоваться рекомендациями изготовителей труб.

Ниже кратко освещены различные методы реконструкции трубопроводов.

### *РЕКОНСТРУКЦИЯ ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ ТРУБОЙ*

Ремонт с помощью неразрезной трубы является наиболее известным и чаще применяемым способом реконструкции как напорных, так и самотечных трубопроводов. Обычно для этой цели используются гладкие трубы из полиэтилена. В конце 1980-х годов для реконструкции самотечного трубопровода была разработана конструкция трубы с гофрированной внешней и гладкой внутренней поверхностью стенок. Внешний гофрированный слой стенки трубы изготавливается из полиэтилена, а гладкий внутренний слой стенки – из полиэтилена и резины EDM. Такое сочетание гофрированной внешней стенки и гладкого внутреннего слоя пластмассы обеспечивают эластичность трубы в продольном направлении и сохранность ее жесткости в кольцевом сечении. Соединение труб осуществляется при помощи специального сварного кольца.

Трубопроводы диаметром 110 мм и выше обычно свариваются на строительной площадке в отрезки требуемой длины методом торцевой сварки. Трубопроводы меньшего диаметра поставляются намотанными на барабан в виде неразрезного трубопровода необходимой длины.

Введение таких труб в существующий трубопровод производится обычно через отрываемые для этой цели котлованы. Гофрированные же трубы могут вводиться через существующие смотровые колодцы (рис. 5.1).

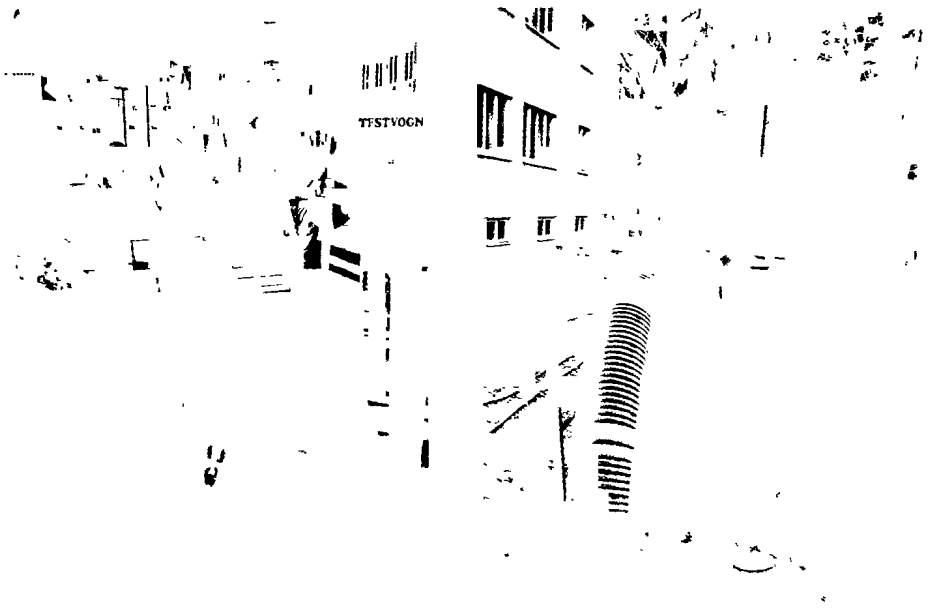



*Рис. 5.1. Реконструкция напорных и самотечных трубопроводов с помощью неразрезной трубы, вводимой в существующий трубопровод а) через отрытый котлован; б) через смотровой колодец.*

## *РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ОБЛИЦОВКОЙ КОРОТКИМИ ТРУБАМИ*

Короткие трубы для целей реконструкции трубопроводов облицовкой изготавливаются из ПВХ, ПП, ПЭ и СВП. Эти трубы могут соединяться как швами, воспринимающими растяги-вающие усилия, так и швами не воспринимающими таких усилий, и используются в основном для самотечных трубопроводов. Трубы длиной от 0,5 м до 1,0 м применяются при сборке через существующие смотровые колодцы (рис. 5.2), а большей длины ( > 2 м) при монтаже через отрываемые котлованы.

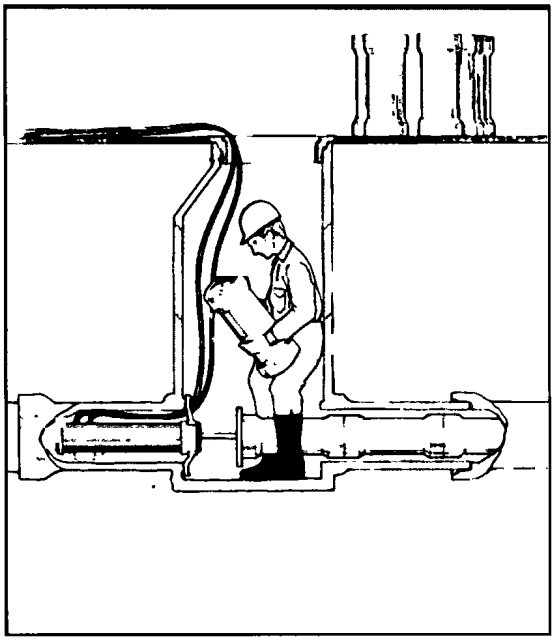


*Рис. 5.2. Реконструкция канализационного трубопровода методом внутренней облицовки короткими трубами.*

