

	ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»	стр. 1 из 112
	Рекомендации по использованию труб	

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»
_____ Б.Н. Лизунов
«___» _____ 2007

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТРУБ ОАО ЛМЗ «СВОБОДНЫЙ СОКОЛ»

РАЗРАБОТАНО

Начальник технического отдела
ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»
_____ А.В. Минченков
«___» _____ 2007

Зам. генерального директора
по качеству – начальник ОТК
ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»
_____ В.И. Гринченко
«___» _____ 2007

Начальник отдела продаж
ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»
_____ В.С. Елисеев
«___» _____ 2007

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общая часть	
1.1	Чугун с шаровидным графитом	3
1.2	Производство труб и фитингов	4
1.3	Заводские испытания	7
1.4	Контроль качества	7
1.5	Сертификация	9
2	Номенклатура продукции	
2.1	Виды соединений	11
2.2	Труба под соединение «Тайтон»	11
2.3	Труба под соединение «ВРС»	14
2.4	Труба с приваренными фланцами под фланцевое соединение	16
2.5	Фланец	17
2.6	Фасонные части	19
2.7	Уплотнительные резиновые кольца	31
3	Упаковка, погрузка, транспортировка, складирование	
3.1	Упаковка труб	35
3.2	Погрузка – разгрузка труб	35
3.3	Транспортирование труб	36
3.4	Складирование и хранение труб	36
3.5	Транспортирование и хранение уплотнительных резиновых колец	39
4	Защитные покрытия	
4.1	Агрессивность воды	40
4.2	Внутреннее защитное покрытие	41
4.3	Коррозионность почвы	44
4.4	Внешнее защитное покрытие	46
4.5	Электрохимическая защита	48
5	Механические свойства	
5.1	Давление (терминология)	49
5.2	Допустимое рабочее давление	50
5.3	Нагрузки почвы (характеристики труб)	51
5.4	Глубина заложения	52
5.5	Запасы прочности	55
5.6	Выбор диаметра	57
5.7	Профиль трубопровода	58
5.8	Потери напора	60
5.9	Гидравлический удар	67
5.10	Осевое гидравлическое давление	68
5.11	Укрепительные блоки	70
5.12	Усиление стыковых соединений	72
5.13	Изгиб соединений	74
6	Укладка труб	
6.1	Подземная укладка трубопроводов	76
6.2	Другие виды укладки трубопроводов	88
6.3	Гидравлическое испытание	101
7	Ремонт трубопроводов	
7.1	Укорачивание трубы	106
7.2	Восстановление окружности трубы	106
7.3	Ремонт внутреннего покрытия	108
7.4	Ремонт внешнего покрытия	109
7.5	Сборка с использованием ремонтных частей	109

1 Общая часть

В данной работе рассмотрены свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) – как материала для производства труб, фитингов и технологические особенности их производства на ОАО ЛМЗ «Свободный сокол».

Представлена номенклатура выпускаемой продукции, область ее применения, механические и служебные свойства, а так же практические рекомендации по прокладке, испытаниям и ремонту трубопроводов. В основу работы положены обобщённые сведения о трубопроводах из ВЧШГ, взятые из опыта отечественных исследований и материалов зарубежных источников.

1.1 Чугун с шаровидным графитом

Чугун и его использование известно человечеству с древних времён. Первые трубы из серого чугуна были изготовлены более 500 лет назад и предназначались, прежде всего, для подачи питьевой воды и отвода сточной. В 1921 г. металлурги установили, что при наличии кристаллов графита шаровидной формы можно достичь лучших характеристик прочности. В 50-е годы был разработан промышленный метод обработки магнием, т.к. использовать магний для процесса графитизации было легче и не так дорого, как например таких элементов как церий, литий или барий.

1.1.1 Определение чугуна.

Чугун – это сплав железа с углеродом (более 2%), в котором углерод присутствует в виде вторичной фазы – либо графита, либо карбида железа. Чугун является многофазным материалом, преобладающими структурными составляющими являются феррит и перлит. Другие химические элементы (помимо железа и углерода) содержатся в чугуне в низких пропорциях, но также оказывают влияние на структуру – механические и литейные свойства чугуна. Кремний (обычно 1 – 3%) играет специфическую роль в чугуне и делает его, фактически, троичным сплавом: железа, углерода и кремния.

1.1.2 Различные виды чугуна

В зависимости от состояния углерода в структуре чугуна различают:

- белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида железа;
- серый чугун, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в форме пластинчатого графита;
- высокопрочный чугун, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в форме шаровидного графита;
- ковкий чугун, в котором весь углерод или значительная часть его находится в свободном состоянии в форме хлопьевидного графита.

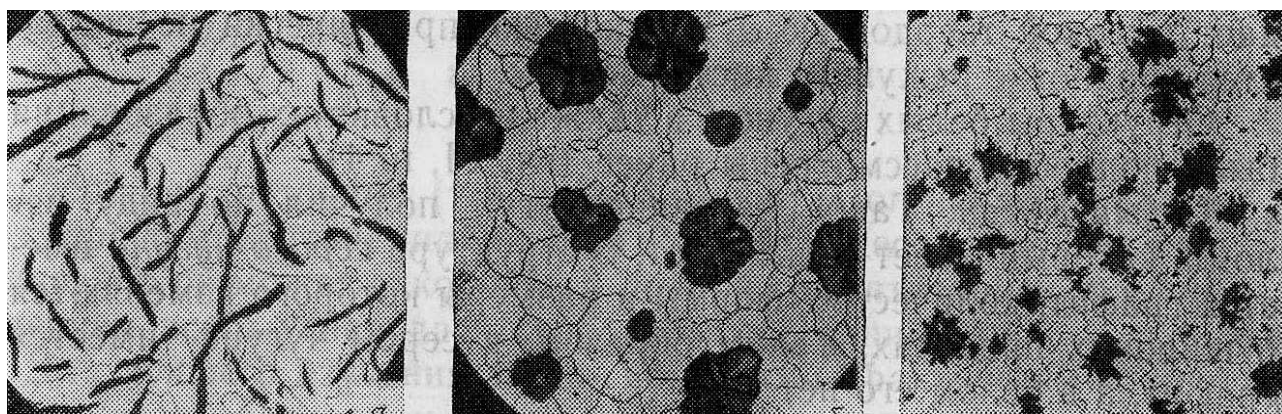
Таким образом, чугун (кроме белого) отличается от стали наличием в структуре графитовых включений, а между собой чугуны различаются формой этих включений (см. рис. 1).

1.1.3 Влияние формы графита

В сером чугуне графит присутствует в форме пластин, которые являются острыми надрезами внутри металла, провоцирующими образование трещин. Это обстоятельство оказывает отрицательное влияние на свойства чугуна: сопротивление разрыву, изгибу, кручению.

В чугуне с шаровидной формой графита исключается возможность распространения трещин, так как графит имеет форму сферы, и такой чугун имеет значительно более высокую прочность при растяжении и изгибе, чем серый чугун.

Ковкий чугун с хлопьевидной формой графита занимает промежуточное положение по прочности между серым и высокопрочным чугуном.



а) серый

б) высокопрочный

в) ковкий

Рисунок 1 Структура чугуна.

1.1.4 Свойства чугуна с шаровидной формой графита

Благодаря шаровидной форме графита высокопрочный чугун (ВЧШГ) обладает комплексом высоких механических свойств:

- прочность на разрыв;
- ударная вязкость;
- предел упругости;
- относительное удлинение.

Благодаря высокому содержанию углерода ВЧШГ обладает всеми традиционными качествами чугунов:

- высокой прочностью на сжатие;
- высокой усталостной прочностью;
- хорошими литейными свойствами;
- износостойкостью;
- поддается механической обработке.

1.2 Производство труб и фитингов

ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» производит трубы и фасонные части, которые имеют структуру высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита, согласно ISO 2531 и EN 545. Механические свойства металла труб и фасонных частей указаны в таблице 1:

Таблица 1 Механические свойства труб и фасонных частей.

Наименование показателя	Вид продукции	Значение
Временное сопротивление разрыву, МПа	Трубы / Фасонные части	420/420
Условный предел текучести, МПа	Трубы / Фасонные части	300/300
Относительное удлинение, %	Трубы / Фасонные части	10/5
Твердость, НВ	Трубы / Фасонные части	230/250

Общая технологическая цепочка изготовления труб из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита показана на рисунке 2.

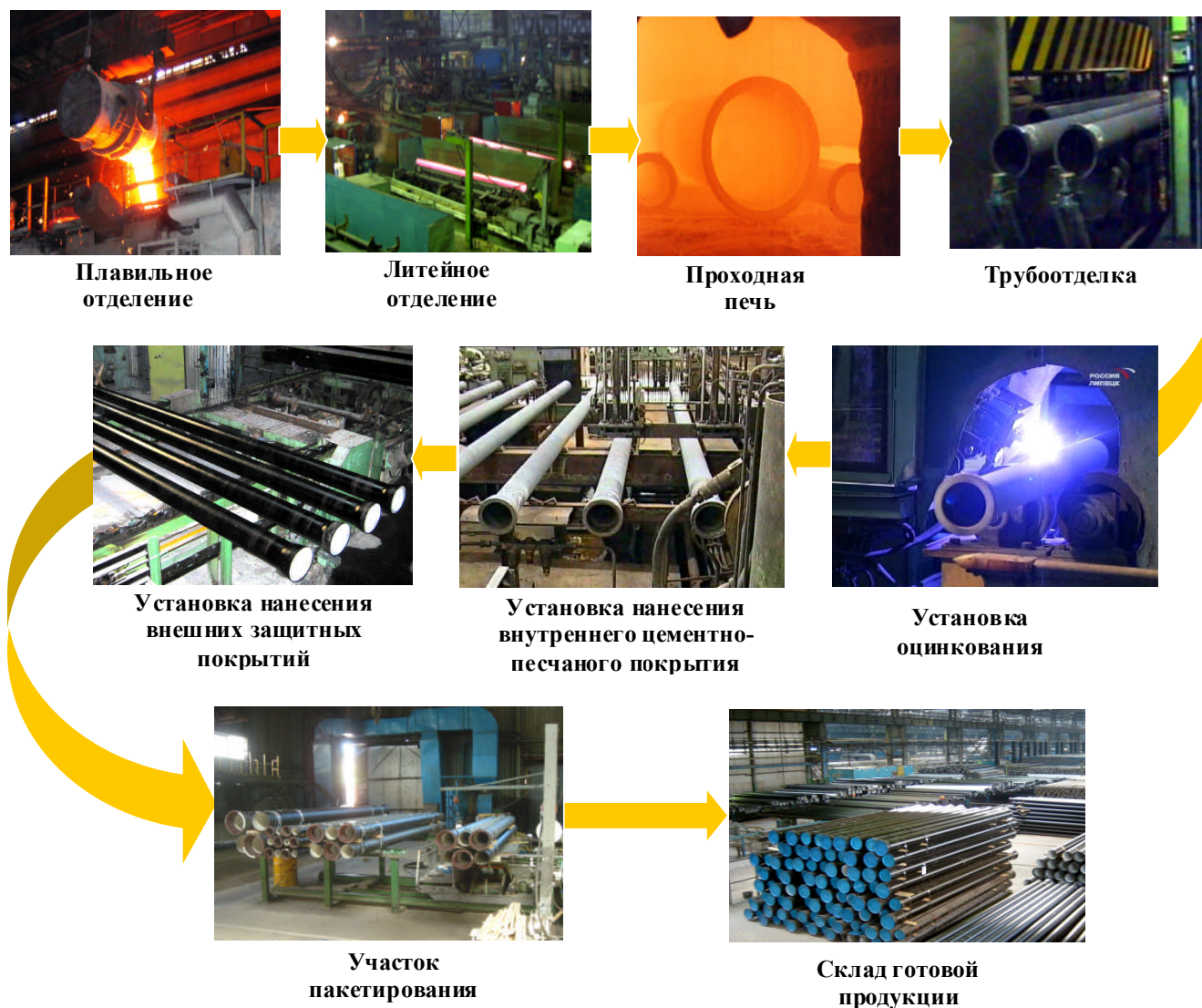


Рисунок 2 Технологическая цепочка изготовления труб.

1.2.1 Плавильное отделение

Предварительно жидкий чугун поступает на участок десульфурации, где при помощи трайбаппарата производится удаление серы (до 0,01%) порошковой магнийсодержащей проволокой. После удаления продуктов десульфурации и шлака, жидкий чугун переливается в передаточные ковши и поступает в плавильное отделение.

Плавильное отделение оборудовано индукционными печами, в которых производится расплавление твердой части шихты (стальной лом, возврат собственного производства), нагрев и доводка жидкого чугуна до заданного химического состава. Подготовленный в индукционных печах чугун передается в миксер, где происходит его накопление, усреднение по химическому составу и перегрев.

Подготовленный в миксере металл разливается в передаточные ковши, взвешивается и передается на пост модифицирования.

Модифицирование производится на трайбаппарате магнийсодержащей порошковой проволокой с целью получения шаровидной формы графита. Далее ковш передается для разливки на центробежных машинах.

1.2.2 Литейное отделение

Литейное отделение оборудовано центробежными машинами фирмы «Pont-a-Mousson». В процессе отливки труб на центробежных машинах производится вторичное графитизирующее модифицирование порошком ферросилиция, который подается в струю металла.

Для формирования раструбной части труб применяются песчано-смоляные стержни, которые изготавливаются в стержневом отделении на стержневом автомате LFB50 фирмы «Laempe» по cold-box-amin-процессу.

1.2.3 Термическое отделение

Отлитые трубы поступают в конвейерную печь проходного типа, для термообработки. После прохождения через печь трубы имеют структуру высокопрочного чугуна с шаровидным графитом обеспечивающую получение механических свойств чугуна, согласно ISO 2531 и EN 545.

1.2.4 Отделение трубоотделки

После термообработки, на выходе из печи трубы подвергаются 100%-ному визуальному и инструментальному контролю, а также контролю пластичности металла.

После первичного контроля трубы поступают на линии обработки и контроля, где производится их сортировка по диаметрам, зачистка, шлифовка раструбной части и раструбного конца, а также 100%-ное гидравлическое испытание.

На выходе с линий обработки производится окончательный контроль геометрии раструба, чистоты наружной и внутренней поверхности труб, наружного диаметра гладкого конца после шлифовки или отрезки и качество фаски.

От каждой партии труб отлитых в течение смены и принятых контролерами ОТК отбираются образцы труб каждого диаметра для проверки микроструктуры и механических характеристик.

После получения результатов испытаний партия труб считается окончательно принятой ОТК и направляется на участки нанесения наружного и внутреннего защитных покрытий.

1.2.5 Участок нанесения цинкового покрытия

Цинкование труб производится на установках цинкования газотермическим методом согласно ISO 8179-1.

Для нанесения цинкового покрытия используется цинковая проволока с содержанием цинка не менее 99,0%.

Принцип термического напыления цинка состоит в расплаве цинковой проволоки под воздействием электрической дуги и последующим распределением расплава капель цинка на поверхность вращающейся трубы струей воздуха, подаваемого с высокой скоростью.

1.2.6 Участок нанесения цементно-песчаного покрытия

Для нанесения цементно-песчаного покрытия (ЦПП) используются песок кварцевый и шлакопортландцемент.

Для защиты внутренней поверхности труб в соответствии с ISO 4179 предусмотрены две линии, состоящие из двухпозиционных ротационных машин для нанесения ЦПП и агрегатов искусственного твердения (АИТ) для ускоренной термовлажностной обработки (ТВО) свеженанесённого покрытия.

Предварительно в раструб и гладкий конец труб устанавливаются ограничительные заглушки (для обеспечения необходимого слоя ЦПП по торцам трубы), затем трубы поступают на ротационные машины.

Приготовленный цементно-песчаный раствор подаётся с помощью шнекового насоса в трубы, где при вращении труб равномерно распределяется и уплотняется.

После нанесения ЦПП трубы передаются на термовлажностную обработку в АИТ, где происходит набор прочности покрытия при влажности воздуха близкой к 100%.

1.2.7 Участок нанесения наружного завершающего битумного покрытия.

Трубы прошедшие ТВО поступают на участок нанесения наружного завершающего покрытия, которое производится согласно ISO 8179-2.

В качестве защитного покрытия используется (однокомпонентный раствор битума с наполнителями на быстросохнущем растворителе).

Перед нанесением битумного покрытия трубы предварительно подогреваются до необходимой температуры.

Нанесение покрытия производится на двухпозиционных установках методом безвоздушного распыления покрытия на вращающуюся трубу.

После нанесения покрытия трубы поступают в сушильную камеру, где производится их сушка подогретым воздухом. На выходе из камеры трубы охлаждаются водой, затем на внутреннюю поверхность раструба производится нанесение битумного покрытия.

Средняя толщина битумного покрытия составляет не менее 70 мкм, согласно ISO 8179-2.

1.2.8 Приёмка готовой продукции

На трубы с внутренним и внешним покрытиями наносится ЛОГОТИП предприятия изготовителя, они принимаются ОТК, увязываются в пакеты на линиях пакетирования, взвешиваются и отправляются на склад готовой продукции для отгрузки потребителю.

1.2.9 Производство фасонных частей

Производство фасонных частей из ЧШГ идет по тому же принципу (подготовка металла, литье, доводка и покрытие), кроме термообработки, которая в этом случае не требуется. Отливка фасонных частей производится методом литья в сухие самотвердеющие песчаные формы.

1.3 Заводские испытания

Каждая труба и фасонная часть подвергается заводскому испытанию внутренним давлением в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 2531 и EN 545. Цель данного испытания – проверка герметичности труб и фасонных частей.

Испытания труб проводят гидравлическим давлением не менее 50 бар.

Испытания фасонных частей проводят гидравлическим давлением не менее 25 бар и сжатым воздухом, давлением не менее 1 бар.

1.4 Контроль качества

Система контроля и управления качеством, созданная на ОАО ЛМЗ «Свободный сокол», представляет собой комплексный процесс, охватывающий все звенья производства, начиная с приготовления металла и до готовой продукции.

Когда будут пройдены все звенья производственного процесса и все этапы контроля, изготовленная продукция должна отвечать требованиям стандартов ISO 2531, EN 545, ISO 8179-1, ISO 4179.

1.4.1 Контроль исходных материалов

При каждой поставке основных материалов производится контроль качества:

- ферросплавов и дополнительных присадок;
- песка для изготовления стержней и внутреннего цементного покрытия;
- цемента для внутреннего покрытия;
- лакокрасочных материалов для внешнего защитного покрытия.

Контролю подлежит также ряд вспомогательных материалов не входящих напрямую в состав труб и фитингов. Необходимые испытания назначаются в зависимости от качества и регулярности поставок.

1.4.2 Контроль в процессе производства

В процессе производства подлежит контролю:

- химический состав жидких доменных чугунов;
- содержание серы в чугуне до и после дусульфурации;
- химический состав чугуна подготовленного в индукционных печах;
- химический состав чугуна в миксере;
- температура чугуна выдаваемого из миксера;
- содержание серы и магния в чугуне после модифицирования магнием (каждый ковш);
- степень отбелённости чугуна (клиновья проба) после модифицирования магнием (каждый ковш);
- вес каждой отлитой трубы;
- внешний вид (визуально) отлитых труб.

1.4.3 Контроль отлитых труб

Трубы, прошедшие термообработку подлежат 100%-ному контролю на:

- пластичность металла (дуктильность);
- отсутствие внешних дефектов;
- соответствие наружного диаметра установленным допускам (min, max);
- соответствие толщины стенки установленным допускам;
- соответствие размеров раструба установленным допускам;
- соответствие веса установленным допускам;
- герметичность (гидроиспытания).

Также проводятся испытания механических характеристик и исследования микроструктуры образцов труб, отлитых в одной партии.

1.4.4 Контроль защитных покрытий

Цинковое покрытие

Контролю подлежит:

- толщина нанесённого на трубу слоя металлического цинка;
- внешний вид и сплошность покрытия.

Цементно-песчаное покрытие

Контролю подлежит:

- свежеприготовленный цементный раствор на соотношение песок/цемент, вода/цемент;
- толщина свеженанесённого, а также затвердевшего покрытия;
- внешний вид покрытия.

Завершающее лаковое покрытие

Контролю подлежит:

- чистота труб перед нанесением лака;
- температура труб перед нанесением лака;
- температура в сушильной камере;
- внешний вид и сплошность покрытия;
- толщина покрытия.

1.4.5 Контроль перед отправкой продукции

Контроль производится на складе перед оправкой для проверки отсутствия повреждений, которые могли бы появиться во время складских операций (падение, сильные удары и т.д.).

Обязательному контролю подлежат пакеты труб (правильность сборки, качество затяжки обвязки, габаритные размеры, вес).

1.5 Сертификация

Продукция и система менеджмента качества ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» соответствуют требованиям следующих международных стандартов:

Спецификация Трубы	Международный стандарт EN 545 ISO 2531
Фасонные части	EN 545
Цинковое покрытие	ISO 8179-1
Внутреннее цементно-песчаное покрытие	ISO 4179 EN 545
Система менеджмента качества	ISO 9001:2000
Система экологического менеджмента	ISO 14001:2004
Система промышленной безопасности и здоровья	OHSAS 18001:1999



Сертификат удостоверяет, что трубы из чугуна с шаровидной формой графита были проверены на соответствие положениям международного стандарта ISO 2531 и подтверждает, что продукция удовлетворяет требованиям стандарта.
Срок действия – до 5 июля 2011 г.



Сертификат удостоверяет, что трубы и фасонные части из чугуна с шаровидной формой графита были проверены на соответствие положениям международного стандарта EN 545:2002 и подтверждает, что продукция удовлетворяет требованиям стандарта.
Срок действия – до 28 июня 2014 г.



Сертификат удостоверяет, что внешнее покрытие труб из чугуна с шаровидной формой графита (металлический цинк и завершающее покрытие) было проверено на соответствие положениям международного стандарта ISO 8179-1 и подтверждает, что продукция удовлетворяет требованиям стандарта.
Срок действия – до 25 декабря 2013 г.



Сертификат удостоверяет, что внутреннее цементно-песчаное покрытие труб из чугуна с шаровидной формой графита было проверено на соответствие положениям международного стандарта ISO 4179 и подтверждает, что продукция удовлетворяет требованиям стандарта.

Срок действия – до 27 мая 2012 г.



ISO 9001:2000 «Система менеджмента качества»

Область сертификации: производство литейного и передельного чугуна; разработка и производство труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, фасонных частей и фасонного литья.

Срок действия – до 19 февраля 2010 г.



ISO 14001:2004 «Система экологического менеджмента»

Область сертификации: производство литейного и передельного чугуна; разработка и производство труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, фасонных частей и фасонного литья.

Срок действия – до 19 февраля 2010 г.



OHSAS 18001:1999 «Система промышленной безопасности и здоровья»

Область сертификации: производство литейного и передельного чугуна; разработка и производство труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, фасонных частей и фасонного литья.

Срок действия – до 19 февраля 2010 г.

2 Номенклатура продукции

2.1 Виды соединений

ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» предлагает потребителю трубы и фитинги с тремя видами соединений: раструбное «Тайтон» с условным диаметром 100 – 1000 мм (см. рис. 3, 4, табл.3); раструбное «ВРС» с условным диаметром 100 – 500 мм (см. рис. 6, 7, табл. 5); фланцевое с условным диаметром 100 – 1000 мм (см. рис. 9, 10, табл.7), характеристики соединений указаны в таблице 2.

Таблица 2 Характеристики соединений

Характеристика	«Тайтон»	«ВРС»	Фланцевое
Продольное перемещение конца трубы	Да	Да	Нет
Угловое отклонение	Да	Да	Нет
Сопротивление осевым силам	Нет	Да	Да
Простота сборки	Просто	Просто	Очень просто
Необходимость приложения силы для стыковки	Да	Да	Нет
Разборка	Просто	Просто	Очень просто
Рабочее давление в трубопроводе, бар	16	До 64 *	До 25 *
* - диапазон значений указан в таблице 21 на с. 50			

2.2 Труба под соединение «Тайтон»

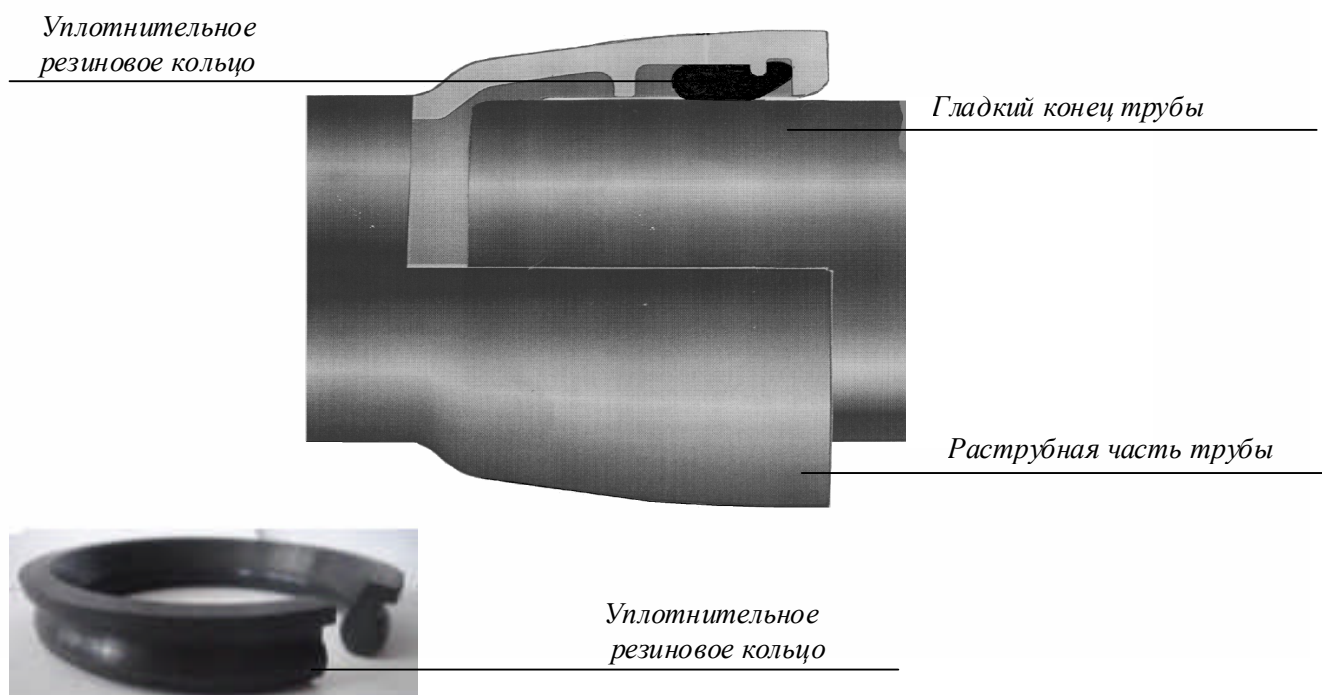


Рисунок 3

Стыковое раструбное соединение «Тайтон».

Соединение «Тайтон» - стыковое раструбное соединение под двухслойное уплотнительное резиновое кольцо (рис.5, табл.4). Уплотнение достигается радиальным сжатием уплотнительного резинового кольца в процессе сборки. Диапазон применения – холодное водоснабжение, канализация.

Соединение «Тайтон» не является жестким и позволяет отклоняться соединенным трубам на угол от 1,5° до 5° в зависимости от диаметра труб (подробнее см. п.5.13) при сохранении полной герметичности стыка.

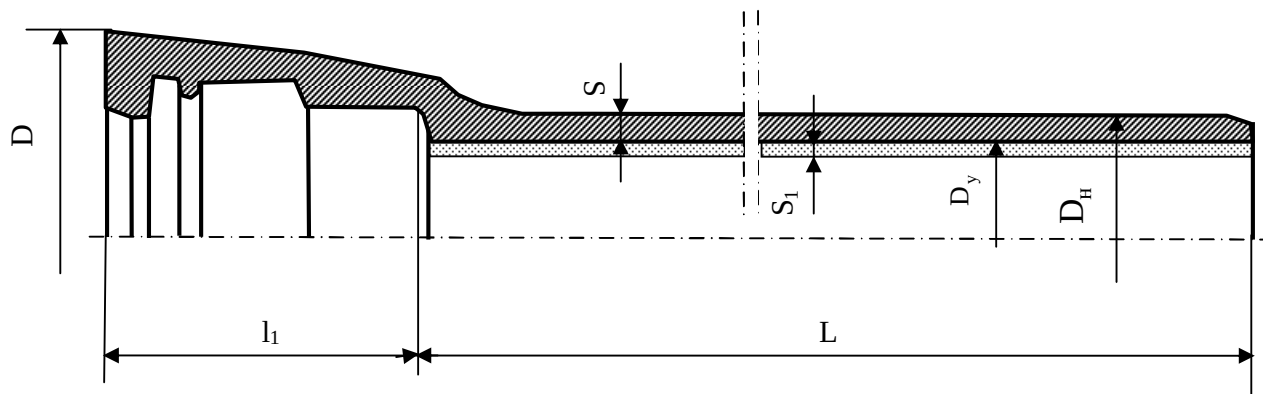


Рисунок 4 Труба раструбная под соединение «Тайтон».

Таблица 3 Основные размеры и масса

Размеры, мм						Масса раструба, кг	Масса 1м трубы без раструба (с цем. покрытием), кг	Условная масса трубы с раструбом (без цем. покрытия / с цем. покрытием), кг, при расчетной длине L			
Dy	D	Dн	S	S1	l1			5800		6000	
100	163	118 ^{+1,0} _{-2,8}	6,0	4 ^{+2,0} _{-1,5}	88	4,3	19,3	94,2	116,0	97,3	120,0
150	217	170 ^{+1,0} _{-2,9}	6,0	4 ^{+2,0} _{-1,5}	94	7,1	30,5	143,4	184,0	148,1	190,0
200	278	222 ^{+1,0} _{-3,0}	6,3	4 ^{+2,0} _{-1,5}	100	10,3	39,1	192,4	237,0	198,7	245,0
250	336	274 ^{+1,0} _{-3,1}	6,8	4 ^{+3,0} _{-1,5}	105	14,2	49,3	253,2	300,0	261,4	310,0
300	393	326 ^{+1,0} _{-3,3}	7,2	4 ^{+3,0} _{-1,5}	110	18,9	61,9	321,1	378,0	331,5	390,0
350	448	378 ^{+1,0} _{-3,4}	7,7	5 ^{+3,5} _{-2,0}	110	23,7	85,0	390,3	516,0	402,9	533,0
400	500	429 ^{+1,0} _{-3,5}	8,1	5 ^{+3,5} _{-2,0}	110	29,5	100,3	467,4	611,0	482,5	632,0
500	604	532 ^{+1,0} _{-3,8}	9,0	5 ^{+3,5} _{-2,0}	120	42,8	132,4	630,3	810,0	650,6	837,0
600	713	635 ^{+1,0} _{-4,0}	9,9	5 ^{+3,5} _{-2,0}	120	59,3	174,6	855,6	1072,0	883,1	1107,0
700	824	738 ^{+1,0} _{-4,2}	10,8	6 ⁺⁴ _{-2,5}	150	79,1	225,0	1087,7	1384,0	1122,5	1429,0
800	943	842 ^{+1,0} _{-4,5}	11,7	6 ⁺⁴ _{-2,5}	160	102,6	273,6	1350,8	1690,0	1393,8	1744,0
900	1052	945 ^{+1,0} _{-4,8}	12,6	6 ⁺⁴ _{-2,5}	175	129	325,9	1638,2	2020,0	1690,2	2085,0
1000	1158	1048 ^{+1,0} _{-5,0}	13,5	6 ⁺⁴ _{-2,5}	185	161,3	382,4	1955,2	2379,0	2017,1	2455,0

Примечание - Допуск по массе для труб без цем. покрытия: Ду100-200 – 8%; Ду250-1000 – 5%.

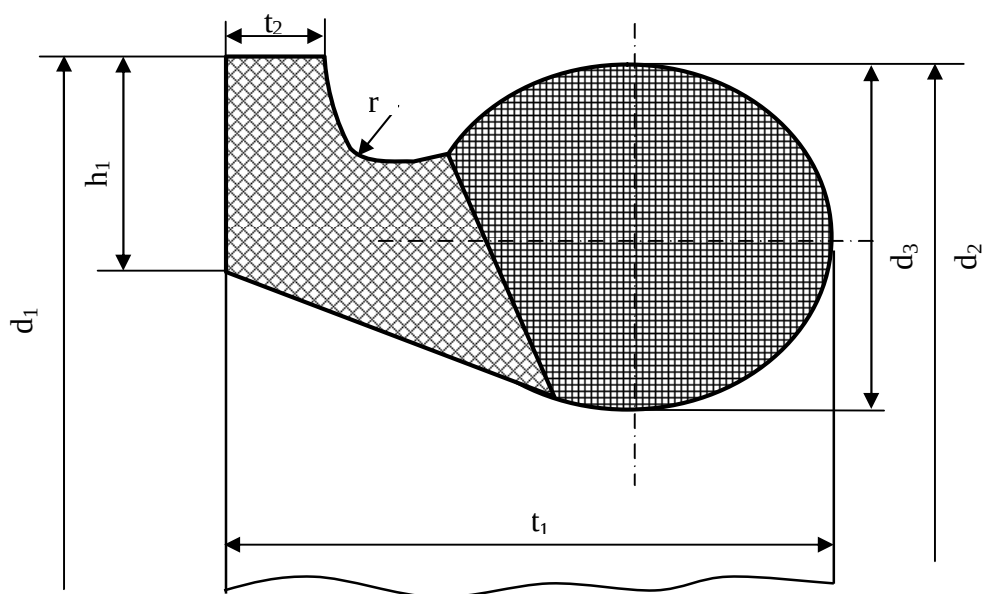


Рисунок 5 Уплотнительное резиновое кольцо под соединение «Тайтон».

Таблица 4 Основные размеры и масса.

Размеры, мм								Масса, кг (справочная)
D _y	d ₁	d ₂	d ₃	h ₁	t ₁	t ₂	r	
100	146 ⁺¹	144 ⁺¹	16 ^{+0,5}	10 ^{+0,3}	26	5 ^{+0,4 -0,2}	3,5	0,212
150	200 ^{±1,5}	198 ^{±1,5}						0,356
200	256 ^{±1,5}	254 ^{±1,5}	18 ^{+0,5}	11 ^{+0,3}	30	6 ^{+0,4 -0,2}	4,0	0,50
250	310 ^{±1,5}	308 ^{±1,5}			32			0,72
300	366 ^{±1,5}	364 ^{±1,5}	20 ^{+0,5}	12 ^{+0,3}	34	7 ^{+0,4 -0,2}	4,5	0,94
350	420 ^{±2,0}	418 ^{±2,0}						1,25
400	475 ^{±2,0}	473 ^{±2,0}	22 ^{+0,5}	13 ^{+0,3}	38	8 ^{+0,5 -0,3}	5,0	1,54
500	583 ^{±3,0}	581 ^{±3,0}	24 ^{+0,5}	14 ^{+0,3}	42	9 ^{+0,5 -0,3}	5,5	2,45
600	692 ^{±3,0}	690 ^{±3,0}	26 ^{+0,5}	15 ^{+0,3}	46	10 ^{+0,5 -0,3}	6,0	3,34
700	809 ^{+5,0 -2,5}	803 ^{±3,5}	33,5 ^{+0,5}	20 ^{±0,3}	55		7	4,55
800	919 ^{+5,0 -2,5}	913 ^{±3,5}	35,5 ^{+0,5}	21 ^{±0,3}	60	16 ^{+0,5 -0,3}	8	5,51
900	126 ^{+6,0 -2,0}	1020 ^{±4,0}	37,5 ^{+0,5}	22 ^{±0,3}	65		9	6,30
1000	1133 ^{+7,0 -2,0}	1127 ^{±4,0}	39,5 ^{+0,5}	23 ^{±0,3}	70	18 ^{+0,5 -0,3}		7,04

2.3 Труба под соединение «ВРС»

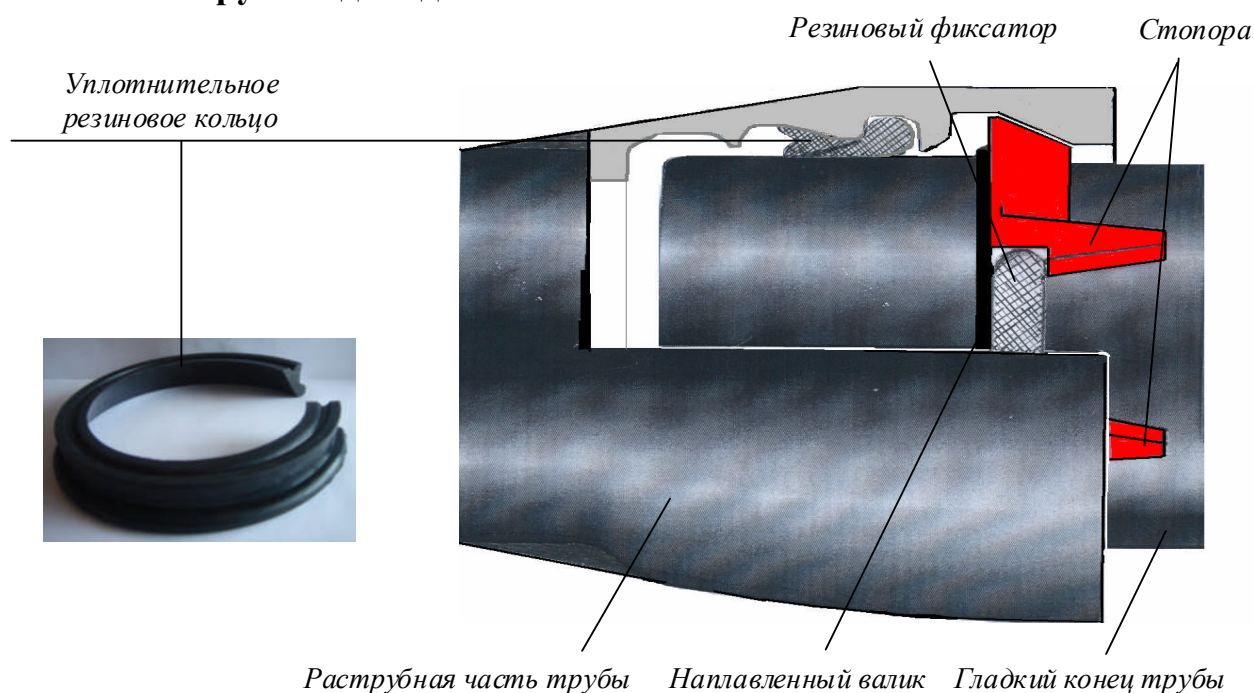


Рисунок 6 Стыковое раструбное соединение «ВРС».

Соединение «ВРС» - стыковое раструбное соединение под двухслойное уплотнительное резиновое кольцо (рис. 8 , табл.6).

