РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТРУБ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

ООО «ЛТК «СВОБОДНЫЙ СОКОЛ»

Редакция № 6

1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ 3
1.1 Чугун с шаровидным графитом 3
1.2 Производство труб и фасонных частей 4
1.3 Заводские испытания 8
1.4 Контроль качества 8
1.5 Сертификация 10
2 НОМЕНКЛАТУРА ПРОДУКЦИИ 11
2.1 Виды соединений 11
2.2 Труба с соединением «TJ» 11
2.3 Труба с соединением «RJ» 14
2.4 Труба с соединением «RJS» 18
2.5 Труба с приварными фланцами 20
2.6 Фланец 22
2.7 Допустимое рабочее давление для труб классов С и К 24
2.8 Фасонные части 25
2.9 Уплотнительные кольца 53
3 УПАКОВКА, ПОГРУЗКА, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ 57
3.1 Упаковка труб 57
3.2 Погрузка – разгрузка труб 57
3.3 Транспортирование труб 58
3.4 Складирование и хранение труб 59
3.5 Транспортирование и хранение уплотнительных колец 61
4 ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ 62
4.1 Агрессивность воды 62
4.2 Внутреннее защитное покрытие 62
4.3 Коррозионность почвы 66
4.4 Внешнее защитное покрытие 67
4.5 Электрохимическая защита 70
5 МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 72
5.1 Давление (терминология) 72
5.2 Допустимое рабочее давление 73
5.3 Нагрузки почвы (характеристики труб) 76
5.4 Глубина заложения 77
5.5 Запасы прочности 84
5.6 Выбор диаметра 85
5.7 Профиль трубопровода 86
5.8 Потери напора 88
5.9 Гидравлический удар 103
5.10 Осевое гидравлическое давление 104
5.11 Укрепительные блоки 105
5.12 Усиление стыковых соединений 108
5.13 Изгиб соединений 111
6 УКЛАДКА ТРУБ 112
6.1 Подземная укладка трубопроводов 112
6.2 Другие виды укладки трубопроводов 127
6.3 Гидравлическое испытание 140
7 РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДОВ 145
7.1 Укорачивание трубы 145
7.2 Восстановление окружности трубы 146
7.3 Ремонт внутреннего покрытия 147
7.4 Ремонт внешнего покрытия 148
7.5 Сборка с использованием ремонтных частей 149

1 Общая информация

В данных рекомендациях рассмотрены свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) – как материала для производства труб, фасонных частей и технологические особенности их производства на ООО «ЛТК «Свободный сокол».

Представлена номенклатура выпускаемой продукции, область ее применения, технические характеристики, а также практические рекомендации по прокладке, испытаниям и ремонту трубопроводов. В основу рекомендаций положены обобщённые сведения о трубопроводах из ВЧШГ, взятые из опыта отечественных исследований и материалов зарубежных источников.

Трубная продукция из ВЧШГ, производимая ООО ЛТК «Свободный сокол», может применяться в области водоснабжения (питьевое, техническое, оросительное, оборотное, высокогорное, полевое), водоотведения (канализование хозяйственно-бытовое, промышленное напорное и самотечное, дренажное), теплоснабжения, в системах искусственного оснежения, внутри промысловых технологических трубопроводов объектов газонефтедобычи и их переработки, пульпроводов, свайных фундаментов.

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, 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 компактной форме графита.

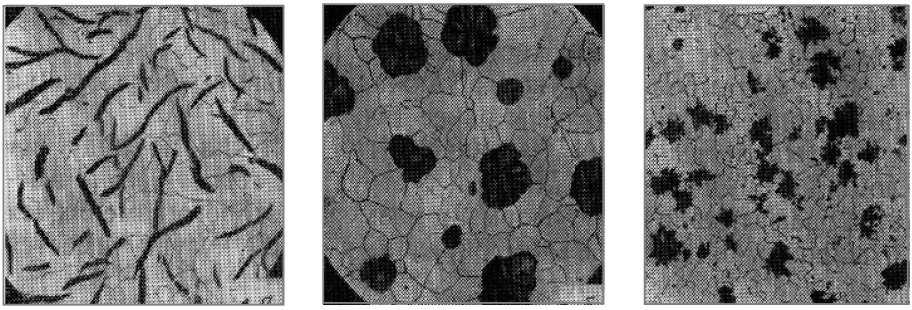
Таким образом, чугун (кроме белого) отличается от стали наличием в структуре графитовых включений, а между собой чугуны различаются формой этих включений (см. рис. 1.1).

1.1.3 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 компактной формой графита занимает промежуточное положение по прочности между серым и высокопрочным чугуном.



а) серый б) высокопрочный в) ковкий

Рисунок 1.1 Структура чугуна

1.1.4 Свойства чугуна с шаровидной формой графита

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

- временное сопротивление;
- ударная вязкость;
- предел текучести;
- 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 фасонных частей

ООО «ЛТК «Свободный сокол» производит трубы и фасонные части из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 2531, EN 545, EN 598 и национального российского стандарта ГОСТ ISO 2531-2022. Механические свойства металла труб и фасонных частей указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Механические свойства труб и фасонных частей

Наименование показателя	Вид продукции	Значение
Временное сопротивление разрыву, МПа, не менее	Трубы / Фасонные части	420/420
Условный предел текучести, МПа, не менее	Трубы / Фасонные части	300*/300
Относительное удлинение, %, не менее	Трубы / Фасонные части	10**/5
Твердость, НВ, не более	Трубы / Фасонные части	230/250
Условный предел текучести определяется по запросу потребителя. * - 300 МПа при удлинении до 12%; ** - 7% для труб с расчётной минимальной толщиной стенки 10 мм и выше и для труб DN1200 с расчетной минимальной толщиной стенки.		

Технология изготовления труб из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита представлена на рисунке 1.2.

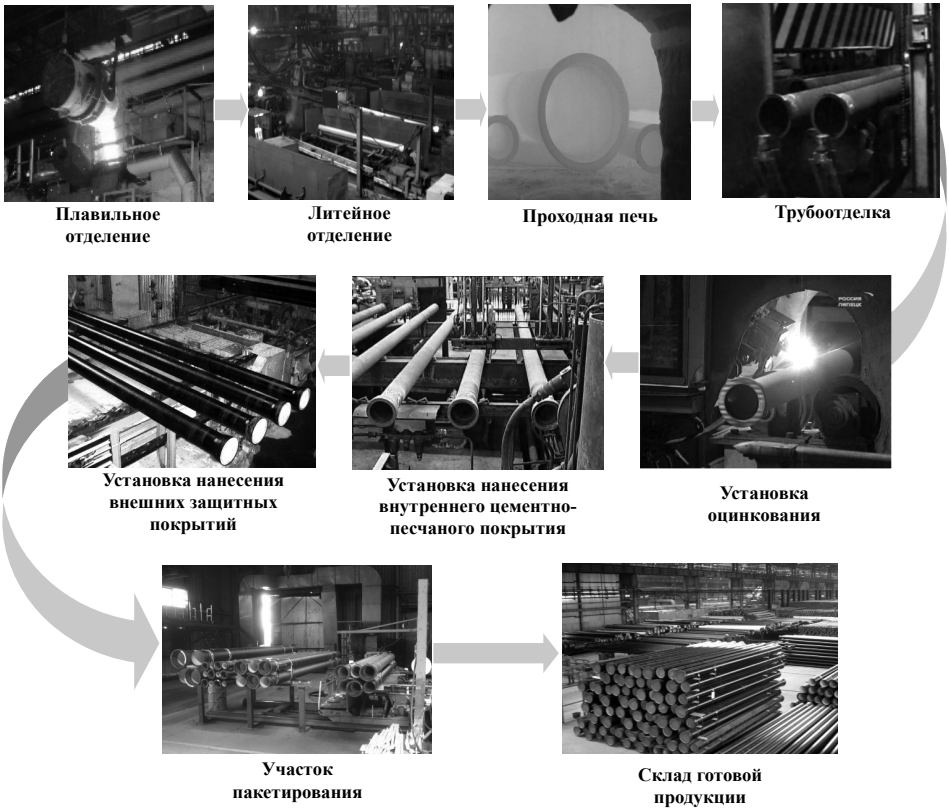


Рисунок 1.2 Технология изготовления труб из ВЧШГ

1.2.1 Плавильное отделение

Плавильное отделение оборудовано индукционными печами, в которых производится расплавление твердой шихты (чушковый чугун, стальной лом, возврат собственного производства). Возможен вариант работы индукционных печей на жидком доменном чугуне. Расплавленный чугун подвергается внепечной обработке десульфурирующими реагентами с целью удаления серы (до 0,015%). Затем в индукционных печах производится нагрев и доводка жидкого чугуна до заданного химического состава. Подготовленный таким образом чугун передается в миксер, где происходит его накопление, усреднение по химическому составу и перегрев до температуры 1500-1520 °С.

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 фирм «Pont-a-Mousson» и «Wantong». 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 стержневых автоматах LFB100 и 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 ГОСТ ISO 2531-2022, EN 545, EN 598 и ISO 2531.

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 гладкого 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% или цинк-алюминиевая проволока, состоящая из 85% цинка и 15% алюминия.

Принцип термического напыления цинка состоит в расплаве цинковой проволоки под воздействием электрической дуги и последующим распределением капель расплавленного цинка на поверхность вращающейся трубы струёй сжатого воздуха.

1.2.6 Участок нанесения цементно-песчаного покрытия

Для нанесения цементно-песчаного покрытия (ЦПП) используются песок кварцевый и портландцемент (или глинозёмистый цемент для канализационных труб).

Для защиты внутренней поверхности труб, в соответствии с ISO 4179, предусмотрены автоматические линии, состоящие из 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%. Трубы с ЦПП из глинозёмистого цемента термовлажностной обработке не подвергаются.

По специальному требованию Потребителя поверх ЦПП может наноситься слой изоляционного покрытия на основе эпоксидной смолы.

1.2.7 Участок нанесения наружного завершающего покрытия

Трубы, прошедшие ТВО, поступают на участок нанесения наружного завершающего покрытия, которое производится согласно ISO 8179-1.

В качестве завершающего слоя используются изоляционные (защитные) покрытия, указанные в п. 4.4 настоящих рекомендаций. Перед нанесением лакокрасочного материала 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. Затем на внутреннюю поверхность раструба наносится слой защитного покрытия.

Средняя толщина наружного завершающего покрытия составляет не менее 70 мкм, согласно ISO 8179-1.

1.2.8 Приёмка готовой продукции

На трубы с внутренним и внешним покрытиями наносится ЛОГОТИП предприятия-изготовителя и маркировочные риски для сборки трубопровода. Готовые трубы принимаются ОТК. Трубы DN80-300 мм увязываются в пакеты, трубы DN 400 мм и выше отгружаются без пакетов (навалом) на деревянных фигурных прокладках (ложементах). Все трубы отправляются на склад готовой продукции для отгрузки Потребителю.

1.2.9 Производство фасонных частей

Производство фасонных частей из ЧШГ идет по тому же принципу, что и труб (подготовка металла, литье, доводка и нанесение защитных покрытий), за исключением термообработки, которая в этом случае не требуется.

Из миксера металл разливается в барабанные ковши, где производится модифицирование комплексными модификаторами для получения шаровидной формы графита. Далее ковш передаётся на стенд литейного конвейера для разливки металла чайниковыми ковшами в литейные формы. Литейные формы изготавливают из холодно-твердеющих смесей по α-сет процессу. Для формирования раструбной части фасонных частей применяются песчано-смоляные стержни, которые изготавливаются в стержневом отделении на стрежневых автоматах LFB100 и LFB50 фирмы «Laempe» по cold-box-amin-процессу. Отливка фасонных частей производится методом литья в сухие самотвердеющие песчаные формы. Готовые отливки поступают в отделение обрубки литья, где отделяются литники, производится заточка отливок абразивным инструментом и очистка в дробемётном барабане. После первичного контроля отливки

проходят пневматическое или гидравлическое испытание, проходят механическую обработку на металлорежущих станках и направляются на участок нанесения наружного и внутреннего защитного покрытия. Нанесение защитного внутреннего цементно-песчаного покрытия и внешнего завершающего слоя производится вручную. Готовые фасонные части принимает ОТК и оправляет на склад готовой продукции для отгрузки Потребителю.

1.3 Заводские испытания

Каждая труба и фасонная часть подвергается заводскому гидравлическому испытанию внутренним давлением в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 2531, EN 545, EN 598 и национального стандарта ГОСТ ISO 2531-2022.

Цель данного испытания – проверка герметичности труб и фасонных частей.

Испытания труб проводят гидравлическим давлением не менее:

- 5 МПа (50,0 кгс/см^2) для DN 80 - 300 мм;
- 4 МПа (40,0 кгс/см^2) для DN 350 - 600 мм;
- 3,2 МПа (32,0 кгс/см^2) для DN 700 - 1000 мм;
- 2,5 МПа (25,0 кгс/см^2) для DN 1200 мм.

Испытания фасонных частей проводят гидравлическим* давлением не менее:

- 2,5 МПа (25,0 кгс/см^2) для DN 80 - 300 мм;
- 1,6 МПа (16,0 кгс/см^2) для DN 350 - 600 мм;
- 1,0 МПа (10,0 кгс/см^2) для DN 700 - 1200 мм.

* - или пневмоиспытанием сжатым воздухом с давлением не менее 0,1 МПа (кгс/см^2).

1.4 Контроль качества

Система контроля и управления качеством, созданная на ООО «ЛТК «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 ГОСТ ISO 2531-2022, ISO 2531, EN 545, EN 598, 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 фасонных частей. 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 десульфурации;
- 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 (клиновая 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 лакокрасочное 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 отправкой 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 ООО «ЛТК «Свободный сокол» соответствуют требованиям международных и российских стандартов.

Спецификация	Стандарт
Трубы	ГОСТ ISO 2531-2022, EN 545, EN 598, ISO 2531
Фасонные части	ГОСТ ISO 2531-2022, ГОСТ 5525, EN 545, ISO 2531
Внешнее покрытие цинком и отделочным слоем	EN 545, ISO 8179-1
Внутреннее цементно-песчаное покрытие	EN 545, ISO 4179, BS 6920
Системы менеджмента качества. Требования	ISO 9001:2015
Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению	ISO 14001:2015
Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда. Требования и рекомендации по применению	ISO 45001:2018

Продукция предприятия (трубы, фасонные части), уплотнительные кольца, находящиеся в постоянном контакте с питьевой водой, прошли обязательные экспертизы на соответствие Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям и разрешены для использования в водонапорных системах хозяйственно-питьевого назначения.

Сертификат о происхождении товара по форме СТ-1 подтверждает производство промышленной продукции (трубы и фасонные части из ВЧШГ) на территории Российской Федерации.

2 Номенклатура продукции

2.1 Виды соединений

ООО «ЛТК «Свободный сокол» предлагает Потребителю трубы и фасонные части из ВЧШГ с различными видами соединений:

- раструбное «TJ» с условным диаметром 80 – 1200 мм (см. рис. 2.1, 2.2, табл.2.2);
- раструбное «RJ» с условным диаметром 80 – 500 мм (см. рис. 2.4, 2.5, табл. 2.4);
- раструбное «RJS» с условным диаметром 600 – 1200 мм (см. рис.2.8, 2.9, табл. 2.7);
- фланцевое с условным диаметром 80 – 1200 мм (см. рис. 2.11, 2.12, табл. 2.9).

Таблица 2.1 Характеристики соединений

Характеристика	TJ	RJ	RJS	Фланцевое
Продольное перемещение конца трубы	Да	Да	Да	Нет
Угловое отклонение	Да	Да	Да	Нет
Сопротивление осевым силам	Нет	Да	Да	Да
Простота сборки	Просто	Просто	Просто	Очень просто
Необходимость приложения силы для стыковки	Да	Да	Да	Нет
Разборка	Просто	Просто	Просто	Очень просто
Допустимое рабочее давление в трубопроводе, бар	до 100*	до 100*	до 25*	до 25*
* - в зависимости от диаметра диапазон значений указан в таблице 5.1				

2.2 Труба с соединением «TJ»

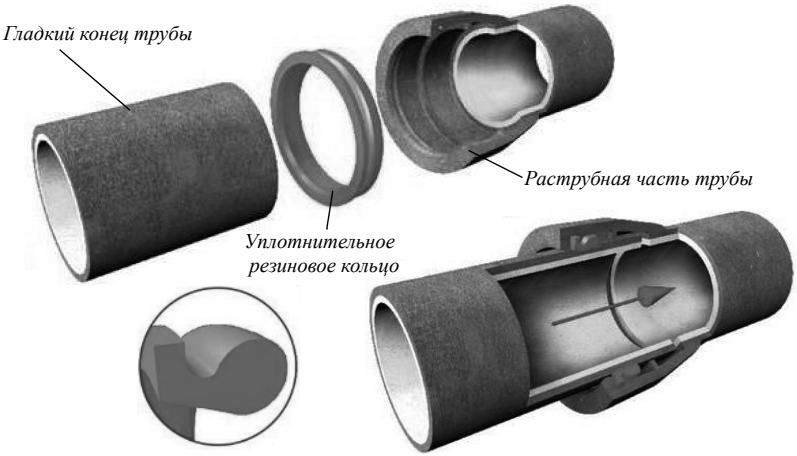


Рисунок 2.1 Раструбное соединение «TJ»

Соединение «TJ» - раструбное соединение под уплотнительное резиновое кольцо (рис.2.3, табл. 2.3). Уплотнение достигается радиальным сжатием уплотнительного кольца в процессе сборки. Диапазон применения – холодное водоснабжение, канализация.

Соединение «TJ» не является жестким и позволяет отклоняться соединенным трубам на угол от 3 до 5° в зависимости от диаметра труб (подробнее см. п. 5.13) при сохранении полной герметичности стыка.