Сейчас производится большое количество видов коротких труб разных размеров и различного назначения. Большинство видов коротких труб имеют однородные стенки из ПВХ, ПП, ПЭ или СВП. Некоторые трубы имеют слоистую структуру стенок с несущем слоем из термопластика или термореактивного пластика. Выпускаются также специальные трубы, используемые для целей герметизации отдельных стыковых соединений. Соединение труб обычно выполняется посредством надвижных соединительных муфт с небольшой толщиной стенок. У некоторых видов коротких труб соединительные элементы составляют единое целое со стенками трубы, что позволяет получить абсолютно гладкую внутреннюю поверхность смонтированной облицовки трубопровода.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДА ОБЛИЦОВКОЙ ОБЛЕГАЮЩЕЙ ТРУБОЙ

Метод реконструкции трубопровода с использованием облицовочных (футеровочных) облегающих труб основан на принципе временного уменьшения площади поперечного сечения вводимой в существующий трубопровод трубы и последующего восстановления ее сечения до исходных размеров и формы, так, что между стенками существующей и вводимой труб практически не остается свободного пространства. Облицовочные трубы обычно изготавливаются из полиэтилена с поперечным сечением заданной формы и размера, а затем, после изготовления, сечение сжимается до меньших размеров. Сжатие может осуществляться как на месте проведения реконструкции трубопровода, так и на заводе изготовителя труб. Уменьшение поперечного сечения осуществляется с целью облегчения введения трубы в существующий трубопровод. Сжатие поперечного сечения, получаемое либо путем складывания, либо смятия его до С-образной формы, позволяет наматывать на барабан даже трубы с относительно большим диаметром. После того, как облицовочная труба введена в подлежащий реконструкции трубопровод, в ней создают давление с одновременным подогревом, что позволяет восстановить первоначальные размеры трубы. Обычно это осуществляется путем циркуляции пара через трубу. Такого рода работы выполняются специализированным предприятием (рис. 5.3).

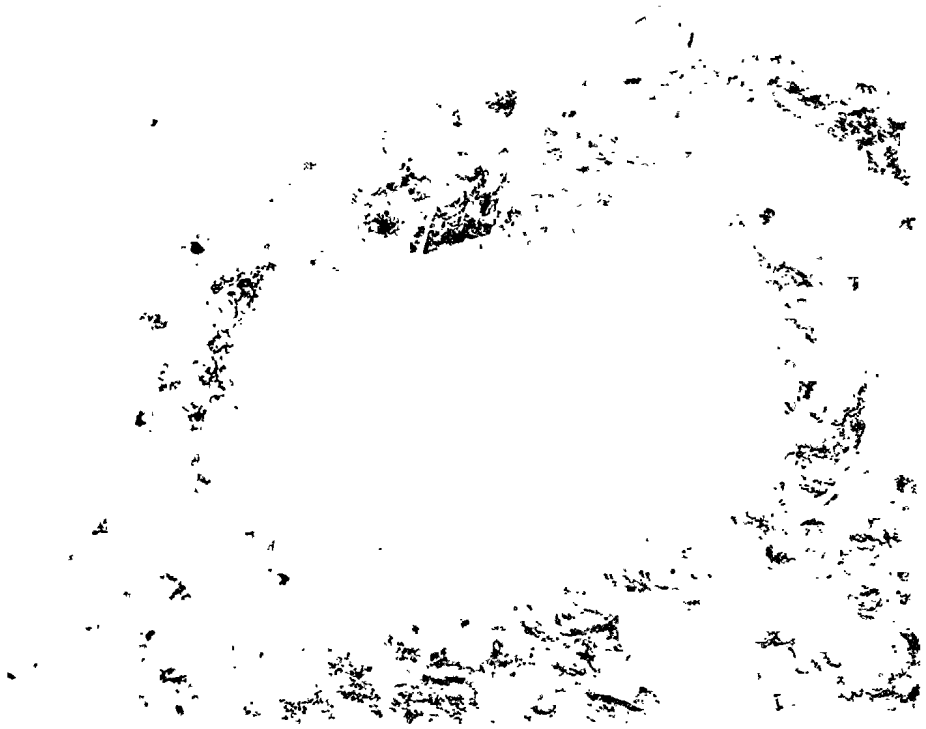


*Рис. 5.3. Реконструкция трубопроводов путем введения в него облицовочной облегающей трубы.*

Первоначально этот метод был разработан для реконструкции газопроводов низкого давления, но теперь применяется и для реконструкции водопроводных и канализационных трубопроводов.

Этот метод был разработан для реконструкции самотечных трубопроводов больших диаметров (> 800 мм) и используется, главным образом, для некруглых сечений трубопроводов. Сегменты изготовляются, как правило, из стекловолокнистого полистирола и вручную собираются в реконструируемом трубопроводе.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ОБЛИЦОВКОЙ ИЗ ТРУБНЫХ СЕГМЕНТОВ

Соединение сегментов производится с перекрытием желобков, специально предусмотренных для этой цели на их концах. Герметичность в стыках сегментов обеспечивается применением специального уплотнителя.

При реконструкции методом введения трубных сегментов пространство между стенками существующего трубопровода и собранного из сегментов, обычно, заполняется под давлением строительным раствором на цементной основе.

## *РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПУТЕМ ИХ ОБЛИЦОВКИ ГИБКИМИ МАТЕРИАЛАМИ*

В 1980-х годах имело место быстрое развитие различных гибких облицовочных материалов и изделий (типа чулка). В настоящее время производится около десятка различных изделий, предназначенных как для напорных, так и для безнапорных трубопроводов. Гибкая облицовка применяется также для реконструкции проходных трубопроводов и вентиляционных каналов (рис. 5.4.).