Соединение «ВРС» обеспечивает невозможность самопроизвольного рассоединения труб при работе трубопровода в сложном рельефе местности, в местах опасности осадки грунта и при ударных нагрузках. Наплавленный валик на гладком конце трубы и два стопора, вдвигаемые после стыковки труб в выемку раструба и фиксируемые резиновым фиксатором или стопорной проволокой, не позволяют нарушить соединение. Это особенно важно при монтаже трубопроводов в неустойчивых грунтах, в гористой местности и в вертикальном положении труб. Также соединение «ВРС» применяется для прокладки трубопроводов методом горизонтально направленного бурения.

Соединение «ВРС» не является жестким и позволяет отклоняться соединенным трубам на угол 1,5° до 5° в зависимости от диаметра труб (подробнее см. п.5.13) при сохранении полной герметичности стыка.

Диапазон применения – холодное водоснабжение, теплосети, канализация.

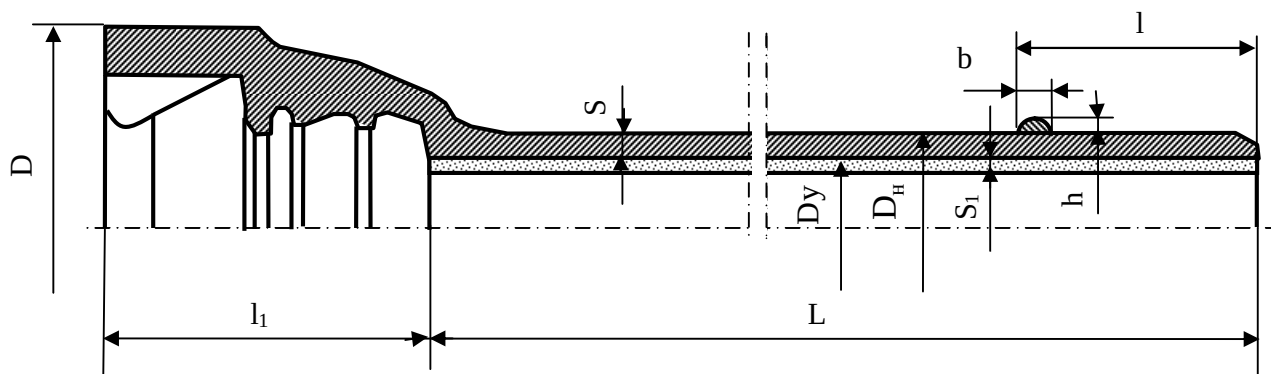


Рисунок 7 Труба раструбная под соединение «ВРС».

Таблица 5 Основные размеры и масса.

Размеры, мм									Масса рас- труба, кг	Масса 1 м трубы без раструба (с цем. по- крытием), кг	Условная масса трубы с рас- трубом (без цем. покрытия / с цем. покрытием), кг, при рас- четной длине L			
Dy	D	D _н	S	S ₁	l	l ₁	h	b			5800		6000	
100	176	118 ^{+1,0 -2,8}	6,0	4 ^{+2,0 -1,5}	91	135	5	8 ^{±2}	6,9	19,3	97,0	119,0	100,1	123,0
150	230	170 ^{+1,0 -2,9}	6,0	4 ^{+2,0 -1,5}	101	150	5	8 ^{±2}	10,7	30,5	147,1	188,0	152,1	194,0
200	288	222 ^{+1,0 -3,0}	6,3	4 ^{+2,0 -1,5}	106	160	5,5	9 ^{±2}	16,8	39,1	199,1	244,0	205,3	252,0
250	346	274 ^{+1,0 -3,0}	6,8	4 ^{+3,0 -1,5}	106	165	5,5	9 ^{±2}	23,2	49,3	262,2	310,0	270,5	320,0
300	402	326 ^{+1,0 -3,3}	7,2	4 ^{+3,0 -1,5}	106	170	5,5	9 ^{±2}	29,6	61,9	332,0	390,0	342,1	402,0
350	452	378 ^{+1,0 -3,4}	7,7	5 ^{+3,5 -2,0}	110	180	6,0	10 ^{±2}	35,7	85,0	402,3	528,0	414,9	545,0
400	513	429 ^{+1,0 -3,5}	8,1	5 ^{+3,5 -2,0}	115	190	6,0	10 ^{±2}	44,5	100,3	482,4	626,0	497,5	647,0
500	618	532 ^{+1,0 -3,8}	9,0	5 ^{+3,5 -2,0}	120	200	6,0	10 ^{±2}	62,8	132,4	650,3	830,0	670,6	857,0

Примечание - Допуск по массе для труб без цем. покрытия: Ду100-200 – 8%; Ду250-500 – 5%.

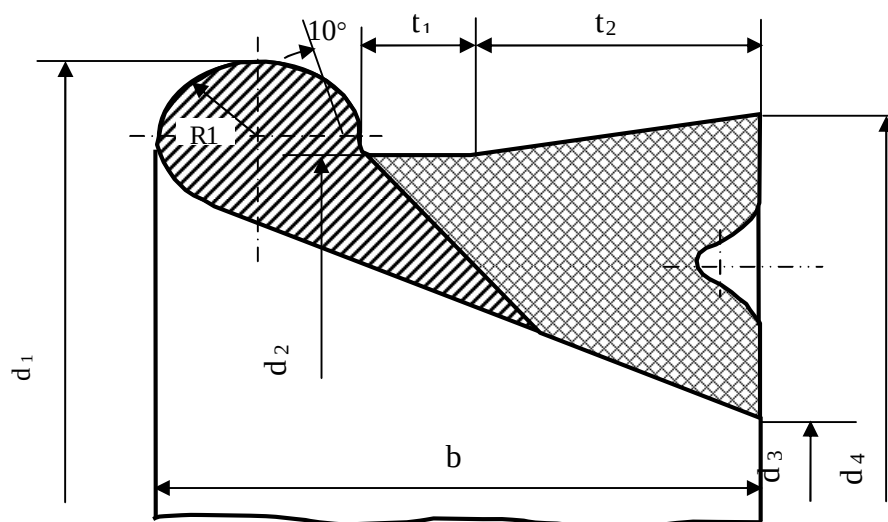


Рисунок 8 Уплотнительное резиновое кольцо под соединение типа «ВРС».

Таблица 6 Основные размеры и масса.

Размеры, мм									Масса, кг (справочная)
Dy	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	b	t ₁	t ₂	R ₁	
100	146,5 ^{±1}	134,5 ^{±1}	99,5 ^{±1}	140,5 ^{±1}	30	5,5	14,3	5,0	0,17
150	203,5 ^{±1,5}	189,5 ^{±1,5}	151 ^{±1,5}	196 ^{±1,5}	32	5,5	15,3	5,5	0,41
200	260 ^{±1,5}	244 ^{±1,5}	202 ^{±1,5}	250 ^{±1,5}	33	5,5	15,3	6,0	0,50
250	315 ^{±1,5}	299 ^{±1,5}	257 ^{±1,5}	305 ^{±1,5}	33	5,5	15,3	6,0	0,63
300	369 ^{±1,5}	353 ^{±1,5}	311 ^{±1,5}	359 ^{±1,5}	33	5,5	15,3	6,0	0,95
350	424 ^{±2,0}	406 ^{±2,0}	361 ^{±2,0}	413 ^{±2,0}	36	5,5	16,0	7,0	1,14
400	477 ^{±2,0}	459 ^{±2,0}	414 ^{±2,0}	465 ^{±2,0}	36	5,5	16,0	7,0	1,35
500	587 ^{±3,0}	568 ^{±3,0}	529 ^{±3,0}	576 ^{±3,0}	38	5,5	17,1	7,5	2,43

2.4 Труба с приваренными фланцами под фланцевое соединение

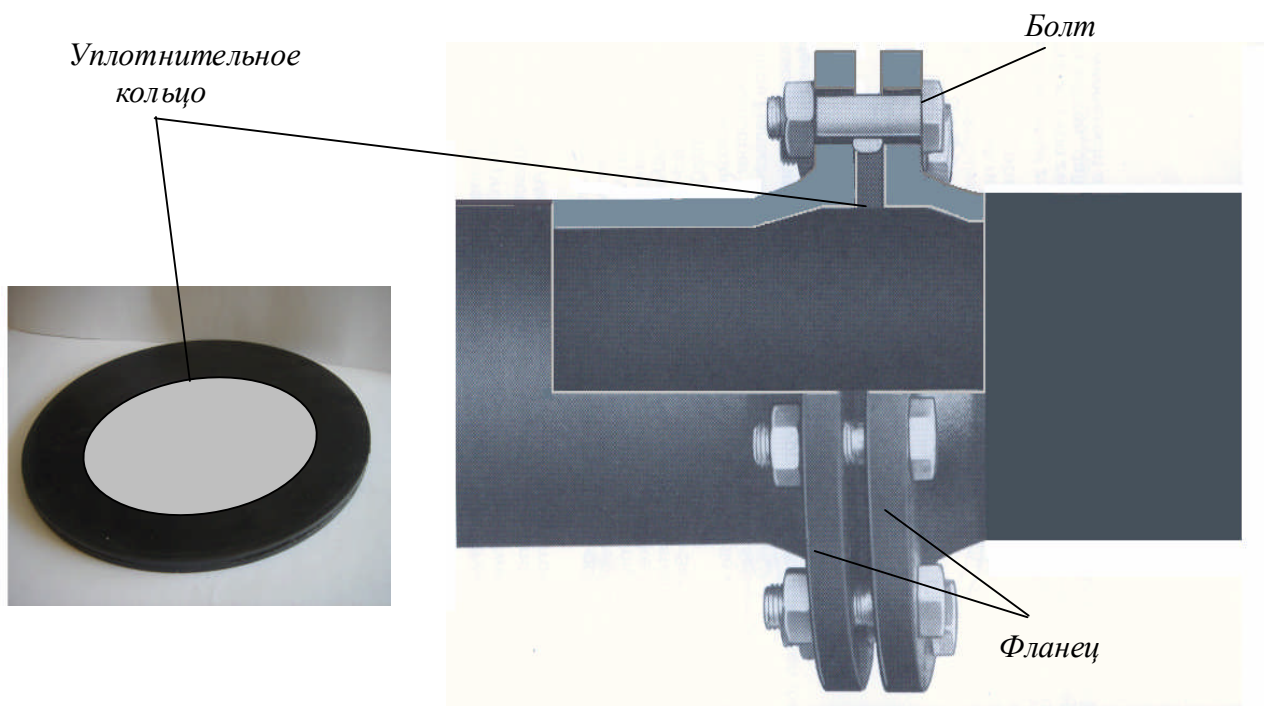


Рисунок 9 Фланцевое соединение.

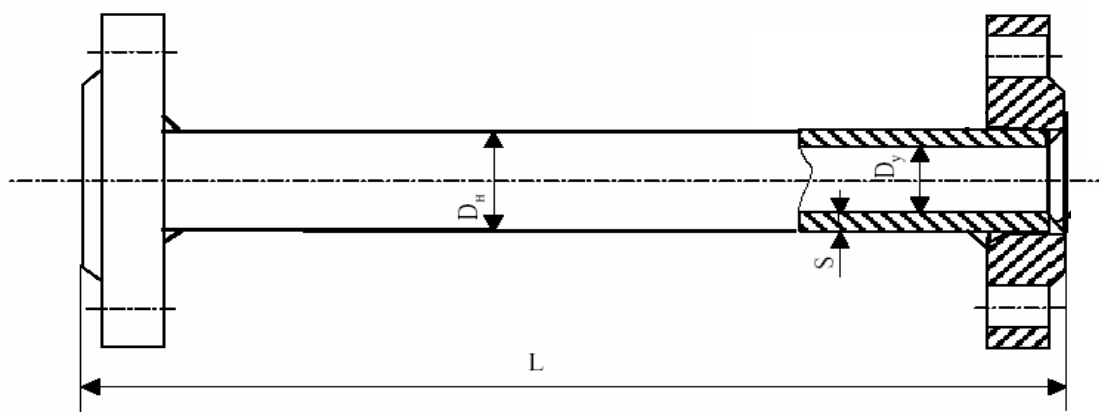


Рисунок 10 Труба с приваренными фланцами.

Таблица 7 Основные размеры и масса.

Размеры, мм			Масса фланца, кг			Масса 1 м трубы без фланца, кг	Условная масса трубы с фланцами, кг (при расчетной длине $L=5500$ мм)		
D_y	D_n	S	PN 10	PN 16	PN 25		PN 10	PN 16	PN 25
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	8,4	3,3	3,3	3,8	20,4	119,0	119,0	120,0
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	9,1	5,0	5,0	6,0	32,4	189,0	189,0	191,0
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	9,8	6,9	6,7	8,7	46,1	268,0	268,0	271,0
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	10,5	9,8	9,4	13,0	61,3	357,0	357,0	364,0

Продолжение таблицы 7

300	326 ^{+1,0} _{-3,3}	11,2	13,0	12,6	17,7	78,1	456,0	455,0	465,0
350	378 ^{+1,0} _{-3,4}	11,9	14,7	17,5	25,4	96,5	561,0	566,0	582,0
400	429 ^{+1,0} _{-3,5}	12,6	17,2	22,1	33,2	116,2	674,0	684,0	706,0
500	532 ^{+1,0} _{-3,8}	14,0	23,2	37,4	47,2	160,6	930,0	959,0	978,0
600	635 ^{+1,0} _{-4,0}	15,4	32,8	57,6	68,0	211,3	1228,0	1278,0	1299,0
700	738 ^{+1,0} _{-4,2}	16,8	44,3	59,4	-	268,5	1566,0	1596,0	-
800	842 ^{+1,0} _{-4,5}	18,2	58,5	76,8	-	332,1	1944,0	1981,0	-
900	945 ^{+1,0} _{-4,8}	19,6	69,6	91,4	-	401,7	2349,0	2393,0	-
1000	1048 ^{+1,0} _{-5,0}	21,0	87,6	127,0	-	477,7	2803,0	2882,0	-

Примечание - Допуск по массе для труб без фланцев: Ду100-200 – 8%; Ду250-1000 – 5%.

По согласованию с потребителем возможно изготовление труб другой мерной длины в соответствии с ISO 2531 и EN 545.

Фланцевое соединение состоит из двух фланцев, уплотнительной резиновой прокладки и болтов, количество и размер которых зависят от номинального давления в трубопроводе и условного прохода трубопровода. Герметичность соединения достигается за счет сжатия плоской уплотнительной прокладки между двумя фланцами. Чертёж фланца, основные размеры и масса указаны на рисунке 11 и таблице 8, чертёж и размеры уплотнительной прокладки - на рисунке 12 и таблице 9.

Точность сборки соединения, а также возможность его простого демонтажа, делают фланцевые трубы и фитинги особенно пригодными для устройства надземных трубопроводов, для монтажа в камерах обслуживания задвижек, в смотровых каналах, в резервуарах, на насосных станциях.

2.5 Фланец

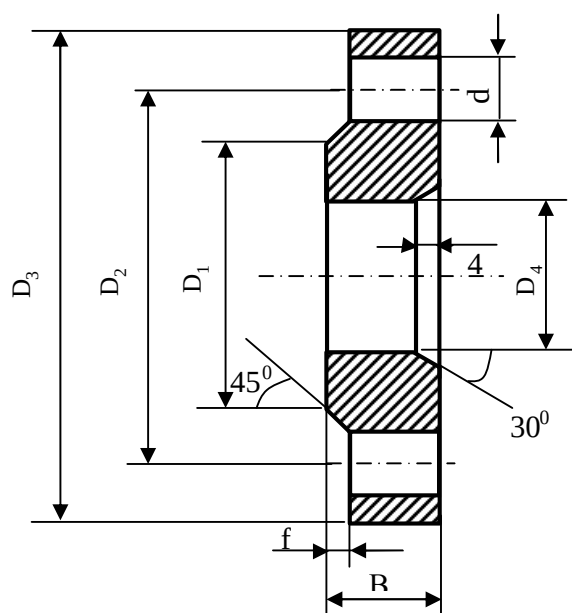


Рисунок 11 Фланец из высокопрочного чугуна.

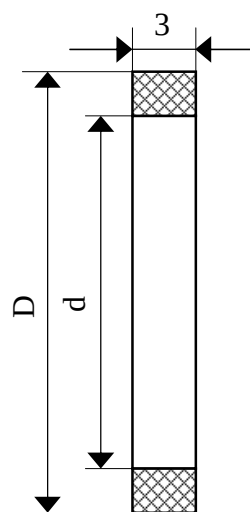


Рисунок 12 Уплотнительное кольцо для фланцевого соединения.

Таблица 8 Основные размеры и масса.

D _y , мм	D ₄ , мм	PN, бар	D ₁ , мм	D ₂ , мм	D ₃ , мм	d, мм	B, мм	f, мм	п*, шт.	Масса фланца, кг
100	118	10	153	180	220	19,0	19,0	3,0	8	3,3
		16	153	180	220					3,8
		25	153	190	235	23,0				
150	170	10	209	240	285	23,0	19,0	3,0	8	5,0
		16	209	240	285					6,0
		25	214	250	300	28,0	20,0			
200	222	10	264	295	340	23,0	20,0	3,0	8	6,9
		16	264	295	340				12	6,7
		25	274	310	360	28,0	22,0			8,7
250	274	10	319	350	400	23,0	22,0	3,0	12	9,8
		16	319	355	400	28,0				9,4
		25	331	370	425	31,0	24,5			13,0
300	326	10	367	400	455	23,0	24,5	4,0	12	13,0
		16	367	410	455	28,0				12,6
		25	389	430	485	31,0	27,5		16	17,7
350	378	10	427	460	505	23,0	24,5	4,0	16	14,7
		16	432	470	520	28,0	26,5			17,5
		25	446	490	555	34,0	30,0			25,4
400	429	10	477	515	565	28,0	24,5	4,0	16	17,2
		16	484	525	580	31,0	28,0			22,1
		25	503	550	620	37,0	32,0			33,2
500	532	10	582	620	670	28,0	26,5	4,0	20	23,2
		16	606	650	715	34,0	31,5			37,4
		25	613	660	730	37,0	36,5			47,2
600	635	10	682	725	780	31,0	30,0	5,0	20	32,8
		16	721	770	840	37,0	36,0			57,6
		25	718	770	845	40,0	42,0			68,0
700	738	10	797	840	895	31,0	32,5	5,0	24	44,3
		16	791	840	910	37,0	39,5			57,4
		25								
800	842	10	904	950	1015	34,0	35,0	5,0	24	58,8
		16	898	950	1025	40,0	43,0			76,8
		25								
900	945	10	1004	1050	1115	34,0	37,5	5,0	28	69,6
		16	998	1050	1125	40,0	46,5			91,4
		25								
1000	1048	10	1111	1160	1230	37,0	40,0	5,0	28	87,6
		16	1115	1170	1255	43,0	50,0			127,0
		25								

п* - количество отверстий под болты

Таблица 9 Основные размеры уплотнительного кольца, мм

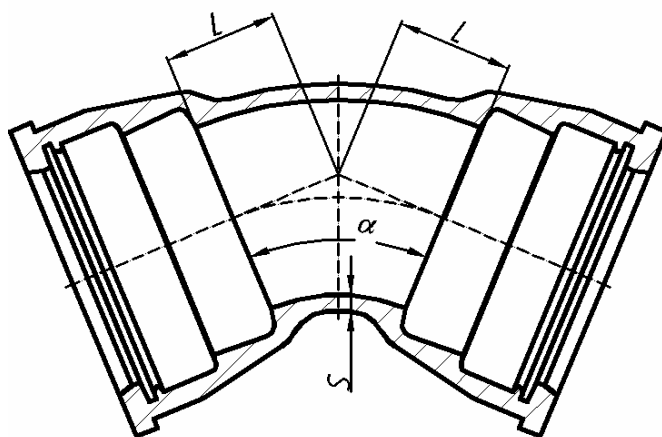
Dy	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
D	158	212	268	320	370	430	530	585	685	800	905	1005	1115
d	105	156	206	256	306	356	406	506	606	710	810	910	1010

2.6 Фасонные части

2.6.1 Отводы

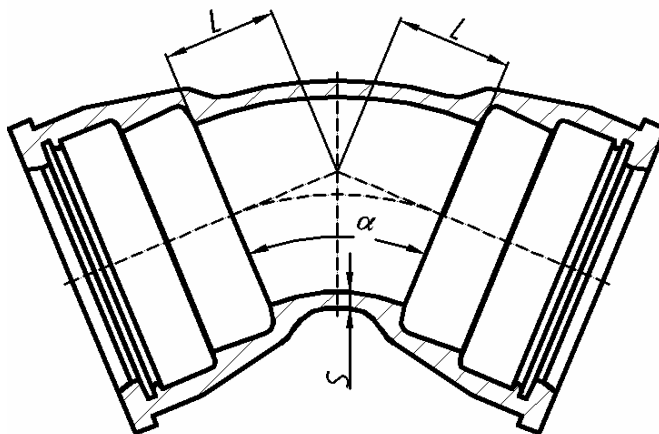
Таблица 10 Основные размеры отводов, мм

ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=10^\circ$ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	126
150	7,8	165
200	8,4	205
250	9,0	205
300	9,6	205
350	10,2	236
400	10,8	276
500	12,0	354
600	13,2	386
700	14,4	425
800	15,6	504
900	16,8	536
1000	18,0	575
ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=11^\circ 15'$ (ISO)		
Dy	S	L
100	7,2	30
150	7,8	35
200	8,4	40
250	9,0	50
300	9,6	55
350	10,2	60
400	10,8	65
500	12,0	75
600	13,2	85
700	14,4	95
800	15,6	110
900	16,8	120
1000	18,0	130
ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=15^\circ$ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	127
150	7,8	166
200	8,4	206
250	9,0	206
300	9,6	206
350	10,2	238
400	10,8	277
500	12,0	356
600	13,2	288
700	14,4	428
800	15,6	507
900	16,8	539
1000	18,0	578

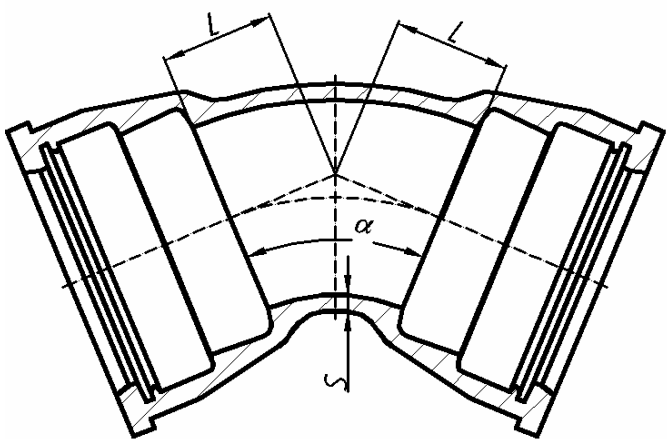
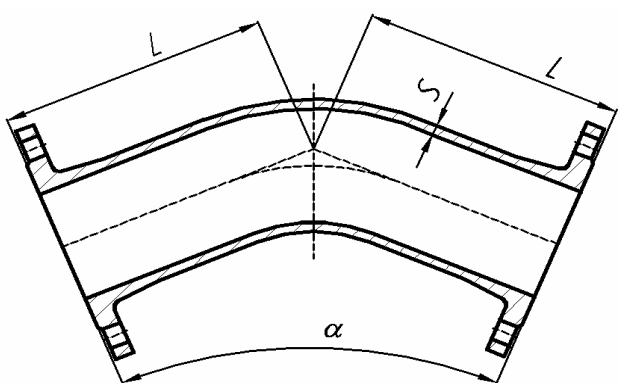


Продолжение таблицы 10

ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=22^{\circ}30'$ (ISO)		
Dy	S	L
100	7,2	40
150	7,8	55
200	8,4	65
250	9,0	75
300	9,6	85
350	10,2	95
400	10,8	110
500	12,0	130
600	13,2	150
700	14,4	175
800	15,6	195
900	16,8	220
1000	18,0	240
ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=30^{\circ}$ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	129
150	7,8	169
200	8,4	209
250	9,0	209
300	9,6	209
350	10,2	241
400	10,8	281
500	12,0	362
600	13,2	394
700	14,4	434
800	15,6	515
900	16,8	547
1000	18,0	587
ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=45^{\circ}$ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	132
150	7,8	174
200	8,4	215
250	9,0	215
300	9,6	215
350	10,2	248
400	10,8	290
500	12,0	373
600	13,2	406
700	14,4	447
800	15,6	530
900	16,8	563
1000	18,0	604

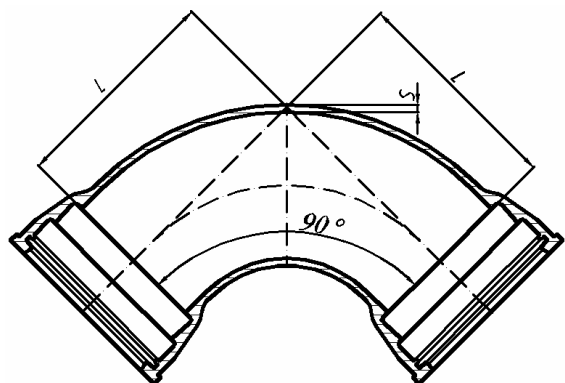


Продолжение таблицы 10

ОТВОД РАСТРУБНЫЙ $\alpha=45^\circ$ (ISO)			
Dy	S	L	
100	7,2	65	
150	7,8	85	
200	8,4	110	
250	9,0	130	
300	9,6	150	
350	10,2	175	
400	10,8	195	
500	12,0	240	
600	13,2	285	
700	14,4	330	
800	15,6	370	
900	16,8	415	
1000	18,0	460	
ОТВОД ФЛАНЦЕВЫЙ $\alpha=45^\circ$ (ISO)			
Dy	S	L	
100	7,2	140	
150	7,8	160	
200	8,4	180	
250	9,0	250	
300	9,6	400	
350	10,2	300	
400	10,8	325	
500	12,0	375	
600	13,2	425	
700	14,4	480	
800	15,6	530	
900	16,8	580	
1000	18,0	630	

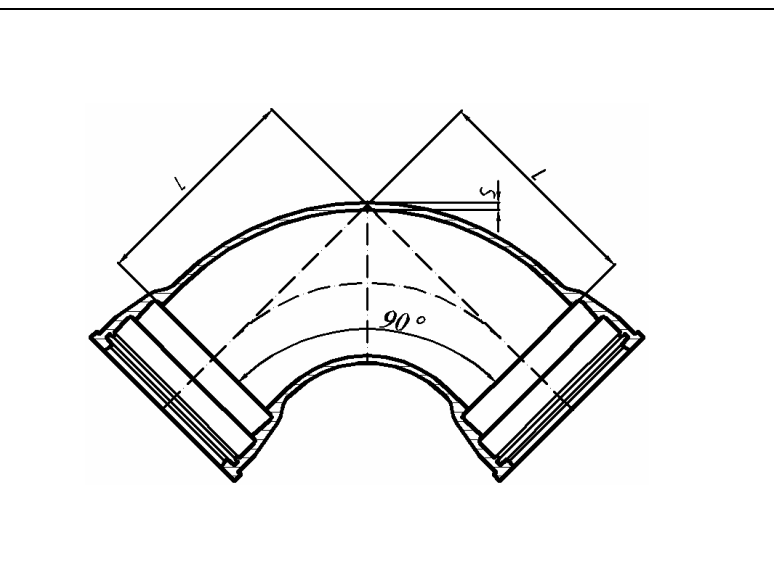
2.6.2 Колена, переходы и другие фасонные части

Таблица 11 Основные размеры колен и переходов и других фасонных частей, мм

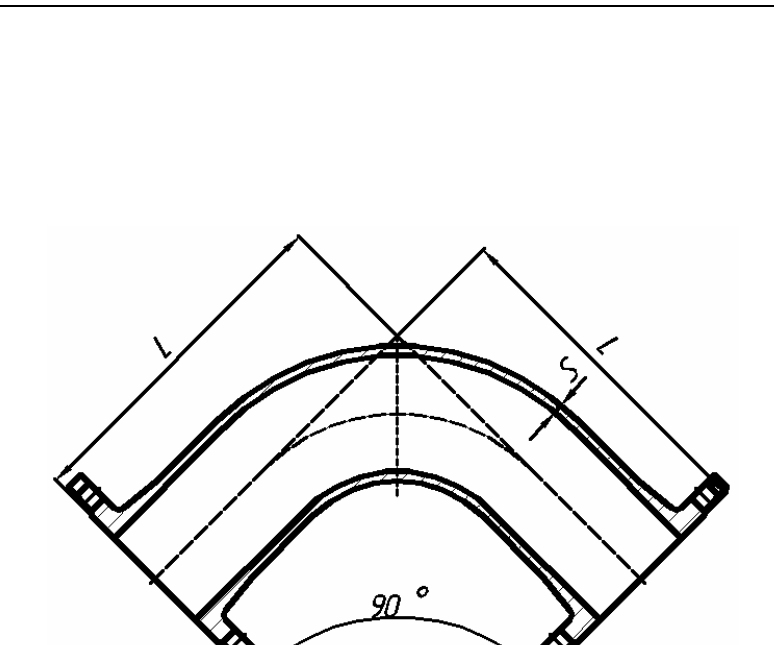
КОЛЕНО РАСТРУБНОЕ (ISO)			
Dy	S	L	
100	7,2	120	
150	7,8	170	
200	8,4	220	
250	9,0	270	
300	9,6	320	
350	10,2	-	
400	10,8	-	
500	12,0	-	
600	13,2	-	
700	14,4	-	
800	15,6	-	
900	16,8	-	
1000	18,0	-	

Продолжение таблицы 11

КОЛЕНО РАСТРУБНОЕ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	200
150	7,8	250
200	8,4	300
250	9,0	300
300	9,6	300
350	10,2	350
400	10,8	400
500	12,0	500
600	13,2	550
700	14,4	600
800	15,6	700
900	16,8	750
1000	18,0	800



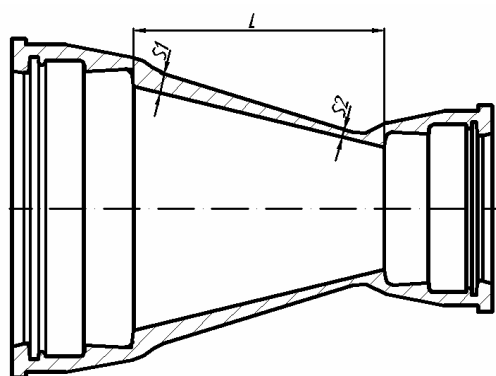
КОЛЕНО ФЛАНЦЕВОЕ (ISO)		
Dy	S	L
100	7,2	180
150	7,8	220
200	8,4	260
250	9,0	350
300	9,6	400
350	10,2	450
400	10,8	500
500	12,0	600
600	13,2	700
700	14,4	800
800	15,6	900
900	16,8	1000
1000	18,0	1100



КОЛЕНО ФЛАНЦЕВОЕ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	200
150	7,8	250
200	8,4	300
250	9,0	300
300	9,6	300
350	10,2	350
400	10,8	400
500	12,0	500
600	13,2	550
700	14,4	600
800	15,6	700
900	16,8	750
1000	18,0	800

Продолжение таблицы 11

ПЕРЕХОД РАСТРУБНЫЙ (ISO)			
Dy x dy	S1	S2	L
150x100	7,8	7,2	150
200x100	8,4	7,2	250
200x150	8,4	7,8	150
250x150	9,0	7,8	250
250x200	9,0	8,4	150
300x150	9,6	7,8	350
300x200	9,6	8,4	250
300x250	9,6	9,0	150
350x200	10,2	8,4	360
350x250	10,2	9,0	260
350x300	10,2	9,6	160
400x250	10,8	9,0	360
400x300	10,8	9,6	260
400x350	10,8	10,2	160
500x350	12,0	10,2	360
500x400	12,0	10,8	260
600x400	13,2	10,8	460
600x500	13,2	12,0	260
700x500	14,4	12,0	480
700x600	14,4	13,2	280
800x600	15,6	13,2	480
800x700	15,6	14,4	280
900x700	16,8	14,4	480
900x800	16,8	15,6	280
1000x800	18,0	15,6	480
1000x900	18,0	16,8	280
ПЕРЕХОД РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)			
Dy x dy	S1	S2	L
150x100	7,8	7,2	250
200x100	8,4	7,2	350
200x150	8,4	7,8	250
250x100	9,0	7,2	450
250x150	9,0	7,8	350
250x200	9,0	8,4	250
300x150	9,6	7,8	450
300x200	9,6	8,4	350
300x250	9,6	9,0	250
350x200	10,2	8,4	450
350x250	10,2	9,0	350
350x300	10,2	9,6	250
400x250	10,8	9,0	450
400x300	10,8	9,6	350
400x350	10,8	10,2	250
500x350	12,0	10,2	500
500x400	12,0	10,8	400
600x400	13,2	10,8	600
600x500	13,2	12,0	400
700x500	14,4	12,0	600



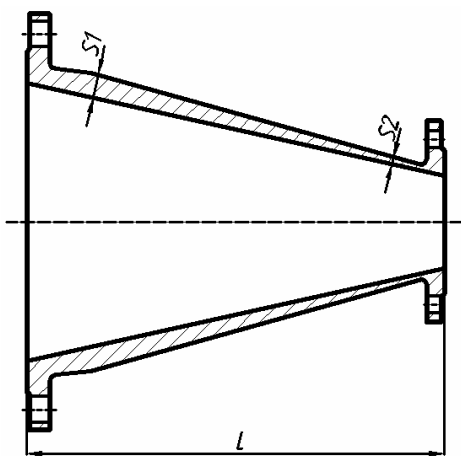
Продолжение таблицы 11

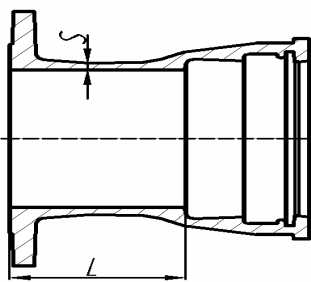
700x600	14,4	13,2	400
800x600	15,6	13,2	600
800x700	15,6	14,4	400
900x700	16,8	14,4	600
900x800	16,8	15,6	400
1000x800	18,0	15,6	600
1000x900	18,0	16,8	400

ПЕРЕХОД ФЛАНЦЕВЫЙ (ISO)			
Dy x dy	S1	S2	L
200x150	8,4	7,8	300
250x200	9,0	8,4	300
300x250	9,6	9,0	300
350x300	10,2	9,6	300
400x350	10,8	10,2	300
500x400	12,0	10,8	600
600x500	13,2	12,0	600
700x600	14,4	13,2	600
800x700	15,6	14,4	600
900x800	16,8	15,6	600
1000x900	18,0	16,8	600

ПЕРЕХОД ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)			
Dy x dy	S1	S2	L
150x100	7,8	7,2	250
200x100	8,4	7,2	350
200x150	8,4	7,8	250
250x100	9,0	7,2	450
250x150	9,0	7,8	350
250x200	9,0	8,4	250
300x150	9,6	7,8	450
300x200	9,6	8,4	350
300x250	9,6	9,0	250
350x300	10,2	9,6	250
400x350	10,8	10,2	250
500x400	12,0	10,8	350
600x500	13,2	12,0	350
700x600	14,4	13,2	350
800x700	15,6	14,4	350
900x800	16,8	15,6	350
1000x900	18,0	16,8	350

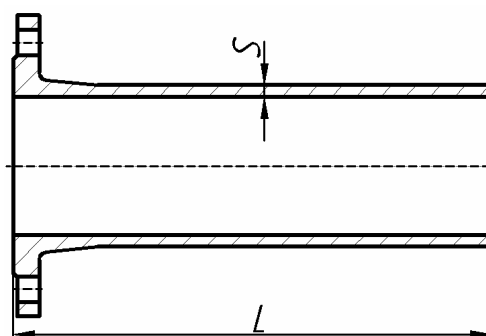
ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	100
150	7,8	100
200	8,4	100
250	9,0	150
300	9,6	150





Продолжение таблицы 11

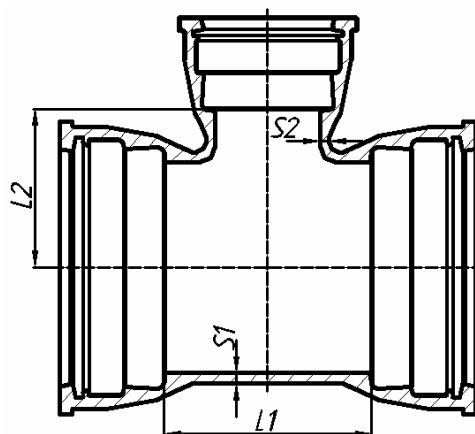
350	10,2	150
400	10,8	150
500	12,0	150
600	13,2	250
700	14,4	250
800	15,6	250
900	16,8	300
1000	18,0	300
ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ГОСТ)		
Dy	S	L
100	7,2	350
150	7,8	350
200	8,4	350
250	9,0	350
300	9,6	400
350	10,2	400
400	10,8	400
500	12,0	450
600	13,2	500
700	14,4	500
800	15,6	600
900	16,8	600
1000	18,0	600



2.6.3 Тройники

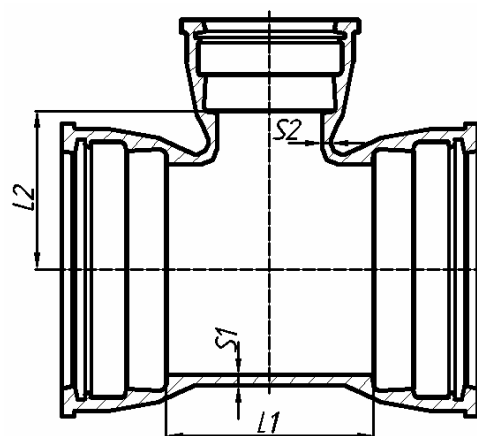
Таблица 12 Основные размеры тройников, мм

ТРОЙНИК РАСТРУБНЫЙ (ISO)				
Dy x dy	S1	S2	L1	L2
100x100	7,2	7,2	195	100
150x100	7,8	7,2	200	125
150x150	7,8	7,8	260	130
200x100	8,4	7,2	200	150
200x150	8,4	7,8	260	155
200x200	8,4	8,4	320	160
250x100	9,0	7,2	205	190
250x150	9,0	7,8	265	190
250x200	9,0	8,4	320	190
250x250	9,0	9,0	380	190
300x100	9,6	7,2	210	220
300x150	9,6	7,8	265	220
300x200	9,6	8,4	325	220
300x250	9,6	9,0	380	220
300x300	9,6	9,6	440	220
350x100	11,9	8,4	205	220
350x200	11,9	9,8	325	240
350x250	11,9	10,5	495	245