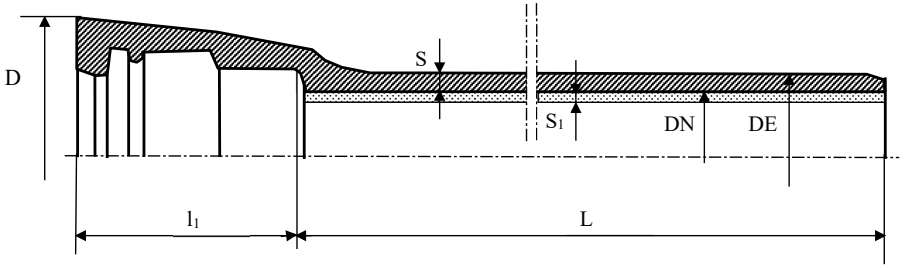


Рисунок 2.2 Труба раструбная с соединением «TJ»

Таблица 2.2 Основные размеры и масса трубы

Размеры, мм						Класс по давлению	Расчетная масса трубы с раструбом (без цементного/с цементным покрытием), кг, при расчетной длине L			
DN	D	DE	S*	S_1	l_1		5800		6000	
80	140	$98^{+1,0}_{-2,7}$	4,9	4	80	C50	62,3	77,4	65,3	79,9
100	163	$118^{+1,0}_{-2,8}$	4,9	4	88	C50	77,0	94,5	79,5	97,6
125	190	$144^{+1,0}_{-2,9}$	4,9	4	91	C50	95,1	117,0	98,2	120,8
150	217	$170^{+1,0}_{-2,9}$	5,0	4	94	C50	115,3	141,6	119,1	146,2
200	278	$222^{+1,0}_{-3,0}$	5,4	4	100	C50	163,7	198,4	169,0	204,9
250	336	$274^{+1,0}_{-3,1}$	6,4	4	105	C50	238,9	282,0	246,6	291,2
350	448	$378^{+1,0}_{-3,4}$	6,4	5	110	C30	335,7	411,2	346,5	424,6
500	604	$532^{+1,0}_{-3,8}$	7,4	5	120	C30	552,1	659,4	569,7	680,7
600	713	$635^{+1,0}_{-4,0}$	8,6	5	120	C30	766,0	894,4	790,4	923,2
700	824	$738^{+1,0}_{-4,2}$	8,8	6	150	C25	921,0	1100,6	950,0	1135,8
800	943	$842^{+1,0}_{-4,5}$	9,6	6	160	C25	1151,0	1356,4	1187,1	1399,6
900	1052	$945^{+1,0}_{-4,8}$	10,6	6	175	C25	1428,4	1659,1	1473,2	1711,9
1000	1158	$1048^{+1,0}_{-5,0}$	11,6	6	185	C25	1738,5	1994,7	1792,9	2057,9
1200	1377	$1255^{+1,0}_{-5,5}$	13,6	6	215	C25	2452,8	2760,0	2529,2	2847,0

Примечание - Допуск по массе для труб без цементного покрытия: DN80-200 мм – 8%; DN250-1200 мм – 5%. * - указана номинальная толщина стенки

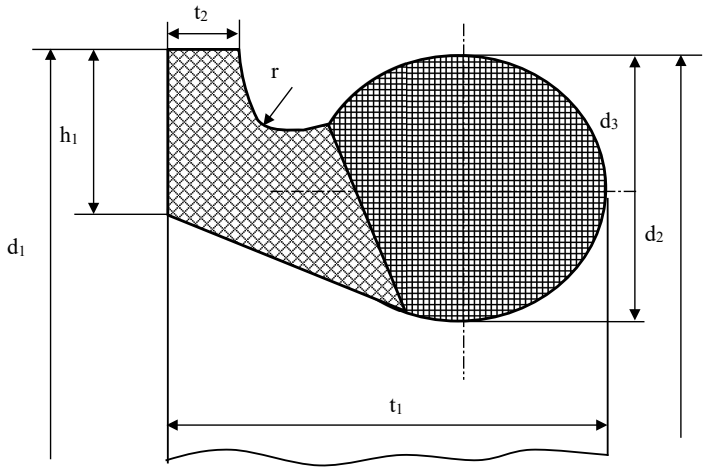


Рисунок 2.3 Уплотнительное резиновое кольцо типа «TYTON»

Таблица 2.3 Основные размеры и масса уплотнительного кольца типа «TYTON»

Размеры, мм								Масса, кг (справочная)
DN	d_1	d_2	d_3	h_1	t_1	t_2	r	
80	126	124	16,0	10	26	5	3,5	0,13
100	146	144	16,0	10	26	5	3,5	0,21
125	173	171						0,29
150	200	198						0,36
200	256	254	18,0	11	30	6	4,0	0,50
250	310	308			32			0,72
300	366	364	20,0	12	34	7	4,5	0,94
350	420	418						1,25
400	475	473	22,0	13	38	8	5,0	1,54
500	583	581	24,0	14	42	9	5,5	2,45
600	692	690	26,0	15	46	10	6,0	3,34
700	809	803	33,5	20	55	16	7,0	4,55
800	919	913	35,5	21	60		8,0	5,51
900	1026	1020	37,5	22	65	18	9,0	6,30
1000	1133	1127	39,5	23	70			7,04
1200	1352	1345	43,5	27	78	20	10,0	8,03

2.3 Труба с соединением «RJ»

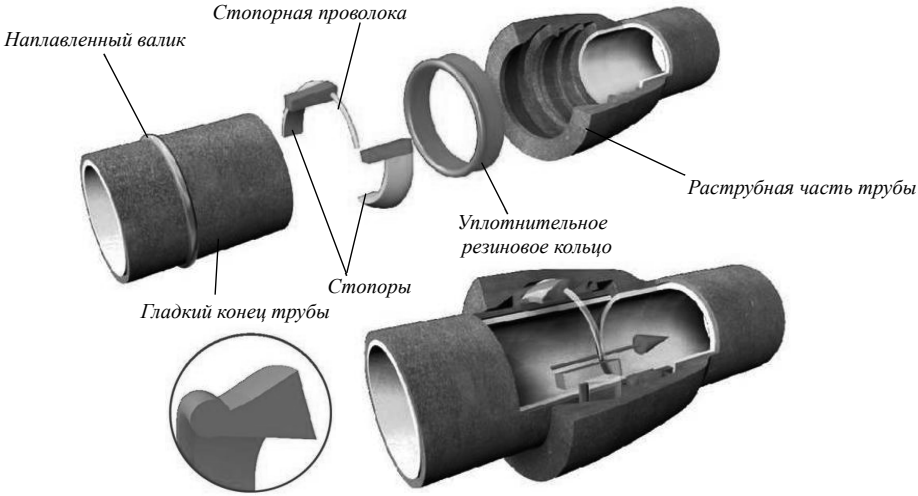


Рисунок 2.4 Раструбно-замковое соединение «RJ»

Соединение «RJ» - стыковое раструбно-замковое соединение под уплотнительное резиновое кольцо типа «BPC» (рис. 2.6, табл. 2.5) или типа «TYTON» (рис. 2.3, таб.2.3).

Соединение «RJ» 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 (рис. 2.7, табл. 2.6 и табл. 2.6.1), устанавливаемые после стыковки труб в полость раструба и фиксируемые стопорной проволокой или резиновым фиксатором, не позволяют нарушить соединение.

Это особенно важно при монтаже трубопроводов в неустойчивых грунтах, в гористой местности и в вертикальном положении труб. Также соединение «RJ» применяется для прокладки трубопроводов методом горизонтально направленного бурения.

Соединение «RJ» 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.

Диапазон применения – холодное водоснабжение, теплосети, канализация, оснежение.

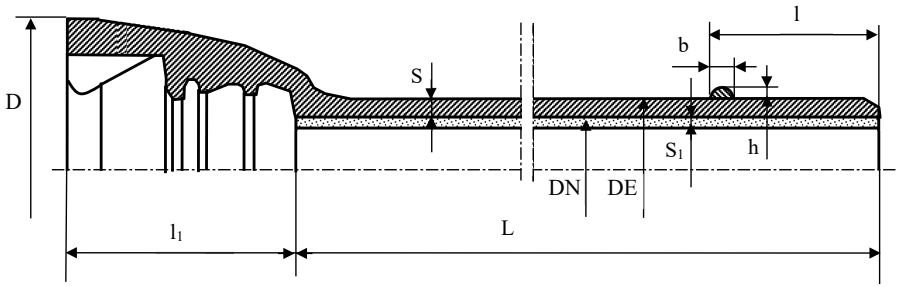


Рисунок 2.5 Труба раструбная с соединением «RJ»

Таблица 2.4 Основные размеры и масса трубы с соединением «RJ»

Размеры, мм									Класс по давлению	PFA	Условная масса трубы с раструбом (без цементного/с цементным покрытием), кг, при расчетной длине L			
DN	D	DE	S**	S_1	l	l_1*	h	b			5800		6000	
80	156	$98^{+1,0}_{-2,7}$	6,1	4	85	127 127	5,0	8	C100	100	78,9	92,7	81,5	95,7
100	174	$118^{+1,0}_{-2,8}$	6,1	4	91	133 135	5,0	8	C100	75	96,5	113,5	99,5	117,2
125	203	$144^{+1,0}_{-2,9}$	6,4	4	95	139 143	5,0	8	C100	64	124,3	145,7	128,3	150,4
150	230	$170^{+1,0}_{-2,9}$	7,4	4	101	144 150	5	8	C100	64	168,6	193,9	174,0	200,2
200	288	$222^{+1,0}_{-3,0}$	6,5	4	106	155 160	5,5	9	C64	40	200,6	235,0	206,9	242,5
250	346	$274^{+1,0}_{-3,1}$	6,4	4	106	165 165	5,5	9	C50	40	247,9	291,0	255,6	300,2
300	402	$326^{+1,0}_{-3,3}$	7,3	4	106	175 170	5,5	9	C50	40	334,8	386,3	345,3	398,6
350	458	$378^{+1,0}_{-3,4}$	7,0	5	110	180	6,0	10	C40	30	376,4	451,7	388,2	466,0
400	513	$429^{+1,0}_{-3,5}$	7,7	5	115	185 190	6,0	10	C40	30	470,1	555,8	484,8	573,4
500	618	$532^{+1,0}_{-3,8}$	9,3	5	120	200	6,0	10	C40	30	700,5	807,0	722,5	832,7

Примечание - Допуск по массе для труб без цементного покрытия: DN100-200 мм – 8%; DN250-500 мм – 5%.
* В графе l_1 верхние цифры – длина раструба под уплотнительное кольцо типа «TYTON», нижние цифры – под уплотнительное кольцо типа «BPC».
** Указана номинальная толщина стенки.

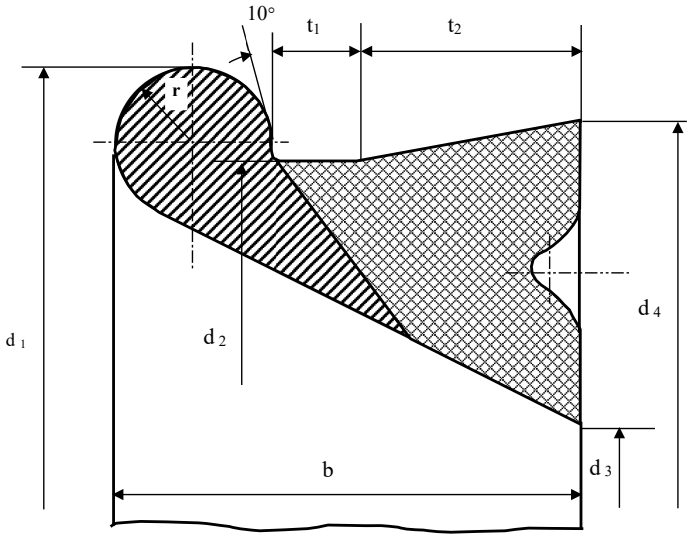
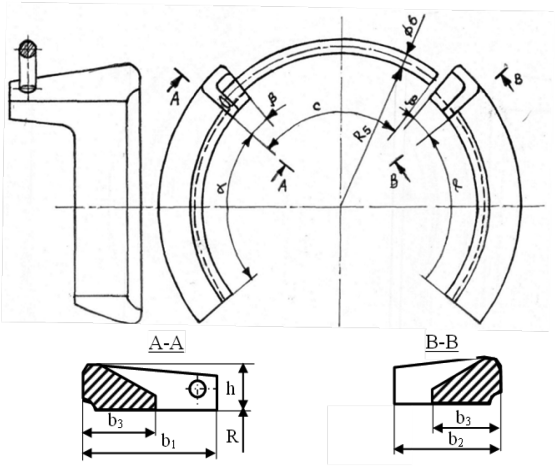


Рисунок 2.6 Уплотнительное резиновое кольцо типа «BPC»

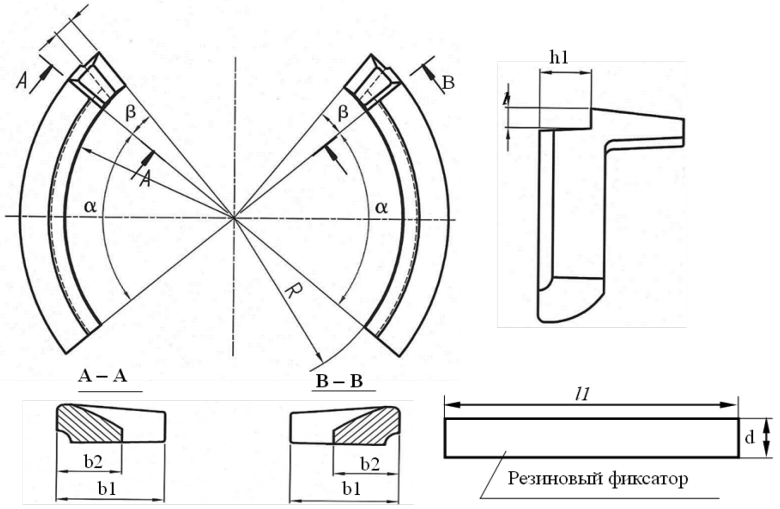
Таблица 2.5 Основные размеры и масса уплотнительного кольца типа «ВРС»

Размеры, мм									Масса, кг
DN	d_1	d_2	d_3	d_4	b	t_1	t_2	R_1	(справочная)
100	146,5	134,5	99,5	140,5	30	5,5	14,3	5,0	0,17
125	172,5	160,5	123,0	167,0	31	5,5	15,3	5,0	0,28
150	203,5	189,5	151,0	196,0	32	5,5	15,3	5,5	0,41
200	260,0	244,0	202,0	250,0	33	5,5	15,3	6,0	0,50
250	315,0	299,0	257,0	305,0	33	5,5	15,3	6,0	0,63
300	369,0	353,0	311,0	359,0	33	5,5	15,3	6,0	0,95

а)



б)



в)

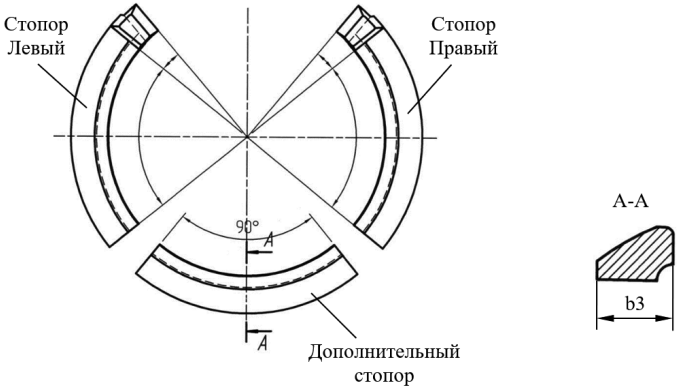


Рисунок 2.7 Стопор из ВЧШГ для соединения «RJ»: а) со стопорной проволокой; б) с резиновым фиксатором; в) дополнительный стопор для DN200 и DN250 PFA 100 бар

Таблица 2.6 Основные размеры и масса стопора со стопорной проволокой

DN, мм	b_1, мм	b_2, мм	b_3, мм	h, мм	R, мм	Масса стопора	
						левого со стопорной проволокой, кг	правого, кг
80	48	38	24	17	49	0,23	0,20
100	50	38	24	17	59	0,26	0,22
125	52	40	25	18	72	0,37	0,32
150	55	43	26	18	85	0,43	0,38
200	60	48	26	19	111	0,60	0,54
250	65	53	28	21	137	0,85	0,77
300	70	58	30	22	163	0,77	0,70
350	75	63	34	23	189	0,99	0,92
400	80	67	38	24	214	1,18	1,10
500	85	72	38	24	266	1,46	1,38
Комплект поставки на одну трубу: DN80-250 мм – стопор правый 1 шт., стопор левый 1 шт.; DN300-500 мм – стопор правый 2 шт., стопор левый 2 шт.							

Таблица 2.6.1 Основные размеры стопора с резиновым фиксатором

DN, мм	b1, мм	b2, мм	h1, мм	l, мм	R, мм	l1, мм	d, мм
80	38	24	18	5	49	91	18 ±0,5
100	38	24	18	7	59	110	18 ±0,5
125	40	25	18	7	72	133	18 ±0,5
150	43	26	20	5	85	156	18 ±0,5
200	48	26	20	7	111	206	18 ±0,5
250	53	28	20	7	137	255	18 ±0,5
300	58	30	20	7	163	172	18 ±0,5
400	67	38	20	8	214	217	18 ±0,5
500	72	38	20	8	266	257	18 ±0,5

2.4 Труба с соединением «RJS»

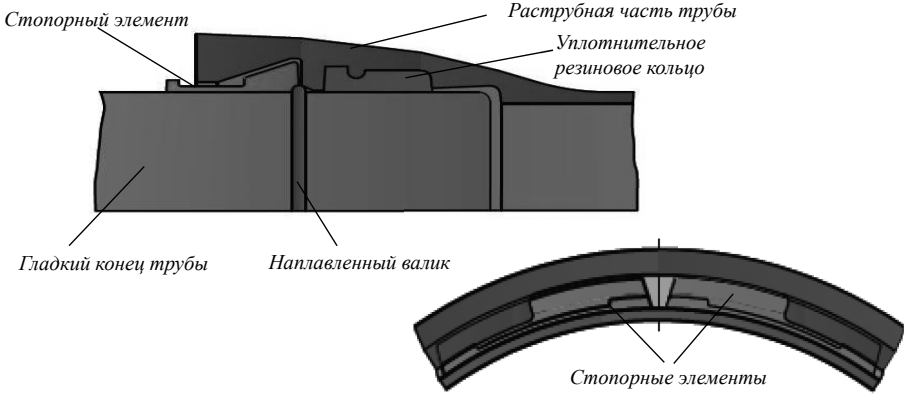


Рисунок 2.8 Раструбно-замковое соединение «RJS»

Соединение «RJS» - стыковое раструбно-замковое соединение под уплотнительное резиновое кольцо типа «TYTON» (рис. 2.3, табл. 2.3). Является аналогом соединения RJ. Данное соединение используется при прокладке трубопроводов большого диаметра DN600-1200 мм, обеспечивая кольцевой замок по всей поверхности раструба.

Соединение «RJS» обеспечивает невозможность самопроизвольного рассоединения труб при работе трубопровода в сложном рельефе местности, в местах опасности осадки грунта и при ударных нагрузках. Для этой цели в данном соединении предусмотрены стопорные элементы (рис. 2.9, табл. 2.8), которые устанавливаются после стыковки труб в паз на раструбе и распределяются вправо и влево по всей окружности гладкого конца трубы. Для исключения самопроизвольного перемещения в пазе раструба стопорные элементы дополнительно стягиваются фиксирующей гибкой стальной лентой марки Н-0,8×20 (ГОСТ 3560) или аналогичной импортного производства. Монтируется при помощи натяжителя металлических лент с замковой или беззамковой фиксацией.

Диапазон применения – холодное водоснабжение, теплосети, канализация, бестраншейный метод.