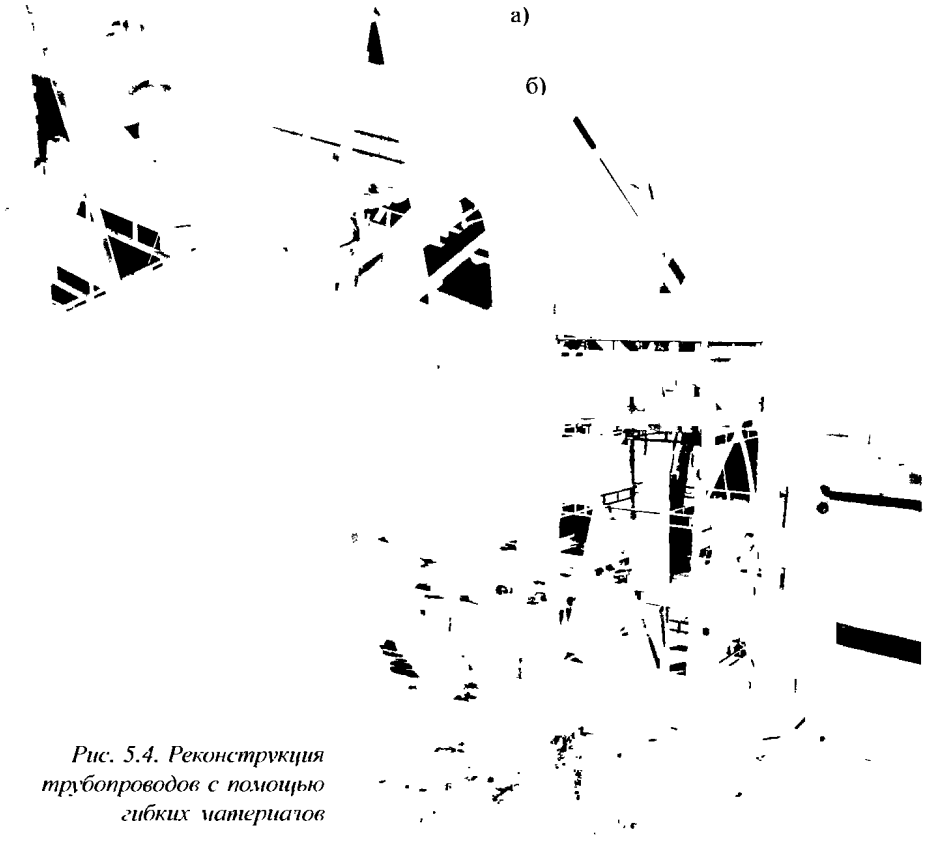



*Рис. 5.4. Реконструкция трубопроводов с помощью гибких материалов*

Основу гибкой облицовки составляет ткань или другая материя из полиэфирного волокна или из стекловолокна. Сама ткань может армироваться стеклянными или полимерными волокнами, пропитанными эпоксидной или полиэфирной смолой. Облицовка вводится в трубопровод в неотвердевшем состоянии, а после укладки в нужное положение подвергается тепловой обработке. Для отвердения облицовки, тепловая обработка может осуществляться паром, горячей водой или ультрафиолетовым облучением.

Гибкие облицовки могут изготовляться как в заводских условиях, так и на месте производства работ. Такие облицовки относятся к индивидуально изготовляемым для каждого конкретного объекта и следовательно, этим способом можно реконструировать трубопроводы практически любого поперечного сечения.

Боковые присоединения к трубе с гибкой облицовкой могут осуществляться либо просверливанием, либо расточкой соответствующих отверстий при помощи специальных механизмов (роботов).

Работы по проведению такого рода облицовки обычно производятся специализированными предприятиями.

## *РЕКОНСТРУКЦИЯ МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКИ СПИРАЛЬНОЙ НАМОТКОЙ ПРОФИЛЯ*

Этот метод применялся до настоящего времени в довольно ограниченных масштабах для реконструкции самотечных трубопроводов. В этих целях применяются, главным образом, профили из ПЭ и ПВХ. Профили имеют двойные продольные пазы на своей боковой стороне, что позволяет при помощи механических вальцовочных роликов соединять витки профиля между собой и формировать трубу с той же скоростью, с какой она протаскивается в реконструируемый трубопровод. Зажимное соединение профилей в пазах может герметизироваться введением в пазы клейкой массы. Формирование трубы намоткой из профиля проводится в смотровых колодцах. Работы по устройству спиральной гибкой облицовки осуществляются специализированными предприятиями

## *РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДА С РАЗРУШЕНИЕМ ТРУБ И ИХ ЗАМЕНОЙ НОВЫМИ*

Этот метод заключается в разрушении старого трубопровода при одновременном введении на его место вновь формируемого трубопровода. Разрушение трубопровода и его замена может производиться как на отдельных его участках, так и всей его длины. Производиться разрушение может таким способом, что новый трубопровод будет иметь тот же или больший диаметр, чем существующий.

Метод может применяться практически для всех подземных трубопроводов (для канализации, водопровода, газопровода и т.п.) при условии, что трубы существующей линии поддаются разрушению.

Разрушение трубопровода может осуществляться либо гидравлическим, либо пневматическим методом. При первом методе используется лебедка для протягивания через трубопровод разрушающей головки с гидроприводом, а при втором - применяется пневматический молотковый ударник, работающий на сжатом воздухе, который сам пробивает себе путь через трубопровод, разрушая трубы. Это оборудование может сочетаться со стальными режущими или дробящими ножами (рис. 5.5).