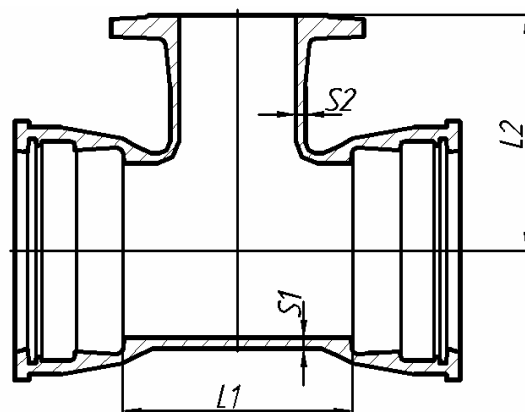
Продолжение таблицы 12

350x300	11,9	11,2	495	250
350x350	11,9	11,9	495	260
400x200	12,6	9,8	325	260
400x250	12,6	10,5	440	265
400x300	12,6	11,2	440	270
400x400	12,6	12,6	560	280
500x100	14,0	8,4	215	295
500x200	14,0	9,8	330	310
500x300	14,0	11,2	450	315
500x400	14,0	12,6	565	335
500x500	14,0	14,0	680	350
600x200	15,4	9,8	340	360
600x300	15,4	11,2	460	365
600x400	15,4	12,6	570	390
600x500	15,4	14,0	800	400
600x600	15,4	15,4	800	460
ТРОЙНИК РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)				
Dy x dy	S1	S2	L1	L2
100x100	7,2	7,2	300	150
150x100	7,8	7,2	300	150
150x150	7,8	7,8	400	200
200x100	8,4	7,2	400	200
200x150	8,4	7,8	400	200
200x200	8,4	8,4	500	250
250x100	9,0	7,2	400	200
250x150	9,0	7,8	400	250
250x200	9,0	8,4	500	250
250x250	9,0	9,0	500	250
300x100	9,6	7,2	400	250
300x150	9,6	7,8	400	250
300x200	9,6	8,4	500	250
300x250	9,6	9,0	500	250
300x300	9,6	9,6	600	300
350x100	11,9	8,4	400	250
350x200	11,9	9,8	500	300
350x250	11,9	10,5	500	300
350x300	11,9	11,2	600	300
350x350	11,9	11,9	600	300
400x200	12,6	9,8	500	300
400x250	12,6	10,5	500	300
400x300	12,6	11,2	600	300
400x400	12,6	12,6	600	350
500x100	14,0	8,4	400	350
500x200	14,0	9,8	500	350
500x300	14,0	11,2	600	350
500x400	14,0	12,6	800	400
500x500	14,0	14,0	800	400
600x200	15,4	9,8	500	400
600x300	15,4	11,2	600	400
600x400	15,4	12,6	800	450
600x500	15,4	14,0	800	450
600x600	15,4	15,4	900	450



Продолжение таблицы 12

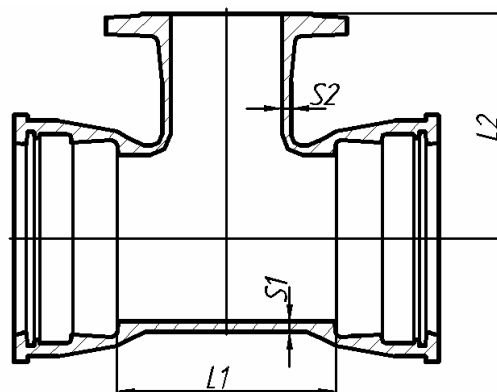
ТРОЙНИК РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ISO)				
Dy x dy	S1	S2	L1	L2
100x100	7,2	7,2	195	180
150x100	7,8	7,2	200	205
150x150	7,8	7,8	260	220
200x100	8,4	7,2	200	230
200x150	8,4	7,8	260	245
200x200	8,4	8,4	320	260
250x100	9,0	7,2	205	270
250x150	9,0	7,8	265	280
250x200	9,0	8,4	320	290
250x250	9,0	9,0	380	300
300x100	9,6	7,2	210	300
300x150	9,6	7,8	265	310
300x200	9,6	8,4	325	320
300x250	9,6	9,0	380	330
300x300	9,6	9,6	440	340
350x100	10,2	7,2	205	330
350x150	10,2	7,8	270	340
350x200	10,2	8,4	325	350
350x250	10,2	9,0	385	360
350x350	10,2	10,2	495	380
400x100	10,8	7,2	210	360
400x150	10,8	7,8	270	370
400x200	10,8	8,4	325	380
400x250	10,8	9,0	385	390
400x300	10,8	9,6	440	400
400x400	10,8	10,8	560	420
500x100	12,0	7,2	215	420
500x200	12,0	8,4	330	440
500x400	12,0	10,8	565	480
500x500	12,0	12,0	680	500
600x200	13,2	8,4	340	500
600x400	13,2	10,8	570	540
600x600	13,2	13,2	800	580
700x200	14,4	8,4	345	525
700x400	14,4	10,8	575	555
700x700	14,4	14,4	925	600
800x200	15,6	8,4	350	585
800x400	15,6	10,8	580	615
800x600	15,6	13,2	1045	645
800x800	15,6	15,6	1045	675
900x200	16,8	8,4	355	645
900x400	16,8	10,8	590	675
900x600	16,8	13,2	1170	705
900x900	16,8	16,8	1170	750
1000x200	18,0	8,4	360	705
1000x400	18,0	10,8	595	735
1000x600	18,0	13,2	1290	765
1000x1000	18,0	18,0	1290	825





Продолжение таблицы 12

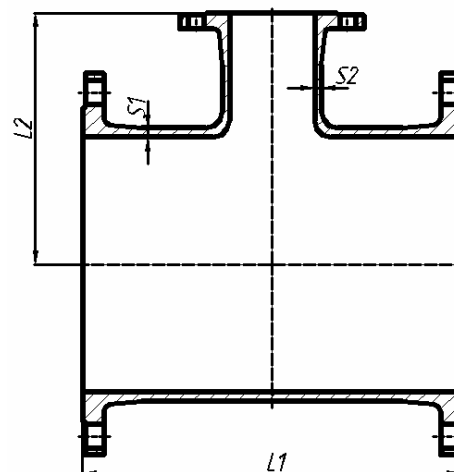
ТРОЙНИК РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ГОСТ)				
Dy x dy	S1	S2	L1	L2
100x100	7,2	7,2	300	200
150x100	7,8	7,2	300	200
150x150	7,8	7,8	400	250
200x100	8,4	7,2	400	225
200x150	8,4	7,8	400	225
200x200	8,4	8,4	500	300
250x100	9,0	7,2	400	250
250x150	9,0	7,8	400	250
250x200	9,0	8,4	500	275
250x250	9,0	9,0	500	300
300x100	9,6	7,2	400	275
300x150	9,6	7,8	400	275
300x200	9,6	8,4	500	300
300x250	9,6	9,0	500	300
300x300	9,6	9,6	600	300
350x100	10,2	7,2	400	300
350x150	10,2	7,8	400	300
350x200	10,2	8,4	500	300
350x250	10,2	9,0	500	325
350x350	10,2	10,2	600	350
400x100	10,8	7,2	400	325
400x150	10,8	7,8	500	325
400x200	10,8	8,4	500	350
400x250	10,8	9,0	500	350
400x300	10,8	9,6	600	350
400x400	10,8	10,8	600	400
500x100	12,0	7,2	400	375
500x200	12,0	8,4	500	400
500x400	12,0	10,8	800	425
500x500	12,0	12,0	800	500
600x200	13,2	8,4	500	450
600x400	13,2	10,8	800	475
600x600	13,2	13,2	900	550
700x200	14,4	8,4	500	500
700x400	14,4	10,8	800	525
700x700	14,4	14,4	1100	600
800x200	15,6	8,4	600	550
800x400	15,6	10,8	800	575
800x600	15,6	13,2	1000	625
800x800	15,6	15,6	1200	700
900x200	16,8	8,4	600	600
900x400	16,8	10,8	800	650
900x600	16,8	13,2	1000	675
900x900	16,8	16,8	1300	750
1000x400	18,0	10,8	800	700
1000x600	18,0	13,2	1000	725
1000x1000	18,0	18,0	1400	800





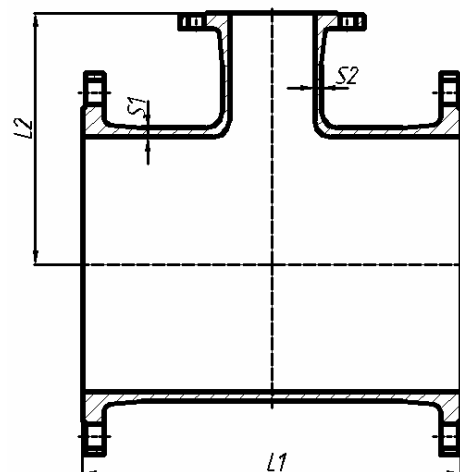
Продолжение таблицы 12

ТРОЙНИК ФЛАНЦЕВЫЙ (ISO)				
Dy x dy	S1	S2	L1	L2
100x100	7,2	7,2	360	180
150x100	7,8	7,2	380	205
150x150	7,8	7,8	440	220
200x100	8,4	7,2	400	230
200x150	8,4	7,8	460	245
200x200	8,4	8,4	520	260
250x100	9,0	7,2	425	270
250x150	9,0	7,8	485	280
250x200	9,0	8,4	540	290
250x250	9,0	9,0	600	300
300x100	9,6	7,2	450	300
300x150	9,6	7,8	505	310
300x200	9,6	8,4	565	320
300x250	9,6	9,0	620	330
300x300	9,6	9,6	680	340
350x100	10,2	7,2	470	330
350x150	10,2	7,8	530	340
350x200	10,2	8,4	585	350
350x250	10,2	9,0	645	360
350x350	10,2	10,2	760	380
400x100	10,8	7,2	490	360
400x150	10,8	7,8	550	370
400x200	10,8	8,4	610	380
400x250	10,8	9,0	665	390
400x300	10,8	9,6	725	400
400x400	10,8	10,8	840	420
500x100	12,0	7,2	535	420
500x200	12,0	8,4	650	440
500x400	12,0	10,8	885	480
500x500	12,0	12,0	1000	500
600x200	13,2	8,4	700	500
600x400	13,2	10,8	930	540
600x600	13,2	13,2	1165	580
700x200	14,4	8,4	650	525
700x400	14,4	10,8	870	555
700x700	14,4	14,4	1200	600
800x200	15,6	8,4	690	585
800x400	15,6	10,8	910	615
800x600	15,6	13,2	1350	645
800x800	15,6	15,6	1350	675
900x200	16,8	8,4	730	645
900x400	16,8	10,8	950	675
900x600	16,8	13,2	1500	705
900x900	16,8	16,8	1500	750
1000x200	18,0	8,4	770	705
1000x400	18,0	10,8	990	735
1000x600	18,0	13,2	1650	765
1000x1000	18,0	18,0	1650	825



Продолжение таблицы 12

ТРОЙНИК ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)				
Dy x dy	S1	S2	L1	L2
100x100	7,2	7,2	400	200
150x100	7,8	7,2	500	200
150x150	7,8	7,8	500	250
200x100	8,4	7,2	600	225
200x150	8,4	7,8	600	225
200x200	8,4	8,4	600	300
250x100	9,0	7,2	600	250
250x150	9,0	7,8	600	250
250x200	9,0	8,4	600	275
250x250	9,0	9,0	600	300
300x100	9,6	7,2	600	275
300x150	9,6	7,8	600	275
300x200	9,6	8,4	600	300
300x250	9,6	9,0	600	300
300x300	9,6	9,6	600	300
350x100	10,2	7,2	600	300
350x150	10,2	7,8	600	300
350x200	10,2	8,4	600	300
350x250	10,2	9,0	600	325
350x350	10,2	10,2	700	350
400x100	10,8	7,2	600	325
400x150	10,8	7,8	600	325
400x200	10,8	8,4	600	350
400x250	10,8	9,0	600	350
400x300	10,8	9,6	800	350
400x400	10,8	10,8	800	400
500x100	12,0	7,2	600	375
500x200	12,0	8,4	600	400
500x400	12,0	10,8	800	425
500x500	12,0	12,0	1000	500
600x200	13,2	8,4	600	450
600x400	13,2	10,8	800	475
600x600	13,2	13,2	1100	550
700x200	14,4	8,4	800	500
700x400	14,4	10,8	1000	525
700x700	14,4	14,4	1200	600
800x200	15,6	8,4	800	550
800x400	15,6	10,8	1000	575
800x600	15,6	13,2	1400	625
800x800	15,6	15,6	1400	700
900x200	16,8	8,4	800	600
900x400	16,8	10,8	1000	650
900x600	16,8	13,2	1400	675
900x900	16,8	16,8	1500	750
1000x400	18,0	10,8	1000	700
1000x600	18,0	13,2	1400	725
1000x1000	18,0	18,0	1600	800



2.7 Уплотнительные резиновые кольца

Назначением уплотнительных резиновых колец, используемых в раструбных соединениях труб, является обеспечение гарантии того, что уплотнение будет полностью герметично во время всего срока службы трубопровода.

2.7.1 Старение резины.

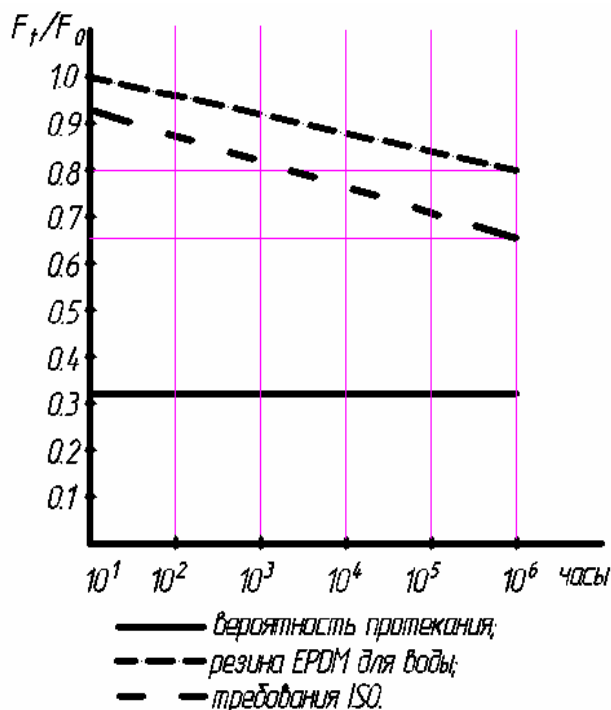
Изменение механических свойств уплотнительных резиновых колец со временем может быть объяснено двумя причинами:

- текучесть во времени – ползучестью (увеличивающиеся деформации при постоянной нагрузке);

- релаксация* (релаксация сжатия при постоянной деформации).

В случае раструбных соединений, уплотнение достигается контактным давлением между металлом и резиновым кольцом. Деформация уплотнительных резиновых колец, полученная в процессе соединения, остается постоянной. Следовательно, явление релаксации – единственное, представляющее интерес.

2.7.2 Измерение релаксации



Релаксация при окружающей температуре

F_t/F_0 – скорость релаксации в момент t при 25% коэффициенте релаксации

F_t – сила реакции резинового кольца в момент времени t

F_0 – начальная сила реакции резинового кольца

Релаксация уплотнительных резиновых колец определяется измерением во времени силы, требуемой, чтобы сжать образец до фиксированной деформации.

Диаграмма сверху показывает релаксацию резины EPDM при окружающей температуре, используемой в трубопроводах для питьевой воды и канализации.

* Релаксация – процесс самопроизвольного уменьшения внутреннего напряжения материала с течением времени при неизменной деформации.

2.7.3 Контактное давление

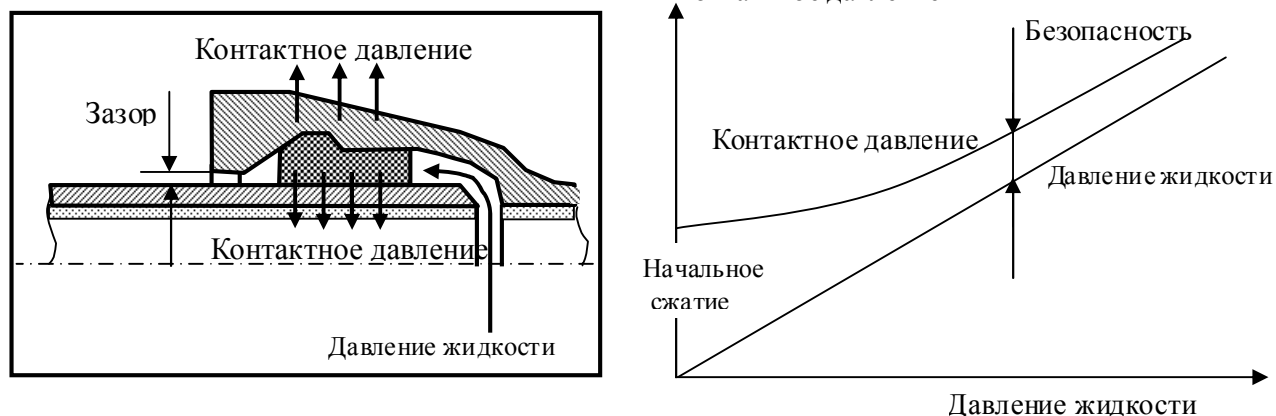


Рисунок 13 Контактное давление.

Раструбные соединения труб выполняются таким образом, что за счет контактного давления (см. рис. 13) между уплотнительным резиновым кольцом и металлом трубы, а также давления воды, гарантируется абсолютная плотность трубопровода в течение всего срока службы.

2.7.4 Выбор материала уплотнительных резиновых колец

При использовании труб для различных областей применения становится актуальным и выбор материала уплотнительных резиновых колец, используемых для стыковки труб. Общие рекомендации по использованию уплотнительных резиновых колец из различных материалов для трубопроводов различного назначения приведены в таблице 13.

Таблица 13 Общие рекомендации по применению материалов уплотнительных резиновых колец в различных средах.

Обозначение резин, химическое название	Максимальная температура эксплуатации, °С	Стойкость в средах, область применения
NBR (нитрил, резина на основе бутадиен- нитрильного каучука СКН, акрило- нитриловый бутадиен)	65	Неароматические углеводороды Нефть Горючее Смазка Жиры, масла Пресная вода (в т.ч. питьевая)
EPDM (резина на основе этиленпропиленового каучука СКЭП, СКЭПТ)	115	Пресная вода (в т.ч. питьевая) Морская вода Бытовая канализация Горячая вода Промышленная канализация Разбавленные кислоты и щелочи Растительные масла Спирты

Химическая стойкость наиболее распространенных марок резин (EPDM и NBR) приведена в таблице 14.



Таблица 14 Максимально допустимая концентрация различных веществ в воде для резин EPDM и NBR.

Химическое вещество	Резины	
	EPDM	NBR
Спирты		
Этиловый	Не ограничено	Не ограничено
Метиловый	Не ограничено	Не ограничено
Этиленгликоль	Не ограничено	Не ограничено
Алифатические углеводороды		
Уайт-спирит	Не применяется	Не ограничено
Дизельное топливо, бензин, нефть	Не применяется	Не ограничено
Керосин	Не применяется	Не ограничено
Ароматические углеводороды		
Ксилол, ксилон	Не применяется	Не ограничено
Бензол, стирол, лигроин	Не применяется	Не применяется
Масла		
Смазки, газолин, производные	Не применяется	Не ограничено
Органические	Не применяется	Не ограничено
Вода		
Пресная вода (в т.ч. питьевая)	Не ограничено	Не ограничено
Солевой раствор	Не ограничено	Не ограничено
Дистиллированная вода	Не ограничено	Не ограничено
Хлорированная вода	Не ограничено	Не ограничено
Хлорированные растворители		
Трихлорэтилен	Не применяется	Не применяется
Хлороформ	Не применяется	Не применяется
Кислоты		
Уксусная	Не ограничено	Не ограничено
Хромовая	Не ограничено	Не ограничено
Лимонная	Не ограничено	Не ограничено
Соляная	Не ограничено	Не ограничено
Молочная	Не ограничено	Не ограничено
Азотная	Не ограничено	Не ограничено
Щавелевая	Не ограничено	Не ограничено
Фосфорная	Не ограничено	Не ограничено
Серная	Не ограничено	Не ограничено
Дубильная	Не ограничено	Не ограничено
Винная	Не ограничено	Не ограничено
Щелочи		
Аммиак	Не ограничено	Не ограничено
Анилин	Не ограничено	Не ограничено
Диметиламин	Не ограничено	Не ограничено
Фенол, крезол	Не ограничено	Не ограничено
Гидроксид калия	Не ограничено	Не ограничено
Пиридин	Не ограничено	Не ограничено
Хинолин	Не ограничено	Не ограничено
Гидроксид натрия	Не ограничено	Не ограничено
Триметиламин	Не ограничено	Не ограничено
Соли		
Хлорид натрия	Не ограничено	Не ограничено
Хлорид калия	Не ограничено	Не ограничено
Сульфат аммония	Не ограничено	Не ограничено

2.7.5 Физико-химические свойства резин

ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» поставляет уплотнительные резиновые кольца, изготовленные из резины EPDM. Диапазон используемых температур для резиновых колец: от минус 20 до плюс 150 °С. В трубах под соединение «Тайтон» и «ВРС» используются уплотнительные резиновые кольца, изготовленные из резин одних и тех же марок: для части кольца, контактирующей с водой – группа резины 1, для части кольца, не контактирующей с водой – группа резины 2. Физико-химические свойства резин группы 1 и 2 указаны в таблице 15.

Таблица 15 Физико-химические свойства резин.

№ п/п	Наименование показателя	Значение для группы	
		1	2
1	Твердость по Шору А, ед. Шора А	50 ⁺⁵ ₋₂	80 ⁺⁵ ₋₂
2	Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	9	9
3	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	300	125
4	Относительная остаточная деформация после старения на воздухе при сжатии 20%, %, не более		
	при температуре 23 °С в течение 72 ч	12	15
	при температуре 70° С в течение 24 ч	20	20
	при температуре минус 10 °С в течение 72 ч	50	60
5	Изменение твердости после старения на воздухе при температуре 70 °С в течение 7 суток, ед. Шора А	от +8 до -5	от +8 до -5
6	Изменение условной прочности при растяжении после старения на воздухе при температуре 70 °С в течение 7 суток, %, не более	-20	-20
7	Изменение относительного удлинения после старения на воздухе при температуре 70 °С в течение 7 сут, %	от +10 до -30	от +10 до -40
8	Релаксация напряжения при температуре 23 °С в течение 7 суток, %, не более	15	17
9	Изменение объема в воде при температуре 70 °С в течение 7 суток, %	от +8 до -1	от +8 до -1
10	Стойкость к озонному старению при объемной доле озона (5,0±0,5)10 ⁻⁵ %, температуре 40 °С и деформации растяжения 20 %	Трещины не допускаются	

3 Упаковка, погрузка, транспортирование, складирование

3.1 Упаковка труб

Трубы под раструбные соединения с условным диаметром до 300 мм хранятся и поставляются потребителю в пакетах. Пакеты сформированы таким образом, чтобы упростить и ускорить операции погрузки.

Внешний вид пакета труб показан на рисунке 14, размеры пакета и его технические характеристики – в таблице 16.

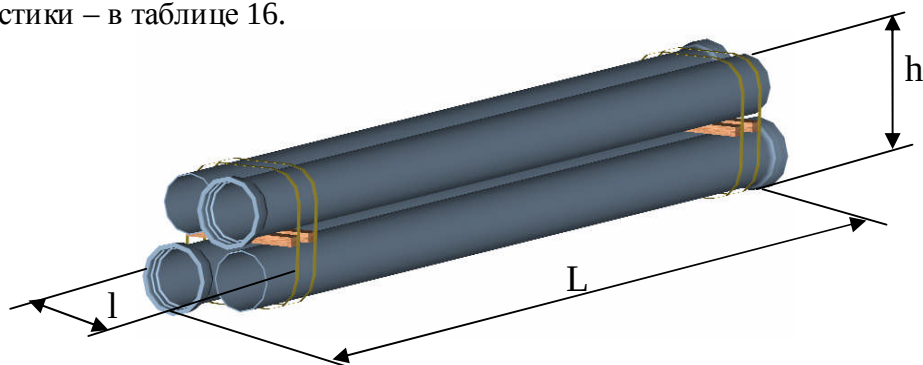


Рисунок 14 Пакет труб.

Таблица 16

Технические характеристики пакетов труб.

Характеристика	Условный проход, мм				
	100	150	200	250	300
L, мм	6200 ⁺⁸⁰	6200 ⁺⁸⁰	6200 ⁺⁸⁰	6200 ⁺⁸⁰	6200 ⁺⁸⁰
l, мм	547 ⁺⁶	581 ⁺⁴	746 ⁺⁴	623 ⁺²	726 ⁺²
H, мм	468	427	540	646	749
Количество труб в пакете	12	6	6	4	4
Количество прокладок из дерева твёрдых пород (30x100x659)	8	4	4	4	4
Количество обвязов – лента металлическая 0,8 х 32 (по ГОСТ 3560-73)	4	4	4	4	4
Максимальная масса одной трубы, кг	131,0	206,2	268,4	333,5	419,1
Максимальная масса пакета труб, кг	1583,0	1248,2	1621,4	1345,0	1687,4

3.2 Погрузка – разгрузка труб

Механическая прочность труб и фитингов из чугуна с шаровидным графитом, а также прочность их покрытий такова, что делает их подходящими для условий местной погрузки-разгрузки. Однако необходимо соблюдать несколько элементарных правил предосторожности:

- используйте подъемное устройство достаточной мощности;
- направляйте начало и конец процесса подъема;
- производите маневры плавно;
- избегайте раскачивания, ударов или трения труб о другие трубы, землю, опоры трейлера, или борта вагона.

Погрузка и выгрузка пакетов должна осуществляться приспособлениями, обеспечивающими сохранность труб и целостность пакетов. Как правило, для перемещения применяются приспособления с использованием мягких строп. При перевозке и погрузочно-разгрузочных работах запрещается сбрасывать пакеты, ронять и подвергать их ударным нагрузкам.

Погрузка и разгрузка пакетов должна осуществляться согласно схеме, обеспечивающей захват всего пакета. Запрещается захват пакета за одну трубу.

После разгрузки, если не определено по-другому, то трубы необходимо раскладывать в ряд вдоль траншей, на той ее стороне, где нет выбранного грунта, раструбами в направлении укладки (гладкий конец указывает на начальную точку укладки).

Избегайте:

- волочения труб по земле, так как это может повредить внешнее покрытие;
- бросания труб на землю, даже на автомобильные шины или песок;
- раскладки труб в опасных зонах, например, где часто проезжают машины.

3.3 Транспортирование труб

Транспортные средства должны быть подходящими для перевозки, погрузки и разгрузки труб и фитингов из ВЧШГ. Для уменьшения риска аварий во время транспортировки должны соблюдаться следующие правила:

- не допускать прямого контакта труб с дном транспортного средства (располагайте трубы горизонтально, на двух параллельных деревянных брусках притянутых к полу);
- не допускайте соприкосновений труб с металлическими поверхностями транспортного средства во избежание повреждения внешнего покрытия;
- при транспортировке используйте боковые поддержки (упоры), в целях стабилизации груза;
- закрепляйте груз при помощи текстильных ремней и натягивающих устройств;
- в процессе транспортировки проверяйте, что груз находится в закреплённом состоянии.

При соблюдении вышеизложенных правил, трубы из ВЧШГ допускается перевозить любыми транспортными средствами.

3.4 Складирование и хранение труб

Складирование труб на месте укладки должно обеспечивать возможность контроля и проведения ремонтных работ.

Основные инструкции:

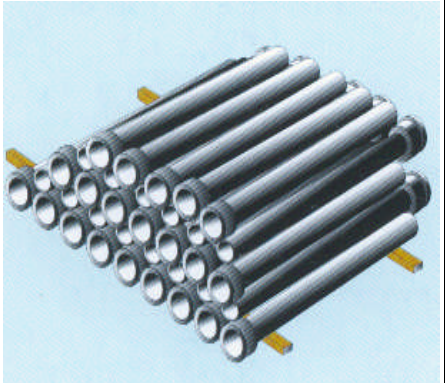
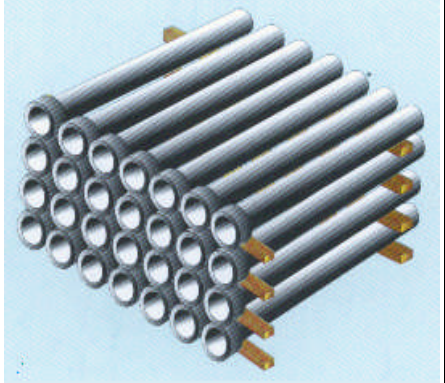
- место складирования должно быть горизонтальным;
- избегайте болотистой почвы, перемещающихся почв, коррозионных почв;
- трубы перед отправкой на место хранения должны быть осмотрены, и если обнаружены повреждения (например, повреждение внутреннего или внешнего покрытия), они должны быть устранены перед складированием;
- укладывайте трубы в однородные (одного диаметра) штабеля, исходя из рациональных соображений складирования, то же самое касается и фасонных частей;
- используйте достаточно прочные и высококачественные сорта древесины (для брусев клиньев);
- всегда желательно как можно в большей степени сократить время хранения;
- специальные меры предосторожности необходимо принять для труб со специальным покрытием.

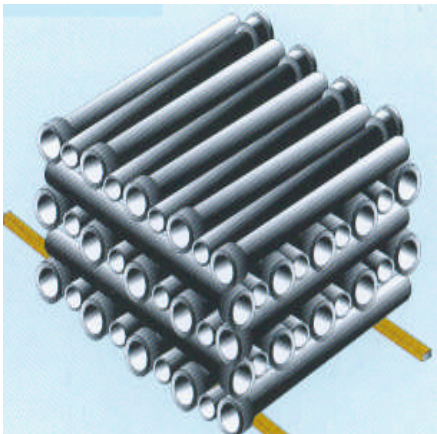
3.4.1 Складирование пакетов в штабелю, формирование штабелей

Поставляемые ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» пакеты труб могут быть сложены в штабель, на брусках размером 80 x 80 x 2600 мм, по 3 или 4 пакета в каждом ряду. Каждый последующий ярус пакетов отделяется от предыдущего брусками, толщина которых немного больше, чем разница в диаметре (раструб-цилиндр трубы). Общая высота штабеля не должна превышать 2,5 м. Периодически необходимо проверять состояние пакетов, а также общую стабильность штабеля.

Штабелирование непакетированных труб на складах и строительных площадках должно производиться на ровных прочных основаниях. Ряды труб в штабеле должны быть уложены на прокладки. При этом необходимо предусматривать боковые опоры, предотвращающие самопроизвольное раскатывание труб.

Варианты штабелирования труб.

Вариант 1 	Штабель в виде пирамиды: раструб к гладкому концу На практике этот вариант является наиболее интересным с точки зрения безопасности, стоимости материала поддержки и отношения количества складироваемых труб к объему штабеля. Однако для этого варианта трубы необходимо поднимать за концы при помощи крюков, использование нескольких крюков позволяет поднимать несколько труб одновременно. Нижний слой: нижний слой кладется на 2 параллельных бруса, один из которых находится на расстоянии 1 м от раструба, в то время как другой на расстоянии 1 м от гладкого конца труб. Трубы располагаются параллельно друг другу. Раструбы соприкасаются друг с другом, но не контактируют с землей. Трубы с двух сторон штабеля закрепляются у раструба и гладкого конца при помощи больших деревянных клиньев, прибитых к брускам. Промежуточные трубы закрепляются только со стороны гладкого конца при помощи клиньев меньшего размера. Верхние слои: верхние слои состоят из труб, положенных, чередуя раструб и гладкий конец, таким образом, что все раструбы одного яруса выступают над гладкими концами яруса, находящегося ниже, на величину длины раструба, плюс 10 см (для недопущения деформации гладкого конца). Цилиндры труб двух последовательных ярусов соприкасаются.
Вариант 2 	Единообразный штабель: раструбы с одной стороны Нижний слой так же, как в первом варианте. Верхние слои: трубы выровнены вертикально в линию. Каждый ярус отделен от предыдущего брусками, толщина которых немного больше, чем разница в диаметре (раструб-цилиндр трубы). Трубы с двух сторон штабеля закрепляются у раструба и гладкого конца при помощи деревянных клиньев, прибитых к брускам. Этот метод позволяет использовать любые методы подъема (при помощи крюков, грузоподъемных петель вокруг трубы, автомобили с грузоподъемными механизмами).

Вариант 3 	Квадратные штабели Нижний слой: формирование и укрепление нижнего слоя такие, как в первом варианте, но трубы располагаются: раструб-гладкий конец; их цилиндрические части соприкасаются. В дополнение, раструбы выступают за гладкие концы соседних труб на всю длину раструба, плюс 5 см. Трубы с условным проходом 150 мм и более складированы на трех брусках (вместо 2). Верхние слои: каждый ярус состоит из труб, сложенных по принципу раструб-гладкий конец, также как и в нижнем слое. Трубы одного яруса располагаются под прямым углом к трубам яруса, расположенного ниже. Концы труб соответственно имеют естественную боковую поддержку в виде раструбов труб яруса, расположенного ниже. Этот метод позволяет использовать минимум упаковочного материала, но требует специального способа подъема труб из-за специфической структуры штабеля.
--	--

3.4.2 Высота штабеля

В зависимости от варианта складирования и диаметра труб выбирается максимальное число ярусов, которое не рекомендуется превышать (см. таблицу 17).

Таблица 17

Рекомендуемое число ярусов.

Условный проход, мм	Максимальное число ярусов в зависимости от структуры штабеля		
	Варианты складирования		
	1	2	3
100	58	27	27
150	40	22	22
200	31	18	18
250	25	16	16
300	21	14	14
350	18	12	12
400	16	11	11
500	12	8	8
600	10	7	7
700	7	5	5
800	6	4	4
900	5	4	4
1000	3	3	3

3.4.3 Хранение труб

При длительном хранении труб на открытых площадках, для предотвращения разрушения внешнего покрытия, они должны быть защищены от попадания осадков и прямых солнечных лучей. В качестве защиты можно использовать полиэтиленовую непрозрачную пленку, брезент, или другой влагонепроницаемый материал.

3.5 **Транспортирование и хранение уплотнительных резиновых колец**

Кольца транспортируют любым транспортом с соблюдением правил перевозок, установленных для данного вида транспорта.

Кольца должны храниться в закрытом помещении, в условиях исключаящих деформацию и повреждения при температуре от 0 до 35 °С и находится на расстоянии не менее одного метра от отопительных приборов, а также не подвергаться воздействию солнечных лучей и веществ разрушающих резину.

Как исключение допускается хранить кольца в не отапливаемых складах при температуре не ниже минус 25 °С, но при этом запрещается подвергать их какой-либо деформации и ударным нагрузкам.

Кольца, после транспортирования или хранения при температуре ниже 0 °С, перед монтажом должны быть выдержаны при температуре (20±5) °С в течение 24 ч.

Гарантийный срок хранения колец – 2 года со дня изготовления, при условии соблюдения правил транспортирования и хранения.

4 Защитные покрытия

4.1 Агрессивность воды

Вода, транспортируемая по трубопроводу, может иметь различные физико-химические свойства.

Вода может быть охарактеризована своей коррозионностью (свойством разъедать незащищенный металл) и своей агрессивностью (по отношению к внутреннему цементному покрытию).

Поведение воды в отношении черных металлов и материалов на цементной основе зависит от ряда факторов: содержания минеральных солей и кислорода, электропроводности, pH, равновесия углекислого кальция, температуры и т.д.

Следует рассматривать два типа воды:

- коррозионная вода, способная разъедать незащищенный металл;
- агрессивная вода, способная разрушать материалы на основе цемента.

4.1.1 Коррозионная вода

Коррозионная вода разъедает незащищенные внутри металлические трубы. В большинстве случаев, причиной коррозионности является содержащийся в воде кислород. В результате химической реакции возникает гидроокись, затем гидроокись железа, формируя наросты и бугры, которые могут значительно уменьшить сечение трубы и увеличить потери напора.

Такое явление наблюдается в старых трубопроводах, не имеющих внутреннего цементного покрытия. Современные трубопроводы монтируются из труб, защищенных внутри слоем цемента, который препятствует коррозии металла.

4.1.2 Агрессивная вода

Агрессивность воды определяется ее способностью разрушать вещества, содержащие кальций (например, цемент). В зависимости от химического анализа, содержания минералов, pH и температуры воды, можно различить 3 случая:

- стабильная вода с равновесными концентрациями соединений углекислоты, неагрессивная и не вызывающая карбонатных отложений;
- нестабильная вода имеет тенденцию к отложению солей кальция (карбонаты) на внутренней поверхности трубы;
- агрессивная вода может разрушать определенные составляющие цементных растворов, содержащих кальций (известь, углекислый кальций, силикат кальция, алюминат кремния).

Определение агрессивности основывается на анализе воды, либо при помощи графиков, которые отображают расположение исследуемой воды относительно равновесной кривой, либо, что проще, при помощи компьютерной программы. Этот метод дает быструю оценку качества воды, в особенности при различных температурах, и позволяет вычислить чистое содержание CO_2 и коэффициенты, которые показывают отличие реального значения pH воды от значения pH при насыщении.

Рекомендации по качеству воды направлены главным образом на то, чтобы транспортируемая по трубопроводу вода не была коррозионной и агрессивной.

Однако, среди большого количества типов перекачиваемой воды, некоторые из них имеют низкое содержание минералов (мягкая вода). Такая вода может вызвать разрушение некоторых материалов, подобно коррозионной и/или агрессивной воде.

4.2 Внутреннее защитное покрытие

Назначение внутреннего покрытия состоит в том, чтобы:

- гарантировать, что гидравлические характеристики будут оставаться постоянными в течение долгого времени;
- предотвратить риск разрушения трубы вследствие взаимодействия с водой.

Внутреннее покрытие труб ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» состоит из покрытия цементным раствором. Это покрытие предоставляет:

- превосходные гидравлические условия для потока;
- эффективную защиту против агрессивной воды.

4.2.1 Нанесение

Цементно-песчаный раствор наносится центробежным методом. Согласно данному методу, цементный раствор вводится в трубу, а затем труба быстро вращается, что способствует хорошему уплотнению покрытия. Затем покрытие сушится при заданной температуре и влажности, что придает ему необходимую прочность. Преимущество центробежного метода заключается в том, что при этом получается гладкая внутренняя поверхность, состоящая из мелких частиц (цементное молоко). Процесс придает покрытию следующие свойства:

- высокую плотность цемента;
- малую шероховатость;
- хорошее качество цементного покрытия.

4.2.2 Течение (движение воды) – гидравлические свойства

Цементный раствор имеет очень гладкую поверхность, которая благоприятствует течению воды, снижает потери при транспортировании и гарантирует долговременную гидравлическую эффективность. Коэффициент шероховатости труб с внутренним цементно-песчаным покрытием принимается равным $k=0,03$. Чтобы учесть непредвиденные потери напора, для проектирования систем трубопроводов рекомендуется использовать коэффициент шероховатости равным $k=0,1$.

4.2.3 Механизм защиты

Покрытие из цементного раствора является активным. Оно является не просто защитным покрытием, но и предоставляет химическую защиту, благодаря эффекту пассивирования. Когда труба заполнена водой, раствор постепенно впитывает воду, которая становится обогащенной щелочными веществами; в конце концов, по достижению металлической стенки трубы вода становится не коррозионной.

Затягивание трещин

Волосяные трещины (из-за усыхания) и, вообще, растрескивания, появляющиеся в процессе транспортировки, хранения или закладки, затягиваются вследствие воздействия двух реакций:

- быстрое разбухание цементного покрытия в воде;
- медленная гидратация цементных составляющих.