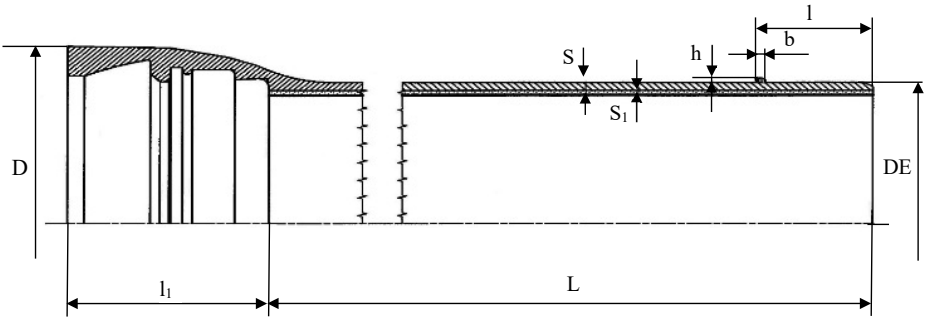


Рисунок 2.9 Труба раструбная с соединением «RJS»

Таблица 2.7 Основные размеры и масса трубы с соединением «RJS»

Размеры									Класс по давлению	PFA	Расчётная масса (кг) трубы с раструбом (без цементного/ с цементным покрытием) длиной L, мм			
DN	D	DE	S*	S_1	l	l_1	h	b			5800		6000	
600	729	$635^{+1,0}_{-4,0}$	10,8	5	120	200	7,0	11,0	C40	25	976,9	1104,4	1007,4	1139,3
700	848	$738^{+1,0}_{-4,2}$	9,8	6	150	235	7,0	11,0	C30	16	1056,2	1235,3	1088,5	1273,8
800	960	$842^{+1,0}_{-4,5}$	11,0	6	160	245	7,0	11,0	C30	16	1353,2	1557,9	1394,6	1606,3
900	1060	$945^{+1,0}_{-4,8}$	12,2	6	175	260	7,5	11,5	C30	16	1686,0	1916,0	1737,5	1975,4
1000	1164	$1048^{+1,0}_{-5,0}$	15,8	6	185	270	7,5	11,5	C30	16	2057,8	2313,1	2120,5	2384,6
1200	1379	$1255^{+1,0}_{-5,5}$	13,6	6	215	305	7,5	11,5	C25	16	2569,0	2876,2	2645,4	2963,2
* - Указана номинальная толщина стенки														

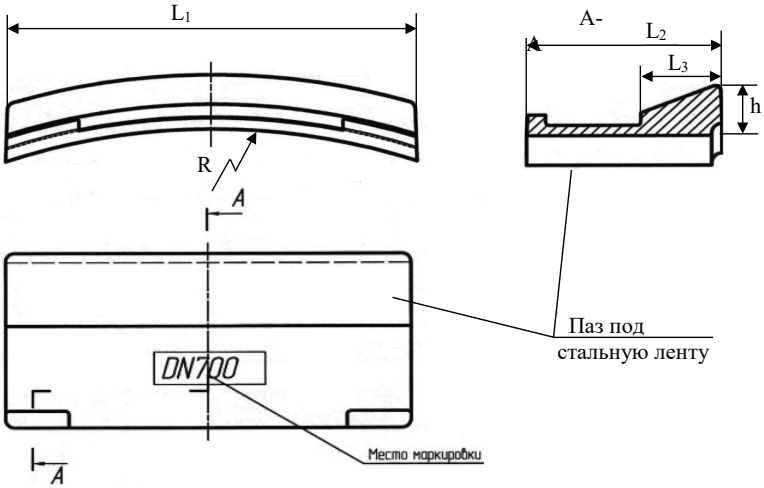


Рисунок 2.10 Стопорные элементы для соединения «RJS»

Таблица 2.8 Основные размеры и масса стопорного элемента для соединения «RJS»

DN, мм	L_1, мм	L_2, мм	L_3, мм	R, мм	h, мм	Количество стопорных элементов, шт.	Вес стопорных элементов, кг	
							одного	на соединение
600	193,6	105	43	317,5	25	10	1,8	18,0
700	222,0	103	43	369,0	28,9	10	2,0	20,0
800	256,7	107	44	421,0	30,5	10	2,1	21,0
900	222,21	108	45	472,5	29,2	13	2,2	28,6
1000	230,0	108	45	524,0	29,3	14	2,6	36,4
1200	229,0	108	45	627,5	30,0	17	2,3	39,1

2.5 Труба с приварными фланцами

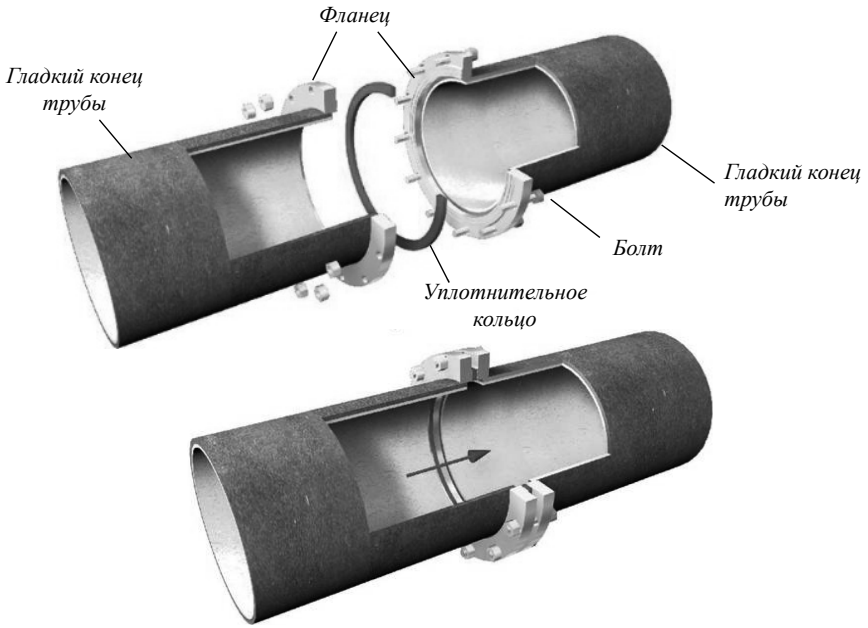


Рисунок 2.11 Фланцевое соединение

Фланцевое соединение состоит из двух фланцев, уплотнительного кольца 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 2.13 и таблице 2.10, чертёж и размеры уплотнительного кольца - на рисунке 2.14 и таблице 2.11.

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.

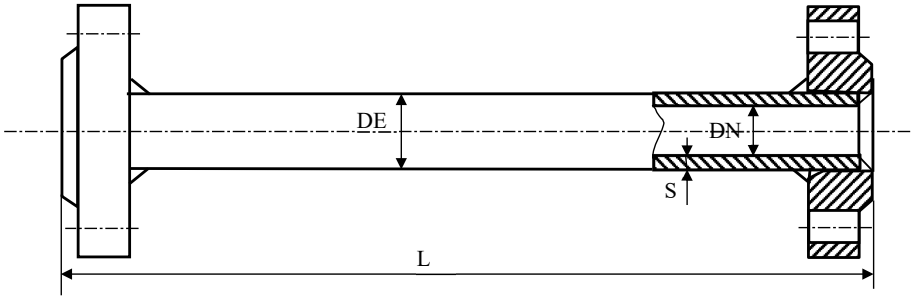


Рисунок 2.12 Труба с приварными фланцами

Таблица 2.9 Основные размеры и масса трубы с приварными фланцами

Размеры, мм			Масса фланца, кг		Масса 1 м трубы без фланца, кг	Расчётная масса трубы с фланцами (кг) длиной L= 5500 мм	
DN	DE	S	PN 10	PN 16		PN 10	PN 16
80	$98^{+1,0}_{-2,7}$	$8,1^{-1,7}$	2,8	2,8	16,1	94,0	94,0
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	$8,4^{-1,7}$	3,3	3,3	20,4	119,0	119,0
125	$144^{+1,0}_{-2,8}$	$8,8^{-1,8}$	4,0	4,0	26,4	153,0	153,0
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	$9,1^{-1,9}$	5,0	5,0	32,4	189,0	189,0
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	$9,8^{-1,9}$	6,9	6,7	46,1	268,0	268,0
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	$10,5^{-2,0}$	9,8	9,4	61,3	357,0	357,0
300	$326^{+1,0}_{-3,3}$	$11,2^{-2,0}$	13,0	12,6	78,1	456,0	455,0
350	$378^{+1,0}_{-3,4}$	$11,9^{-2,1}$	14,7	17,5	96,5	561,0	566,0
400	$429^{+1,0}_{-3,5}$	$12,6^{-2,2}$	17,2	22,1	116,2	674,0	684,0
500	$532^{+1,0}_{-3,8}$	$14,0^{-2,3}$	23,2	37,4	160,6	930,0	959,0
600	$635^{+1,0}_{-4,0}$	$15,4^{-2,5}$	32,8	57,6	211,3	1228,0	1278,0
700	$738^{+1,0}_{-4,2}$	$16,8^{-2,5}$	44,3	59,4	268,5	1566,0	1596,0
800	$842^{+1,0}_{-4,5}$	$18,2^{-2,8}$	58,5	76,8	332,1	1944,0	1981,0
900	$945^{+1,0}_{-4,8}$	$19,6^{-3,1}$	69,6	91,4	401,7	2349,0	2393,0
1000	$1048^{+1,0}_{-5,0}$	$21,0^{-3,1}$	87,6	127,0	477,7	2803,0	2882,0

Примечание - Допуск по массе для труб без фланцев: DN80-200 мм – 8%; DN250-1000 мм – 5%.
По согласованию с Потребителем возможно изготовление труб другой мерной длины в соответствии с ISO 2531 и EN 545.

2.6 Фланец

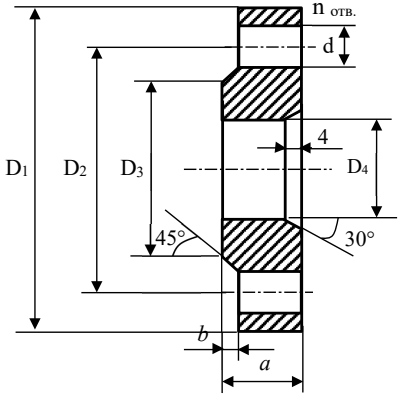


Рисунок 2.13 Фланец из высокопрочного чугуна

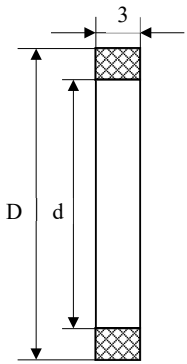


Рисунок 2.14 Уплотнительное кольцо для фланцевого соединения.

Таблица 2.10 Основные размеры фланца

DN, мм	D_4, мм	PN, бар	D_1, мм	D_2, мм	D_3, мм	d, мм	*a*, мм	*b*, мм	n*, шт.
80	98	10	200	160	132	19	19	3	8
		16							
		25							
		40							
100	118	10	220	180	156	19	19	3	8
		16							
		25	235	190	156	23			8
		40							
125	144	10	250	210	184	19	19	3	8
		16							
		25	270	220	184	28	19		
		40	270	220	184	28	23,5		
150	170	10	285	240	211	23	19	3	8
		16							
		25	300	250	211	28	20		
		40	300	250	211	28	26		
200	222	10	340	295	266	23	20	3	8
		16							12
		25	360	310	274	28	22		
		40	375	320	284	31	30		
250	274	10	400	350	319	23	22	3	12
		16		355		28			
		25	425	370	330	31	24,5		
		40	450	385	345	34	34,5		
300	326	10	455	400	370	23	24,5	4	12

		16		410		28			
		25	485	430	389	31	27,5		16
		40	515	450	409	34	39,5		
350	378	10	505	460	429	23	24,5	4	16
		16	520	470		28	26,5		
400	429	10	565	515	480	28	24,5	4	16
		16	580	525		31	28,0		
		25	620	550	503	37	32		
		40	660	585	535	40	48		
500	532	10	670	620	582	28	26,5	4	20
		16	715	650	609	34	31,5		
		25	730	660	609	37	36,5		
		40	755	670	615	43	52		
600	635	10	780	725	682	31	30,0	5	20
		16	840	770	720	37	36,0		
		25	845	770	718	40	42		
700	738	10	895	840	794	31	32,5	5	24
		16	910			37	39,5		
800	842	10	1015	950	901	34	35,0	5	24
		16	1025			40	43,0		
900	945	10	1115	1050	1001	34	37,5	5	28
		16	1125			40	46,5		
1000	1048	10	1230	1160	1112	33	48,0	5	28
		16	1255	1170		43	50,0		
1200	1255	10	1455	1380	1330	40	56	5	32
n* - количество отверстий под болты									

Таблица 2.11 Основные размеры уплотнительного кольца, мм

DN	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
D	138	158	188	212	268	320	370	430	530	585	685	800	905	1005	1115	1330
d	80	105	130	156	206	256	306	356	406	506	606	710	810	910	1010	1210

2.7 Допустимое рабочее давление для труб классов С и К

Таблица 2.12 Допустимое рабочее давление (PFA) для труб класса С

DN, мм	Допустимое рабочее давление, бар													
	Класс по давлению													
	C100	C64	C50	C40	C30	C25	C100	C64	C50	C40	C30	C40	C30	C25
	«TJ»						«RJ»					«RJS»		
80	100	64	50	40	30	25	100	40*	40	30	30	25	16	16
100							75							
125							64							
150														
200														
250														
300														
350														
400														
500														
600														
700														
800														
900														
1000														
1200														

Примечание – Допустимое рабочее давление соответствует номиналу класса. PFA = С. Например, С100 – допустимое рабочее давление = 100 бар. Действует только для соединения «TJ». Для замковых соединений «RJ» и «RJS» из-за конструкционных особенностей допустимое рабочее давление может не совпадать с номиналом класса, устанавливается производителем.*- Для DN 200, при использовании 3-го дополнительного стопора на трубах с классами С64 PFA = 64 бара - Для DN 250, при использовании 3-го дополнительного стопора на трубах с классами С64-С100 PFA = 64 бара.

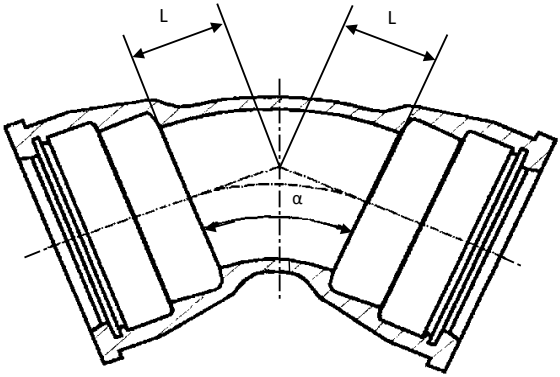
Таблица 2.13 Допустимое рабочее давление (PFA) для труб класса К

DN	Допустимое рабочее давление, бар															
	Класс по толщине стенки (К)															
	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16
	«TJ»								«RJ» / «RJS»							
80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	100	100	100	100	100	100
125	64	64	100	100	100	100	100	100	64	64	64	100	100	100	100	100
150	64	64	64	100	100	100	100	100	64	64	64	85	85	100	100	100
200	50	64	64	64	64	100	100	100	40*	40*	40*	40*	40*	64*	64*	64*
250	50	50	64	64	64	64	100	100	40*	40*	40*	40*	40*	40*	64*	64*
300	40	50	50	64	64	64	64	100	40	40	40	40	40	64	64	85
350	40	50	50	64					30	40	40	40				
400	40	40	50	50					30	30	40	40				
500	30	40	40	50					30	30	30	40				
600	30	40	40	50					20	30	30	30				
700	30	30	40	40					20	20	25	25				
800	30	30	40	40					20	20	25	25				
900	30	30	30	40					16	20	20	25				
1000	30	30	30	40					16	20	20	25				
1200	25								16							

*- Для DN 200, при использовании 3-го дополнительного стопора на трубах с классами К9-К11, PFA=64 бара; К12-К14, PFA=85 бар; К15-К16, PFA=100 бар. Для DN 250, при использовании 3-го дополнительного стопора на трубах с классами К10-К12, PFA=64 бара; К13-К15, PFA=85 бар; К16, PFA=100 бар.

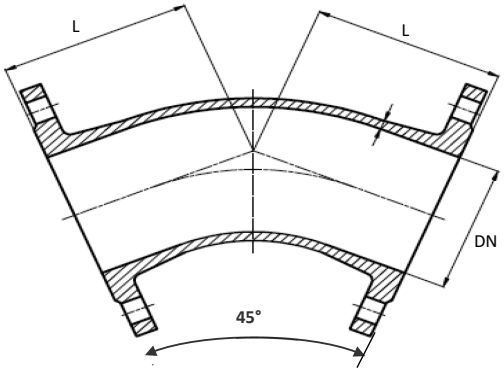
2.8 Фасонные части

2.8.1 Отвод раструбный



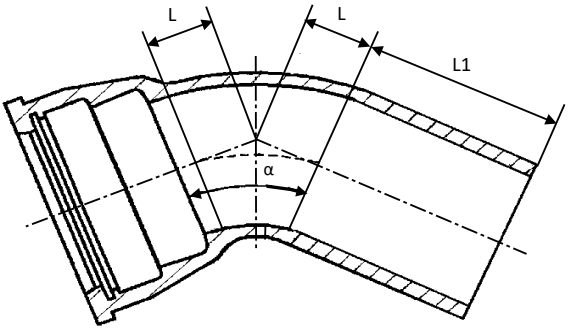
ОТВОД РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)						ОТВОД РАСТРУБНЫЙ (ISO)				
DN	α=10°	α=15°	α=30°	α=45°	Вес расчетный, кг	DN	α=11°15′	α=22°30′	α=45°	Вес расчетный, кг
	L	L	L	L			L	L	L	
80	95	95	96	99	15,4	80	30	40	55	8,3
100	126	127	129	132	23,7	100	30	40	65	13,3
125	146	147	149	153	30,1	125	35	50	75	14,5
150	165	166	169	174	37,7	150	35	55	85	32,2
200	205	206	209	215	59,4	200	40	65	110	33
250	205	206	209	215	81,3	250	50	75	130	38,9
300	205	206	209	215	107,8	300	55	85	150	55,1
350	236	238	241	248	143	350	60	95	175	81
400	276	277	281	290	188	400	65	110	195	91,3
500	354	356	362	373	301	500	75	130	240	146
600	386	288	394	406	427	600	85	150	285	197
700	425	428	434	447	602	700	95	175	330	312
800	504	507	515	530	831	800	110	195	370	497
900	536	539	547	563	1076	900	120	220	415	578
1000	575	578	587	604	1372	1000	130	240	460	768
						1200	150	285	550	1050

2.8.2 Отвод фланцевый



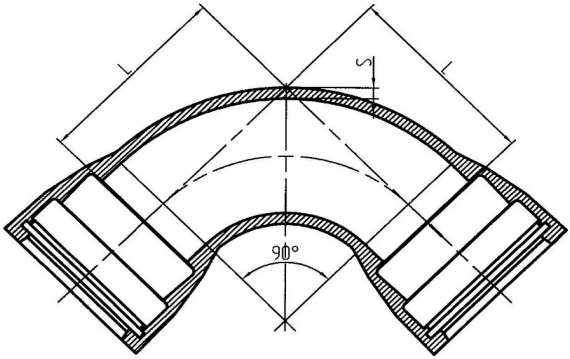
ОТВОД ФЛАНЦЕВЫЙ α=45° (ISO)		
DN	**L**	**Вес расчетный, кг**
80	130	10,3
100	140	12,6
125	150	17,5
150	160	21,6
200	180	32,4
250	250	60,9
300	400	90,2
350	300	102,6
400	325	129,1
500	375	235,4
600	425	347
700	480	481
800	530	442
900	580	480
1000	630	685
1200	750	1028