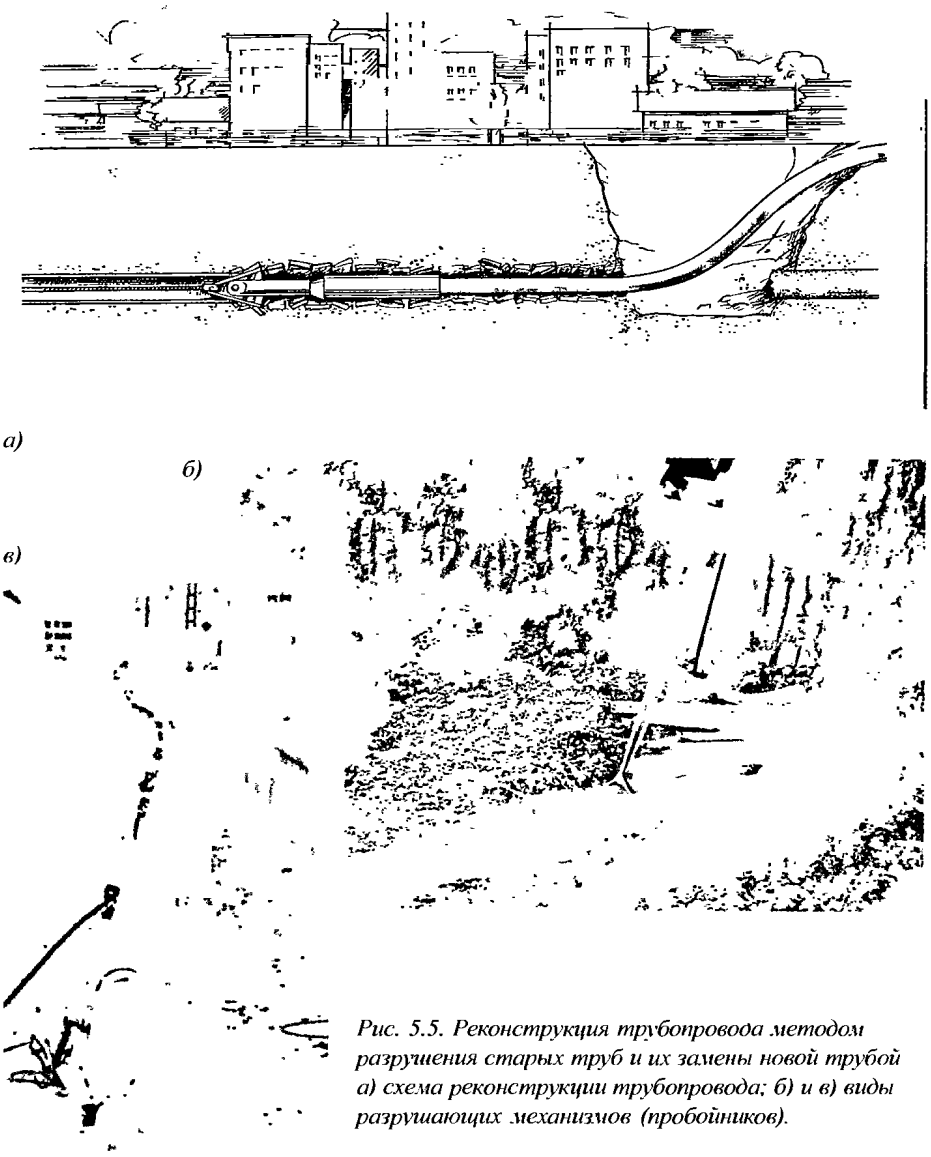



*Рис. 5.5. Реконструкция трубопровода методом разрушения старых труб и их замены новой трубой а) схема реконструкции трубопровода; б) и в) виды разрушающих механизмов (пробойников).*

В качестве вводимых на место разрушаемых труб наиболее широко используются полиэтиленовые трубы, свариваемые методом торцевой сварки, но могут применяться и короткие трубы из ПЭ, ПВХ, ПП и СВП.

Все присоединения к трубопроводу должны вскрываться раскопкой и отключаться до того, как будет производиться разрушение трубопровода.

# 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

## 6.1. Обеспечение качества в процессе строительства

### *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Выбор типа трубопровода часто является очень важным для его владельца. Если в трубопроводе возникают или обнаруживаются дефекты, его владелец несет потери не только из-за перерывов в производстве, но также из-за расходов на ремонт трубопровода. Поскольку стоимость по устройству трубопровода значительно выше стоимости самих труб, то очень важно, чтобы и сами трубы и проведение строительно-монтажных работ были высокого качества. Как пример, можно отметить, что стоимость труб при подземной прокладке трубопровода зачастую составляет менее 20% от общей стоимости прокладки трубопровода (устройство траншеи, укладка труб и обратная засыпка требуют более 80% обших расходов). Для внутренних сетей зданий стоимость подвески и монтажа труб часто достигает стоимости самих труб.

Поскольку трубопроводы представляют собой системы высокой стоимости, а расходы на проведение ремонтных работ могут быть весьма значительными, то важно обеспечить высокое качество выполнения всех строительно-монтажных работ, чтобы в будущем избежать расходов на проведение ремонтных работ

### *ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ДЕФЕКТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ*

Аварии на трубопроводах могут возникать из-за:

- ошибок при проектировании и конструировании трубопровода;
- нарушений строительно-монтажных технологий;
- дефектов в строительных материалах;
- нарушений режима эксплуатации.