4.2.4 Механические свойства

Коэффициенты температурного расширения цементно-песчаного покрытия (12×10^{-6} м/м/°С) и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (11×10^{-6} м/м/°С) сопоставимы между собой, что, соответственно, устраняет риск растрескивания покрытия в процессе эксплуатации труб.

Механические испытания покрытия из цементного раствора на продольный изгиб, проведенные на трубах малого диаметра, показали, что цементное покрытие может выдерживать определенные диаметрально-отклонения трубы. Для труб большого диаметра, которые в большей степени подвержены эффекту «овализации», испытания, проведенные на кус-

ке трубы, подтвердили превосходные эксплуатационные качества покрытия из цементного раствора под воздействием больших внешних нагрузок

Покрытие из цементно-песчаного раствора имеет хорошую абразивную стойкость, что позволяет использовать трубы для перекачки сырой воды с высоким содержанием абразивных частиц.

4.2.5 Стойкость цементно-песчаного покрытия в зависимости от агрессивности транспортируемой среды

В зависимости от условий эксплуатации трубопровода и транспортируемой среды на внутреннюю поверхность труб может быть нанесено цементно-песчаное покрытие, содержащее портландцемент, сульфатосодержащий или высокоглиноземистый цемент. Покрытие цементно-песчаным раствором создает щелочную среду на внутренней поверхности труб, тем самым, предохраняя их от возникновения коррозии.

Как правило, портландцемент и сульфатосодержащий цемент рекомендуется применять для нанесения внутреннего покрытия на трубы, используемые для транспортировки сточных вод без возможности образования сероводорода.

Высокоглиноземистый цемент рекомендуется применять для нанесения внутреннего покрытия на трубы, используемые для транспортировки более агрессивных сред с высокими кислотными или щелочными свойствами, а именно: канализационные сточные воды с сероводородом, различные кислоты и щелочи.

Использование высокоглиноземистого цемента также показано для обеспечения износостойкости внутренней поверхности труб. Это актуально при использовании трубопровода для транспортировки сточных вод, имеющих высокую концентрацию твердых частиц, а также при крутых наклонах трубопровода, приводящих к высокой скорости транспортируемой жидкости.

Максимальная температура транспортируемой среды для внутренних покрытий на основе всех видов цемента составляет 65⁰С.

В общем случае выбор цемента, используемого для покрытия внутренней поверхности труб, может быть сделан на основании таблицы 18. Предельно допустимые концентрации различных химических веществ, в транспортируемой жидкости, при использовании высокоглиноземистого цемента как наиболее стойкого к агрессивным средам, указаны в таблице 19.

По заказу потребителя, на трубы из ВЧШГ произведенные ОАО ЛМЗ «Свободный сокол», может быть нанесено внутреннее защитное покрытие, содержащее любой из вышеперечисленных типов цемента.

Таблица 18 Выбор типа цемента.

Характеристика среды	Портланд-цемент	Сульфатосодержащий цемент	Высокоглиноземистый цемент
Минимальное содержание для РН	6	5,5	4
Максимальное содержание (мг/л) для			
- агрессивного CO ₂	7	15	неограниченно
- сульфата(SO ₄ --)	400	3000	неограниченно
- магния (Mg ⁺⁺)	100	500	неограниченно
- аммония (NH ₄)	30	30	неограниченно

Таблица 19 Предельно допустимое содержание химических веществ в транспортируемой жидкости, для покрытия из высокоглиноземистого цемента.

Химическое вещество	Высокоглиноземистый цемент
Этиловый	50 %
Метиловый	50 %
Этиленгликоль	Не ограничено
Алифатические углеводороды	
Уайт-спирит	Не ограничено
Дизельное топливо, бензин, нефть	Не ограничено
Керосин	Не ограничено
Ароматические углеводороды	
Ксилол, ксилен	Не ограничено
Бензол, стирол, лигроин	Не ограничено
Масла	
Смазки, газولين, производные	Не ограничено
Органические	Не ограничено
Вода	
Пресная вода	Не ограничено
Солевой раствор	Не ограничено
Дистиллированная вода	Не ограничено
Хлорированная вода	Не ограничено
Хлорированные растворители	
Трихлорэтилен	Не ограничено
Хлороформ	Не ограничено
Кислоты	
Уксусная	40 мг/л
Хромовая	10 мг/л
Лимонная	20 мг/л
Соляная	3 мг/л
Молочная	15 мг/л
Азотная	6 мг/л
Щавелевая	12 мг/л
Фосфорная	10 мг/л
Серная	10 мг/л
Дубильная	200 мг/л
Винная	50 мг/л
Щелочи	
Аммиак	18 %
Анилин	Не ограничено
Диметиламин	0,6 %
Фенол, крезол	Не ограничено
Гидроксид калия	560 мг/л
Пиридин	Не ограничено
Хинолин	Не ограничено
Гидроксид натрия	400 мг/л
Триметиламин	Не ограничено
Соли	
Хлорид натрия	25 %
Хлорид калия	25 %
Сульфат аммония	5 %

4.3 Коррозионность почвы

Уложенные в грунт трубы подвержены различным влияниям, в том числе коррозионному влиянию почвы и засыпки.

Поэтому возникает необходимость внимательного изучения местности, по которой предполагается прокладка будущего трубопровода. Анализ коррозионности почвы даёт возможность оценить степень её воздействия на материал труб (ВЧШГ) и правильно выбрать тип внешнего защитного покрытия.

Критериями опасности коррозии труб из ВЧШГ могут служить:

- величина удельного электрического сопротивления грунта ρ меньше 30 Ом·м;
- величина pH меньше 6;
- загрязнение городскими и производственными сточными водами, а также органическими веществами, поступившими с промышленными выбросами;
- наличие коррозионных элементов из-за связи с наружными металлическими конструкциями, способствующими появлению макропар.

Важнейшим из перечисленных критериев опасности коррозии труб из ВЧШГ является величина удельного электрического сопротивления грунта. Фактически он определяет все другие факторы, способствующие коррозии.

Полный анализ коррозионности почвы (если это считается необходимым) проводится в 3 этапа:

- топографический анализ;
- геологическое изучение;
- осмотр местности.

4.3.1 Топографический анализ.

Общие показатели коррозионности определяются при помощи детальной карты, которая дает информацию:

- о контурах местности (высокие места суше и лучше аэрируются и, таким образом, менее коррозионные; низкие места – сырые и не аэрируются, поэтому, вероятно, более коррозионные);
- о водных преградах, которые необходимо пересечь, сырых участках;
- о прудах, болотах, озерах, торфяных участках и других низких местах, а также обычно засоренных местах;
- об устьевых участках, затопленных местах, соленых болотах и соляных почвах, граничащих с морем.

Используя карты можно определить загрязнения и специфические показатели коррозионности:

- площади, загрязненные различными стоками, такими как жидкие удобрения, стоки спиртоводочных заводов, молочного производства, отходов бумажно-целлюлозного производства и т.д., или канализацией (в основном от владельцев домов);
- места выброса промышленных отходов (шлак, клинкер и т.д.);
- близость промышленных трубопроводов, имеющих утечки транспортируемых жидкостей;
- промышленные предприятия, потребляющие электрический ток постоянного напряжения.

4.3.2 Геологическое изучение.

Это изучение показывает различные перемещения слоев и предоставляет информацию о природе почвы и ее природной коррозионности.

В результате первоначального анализа можно различить следующие типы почвы:

- с малым риском:
- пески и гравий;

- каменные материалы;
- известняк.
- с высоким риском:
- известковая глина;
- глины.
- с очень высоким риском:
- гипс;
- пириты (железные и медные);
- соли, используемые в химической промышленности (хлорид натрия, сульфат кальция);
- горючие ископаемые вещества (бурый уголь, торф, битум).

Необходимо принимать во внимание показания присутствия в почве горючих ископаемых, особенно аммонитовых пиритов (сульфид железа), которые указывают на высокую коррозионность почвы.

Еще одним фактором, влияющим на коррозионность почвы, является влажность.

Гидрогеологическое изучение идентифицирует водонепроницаемые почвы, которые удерживают воду, а также наличие водоудерживающих слоев. Границы этих слоев обычно отмечены присутствием родников. Эти границы требуют особого внимания: коррозионность водонепроницаемых слоев может быть очень высокой. То же касается и водоудерживающих слоев, если они осушают окружающие грунты, содержащие растворимые минеральные соли (хлорид натрия, сульфат кальция и т.д.).

4.3.3 Осмотр местности.

С помощью визуального наблюдения, измерений сопротивления и анализов (образцов грунта), осмотр местности помогает подтвердить и дополнить заключения сделанные при помощи топографического и геологического анализов.

Сопротивление грунта дает информацию о возможности проявления в грунте электрохимической коррозии металла. Это особенно важный параметр, потому что:

- он фактически определяет все параметры, способствующие коррозии (наличие солей, воды и т.д.);
- его очень легко замерить на месте.

Измерения проводятся вдоль предполагаемого маршрута закладки трубопровода через интервалы, продиктованные топологией местности и результатами измерений.

Чем меньше сопротивление, тем больше коррозионность почвы. В местах, где измерения сопротивления дают результат меньше 30 Ом-м, желательно взять образец грунта на глубине укладки и произвести измерение его сопротивления в лабораторных условиях.

4.4 Внешнее защитное покрытие

Для защиты от коррозии подземных трубопроводов из ВЧШГ в зависимости от условий эксплуатации (коррозионной агрессивности грунтов и наличия блуждающих токов) используются:

- защитные покрытия (как изоляционные, так и протекторного типа);
- электрохимическая защита;
- специальная постель под трубопровод и засыпка грунтом, как правило, песком в целях снижения коррозионной агрессивности грунта.

Согласно международному стандарту ISO 2531 в зависимости от внешних условий эксплуатации трубопроводов из ВЧШГ и с учетом действующих национальных стандартов могут использоваться защитные наружные покрытия из следующих материалов:

- металлический цинк с защитным слоем в соответствии с ISO 8179-1;
- обогащенная цинком (цинконаполненная) краска с защитным слоем в соответствии с ISO 8179 – 2;

- утолщенное покрытие из металлического цинка с защитным слоем;
- полиуретан;
- полиэтиленовый рукав по ISO 8180;
- фиброцементный раствор;
- клейкие ленты;
- битумная краска;
- эпоксидная смола.

Согласно Европейскому стандарту EN 545 в качестве наружных покрытий могут использоваться:

- покрытие цинковой краской с защитным слоем;
- покрытие толстым слоем металлического цинка с защитным слоем;
- защита трубы полиэтиленовым рукавом в дополнение к цинковому покрытию с защитным слоем;
- экструдированное полиэтиленовое покрытие;
- полиуретановое покрытие;
- покрытие из цементного раствора, армированного волокном;
- покрытие липкой лентой.

Наружные покрытия распространяются также на фитинги и вспомогательную арматуру.

Для защиты трубопроводов из ВЧШГ наибольшее распространение получили следующие внешние защитные покрытия:

- стандартные (металлический цинк + битумная краска, согласно ISO 8179);
- с дополнительной защитой (металлический цинк + битумная краска + надеваемый при прокладке полиэтиленовый рукав, согласно ISO 8180).

Для защиты труб, работающих в условиях очень высокой коррозионной агрессивности грунта, могут использоваться дополнительные средства защиты (покрытие полиуретаном, экструдированным полиэтиленом).

В качестве дополнительного средства защиты от коррозионной агрессивности грунта рекомендуется использовать защитную (или противокоррозионную) постель. Это равномерно прилегающий со всех сторон к наружной части трубопровода слой неагрессивного грунта (песка или местного грунта, освобожденного от камней).

Целесообразность применения конкретного покрытия в зависимости от удельного электрического сопротивления грунта (как основного параметра, определяющего коррозионную агрессивность грунта) приведена в таблице 20.

Таблица 20 Выбор типа защитного покрытия.

Удельное электросопротивление грунта, Ом·м	Тип защитного покрытия
Более 30	Битумное покрытие
25-30	Цинковое + битумное покрытие
15-25	Цинковое + битумное покрытие, полиэтиленовый рукав
Менее 15	Требуется дополнительные исследования

4.4.1 Цинковое покрытие

Стандартное цинковое покрытие является активным, вследствие гальванического взаимодействия пары цинк-чугун. При этом механизм защиты имеет двойной эффект: при контакте с грунтом формируется плотный, сплошной и липкий защитный слой из нераствори-

мых солей цинка. В случае локального повреждения защитного покрытия происходит восстановление его целостности (за счет поступления ионов Zn^{2+} из близлежащих неповрежденных участков к поврежденному, с образованием впоследствии нерастворимых солей цинка).

Согласно ISO 8179-1 покрытие из металлического цинка должно наноситься на сухую поверхность трубы, на которой не должно быть следов ржавчины, посторонних веществ и загрязнений, препятствующих адгезии покрытия, из расчета не менее 130 г/м^2 (на отдельных участках допускается не менее 110 г/м^2). Нанесение цинкового покрытия осуществляется электрометаллизационным напылением.

Согласно ISO 8179-2 для защиты труб могут также использоваться цинконаполненные краски с содержанием цинка не менее 85 %, которые наносятся кистью или распылителем из расчета не менее 150 г/м^2 (на отдельных участках допускается не менее 130 г/м^2). Поверх цинкового покрытия наносится защитный слой битумной краски или совместимой с цинком синтетической смолы толщиной не менее 70 мкм (в отдельных точках не менее 50 мкм).

Трубы ЧШГ, покрытые металлическим цинком, имеют превосходную стойкость против коррозии. Несмотря на это, может быть рекомендовано использование дополнительной защиты, в случае, если трубы закладываются в сильно коррозионном грунте. Опыт показывает, что на практике дополнительная защита не требуется, если удельное сопротивление почвы превышает 25 Ом·м.

4.4.2 Полиэтиленовый рукав

Независимо от величины электросопротивления грунта применение полиэтиленового рукава дополнительно к внешнему цинковому и битумному покрытию рекомендуется в следующих условиях:

- искусственные грунты, содержащие булыжники, клинкер или промышленные отходы (часто встречающиеся в населенных и промышленных районах);
- торфяные почвы;
- почвы, загрязненные промышленными, сельскохозяйственными отходами или канализацией и т. д.;
- почвы, содержащие отходы горного производства;
- почвы подверженные влиянию блуждающих токов (железные дороги, промышленное оборудование, использующее постоянное напряжение, близость катодно-защищенных структур с поврежденным изолирующим покрытием).

Материал рукава должен состоять из полиэтилена, в котором нет примесей регенерата, размягчителей, наполнителей, красителей. Массовая доля различных веществ, которые могут содержаться в материале, не должна превышать 0,1 %.

Содержание антиокислителей в рукаве не должно превышать 0,5 %. Пленка рукава должна быть без дырок, щелей, проколов, отверстий или любых других повреждений, влияющих на ее прочность и непроницаемость.

Плотность материала рукава должна быть в пределах $0,91\text{--}0,93 \text{ г/см}^3$.

Предел прочности материала при растяжении в продольном и поперечном направлениях должен быть не менее 11 Н/мм^2 .

Удлинение (при разрыве материала в продольном и поперечном направлениях) должно быть не менее 300 %.

Номинальная толщина пленки составляет 200 мкм. Отрицательный допуск на номинальную толщину не должен превышать 10%.

Рекомендации по защите трубопроводов полиэтиленовым рукавом указаны в разделе 6.

4.4.3 Практические рекомендации

Опыт, накопленный ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» показывает, что больший процент грунтов обладает слабой или умеренной коррозионностью. Таким образом, при подземной укладке трубопроводов возможно использование труб ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» имеющих основное внешнее защитное покрытие: битумная краска или слой напыленного цинка + битумная краска.

В некоторых районах требуется применение дополнительной защиты труб полиэтиленовым рукавом. Это места, где вышеупомянутый анализ грунта показал высокую коррозионность почвы. При прохождении через сильно коррозионные почвы (морские заливы, болота, соляные грунтовые воды) трубы должны быть полностью изолированы.

4.5 Электрохимическая защита

Электрохимическая защита (ЭХЗ) от коррозии проложенных в земле трубопроводов из ВЧШГ с соединениями, обеспечивающими непрерывную электрическую связь по металлу, должна производиться в грунтах высокой коррозионной агрессивности ($\rho < 15 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) и (или) при опасном действии постоянного блуждающего и переменного тока промышленной частоты.

При решении вопроса о целесообразности защиты от коррозии труб ВЧШГ при опасном действии блуждающих токов следует различать два случая:

- трубы изолированы одна от другой;
- имеется металлическая связь между трубами.

В случае изоляции стыков труб, ЭХЗ трубопровода в зоне влияния блуждающих токов не требуется. Отказ от ЭХЗ обоснован малой вероятностью опасного действия коррозионных макропар от контакта с посторонним катодом, или коррозией под действием блуждающего тока (например, в трубопроводах из ВЧШГ, смонтированных из труб длиной 6 м с уплотнительными резиновыми кольцами между ними).

Применение ЭХЗ обязательно в тех случаях, когда имеется металлическая связь между трубами (фланцевые и сварные соединения) и трубопровод из ВЧШГ находится в зоне опасного действия блуждающих токов.

Для выбора типа ЭХЗ трубопроводов из ВЧШГ необходимо руководствоваться ГОСТ 9.602.

5 Механические свойства

5.1 Давления (терминология)

При употреблении термина «давление» необходимо различать терминологию потребителя (связанную с рассмотрением гидравлических характеристик) и терминологию изготовителя (связанную с эффективностью продукции)

5.1.1 Терминология потребителя

Максимальное рабочее давление ($P_{\text{макс.раб.}}$)

Самое высокое давление, существующее в определенной системе, эксплуатирующей при постоянных условиях. Определяется при закачивании в открытый бак или резервуар, но требует отдельного изучения в случае прямого закачивания в систему трубопроводов.

Максимальное расчетное давление ($P_{\text{макс.расч.}}$)

Максимальное рабочее плюс конструктивный запас прочности, чтобы учесть любые неизвестные элементы в оценках или резкие скачки давления (гидравлический удар и т.д.). Это давление является основным для вычисления сопротивления внутреннему давлению. Конструктивный запас прочности может быть уменьшен в большей или меньшей мере, в зависимости от того, установлены или нет системы подавления гидравлического удара, и от запаса прочности самого материала.

$$P_{\text{макс.расч.}} = P_{\text{макс.раб.}} + \text{запас прочности}$$

Давление местного испытания ($P_{\text{местнс.исп.}}$)

Давление, прикладываемое к магистрали на месте установки, чтобы определить ее стабильность и водонепроницаемость перед началом использования. Получается увеличением максимального рабочего давления в соответствии с определенными правилами.

$$P_{\text{местнс.исп.}} = P_{\text{макс.раб.}} + \text{увеличение}$$

5.1.2 Терминология изготовителя

Допустимое рабочее давление (PFA)

Самое высокое давление, которое может выдержать компонент трубопровода при данной температуре и при постоянных условиях. Учитывает габариты изделия, свойства материала и запасы прочности, заложенные изготовителем.

Максимально допустимое рабочее давление (PMA)

Самое высокое давление, которое компонент трубопровода может выдерживать в условиях эксплуатации при данной температуре и при резких скачках давления. Вычисляется как произведение допустимого рабочего давления и величины 1,2.

$$PMA = 1,2 \times PFA$$

Допустимое испытательное давление (PEA)

Самое высокое испытательное давление, которое компонент трубопровода может выдержать в процессе местного гидростатического испытания, проводящегося перед началом использования магистрали. Вычисляется как произведение допустимого рабочего давления и величины 1,5.

$$PEA = 1,5 \times PFA$$

5.1.3 Другие определения

PN – численное определение, выраженное в виде целого числа применяемого для ссылок (ISO 7268-83). Все фланцевое оборудование одинакового номинального диаметра (DN), обозначенное одинаковым числом PN , должно иметь одинаковые размеры соединений

Для каждого PN определенного таким образом, имеется соответствующее соотношение PFA / температура, указанное в соответствующем стандарте для данного компонента. Для компонентов из ЧШГ, PFA для температуры от минус 10°C до плюс 120°C , выражено в барах

и соответствует PN числу (например, PN 16, соответствует PFA = 16 бар для температуры от минус 10⁰С до плюс 120⁰С).

Давление заводского испытания ($P_{\text{зав.исп.}}$) – гидростатическое давление, используемое при заводском испытании изделия.

5.1.4 Величина давления трубопровода

В целом, при выборе составляющих трубопровода важно проверить выполнение трех приведенных здесь неравенств:

$$P_{\text{макс.раб.}} \leq PFA$$

$$P_{\text{макс.расч.}} \leq PMA$$

$$P_{\text{местн.исп.}} \leq PEA$$

5.2 Допустимое рабочее давление

Трубы ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» разработаны с учетом того, чтобы выдерживать высокие давления, обычно намного превышающие давления в трубопроводных системах. Это объясняется тем фактом, что трубопроводы должны выдерживать высокие напряжения, которым они подвергаются во время монтажа и гидравлического испытания, а также в течение их срока службы.

Как было сказано ранее допустимое рабочее давление – это самое высокое давление, которое элемент трубопровода может выдерживать длительное время при данной температуре (см. табл. 21). Оно соответствует максимальному давлению, для которого предлагается данное изделие, с учетом свойств чугуна с шаровидным графитом, габаритов изделия и запаса прочности. Это давление должно быть всегда больше, или равно, максимальному рабочему давлению. Для труб ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» оно может быть увеличено на:

- 20 %, чтобы учесть резкие скачки давления;
- 50 %, для проведения гидравлического испытания.

Таблица 21 Допустимые рабочие давления.

Условный проход, мм	Допустимое рабочее давление (бар) для:					
	Трубы			Фитинги		
	Раструбное соединение:		Фланцевое соединение:	Раструбное, соединение:		Фланцевое соединение:
	«Тайтон»	«ВРС»		«Тайтон»	«ВРС»	
100	16	64	25	16	64	25
150	16	55	25	16	57	25
200	16	44	25	16	50	25
250	16	40	25	16	44	25
300	16	37	25	16	41	25
350	16	30	25	16	30	25
400	16	30	25	16	30	25
500	16	30	25	16	30	25
600	16		16	16		16
700	16		16	16		16
800	16		16	16		16
900	16		16	16		16
1000	16		16	16		16



5.3 Нагрузки почвы (характеристики труб)

5.3.1 Система взаимодействия «труба/грунт»



Механические характеристики заложенной в грунт трубы могут быть оценены через рассмотрение системы взаимодействия «труба/грунт»: взаимодействие труб с окружающим грунтом зависит от их жесткости или гибкости, которые в свою очередь характеризуют возникающие напряжения при различных условиях закладки.

Трубы могут быть разделены на 3 категории, согласно их сопротивлению внешней нагрузке:

- жесткие трубы;
- гибкие трубы;
- полужесткие трубы.

5.3.2 Жесткие трубы



Примеры: асбоцемент, предварительно напряженный бетон.

Характеристики: жесткие трубы допускают лишь малую степень овализации. Деформация недостаточна для того, чтобы ввести в действие силы боковой поддержки, действующие со стороны грунта на трубу. Таким образом, вся нагрузка грунта, действующая на трубу сверху, воспринимается только трубой, вызывает сильные изгибающие моменты в ее стенках.

Критерии конструирования: обычно максимальная разрушительная нагрузка.

Выводы: жесткие трубы способствуют концентрации нагрузок в верхней и нижней точках трубы. Характеристики системы взаимодействия «жесткая трубы/грунт» сильно зависят от угла основания (α) и, следовательно, хорошей подготовки основания, особенно, если имеет место дополнительная нагрузка от транспорта.

5.3.3 Гибкие трубы



Примеры: пластмассы, сталь.

Характеристики: гибкие трубы выдерживают большие вертикальные отклонения без отказа. Нагрузка грунта, действующая на трубу сверху, просто сбалансирована силами боковой поддержки, приложенными к трубе со стороны окружающего грунта.

Критерии конструирования: максимально допустимая овализация или максимально допустимое напряжение изгиба, также сопротивление продольному изгибу.

Выводы: стабильность системы взаимодействия «гибкая труба/грунт» непосредственно зависит от возможности материала засыпки создавать силы боковой поддержки, и, следовательно, от модуля пассивного сопротивления грунта E' , который в свою очередь зависит от качества засыпки и от ее уплотнения.



5.3.4 Полужесткие трубы



Примеры: чугун с шаровидным графитом

Характеристики: полужесткие трубы допускают необходимую степень овализации, возникающую вследствие воздействия сверху на трубу нагрузок грунта, для того, чтобы проявились силы боковой поддержки. Таким образом, на трубу действуют еще 2 силы: пассивная сила боковой поддержки и внутренние напряжения изгиба в стенке. Поэтому, сопротивление давлению грунта сверху распределено между сопротивлением непосредственно трубы и сопротивлением грунта, который ее окружает, в пропорции определяемой отношением коэффициентов жесткости трубы и грунта.

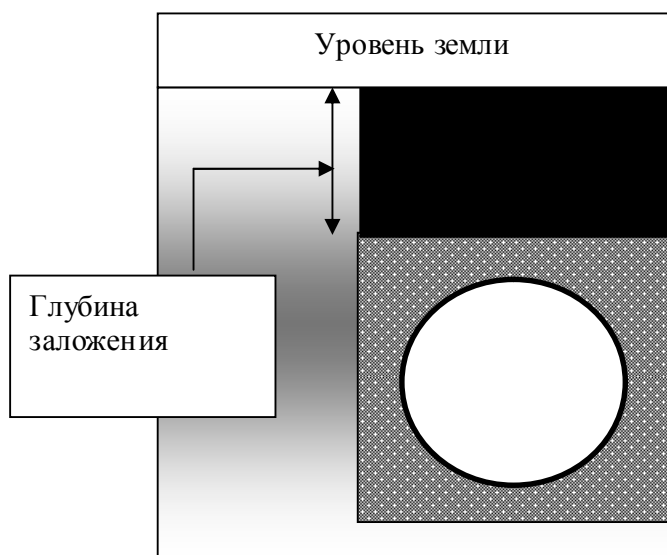
Критерии конструирования: максимально допустимое напряжение изгиба (для малых диаметров) или максимально допустимая овализация (для больших диаметров).

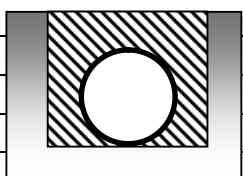
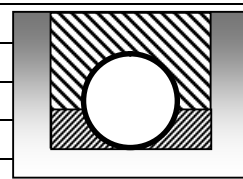
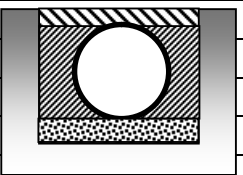
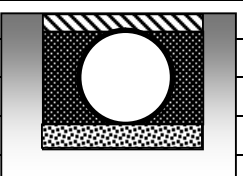
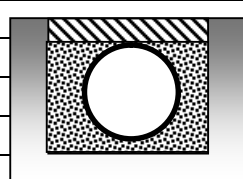
Выводы: распределяя силы между трубой и грунтом, система взаимодействия «полужесткая труба/грунт» обеспечивает защиту против любых изменений со временем в балансе сил или изменений в основании.

5.4 Глубина заложения

Максимальная и минимальная глубины заложения зависят от типа труб и условий укладки (засыпки).

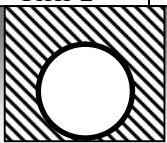
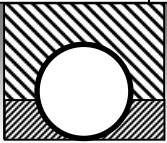
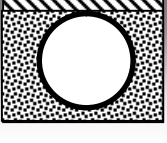
Последующая таблица 22 показывает максимальную глубину заложения для труб класса К9 с дополнительной нагрузкой со стороны транспорта (10 т на колесо), и с учетом условий закладки, определенных далее.



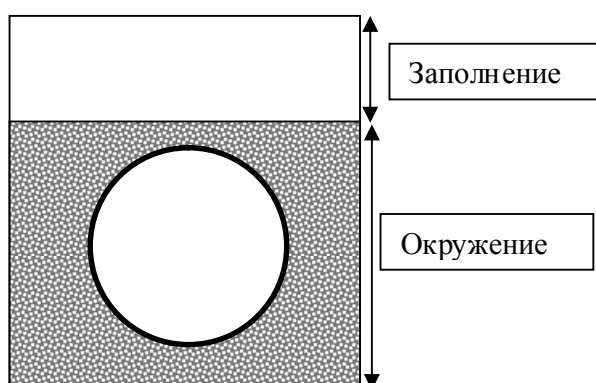
	Глубина заложения, м	Максимальная глубина, м				
		Dy (условный проход труб)				
Тип 1		100	150	200	250	300
	1					
	2					
	3					
	4					
Тип 2 	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Тип 3 	11					
	12	тип 1				
	13					
	14	тип 2				
	15					
	16	тип 3				
Тип 4 	17					
	18					
	19					
	20	тип 4				
	21					
	22					
Тип 5 	23	тип 5				
	24					
	25					
	26					
	27					
	28					
	29					
	30					

Примечание – Трубы Dy 250-300 закладываются на глубину не менее 1 м (для типа 1).

Продолжение таблицы 22

	Глубина заложе-ния, м	Максимальная глубина, м							
		Du (условный проход труб)							
		350	400	500	600	700	800	900	1000
Тип 1									
	1								
	2	тип 1							
	3								
Тип 2									
	4	тип 2							
	5								
	6	тип 3							
Тип 3									
	7	тип 4							
	8								
	9								
Тип 4									
	10	тип 5							
	11								
	12								
Тип 5									
	13								
	14								
	15								

Примечание – Трубы Ду 350-600 закладываются на глубину не менее 1,2 м (для типа 1).



На практике принято различать:

- окружение трубы;
 - заполнение.
- Окружение обеспечивает стабильность и/или защищает трубы. Оно зависит от:
- характеристик трубы (жесткая, полужесткая, гибкая);
 - нагрузок грунта сверху (глубина заложения, нагрузки со стороны транспорта);
 - характера почвы (грунта) – скалистая или разнородная.

Заполнение меняется в зависимости от области, где производится укладка (сельская, городская) и учитывает стабильность дороги.

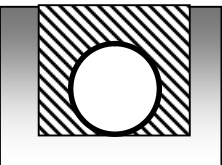
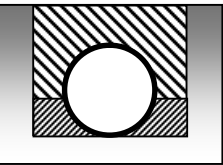
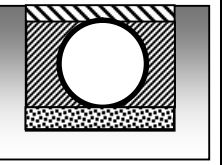
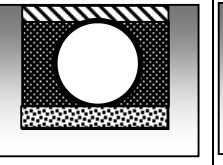
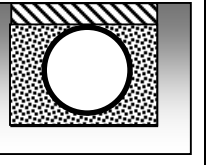
Другие ограничения также влияют на условия укладки:

- недопущения замерзания магистрали (минимальная глубина заложения);
- пересечение областей, критичных к безопасности (железные дороги, автостреды);

Применительно к трубопроводам из ВЧШГ определено 5 типов условий укладки (см. табл. 23), соответствующих наиболее распространенным «окружениям».

Таблица 23

Типы укладки.

	Типы закладки				
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5
					
Дно траншеи	Плоское дно	Плоское дно	Труба лежит на минимум 10 см слое рыхлого грунта	Песок, гравий или каменная крошка толщиной 1/8 DN и минимум 10 см под трубой	Труба до середины лежит в уплотненном гранулированном материале, минимум 10 см под трубой
Заполнение	Простое	Слегка уплотненное до середины трубы	Слегка уплотненное до верха трубы	Уплотненное до верха трубы	Уплотненный гранулированный или другой выбранный материал до верха трубы

5.5 Запасы прочности

Несмотря на то, что оценить механические напряжения (внутреннее давление, внешняя нагрузка), которым подвергаются трубопроводы в процессе обслуживания достаточно легко, достоверно предсказать напряжения, которым будут подвергнуты трубы в процессе эксплуатации – достаточно сложно. Поэтому для гарантии максимально возможных сроков эксплуатации трубы ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» обладают высоким запасом прочности.

5.5.1 Минимально установленный запас прочности

Трубы ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» удовлетворяют следующим критериям:

- внутреннее давление: рабочее давление не должно превышать половину давления, на которое рассчитана труба;
- внешняя нагрузка: рабочее давление не должно превышать половину предела прочности на изгиб.



5.5.2 Эффективный запас прочности

Фактическая толщина стенок трубы всегда больше, чем конструктивное значение.

Трубы разработаны, основываясь на условном пределе текучести, а не на пределе прочности на разрыв. Кроме того, трубы обладают большим значением относительного удлинения, что само по себе дает хороший резерв безопасности.

5.5.3 Экспериментальные данные (для труб и фитингов)

На рисунках 15 и 16 указаны экспериментально полученные значения разрывного давления для труб и фитингов.

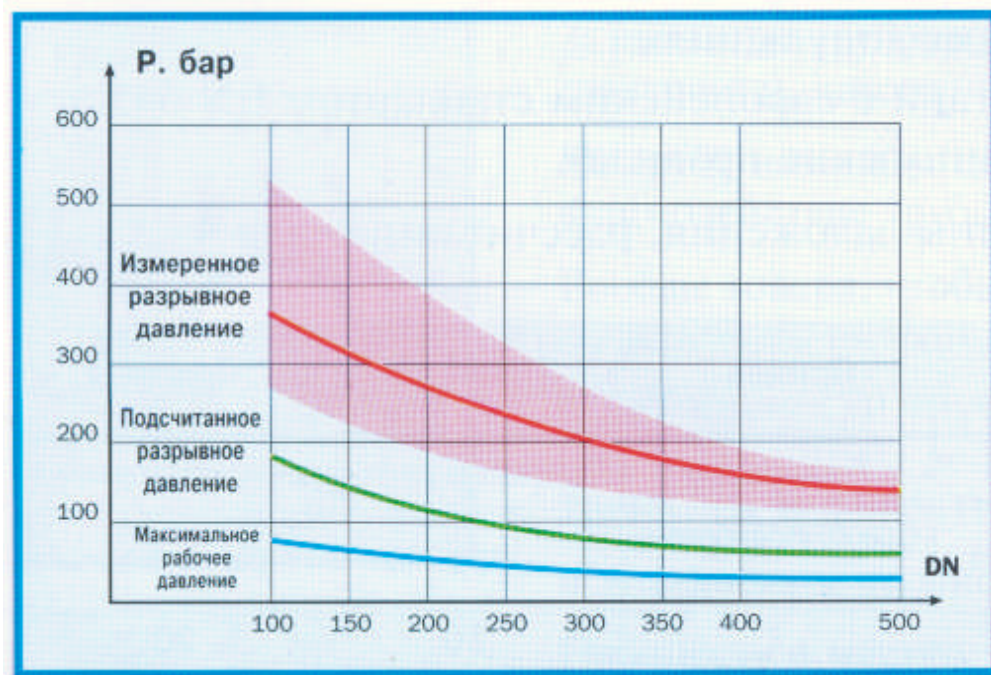


Рисунок 15 Трубы класса К9. Давление.

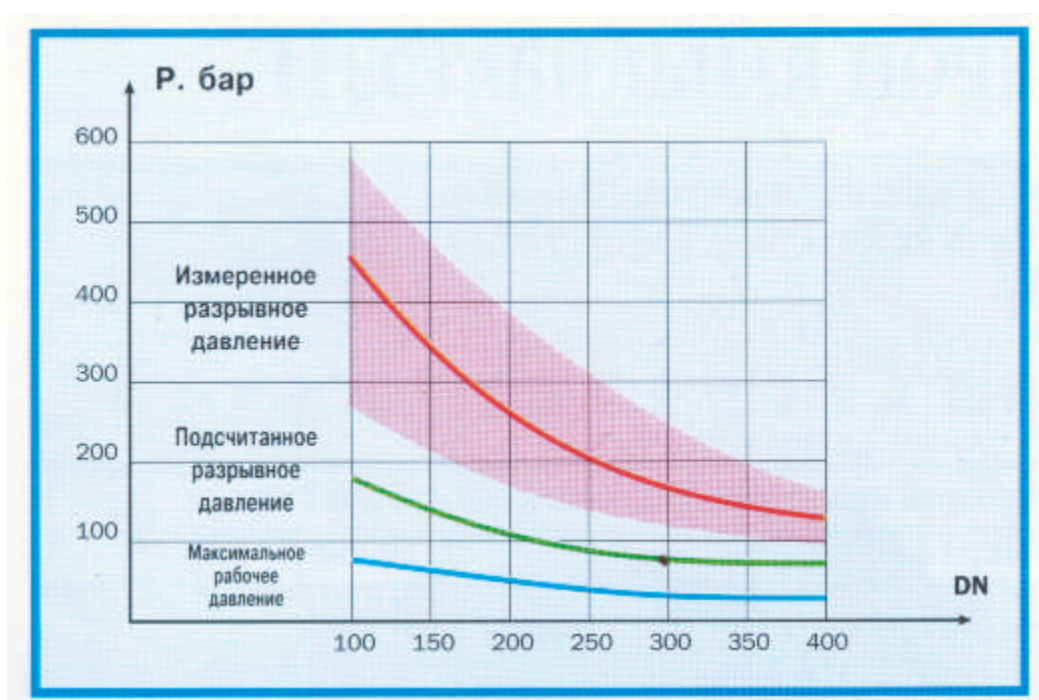


Рисунок 16 Фитинги класса К9. Давление.

5.6 Выбор диаметра

Выбор диаметра напорной трубы основывается на:

- гидравлических параметрах (расход, потери напора, скорость) гравитационных систем;
- оптимальных гидравлических и экономических параметрах (стоимость перекачивания и амортизационные расходы) напорных систем.

Существует необходимость учета возможных гидравлических ударов, кавитации и абразивности, как функции от эксплуатационных условий, а также установить защиты против них.

5.6.1 Гравитационные системы

Гравитационная система – это такой тип системы, который позволяет распространять воду по напорной магистрали от естественного или искусственного хранилища, находящегося на высоте Z , всем объектам снабжения, находящимся на высоте $z < Z$, без дополнительных затрат энергии извне.

5.6.2 Принцип выбора размеров

1. Характеристики системы

Q - необходимый расход, м³/с.

Необходимы:

- пиковое значение при распределении (напор пожарного гидранта);
- средний напор при снабжении.

j - потери напора в системе, м/м.

V – скорость воды в трубопроводе.

D - диаметр магистрали, м.

L – длина магистрали, м.

2. Топографические характеристики

Для расчетов берутся самые невыгодные условия.

- снабжение резервуара В от резервуара А:

H = min уровень в А – max уровень в В.

В целях безопасности обратное значение обычно принимается как минимальный уровень А.

- распространение:

H – минимальный уровень А, уменьшенный на $(z+P)$;

P – минимальное необходимое давление в высшей точке системы распределения;

z – высота высшей точки системы распределения.

3. Формулы

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times V.$$

$$\text{формула DARCY запишется как: } j = \frac{\lambda \cdot V^2}{2gD} = \frac{8Q^2}{\pi^2 \cdot gD^5}, \text{ где}$$

λ – функция от (k, v, D) , выведена из формулы COLEBROOK, где $k = 0,1$ мм – шероховатость.