2.8.3 Отвод раструб-гладкий конец



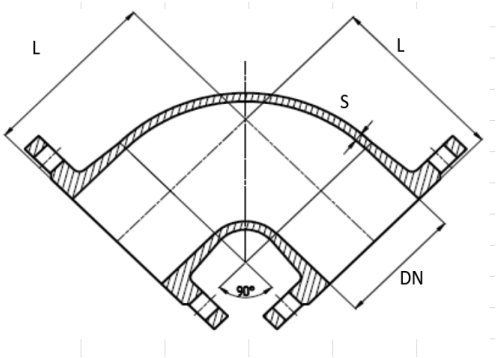
ОТВОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ГОСТ)							**ОТВОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ISO)**					
DN	**TJ/RJ**	**α= 10°**	**α= 15°**	**α= 30°**	**α= 45°**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**α=10°**		**α=15°**		**Вес расчетный, кг**
	L1	**L**	**L**	**L**	**L**			**L**	**L1**	**L**	**L1**	
80	75/130	95	95	96	99	11,1	80	30	210	38	210	8,1
100	80/140	126	127	129	132	15,7	100	33	210	33	210	9,5
125	80/150	146	147	149	153	22,6	125	36	225	49	225	15
150	85/160	165	166	169	174	28,8	150	40	244	40	244	18,8
200	85/170	205	206	209	215	47,5	200	46	265	46	265	28
250	90/175	205	206	209	215	65	250	50	205	65	200	54,4
300	95/180	205	206	209	215	84,4	300	65	209	65	209	53,6
							400	38	200	100	200	77
							500	85	200	125	200	97
							600	95	200	145	200	163

2.8.4 Колено раструбное



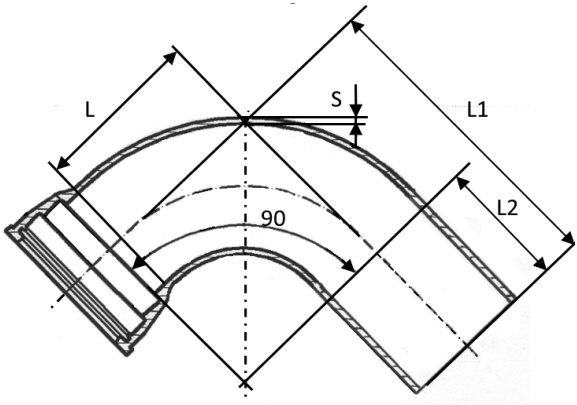
КОЛЕНО РАСТРУБНОЕ (ГОСТ)			КОЛЕНО РАСТРУБНОЕ (ISO)		
DN	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**L**	**Вес расчетный, кг**
80	180	15,5	80	100	8,5
100	240	15,5	100	120	12,1
125	265	30,1	125	150	16,2
150	290	27	150	170	22,8
200	340	44,6	200	220	34,8
250	340	81,3	250	280	52,9
300	340	83,6	300	320	72,4
350	400	143	350	410	-
400	450	188	400	430	138
500	550	301	500	550	-
600	610	427	600	780	-
700	660	602	700	720	-
800	760	831	800	800	-
900	820	1076	900	-	-
1000	870	1872	1000	-	-

2.8.5 Колено фланцевое



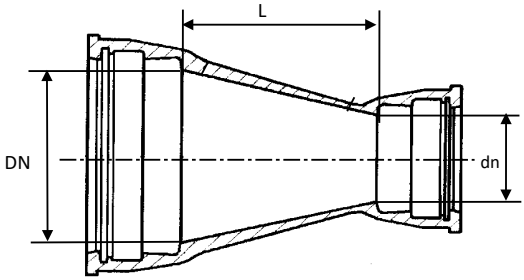
КОЛЕНО ФЛАНЦЕВОЕ (ГОСТ)			КОЛЕНО ФЛАНЦЕВОЕ (ISO)		
DN	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**L**	**Вес расчетный, кг**
80	150	13	80	165	10,2
100	200	17,2	100	180	13,8
125	225	24,3	125	200	22
150	250	29,2	150	220	21,8
200	300	43,4	200	260	35
250	300	67,1	250	350	58,3
300	300	67	300	400	82,1
350	350	115	350	450	11,2
400	400	155	400	500	139
500	500	245	500	600	2775
600	550	347	600	700	404
700	600	494	700	800	420
800	700	704	800	900	720
900	750	893	900	1000	836
1000	800	1132	1000	1100	1099

2.8.6 Колено раструб-гладкий конец



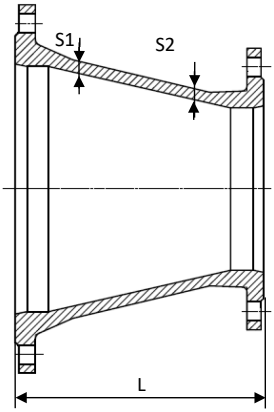
КОЛЕНО РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ГОСТ)					КОЛЕНО РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ISO)				
DN	**L**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**L**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80	120	350	230	14,2	80	80	310	230	9
100	160	400	240	17,1	100	100	340	240	12,4
125	185	425	240	27,9	125	130	370	240	18,4
150	210	450	240	32,6	150	150	390	240	22,9
250	260	500	240	49	200	200	440	240	40,2
250	260	500	240	66,9	250	250	500	250	54,2
300	260	500	240	88,2	300	300	550	250	88,2
					400	405	625	220	168
					500	510	700	190	235,4
					600	605	805	200	314

2.8.7 Переход раструбный



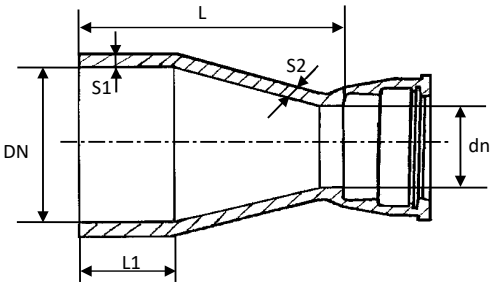
ПЕРЕХОД РАСТРУБНЫЙ (ISO)						ПЕРЕХОД РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)					
DN x dn	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**Вес расчетный, кг**
100x80	90	9,2	350x250	260	47	100x80	200	16,3	350x200	450	91,7
125x80	140	11,3	350x300	160	45	125x80	250	20,8	350x250	350	91,9
125x100	100	11,8	400x250	360	73,5	125x100	200	21,3	350x300	250	90,6
150x80	190	15,1	400x300	260	68	150x80	300	24,8	400x250	450	116
150x100	150	15,7	400x350	160	70	150x100	250	15,5	400x300	350	115
150x125	100	15,7	500x350	360	143,6	150x125	200	26,8	400x350	250	112
200x100	250	20,5	500x400	260	150,7	200x80	400	35,7	500x350	500	183
200x125	200	22,7	600x400	460	185,8	200x100	350	21,3	500x400	400	179
200x150	150	22,1	600x500	260	186,8	200x125	300	37,6	600x400	600	265
250x125	300	31,3	700x500	480	341,5	200x150	250	37,9	600x500	400	247
250x150	250	34,6	700x600	280	252,5	250x100	450	50,2	700x500	600	354
250x200	150	34,6	800x600	480	288	250x125	400	52	700x600	400	331
300x150	350	50,2	800x700	280	296	250x150	350	24	800x600	600	457
300x200	250	43,2	900x700	480	382	250x200	250	53,1	800x700	400	430
300x250	150	43,7	900x800	280	347	300x125	500	69,3	900x700	600	588
350x200	360	48	1000x800	480	476	300x150	450	69,3	900x800	400	542
			1000x900	280	476	300x200	350	70,5	1000x800	600	734
			1200x1000	480	543	300x250	250	70,7	1000x900	400	679

2.8.8 Переход фланцевый



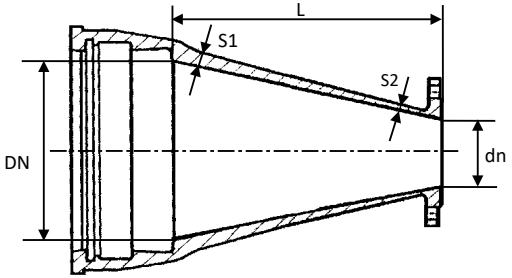
ПЕРЕХОД ФЛАНЦЕВЫЙ (ISO)			ПЕРЕХОД ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)					
DN x dn	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**Вес расчетный, кг**
100x80	200	11,5	100x80	200	12	300x125	500	55
125x100	200	-	125x80	250	16,7	300x150	450	67
150x125	200	17	125x100	200	16,3	300x200	350	57
200x150	300	27,4	150x80	300	20,3	300x250	250	52,2
250x200	300	-	150x100	250	19,9	350x300	250	65,4
300x250	300	46	150x125	200	20,6	400x350	250	81,9
350x300	300	63,2	200x80	400	30,2	500x400	350	125
400x350	300	75,6	200x100	350	29,6	600x500	350	166
500x400	600	173	200x125	300	30,4	700x600	350	220
600x500	600	283	200x150	250	30,3	800x700	350	291
700x600	600	346	250x100	450	41	900x800	350	361
800x700	600	413	250x150	350	41,8	1000x900	350	436
900x800	600	432	250x200	250	42,4			
1000x900	600	612						
1200x1000	790	760						

2.8.9 Переход раструб-гладкий конец



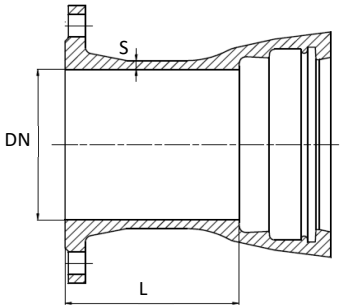
ПЕРЕХОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ГОСТ)			
DN x dn	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**
100x80	250	90	10,9
125x80	300	90	13,6
125x100	250	90	14,1
150x80	350	90	16,2
150x100	300	90	16,7
150x125	250	90	18,2
200x80	450	90	24,6
200x100	400	90	25,1
200x125	350	90	26,3
200x150	300	90	19,4
250x100	500	90	35
250x150	400	90	36,2
250x200	300	90	37
300x125	550	90	48,4
300x150	500	90	48,5
300x200	400	90	49,4
300x250	300	90	49,1

2.8.10 Переход раструб-фланец



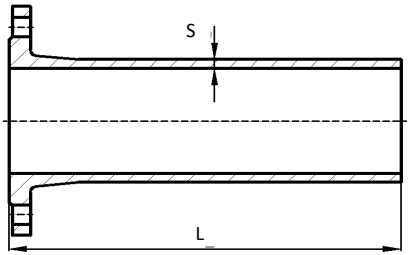
ПЕРЕХОД РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ГОСТ)					
DN x dn	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**Вес расчетный, кг**
100x80	200	15,1	350x200	450	87,4
125x80	250	19,6	350x250	350	84,4
125x100	200	19,2	350x300	250	79,2
150x80	300	23,7	400x200	550	112
150x100	250	23,2	400x250	450	109
150x125	200	23,9	400x300	350	104
200x80	400	34,5	400x350	250	98
200x100	350	33,9	500x350	450	160
200x125	300	34,7	500x400	350	153
200x150	250	34,6	600x400	550	232
250x100	450	48,1	600x500	350	206
250x150	350	48,9	700x500	550	312
250x200	250	48,8	700x600	350	275
300x125	500	66,4	800x600	550	397
300x150	450	66	800x700	350	364
300x200	350	66,2	900x700	550	508
300x250	250	63,6	900x800	350	452
350x150	550	86,1	1000x800	550	642
			1000x900	350	556

2.8.11 Патрубок фланец-раструб



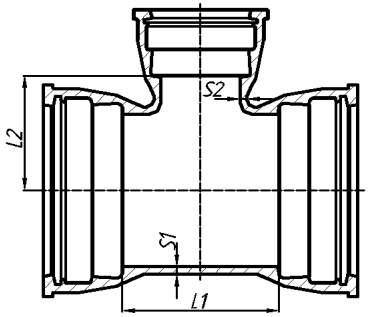
ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ			**ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ**		
(ISO)			**(ГОСТ)**		
DN	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**L**	**Вес расчетный, кг**
80	130	8,6	80	100	11,2
100	130	11,4	100	100	12,5
125	135	14,5	125	100	18,2
150	135	16,1	150	100	22,1
200	140	24,5	200	100	31,1
250	145	32,5	250	150	46,2
300	150	45	300	150	58
350	155	58	350	150	73,8
400	160	74	400	150	91,2
500	170	109	500	150	127
600	180	145,5	600	250	200
700	190	176,6	700	250	268
800	200	262	800	250	345
900	210	278	900	300	453
1000	220	355	1000	300	566
1200	240	440			

2.8.12 Патрубок фланец-гладкий конец



ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ISO)			**ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ГОСТ)**		
DN	**L**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**L**	**Вес расчетный, кг**
80	350	8,5	80	300	10
100	360	11,1	100	350	13,1
125	370	14	125	350	17,7
150	380	20	150	350	21,3
200	400	28,4	200	350	32
250	420	39,7	250	350	42,3
300	440	55,2	300	400	57,8
350	460	65,9	350	400	72,8
400	480	78,5	400	400	89,2
500	520	140,4	500	450	133
600	560	208,9	600	500	190
700	600	227	700	500	253
800	600	320	800	600	370
900	600	384	900	600	444
1000	600	380	1000	600	536
1200	600	469			

2.8.13 Тройник раструбный

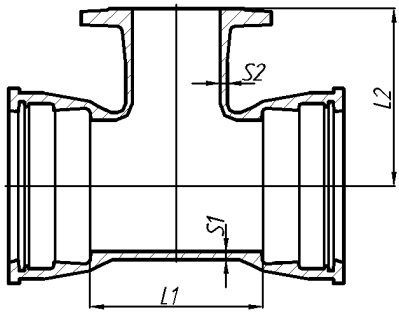


ТРОЙНИК РАСТРУБНЫЙ (ISO)							
DN x dn	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80x80	175	85	14	400x200	325	260	111,8
100x80	165	90	15	400x250	440	265	118,8
100x100	195	100	17	400x300	440	270	123,7
125x80	175	105	20,5	400x400	560	280	175,5
125x100	195	115	21,6	500x100	215	295	131
125x125	225	115	23,2	500x200	330	310	145
150x80	180	120	24,8	500x300	450	315	170
150x100	200	125	25,4	500x400	565	335	195
150x150	260	130	52,6	500x500	680	350	233
200x80	180	145	38,4	600x200	340	360	205
200x100	200	150	35,2	600x300	460	365	231
200x150	260	155	42,1	600x400	570	390	245
200x200	320	160	70	600x500	800	400	325
250x100	205	190	46,4	600x600	800	460	340
250x150	265	190	51,8	700x200	345	525	264
250x200	320	190	56,2	700x400	575	555	355
250x250	380	190	65,9	700x700	925	600	497
300x100	210	220	58,3	800x200	350	585	-
300x150	265	220	62,4	800x400	580	615	520
300x200	325	220	66,4	800x600	1045	645	760
300x250	380	220	82,1	800x800	1045	675	820
300x300	440	220	92,1	900x200	355	645	-
350x100	205	220	79	900x400	590	675	-
350x200	325	240	88	900x600	1170	705	525
350x250	495	245	118,8	900x900	1170	750	850
350x300	495	250	-	1000x400	360	705	-
350x350	495	260	125	1000x600	595	735	1028
				1000x1000	1290	765	-

ТРОЙНИК РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)							
DN x dn	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80x80	250	115	22	400x200	500	300	180
100x80	250	125	26	400x250	500	300	186
100x100	300	150	23	400x300	600	300	209

125x80	300	150	34	400x400	600	350	243
125x100	400	300	36	500x100	400	350	219
125x125	400	200	44	500x200	500	350	249
150x80	300	150	40	500x300	600	350	283
150x100	300	150	31	500x400	800	400	351
150x150	400	200	41	500x500	800	400	376
200x80	300	200	54	600x200	500	400	334
200x100	400	200	63	600x300	600	400	374
200x150	400	200	55	600x400	800	450	453
200x200	500	250	61	600x500	800	450	477
250x100	400	200	81	600x600	900	450	525
250x150	400	250	88	700x200	500	450	435
250x200	500	250	102	700x400	800	500	582
250x250	500	250	83	700x700	1100	550	803
300x100	400	250	104	800x200	600	500	592
300x150	400	250	95	800x400	800	550	718
300x200	500	250	102	800x600	1000	550	853
300x250	500	250	131	800x800	1200	550	985
300x300	600	300	155	900x200	600	550	736
350x100	400	250	128	900x400	800	600	881
350x200	500	300	153	900x600	1000	600	1030
350x250	500	300	160	900x900	1300	650	1352
350x300	600	300	-	1000x400	800	650	1079
350x350	600	300	191	1000x600	1000	650	1243
				1000x1000	1400	700	1725

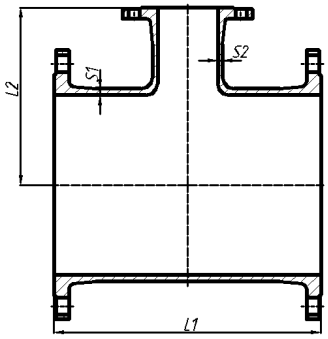
2.8.14 Тройник раструб-фланец



ТРОЙНИК РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ISO)							
DN x dn	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80x80	175	165	12,9	350x250	385	360	98
100x80	165	170	14,5	350x350	500	380	125
100x100	195	180	15,8	400x100	210	360	71,4
125x80	175	185	18	400x150	270	370	81,4
125x100	195	195	19,3	400x200	325	380	91,6
125x125	225	200	21,6	400x250	385	390	110
150x80	180	200	21,3	400x300	445	400	113,5
150x100	200	205	27,2	400x400	560	420	135,5
150x125	230	215	29	500x100	215	420	104
150x150	260	220	33,8	500x200	330	440	127,9
200x80	180	225	28,6	500x400	565	480	185
200x100	200	230	30,4	500x500	680	500	220
200x125	235	240	36	600x200	340	500	168,5
200x150	260	245	42	600x400	570	540	239,5
200x200	320	260	57	600x600	800	580	335,7
250x80	185	165	37,9	700x200	345	525	255
250x100	205	270	39,7	700x400	575	555	392
250x150	265	280	46	700x700	925	600	496
250x200	320	290	53	800x200	350	585	342
250x250	380	300	61	800x400	580	615	437
300x80	185	295	50	800x600	1045	645	640
300x100	210	300	62,5	800x800	1045	675	755
300x150	265	310	74,8	900x200	355	645	540
300x200	325	320	85	900x400	590	675	572
300x250	380	330	91	900x600	1170	705	820
300x300	440	340	108,2	900x900	1170	750	930
350x100	210	330	73,4	1000x200	360	705	-
350x150	270	340	89	1000x400	595	735	644
350x200	325	350	97,2	1000x600	1290	765	1162
				1000x1000	1290	825	1205
				1200x1000	1300	945	1403

ТРОЙНИК РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ГОСТ)							
DN x dn	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80x80	250	150	21,3	350x250	500	325	154
100x80	250	175	25,4	350x350	600	350	183
100x100	300	200	28,3	400x100	400	325	155
125x80	300	175	33,6	400x150	500	325	174
125x100	300	175	34,6	400x200	500	350	179
125x125	400	225	41,7	400x250	500	350	185
150x80	300	200	39,4	400x300	600	350	204
150x100	300	200	40,3	400x400	600	400	243
150x125	400	200	46,6	500x100	400	375	217
150x150	400	250	50,6	500x200	500	400	247
200x80	300	225	53,6	500x400	800	425	339
200x100	400	225	60,6	500x500	800	500	370
200x125	400	225	62,9	600x200	500	450	328
200x150	400	225	64,7	600x400	800	475	437
200x200	500	300	80,7	600x600	900	550	520
250x80	300	250	71,5	700x200	500	500	435
250x100	400	250	80,6	700x400	800	525	569
250x150	400	250	82,8	700x700	1100	600	679
250x200	500	275	83,6	800x200	600	550	592
250x250	500	300	99,1	800x400	800	575	705
300x80	300	275	90,7	800x600	1000	625	833
300x100	400	275	102	800x800	1200	700	1033
300x150	400	275	106	900x200	600	600	737
300x200	500	300	123	900x400	800	650	874
300x250	500	300	128	900x600	1000	675	1013
300x300	600	300	143	900x900	1300	750	1320
350x100	400	300	127	1000x400	800	700	1071
350x150	400	300	130	1000x600	1000	725	1225
350x200	500	300	148	1000x1000	1400	800	1623