Проведенные за работой подземных трубопроводов наблюдения показывают, что значительно чаще аварии возникают из-за ошибок при проектировании и строительстве, чем из-за дефектов в материалах или нарушений режима эксплуатации трубопровода /22/. Чтобы не допустить ошибок при строительстве трубопровода, необходимо осуществление контроля за процессом выполнения работ. Такому контролю должны подвергаться как трубы и другие изделия, так и качество строительно-монтажных работ.

### *КОНТРОЛЬ ПРИ ПРИЕМКЕ МАТЕРИАЛОВ НА МЕСТЕ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ*

Чтобы гарантировать использование заданного типа труб, необходимо проверять их маркировку. В целях гарантии качества изделий, следует проверять наличие на них знака качества (национальные стандартные знаки качества SIS или KP), см. также обеспечение качества изделий из труб стр. 110.

## *КОНТРОЛЬ ЗА ВЫПОЛНЕНИЕМ МОНТАЖНЫХ РАБОТ*

Контроль за качеством выполнения строительно-монтажных работ открытых трубопроводов может осуществляться путем визуального осмотра уложенных труб.

При укладке трубопровода в грунт продольный профиль его положения может контролироваться при помощи замера прогибов шланга.

Качество уплотнителя и обсыпки гибких трубопроводов (к которым относится большинство пластмассовых трубопроводов) могут быть проверены путем замеров овальности труб. Аналогичный контроль при жестких трубопроводах проводится путем взятия образцов грунта обсыпки трубы и определения степени его уплотнения.

Выявление наличия деформаций обычно осуществляется в соответствии с одним из следующих стандартов:

| Страна | Испытательные нормативы |
|---|---|
| Дания | DS 430 |
| Финляндия | RIL 77 |
| Норвегия | NS 3420, NS 3552 |
| Швеция | VAV P50, SPF – доклад 01 /29, 12/ |

См. также раздел о допустимых деформациях, стр. 33.

## *ИСПЫТАНИЯ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ*

Проведением испытаний на герметичность проверяется качество выполнения стыковых соединений труб. При проверке качества сварных соединений на полиэтиленовых трубопроводах может оказаться необходимой проверка соблюдения рабочих параметров сварки. См. раздел о торцевой сварке, стр. 27. При испытании на герметичность пластмассовых водопроводных и канализационных трубопроводов в северных странах используются следующие стандарты:

| Страна | Испытательные стандарты |
|---|---|
| Дания | DS 2119, DS 972 |
| Финляндия | SFS 3115 |
| Норвегия | NS 3420, NS 3551 |
| Швеция | VAV P78, P79 – /27, 28/ |

***СТАНДАРТЫ ИСПЫТАНИЯ САМОТЕЧНЫХ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ***

| Страна | Стандарты на испытания |
|---|---|
| Дания | DS 455 |
| Финляндия | SFS 3113, SFS 3114 |
| Норвегия | NS 3420, NS 3550, NS 3551 |
| Швеция | VAV P50, SPF – доклад 01 /29, 12/ |

## 6.2. Качество труб и фасонных частей

***ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

Пластмассовые трубы и фасонные части, как правило, носят какую-либо форму подтверждения качества или знака качества. Цель маркировки показать, что данное изделие действительно удовлетворяет требованиям и рекомендациям заказчиков и контролирующих органов.

Для всех описанных ниже форм маркировки изделие является предметом документально зарегистрированного контроля производителя изделий в процессе производства труб, а также регулярных внешних проверок со стороны независимой испытательной лаборатории (в Швеции – SP). Исследовательская лаборатория проверяет журналы испытаний на предприятии-изготовителе и проводит контрольные испытания образцов изделий.

Таким образом, маркировка становится гарантией того, что изделие удовлетворяет установленным требованиям, что, в свою очередь, означает, что оно без всяких сомнений соответствует своему назначению.

## 6.3. Национальная маркировка качества стандартизованных изделий

Для стандартизованных пластмассовых изделий из труб в северных странах применяется маркировка типа DS-, NS-. SFS- и SIS в зависимости от того, в соответствии с каким национальным стандартом изделие было сертифицировано. В Швеции используется маркировочный знак "SIS", который выдается Шведским комитетом по стандартизации SIS после проведения испытания и подтверждения соответствия изделия требованиям этого стандарта. В Финляндии используется маркировочный знак "SFS", а также "TKK" (изделий для газопроводов).

# 6.4. Национальная маркировка качества нестандартизованных изделий

***МАРКИРОВКА "КР"***

Для нестандартизованных пластмассовых изделий из труб в Швеции используется маркировочный знак КР.

Контрольный совет по пластмассовым трубам (КР – совет) является органом состоящим из представителей потребителей (VAV -Шведская ассоциация по водоснабжению и канализации), консультантов (Шведская Федерация архитекторов и инженеров-консультантов), подрядчиков (Шведская Федерация строителей), производителей пластмассовых труб (Шведская промышленность пластмассовых и химических продуктов – NPG), испытательных учреждений (Шведский институт испытаний и исследований – SP) и уполномоченного совета сертификации пластмассовых труб (SP Sertification).

Контрольный совет –КР– по пластмассовым трубам выдает разрешения на маркировку изделий, используемых для водопроводных и канализационных сетей, знаком "КР", после проведения испытания изделий и подтверждения соответствия его качества требованиям одобренной советом спецификации. Эти спецификации могут разрабатываться отраслевыми организациями или отдельными предприятиями.

Совет выполняет также весьма важные функции контролера и гаранта качества изделий, для которых еще не установлен стандарт.