4. Определение D

$$\text{Максимальные потери давления в системе: } j = \frac{H}{L}, \text{ м/м.}$$

Диаметр (D_u) может быть определен:

- путем вычислений, решением системы уравнений, состоящей из формул DARCY и COLEBROOK;
- путем взятия значений из таблицы потерь напора (см. таблицу 24).

5.7 Профиль трубопровода

Воздух в трубопроводе оказывает вредное воздействие на его функционирование. Присутствие воздуха может вызвать:

- снижение напора;
- напрасный расход энергии;
- риск гидравлических ударов.

Принимая простые меры предосторожности при планировании профиля трубопровода можно избежать этих явлений.

5.7.1 Источник воздуха в трубопроводе

Принципиально воздух может попасть в трубопровод:

- во время его наполнения, следующего за гидравлическим испытанием (или выпуском воды из трубопровода), из-за неправильного количества устройств спуска воздуха;
- через насосы, если водозаборные трубы или сальники насосов не герметичны;
- как растворенный под давлением (затем воздух накапливается в высоких местах вдоль профиля)

5.7.2 Влияние воздуха в магистральных

Воздушные пробки возникают в высоких местах и деформируются под влиянием эффекта противодействия.



Рисунок 17 Условия в гравитационном трубопроводе.

Статически, воздушные пробки трансформируют давление P от верхней части трубопровода к его нижней части; гидростатический уровень падает. Используемое давление H уменьшается на величину h , соответствующей разнице уровней между краями воздушной пробки и недостающей высотой напора (рис.17).

Динамически, можно считать, пренебрегая потерями напора из-за турбулентности в этой точке, что давление уменьшается также на величину h , следовательно, и напор уменьшается.



Рисунок 18 Условия в напорном трубопроводе.

Так же, как и для гравитационного трубопровода, воздушные пробки в напорном трубопроводе (рис.18) оказывают вредное воздействие на его нормальное функционирование. В этом случае возникает приrost давления h (высота h дополнительного подъема воды), который должен быть обеспечен насосом, помимо давления H , в целях компенсации влияния воздушной пробки, увеличивая гидростатический уровень на эту величину. Для одинакового расхода потребление энергии увеличивается в таком же соотношении.

Кроме того, эти недостатки проявляются во всех высоких местах трубопровода, если воздушные клапаны в нем установлены неправильно. Данные явления складываются, и общая производительность трубопровода падает. Правильная установка воздушных клапанов является необходимым средством для восстановления нормального расхода.

Наконец, существует риск того, что большие воздушные пробки будут перенесены потоком из высоких точек магистрали в другие. Это перемещение, компенсируемое внезапным стремительным движением воды, такого же объема, приведет к сильному гидравлическому удару.

В итоге, если в высоких точках трубопровода постоянно не спускать воздух, то:

- напор падает;
- энергия расходуется впустую;
- могут возникнуть гидравлические удары.

5.7.3. Практические рекомендации



Рисунок 19 Трубопровод с постоянным уклоном.

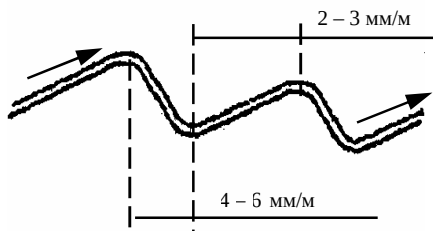


Рисунок 20 Трубопровод с переменным уклоном.

Укладка трубопровода должна быть спланирована таким образом, чтобы обеспечить накопление воздуха в строго определенных высоких точках, где установлено оборудование для его спуска.

Желательны следующие меры предосторожности:

- Придайте трубопроводу уклон (см. рис. 19), чтобы обеспечить движение воздуха вверх (идеальный трубопровод имеет постоянный уклон: желательный и минимальный наклон 2-3 мм/м)
- Избегайте излишних изменений уклона, вызванных отслеживанием контуров земли, особенно для больших диаметров.
- Если трубопровод горизонтальный (см. рис. 20), создайте как можно больше верхних (приподнятых) точек для достижения уклона:
2-3 мм/м на участке подъема;
4-6 мм/м на участке спада.

Профили такого типа с постепенными подъемами и резкими спадами позволяют накапливать воздух в верхних точках, предотвращая любое перемещение воздуха. Обратный профиль нежелателен.

Установите:

- воздушные клапаны в каждой верхней точке;
- выпуски воды в каждой нижней точке.

5.8 Потери напора

Расчетные данные потерь напора для трубопроводов из ВЧШГ, имеющих внутреннее цементно-песчаное покрытие приведены в таблице 24.

Исходные данные:

- условный проход трубопровода (Ду100 – 1000 мм);
- коэффициент шероховатости внутренней поверхности трубопровода $K=0,03$ мм и $K=0,1$ мм;
- кинематическая вязкость воды $\vartheta=1,301 \cdot 10^{-6}$ м²/с;
- температура воды +10°C;
- производительность трубопровода – Q, л/с;
- скорость потока воды – V, м/с;
- потери напора в метрах водяного столба на 1 км длины трубопровода – j, м/км.

Таблица 24 Потери напора.

Q, л/с	Dy 100			Q, л/с	Dy 150		
	j, м/км		V, м/с		j, м/км		V, м/с
	k = 0,03	k = 0,10			k = 0,03	k = 0,10	
	мм	мм			мм	мм	
4,00	3,039	3,289	0,51	9,00	1,844	1,984	0,51
4,20	3,318	3,600	0,53	9,50	2,034	2,193	0,54
4,40	3,609	3,923	0,56	10,00	2,252	2,412	0,57
4,60	3,911	4,261	0,59	10,50	2,438	2,641	0,59
4,80	4,223	4,611	0,61	11,00	2,653	2,880	0,62
5,00	4,547	4,975	0,64	11,50	2,876	3,120	0,65
5,20	4,882	5,352	0,66	12,00	3,107	3,388	0,68
5,40	5,228	5,743	0,69	12,50	3,347	3,656	0,71
5,60	5,585	6,146	0,71	13,00	3,595	3,935	0,74
5,80	5,952	6,563	0,74	13,50	3,852	4,224	0,76
6,00	6,381	6,993	0,76	14,00	4,116	4,522	0,79
6,20	6,720	7,436	0,79	14,50	4,389	4,830	0,82
6,40	7,120	7,893	0,81	15,00	4,669	5,149	0,85
6,60	7,531	8,362	0,84	15,50	4,958	5,477	0,88
6,80	7,953	8,845	0,87	16,00	5,255	5,814	0,91
7,00	8,385	9,341	0,89	16,50	5,560	6,162	0,93
7,20	8,828	9,850	0,92	17,00	5,873	6,519	0,96
7,40	9,282	10,372	0,94	17,50	6,194	6,887	0,99
7,60	8,746	10,907	0,97	18,00	6,523	7,264	1,02
7,80	10,221	11,456	0,99	18,50	6,863	7,651	1,05
8,00	10,706	12,017	1,02	19,00	7,206	8,047	1,08
8,20	11,202	12,592	1,04	19,50	7,559	8,454	1,10
8,40	11,780	13,180	1,07	20,00	7,920	8,870	1,13
8,60	12,225	13,781	1,09	20,50	8,289	9,296	1,16
8,80	12,753	14,394	1,12	21,00	8,665	9,732	1,19
9,00	13,291	15,021	1,15	21,50	9,050	10,177	1,22
9,20	12,839	15,661	1,17	22,00	9,443	10,633	1,24
9,40	14,398	16,315	1,20	22,50	9,843	11,098	1,27
9,60	14,968	16,981	1,22	23,00	10,252	11,573	1,30
9,80	15,547	17,660	1,25	23,50	10,668	12,057	1,33
10,00	16,137	18,352	1,27	24,00	11,092	12,552	1,36
10,50	17,658	20,140	1,34	26,00	12,867	14,627	1,47

Продолжение таблицы 24

11,00	19,244	22,010	1,40	28,00	14,766	16,857	1,58
11,50	20,894	23,961	1,46	30,00	16,790	19,244	1,70
12,00	22,608	25,993	1,53	32,00	18,937	21,787	1,81
12,50	24,387	28,107	1,59	34,00	21,208	24,485	1,92
13,00	26,230	30,302	1,66	36,00	23,602	27,339	2,04
13,50	28,136	32,579	1,72	38,00	26,119	30,348	2,15
14,00	30,107	34,937	1,78	40,00	28,758	33,513	2,26
14,50	32,141	37,376	1,85	42,00	31,520	36,833	2,38
16,50	40,914	47,947	2,10	44,00	34,404	40,309	2,49
18,50	50,699	59,817	2,36	46,00	37,409	43,940	2,60
20,50	61,493	72,987	2,61	48,00	40,537	47,726	2,72
22,50	73,291	87,456	2,86	50,00	43,786	51,668	2,83
Q, л/с	Dy 200			Q, л/с	Dy 250		
	j, м/км		V, м/с		j, м/км		V, м/с
	k = 0,03	k = 0,10			k = 0,03	k = 0,10	
	мм	мм			мм	мм	
16,00	1,297	1,389	0,51	30,00	1,377	1,483	0,61
16,50	1,371	1,471	0,53	32,00	1,549	1,673	0,65
17,00	1,448	1,555	0,54	34,00	1,730	1,874	0,69
17,50	1,526	1,641	0,56	36,00	1,921	2,086	0,73
18,00	1,606	1,729	0,57	38,00	2,121	2,309	0,77
18,50	1,688	1,820	0,59	40,00	2,330	2,543	0,81
19,00	1,772	1,913	0,60	42,00	2,549	2,788	0,86
19,50	1,858	2,008	0,62	44,00	2,776	3,044	0,90
20,00	1,945	2,105	0,64	46,00	3,013	3,310	0,94
20,50	2,035	2,204	0,65	48,00	3,258	3,588	0,98
21,00	2,126	2,306	0,67	50,00	3,513	3,876	1,02
21,50	2,219	2,410	0,68	52,00	3,776	4,176	1,06
22,00	2,314	2,516	0,70	54,00	4,049	4,486	1,10
22,50	2,411	2,624	0,72	56,00	4,331	4,807	1,14
23,00	2,510	2,734	0,73	58,00	4,621	5,139	1,18
23,50	2,611	2,847	0,75	60,00	4,920	5,482	1,22
24,00	2,713	2,962	0,76	62,00	5,229	5,836	1,26
26,00	3,141	3,443	0,83	64,00	5,546	6,200	1,30
28,00	3,599	3,959	0,89	66,00	5,872	6,575	1,34
30,00	4,085	4,510	0,95	68,00	6,207	6,961	1,39
32,00	4,600	5,096	1,02	70,00	6,550	7,358	1,43
34,00	5,144	5,717	1,08	72,00	6,902	7,776	1,47
36,00	5,717	6,372	1,15	74,00	7,264	8,185	1,51
38,00	6,317	7,063	1,21	76,00	7,634	8,614	1,55
40,00	6,946	7,788	1,27	78,00	8,012	9,054	1,59
42,00	7,604	8,548	1,34	80,00	8,400	9,505	1,63
44,00	8,289	9,342	1,40	85,00	9,406	10,680	1,73
46,00	9,003	10,172	1,46	90,00	10,467	11,922	1,83
48,00	9,744	11,035	1,53	95,00	11,583	13,232	1,94
50,00	10,514	11,934	1,59	100,00	12,752	14,609	2,04
55,00	12,559	14,332	1,75	105,00	13,976	16,053	2,14
60,00	14,777	16,946	1,91	110,00	15,253	17,565	2,24
65,00	17,168	19,777	2,07	115,00	16,584	19,144	2,34

Продолжение таблицы 24

70,00	19,731	22,823	2,23	120,00	17,969	20,790	2,44
75,00	22,465	26,085	2,39	125,00	19,407	22,504	2,55
80,00	25,370	29,564	2,55	130,00	20,899	24,285	2,65
85,00	28,446	33,258	2,71	135,00	22,444	26,134	2,75
90,00	31,692	37,167	2,86	140,00	24,043	28,049	2,85
				145,00	25,695	30,032	2,95
Q, л/с	Dy 300			Q, л/с	Dy 350		
	j, м/км		V, м/с		j, м/км		V, м/с
	k = 0,03	k = 0,10			k = 0,03	k = 0,10	
	мм	мм			мм	мм	
36,00	0,792	0,844	0,51	50,00	0,682	0,726	0,52
38,00	0,874	0,934	0,54	52,00	0,732	0,781	0,54
40,00	0,960	1,027	0,57	54,00	0,785	0,838	0,56
42,00	1,049	1,125	0,59	56,00	0,838	0,897	0,58
44,00	1,142	1,227	0,62	58,00	0,894	0,958	0,60
46,00	1,238	1,334	0,65	60,00	0,951	1,021	0,62
48,00	1,339	1,445	0,68	62,00	1,010	1,085	0,64
50,00	1,442	1,559	0,71	64,00	1,070	1,152	0,67
52,00	1,550	1,679	0,74	66,00	1,132	1,220	0,69
54,00	1,661	1,802	0,76	68,00	1,196	1,290	0,71
56,00	1,776	1,930	0,79	70,00	1,261	1,363	0,73
58,00	1,894	2,062	0,82	72,00	1,328	1,437	0,75
60,00	2,016	2,198	0,85	74,00	1,397	1,513	0,77
62,00	2,141	2,338	0,88	76,00	1,467	1,591	0,79
64,00	2,270	2,483	0,91	78,00	1,539	1,670	0,81
66,00	2,402	2,631	0,93	80,00	1,612	1,752	0,83
68,00	2,538	2,784	0,96	85,00	1,802	1,965	0,88
70,00	2,667	2,942	0,99	90,00	2,002	2,189	0,94
72,00	2,820	3,103	1,02	95,00	2,213	2,425	0,99
74,00	2,967	3,269	1,05	100,00	2,433	2,673	1,04
76,00	3,116	3,438	1,08	105,00	2,662	2,932	1,09
78,00	3,270	3,612	1,10	110,00	2,902	3,204	1,14
80,00	3,427	3,790	1,13	115,00	3,151	3,487	1,20
85,00	3,834	4,254	1,20	120,00	3,410	3,782	1,25
90,00	4,262	4,744	1,27	125,00	3,679	4,098	1,30
95,00	4,713	5,260	1,34	130,00	3,957	4,406	1,35
100,00	5,184	5,802	1,41	135,00	4,245	4,736	1,40
105,00	5,677	6,371	1,49	140,00	4,542	5,078	1,46
110,00	6,192	6,965	1,56	145,00	4,849	5,431	1,51
115,00	6,727	7,586	1,63	150,00	5,166	5,796	1,56
120,00	7,284	8,232	1,70	155,00	5,492	6,173	1,61
125,00	7,862	8,905	1,77	160,00	5,828	6,561	1,66
130,00	8,460	9,604	1,84	165,00	6,173	6,961	1,71
135,00	9,080	10,329	1,91	170,00	6,528	7,373	1,77
140,00	9,721	11,080	1,98	175,00	6,892	7,796	1,82
145,00	10,383	11,856	2,05	180,00	7,266	8,231	1,87
150,00	11,066	12,659	2,12	185,00	7,649	8,678	1,92
155,00	11,770	13,488	2,19	190,00	8,041	9,136	1,97
160,00	12,495	14,343	2,26	195,00	8,443	9,606	2,03

Продолжение таблицы 24

165,00	13,240	15,224	2,33	200,00	8,855	10,088	2,08
170,00	14,007	16,131	2,41	210,00	9,706	11,086	2,18
175,00	14,794	17,064	2,48	220,00	10,594	12,131	2,29
180,00	15,602	18,023	2,55	230,00	11,520	13,223	2,39
185,00	16,431	19,008	2,62	240,00	12,484	14,361	2,49
190,00	17,281	20,019	2,69	250,00	13,485	15,546	2,60
195,00	18,151	21,056	2,76	260,00	14,523	16,777	2,70
200,00	19,042	22,119	2,83	270,00	15,599	18,055	2,81
210,00	20,886	24,323	2,97	280,00	16,712	19,379	2,91
Q, л/с	Dy 400			Q, л/с	Dy 500		
	j, м/км		V, м/с		j, м/км		V, м/с
	k = 0,03	k = 0,10			k = 0,03	k = 0,10	
	мм	мм			мм	мм	
65,00	0,575	0,612	0,52	100,00	0,428	0,453	0,51
70,00	0,659	0,702	0,56	105,00	0,467	0,496	0,53
75,00	0,747	0,799	0,60	110,00	0,509	0,542	0,56
80,00	0,841	0,902	0,64	115,00	0,552	0,588	0,59
85,00	0,940	1,010	0,68	120,00	0,597	0,637	0,61
90,00	1,044	1,125	0,72	125,00	0,643	0,688	0,64
95,00	1,153	1,245	0,76	130,00	0,691	0,740	0,66
100,00	1,267	1,371	0,80	135,00	0,741	0,795	0,69
105,00	1,385	1,504	0,84	140,00	0,792	0,851	0,71
110,00	1,509	1,642	0,88	145,00	0,845	0,909	0,74
115,00	1,638	1,786	0,92	150,00	0,899	0,969	0,76
120,00	1,772	1,935	0,95	155,00	0,955	1,031	0,79
125,00	1,911	2,091	0,99	160,00	1,013	1,094	0,81
130,00	2,055	2,253	1,03	165,00	1,072	1,160	0,84
135,00	2,204	2,240	1,07	170,00	1,132	1,227	0,87
140,00	2,357	2,594	1,11	175,00	1,195	1,296	0,89
145,00	2,516	2,773	1,15	180,00	1,259	1,368	0,92
150,00	2,679	2,958	1,19	185,00	1,324	1,440	0,94
155,00	2,847	3,149	1,23	190,00	1,391	1,515	0,97
160,00	3,020	3,345	1,27	195,00	1,459	1,592	0,99
165,00	3,198	3,548	1,31	200,00	1,529	1,670	1,02
170,00	3,380	3,756	1,35	210,00	1,674	1,832	1,07
175,00	3,568	3,971	1,39	220,00	1,825	2,002	1,12
180,00	3,760	4,191	1,43	230,00	1,982	2,179	1,17
185,00	3,957	4,417	1,47	240,00	2,145	2,363	1,22
190,00	4,159	4,648	1,51	250,00	2,314	2,555	1,27
195,00	4,366	4,886	1,55	260,00	2,489	2,753	1,32
200,00	4,577	5,129	1,59	270,00	2,671	2,960	1,38
210,00	5,014	5,634	1,67	280,00	2,858	3,173	1,43
220,00	5,471	6,161	1,75	290,00	3,051	3,394	1,48
230,00	5,946	6,712	1,83	300,00	3,251	3,622	1,53
240,00	6,440	7,286	1,91	310,00	3,456	3,857	1,58
250,00	6,953	7,883	1,99	320,00	3,668	4,100	1,63
260,00	7,485	8,504	2,07	330,00	3,885	4,350	1,68
270,00	8,035	9,148	2,15	340,00	4,109	4,607	1,73
280,00	8,605	9,815	2,23	350,00	4,338	4,872	1,78

Продолжение таблицы 24

290,00	9,193	10,506	2,31	360,00	4,574	5,144	1,83
300,00	9,800	11,219	2,39	370,00	4,815	5,423	1,88
310,00	10,426	11,956	2,47	380,00	5,062	5,709	1,94
320,00	11,071	12,716	2,55	390,00	5,316	6,003	1,99
330,00	11,734	13,499	2,63	400,00	5,575	6,304	2,04
340,00	12,416	14,306	2,71	420,00	6,111	6,928	2,14
350,00	13,117	15,136	2,79	440,00	6,671	7,581	2,24
360,00	13,836	15,989	2,86	460,00	7,255	8,263	2,34
370,00	14,574	16,865	2,94	480,00	7,862	8,974	2,044
				500,00	8,493	9,714	2,55
				520,00	9,147	10,483	2,65
				540,00	9,825	11,282	2,75
				560,00	10,526	12,109	2,85
				580,00	11,251	12,965	2,95
Q, л/с	Dy 600			Q, л/с	Dy 700		
	j, м/км		V, м/с		j, м/км		V, м/с
	k = 0,03	k = 0,10			k = 0,03	k = 0,10	
	мм	мм			мм	мм	
160,00	0,417	0,443	0,57	200,00	0,296	0,313	0,52
170,00	0,466	0,496	0,60	210,00	0,324	0,343	0,55
180,00	0,517	0,552	0,64	220,00	0,353	0,375	0,57
190,00	0,571	0,611	0,67	230,00	0,388	0,407	0,60
200,00	0,628	0,673	0,71	240,00	0,414	0,441	0,62
210,00	0,687	0,737	0,74	250,00	0,446	0,476	0,65
220,00	0,748	0,805	0,78	260,00	0,480	0,512	0,68
230,00	0,812	0,875	0,81	270,00	0,514	0,550	0,70
240,00	0,878	0,949	0,85	280,00	0,550	0,589	0,73
250,00	0,947	1,025	0,88	290,00	0,587	0,629	0,75
260,00	1,018	1,104	0,92	300,00	0,625	0,671	0,78
270,00	1,092	1,186	0,95	310,00	0,664	0,714	0,81
280,00	1,168	1,271	0,99	320,00	0,704	0,758	0,83
290,00	1,247	1,358	1,03	330,00	0,745	0,804	0,86
300,00	1,327	1,449	1,06	340,00	0,787	0,850	0,88
310,00	1,411	1,542	1,10	350,00	0,830	0,898	0,91
320,00	1,496	1,638	1,13	360,00	0,875	0,947	0,94
330,00	1,584	1,737	1,17	370,00	0,921	0,998	0,96
340,00	1,675	1,839	1,20	380,00	0,967	1,050	0,99
350,00	1,768	1,943	1,24	390,00	1,015	1,103	1,01
360,00	1,863	2,051	1,27	400,00	1,064	1,157	1,04
370,00	1,960	2,161	1,31	420,00	1,165	1,270	1,09
380,00	2,060	2,274	1,34	440,00	1,270	1,388	1,14
390,00	2,163	2,390	1,38	460,00	1,379	1,510	1,20
400,00	2,267	2,509	1,41	480,00	1,493	1,638	1,25
420,00	2,483	2,755	1,49	500,00	1,611	1,711	1,30
440,00	2,709	3,013	1,56	520,00	1,733	1,909	1,35
460,00	2,944	3,281	1,63	540,00	1,860	2,053	1,40
480,00	3,189	3,581	1,70	560,00	1,990	2,201	1,46
500,00	3,442	3,853	1,77	580,00	2,125	2,354	1,51
520,00	3,705	4,155	1,84	600,00	2,265	2,513	1,56

Продолжение таблицы 24

540,00	3,977	4,469	1,91	620,00	2,408	2,676	1,61
560,00	4,259	4,794	1,98	640,00	2,566	2,845	1,66
580,00	4,550	5,131	2,05	660,00	2,707	3,018	1,71
600,00	4,850	5,478	2,19	680,00	2,863	3,197	1,77
620,00	5,159	5,837	2,21	700,00	3,024	3,381	1,82
640,00	5,477	6,208	2,26	720,00	3,188	3,569	1,87
660,00	5,805	6,589	2,33	740,00	3,357	3,763	1,92
680,00	6,142	6,982	2,41	760,00	3,529	3,962	1,97
700,00	6,488	7,386	2,48	780,00	3,706	4,166	2,03
720,00	6,843	7,801	2,55	800,00	3,887	4,375	2,08
740,00	7,207	8,228	2,62	850,00	4,358	4,920	2,21
760,00	7,581	8,666	2,69	900,00	4,855	5,497	2,34
780,00	7,963	9,115	2,76	950,00	5,377	6,105	2,47
800,00	8,355	9,575	2,83	1000,00	5,925	6,744	2,60
				1050,00	6,500	7,415	2,73
				1100,00	7,099	8,118	2,86
				1150,00	7,725	8,853	2,99
Q, л/с	Dy 800			Q, л/с	Dy 900		
	j, м/км		V, м/с		j, м/км		V, м/с
	k = 0,03	k = 0,10			k = 0,03	k = 0,10	
	мм	мм			мм	мм	
260,00	0,251	0,265	0,52	340,00	0,231	0,244	0,53
270,00	0,269	0,284	0,54	360,00	0,257	0,272	0,57
280,00	0,287	0,304	0,56	380,00	0,284	0,301	0,60
290,00	0,306	0,325	0,58	400,00	0,312	0,331	0,63
300,00	0,326	0,346	0,60	420,00	0,341	0,363	0,66
310,00	0,346	0,368	0,62	440,00	0,372	0,396	0,69
320,00	0,367	0,390	0,64	460,00	0,403	0,431	0,72
330,00	0,388	0,414	0,66	480,00	0,436	0,467	0,75
340,00	0,410	0,438	0,68	500,00	0,470	0,504	0,79
350,00	0,433	0,462	0,70	520,00	0,506	0,543	0,82
360,00	0,456	0,487	0,72	540,00	0,542	0,583	0,85
370,00	0,479	0,513	0,74	560,00	0,580	0,625	0,88
380,00	0,504	0,540	0,76	580,00	0,619	0,668	0,91
390,00	0,528	0,567	0,78	600,00	0,659	0,712	0,94
400,00	0,554	0,594	0,80	620,00	0,701	0,758	0,97
420,00	0,606	0,652	0,84	640,00	0,743	0,805	1,01
440,00	0,660	0,712	0,88	660,00	0,787	0,853	1,04
460,00	0,717	0,724	0,92	680,00	0,832	0,903	1,07
480,00	0,776	0,839	0,95	700,00	0,878	0,955	1,10
500,00	0,837	0,907	0,99	720,00	0,925	1,007	1,13
520,00	0,900	0,977	1,03	740,00	0,974	1,061	1,16
540,00	0,965	1,050	1,07	760,00	1,023	1,117	1,19
560,00	1,033	1,125	1,11	780,00	1,074	1,174	1,23
580,00	1,102	1,203	1,15	800,00	1,126	1,232	1,26
600,00	1,124	1,284	1,19	850,00	1,261	1,383	1,34
620,00	1,248	1,367	1,23	900,00	1,403	1,544	1,41
640,00	1,324	1,452	1,27	950,00	1,552	1,712	1,49
660,00	1,403	1,540	1,31	1000,00	1,709	1,890	1,57
680,00	1,483	1,631	1,35	1050,00	1,872	2,076	1,65

Продолжение таблицы 24

700,00	1,566	1,724	1,39	1100,00	2,043	2,270	1,73
720,00	1,650	1,820	1,43	1150,00	2,221	2,473	1,81
740,00	1,737	1,918	1,47	1200,00	2,406	2,685	1,89
760,00	1,826	2,019	1,51	1250,00	2,599	2,905	1,96
780,00	1,917	2,122	1,55	1300,00	2,798	3,134	2,04
800,00	2,010	2,228	1,59	1350,00	3,004	3,372	2,12
850,00	2,252	2,503	1,69	1400,00	3,218	3,618	2,20
900,00	2,507	2,795	1,79	1450,00	3,438	3,872	2,28
950,00	2,775	3,102	1,89	1500,00	3,666	4,135	2,36
1000,00	3,056	3,425	1,99	1550,00	3,901	4,407	2,44
1050,00	3,351	3,764	2,09	1600,00	4,142	4,687	2,52
1100,00	3,658	4,119	2,19	1650,00	4,391	4,976	2,59
1150,00	3,978	4,490	2,29	1700,00	4,647	5,274	2,67
1200,00	4,312	4,876	2,39	1750,00	4,909	5,580	2,75
1250,00	4,658	5,276	2,49	1800,00	5,179	5,894	2,83
1300,00	5,017	5,696	2,59	1850,00	5,456	6,217	2,93
1350,00	5,389	6,130	2,69	1900,00	5,739	6,540	2,99
1400,00	5,774	6,570	2,79				
1450,00	6,172	7,045	2,88				

Q, л/с	Dy 1000		V, м/с
	j, м/км		
	k = 0,03 мм	k = 0,10 мм	
400,00	0,187	0,197	0,51
420,00	0,204	0,215	0,53
440,00	0,222	0,235	0,56
460,00	0,241	0,255	0,59
480,00	0,261	0,277	0,61
500,00	0,281	0,299	0,64
520,00	0,303	0,322	0,66
540,00	0,324	0,345	0,69
560,00	0,347	0,370	0,71
580,00	0,370	0,395	0,74
600,00	0,394	0,421	0,76
620,00	0,419	0,448	0,79
640,00	0,444	0,476	0,81
660,00	0,470	0,504	0,84
680,00	0,497	0,534	0,87
700,00	0,524	0,564	0,89
720,00	0,552	0,595	0,92
740,00	0,581	0,627	0,94
760,00	0,610	0,659	0,97
780,00	0,641	0,693	0,99
800,00	0,671	0,727	1,02
850,00	0,752	0,816	1,08
900,00	0,836	0,910	1,15
950,00	0,925	1,008	1,21
1000,00	1,017	1,112	1,27
1050,00	1,114	1,221	1,34
1100,00	1,216	1,325	1,40

Продолжение таблицы 24

1150,00	1,321	1,454	1,46
1200,00	1,431	1,578	1,53
1250,00	1,545	1,707	1,59
1300,00	1,663	1,840	1,66
1350,00	1,785	1,979	1,72
1400,00	1,911	2,123	1,78
1450,00	2,041	2,273	1,85
1500,00	2,176	2,425	1,91
1550,00	2,314	2,584	1,97
1600,00	2,457	2,748	2,04
1650,00	2,604	2,916	2,10
1700,00	2,755	3,090	2,16
1750,00	2,910	3,268	2,23
1800,00	3,069	3,452	2,29
1850,00	3,232	3,640	2,36
1900,00	3,400	3,834	2,42
1950,00	3,571	4,042	2,48
2000,00	3,747	4,235	2,55
2100,00	4,110	4,657	2,67
2200,00	4,489	5,098	2,80
2300,00	4,885	5,559	2,93

Примечание – Значения напрямую применимы для воды при температуре 10°C.

Величина j (м/км) - потери в м водяного столба на км длины трубопровода.

5.9 Гидравлический удар

В процессе проектирования трубопровода необходимо изучить и учесть возможный риск гидравлического удара, в целях установки необходимой защиты против них, в особенности в напорных трубопроводах.

В случае если, защита против гидравлического удара не установлена, трубы ЧШГ имеют некоторый запас прочности, который оказывается полезным в случае неожиданных скачков давления.

5.9.1 Источники гидравлических ударов

Если расход жидкости в трубопроводе внезапно меняется, происходит сильное изменение давления. Это кратковременное явление, известное как гидравлический удар, обычно происходит при включении или выключении служебного оборудования (насосы, задвижки). Волны перепадов (скачков и спадов) давления распространяются по трубопроводу.

Гидравлический удар может произойти с одинаковой вероятностью, как в гравитационном трубопроводе, так и в напорном существуют четыре основных причины возникновения гидравлического удара:

- остановка и запуск насоса;
- закрытие задвижки, пожарных и промывочных гидрантов и т.д.;
- наличие воздуха в трубопроводе;
- неправильное функционирование защитного оборудования.

5.9.2 Последствия

Упомянутые скачки давления могут разорвать некоторые трубы в критических ситуациях, когда запасы прочности выбраны неправильно. Спады давления могут создать «карманы» кавитации, вредные для труб, задвижек, и т.д.

Необходимо отметить, что трубы ЧШГ обладают большим запасом прочности:



- скачки давления: трубы достигают 20 %-ное повышение максимально допустимого давления при кратковременных скачках давления;
- спады давления: соединение гарантирует герметичность, даже в случае частичного вакуума в трубопроводе.

В случае если, предполагаемые изменения давления слишком велики, трубопровод может быть оснащен защитным устройством против гидравлического удара: компенсационный водяной столб, уравнительный резервуар и т.д. (см. рис. 21).

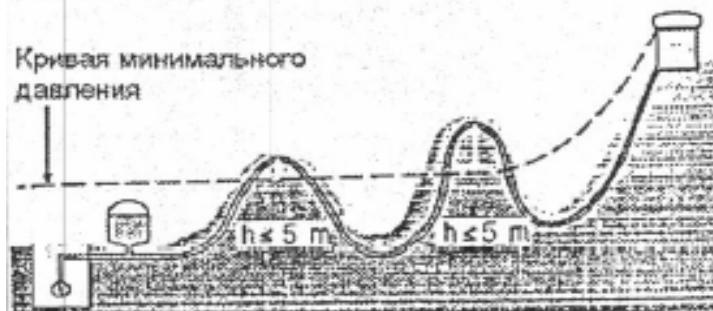


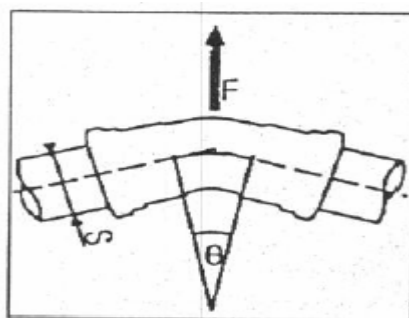
Рисунок 21

Трубопровод с уравнительным резервуаром.

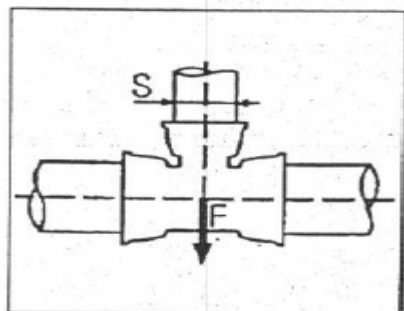
Профиль трубопровода является определяющим фактором в выборе размеров резервуара. На практике, кривая минимального спада давления (после установки устройств защиты) не должна падать более чем на 5 метров ниже действительного профиля трубопровода.

5.10 Осовое гидравлическое давление

Силы осевого гидравлического давления возникают в местах изменения направления, уменьшения диаметра (повороты, тройники, переходы) и на конце напорного трубопровода. Значение этих сил может быть достаточно высоким, и они должны быть скомпенсированы усиленными (неразъемными) соединениями, или укрепительными блоками (упорами).



а



б

Силы осевого давления (см. рис. 22) возникают в напорных магистралях:

- во всех местах изменения направления (повороты, тройники);
- во всех местах изменения диаметра (переходы);
- на каждом конце (глухие фланцы).

Эти локализованные давления должны быть нейтрализованы, в целях предотвращения расстыковки соединений:

- либо при помощи усиленных (замковых типа VRS) соединений;

- либо путем строительства бетонных укрепительных блоков.

Силы могут быть рассчитаны по общей формуле:

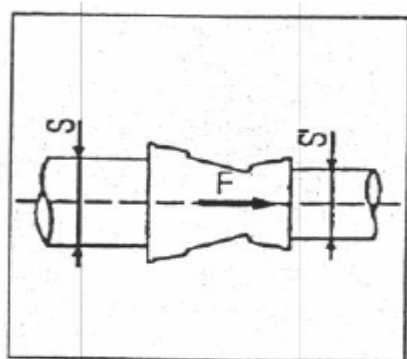
$$F = K * P * S,$$

Где F – сила осевого давления (Н);

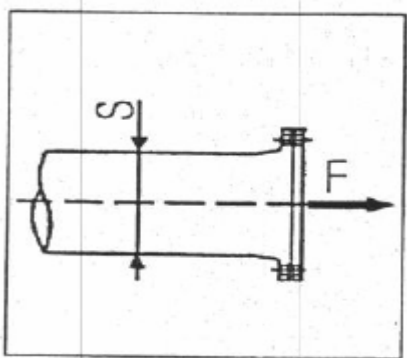
P – максимальное внутреннее давление (испытательное давление трубопровода), Па;

S – сечение (внутреннее для фланцевых соединений, внешнее для любых других типов), m^2 ;

K – коэффициент, который зависит от формы и размеров рассматриваемых компонентов трубопровода.



В



Г

Глухие фланцы, тройники: $K = 1$
 Переходы на меньший диаметр: $K = 1 - S'/S$ (S' – меньшее сечение)
 Повороты с углом θ : $K = 2 \sin(\theta/2)$
 $K = 1,414$ для поворотов 90° ;
 $K = 0,765$ для поворотов 45° ;
 $K = 0,390$ для поворотов $22,5^\circ$;
 $K = 0,196$ для поворотов $11,25^\circ$;

Рисунок 22 Примеры осевого давления.

В нижеприведенной таблице 25 даны значения сил осевого давления для внутреннего давления в 1 бар. (Для других давлений необходимо умножить значение давления в барах на испытательное давление трубопровода).

Таблица 25 Силы осевого давления

Dy	Давление F в даН* для 1 бара				
	Тройники и глухие фланцы	Повороты 90° (90°)**	Повороты 45° ($45^\circ, 30^\circ$)**	Повороты $22,5^\circ$ (15°)**	Повороты $11,25^\circ$ (10°)**
100	109	155	84	43	21
150	227	321	174	89	44
200	387	547	296	151	76
250	590	834	451	230	116
300	835	1180	639	326	164
350	1122		859	438	220
400	1445		1106	564	283
450	1809		1385	706	355
500	2223		1701	867	436
600	3167		2424	1236	621
700	4278		3274	1669	839
800	5568		4262	2173	1092
900	7014		5368	2737	1375
1000	8626		6602	3366	1691

*1 даН = $1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ Н}$

** Указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525-88

5.11 Укрепительные блоки

Использование бетонных укрепительных блоков является наиболее распространенным методом компенсации осевых гидравлических давлений в раструбных трубопроводах.

Принцип

Могут быть разработаны различные типы укрепительных блоков, в зависимости от конфигурации трубопровода, типа и твердости грунта, наличия либо отсутствия подземных вод.

Блок компенсирует силы гидравлического осевого давления:

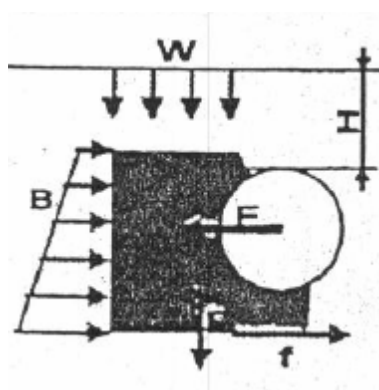
- либо за счет силы трения между блоком и грунтом;
- либо за счет упора в почву.

На практике, укрепительные блоки разрабатываются таким образом, чтобы использовать как силу трения, так и силы реакции со стороны грунта, в который он упирается (см. рис. 23).

В том случае, если конструкция бетонных укрепительных блоков затруднена из-за стесненности условий либо из-за низкой прочности грунта, используется метод укрепления соединений.

Размеры (общий случай)

Объемы бетона, предлагаемые в таблицах 26 и 27, подсчитаны с учетом как сил трения с почвой, так и поддержки со стороны упора и справедливы для большинства типов почв. Если впоследствии рядом с укрепительным блоком необходимо разрабатывать траншею, желательно уменьшить давление в системе на время работ.



- F – гидравлическое осевое давление
- P – вес блока
- W – вес почвы
- B – сила опоры на стенки траншеи
- f – сила трения о грунт
- M – момент изгиба

Рисунок 23 Активные силы (осевое давление – блок).

Допущения, принятые при разработке, приведены ниже.