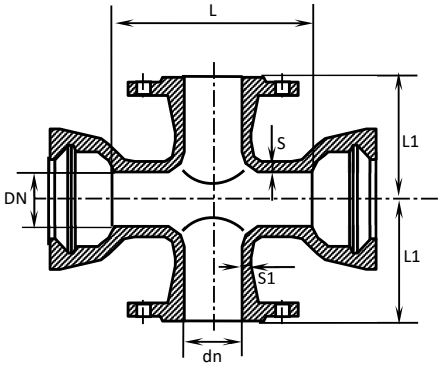
2.8.15 Тройник фланцевый



ТРОЙНИК ФЛАНЦЕВЫЙ (ISO)							
DN x dn	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80x80	330	165	15,7	350x350	850	425	-
100x80	360	175	21,6	400x100	900	350	165
100x100	360	180	23,7	400x150	900	350	173,5
125x80	400	190	22,8	400x200	900	350	178
125x100	400	195	23,8	400x250	665	390	-
125x125	400	200	25,2	400x300	900	450	184
150x80	440	205	28,5	400x400	900	450	227
150x100	440	210	32,4	500x100	1000	400	247
150x125	440	215	30,9	500x200	1000	400	273,6
150x150	440	220	39,2	500x400	1000	500	327,4
200x80	520	235	42,2	500x500	1000	500	298,2
200x100	520	240	44,8	600x200	1100	450	394,6
200x125	520	240	51	600x400	1100	550	409
200x150	520	250	46	600x600	1100	550	461
200x200	520	260	58,3	700x200	650	525	377
250x100	700	275	67,6	700x400	870	555	444,5
250x150	700	275	81	700x700	1200	600	591
250x200	700	325	75,2	800x200	690	585	455
250x250	700	350	81	800x400	910	615	553
300x80	800	295	98	800x600	1350	645	729
300x100	800	300	93,8	800x800	1350	675	720
300x150	800	310	94	900x200	730	645	480
300x200	800	350	110,6	900x400	950	675	842
300x250	800	375	113,9	900x600	1500	705	846
300x300	800	400	116,6	900x900	1500	750	890
350x100	850	325	-	1000x200	770	705	-
350x150	530	340	-	1000x400	990	735	738
350x200	850	325	-	1000x600	1650	765	1082
350x250	645	360	-	1000x1000	1650	825	1186
				1200x1000	1700	945	1577

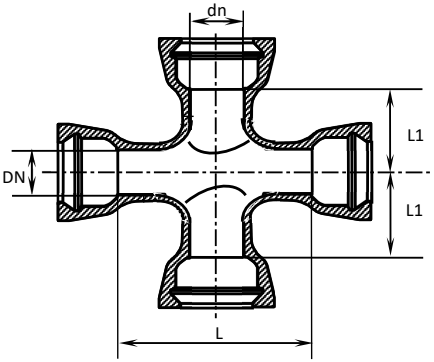
ТРОЙНИК ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)							
DN x dn	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L1**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80x80	300	150	20	350x250	600	325	140
100x80	400	175	25	350x350	700	350	168
100x100	400	200	24,8	400x100	600	325	112
125x80	450	175	32,8	400x150	600	325	120
125x100	450	175	33,6	400x200	600	350	125
125x125	450	225	37,6	400x250	600	350	167
150x80	500	200	40,8	400x300	800	350	202
150x100	500	200	41,7	400x400	800	400	226
150x125	500	200	44	500x100	600	375	206
150x150	500	250	51	500x200	600	400	214
200x80	600	225	63,6	500x400	800	425	283
200x100	600	225	64,4	500x500	1000	500	359
200x125	600	225	66,7	600x200	600	450	277
200x150	600	225	58	600x400	800	475	357
200x200	600	300	72,3	600x600	1100	550	498
250x100	600	250	82,2	700x200	800	500	442
250x150	600	250	72,6	700x400	1000	525	539
250x200	600	275	79,2	700x700	1200	600	699
250x250	600	300	93,2	800x200	800	550	562
300x80	600	275	88	800x400	1000	575	675
300x100	600	275	89	800x600	1400	625	901
300x150	600	275	95	800x800	1400	700	1003
300x200	600	300	111	900x200	800	600	672
300x250	600	300	113,4	900x400	1000	650	809
300x300	600	300	126,4	900x600	1400	675	1064
350x100	600	300	126	900x900	1500	750	1254
350x150	600	300	130	1000x400	1000	700	971
350x200	600	300	134	1000x600	1400	725	1264
				1000x1000	1600	800	1570

2.8.16 Крест раструб-фланец



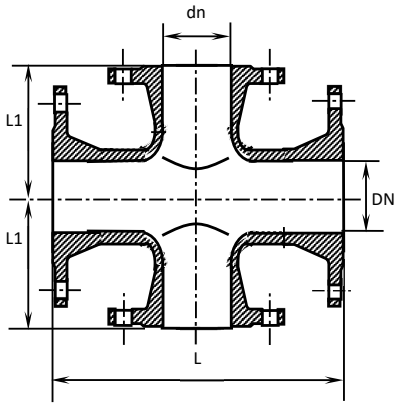
КРЕСТ РАСТРУБ – ФЛАНЕЦ (ГОСТ)							
DN x dn	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**
100×80	250	175	31,6	400×200	500	350	195
100×100	300	200	36	400×300	600	350	228
125×100	300	175	41,2	400×400	600	400	290
150×100	300	200	47,2	500×200	500	400	263
150×150	400	250	63,9	500×400	800	425	378
200x100	400	225	67,5	500×500	800	500	442
200x150	400	225	75,6	600×400	800	475	474
200x200	500	300	101	600×500	800	500	510
250x100	400	250	86,5	600×600	900	550	609
250x150	400	250	94	700×500	800	550	633
250x200	500	275	116	700×600	1000	550	743
250x250	500	300	132	700×700	1100	600	883
300x100	400	275	108	800×600	1000	625	897
300x150	400	275	116	800×700	1200	625	1054
300x200	500	300	139	800×800	1200	700	1201
300x250	500	300	149	900×700	1200	675	1239
300x300	600	300	169	900×800	1200	700	1327
350x100	400	300	134	900×900	1300	750	1500
350x200	500	300	162	1000×700	1200	750	1481
350x300	600	325	196	1000×800	1200	800	1591
350×350	600	350	216	1000×900	1400	800	1794
				1000×1000	1400	800	1882

2.8.17 Крест раструбный



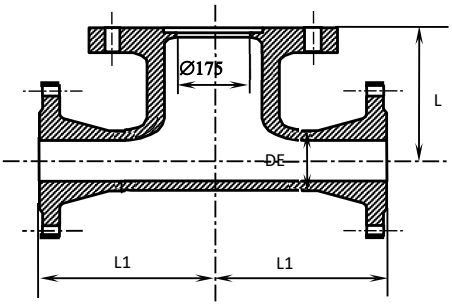
КРЕСТ РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)							
DN x dn	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**
100×80	250	125	31,9	400×200	500	300	196
100×100	300	150	37,6	400×300	600	300	239
125×100	300	150	44,1	400×400	600	350	307
150×100	300	150	48,9	500×200	500	350	270
150×150	400	200	66,6	500×400	800	400	380
200x100	400	200	70,4	500×500	800	400	450
200x150	400	200	80,2	600×400	800	450	499
200x200	500	250	104	600×500	800	450	544
250x100	400	200	88,4	600×600	900	450	630
250x150	400	250	102	700×500	800	500	667
250x200	500	250	122	700×600	1000	500	794
250x250	500	250	137	700×700	1100	550	952
300x100	400	250	112	800×600	1000	550	935
300x150	400	250	121	800×700	1200	550	1103
300x200	500	250	142	800×800	1200	600	1230
300x250	500	250	155	900×700	1200	600	1289
300x300	600	300	192	900×800	1200	600	1357
350x100	400	250	135	900×900	1300	650	1560
350x200	500	300	171	1000×700	1200	650	1511
350x300	600	300	214	1000×800	1200	700	1621
350×350	600	300	233	1000×900	1400	700	1860
				1000×1000	1400	700	1984

2.8.18 Крест фланцевый



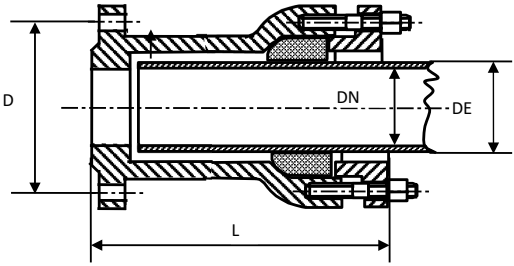
КРЕСТ ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)							
DN x dn	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**	**DN x dn**	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**
100×80	400	175	31,2	400×300	800	350	226
100×100	400	200	33,8	400×400	800	400	273
125×100	450	175	40,4	500×100	600	375	-
150×100	500	200	48,6	500×200	600	400	229
150×150	500	250	59	500×400	800	425	322
200x100	600	225	71,3	500×500	1000	500	430
200x150	600	225	79,4	600×400	800	475	394
200x200	600	300	98,9	600×500	1000	500	489
250x100	600	250	89,7	600×600	1100	550	583
250x150	600	250	97,5	700×500	1000	550	603
250x200	600	275	110	700×600	1200	550	713
250x250	600	300	125	700×700	1200	600	814
300x100	600	275	108	800×600	1400	625	966
300x150	600	275	115	800×700	1400	625	1024
300x200	600	300	127	800×800	1400	700	1171
300x250	600	300	137	900×700	1400	675	1177
300x300	600	300	147	900×800	1400	700	1262
350x100	600	300	132	900×900	1500	750	1445
350x200	600	300	148	1000×700	1400	750	1392
350x300	700	325	182	1000×800	1400	800	1491
350×350	700	350	204	1000×900	1600	800	1695
400×200	600	350	178	1000×1000	1600	800	1784

2.8.19 Пожарная подставка фланцевая



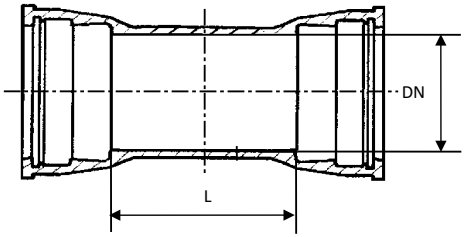
ПОЖАРНАЯ ПОДСТАВКА ФЛАНЦЕВАЯ (ГОСТ)				
DN	**DE**	**L**	**L1**	**Вес расчетный, кг**
100	118	225	200	42
150	170	250	250	56,8
200	222	275	300	72,5
250	274	300	300	81
300	326	325	300	104,6
400	429	350	400	167
500	532	450	500	186
600	635	500	550	215

2.8.20 Патрубок фланец-раструб компенсационный



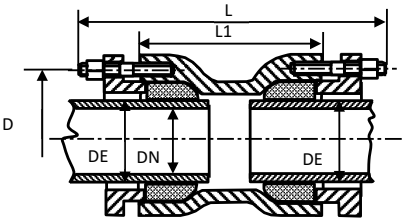
ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ КОМПЕНСАЦИОННЫЙ (ГОСТ)				
DN	**DE**	**L**	**D**	**Вес расчетный, кг**
100	118	200	180	12
150	170	240	240	33
200	222	225	295	32,6
250	274	250	350	56,9

2.8.21 Двойной раструб



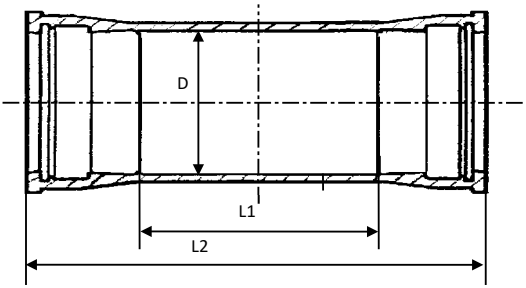
ДВОЙНОЙ РАСТРУБ			
DN	**L (ISO)**	**L (ГОСТ)**	**Вес расчетный, кг**
80	160	20	11
100	160	20	14,8
125	165	20	18,9
150	165	20	23,2
200	170	20	31,7
250	175	20	42,5
300	180	20	55,1
350	185	20	66
400	190	20	53
500	200	30	79,6
600	210	30	156
700	220	30	210
800	230	30	259
900	240	40	345
1000	250	40	415

2.8.22 Двойной раструб компенсационный



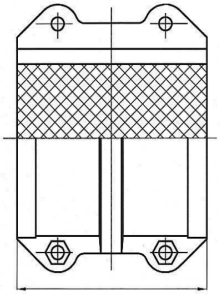
ДВОЙНОЙ РАСТРУБ КОМПЕНСАЦИОННЫЙ (ГОСТ)					
DN	**L**	**L1**	**D**	**DE**	**Вес расчетный, кг**
100	320	200	180	118	28,6
150	340	210	240	170	44,6
200	340	210	295	222	59,4
250	350	220	350	274	86
300	350	220	402	326	91,4

2.8.23 Муфта надвижная



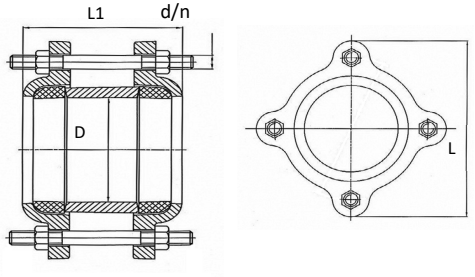
МУФТА НАДВИЖНАЯ (ISO)				МУФТА НАДВИЖНАЯ (ГОСТ)			
DN	**D**	**L1**	**Вес расчетный, кг**	**DN**	**D**	**L2**	**Вес расчетный, кг**
80	109	160	8,1	80	116	260	12
100	130	160	9,7	100	137	265	11,8
125	156	165	12,5	125	163	265	19,5
150	183	165	24,8	150	189	280	16
200	235	170	30	200	241	285	24,8
250	288	175	37,5	250	294	300	24,2
300	340	180	51	300	346	305	50,3
350	393	185	65	350	398	320	*76,5*
400	445	190	73,5	400	449	325	*91*
500	550	200	122,1	500	553	350	*133*
600	655	210	167	600	657	370	*178*
700	760	220	216	700	760	390	249
800	865	230	256,7	800	865	410	310
900	970	240	313	900	968	430	397
1000	1075	250	421,2	1000	1072	450	486
1200	1285	270	615				

2.8.24 Муфта свертная



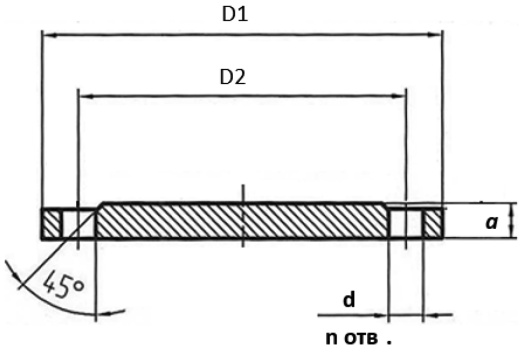
МУФТА СВЁРТНАЯ (ГОСТ)						
DN	**D**	**L**	**L1**	**d**	**n**	**Вес расчетный, кг**
100	118	180	250	M16	4	15,6
150	170	230	302	M20	4	23,2
200	222	230	360	M20	4	35,2
250	274	300	446	M24	4	56
300	326	325	490	M24	4	71,6

2.8.25 Муфта ремонтная надвижная



МУФТА РЕМОНТНАЯ НАДВИЖНАЯ						
DN	**D**	**L**	**L1**	**d**	**n**	**Вес расчетный, кг**
100	120	250	150	M16	4	6,7
150	174	314	183	M20	4	9,8

2.8.26 Заглушка фланцевая



ЗАГЛУШКА ФЛАНЦЕВАЯ (ISO)							
DN	**PN, бар**	**D1**	**D2**	***a***	**d**	**n, шт.**	**Вес расчетный, кг**
80	10	200	160	19	19	8	2,4
	16						
100	10	220	180	19	19	8	6,8
	16						
125	10	250	210	19	19	8	4,69
	16						
150	10	285	240	19	23	8	11
	16						
200	10	340	295	20	23	8	17,4
	16					12	
250	10	400	350	22	23	12	25
	16		355		28		
300	10	455	400	25	23	12	32
	16		410		28		
400	10	565	515	25	28	16	59,86
	16	580	525	28	31		
500	10	670	620	27	28	20	103
	16	715	650	32	34		
600	10	780	725	30	31	20	162
	16	840	770	36	37		
700	10	895	840	33	31	24	145
	16	910		40	37		
800	10	1015	950	35	34	24	300,6
	16	1025		43	40		
900	10	1115	1050	38	34	28	420
	16	1125		47	40		
1000	10	1230	1160	40	37	28	542
1200	10	1455	1380	56	40	32	683

2.8.27 Размеры фланцев

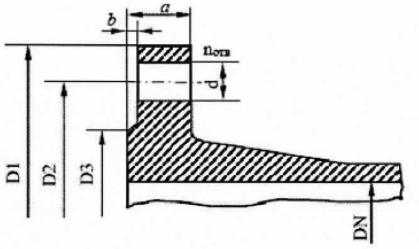


Рисунок 2.14 Фланец из высокопрочного чугуна

Таблица 2.14 Основные размеры, мм

DN	PN, бар	Исполнение А (ИСО)								
		D1	D2	D3	D3*		’	*a*	*a**	*b*
80	10	200	160	132	133	19	8	19	22	3
	16									
	25									
	40									
100	10	220	180	156	153	19	8	19	22	3
	16									
	25	235	190	156	156	23	8	19	22	3
	40									
125	10	250	210	184	183	19	8	19	24	3
	16									
	25	270	220	184	183	28	8	19	24	3
	40	270	220	184	183	28		23,5		
150	10	285	240	211	209	23	8	19	24	3
	16									
	25	300	250	211	209	28		20	24	
	40	300	250	211	209	28		26		
200	10	340	295	266	264	23	8	20	26	3
	16						12			
	25	360	310	274	274	28	12	22	26	
	40	375	320	284	284	31	12	30		
250	10	400	350	319	319	23	12	22	28	3
	16		355			28				
	25	425	370	330	330	31		24,5	28	
	40	450	385	345	345	34		34,5	34,5	
300	10	455	400	370	367	23	12	24,5	28	4
	16		410			28				
	25	485	430	389	389	31	16	27,5	27,5	
	40	515	450	409	409	34		39,5	39,5	
350	10	505	460	429	427	23	16	24,5	30	4
	16	520	470		432	28		26,5		
	25	555	490	450	-	33	16	38	-	4
	40	580	510	465	-	36	16	46	-	4

400	10	565	515	480	477	28	16	24,5	32	4
	16	580	525		484	31		28,0		
	25	620	550	503	-	37		32	-	
	40	660	585	535	-	40		48	-	
500	10	670	620	582	582	28	20	26,5	34	4
	16	715	650	609	609	34		31,5		
	25	730	660	609	-	37		36,5	-	
	40	755	670	615	-	43		52	-	
600	10	780	725	682	682	31	20	30	36	5
	16	840	770	720	720	37		36		
	25	845	770	718	-	40		42	-	
700	10	895	840	794	794	31	24	32,5	40	5
	16	910				37		39,5		
800	10	1015	950	901	901	34	24	35	44	5
	16	1025				40		43		
900	10	1115	1050	1001	1001	34	28	37,5	46	5
	16	1125				40		46,5		
1000	10	1230	1160	1112	1112	37	28	40	50	5
	16	1255	1170			43		50		
1200	10	1455	1380	1330	1330	40	32	56	56	5
* - Допустимый размер по ГОСТ 5525-88 для соединительных частей с исполнением Б										

2.8.28 Допустимое рабочее давление для фасонных частей

Таблица 2.15 Допустимое рабочее давление фасонных частей (PFA)

DN, мм	**Допустимое рабочее давление, бар**					
	Раструбное соединение		**Фланцевое соединение**			
	TJ	**RJ/RJS**	**PN10**	**PN16**	**PN25**	**PN40**
80	100	64	16	16	25	40
100	100	100	16	16	25	40
125	64	100	16	16	25	40
150	64	100	16	16	25	40
200	64	100	10	16	25	40
250	50	100	10	16	25	40
300	50	85	10	16	25	40
350	50	30	10	16	25	40
400	40	30	10	16	25	40
500	40	30	10	16	25	40
600	40	20	10	16	25	-
700	30	20	10	16	-	-
800	30	20	10	16	-	-
900	30	16	10	16	-	-
1000	30	16	10	16	-	-
1200	30	16	10	-	-	-

2.9 Уплотнительные кольца

Назначением уплотнительных колец, используемых в раструбных соединениях труб, является обеспечение гарантии того, что уплотнение будет полностью герметично во время всего срока службы трубопровода. Проведенные испытания в аккредитованной лаборатории АО «НИИРПИ» подтвердили работоспособность резиновых уплотнительных колец на протяжении не менее 150 лет.