***УТВЕРЖДЕНИЕ ТИПОВЫХ ОБРАЗЦОВ***

Утверждение типовых образцов осуществляет VAV (Ассоциация по водоснабжению и канализации), Boverket (Национальный совет по жилью, строительству и планированию) или Jordbruksverket (Шведская Сельскохозяйственная Администрация). Утверждение образца обычно основывается на регламентациях, разработанных с учетом функционального назначения изделия и оценки его пригодности. Стандартизованные, помеченные знаком "SIS" изделия чаше всего утверждаются соответствующими государственными органами.

***МАРКИРОВКА "Р"***

Шведский институт испытаний и исследований может дать разрешение на маркировку нестандартизованных изделий символом "Р". Эта маркировка обычно действительна только для изделий и областей их применения при отсутствии установленной формы знака качества. Для изделий из пластмассовых труб в настоящее время имеются подтверждения качества для защитных футляров кабелей и водопропускных труб под дорогами.

***ЕВРОПЕЙСКАЯ МАРКИРОВКА КАЧЕСТВА***

В европейской комиссии по стандартизации CEN в настоящее время проводится широкий комплекс мероприятий по выработке единых европейских стандартов для строительной области. Швеция уже сейчас объявила о своем принципиальном согласии на принятие будущих Европейских норм (EN) в качестве шведских стандартов. Действующие национальные стандарты будут, таким образом, просто заменены стандартами CEN.

Даже в случае пригодности ныне действующей формы утверждения типовых образцов будет установлена европейская система утверждения всех нестандартизованных изделий European Technical Approval (ETA). В дальнейшем маркировка символами "КР" и "Р" будет заменена утверждающей маркировкой "ETA". Вступление в силу европейской маркировки качества изделий из пластмассовых материалов можно ожидать в конце 90-х годов или в начале 2000-х годов.

Стандарты EN и ETA будут действовать во всех присоединившихся к CEN странах (в настоящее время их 18).

# 6.5. Статистика аварийности на трубопроводах

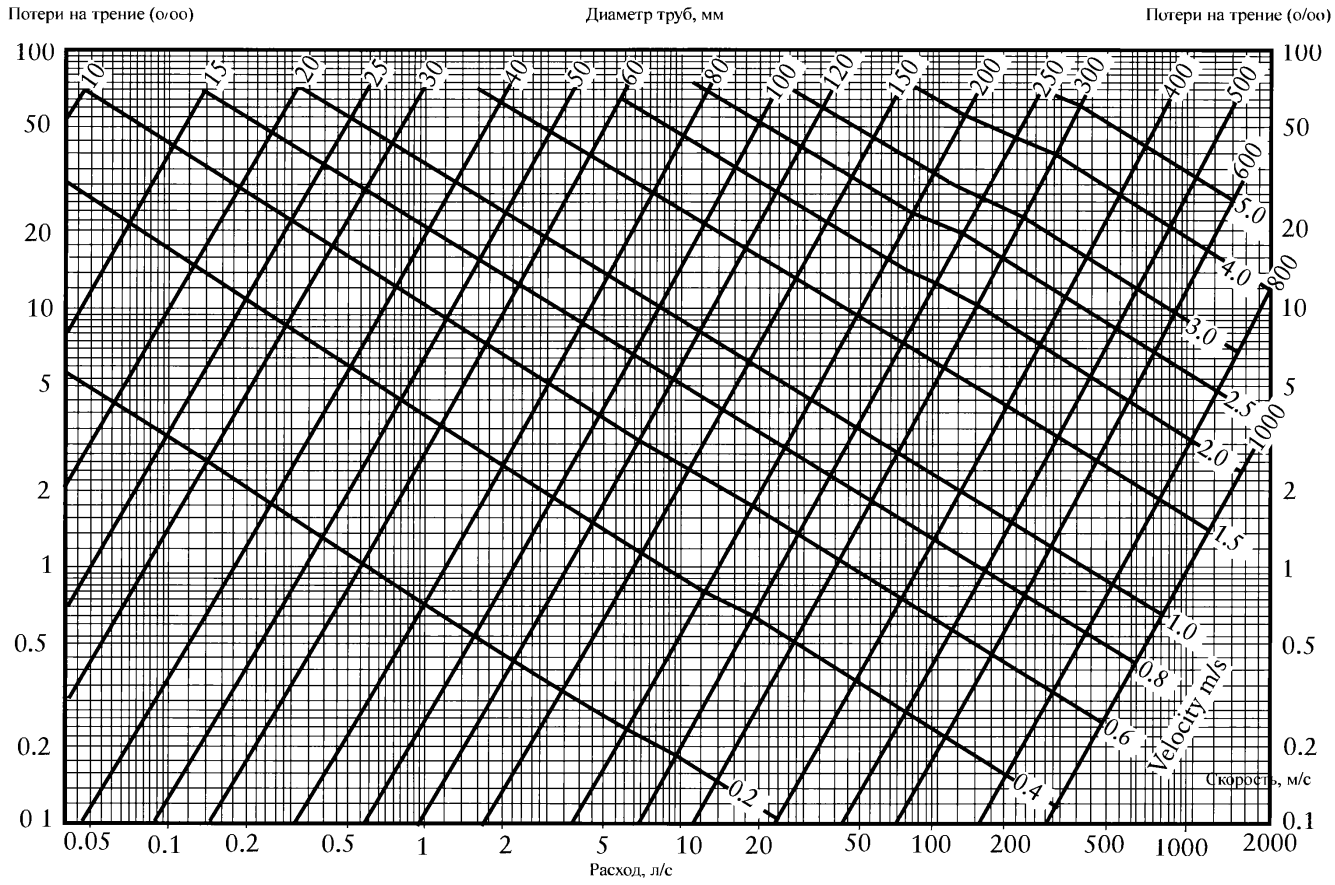
Трубы из термопластиков в целом подтвердили свою высокую надежность, о чем свидетельствует незначительное число зарегистрированных аварий. Возникали проблемы лишь с одним типом стыковых соединений труб из ПВХ в конце 1960-х годов, которые отражаются ниже в статистике аварий. Результаты наблюдений за аварийностью на водопроводных сетях Швеции для труб из различных материалов, проведенных шведскими исследованиями в период 1974 – 1990 представлены в таблице 6.1.