Грунт

Φ – угол внутреннего трения грунта

σ – приемлемое сопротивление грунта

H – глубина заложения: 1,20 м

γ – плотность

Механические свойства:

- таблица 26 : $\Phi = 40^\circ$; $\sigma \approx 1$ даН/см²; $\gamma = 2$ т/м³ (грунт с высокой механической прочностью).

- таблица 27 : $\Phi = 30^\circ$; $\sigma \approx 0,6$ даН/см²; $\gamma = 2$ т/м³ (грунт с высокой механической прочностью).

Нет грунтовых вод.

Бетон: плотность 2,3 т/м³.

Трубы

От Ду100 до Ду400

Испытательное давление: 10, 16, 25 бар.

Пример

Отвод 22,5°, Ду250

Испытательное давление – 10 бар

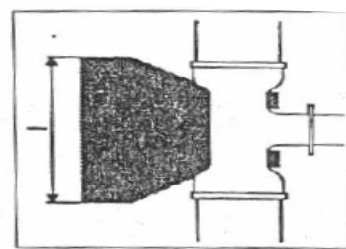
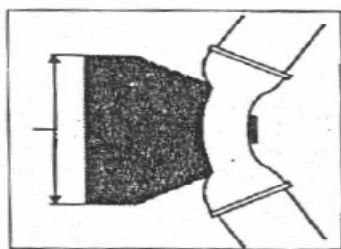
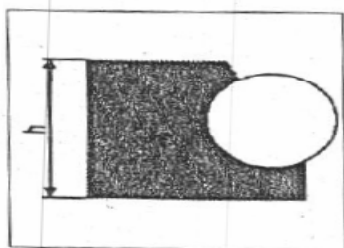
Глубина заложения – 1,2 м

Глинистый грунт – $\Phi = 30^\circ$; $\gamma = 2 \text{ т/м}^3$

Таблица 27 дает:

$l \times h = 0,7 \text{ м} \times 0,45 \text{ м}$

$V = 0,25 \text{ м}^3$



Консультативное замечание

Необходимо:

- заливать бетон напрямую в окружающий грунт (между блоком и грунтом не должно быть пустого пространства);

- использовать бетонную смесь с адекватной прочностью.

Оставьте соединения доступными для наблюдения при проведении гидравлического испытания.

Таблица 26 Объёмы укрепительных блоков.

Внутреннее трение $\Phi = 40^\circ$; прочность $\sigma \approx 1 \text{ даН/см}^2$; плотность $\gamma = 2 \text{ т/м}^3$; глубина заложения $H = 1,2 \text{ м}$; нет грунтовых вод.

Почвы высокой прочности					
Dy	Испытательное давление	Отвод 11,25° (10°)* $l \times h / V$ м x м / м³	Отвод 22,5° (15°)* $l \times h / V$ м x м / м³	Отвод 45° (45°, 30°)* $l \times h / V$ м x м / м³	Колено 90° (90°)* $l \times h / V$ м x м / м³
100	10	0,10x0,20/0,01	0,21x0,20/0,02	0,29x0,30/0,06	0,51x0,30/0,10
	16	0,17x0,20/0,02	0,24x0,30/0,04	0,45x0,30/0,08	0,77x0,30/0,20
	25	0,19x0,30/0,03	0,36x0,30/0,06	0,67x0,30/0,15	1,14x0,30/0,43
150	10	0,18x0,25/0,03	0,26x0,35/0,06	0,48x0,35/0,12	0,83x0,35/0,27
	16	0,28x0,25/0,04	0,40x0,35/0,09	0,73x0,35/0,21	1,04x0,45/0,54
	25	0,32x0,35/0,08	0,60x0,35/0,16	1,08x0,35/0,46	1,50x0,45/1,12
200	10	0,24x0,30/0,05	0,37x0,40/0,12	0,68x0,40/0,24	0,98x0,50/0,54
	16	0,30x0,40/0,09	0,56x0,40/0,19	0,87x0,50/0,42	1,46x0,50/1,17
	25	0,45x0,40/0,14	0,84x0,40/0,32	1,27x0,50/0,89	1,84x0,60/2,24
250	10	0,31x0,35/0,08	0,48x0,45/0,20	0,75x0,55/0,35	1,28x0,55/0,99
	16	0,39x0,45/0,16	0,73x0,45/0,32	1,13x0,55/0,78	1,67x0,65/2,00
	25	0,59x0,45/0,24	0,93x0,55/0,53	1,63x0,55/1,61	2,36x0,65/3,98
300	10	0,37x0,40/0,12	0,59x0,50/0,28	0,93x0,60/0,58	1,41x0,70/1,53
	16	0,48x0,50/0,24	0,78x0,60/0,41	1,39x0,60/1,27	2,04x0,70/3,22
	25	0,63x0,60/0,27	1,15x0,60/0,87	1,79x0,70/2,48	2,64x0,80/6,14

* В скобках указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525-88

Продолжение таблицы 26

350	10	0,43x0,45/0,18	0,61x0,65/0,27	1,11x0,65/0,88	
	16	0,57x0,55/0,35	0,93x0,65/0,62	1,49x0,75/1,83	
	25	0,75x0,65/0,41	1,23x0,75/1,26	1,96x0,85/3,61	
400	10	0,49x0,50/0,25	0,71x0,70/0,39	1,17x0,80/1,20	
	16	0,65x0,60/0,49	1,07x0,70/0,89	1,60x0,90/2,54	
	25	0,87x0,70/0,59	1,43x0,80/1,80	2,13x1,00/5,02	

Таблица 27 Объёмы укрепительных блоков.

Внутреннее трение $\Phi = 30^\circ$; прочность $\sigma \approx 0,6 \text{ даН/см}^2$; плотность $\gamma = 2 \text{ т/м}^3$; глубина заложения $H = 1,2 \text{ м}$; нет грунтовых вод.

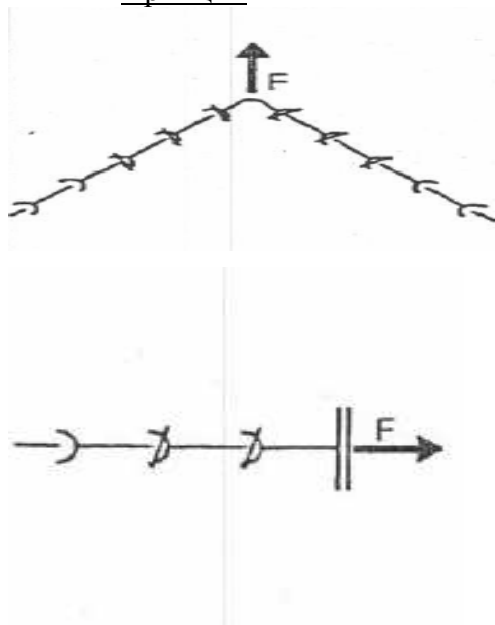
Почвы высокой прочности					
Dy	Испытательное давление	Отвод 11,25° (10°)* l x h / V м x м / м³	Отвод 22,5° (15°)* l x h / V м x м / м³	Отвод 45° (45°, 30°)* l x h / V м x м / м³	Колено 90° (90°)* l x h / V м x м / м³
100	10	0,17x0,20/0,02	0,23x0,30/0,04	0,43x0,30/0,07	0,74x0,30/0,19
	16	0,18x0,30/0,03	0,35x0,30/0,05	0,65x0,30/0,15	1,11x0,30/0,41
	25	0,28x0,30/0,05	0,53x0,30/0,10	0,96x0,30/0,31	1,30x0,40/0,75
150	10	0,26x0,25/0,04	0,38x0,35/0,08	0,70x0,35/0,19	0,99x0,45/0,49
	16	0,31x0,35/0,06	0,59x0,35/0,14	1,06x0,35/0,43	1,46x0,45/1,06
	25	0,47x0,35/0,10	0,87x0,35/0,30	1,27x0,45/0,81	2,28x0,45/2,12
200	10	0,29x0,40/0,07	0,54x0,40/0,14	0,83x0,50/0,38	1,39x0,50/1,07
	16	0,44x0,40/0,12	0,82x0,40/0,30	1,24x0,50/0,85	1,79x0,60/2,12
	25	0,66x0,40/0,20	1,02x0,50/0,58	1,77x0,50/1,73	2,51x0,60/4,15
250	10	0,37x0,45/0,12	0,70x0,45/0,25	1,08x0,55/0,71	1,60x0,65/1,83
	16	0,57x0,45/0,19	0,91x0,55/0,50	1,42x0,65/1,45	2,10x0,75/3,66
	25	0,74x0,55/0,33	1,32x0,55/1,06	2,02x0,65/2,92	2,72x0,85/6,91
300	10	0,46x0,50/0,19	0,75x0,60/0,37	1,32x0,60/1,16	1,95x0,70/2,94
	16	0,61x0,60/0,25	1,12x0,60/0,83	1,75x0,70/2,36	2,40x0,90/5,71
	25	0,91x0,60/0,55	1,46x0,70/1,64	2,27x0,80/4,53	3,12x1/10,73
350	10	0,54x0,55/0,27	0,89x0,65/0,57	1,42x0,75/1,67	
	16	0,73x0,65/0,39	1,20x0,75/1,20	1,91x0,85/3,42	
	25	1,08x0,65/0,84	1,73x0,75/2,46	2,51x0,95/6,58	
400	10	0,62x0,60/0,38	0,94x0,80/0,78	1,53x0,90/2,32	
	16	0,85x0,70/0,56	1,39x0,80/1,71	2,08x1,00/4,75	
	25	1,14x0,80/1,15	1,85x0,90/0,78	2,63x1,20/9,12	

5.12 Усиление стыковых соединений

Использование замковых соединений «ВРС» является альтернативой цементным укрепительным блокам в борьбе с эффектом гидравлического осевого давления. Самофиксация используется в основном в местах стесненного пространства (город) или в грунтах со слабым сцеплением.

* В скобках указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525-88.

Принцип



Этот метод состоит в фиксации (укреплении) необходимого количества соединений с каждой стороны отвода в целях использования сил трения между трубой и грунтом для компенсации сил гидравлического осевого давления

Длина участка, подлежащего укреплению, зависит от коэффициента безопасности, который зависит от:

- качества укладки;
- качества и степени утрамбовки засыпчного материала;
- величины неопределенности в физических характеристиках засыпчного материала.

Для практического применения, просьба проконсультироваться с нами.

Практическое применение

Грунт с умеренной механической прочностью:

- грунт: гравий / илистый или глинистый песок;
- угол внутреннего трения – $\Phi = 30^\circ$;
- прочность $\sigma \approx 0,6$ даН/см²;
- плотность $\gamma = 2$ т/м³;
- труба выше уровня грунтовых вод;
- нет полиэтиленового рукава
- коэффициент безопасности: 1,2

Длина участка, в метрах, подлежащего фиксации (усилению) с каждой стороны поворота, для испытательного давления 10 бар, см. таблицу 28.

Таблица 28

Длина участка (L) подлежащего усилению.

DN	Колено 90° (90°)*			Отвод 45° (45°, 30°)*			Отвод 22,5° (15°)*			Отвод 11,25° (10°)*			Глухие фланцы		
Глубина заложения	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м
100	5,4	3,7	2,8	3,4	2,3	1,8	1,9	1,3	1,0	1,0	0,7	0,5	6,9	4,7	3,6
150	7,7	5,3	4,0	4,8	3,3	2,5	2,7	1,8	1,4	1,4	1,0	0,7	9,8	6,7	5,1
200	9,9	6,8	5,2	6,1	4,2	3,2	3,4	2,4	1,8	1,8	1,3	1,0	12,6	8,7	6,6
250	12,0	8,3	6,4	7,5	5,2	4,0	4,2	2,9	2,2	2,2	1,5	1,2	15,3	10,6	8,1
300	14,1	9,8	7,5	8,7	6,1	4,7	4,9	3,4	2,6	2,6	1,8	1,4	17,9	12,5	9,6
350	16,0	11,2	8,6	9,9	7,0	5,4	5,6	3,9	3,0	2,9	2,1	1,6	20,3	14,3	11,0
400	17,9	12,6	9,7	11,1	7,8	6,0	6,2	4,4	3,4	3,3	2,3	1,8	22,8	16,0	12,4
450	19,7	14,0	10,8	12,3	8,7	6,7	6,9	4,9	3,8	3,6	2,6	2,0	25,1	17,8	13,8
500	21,5	15,3	11,9	13,4	9,5	7,4	7,5	5,3	4,1	4,0	2,8	2,2	27,4	19,5	15,1
600	25,0	17,9	14,0	15,5	11,1	8,7	8,7	6,2	4,9	4,6	3,3	2,6	31,8	22,8	17,8

* В скобках указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525-88.

Продолжение таблицы 28

700	28,2	20,4	16,0	17,5	12,7	9,9	9,8	7,1	5,6	5,2	3,8	2,9	35,8	25,9	20,3
800	31,2	22,8	17,9	19,4	14,1	11,1	10,9	7,9	6,2	5,8	4,2	3,3	39,8	29,0	22,8
900	34,1	25,0	19,8	21,2	15,6	12,3	11,9	8,7	6,9	6,3	4,6	3,7	43,4	31,9	25,2
1000	36,9	27,2	21,6	22,9	16,9	13,4	12,8	9,5	7,5	6,8	5,0	4,0	46,9	34,7	27,5

В случае, если давление P выше 10 бар, значение L в таблице 28 необходимо скорректировать путем умножения на коэффициент $P/10$ (где P выражено в барах).

В случае использования полиэтиленового рукава длину укрепляемого участка необходимо умножить на 1,9.

Пример

Вычисление длины укрепляемого участка для:

- отвода 45° ;
- трубопровода из труб класса K9, DN 500;
- испытательного давления 25 бар;
- без полиэтиленового рукава;
- средней почвы;
- труба выше уровня грунтовых вод;
- глубина заложения 1,5 м.

Для «средних» условий прокладки, определенных ранее, из таблицы находим:

$L = 9,5$ м; $P = 10$ бар без полиэтиленового рукава

$L = 23,8$ м; $P = 25$ бар без полиэтиленового рукава

5.13 Изгиб соединений

Раструбные соединения («Тайтон», «ВРС») допускают угловое отклонение (или изгиб). Помимо очевидных преимуществ в процессе укладки, а также способности компенсировать движение грунта, угловое отклонение позволяет выполнять большие повороты без помощи фитингов, а также корректировать маршрут прокладки (рис. 24, таблица 29).

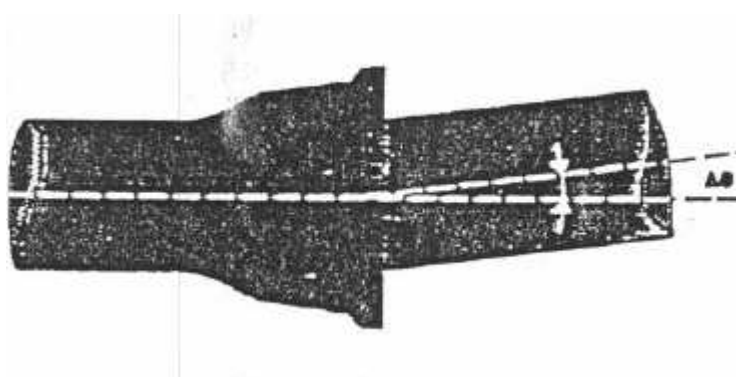


Рисунок 24

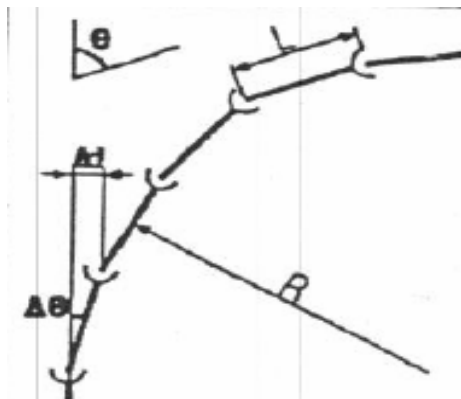
Допустимый изгиб при укладке.

Таблица 29 Характеристики соединения «Тайтон» и «ВРС» для изгиба.

D_y	Допустимый изгиб при укладке $\Delta\theta$, град.	Длина трубы L , м	Радиус изгиба R , м	Смещение Δd , см
100-150	5	6	69	52
200-300	4	6	86	42
350-600	3	6	115	32
700-800	2	6	200	25
900-1000	1,5	6	267	19



Некоторые повороты большого радиуса могут быть выполнены при помощи изгиба соединений. В этом случае, трубы при соединении должны быть идеально выровнены, как в вертикальной плоскости, так и в горизонтальной. Изгиб в стыке производится при полностью собранном соединении.



Радиус изгиба:
$$R = \frac{L}{2 \sin \frac{\Delta\theta}{2}}$$

Количество труб, необходимое для изменения направления:
$$N = \frac{\theta}{\Delta\theta}$$

Длина участка изменения направления:
$$C = N \times L,$$

где:

Δd – смещение конца трубы, м

L – длина трубы, м

θ – угол изменения направления (в градусах)

$\Delta\theta$ – изгиб соединения (в градусах)

C – длина участка изменения направления, м

6 Укладка труб

6.1 Подземная укладка трубопроводов

6.1.1 Механические свойства грунтов

Почвы в зависимости от внутреннего сцепления могут быть разделены на:

Скалы – почвы с очень сильными межмолекулярными связями, что затрудняет процесс разработки и увеличивает риск обвалов.

Рыхлые почвы – обладают определенной величиной межмолекулярных связей, величина которых меняется в зависимости от воздействия некоторых факторов (влаги, движение по близости).

Некогезионные почвы – не имеют способности к сцеплению, обваливаются почти моментально.

Для упрощенных расчетов при определении механических свойств почв пользуются общепринятыми значениями, указанными в таблицах 30 и 31. Но без реальных замеров с объекта укладки трубопроводов или лабораторных замеров не обойтись.

Таблица 30

Характеристики почв.

Тип грунта	Сухой/Влажный		Затопленный	
	Угол внутреннего трения, °	Плотность, т/м ³	Угол внутреннего трения, °	Плотность, т/м ³
Раздробленная скала	40	2	35	1,1
Гравий, песок	35	1,9	30	1,1
Песок/гравий	30	2	25	1,1
Ил/глина	25	1,9	15	1
Органический перегной	15	1,8	-	-
Глина/песок				

Таблица 31 Среднее значение модуля пассивного сопротивления засыпного материала.

Тип засыпного материала	Модуль пассивного сопротивления, МПа			
	Не утрамбованные почвы	Слабо утрамбованные почвы, менее 85%	Средне утрамбованные почвы, 85 – 95%	Сильно утрамбованные почвы, более 95%
Мелкозернистые почвы с жидкостным лимитом менее 50% Почвы со средней – высокой пластичностью	Требуется проведение специальных замеров			
Мелкозернистые почвы с жидкостным лимитом менее 50% Почвы со средней пластичностью – не пластичные С менее 25% крупнозернистых частиц	0,4	1,4	3	7
Мелкозернистые почвы с жидкостным лимитом менее 50% Почвы со средней пластичностью – не пластичные С более 25% крупнозернистых частиц	0,7	3	7	14

Продолжение таблицы 31

Крупнозернистые почвы с наличием мелких частиц, процентное содержание которых больше 12%	0,7	3	7	14
Крупнозернистые почвы с малым содержанием или вообще без мелких частиц, процентное содержание которых не превышает 12%	1,4	7	14	20
Раздробленная скала	7	20	20	20

6.1.2 Земляные работы

Перед проведением работ необходимо проанализировать условия окружающей среды, а также получить согласие соответствующих коммунальных предприятий.

В соответствии с проектом определяется маршрут и профиль трубопровода.

Земляные работы по планировке трассы, разработке, засыпке и приемке траншей при строительстве трубопроводов следует производить в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Перед разработкой траншеи следует произвести разбивку ее оси.

Раскопка обычно производится с помощью экскаватора с учетом типа грунта, диаметра будущего трубопровода и глубины заложения. дорожное покрытие поднимается путем его разрезания по краям траншеи.

При разработке траншеи следует уделить внимание стабилизации ее стенок, либо укреплению их трамбовкой, размещению выбираемого грунта так, чтобы оставить не менее 0,4 м расстояние между трубопроводом и стенкой траншеи, очистке краев траншеи от комьев для предотвращения их обвала.

Глубина заложения трубопровода должна обеспечить защиту от замерзания, нормальной глубиной заложения обычно считается глубина, обеспечивающая расстояние от верхней точки профиля трубы до поверхности в 1 м.

Для защиты от обвалов края траншеи либо скашиваются, либо укрепляются.

Наиболее распространенные способы укрепления: установка деревянных панелей (отдельных или сборных), рядов деревянных или металлических шпунтов.

При этом панели должны выдержать давление грунта, которое можно рассчитать по формуле:

$$q = 0,75 \cdot \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right), \text{ где}$$

γ – плотность грунта, кг/м³;

φ – угол внутреннего трения почвы, рад.

q – нагрузка, кг/м²;

H – глубина, м.

При выборе защиты от обвалов методом скоса краев траншеи должны скашиваться на угол, определяемый внутренним трением грунта (см. рис.25).

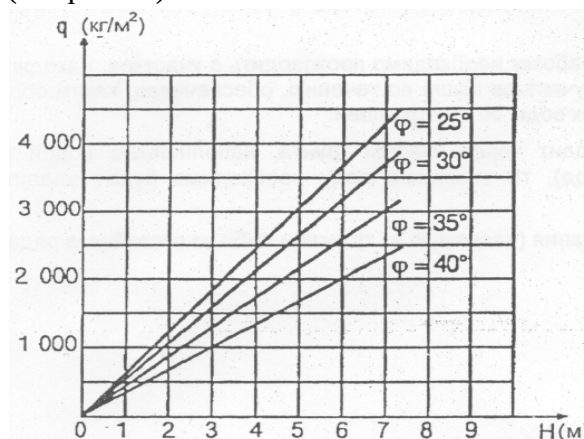
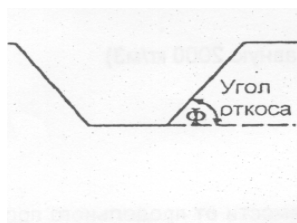


Рисунок 25

Угол откоса.

Дно траншеи должно быть выровнено и все выступы должны быть удалены.

При наличии воды разработку траншеи следует производить, начиная от более низких участков к более высоким.

Если траншея проходит через участки, находящиеся ниже уровня грунтовых вод, то воду необходимо удалить из траншеи путем ее выкачивания либо напрямую из траншеи, либо из отстойника, создаваемого рядом.

Если изначальный грунт мелко раздроблен и является относительно гомогенным, трубы могут укладываться на дно траншеи, если дно траншеи непригодно для непосредственной укладки труб, то необходимо насыпать основание из мелкого гравия или песка толщиной не менее 10 см.

Прямки для монтажа и заделки стыковых соединений труб диаметром до 300 мм следует отрывать перед укладкой каждой трубы на место. Расстояние между прямыми устанавливается в зависимости от длины укладываемых труб. Прямки для труб диаметром более 300 мм допускается отрывать за 1-2 дня до укладки труб в траншею с учетом фактической длины труб и расстояния между стыками.

Грунт, вынутый из траншеи, следует укладывать в отвал с одной (левой по направлению работ) стороны траншеи на расстояние не ближе 0,5 м от края, оставляя другую сторону свободной для передвижения и производства прочих работ.

Для предотвращения разрушения внутреннего цементно-песчаного покрытия и образования вмятин на трубах, их захват при опускании в траншею необходимо осуществлять приспособлениями, обеспечивающими сохранность труб в местах захвата и исключаящими их удары друг о друга и о твердые предметы.

Уплотнение при стыковке труб осуществляется с помощью уплотнительного резинового кольца за счет радиального сжатия его в кольцевом пазе раструба.

6.1.3 Монтаж трубопроводов под соединение «Тайтон», «ВРС»

Монтаж труб производится в следующем порядке (рис. 30, рис. 31).

Наружная поверхность гладкого конца трубы очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и шпателя (рис. 26).



Рисунок 26

Комплект для монтажа труб.

Для определения границ монтажа гладкого конца трубы в раструб, на трубы под соединение «Тайтон» наносится специальная метка (рис. 27) по размерам, указанным в таблице 32. На трубы под соединение «ВРС» специальная метка не наносится.

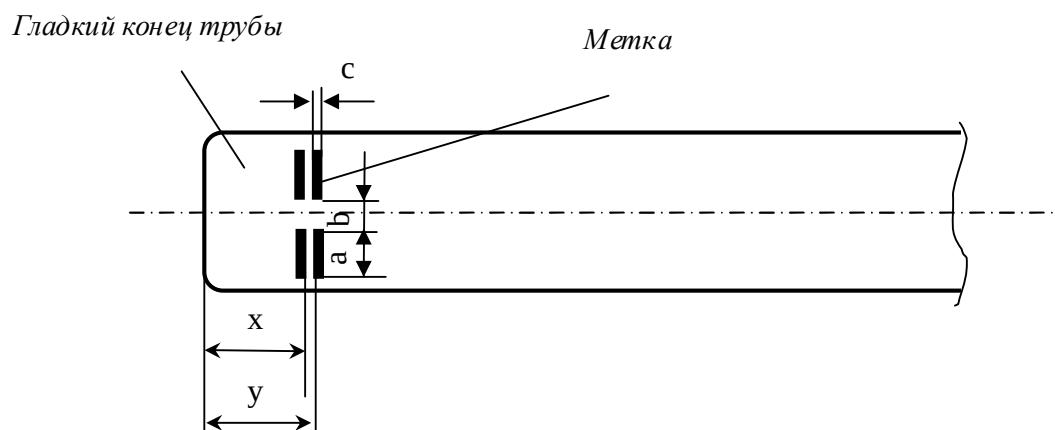


Рисунок 27 Метка.

Таблица 32 Основные размеры.

Ду, мм	х, мм	у, мм	а, мм	б, мм	с, мм
100	73	86	30	50	10
150	79	92	30	50	10
200	85	98	30	50	10
250	90	103	30	50	10
300	95	108	30	50	10
350	95	108	30	70	10
400	95	108	30	70	10
500	105	118	30	70	10
600	105	118	30	100	10
700	135	148	30	100	10
800	145	158	30	100	10
900	160	173	30	100	10
1000	170	183	30	100	10

Наружную поверхность гладкого конца трубы (особенно фаску) до специальной метки покрывают смазкой, поставляемой предприятием-изготовителем труб. Смазка поставляется в достаточном объеме, и в случае необходимости может быть дополнительно заказана в любом количестве.

Внутренняя поверхность раструба трубы (особенно паз для уплотнительного резинового кольца) очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и скребка (рис. 26).

В кольцевой паз раструба вкладывают уплотнительное резиновое кольцо с проверкой правильности размещения его гребня (рис. 28).

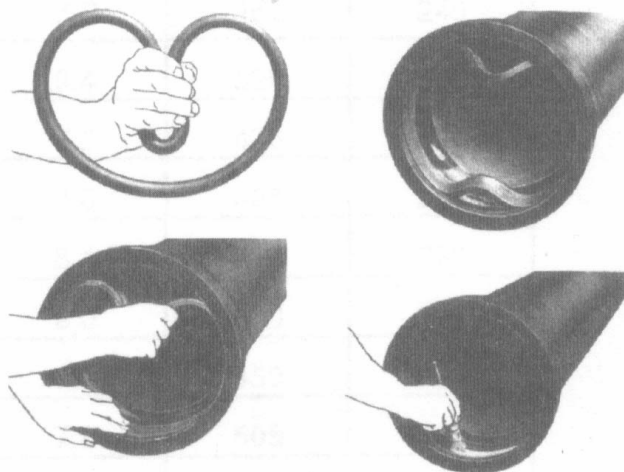


Рисунок 28 Схема укладки уплотнительного резинового кольца.

Внутренняя поверхность уплотнительного резинового кольца покрывается смазкой. Следует избегать стекания смазки под наружную поверхность уплотнительного резинового кольца.

Монтируемая труба подается к ранее уложенной трубе, центрируется по конусной поверхности уплотнительного резинового кольца и с помощью монтажного приспособления или ломика (при малом диаметре труб) вводится в раструб до специальной метки. Схемы монтажных приспособлений для соединения труб приведены на рисунке 32.

При снятии усилия монтажного приспособления гладкий конец смонтированной трубы должен войти в раструб на расстояние не менее величины «х» и не более величины «у», указанных в таблице 32. Расстояние от торца раструба до торца резинового кольца должно быть одинаковым по всему периметру. Правильность установки уплотнительного резинового кольца в раструб проверяется специальным щупом (рис.26). Неравномерное расстояние свидетельствует о выталкивании кольца из паза раструба, и монтаж следует повторить, так как этот стык при гидроиспытании даст течь.

При монтаже труб под соединение «ВРС», после их стыковки необходимо:

- вставить правый стопор в выемку раструба и продвинуть его вправо до упора;
- вставить левый стопор в выемку раструба и продвинуть его влево до упора;
- вставить резиновый фиксатор между установленными стопорами*.

Для облегчения установки стопоров допускается производить их монтаж без снятия усилия монтажного приспособления.

Уложенный трубопровод с соединением «ВРС» имеет возможность осевого удлинения в каждом стыке за счет технологического зазора между наплавленным валиком и приливом в раструбной части трубы.

При требовании абсолютно исключить удлинение необходимо растягивать трубопровод при прокладке по участкам с помощью канатной тяги.

При использовании для монтажа трубопровода труб немерной длины (менее 6 м), их гладкие концы необходимо предварительно отрезать до требуемой длины и обработать ручной шлифовальной машиной, с целью приведения величины наружного диаметра к требованиям технических условий (см. п.7.1). В этом случае для труб под соединение «ВРС» наплавленный валик, отрезанный вместе с патрубком, можно заменить использованием специального приспособления (хомуты с болтовым соединением), показанного на рисунке 29.

* При использовании левого стопора со стопорной проволокой, после его установки вогнуть стопорную проволоку внутрь выемки раструба.

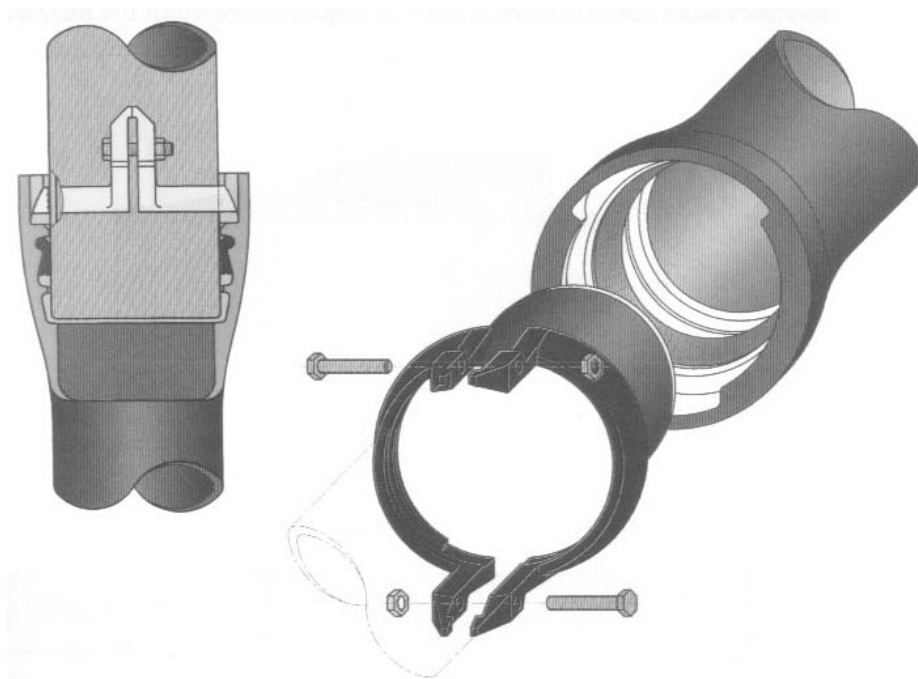
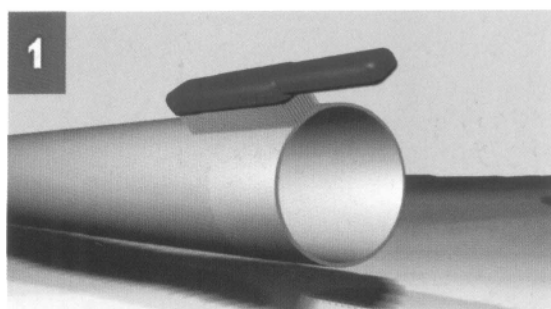


Рисунок 29 Специальное приспособление, заменяющее наплавленный валик.

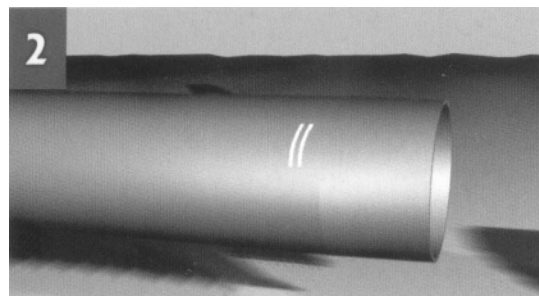
Уложенные трубы, при необходимости, можно разъединить. Трубы вытягивают с помощью реечного домкрата и составной обоймы. Для разъединения труб под соединение «ВРС» необходимо предварительно удалить стопора. В случае повторного соединения труб следует использовать новое уплотнительное резиновое кольцо.

При укорачивании труб на стройплощадке необходимо на гладком конце выполнить фаску $5 \times 30^\circ$.

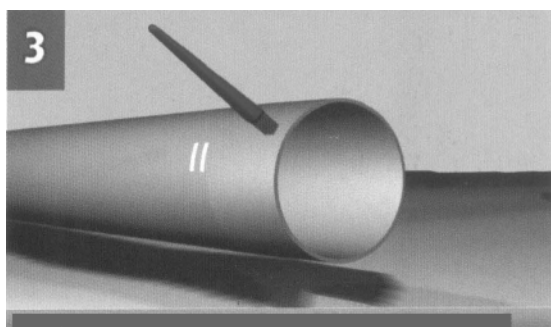
Монтаж трубопровода следует производить методом последовательного наращивания из одиночных труб непосредственно в проектом положении трубопровода (на дне траншеи).



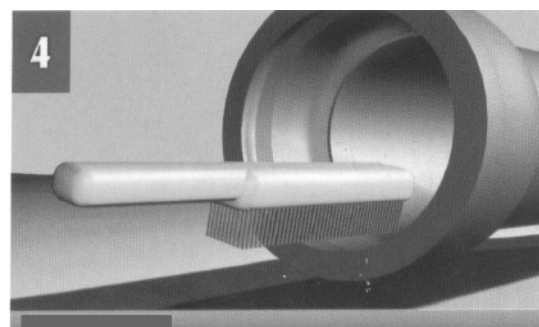
Очистка гладкого конца



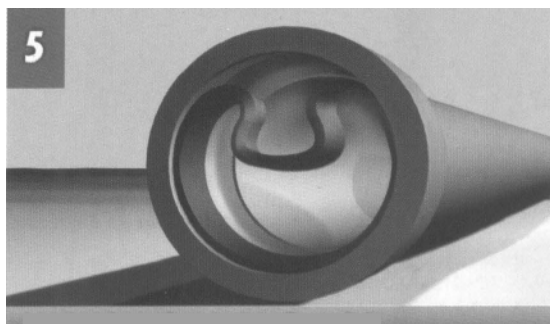
Нанесение линии ограничения на гладком конце трубы



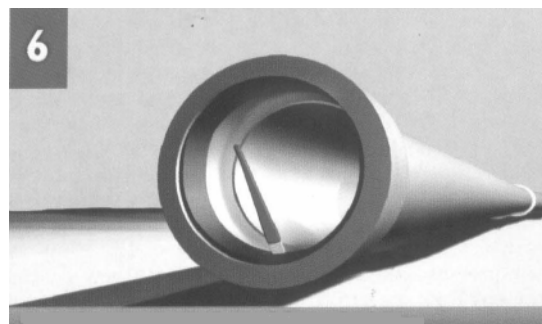
Смазка наружной поверхности гладкого конца трубы



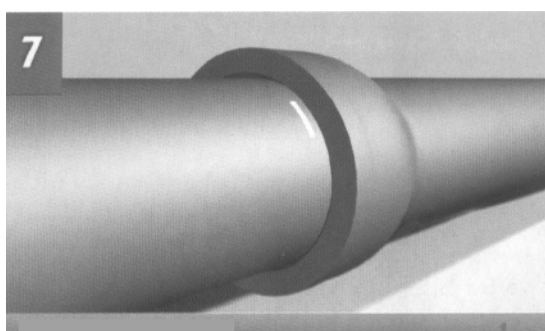
Очистка раструба



Установка уплотнительного резинового кольца в раструб



Смазка внутренней поверхности уплотнительного резинового кольца

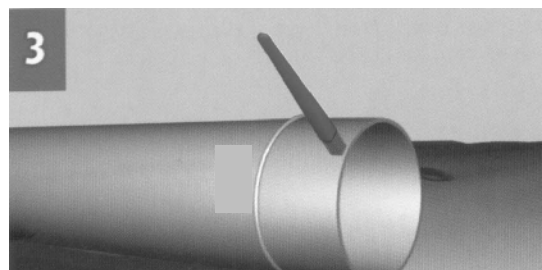


Смонтированное соединение

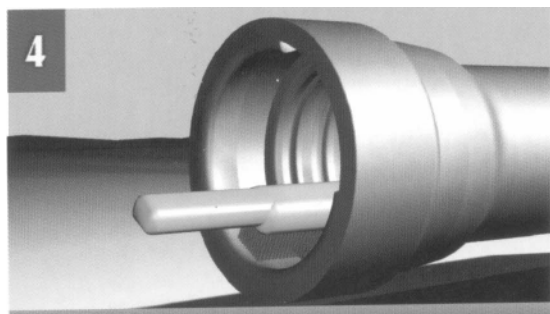
Рисунок 30 Порядок монтажа труб под соединение «Тайтон».