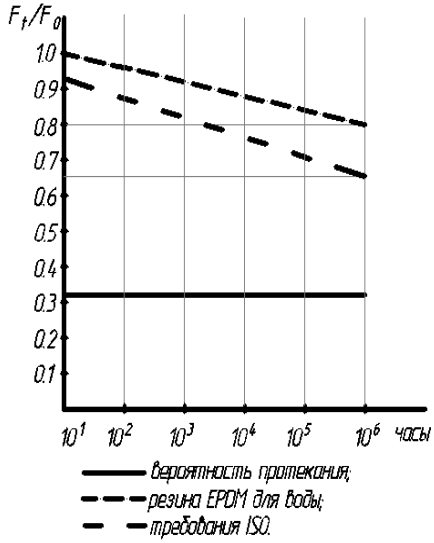
2.9.1 Старение резины

Изменение механических свойств уплотнительных 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 колец, полученная в процессе соединения, остается постоянной. Следовательно, явление релаксации – единственное, представляющее интерес.

2.9.2 Измерение релаксации



Релаксация при окружающей температуре

Ft/F0 – скорость релаксации в момент t при 25% коэффициенте релаксации

Ft – сила реакции уплотнительного кольца в момент времени t

F0 – начальная сила реакции уплотнительного кольца

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

Диаграмма вверху 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.

2.9.3 Контактное давление

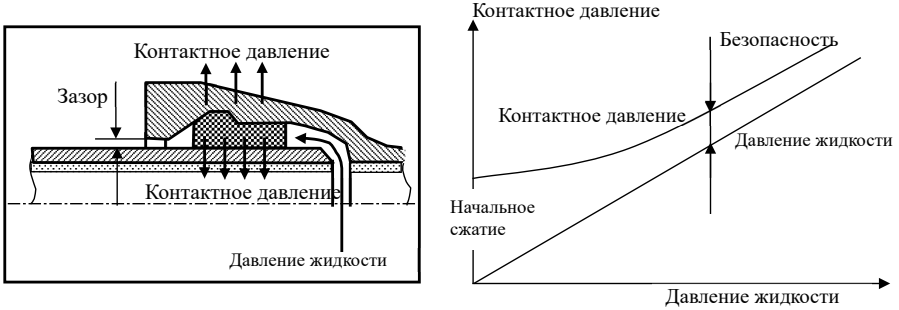


Рисунок 2.15 Контактное давление

Раструбные соединения труб выполняются таким образом, что за счет контактного давления (см. рис. 2.15) между уплотнительным кольцом и металлом трубы, а также давления воды, гарантируется абсолютная плотность трубопровода в течение всего срока службы.

2.9.4 Выбор материала уплотнительных колец

При использовании труб для различных областей применения становится актуальным и выбор материала уплотнительных колец, используемых для стыковки труб. Общие рекомендации по использованию уплотнительных колец из различных материалов для трубопроводов различного назначения приведены в таблице 2.16.

Таблица 2.16 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, акрилонитриловый бутадиен)	65	Неароматические углеводороды Нефть Горючее Смазка Жиры, масла Пресная вода (в т.ч. питьевая)
HNBR (нитрил, резина на основе гидрированного бутадиеннитрильного каучука СКН, акрилонитриловый бутадиен)	95	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 2.17.

Таблица 2.17 Максимально допустимая концентрация различных веществ в воде для резин EPDM и NBR (HNBR)

Химическое вещество	**Резины**	
	EPDM	**NBR (HNBR)**
2.9.4.1 **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
2.9.4.2 **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

2.9.4.3 **Соли**		
2.9.4.4 Хлорид натрия	Не ограничено	Не ограничено
2.9.4.5 Хлорид калия	Не ограничено	Не ограничено
2.9.4.6 Сульфат аммония	Не ограничено	Не ограничено

2.9.5 Физико-химические свойства резин

ООО «ЛТК «Свободный сокол» поставляет уплотнительные кольца, изготовленные из резины EPDM. Диапазон используемых температур для уплотнительных колец: от минус 20 до плюс 115 °С. В трубах с раструбными соединениями используются уплотнительные 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 2.18.

Таблица 2.18 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 суток, %	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 $(5,0\pm0,5)\cdot10^{-5}$ %, температуре 40 °С и деформации растяжения 20 %	Трещины не допускаются	

2.9.6 Необходимость замены уплотнительных колец

Все уплотнительные кольца в разъединённых раструбных соединениях при ремонте или реконструкции действующих сетей подлежат обязательной замене на новые. Во всех остальных случаях во время всего срока эксплуатации сети замена уплотнительных колец не требуется.

3 Упаковка, погрузка, транспортирование, складирование

3.1 Упаковка труб

Трубы под раструбные соединения с условным диаметром от 80 до 300 мм хранятся и поставляются Потребителю в пакетах. Пакеты сформированы таким образом, чтобы упростить и ускорить операции погрузки, а также сохранить качество продукции. Трубы с раструбным соединением свыше DN300 мм поставляются Потребителю без транспортных пакетов.

Внешний вид пакета труб показан на рисунке 3.1, размеры пакета и его технические характеристики – в таблице 3.1.

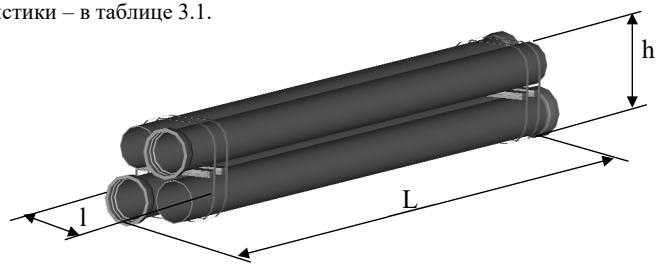


Рисунок 3.1 Пакет труб

Таблица 3.1 Технические характеристики пакетов труб

Тип соединения	DN	Количество труб в пакете	L max, мм	l, мм	h, мм	Максимальная масса пакета, кг
TJ	80	16	6300	446	524	1400,8
	100	12	6300	544	459	1284,8
	125	9	6300	492	538	1194,5
	150	6	6300	575	417	967,4
	200	6	6300	740	530	1347,8
	250	4	6300	620	640	1243,2
	300	4	6300	730	749	1649,2
RJ	80	16	6400	446	524	1674,4
	100	12	6400	549	470	1539,2
	125	9	6400	505	551	1481,6
	150	6	6400	587	430	1317,2
	200	6	6400	746	540	1591,4
	250	4	6400	627	650	1280,8
	300	4	6400	735	758	1694,0
Примечание – масса пакетов указана для труб класса С из таблиц 2.2 и 2.4						

3.2 Погрузка – разгрузка труб

При погрузке и разгрузке труб необходимо соблюдать несколько элементарных правил предосторожности:

- используйте подъемные механизмы достаточной грузоподъемности;
- сопровождайте весь процесс подъема, перемещения и опускания груза на безопасном расстоянии с помощью оттяжек/крюков;

- производите маневры плавно, без рывков, с небольшой скоростью;
- 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 для предотвращения повреждения наружного покрытия или ремней с 2-х или 4-х кратным запасом по грузоподъемности.

При перевозке и погрузочно-разгрузочных работах запрещается сбрасывать пакеты, ронять и подвергать их ударным нагрузкам.

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

Погрузка пакетов обычно осуществляется при помощи вилочного погрузчика, передвижного мостового крана или автомобильного крана. В качестве строп используются нейлоновые канаты, ремни или текстильные стропы.

При разгрузке пакетов из контейнеров используют два вильчатых погрузчика или сочетание вильчатого погрузчика и передвижного крана с нейлоновым ремнем в качестве стропы.

Для обеспечения безопасной разгрузки угол стропы не должен превышать 20°.

Для непакетированных труб используются крюки с эластичным покрытием, но при этом важно не допускать контакта металла с внутренним покрытием во избежание его повреждения.

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

Трубы отгружаются в пакетах или навалом автотранспортом, в контейнерах или судах в зависимости от рекомендаций Потребителя:

- обычно непакетированные трубы грузят ярусами, прокладывая между ярусами полиэстер или прорезиненное волокно, а также разделительные бруски и волокна, если требуется избежать соприкосновения между ярусами.
- пакеты делаются для труб диаметром до 300 мм с разделительными прокладками между ярусами.
- по специальному требованию Потребителя трубы DN 80-300 мм поставляются с пластиковыми заглушками, трубы DN 350-1200 поставляются с мягкими полипропиленовыми заглушками на раструбе и гладком конце для предотвращения попадания пыли и инородных частиц внутрь трубы.

Транспортные средства должны быть подходящими для перевозки, погрузки и разгрузки труб. 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 брусьях);
- при транспортировке использовать боковые поддержки (упоры), в целях стабилизации груза;
- закреплять груз при помощи текстильных ремней и натягивающих устройств;
- в процессе транспортировки проверять, чтобы груз находился в закреплённом состоянии;

- при перевозке труб автотранспортом длина свисающих концов не должна превышать 25 % от длины трубы.

3.4 Складирование и хранение труб

Трубы могут храниться в пакетах, на фигурных прокладках или навалом в складах. Хранение осуществляется на твердой поверхности с соответствующим подъездным путем, пространством и оборудованием для погрузки-разгрузки.

Складирование труб на месте укладки должно обеспечивать возможность контроля и проведения ремонтных работ. Если на трубах обнаружены повреждения (например, повреждение внутреннего или внешнего покрытия), они должны быть устранены перед складированием.

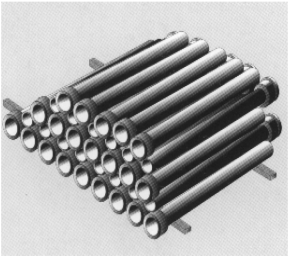
Основные инструкции:

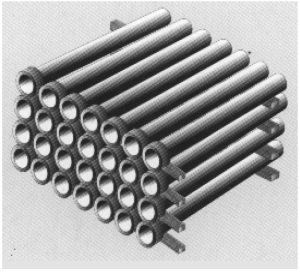
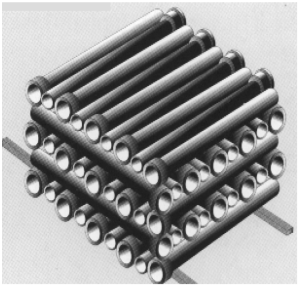
- место складирования должно быть горизонтальным;
- избегайте болотистой почвы, перемещающихся почв, коррозионных почв;
- укладывайте трубы в однородные (одного диаметра) штабеля, исходя из рациональных соображений складирования, то же самое касается и фасонных частей;
- используйте достаточно прочные и высококачественные сорта древесины (для брусьев клиньев);
- всегда желательно как можно в большей степени сократить время хранения;
- специальные меры предосторожности необходимо принять для труб со специальным покрытием.

3.4.1 Штабелирование труб навалом

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 складируемых 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 брусьям. Промежуточные трубы закрепляются только со стороны гладкого конца при помощи клиньев меньшего размера. Верхние слои: верхние слои состоят из труб, уложенных с чередованием раструба и гладкого конца трубы, таким образом, 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 брусьями, 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 брусьям. 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 складируются на трех брусьях (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.

Рекомендуемое число ярусов
(непакетированные трубы)

Размер (DN)	Высота штабелирования (макс. кол-во ярусов труб)
80	18
100	16
125	16
150	14
200	12
250	10
300	8
350	7
400	7
500	6
600	4
700	3
800-1200	2

При штабелировании труб на основание необходимо уложить деревянные бруски так, чтобы раструб, гладкий конец и центральная часть не касались земли. Размер деревянных брусков должен быть не менее 100 мм высотой и 225 мм шириной.

3.4.2 Штабелирование труб в пакетах

Место, используемое для штабелирования должно иметь твердое основание с соответствующим подъездным путем для транспортных средств, погрузчиков и т. д.

Пакеты труб могут быть сложены в штабель, на брусьях размером 80 х 80 х 2600 мм, по 3 или 4 пакета в каждом ряду, при этом оси труб должны быть параллельны.

Каждый последующий ярус пакетов отделяется от предыдущего брусьями, толщина которых немного больше, чем разница в диаметре (раструб-цилиндр трубы). Периодически необходимо проверять состояние пакетов, а также общую стабильность штабеля.

Рекомендуемая высота штабеля труб в пакетах.
(пакетированные трубы)

Размер (DN)	Высота штабелирования (макс. кол-во ярусов труб)
80	20
100, 125	18
150, 200	14
250, 300	10

3.4.3 Хранение труб

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

Хранение труб и фитингов в жаркой, сухой окружающей среде может вызвать расширение металла и сжатие раствора, что может привести к появлению участков с потерей сцепления и усадочными трещинами, ширина которых превышает предельные отклонения. При подаче воды покрытие разбухнет вследствие впитывания влаги и трещины закроются до соответствия номинальных значений с предельным отклонением, и впоследствии затянутся под воздействием аутогенного процесса.

3.5 Транспортирование и хранение уплотнительных колец

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

Кольца должны храниться в закрытом помещении, в условиях, исключающих 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 хранение колец на неотапливаемых 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 гидрозакись, 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, защищённых 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.

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 вымывание отдельных химических элементов и, как следствие, 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 коррозии трубы вследствие взаимодействия с водой.

Внутреннее покрытие труб ООО «ЛТК «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

Внутреннее цементно-песчаное покрытие имеет гладкую поверхность, что способствует минимизации гидравлических потерь при транспортировке воды. Характеристики покрытия гарантируют сохранение гидравлической эффективности трубопровода на протяжении всего срока эксплуатации. Согласно результатам научно-исследовательской работы (НИР НТП НИУ МГСУ, 2025 г.), расчетное значение коэффициента эквивалентной шероховатости Кэ для труб ВЧШГ с ЦПП принимается равным 0,05 мм.

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 достижении 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 х 10^{-6} м/м/°С) и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (11 х 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 диаметральные отклонения трубы. Для труб большого диаметра, которые в большей степени подвержены эффекту «овализации», испытания, проведенные на куске трубы, подтвердили превосходные эксплуатационные качества покрытия из цементного раствора под воздействием больших внешних нагрузок.

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, сульфатостойкий или глиноземистый цемент. Покрытие цементно-песчаным раствором создает щелочную среду на внутренней поверхности труб, тем самым, предохраняя их от возникновения коррозии.

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

Глиноземистый 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 глиноземистого 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 65 °С.

В общем случае выбор цемента, используемого для покрытия внутренней поверхности труб, может быть сделан на основании таблицы 4.1. Предельно допустимые концентрации различных химических веществ в транспортируемой жидкости при использовании глиноземистого цемента, как наиболее стойкого к агрессивным средам, указаны в таблице 4.2.

Таблица 4.1 Выбор типа цемента

Характеристика среды	**Портланд-цемент**	**Сульфатостойкий цемент**	**Глиноземистый цемент**
Минимальное содержание для PH	6	5,5	4
Максимальное содержание (мг/л) для			
- агрессивного CO_2	7	15	не ограничено
- сульфата (SO_4--)	400	3000	не ограничено
- магния (Mg^{++})	100	500	не ограничено
- аммония (NH_4)	30	30	не ограничено

Таблица 4.2 Предельно допустимое содержание химических веществ в транспортируемой жидкости для покрытия из глиноземистого цемента

Химическое вещество	Глиноземистый 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, ксилон	Не ограничено
Бензол, стирол, лигроин	Не ограничено
Масла	
Смазки, газолин, 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 %

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

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 *р* меньше 25 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; каменистые 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 25 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);

– 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 отделочным слоем в соответствии с ISO 8179–1;

– обогащенная цинком (цинконаполненная) краска с отделочным слоем в соответствии с ISO 8179 – 2;

– полиуретан;

– полиэтиленовый рукав по ISO 8180;

– клейкие ленты;

– краска на основе синтетической смолы;

– эпоксидная смола.

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

– покрытие краской с большим содержанием цинка, минимальной массой 220 г/м^2 и отделочным слоем;

– полиэтиленовый рукав (в дополнение цинковому покрытию с отделочным слоем);

– сплав цинка с алюминием с использованием или без использования других металлов, с минимальной массой 400 г/м^2 и отделочным слоем;

– экструдированное полиэтиленовое покрытие в соответствии с EN 14628;

– полиуретановое покрытие в соответствии с EN 15189;

– покрытие цементным раствором в соответствии с EN 15542;

– клейкая лента;

Наружные покрытия распространяются также на фасонные части и вспомогательную арматуру.

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

- стандартные (металлический цинк + краска на основе синтетической смолы, согласно ISO 8179);

- с дополнительной защитой (металлический цинк + краска на основе синтетической смолы + 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 4.3.