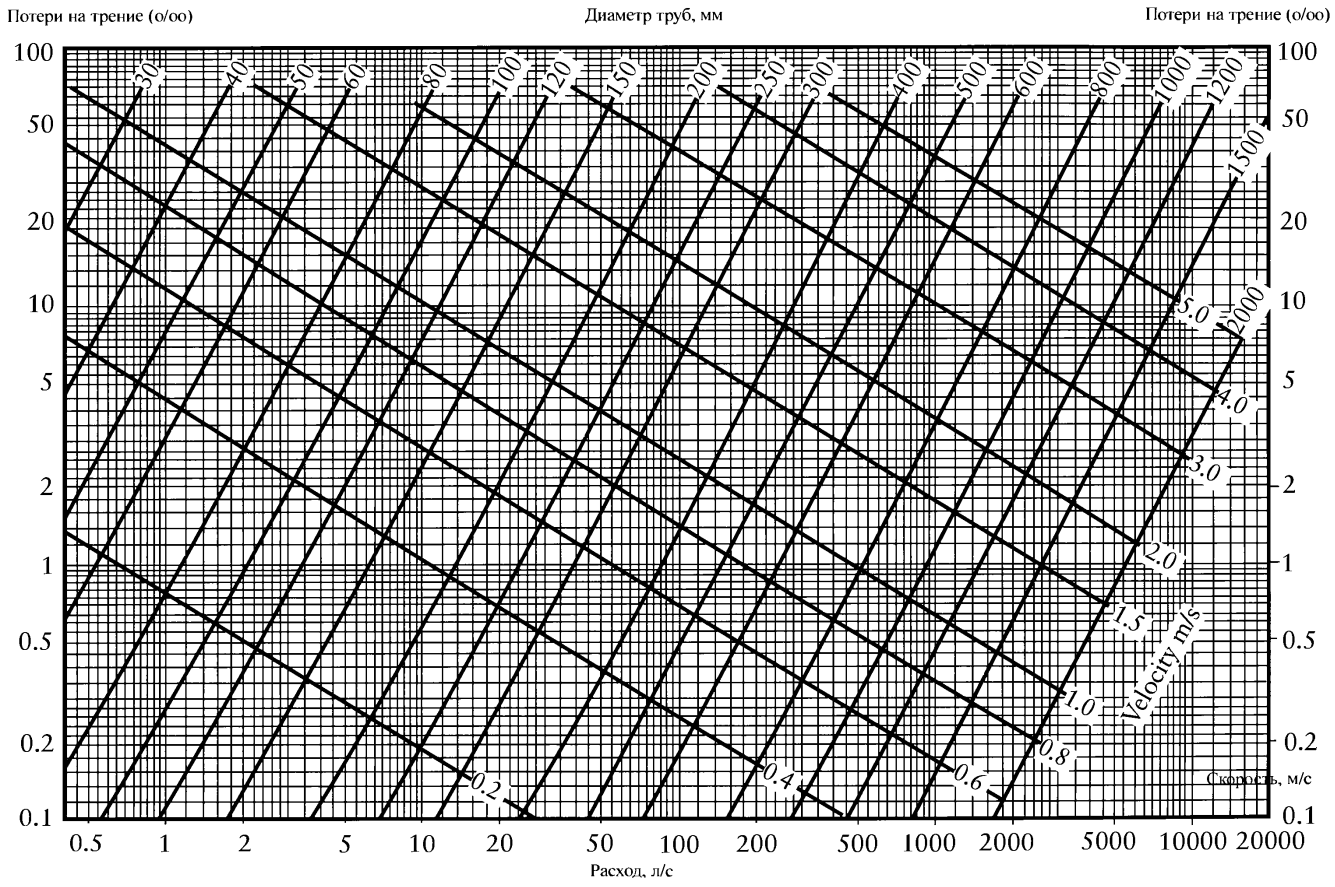
*Таблица 6.1. Результаты наблюдений за аварийностью муниципальных водопроводных сетей в Швеции.*

| **Период наблюдений** | 1974 | 1975-1977 | 1978 | 1986 | 1986-90 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Количество муниципалитетов** | 8 | 12 | 20 | 11 | 11 |
| **Общая длина трубопроводов(км)** | 5450 | 4400 | 7320 | 5517 | 1473 |
| **Исследование** | VAV | VAV | VAV | VAV | NPG |
| **Материал груб** | **Количество аварий на 10 км сети в год** | | | | |
| ПВХ | 2,8 | 3,5 | 1,9 | 1,0 | 0,79* |
| ПЭ | 0,3 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,16 |
| Ковкий чугун | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | |
| Литейный чугун | 1,0 | 2,0 | 1,4 | 1,9 | |
| Оцинкованная сталь | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 1,4 | |
| Другие виды стали | 1,6 | 3,5 | 3,2 | 3,3 | |
| В среднем | 1,0 | 1,6 | 1,2 | 1,3 | |