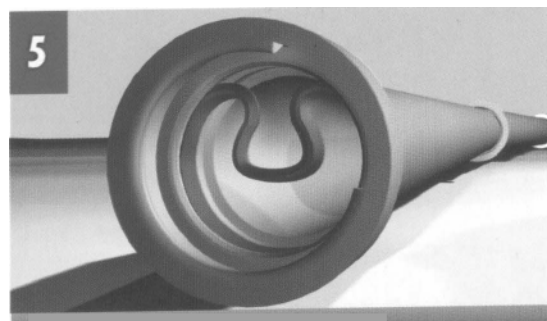
Очистка гладкого конца



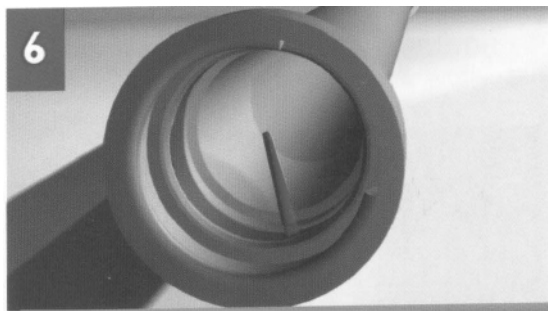
Смазка наружной поверхности гладкого конца трубы



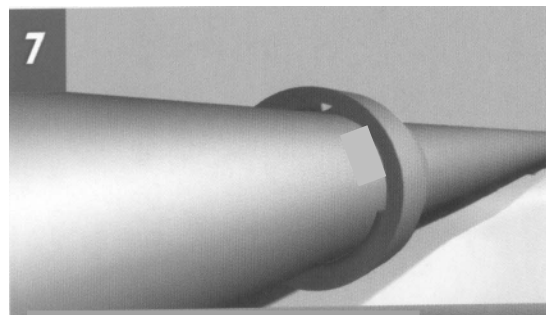
Очистка раструба



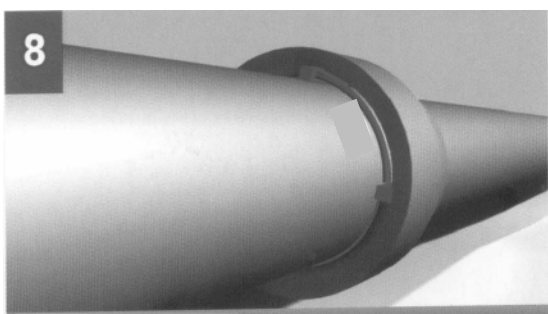
Установка уплотнительного резинового кольца в раструб



Смазка внутренней поверхности уплотнительного резинового кольца



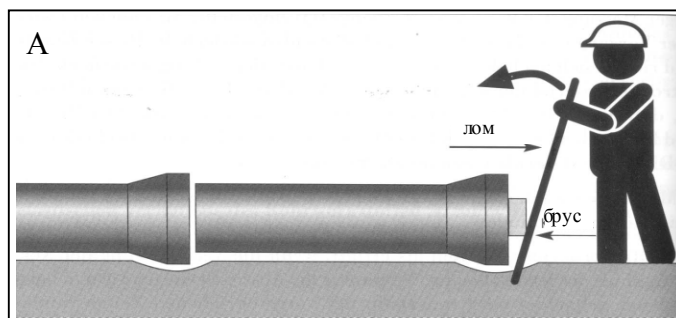
Стыковка труб и установка стопоров



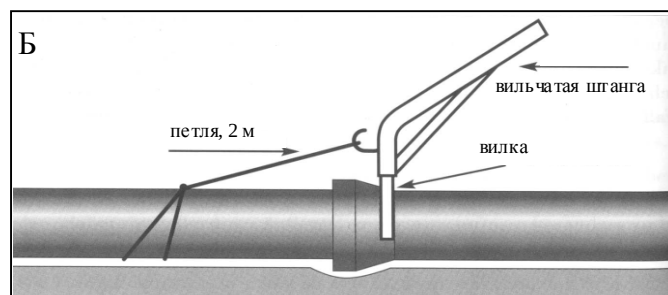
Смонтированное соединение

Рисунок 31 Порядок монтажа труб под соединение «ВРС».

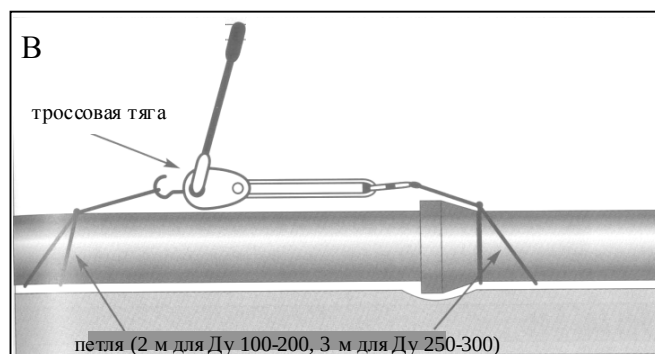
6.1.4 Оборудование для укладки труб



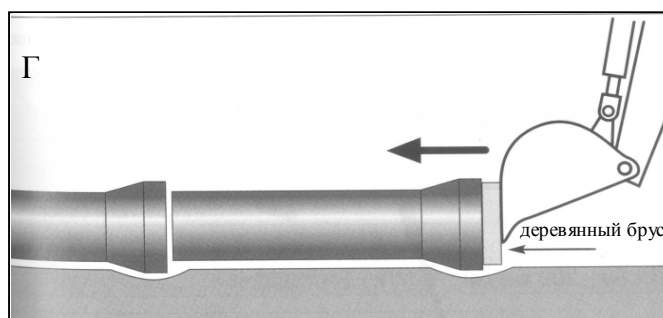
а) при помощи лома и деревянного бруса



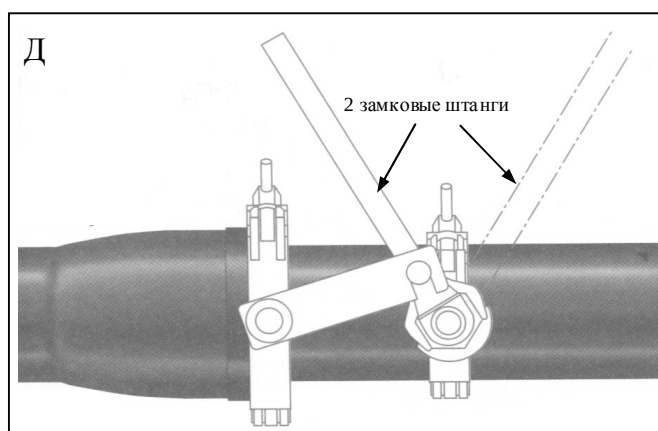
б) при помощи петли и вилочной штанги



в) при помощи петли и тросовой тяги



г) при помощи экскаватора и деревянного бруса



д) при помощи двух замковых штанг (монтажно-демонтажное приспособление)

Рисунок 32 Типы приспособлений для монтажа и демонтажа труб.

6.1.5 Надевание полиэтиленового рукава

Покрывание труб полиэтиленовой пленкой выполняется во время монтажа трубопровода, непосредственно перед его укладкой в землю, и заключается в надевании на трубы полиэтиленовых рукавов в виде цилиндров, подогнанных до плотного прилегания к поверхности трубопровода.

Полиэтиленовое покрытие применяется в дополнение к основному внешнему покрытию труб (цинковое, битумное) в ряде случаев, когда отмечается повышенная коррозионность почвы или в ней присутствуют блуждающие (наведенные) токи.

Размеры полиэтиленового рукава для труб различных диаметров указаны на рисунке 33 и в таблице 33.

Последовательность проведения работ по нанесению полиэтиленовой пленки на трубы при прокладке в траншеях, расположенных выше уровня грунтовых вод изложена в таблице 34.

Перед укладкой труб в траншеи, расположенные ниже уровня грунтовых вод, трубы должны быть уже полностью изолированы полиэтиленовым рукавом. Последовательность проведения работ по нанесению полиэтиленовой пленки на трубы при прокладке в траншеях, расположенных ниже уровня грунтовых вод, изложена в таблице 35.

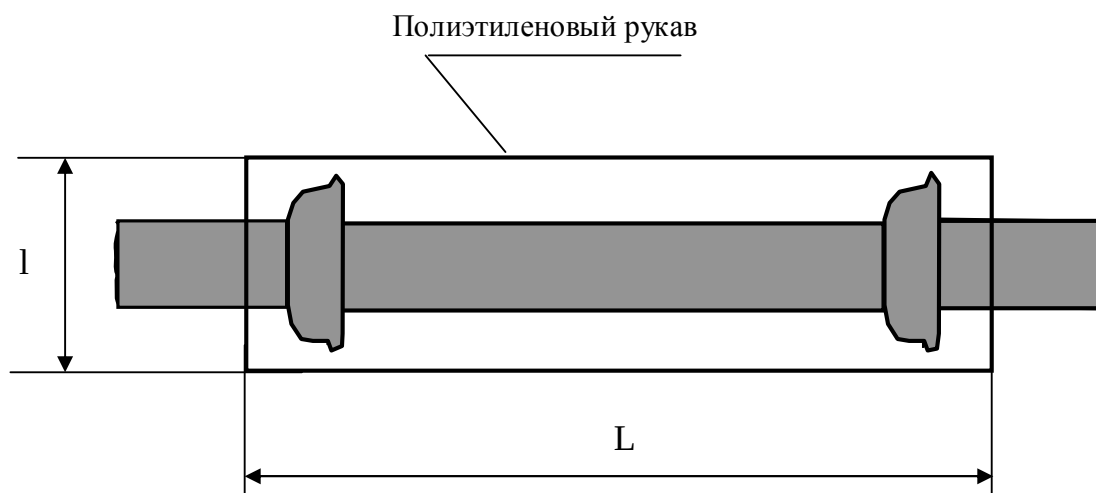


Рисунок 33 Полиэтиленовый рукав для труб.

Таблица 33 Размеры полиэтиленового рукава.

Условный проход трубы, мм	L, мм	l*, мм
100	6600	300
150	6600	400
200	6600	600
250	6600	600
300	6600	800
350	6600	850
400	6600	950
500	6600	1150
600	6600	1300
700	6600	1600
800	6600	1800
900	6600	2200
1000	6600	2200
* – ширина рукава в плоском (сложенном вдвое) состоянии		

Таблица 34 Покрывание труб полиэтиленовой пленкой (для траншей, расположенных выше уровня грунтовых вод)

№ п/п	Рисунок	Порядок проведения работ
1		Отрежьте кусок полиэтиленового рукава примерно на 60 см длиннее трубы. Удалите все куски глины, грязи, окалины и других материалов, которые могли скопиться на поверхности трубы в течение ее хранения. Натяните полиэтиленовый рукав на трубу, начиная с гладкого конца. Собирайте рукав в «гармошку» на гладком конце трубы.
2		На дне траншеи, в месте предполагаемого расположения раструба выкапывается углубление для обеспечения одевания рукава. Опустите трубу в траншею и смонтируйте ее с ранее установленной трубой.
3		Поместите трос у раструба трубы и приподнимите ее, чтобы обеспечить достаточное пространство для одевания рукава между поверхностью траншеи и трубой. Растяните рукав по всей длине трубы. Необходимо обратить внимание на то, чтобы между трубой и полиэтиленовым рукавом не попало грязи или других посторонних предметов.
4		Натяните на место соединения труб полиэтиленовый рукав от предыдущей трубы трубопровода и закрепите его на гладкой части монтируемой трубы. Обратите внимание, рукав нужно закрепить с помощью скотча, шнура, пластиковых стяжек или любого другого материала, который может легко и плотно облегать трубу.
5		Натяните рукав монтируемой трубы на раструб предыдущей трубы трубопровода и закрепите его позади раструба.
6		Устраните провисание рукава по всей длине трубы. Для этого излишний полиэтилен необходимо завернуть сверху трубы.
7		Закрепите складку полиэтиленового рукава в нескольких местах по длине трубы (примерно через каждый метр).
8		Заделайте все порывы, разрывы и другие дефекты рукава с помощью липкой ленты.
9		Осторожно засыпьте трубу. Для предотвращения повреждения во время засыпки обеспечьте достаточно свободного пространства внутри рукава в месте соединения труб одной с другой. В грунте, которым засыпается труба, не должно быть острых предметов, которые могут повредить полиэтиленовый рукав. Избегайте повреждения рукава при тромбовании грунта.

Таблица 35 Покрывание труб полиэтиленовой пленкой
(для траншей, расположенных ниже уровня грунтовых вод).

№ п/п	Рисунок	Порядок проведения работ
1		Отрежьте кусок полиэтиленового рукава примерно на 60 см длиннее трубы. Удалите все куски глины, грязи, окалины и других материалов, которые могли скопиться на поверхности трубы в течение ее хранения. Натяните полиэтиленовый рукав на трубу, начиная с гладкого конца. Соберите рукав в «гармошку» на гладком конце трубы.
2		Растяните рукав по всей длине трубы так, чтобы с обеих сторон трубы оставался рукав длиной порядка 30 см.
3		Заверните излишнюю полиэтиленовую пленку сверху трубы (как указано п.6, таблицы 35, но не очень плотно). Рукав крепится поперечными нахлестами липкой ленты с расстоянием между собой около 60 см. Концы рукава остаются свободными, у концов трубы рукав крепится круговым наложением липкой ленты или пластикового жгута.
4		Опустите трубу в траншею и соедините ее с другой трубой. Затем необходимо покрыть полиэтиленовой пленкой соединение труб (как описано в п.п. 4, 5 таблицы 35). Нахлесты рукава закрепляются круговым наложением липкой ленты или пластикового жгута. Затем необходимо выполнить действия, указанные в п.п.8, 9 таблицы 35.

6.1.6 Засыпка трубопроводов

Засыпка трубопроводов (рис. 34) должна осуществляться в два приема – частичная засыпка до предварительного испытания и окончательная засыпка после предварительного гидравлического испытания. Частичная засыпка трубопровода производится для предотвращения перемещения труб под воздействием давления во время предварительного гидравлического испытания.

Частичная засыпка траншеи производится в следующем порядке: предварительно проводится подбивка пазух и частичная засыпка труб грунтом, не содержащего включений размером свыше $\frac{1}{4}$ диаметра труб на высоту 0,2 м над верхом трубы. Во время засыпки производится равномерное послойное уплотнение грунта с обеих сторон трубы до проектной плотности. Пряжки и стык должны быть открыты:

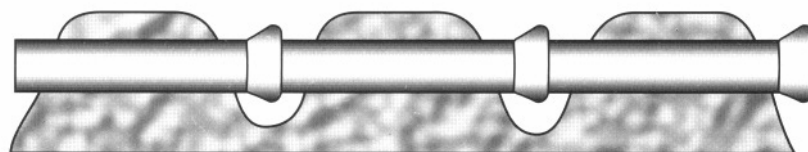


Рисунок 34 Порядок засыпки траншеи.

Окончательная засыпка траншеи производится после предварительного испытания трубопровода. Предварительно присыпаются пряжки и стыки с тщательным уплотнением грунта.

6.2 Другие виды укладки трубопроводов

6.2.1 Поверхностная укладка труб

Поверхностная укладка труб предполагает определение:

- системы поддержки;
- компенсации температурных расширений (удлинения);
- укрепления элементов, подверженных влиянию осевого гидравлического давления

Опоры

- одна на трубу;
- опоры располагаются за каждым раструбом (рис. 35);
- постель удобной формы ($\alpha = 120^\circ$ – хорошая мера предосторожности);
- фиксирующий хомут с резиновым покрытием.

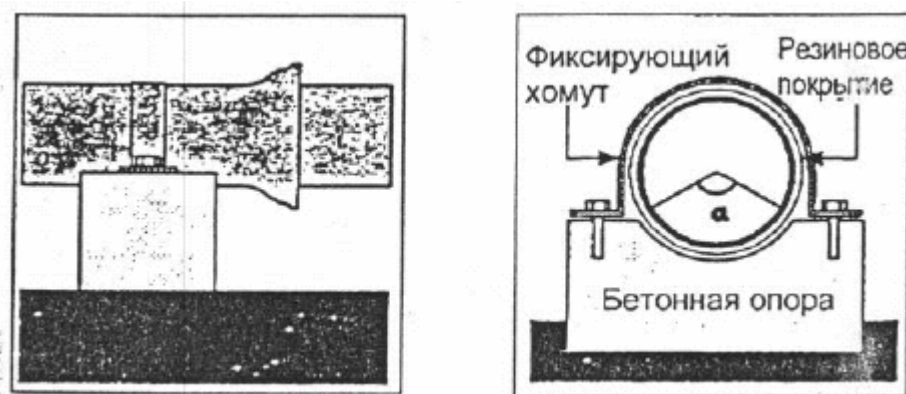


Рисунок 35 Крепление трубопровода к опорам.

Температурное расширение (удлинение)

Преимущество труб ЧШГ является то, что они не требуют установки специальных компенсаторов.

Фиксированные точки: каждый хомут должен быть достаточно затянут, чтобы сформировать фиксированную точку (используйте хомуты соответственной ширины).

Компенсация расширений (удлинения) показана на рисунке 36: стыковые соединения между опорами выступают в роли компенсаторов, поглощая увеличения длины трубы (в допустимых пределах).

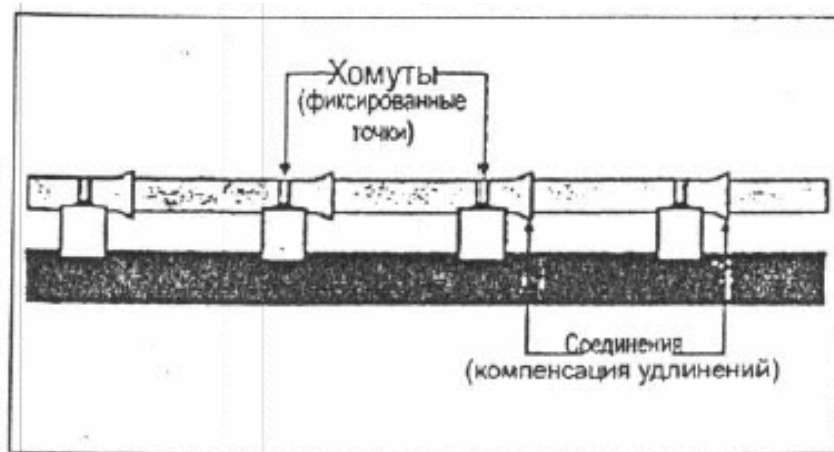


Рисунок 36 Компенсация расширений.

Укрепление

Любой элемент, подверженный влиянию осевого гидравлического давления (повороты, тройники, переходы), должен быть стабилизирован при помощи укрепительного блока.

Изменения направления с поворотами большого радиуса могут быть осуществлены при помощи простого изгиба соединений (в определенных пределах). В этом случае особое внимание следует уделить промежуточным укреплениям используемых труб, компенсируя силы гидравлического осевого давления в точках изгиба соединений.

Рекомендуется также ввести некоторый коэффициент безопасности при определении размеров опор (промежуточных опор и хомутов), в целях компенсации гидравлических сил, возникающих из-за любого смещения труб (см. рис. 37).

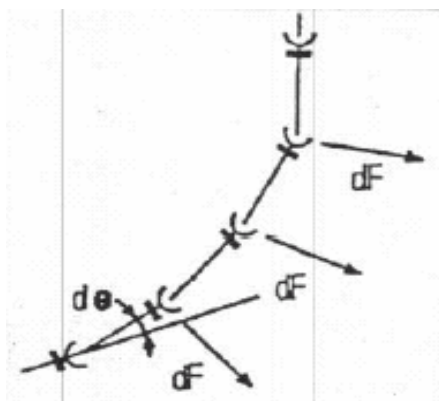


Рисунок 37

Гидравлические силы, возникающие при смещении труб.

6.2.2 Бестраншейная прокладка трубопроводов

Горизонтально направленное бурение (ГНБ) – технология, не требующая прокладывания траншей, и обеспечивающая альтернативную прокладку трубопроводов. Она имеет преимущества перед традиционным методом открытой разработки.

ГНБ может осуществляться с небольшими повреждениями поверхности, требует меньше рабочего пространства, осуществляется гораздо быстрее, чем традиционный метод прокладки трубопроводов. Наряду с оперативностью и экономичностью технологии бестраншейной прокладки трубопроводов (в том числе и ГНБ) отличаются высоким качеством и возможностью выполнения работ в местах, где традиционные методы не применимы. Немаловажным фактором остаётся и экологическая сторона применения подобных технологий.

Прокладка трубопроводов из труб ВЧШГ с помощью технологии ГНБ может применяться как для новых, так и для замены уже существующих трубопроводов.

Данная технология становится все более и более распространенной и, возможно, одной из самых быстрорастущих технологий бестраншейной прокладки трубопроводов на сегодняшний день.

Технология прокладки

ГНБ - технология бестраншейной прокладки трубопроводов, представляющая собой сверление небольшого направляющего отверстия с использованием технологии слежения и управления сверлом с поверхности.

Сущность метода состоит в использовании специальных буровых станков (буров, штанг), которые осуществляют предварительное (пилотное) бурение по заранее рассчитанной траектории с последующим расширением скважины и протаскиванием в образовавшуюся полость трубопроводов.

При необходимости изменение направления бурения достигается с помощью определенной конструкции буровой головки.

Направляющая скважина располагается от поверхности земли под углом 8°- 20° и, достигнув необходимой глубины, переходит в горизонтальное положение. Обычно применяется сверление скважин с постепенным изгибанием или почти прямым выравниванием, чтобы свести к нулю трение и не допускать выхода за пределы допустимого прогиба соединения и допустимого радиуса кривизны трубы. Это уменьшает возможность «подвешивания» трубопровода или его повреждения.



Рисунок 38 Прокладка трубопровода методом горизонтально направленного бурения.

Прокладка трубопроводов по технологии ГНБ (рис.38) осуществляется в три этапа:

- 1) бурение пилотной скважины на заданной проектом траектории;
- 2) последовательное расширение скважины;
- 3) протягивание трубопровода.

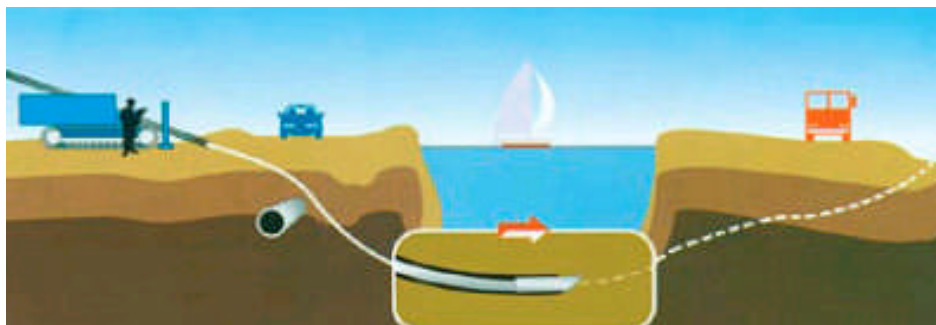


Рисунок 39 Бурение пилотной скважины.

Бурение пилотной скважины (рис. 39) — особо ответственный этап работ в бестраншейной прокладке методом горизонтально направленного бурения (ГНБ) сетей, от которого во многом зависит конечный результат. Оно осуществляется при помощи породоразрушающего инструмента — буровой головки со скосом в передней части и встроенным передатчиком сигнала местонахождения буровой головки.

Буровая головка соединена, посредством полого корпуса, с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной скважины и обходить выявленные препятствия в любом направлении в пределах естественного изгиба протягиваемой рабочей нити. Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который закачивается в скважину и образует суспензию с размельченной породой. Буровый раствор уменьшает трение на буровой головке и штанге, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, разрушает породу и отчищает скважину от ее обломков, вынося их на поверхность. Контроль за местом нахождения буровой головки осуществляется с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика.

На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении, угле, азимуте буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой установки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траекто-

рии строящегося трубопровода проектной и минимизируют риск излома рабочей нити. При отклонении буровой головки от проектной траектории оператор останавливает вращение буровых штанг и устанавливает скос буровой головки в нужном положении. Затем осуществляется задавливание буровых штанг, устанавливается скос буровой головки в нужном положении с целью коррекции траектории бурения. Строительство пилотной скважины завершается выходом буровой головки в заданной проектной точке.

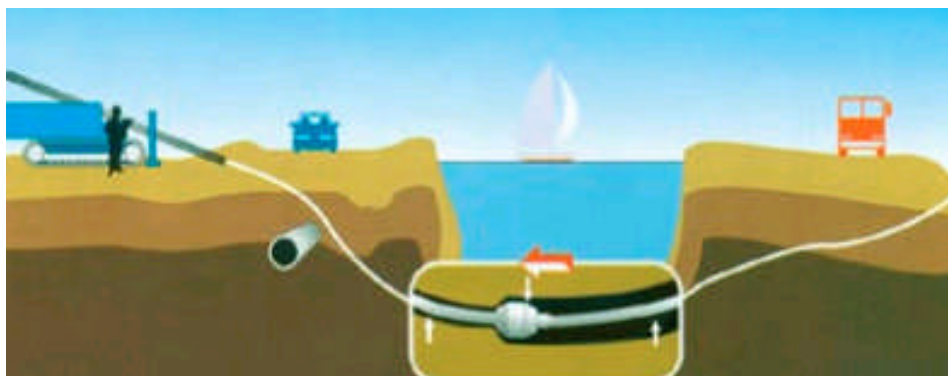


Рисунок 40 Расширение скважины.

Расширение скважины (рисунок 40) осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется риммер — расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением риммер протягивается через створ скважины в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра (рис. 41). Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 25-30% превышать диаметр трубопровода.

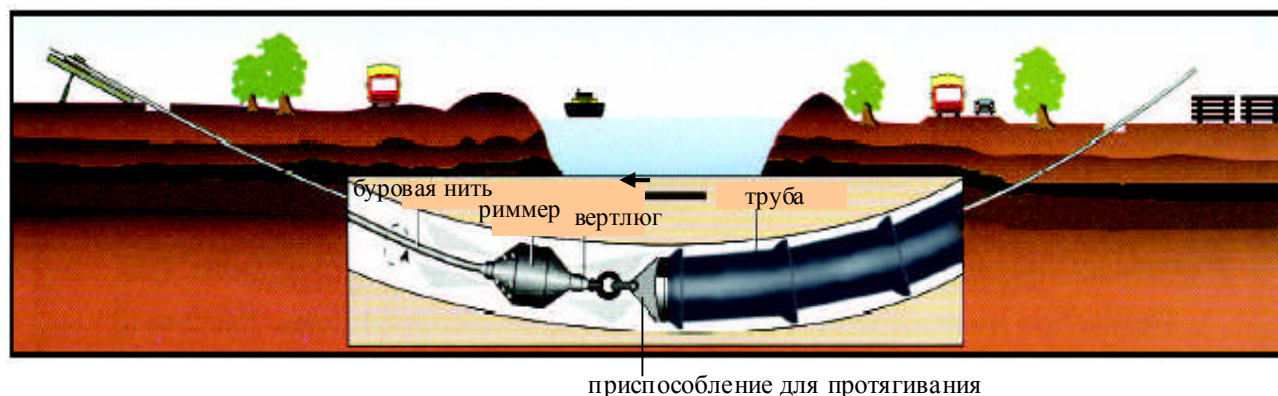


Рисунок 41 Протягивание трубопровода.

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая плеть трубопровода. К переднему концу плети (раструбу первой трубы) крепится приспособление для протягивания труб (рис. 42) с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом и риммером. Вертлюг вращается с буровой нитью и риммером, и в тоже время не передает вращательное движение на трубопровод. Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть протягиваемого трубопровода по проектной траектории.



Рисунок 42 Приспособление для протягивания труб.



Рисунок 43 Покрытие труб полиэтиленовым рукавом.

Технология ГНБ уникальна тем, что она позволяет изменять при необходимости направление прокладки, в любом направлении, огибая на своем пути различные препятствия (действующие или брошенные подземные коммуникации или другие сооружения).

Если почва или буровой раствор могут вызвать коррозию труб, то требуется их защита. Надежной защитой в этом случае является покрытие трубопровода полиэтиленовым рукавом (рис. 43).

Полиэтиленовый рукав крепится поперечными нахлестами липкой ленты с расстоянием между собой около 60 см. Чтобы обезопасить полиэтилен в местах соединений, на оба конца соединения труб плотно наматывается пластиковая соединительная лента.

Прокладка труб обычно начинается от площадки, где приготовлена конструкция, непосредственно граничащая с местом входа для протягиваемых труб (рис. 44). Это позволяет немедленно поместить трубу в скользкий смазывающий раствор для бурения без протаскивания трубы по земле, т.к. это может повредить полиэтиленовый рукав.

Буровой раствор

Большинство установок ГНБ работает с буровым раствором. В качестве бурового раствора применяется вода, растворы бентонита или полимеров. В большинстве случаев буровой раствор представляет собой суспензию из воды и бентонита (высококачественной глины), а также, в случае необходимости, натуральных присадок, улучшающих технологические свойства.

Распространенный состав бентонита, который можно привести в качестве примера, таков:

SiO ₂	около	57%
Al ₂ O ₃	около	21%
Fe ₂ O ₃	около	5%
TiO ₂	около	1%
K ₂ O	около	1%
Na ₂ O	около	3%
CaO	около	4%
H ₂ O	около	8%

Удельный вес сухого бентонита составляет около 2,3 кг/л. Значение pH 6-процентной суспензии лежит между 8-9.

Ниже перечислены принципиально важные функции бурового раствора, используемого при ГНБ:

- смазка образующейся скважины для уменьшения трения между буровой головкой и стенкой скважины;
- укрепление скважины, особенно в рыхлой или мягкой почве за счет создания фильтра с низкой водопроницаемостью и положительного гидравлического давления на стенки скважины, предотвращение обвалов;

- предотвращение образования пластовых жидкостей (например, грунтовых вод) и попадания их в скважину;
- удаление отходов бурения;
- увлажнение режущей головки во время бурения;
- охлаждение инструмента для сверления скважин.



Рисунок 44 Входное отверстие для ГНБ и циркуляционный насос для бурового раствора.

Для ГНБ выбор смеси бурового раствора и давления подачи в значительной степени зависят от типа почвы. Почвы могут быть определены как крупно комковатая (песок и гравий) и мелкозем (глина, ил/мелкозем и сланец). В общем случае, для крупно комковатой почвы используется бентонит, а для мелкозема – рекомендуются полимеры (возможно добавленные к бентонитовой основе). В зависимости от особенностей конкретного проекта требуемые характеристики бурового раствора могут быть изменены за счет корректировки его состава.

Точный контроль технологических параметров бурового раствора, таких как вязкость, насыщенность буровой мелочью, имеет большое значение на каждом этапе работы.

Буровой раствор приготавливается в специальных смесительных устройствах. Поступающий из скважины отработанный буровой раствор проходит очистку от буровой мелочи в фильтровальных установках. Затем в него по мере необходимости добавляется бентонит, и раствор снова используется в процессе бурения, что образует замкнутый цикл.

Процесс очистки бурового раствора состоит, как правило, в прохождении им последовательных ступеней фильтрации и отделения различных фракций буровой мелочи. Фильтровальная установка может состоять, например, из вибросита, отделителей песка и ила. Насыщенность бурового раствора буровой мелочью не должна превышать 30% . Только в этом случае может быть гарантировано отсутствие чрезмерной седиментации (центробежного осаждения) при извлечении раствора из скважины.

По завершении буровых работ оставшийся буровой раствор может быть использован на других объектах горизонтального бурения. В рекомендуемых пределах отработанный буровой раствор может быть использован также на сельскохозяйственных площадях для улучшения структуры почв (например, песчаных). Он может и просто отправляться на свалки, хранилища.

Методы установки для ГНБ

Прокладка труб с помощью технологии ГНБ включает в себя сохранение в не закупоренном состоянии прохода скважины, через которую насколько возможно быстро протягиваются трубы.

Бестраншейная прокладка трубопроводов методом ГНБ выполняется двумя методами:

1) Картриджный метод (рис. 45).

Картриджный метод включает в себя последовательное соединение труб во время прокладки и предпочтителен, когда прямой или изогнутый участок трубопровода ограничен. Данный метод прокладки требует значительно меньше места для прямых участков трубопровода, чем сборочный метод (метод линейной конструкции).



Рисунок 45

Картриджный метод укладки труб.

2) Метод линейной конструкции (рис. 46).

Данный метод представляет собой протягивание через направляющую скважину уже соединенного трубопровода. При использовании данного метода необходимо располагать достаточно большим пространством, которое позволило бы сначала расположить трубы над землей (в основном на роллерах) в непосредственной близости от направляющей скважины.



Рисунок 46

Метод линейной конструкции.

Рекомендуемые типы соединений

Для прокладки труб из ВЧШГ методом ГНБ необходимо использовать гибкие соединения. Эти соединения обеспечивают хорошее распределение осевой нагрузки или тянущего усилия вокруг раструба и ствола трубы и в состоянии выдерживать большое тяговое усилие, чем другие виды соединений труб. Они так же имеют свободное допустимое отклонение со-

единения с одновременным ограничением соединения и быстро и легко собираются для картриджного метода установки, когда изогнутый или прямой участок трубопровода ограничены. Один из рекомендуемых типов соединения для ГНБ - «ВРС» показан на рисунке 47.

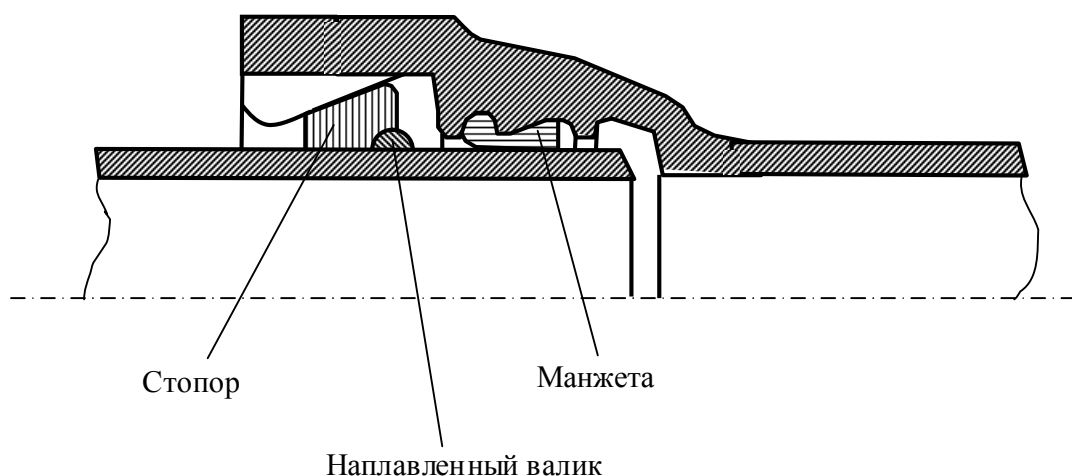


Рисунок 47 Соединение труб «ВРС».

Радиус отклонения

Подготовленная строительная площадка и трасса для бурения должны быть спроектированы так, чтобы допустимое отклонение труб из ВЧШГ, указанное производителем, при монтаже труб не превышало максимального (табл. 36).

Обычно плотное горизонтальное сверление прохода скважины хорошо ограничивает боковое движение труб и соединений. В отличие от сварных трубопроводов замковые соединения труб из ВЧШГ для ГНБ – подвижны. При правильно выбранном радиусе изгиба скважины для труб из ВЧШГ, благодаря изгибающему моменту, прикладываемая тянущая нагрузка создает минимальное, или вообще не создает, дополнительного растяжения для стенок труб из ВЧШГ.

Рекомендуется делать радиус поворота посредством нескольких вытягиваний вдоль оси с тем, чтобы не допустить возможности чрезмерного прогиба соединения и превышения максимальной силы натяжения.

Таблица 36 Минимальный радиус закругления.

Максимально допустимое сгибание соединений, градусы	Минимально допустимый радиус закругления для трубы длиной 6000 мм, м
3,00	115,8
3,25	107,3
3,50	100,6
3,75	93,0
4,00	86,9
4,25	82,3
4,50	77,7
4,75	73,5
5,00	70,1

Тяговое усилие

На сегодняшний день, установки для ГНБ способны производить большое тяговое усилие, которое должен выдерживать трубопровод при протягивании.

Величина нагрузки, которую способны выдерживать трубы ВЧШГ, при воздействии максимальной тяговой силы приведена в таблице 37.

Таблица 37 Нагрузка разрушения соединения и максимальное тяговое усилие.

Ду, мм	Нагрузка разрушения соединения при прямолинейном протягивании труб, кН (лабораторные данные)	Максимальное тяговое усилие при протягивании труб, кН (данные фирмы «DIPRA» США)
100	237,9	44,5
150	342,8	89,0
200	470,0	133,4
250	626,1	200,2
300	788,7	266,9
350		288
400		376
500		589

Заключение

Успешные прокладки труб с помощью технологии ГНБ подтвердили приемлемость замковых соединений для этих целей.

Преимущества использования замкового соединения труб из ВЧШГ для установки методом ГНБ включают в себя:

1. Высокие темпы производства работ (быстрая, легкая сборка конструкций; значительное снижение объемов земляных работ).
2. Возможность прокладки «картриджным» методом при ограниченном, изогнутом или прямом участке трубопровода.
3. Отсутствие остаточного изгибающего напряжения в трубе после протягивания, которое может отрицательно сказаться на эксплуатационных качествах трубопровода.
4. Возможность выполнения работ в сложных гидрогеологических условиях.
5. Возможность выполнения работ без остановки движения, сохраняя дорожное покрытие и ландшафт.
6. Точность выполнения работ.
7. Существенное сокращение привлекаемой для производства работ техники и рабочей силы.
8. Значительная прочность материала при протягивании труб, не смотря на внешнюю постоянно действующую и переменную статическую нагрузку.
9. Большой допустимый угол сгибания соединений труб.

6.2.3 Прокладка труб через туннели

Прокладка трубопроводов через туннели включает в себя:

- конструкцию опор (рис. 48);
- компенсацию температурных расширений (удлинения) (рис. 49);
- укрепление элементов, подверженных влиянию осевого гидравлического давления.

Трубы ЧШГ предоставляют простое решение данного вопроса, в особенности тогда, когда из-за стесненности условий затруднено использование габаритного сборочного оборудования.

Опоры

- одна на трубу;
- опоры располагаются за каждым раструбом;
- постель удобной формы ($\alpha = 120^\circ$ – хорошая мера предосторожности);
- фиксирующий хомут с резиновым покрытием.

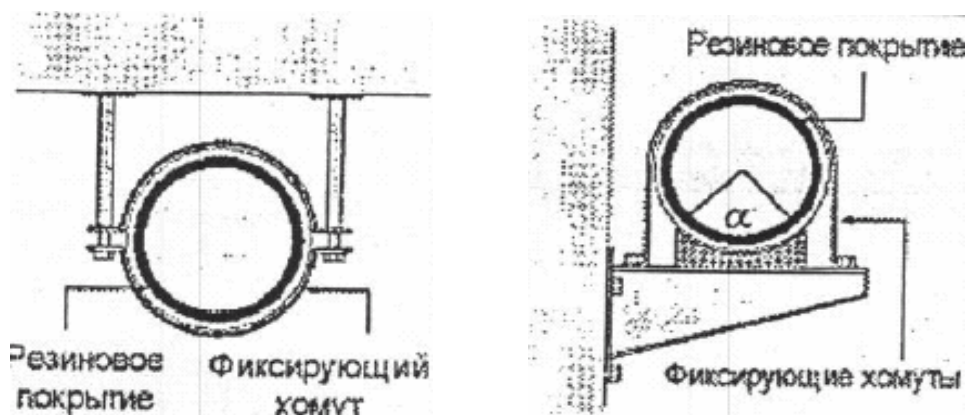


Рисунок 48 Крепление трубопровода в туннеле.



Рисунок 49 Компенсация полного удлинения при прокладке труб в туннеле.

Достоинством магистралей из труб ЧШГ является то, что в применении компенсаторов нет необходимости.

Фиксированные точки: каждый хомут должен быть достаточно затянут, чтобы сформировать фиксированную точку (используйте хомуты соответствующей ширины).

Компенсация расширений (удлинения): стыковые соединения между опорами выступают в роли компенсаторов, поглощая увеличения длины трубы (в допустимых пределах).