Таблица 4.3 Выбор типа защитного покрытия

Удельное электросопротивление грунта, Ом·м	**Тип защитного покрытия**
При укладке ниже уровня грунтовых вод	
≥ 25	цинковое покрытие + завершающее покрытие на основе синтетической смолы
≥ 15	цинковое покрытие + завершающее покрытие на основе синтетической смолы + полиэтиленовый рукав или цинковое покрытие + эпоксидное завершающее покрытие
≥ 5	сплав цинка с алюминием + эпоксидное завершающее покрытие
< 5	армированные покрытия (экструдированный полиэтилен, полиуретан, клейкие ленты)
При укладке выше уровня грунтовых вод	
≥ 15	цинковое покрытие + завершающее покрытие на основе синтетической смолы
≥ 10	цинковое покрытие + завершающее покрытие на основе синтетической смолы + полиэтиленовый рукав или цинковое покрытие + эпоксидное завершающее покрытие
≥ 5	сплав цинка с алюминием + эпоксидное завершающее покрытие
< 5	армированные покрытия (экструдированный полиэтилен, полиуретан, клейкие ленты)

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 нерастворимых 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. Средняя масса цинкового покрытия не должна быть меньше, чем 200 г/м^2, с минимальным значением по месту 180 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 средняя масса покрытия цинковой краской не должна быть меньше чем 235 г/м^2, с минимальным значением по месту 210 г/м^2. Поверх цинкового покрытия наносится защитный слой на основе синтетических смол с средней толщиной не менее 70 мкм, минимальная толщина составляет 50 мкм.

Согласно EN 545 трубы из чугуна с шаровидным графитом покрываются сплавом цинка и алюминия с добавкой других металлов или без нее со средней массой не менее 400 г/м2 с отделочным слоем. Нанесение цинк-алюминиевого покрытия осуществляется электрометаллизационным напылением.

Трубы ВЧШГ, 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 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 910-935 кг/м^3.

Предел прочности материала при растяжении в продольном и поперечном направлениях должен быть не менее 20 МПа.

Удлинение (при разрыве материала в продольном и поперечном направлениях) должно быть не менее 500 %.

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 ООО «ЛТК «Свободный сокол» показывает, что больший процент грунтов обладает слабой или умеренной коррозионностью. Таким образом, при подземной укладке трубопроводов возможно использование труб ООО «ЛТК «Свободный сокол», имеющих основное внешнее защитное покрытие: краска на основе синтетической смолы; слой напыленного цинка + краска на основе синтетической смолы.

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.

По требованию потребителей ООО «ЛТК «Свободный сокол» имеет возможность выполнить антикоррозионную изоляцию труб из ВЧШГ диаметром от 350 до 1000 мм полимерными материалами из эпоксидных и полиуретановых смол.

Полиуретановые покрытия применяются для нанесения на внутреннюю поверхность труб (толщиной до 2 мм):

- для систем холодного питьевого водоснабжения с температурой воды до 35°С;
- для систем отопления и транспортирования слабоагрессивных сред с температурой транспортируемой жидкости от плюс 5 до плюс 150 °С;
- для систем подачи непитьевой воды, дренажных систем и канализации.

Полиуретановое покрытие, позволяет улучшить эксплуатационные характеристики труб, создаёт прочное адгезионное покрытие, обладающее высокой степенью противодействия агрессивным средам (включая растворы кислот и щелочей), абразивному и гидроабразивному износу, механическим воздействиям, водонепроницаемостью, диэлектрической сплошностью. Кроме того, полиуретановое покрытие экологически чистое, пожаро- и взрывобезопасное.

Эпоксидные покрытия применяются для нанесения на внутреннюю поверхность труб (толщиной до 3 мм) и на внешнюю поверхность труб (толщиной до 150 мкм):

- для систем холодного питьевого водоснабжения с температурой воды до 60 °С;
- для систем отопления и транспортирования слабоагрессивных сред с температурой транспортируемой жидкости от плюс 5 до плюс 150 °С;
- для систем транспортирования сточных вод, содержащих агрессивные вещества, в том числе содержащие нефтепродукты.

Эпоксидные покрытия имеют: низкую влагокислородопроницаемость, высокую механическую прочность, высокую и стабильную во времени адгезию, стойкость к катодному отслаиванию, хорошие диэлектрические характеристики, устойчивость к ультрафиолетовому и тепловому старению, стойкость к агрессивным средам. Изоляционные покрытия на основе эпоксидных смол сохраняют свои эксплуатационные функции в широком интервале температур эксплуатации трубопроводов, обеспечивая их защиту от коррозии на максимально возможный срок их эксплуатации.

4.5 Электрохимическая защита

Для выбора типа ЭХЗ трубопроводов из ВЧШГ необходимо руководствоваться действующими нормативно-техническими документами ГОСТ 9.602-2016 «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии» и РД 153-39.4-091-01 «Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии».

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 изготовленных, согласно ГОСТ ISO 2531-2022, трубах из ВЧШГ с раструбным соединением типа TJ, RJ, RJS с наружными лакокрасочными покрытиями, соединяемыми с помощью резинового уплотнительного кольца и комплектуемые окрашенными стопорными элементами (в случае замкового соединения) отсутствует прямая электрическая проводимость, так как отсутствует электрическая связь (непосредственный контакт) между отдельными трубами в месте их соединения. Т.е. трубопровод, собранный из указанных элементов, не является сплошным замкнутым проводником и протекание по нему токов проводимости, приводящих к электрической коррозии, невозможно в виду отсутствия единой электрической цепи.

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 (раздел 5.15 СП 66.13330.2011).

Для выбора типа ЭХЗ трубопроводов из ВЧШГ рекомендуется руководствоваться ГОСТ 9.602 с учетом особенностей труб из ВЧШГ.

В качестве противокоррозионной защиты трубопроводов из ВЧШГ могут применяться покрытия, указанные в таблице 4.3.

Независимо от величины электросопротивления грунта применение полиэтиленового рукава дополнительно к внешнему цинковому покрытию рекомендуется в ряде случаев (см. п. 4.4.2).

5 Механические свойства

5.1 Давление (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 ($P_{макс.раб.}$)

Самое высокое давление, существующее в определенной системе, эксплуатирующейся 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 ($P_{макс.расч.}$)

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.

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

Давление местного испытания ($P_{мест.исп.}$)

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.

$P_{мест..исп.} = P_{макс.раб.}$ + 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.

$PEA = 1.5 \times PFA$ $\quad$ $PEA = PMA + 5бар$

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 ВЧШГ, PFA для температуры от минус 10 до плюс 120 °C, выражено в барах

и соответствует PN числу (например, PN 16, соответствует PFA = 16 бар для температуры от минус 10 до плюс 120 °C).

Давление заводского испытания ($P_{зав.исп.}$) – 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:

$P_{макс.раб.} \leq PFA$

$P_{макс.расч.} \leq PMA$

$P_{мест.исп.} \leq PEA$

5.2 Допустимое рабочее давление

Допустимое рабочее давление (PFA) – максимальное гидростатическое давление, которое компонент трубопровода может выдерживать в процессе эксплуатации. Величины допустимого рабочего давления указаны в таблице 5.1

Трубы всех видов соединений изготавливаются классом К по толщине стенки в соответствии с ГОСТ ISO 2531-2012 или классом С по давлению в соответствии с ГОСТ ISO 2531-2022, EN 545, ISO 2531. Сравнение классов представлено в таблице 5.1.

Трубы класса С предназначены для эксплуатации в трубопроводах с допустимым рабочим давлением соответствующее номиналу класса, например, С40 - рабочее давление 40 бар. Для труб с соединением «RJ» и «RJS» допустимое рабочее давление может не совпадать с номиналом класса и устанавливается производителем (см. таблицу 5.1).

Номинальная толщина стенки чугунных труб и соединительных частей рассчитывается по формуле, при этом толщина стенки не должна быть меньше 6 мм для труб класса К и 7 мм - для соединительных частей к ним, для труб класса С е мин не должна быть меньше 3 мм:

е ном = К (0,5 + 0,001DN) для класса К,

е ном = е мин + (1,3 + 0,001DN) для класса С,

где

е ном – номинальная толщина стенки в мм,

е мин – минимальная толщина стенки в мм,

DN – условный проход,

К – коэффициент, используемый для обозначения класса толщины стенок. Обычно для обозначения выбирают целые числа: …7, 8, 9, 10, 11, 12…

Допуски на номинальную толщину стенки труб (класс К) и соединительных частей должны соответствовать: для труб, если толщина равна 6 мм, то допуск - 1,3, если > 6 мм, то допуск рассчитывается по формуле – (1,3+0,001DN); соединительные части, если толщина равна 7 мм, то допуск - 2,3, если толщина > 7 мм, то допуск рассчитывается по формуле – (2,3+0,001DN).

е мин для труб по классу К рассчитывается разницей между е ном и допуском.

е мин для труб по классу С рассчитывается по формуле:

$$\text{е мин} = \frac{S_f * PFA * DE}{PFA \bullet S_f + 20 * R_m},$$

где

Rm – минимальная прочность на разрыв для ВЧШГ = 420 МПа,

S_f - коэффициент запаса прочности =3,

DE – номинальный внешний диаметр трубы.

Таблица 5.1 Сравнение классов С и К

Для труб с соединением TJ																						
DN	C = PFA						Класс толщины стенки K															
	25	**30**	**40**	**50**	**64**	**100**	**9**		**10**		**11**		**12**		**13**		**14**		**15**		**16**	
	s min, мм						*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар
80				3,5	4,0	4,7	4,7	100	4,7	100	5,0	100	5,6	100	6,2	100	6,7	100	7,3	100	7,9	100
100				3,5	4,0	4,7	4,7	100	4,7	100	5,2	100	5,8	100	6,4	100	7,0	100	7,6	100	8,2	100
125				3,5	4,0	5,0	4,7	64	4,8	64	5,5	100	6,1	100	6,7	100	7,3	100	8	100	8,6	100
150				3,5	4,0	5,9	4,7	64	5,1	64	5,7	64	6,4	100	7,0	100	7,7	100	8,3	100	9	100
200				3,9	5,0	7,7	4,8	50	5,5	64	6,2	64	6,9	64	7,6	64	8,3	100	9	100	9,7	100
250			3,9	4,8	6,1	9,5	5,2	50	6,0	50	6,7	64	7,5	64	8,2	64	9,0	64	9,7	100	10,5	100
300			4,6	5,7	7,3	11,2	5,6	40	6,4	50	7,2	50	8,0	64	8,8	64	9,6	64	10,4	64	11,2	100
350		4,7	5,3	6,6			6,0	40	6,9	50	7,7	50	8,6	64								
400		4,8	6,0	7,5			6,4	40	7,3	40	8,2	50	9,1	50								
500		5,6	7,5	9,3			7,2	30	8,2	40	9,2	40	10,2	50								
600		6,7	8,9	11,1			8,0	30	9,1	40	10,2	40	11,3	50								
700	6,8	7,8					8,8	30	10,0	30	11,2	40	12,4	40								
800	7,5	8,9					9,6	30	10,9	30	12,2	40	13,5	40								
900	8,4	10,0					10,4	30	11,8	30	13,2	30	14,6	40								
1000	9,3	11,1					11,2	30	12,7	30	14,2	30	15,7	40								
1200	11,1	13,3					12,8	25														

Для труб с соединением RJ и RJS

DN	Класс по давлению С												Класс по толщине стенки К															
	25		**30**		**40**		**50**		**64**		**100**		**К9**		**К10**		**К11**		**К12**		**К13**		**К14**		**К15**		**К16**	
	s min, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар	*s min*, мм	PFA, бар
80											4,7	100	4,7	100	4,7	100	5,0	100	5,6	100	6,2	100	6,7	100	7,3	100	7,9	100
100											4,7	75	4,7	75	4,7	75	5,2	100	5,8	100	6,4	100	7,0	100	7,6	100	8,2	100
125											5,0	64	4,7	64	4,8	64	5,5	64	6,1	100	6,7	100	7,3	100	8,0	100	8,6	100
150											5,9	64	4,7	64	5,1	64	5,7	64	6,4	85	7,0	85	7,7	100	8,3	100	9,0	100
200									5,0	40*	7,7	64	4,8	40*	5,5	40*	6,2	40*	6,9	40*	7,6	40*	8,3	64*	9,0	64*	9,7	64*
250							4,8	40	6,1	40*	9,5	64	5,2	40*	6,0	40*	6,7	40*	7,5	40*	8,2	40*	9,0	40*	9,7	64*	10,5	64*
300					4,6	30	5,7	40					5,6	40	6,4	40	7,2	40	8,0	40	8,8	40	9,6	64	10,4	64	11,2	85
350			4,7	30	5,3	30	6,6	40					6,0	30	6,9	40	7,7	40	8,6	40								
400			4,8	30	6,0	30	7,5	40					6,4	30	7,3	30	8,2	40	9,1	40								
500			5,6	30	7,5	30	9,3	40					7,2	30	8,2	30	9,2	30	10,2	40								
600	5,6	16	6,7	16	8,9	25							8,0	20	9,1	30	10,2	30	11,3	30								
700	6,8	16	7,8	16	10,4	25							8,8	20	10,0	20	11,2	25	12,4	25								
800	7,5	16	8,9	16	11,9	25							9,6	20	10,9	20	12,2	25	13,5	25								
900	8,4	16	10,0	16	13,3	25							10,4	16	11,8	20	13,2	20	14,6	25								
1000	9,3	16	11,1	16	14,8	25							11,2	16	12,7	20	14,2	20	15,7	25								
1200	11,1	16	13,3	16									12,8	16														

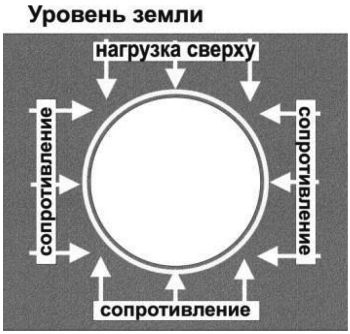
s min – минимально допустимая толщина стенки трубы.

*- Для DN 200, при использовании 3-го дополнительного стопора на трубах с классами С64, К9-К11 PFA =64 бара; К12-К14 PFA =85 бар, К15-К16 PFA =100 бар.

- Для DN 250, при использовании 3-го дополнительного стопора на трубах с классами С64-С100, К10-К12 PFA =64 бара, К13-К15 PFA =85 бар, К16 PFA =100 бар.

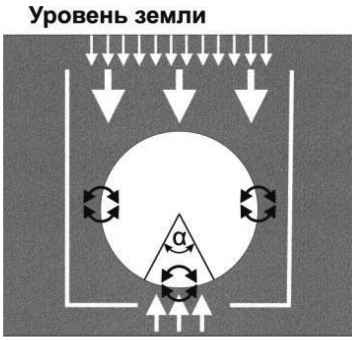
5.3 Нагрузки почвы (характеристики труб)

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

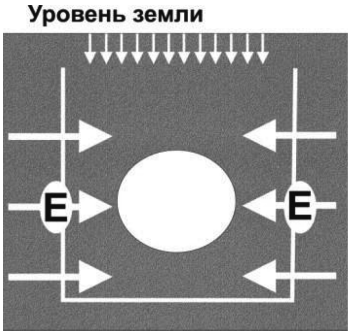


α - угол изгиба

- изгибающий момент

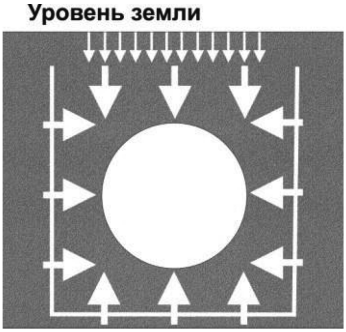
Примеры: асбоцемент, предварительно напряженный бетон.
Характеристики: жесткие трубы допускают лишь малую степень овализации. Деформация недостаточна для того, чтобы ввести в действие силы боковой поддержки, действующие со стороны грунта на трубу. Таким образом, вся нагрузка грунта, действующая на трубу 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



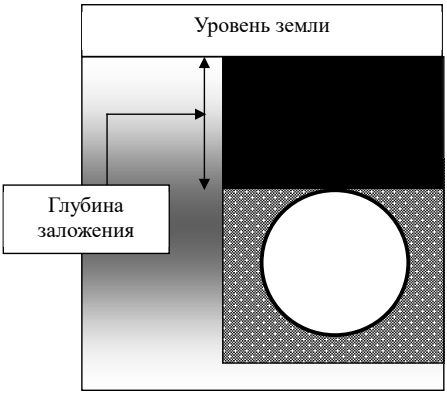
Примеры: чугун с шаровидным графитом.
Характеристики: полужесткие трубы допускают необходимую степень овализации, возникающую вследствие воздействия сверху на трубу нагрузок грунта для того, чтобы проявились силы боковой поддержки. Таким образом, на трубу действуют еще 2 силы: пассивная сила боковой 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.

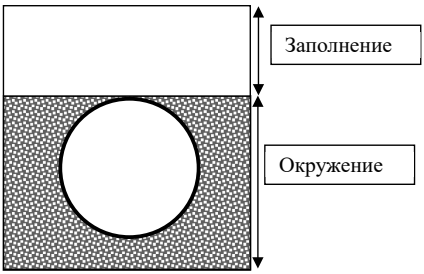
5.4 Глубина заложения

5.4.1 Глубина заложения трубопроводов

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

При использовании для прокладки труб, изготовленных по ГОСТ ISO 2531-2022, EN545:2010 (классы по давлению: C40; C30; C25), для определения глубины заложения необходимо руководствоваться таблицами 5.2-5.5 и методикой, указанной в 5.4.2.





На практике принято различать:
- окружение трубы;
- заполнение.

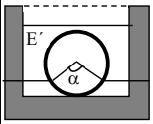
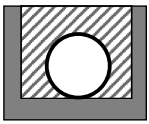
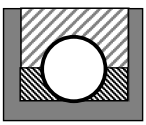
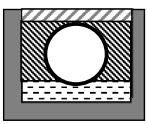
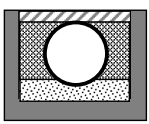
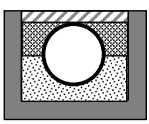
Окружение обеспечивает стабильность и/или защищает трубы. Оно зависит от:
- характеристик трубы (жесткая, полужесткая, гибкая);
- нагрузок грунта сверху (глубина заложения, нагрузки со стороны транспорта);
- характера почвы (грунта) – скалистая или разнородная.

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, автострады);

Применительно к трубопроводам из ВЧШГ определено 5 типов условий укладки (см. табл. 5.2), соответствующих наиболее распространенным «окружениям».

Таблица 5.2 Типы укладки труб ВЧШГ

	Типы укладки				
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5
					
Дно траншеи	Плоское дно*	Плоское дно	Труба уложена на минимум 10 см слой рыхлого грунта**	Труба уложена в песок, гравий или щебень на глубину 1/8 DN и минимум 10 см под трубой	Труба уложена до осевой линии в утрамбованный песок, гравий или щебень, минимум 10 см под трубой
Окружение	Простое. Неуплотненный выбранный материал**	Слегка уплотненный до осевой линии трубы, выбранный материал	Слегка уплотнённый до верха трубы, выбранный материал	Утрамбованный до верха трубы выбранный материал (приблизительно 80% по стандарту Проктора) ***	Утрамбованный выбранный материал до верха трубы (приблизительно 90% по стандарту Проктора)
E´ (бар) α (˚)	11 30˚	21 45˚	28 60˚	35 90˚	49 150˚
Выбор материалов	Независимо от используемого типа укладки, оригинальные или привезённые материалы (сортированные или нет), при прямом контакте с трубой не должны содержать камней или быть сильно коррозионными.				

* - «Плоское дно» определяется как ненарушенный грунт.

** - «Рыхлый грунт» или «выбранный материал» определяются как «естественный грунт, вынутый из траншеи, не содержащий камней, инородных материалов и оледенелой земли.