**Для труб, изготовленных из ПВХ после 1973 года, количество аварий составляет 0 .06 на 10 км сети в год.*

Отмеченная в таблице относительно высокая аварийность на трубопроводах из ПВХ труб вызвана, главным образом, повреждениями в соединительных муфтах, изготовлявшихся методом инжекционного формования (например, муфты EHRI), в период 1968 - 1972 годах. На трубах из ПВХ выпускавшихся после 1973 года аварийность была зарегистрирована на очень низком уровне (0,06 аварий на 10 км в год). Даже это незначительное число аварий на трубах из полиэтилена и на трубах из поливинилхлорида, выпускающихся после 1973 года, также примерно 70% произошло из-за стыковых соединений труб. Эти аварии следует полностью считать результатом ошибок, допущенных при проектировании и в процессе производства строительно-монтажных работ. В отношении аварийности на трубопроводах следует отметить что трубы из ПЭ, а также трубы из ПВХ, выпускавшиеся после 1973 года вообще имеют настолько низкие показатели аварийности (всего 0,02 аварии на 10 км сети в год), что эти материалы следует считать самыми надежными в эксплуатационном отношении из всех ныне выпускаемых материалов для производства труб. Более подробные сведения о характере аварий на трубопроводах из ПВХ и ПЭ в коммунальных водопроводных сетях см. /23/.


Потери на трение (о/оо)
Диаметр труб, мм
Потери на трение (о/оо)
100
50
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0 1
10
15
20
25
30
40
50
60
80
100
120
150
200
250
300
400
500
600
800
1000
5.0
4.0
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
Velocity m/s
Скорость, м/с
0.05
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10
20
50
100
200
500
1000
2000
Расход, л/с


Потери на трение (о/оо)
Диаметр труб, мм
Потери на трение (о/оо)
100
50
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
30
40
50
60
80
100
120
150
200
250
300
400
500
600
800
1000
1200
1500
2000
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.5
2.0
3.0
4.0
5.0
Velocity m/s
Скорость, м/с
0.5
1
2
5
10
20
50
100
200
500
1000
2000
5000
10000
20000
Расход, л/с

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. Plaster. Material val och materialdata. Sveriges Verkstadsindustrier 1995.

2. Konstruera i plast. Sveriges Verkstadsindustrier 1997.

3. JANSON, L-E: Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal. Book published by Borealis 1996.

4. SCHOENEN, D and SCHÖLER H.F.: Microbial alterations of drinking water by building materials field observation and laboratory studies. Prc. Water quality Techn. Conf; Advances in Water and Treatment, Houston 8-11 Dec. 1985.

5. COLBOURNE, J: Materials usage and their effects on the microbiological quality of water supplies. Prc. Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement 1985, pp 47-59.

6. BJÖRKLUND, I: Biologisk påväxt i plaströr. Result of a literature study. NPG seminar.

7. BJÖRKLUND, I: PM om nötning.

8. "Flexibla rörsystem". Brochure issued by Wavin, 1992.

9. JANSON, L-E and MOLIN, J: Design and Installation of Buried Plastic Pipes. Book published by Wavin. 1991.

10. ELZINK. MOLIN: "25 year experience..." Sept. 1992.

11. JANSON, L-E: Long-term Studies of PVC and PE Pipes subjected to constant Deflection. KP-Council Report No. 3, Stockholm 1992.

12. Markavloppsrör av styv PVC and PE. SPF Technical Report 01.

13. RIL 77-1990. Thermoplastic pipes installed underground or under water. Laying instructions.

14. Rörbok yttre rörledningar. Svensk Byggtjänst, 1983.

15. VAV P58. Tryckslag i VA-anläggningar. Stockholm 1988.

16. Plaströr i utveckling. Water and wastewater compendium issued by Svenska Wavin, 1988.

17. Läggningsanvisningar för husgrundsdränering. Plast- och Kemibranscherna 1997.

18. Läggningsanvisningar för jordbruks- och vägdränering, Jordbruksverket Vägverket/Plast- och Kemibranscherna 1996.

19. JANSON, L-E: Plastic Pipes – How long can they last? KP-Council Report No. 4, Stockholm 1996.

20. LARSON, I: Development and propagation of uderpressure fronts influenced by buckling of the pipe wall. VBB Special Report 07:77.1.

21. VAV P66. Renovering av avloppsledningar. Stockholm 1989.

22. VAV M60. Skador hos ledningar i mark. Stockholm 1988.

23. BJÖRKLUND, I: Plastic Pipes in Water Distribution Systems. A study of Failure Frequencies.

24. The Nordic Plastic Pipe Association: Miljøvurdering af afløpsrør i PVC, PE, PP og BETON, 1997.

25. VAV P70. Anvisningar för projektering och utförande av markförlagda självfallsledningar av plast. Stockholm 1992.

26. SS EN 1610.

27. VAV P78. Anvisningar för täthetsprovning av tryckledningar. Stockholm 1997.

28. VAV P79. Anvisningar för täthetsprovning av tryckledningar enl. VoV Bk21. Stockholm 1998.

29. VAV P50 Anvisningar för provning i fält av avloppsledningar för självfall. Stcokholm 1986.

NPG Nordiska Plaströrgruppen

Box 5501 • S-114 85 STOCKHOLM SWEDEN
Phone +46 8 783 8196 • Fax 46 8 411 4526