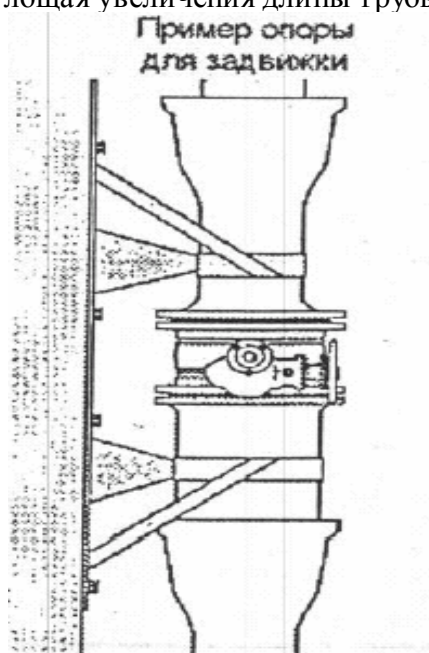


Рисунок 50 Укрепление запорной арматуры трубопровода.

Любой элемент, подверженный влиянию осевого гидравлического давления (повороты, тройники, обратные клапаны) должен быть стабилизирован при помощи укрепительной системы - хорошим методом является жесткая приварка к фиксирующим пластинам (рис. 50).

Изменения направления с поворотами большого радиуса могут быть осуществлены при помощи простого изгиба соединений (в определенных пределах).

В этом случае, особое внимание следует уделить промежуточным укреплениям используемых труб, компенсируя силы гидравлического осевого давления в точках изгиба соединений.

Рекомендуется также ввести некоторый коэффициент безопасности, в целях компенсации гидравлических сил, возникающих из-за любого смещения труб.

6.2.4 Укладка труб – крутой склон

Укладка магистралей из труб ЧШГ на крутых склонах может быть осуществлена двумя способами (рис. 51):

- путем использования бетонного блока в начале укрепленного участка;
- путем использования бетонных блоков для каждой трубы.

Осевая сила



За пределами некоторого угла, силы трения между грунтом и трубопроводом становятся недостаточно, чтобы удержать трубопровод. Поэтому продольное смещение трубопровода под действием силы тяжести необходимо предотвратить при помощи укрепительного блока или усиленного соединения, либо комбинацией из этих двух способов. Проще говоря, установлено, что трубопровод нуждается в укреплении, если наклон превосходит:

- 20% для поверхностных трубопроводов;
- 25% для подземных.

Укрепление каждой трубы



Этот метод подходит для поверхностных трубопроводов.

- Укрепительный блок после каждого раструба.
- Раструбы направлены вверх, так, чтобы упираться на блоки.
- Между задней стенкой раструба и гладким концом трубы оставляется расстояние в 10 мм, в целях компенсации температурных расширений (удлинения).

Рисунок 51 Способы укладки труб на склонах.

6.2.5 Укладка труб по переходам через мосты.

При переходе мостов трубопроводом со стыковыми соединениями необходимо предусмотреть:

- системы поддержки;
- компенсацию температурного расширения трубопровода и моста;
- укрепление узлов, подверженных осевому гидравлическому давлению;
- защиту от замерзания;

Возможны два способа прокладки трубопровода через мост:

- трубопровод, не зависящий от сооружения;
- трубопровод, закрепленный на сооружении.

При укладке труб по переходам через мосты трубы крепятся к конструкции моста хомутами. При этом стыковые соединения труб играют роль компенсаторов удлинения, поглощая изменение длины трубы. Полное удлинение в зависимости от амплитуды компенсируется либо при помощи простого раструбного соединения, если мост достаточно короткий и имеет один пролет, либо при помощи компенсатора соответствующего размера, если концы моста подвижны.

Элементы трубопровода подверженные осевому гидравлическому давлению (фитинги, запорная арматура) должны быть специальным образом укреплены. Опоры должны быть достаточного размера для правильного выравнивания труб, должны противостоять осевому гидравлическому давлению. Необходимо также учесть возможное смещение труб, предусмотрев некоторый коэффициент безопасности при определении размеров опор.

Прокладка трубопровода на независимых от сооружения опорах (рис. 52).

Каждая опора прочно соединяется с трубопроводом и не зависит от движения моста. В данном случае используется скольжение или качение по роликам в зависимости от величины удлинения. При этом силы скольжения опор должны быть совместимы с укрепительными системами:

- одна опора на трубу;
- опоры располагаются за каждым раструбом;
- поддерживающая постель;
- фиксирующие хомуты;
- резиновая защита.

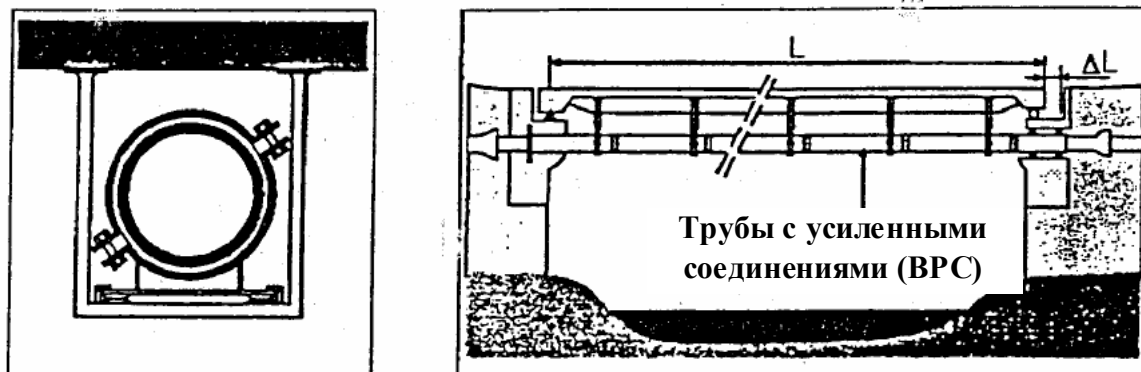


Рисунок 52

Трубопровод, закрепленный независимо от сооружения.

Трубопроводы, прикрепленные к сооружению (рис. 53).

Используются те же принципы:

- одна опора на трубу;
- опоры располагаются за каждым раструбом;
- поддерживающая постель;
- фиксирующие хомуты;
- резиновая защита.

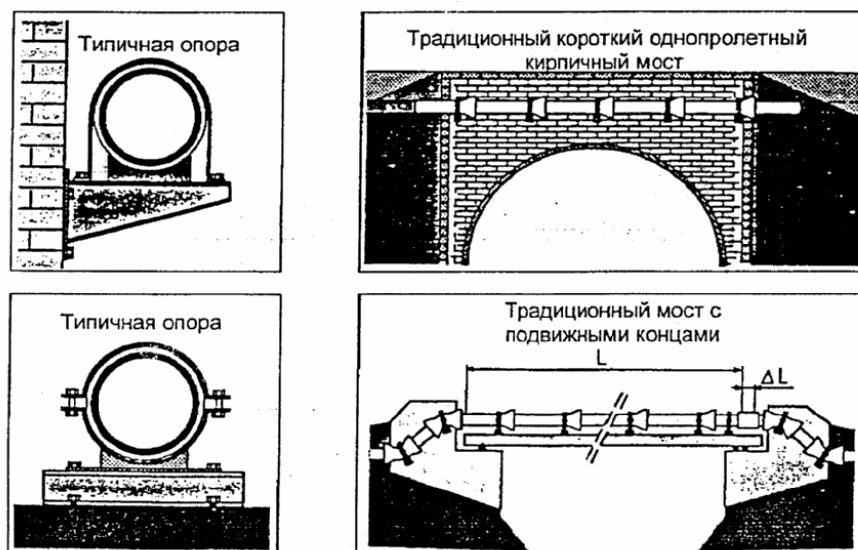


Рисунок 53 Трубопровод, закрепленный на сооружении.

Трубопровод удлиняется и сжимается независимо от моста. Полное удлинение компенсируется компенсатором соответствующего размера на свободном конце трубопровода.

Все элементы, подверженные осевому гидравлическому давлению должны быть укреплены и стабилизированы. Необходимо также учитывать некоторый коэффициент безопасности при определении размеров опор, для компенсации воздействия гидравлических сил, возникающего при смещениях труб.

6.2.6 Укладка труб в кожух

Для укладки в кожух используются трубы с соединением «ВРС».

При укладке трубопровода внутри кожуха необходимо:

- центрирование и направление каждого элемента в пределах кожуха;
- надежное скрепление элементов для протаскивания их через кожух.

Конструкция направляющих и центрирующих трубу элементов (салазки, хомуты) разрабатывается в зависимости от диаметра трубы и размеров раструба.

При этом прочность соединения не должна быть повреждена тяговым усилием (см. таблицу 38).

Таблица 38 Максимальное тяговое усилие.

DN	Максимальное тяговое усилие, кН
100	50
150	97
200	138
250	191
300	261
350	288
400	376
500	589



Порядок прокладки трубопровода (см. рис. 54)

1. Протянуть тянущий трос внутри кожуха.
2. Прикрепить направляющие и центрирующие хомуты за каждым раструбом.
3. Протащить первую трубу внутрь кожуха.
4. Подсоединить вторую трубу и закрепить соединение.
5. Протащить вторую трубу в кожух.
6. Продолжать, пока первая труба не выйдет с другой стороны кожуха.

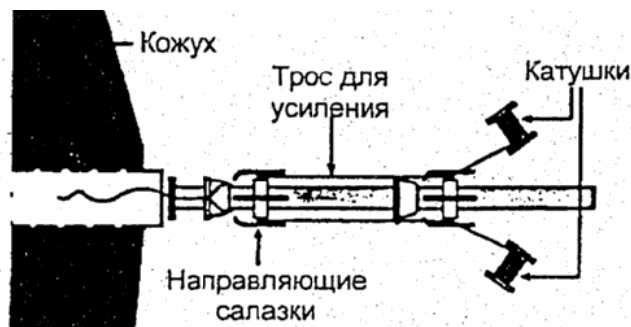


Рисунок 54 Укладка трубопровода в кожух.

Перед подсоединением протянутого через кожух трубопровода к остальной системе он должен быть подвергнут испытанию давлением, аналогичному испытаниям для остального трубопровода.

6.2.7 Укладка труб в подвижных грунтах

При прокладке трубопроводов в условиях местности с неустойчивыми грунтами (возможность осадения, землетрясения) используются трубы под соединение «ВРС». При этом гарантируется невозможность их рассоединения и надёжность в любых условиях эксплуатации.

Монтаж ведётся без специальных опор и бетонных упоров исключая аксиальные нагрузки.

6.3 Гидравлическое испытание

Смонтированный трубопровод подлежит испытанию на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим способом. Предельная длина для испытания за один прием трубопровода из чугунных труб должна быть не более 1 км, при большей длине – участками не более 1 км. Длину испытательных участков трубопроводов при гидравлическом испытании разрешается принимать свыше 1 км при условии, что величина допустимого расхода подкаченной воды должна определяться как для участка длиной 1 км.

Испытание трубопроводов должно проводиться в 2 этапа:

- предварительное испытание на прочность и герметичность, выполняемое после частичной засыпки трубопровода;
- окончательное (приёмочное) испытание на прочность и герметичность, выполняемое после полной засыпки трубопровода.

Оба этапа испытания должны выполняться до установки гидрантов, вантузов, предохранительных клапанов, вместо которых на время испытания следует устанавливать фланцевые заглушки.

Величины внутреннего расчетного давления P_p и испытательного давления P_n для проведения предварительного и приёмочного испытаний напорного трубопровода на прочность должны быть определены проектом и указаны в рабочей документации. В случае отсутствия в проекте указанных величин, величина внутреннего расчетного давления P_p принимается

равной рабочему давлению в трубопроводе, а величина испытательного давления $P_{и} = 1,5 \times P_p$ (но не менее 15 бар).

Величина испытательного давления на герметичность P_r для проведения как предварительного, так и приемочного испытаний напорного трубопровода должна быть равной величине внутреннего расчетного давления P_p плюс величина ΔP , принимаемая в соответствии с таблицей 39 в зависимости от верхнего предела измерения давления, класса точности и цены деления шкалы манометра. При этом величина P_r не должна превышать величины приемочного испытательного давления трубопровода на прочность $P_{и}$.

Оборудование для гидравлического испытания состоит из опрессовочного насоса, манометров, мерного бака или водомера для измерения количества подкачиваемой воды и величины утечки.

На концах испытываемого участка трубопровода устанавливаются заглушки.

На концах трубопровода закрытых заглушками, к началу испытания должны быть установлены временные упоры для восприятия давления воды на заглушки, возникающего при подъеме давления в трубопроводе (рис. 55).

Перед началом проведения гидроиспытания следует проверить и убедиться, что из предъявленного к испытанию трубопровода полностью удален воздух. Наполнять трубопровод водой рекомендуется с более низкой стороны участка. Для удаления воздуха во всех наиболее высоких точках участка трубопровода устраивают воздуховыпускные стояки из труб диаметром 25-50 мм с запорными вентилями, выведенными над уровнем земли.

Таблица 39 ΔP для различных величин внутреннего расчетного давления P_r в трубопроводе.

Р _р , бар	ΔР для различных величин внутреннего расчетного давления Р _р в трубопроводе и характеристик используемых технических манометров											
	верхний предел измерения давления, бар	цена деления, бар	ΔР, бар	верхний предел измерения давления, бар	цена деления, бар	ΔР, бар	верхний предел измерения давления, бар	цена деления, бар	ΔР, бар	верхний предел измерения давления, бар	цена деления, бар	ΔР, бар
	Классы точности технических приборов											
	0,4			0,6			1			1,5		
	до 4,0	6,0	0,02	0,2	6,0	0,05	0,3	6,0	0,05	0,5	6,0	0,1
4,1-7,5	10,0	0,05	0,4	16,0	0,1	0,7	16,0	.0,1	1,0	16,0	0,2	1,4
7,6-12,0	16,0	0,05	0,5	16,0	0,1	0,9	25,0	0,2	1,4	25,0	0,5	2,5
12,1-20,0	25,0	0,1	1,0	25,0	0,2	1,4	40,0	0,5	2,5	40,0	1,0	5,0
20,1-25,0	40,0	0,2	1,4	40,0	0,5	2,5	40,0	0,5	3,0	60,0	1,0	5,0
25,1-30,0	40,0	0,2	1,6	40,0	0,5	2,5	60,0	0,5	3,5	60,0	1,0	6,0
30,1-40,0	60,0	0,2	2,0	60,0	0,5	3,0	60,0	0,5	4,5	60,0	1,0	7,0
40,1-50,0	60,0	0,2	2,4	60,0	0,5	4,0	100,0	1,0	6,0	100,0	2,0	10,0

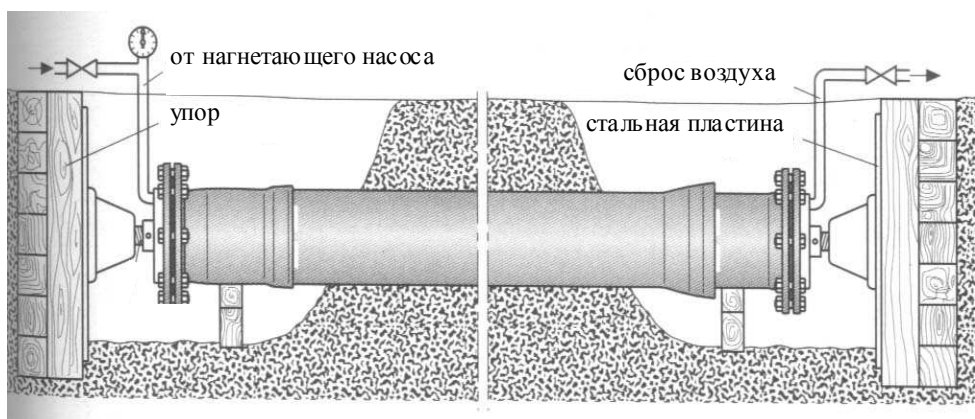


Рисунок 55

Гидравлические испытания трубопровода.

Испытания трубопроводов с внутренним цементно-песчаным покрытием следует начинать после заполнения его водой и предварительной выдержке под давлением (приблизительно 2,0 бар) в течение суток для пропитки пор цементного раствора.

Испытание трубопровода на прочность:

Повышение давления в трубопроводе, при испытании его на прочность, должно производиться ступенями по 3,0-5,0 бар с выдержкой давления на каждой ступени не менее 5 мин. и осмотром труб и стыковых соединений.

При обнаружении утечки во время повышения давления необходимо установить причину нарушения герметичности и принять меры по ее ликвидации. Устранение обнаруженных дефектов трубопровода можно производить после снижения давления в нем до атмосферного.

Категорически запрещается хождение по испытываемому трубопроводу, простукивание, подтягивание болтовых соединений и нахождение рабочих в траншее.

При достижении в трубопроводе испытательного давления $P_{и}$, в течение не менее 10 минут не допускают падения давления больше чем на 1,0 бар, производя дополнительную подкачку воды до $P_{и}$.

Трубопровод считается выдержавшим испытание на прочность, если при достижении испытательного давления в нем не произойдет разрыва труб, нарушения стыковых соединений и при осмотре трубопровода не будет обнаружено утечек воды.

Испытания трубопровода на плотность (герметичность).

Давление в трубопроводе повышают до величины испытательного давления на герметичность $P_{г}$.

Зафиксировать время начала испытания $T_{н}$ и замерить начальный уровень воды в мерном бачке $h_{н}$.

Проводят наблюдения за падением давления в трубопроводе. При этом могут иметь место три варианта падения давления:

- первый – если в течение 10 минут давление упадет не менее чем на два деления шкалы манометра, но не упадет ниже внутреннего расчетного давления $P_{р}$, то на этом наблюдение за падением давления закончить;

- второй – если в течение 10 минут давление упадет менее чем на два деления шкалы манометра, то наблюдение за снижением давления до внутреннего расчетного давления $P_{р}$ следует продолжать до тех пор, пока давление упадет не менее чем на два деления шкалы манометра; при этом продолжительность наблюдения не должна быть более 1 часа. Если по истечении этого времени давление не снизится до внутреннего расчетного давления $P_{р}$, то следует произвести сброс воды из трубопровода в мерный бачок (или замерить объем сброшенной воды другим способом);



- третий - если в течение 10 минут давление упадет ниже внутреннего расчетного давления P_p , то дальнейшее испытание трубопровода прекратить и принять меры для обнаружения скрытых дефектов трубопровода, выдерживая его под внутренним расчетным давлением P_p до тех пор, пока при тщательном осмотре не будут выявлены дефекты, вызвавшие недопустимое падение давления в трубопроводе.

После окончания наблюдения за падением давления по первому варианту и завершения сброса воды по второму варианту необходимо выполнить следующее:

подкачкой воды из мерного бачка давление в трубопроводе повысить до величины испытательного давления на герметичность P_g , зафиксировать время окончания испытания на герметичность T_k и замерить конечный уровень воды в мерном бачке h_k ;

определить продолжительность испытания трубопровода ($T_k - T_n$), мин, объем подкаченной в трубопровод воды из мерного бачка Q (для первого варианта), разность между объемами подкаченной в трубопровод и сброшенной из него воды или объем дополнительно подкаченной в трубопровод воды Q (для второго варианта) и рассчитать величину фактического расхода дополнительного объема вкаченной воды q_n , л/мин, по формуле:

$$q_n = \frac{Q}{T_k - T_n}$$

Напорный трубопровод признается выдержавшим предварительное и приемочное гидравлическое испытания на герметичность, если величина расхода подкаченной воды не превышает величин допустимого расхода подкаченной воды на испытываемый участок длиной 1 км и более указанного в таблице 40.

Таблица 40

Допустимая величина утечки воды.

Условный диаметр трубопровода, мм	Допустимая величина утечки на участок длиной 1000 м, л/мин
100	0,5
150	0,8
200	1,0
250	1,1
300	1,2

Примечание – При длине испытываемого участка трубопровода менее 1 км приведенные в таблице допустимые расходы подкаченной воды следует умножать на его длину, выраженную в км.

7 Ремонт трубопроводов

7.1 Укорачивание трубы

Монтаж трубопровода по определённой траектории обычно требует использования фитингов, а также укорачивания труб на месте укладки. Для гарантированной стыковки труб после отрезки рекомендуется укорачивать на длину до $2/3$ только калиброванные трубы со специальной маркировкой (см. рис. 56), которая указывает на максимально возможную длину отрезания. Калиброванные трубы (количество, номенклатура и вид соединения) поставляются заводом изготовителем по согласованию с покупателем при оформлении заказа.

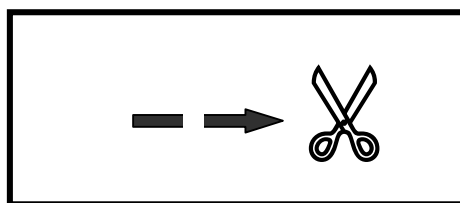


Рисунок 56 Маркировка для калиброванных труб.

Трубы ЧШГ режутся очень легко. Для резки можно использовать дисковую фрезу, а также роликовые резак (рис. 57)

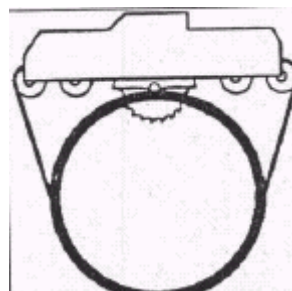
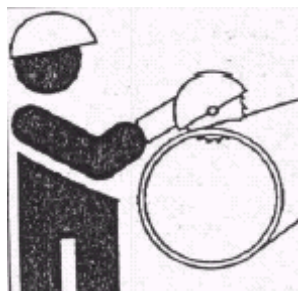


Рисунок 57 Резка трубы.

Процедура резки:

- перед тем, как резать трубу, необходимо измерить ее внешний диаметр в месте разреза, чтобы убедиться, что он соответствует размерам гладкого конца (см. табл.3, 5);
- обрезка трубы с помощью вышеуказанных инструментов;
- снятие фаски. После разрезания и перед сборкой, необходимо с помощью напильника или шлифовальной машины зачистить гладкий конец трубы и снять фаску, чтобы избежать повреждения резинового уплотнительного кольца при монтаже труб. Размеры фаски приведены на рисунке 58.

Dy	Размеры фаски, мм	
	m	n
100-600	9	3
700-1000	15	5

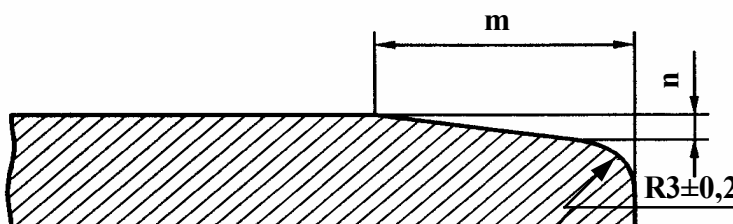


Рисунок 58 Фаска на гладком конце трубы.



7.2 Восстановление окружности трубы

Эллипсность трубы, возникшая в результате транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, может стать причиной невозможности сборки элементов трубопровода.

Величина эллипсности.

$$\% \text{ эллипсности} = \frac{D - d}{D + d} \times 100,$$

где D – максимальное значение диаметра, полученное при измерении гладкого конца трубы;

d – минимальное значение диаметра, полученное при измерении гладкого конца трубы.

Восстановление трубы должно быть выполнено без повреждения целостности внутреннего покрытия.

Восстановление с помощью лебедки

Для работы используются:

- лебедка со стальным тросом;
- седло поддержки с направляющим шкивом для веревки;
- пластина основания с двумя направляющими шкивами.

Оборудование установить на гладкий конец трубы, (рис. 59).

После проведения операции восстановления окружности необходимо убедиться в том, что получена требуемая окружность, что процедура не повредила внутреннее покрытие.

Далее, производить сборку трубопровода, не удаляя оборудования, чтобы избежать влияния упругой деформации трубы.

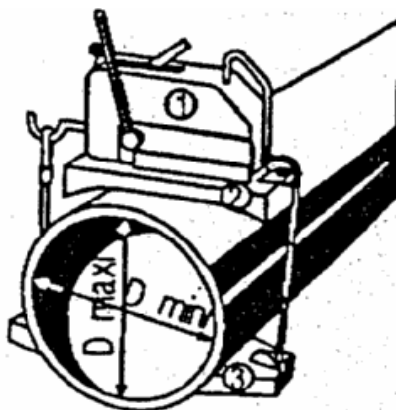


Рисунок 59

Восстановление окружности с помощью лебедки.

Восстановление при помощи гидравлического домкрата

Для работы используются:

- гидравлический домкрат;
- брусок или регулируемая поддержка;
- две покрытые резиной пластины основания соответствующего размера.

Оборудование установить (рис. 60). Отрегулировать поддержку в соответствии с диаметром трубы. Поршень домкрата поднимать, пока гладкий конец трубы не примет форму правильной окружности.

После проведения восстановления убедиться, что операция не повредила внутреннего покрытия трубы. Перед сборкой трубопровода оборудование удалить.

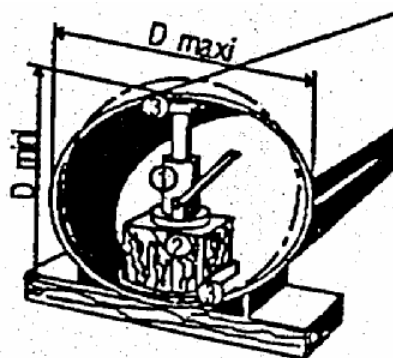


Рисунок 60

Восстановление окружности при помощи домкрата.

7.3 Ремонт внутреннего покрытия

Цементное покрытие может быть повреждено случайно либо в результате грубого обращения. Для восстановления первоначального состояния покрытия требуется выполнение нескольких простых и быстрых операций.

Повреждения, подлежащие восстановлению

Любое случайное повреждение цементного покрытия или повреждение в результате небрежного обращения могут быть восстановлены на месте укладки, если повреждение не слишком серьезное:

- участок меньше, чем $0,1 \text{ м}^2$;
- длина меньше, чем четверть длины окружности трубы;
- нет локальной деформации трубы.

В противном случае, следует отрезать поврежденный участок трубы.

Таблица 41 Состав для ремонта внутреннего ЦПП.

Компоненты	Марка, ГОСТ	Массовая доля компонентов, кг	Масса компонентов на один замес, кг
Портландцемент белый	ПЩБ 500 Д0, ГОСТ 965	1	1
Песок мелкозернистый	Песок для строительных работ, ГОСТ 8736	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3
Вода питьевая	-	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5

Примечание – Мелкозернистый песок получают при просеивании через сито с ячейками размерами 0,20 мм.

Процедура ремонта

Восстановление покрытия должно проводиться в защищенном от мороза месте.

Для проведения ремонта внешнего цементно-песчаного покрытия применяется песчано-цементный раствор согласно таблице 41.

Песок и цемент засыпаются в емкость, перемешиваются вручную лопаткой до получения однородной смеси. В смесь добавляется вода, и раствор перемешивается лопаткой вруч-



ную до получения однородной консистенции, способной ровно укладываться на ремонтируемую поверхность. Наличие комков в растворе не допускается.

Место дефекта смачивается тонким слоем жидкого стекла мягкой кистью.

Раствор наносится в трубу на место дефекта с помощью резиновой перчатки, уплотняется, заглаживается и затем затирается флейцевой кистью. После затирки место дефекта покрывается тонким слоем жидкого стекла.

Для проведения мелкого ремонта (размер дефекта меньше 1,0 см, глубина меньше толщины покрытия) применяется водоцементный раствор.

Вода добавляется в цемент. Раствор вручную перемешивается до получения однородной консистенции, способной ровно укладываться на ремонтируемую поверхность. Наличие комков в растворе не допускается.

Место дефекта смачивается тонким слоем жидкого стекла. Ремонтный раствор наносится в трубу на место дефекта с помощью резиновой перчатки, уплотняется, заглаживается и затирается флейцевой кистью.

Ремонтное покрытие после нанесения и заглаживания должно иметь ровную формообразующую поверхность с прилегающим покрытием, нанесённым методом центрифугирования, не отличаться по цвету.

Место дефекта покрывается тонким слоем жидкого стекла.

После ремонта дефекта покрытия, не допускается наличие остатков ЦПП в раструбе и на наружной поверхности гладкого конца трубы.

7.4 Ремонт внешнего покрытия

Внешнее покрытие труб может быть повреждено в процессе транспортировки, хранения или укладки труб. Оно может быть восстановлено на месте укладки или на складе при помощи битумной краски, с использованием простой операции. Исправлению подлежат не покрытые поверхности трубы, а также участки, имеющие дефекты (вздутия, явно выраженные подтеки). Покрытие должно быть сухим, ровным, без сорности и посторонних включений. Для восстановления покрытия используется краска «Инертол». Процедура исправления:

- для нанесения покрытия производится подготовка поверхности трубы. Отслоения (вздутия), подтеки и другие дефекты покрытия должны удаляться любым способом, обеспечивающим чистоту поверхности от загрязнения и остатков покрытия;

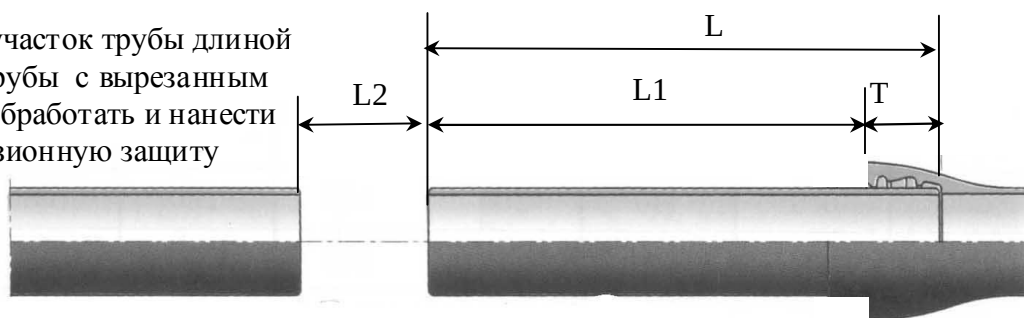
- исправление производят нанесением слоя покрытия вручную кистью или краскопультом;

- слой покрытия наносят перекрывающимися параллельными полосами с перекрытием в одну треть полосы. Для уменьшения разнотолщинности слой покрытия наносят полосами, расположенными перпендикулярно к полосам предыдущего слоя.

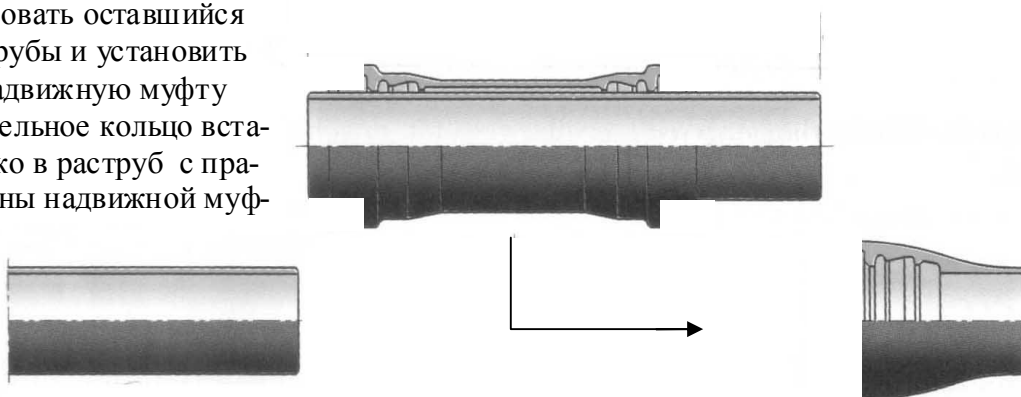
7.5 Сборка с использованием ремонтных частей

В случае небрежного ведения строительно-монтажных работ, несоблюдения требований при транспортировке труб, а также при необходимости временного демонтажа участка трубопровода, предусматривается возможность ремонта трубопровода при помощи фланцевого патрубков, патрубков фланец-раструб, двойного раструба. Для проведения ремонта участка трубопровода следует руководствоваться рисунками 61, 62.

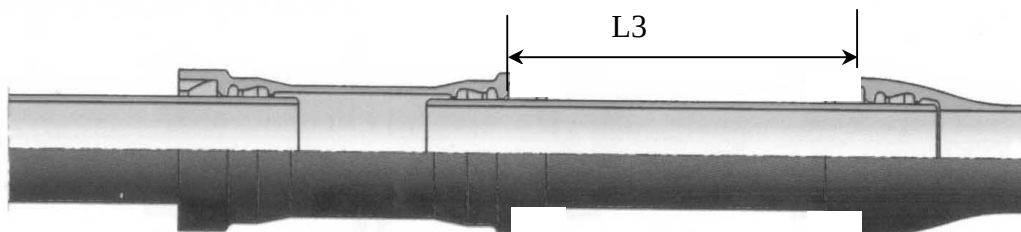
Вырезать участок трубы длиной L2. Края трубы с вырезанным участком обработать и нанести антикоррозионную защиту



Демонтировать оставшийся участок трубы и установить на него подвижную муфту. Уплотнительное кольцо вставить только в раструб с правой стороны подвижной муфты



Участок трубы с подвижной муфтой установить в раструб трубы с правой стороны трубопровода. Вставить в раструб (с левой стороны подвижной муфты) уплотнительное кольцо. Подвижную муфту передвинуть влево на расстояние L3.

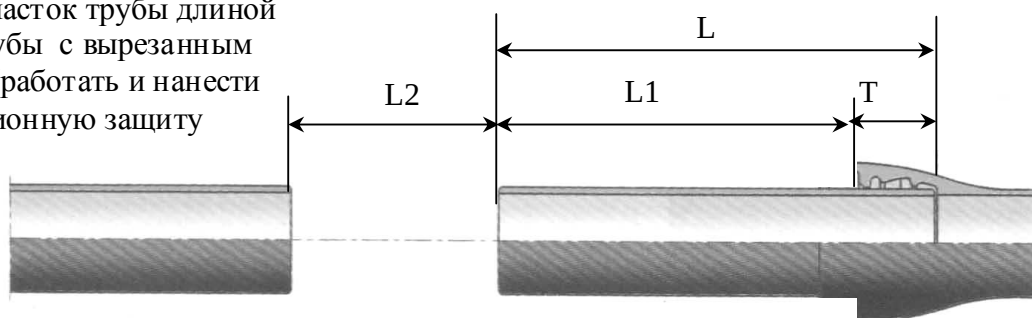


Ду	L	L1	L2	L3	T
100	600	515	140	320	85
150	700	610	160	390	90
200	800	711	170	475	89
250	800	706	180	465	94
300	800	702	190	455	98

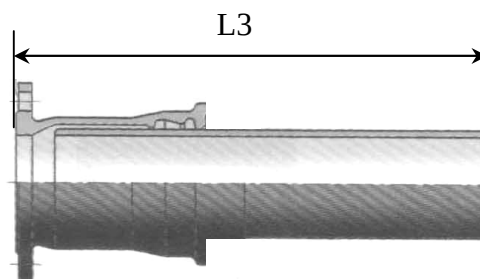
L – минимальная длина. При увеличении L, соответственно увеличиваются L1 и L3.

Рисунок 61 Ремонт трубопровода при помощи подвижной муфты.

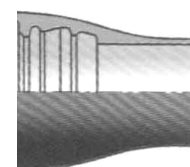
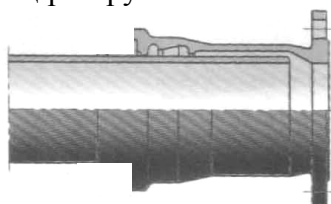
Вырезать участок трубы длиной L2. Края трубы с вырезанным участком обработать и нанести антикоррозионную защиту



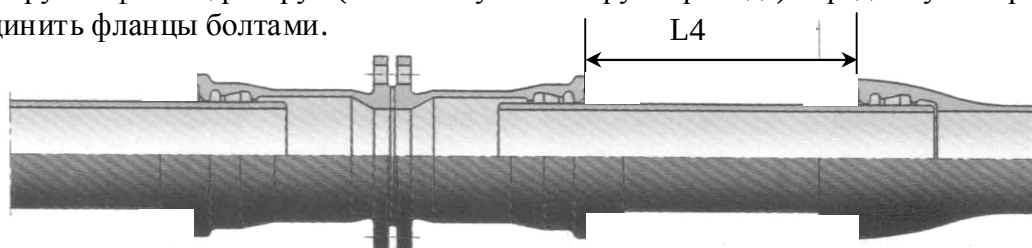
Демонтировать оставшийся участок трубы и установить на него патрубок фланец-раструб с уплотнительным кольцом



Установить на левый конец трубы с вырезанным участком патрубок фланец-раструб



Участок трубы с патрубком фланец-раструб установить в раструб трубы с правой стороны трубопровода. Патрубок фланец-раструб передвинуть влево на длину L4. Патрубок фланец-раструб (на левом участке трубопровода) передвинуть вправо и соединить фланцы болтами.



Ду	L	L1	L2	L3	L4	T
100	500	415	240	550	220	85
150	500	410	260	550	195	90
200	600	511	280	655	280	89
250	600	506	290	660	270	94
300	600	502	300	660	260	98

L – минимальная длина. При увеличении L, соответственно увеличиваются L1, L3, L4.

Рисунок 62 Ремонт трубопровода при помощи патрубков фланец-раструб.



В связи с расширением и модернизацией производства ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» оставляет за собой право вносить изменения и дополнения в «Рекомендации по использованию труб».

При разработке использовались следующие нормативно-технические документы:

1. ГОСТ 10692-80 Трубы стальные, чугунные и соединительные части к ним.
2. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение, наружные сети и сооружения.
3. СНиП 2.04.03-85 Канализация, наружные сети и сооружения.
4. СНиП 3.05.04-85 Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Приёмка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
5. СП 40-109-2006 Проектирование и монтаж водопроводных и канализационных сетей с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом.
6. РД 152-39.4-091-01 Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии.
7. ИСО 2230:2002 Резиновые кольца – руководство по хранению.
8. ИСО 2531 Трубы фасонные части, арматура из ВЧШГ и их соединения для водо и газоснабжения.
9. ИСО 4179 Трубы и фитинги из ВЧШГ для напорных и безнапорных трубопроводов - цементно-песчаное покрытие.
10. ИСО 4633:2002 (Е) Резиновые уплотнения - уплотняющие кольца для водопроводимых систем, дренажных и канализационных трубопроводов - спецификация материалов.
11. ИСО 7743:2004 Резина вулканизационная или термопластичная - определение деформационно-прочностных свойств при сжатии.
12. ИСО 8179-1 Трубы из ВЧШГ – внешнее покрытие на основе цинка. Часть 1. Покрытие металлическим цинком с последующим нанесением отделочного слоя.
13. ИСО 8179-2-95 Трубы из ковкого чугуна - внешнее покрытие цинком. Часть 2. Нанесение краски, обогащенной цинком, и завершающего покрытия.
14. ИСО 8180-2006 Трубы из чугуна с шаровидным графитом – полиэтиленовый рукав.
15. DIN EN 545-2002 Трубы, фасонные части, оснастка из ВЧШГ и их соединения для водопроводов.