*** - Для определения уплотнения грунта по стандарту Проктора руководствоваться ГОСТ 22733 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности» (приложение Д – Коэффициенты приведения значений максимальной плотности и оптимальной влажности грунта к значениям, полученным методами Проктора).

Конструктивные предложения, для каждого предпочтительного класса труб и типа условий закладки:

- нагрузка со стороны почвы: вес призмы грунта над трубой;
- нагрузка со стороны транспорта: динамически 10 т на колесо;
- условия закладки, характеризующиеся углом основания (α) и модулем пассивного сопротивления окружающего грунта E′ (таблица 5.6);
- конструктивный базис: уравнивание давления и овализации;
- максимальное вертикальное отклонение ($\Delta D/D$) (овализация), максимальное давление на стенки (σ max).

Таблицы 5.3-5.5 показывают максимальную глубину заложения для труб предпочтительных классов по ГОСТ ISO 2531-2022 (классы по давлению С40, С30, С25) с дополнительной нагрузкой транспорта (10 т на колесо) в зависимости от типа укладки, определенных выше.

Таблица 5.3. Максимальная глубина заложения труб класса С40 в зависимости от типа укладки

Глубина заложения, м	DN (Номинальный диаметр)										
	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8,0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
8,5	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
9,0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
9,5	1	1	1	1	2	2	3	4	3	2	2
10,0	1	1	1	1	2	2	3	4	3	3	3
10,5	1	1	1	1	3	3	3	4	4		

11,0	1	1	1	1	3	3	4	5	4		
11,5	1	1	1	1	3	4	4	5	5		
12,0	1	1	1	2	3	4	4	5			
12,5	1	1	1	2	4	4	5				
13,0	1	1	1	2	4	5	5				
13,5	1	1	1	2	4	5	5				
14,0	1	1	1	2	5	5					
14,5	1	1	1	2	5						
15,0	1	1	1	2	5						
Примечание: «1» - 1 тип укладки, «2» - 2 тип укладки, «3» - 3 тип укладки, «4» - 4 тип укладки, «5» - 5 тип укладки											

Таблица 5.4 Максимальная глубина заложения труб класса С30 в зависимости от типа укладки

Глубина заложения, м	DN (Номинальный диаметр)								
	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4,0	1	1	2	2	1	1	1	2	2
4,5	1	2	2	2	2	2	2	2	2
5,0	1	2	2	2	2	2	2	2	2
5,5	2	2	3	3	2	2	2	3	3
6,0	2	3	3	3	3	3	3	3	3
6,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7,0	3	4	4	4	4	4	4	4	4
7,5	3	4	4	4	4	4	4	4	4
8,0	4	5	5	5	4	4	4	5	5
8,5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
9,0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9,5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10,0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10,5	5	5	5	5	5	5			
11,0	5	5	5	5	5				
11,5	5		5	5					
12,0			5	5					
12,5									
13,0									
Примечание: «1» - 1 тип укладки, «2» - 2 тип укладки, «3» - 3 тип укладки, «4» - 4 тип укладки, «5» - 5 тип укладки									

Таблица 5.5 Максимальная глубина заложения труб класса С25 в зависимости от типа укладки

Глубина заложения, м	DN (Номинальный диаметр)					
	600	700	800	900	1000	1200
1,0	2	2	2	2	2	2
1,5	1	1	1	1	1	1
2,0	2	1	1	1	1	1
2,5	2	2	2	2	2	2
3,0	2	2	2	2	2	2
3,5	2	2	2	2	2	2
4,0	3	2	3	3	3	3
4,5	3	3	3	3	3	3
5,0	4	3	3	3	4	4
5,5	4	4	4	4	4	4
6,0	4	4	4	4	4	4
6,5	4	4	4	4	4	4
7,0	5	5	5	5	5	5
7,5	5	5	5	5	5	5
8,0	5	5	5	5	5	5
8,5	5	5	5	5	5	5
9,0	5	5	5	5	5	5
9,5	5	5	5	5	5	5
10,0	5	5	5	5	5	
10,5	5	5	5	5		
11,0						
11,5						
12,0						
12,5						
13,0						
Примечание: «1» - 1 тип укладки, «2» - 2 тип укладки, «3» - 3 тип укладки, «4» - 4 тип укладки, «5» - 5 тип укладки						

5.4.2 Метод расчёта трубопроводов, уложенных в землю. Высота покровного слоя

Данный метод основан на расчёте овализации поперечного сечения трубы согласно формуле ниже:

$$\Delta = \frac{100K(Pe+Pt)}{8S+(fxE')},$$

где Δ - овализация трубы, %;

K – коэффициент напластования;

Pe – давление грунта, кН/м^2;

Pt – давление от транспортной нагрузки, кН/м^2;

S – диаметральная жёсткость трубы, кН/м^2 (см. табл.5.4);

f – коэффициент бокового давления (*f*=0,061);

E' – модуль сопротивления почвы, кН/м^2;

Овализация, вычисленная по этой формуле, не должна превышать значений допустимой овализации, указанной в таблице 5.6. Допустимая овализация увеличивается с ростом DN, но остаётся ниже значения, которое внутреннее покрытие цементным раствором может выдержать без повреждения. Дополнительно, она даёт коэффициент запаса прочности 1,5 применительно к пределу упругости чугуна с шаровидным графитом при изгибе (минимум 500 МПа), ограничивая напряжение в стенке трубы до 330 МПа, и ограничена 4-мя % для DN ≥ 800 мм.

Таблица 5.6 Диаметральная жёсткость труб предпочтительных классов по давлению

DN	Минимальная диаметральная жёсткость, кН/м^2			Допустимая овализация трубы, %		
	Класс С25	Класс С30	Класс С40	Класс С25	Класс С30	Класс С40
80	-	-	856	-	-	1,4
100	-	-	481	-	-	1,7
125	-	-	271	-	-	2,05
150	-	-	163	-	-	2,45
200	-	-	84	-	-	3,0
250	-	-	75	-	-	3,0
300	-	-	68	-	-	3,0
350	-	46	-	-	3,1	-
400	-	34	-	-	3,2	-
500	-	28	-	-	3,4	-
600	-	27	-	-	3,6	-
700	17	-	-	3,8	-	-
800	15	-	-	4,0	-	-
900	15	-	-	4,0	-	-
1000	14,5	-	-	4,0	-	-
1200	14			4,0		

Давление грунта (*Pe*), однородно распределённое по поверхности трубы на расстоянии, равном внешнему диаметру, рассчитывается согласно методу земляной призмы по формуле:

$Pe = \gamma H,$

где *Pe* – давление грунта, кН/м^2;

H – высота покровного слоя (расстояние от верхней точки трубы до поверхности грунта), м;

γ – удельный вес материала для засыпки, кН/м^3. При отсутствии других данных удельный вес грунта берётся равным 20 кН/м^3, который характеризует большинство случаев покровного слоя. Если же предварительные геотехнические изыскания подтверждают, что фактический

удельный вес материала засыпки будет менее или более 20 кН/м^3, то для определения *Pe* используется фактическое значение.

Давление транспортной нагрузки *(Pt)*, однородно распределённое по верхней части трубы на расстоянии, равном внешнему диаметру, рассчитывается по формуле:

$Pt = 40(1 - 2\times10^{-4} \times DN)\frac{\beta}{H}$ (только для H > 0,3м),

где *Pt* – давление от транспортной нагрузки, кН/м^2;

β - коэффициент транспортной нагрузки;

H – высота покровного слоя (расстояние от верхней точки трубы до поверхности грунта), м.

Три типа транспортной нагрузки:

- проезжая часть с главными дорогами β =1,5 – общий случай для всех дорог, кроме подъездных;

- проезжая часть с подъездными дорогами β =0,75 – дороги, на которых грузовой автотранспорт запрещён;

- сельская местность β =0,5 – все остальные случаи.

Все трубопроводы должны проектироваться для β не менее 0,5, даже если не ожидается влияния транспортной нагрузки. Трубопроводы, укладываемые по краю дорог и дорожной насыпи, должны проектироваться с учётом полной транспортной нагрузки, ожидаемой на этих дорогах. Для трубопроводов, на которые ожидается воздействие крайне высокой транспортной нагрузки, следует принимать коэффициент β = 2.

Коэффициент напластования *(K)* зависит от распределения давления грунта на верхнюю часть трубы (на расстоянии, равном внешнему диаметру), и на обратную сторону трубы (на расстоянии, соответствующем теоретическому углу наклона пластов 2α).

K обычно варьирует от 0,11 для 2α = 20° до 0,09 для 2α = 120°. Значение 20° соответствует трубе, просто уложенной на дно плоской траншеи, без утрамбовки.

Коэффициент бокового давления *(f)* равен 0,061 – это значение соответствует параболическому распределению бокового отпора грунта на угол 100°.

Модуль сопротивления почвы *(E')* зависит от природы грунта, используемого на участке укладки трубы и от условий укладки. Для конкретной ситуации требуемый модуль сопротивления можно определить по формуле:

$E' = \frac{4000K}{\delta \times \mathrm{f}}\left(\frac{\beta}{H}(1 - 2\times10^{-4}\,\mathrm{DN}) + 0{,}5\mathrm{H}\right) - \frac{8\mathrm{S}}{\mathrm{f}}$,

где *E'* – модуль сопротивления почвы, кН/м^2;

δ – допустимая овализация трубы, %.

В таблице 5.7 значения *E'*, равные 1000 кН/м^2, 2000 кН/м^2 и 5000 кН/м^2 берутся как основные. Они соответствуют уровню уплотнения соответственно нулевому, низкому и нормальному. Значение *E'*=0 было показано как граничный случай для неблагоприятных условий укладки в слабые грунты (без уплотнения, уровень грунтовых вод выше трубы, крепление откосов траншеи распорками удалено после засыпки или условия насыпи). Если предварительные геотехнические изыскания позволяют определить значение модуля сопротивления грунта, то это значение должно учитываться при расчёте.

Высота покровного слоя

В таблице 5.7 даны наиболее неблагоприятные значения допустимой высоты покровного слоя для каждой группы диаметров. Эти значения могут быть использованы без дополнительных расчётов. Для высоты покровного слоя, выходящей за пределы диапазонов, указанной в этой таблице, и для других условий укладки, можно выполнить проверку с помощью формулы $\Delta = \frac{100\mathrm{K}(\mathrm{Pe}+\mathrm{Pt})}{8S + (f \times E\prime)}$, которая была рассмотрена выше, в начале этого пункта.

Таблица 5.7 Высота покровного слоя для труб предпочтительных классов по давлению

DN		40 - 150 Класс С40	200 - 300 Класс С40	350 - 400 Класс С30	450 - 600 Класс С30	700 - 2000 Класс С25
K(2α)		0,110 (20°)	0,110 (20°)	0,105 (45°)	0,105 (45°)	0,103 (60°)
β = 0,50 Сельская местность	E' = 0	0,3 - 12,0	0,3 – 7,0	0,3 – 3,8	0,3 – 3,1	0,5 -1,6
	E' = 1000	0,3 - 12,6	0,3 – 7,8	0,3 – 4,8	0,3 – 4,2	0,3 - 3,0
	E' = 2000	0,3 - 13,2	0,3 – 8,6	0,3 – 5,7	0,3 – 5,2	0,3 - 4,2
	E' = 5000	0,3 - 15,0	0,3 – 11,1	0,3 – 8,5	0,3 – 8,1	0,3 - 7,8
β = 0,75 Подъездные дороги	E' = 0	0,3 - 12,0	0,3 – 6,9	0,4 – 3,7	0,5 -3,0	0,9 – 1,2
	E' = 1000	0,3 - 12,6	0,3 – 7,7	0,3 – 4,7	0,4 – 4,1	0,4 - 2,9
	E' = 2000	0,3 - 13,2	0,3 – 8,6	0,3 – 5,6	0,3 – 5,1	0,3 – 4,1
	E' = 5000	0,3 – 14,9	0,3 – 11,0	0,3 – 8,5	0,3 – 8,1	0,3 – 7,8
β = 1,50 Главные дороги	E' = 0	0,3 – 11,9	0,4 – 6,7	0,9 – 3,2	1,2 – 2,2	*
	E' = 1000	0,3 – 12,5	0,4 – 7,6	0,7 – 4,3	0,8 – 3,7	1,0 – 2,3
	E' = 2000	0,3 - 13,1	0,3 – 8,4	0,6 – 5,4	0,6 – 4,8	0,7 – 3,9
	E' = 5000	0,3 – 14,8	0,3 – 10,9	0,4 – 8,3	0,4 – 7,9	0,4 – 7,7
* - не рекомендуется; только конкретный расчёт для каждого случая может дать точное значение.						

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 ООО «ЛТК «Свободный сокол» обладают высоким запасом прочности.

5.5.1 Минимально установленный запас прочности

Трубы ООО «ЛТК «Свободный сокол» удовлетворяют следующим критериям:

- внутреннее давление: рабочее давление не должно превышать половину расчетного разрывного давления, см. рисунок 5.1;
- 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 фасонных частей)

На рисунках 5.1 и 5.2 указаны экспериментально полученные значения разрывного давления для труб и фасонных частей.

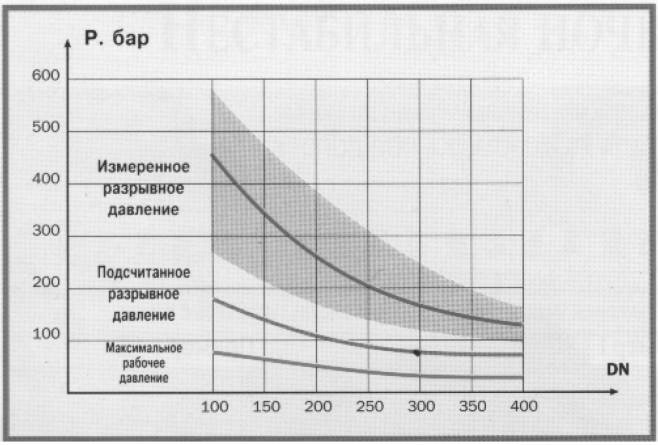


Рисунок 5.1 Трубы ВЧШГ. Давление

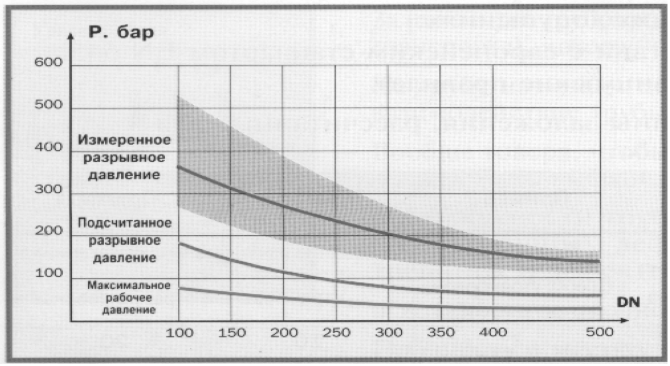


Рисунок 5.2 Фасонные части из ВЧШГ. Давление

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, $м^3/с$.

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

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

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

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

4.Определение D

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

Диаметр (DN) может быть определен:

- путем вычислений, решением системы уравнений, состоящей из формул DARSY и COLEBROOK;
- путем взятия значений из таблицы потерь напора (см. таблицу 5.8).

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 выпусканием 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 магистралях

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

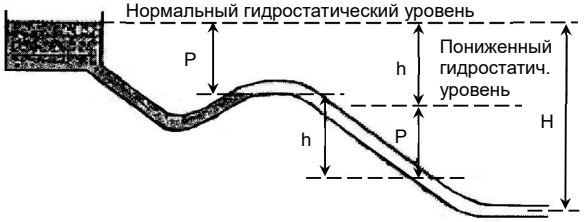


Рисунок 5.3 Условия в гравитационном трубопроводе

Статически, воздушные пробки трансформируют давление P от верхней части трубопровода к его нижней части; гидростатический уровень падает. Используемое давление H уменьшается на величину h, соответствующую разнице уровней между краями воздушной пробки и недостающей высотой напора (рис.5.3).

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



Рисунок 5.4 Условия в напорном трубопроводе

Так же, как и для гравитационного трубопровода, воздушные пробки в напорном трубопроводе (рис. 5.4) оказывают вредное воздействие на его нормальное функционирование. В этом случае возникает прирост 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

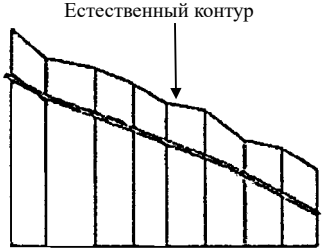


Рисунок 5.5 Трубопровод с постоянным уклоном

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. 5.5), 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.

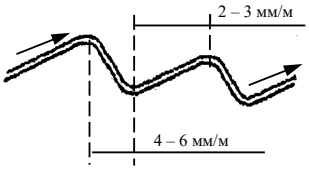


Рисунок 5.6 Трубопровод с переменным уклоном

- Если трубопровод горизонтальный (см. рис. 5.6), 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 5.8.

Исходные данные:

- условный проход трубопровода (DN80 – 1200 мм);
- коэффициент шероховатости внутренней поверхности трубопровода К=0,03 мм и К=0,1 мм. Согласно результатам научно-исследовательской работы (НИР НТП НИУ МГСУ, 2025 г.), расчетное значение коэффициента эквивалентной шероховатости Кэ для труб ВЧШГ с ЦПП принимается равным 0,05 мм;
- кинематическая вязкость воды $\vartheta = 1{,}301 \cdot 10^{-6}$ м^2/с;
- температура воды +10°С;
- 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 5.8 Потери напора

Q, л/с	DN 80			
	j, м/км			V,
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	м/с
2,60	3,955	4,107	4,383	0,50
2,80	4,523	4,700	5,023	0,54
3,00	5,126	5,331	5,703	0,58
3,20	5,763	5,998	6,424	0,62
3,40	6,436	6,702	7,185	0,65
3,60	7,142	7,442	7,986	0,69
3,80	7,882	8,218	8,827	0,73
4,00	8,656	9,029	9,707	0,77
4,20	9,463	9,877	10,627	0,81
4,40	10,304	10,760	11,586	0,85
4,60	11,178	11,678	12,585	0,89
4,80	12,085	12,632	13,622	0,92
5,00	13,025	13,620	14,698	0,96
5,20	13,997	14,644	15,813	1,00
5,40	15,003	15,702	16,966	1,04
5,60	16,040	16,795	18,158	1,08
5,80	17,111	17,922	19,389	1,12
6,00	18,213	19,084	20,658	1,16
6,20	19,348	20,280	21,964	1,19
6,40	20,514	21,510	23,309	1,23
6,60	21,713	22,775	24,692	1,27
6,80	22,943	24,073	26,113	1,31
7,00	24,205	25,405	27,572	1,35
7,20	25,499	26,772	29,069	1,39
7,40	26,825	28,172	30,603	1,43
7,60	28,181	29,605	32,175	1,46
7,80	29,570	31,073	33,785	1,50
8,00	30,989	32,574	35,432	1,54
8,20	32,440	34,108	37,116	1,58
8,40	33,922	35,676	38,838	1,62
8,60	35,436	37,277	40,597	1,66
8,80	36,980	38,911	42,393	1,70
9,00	38,555	40,579	44,227	1,73
9,20	40,161	42,280	46,098	1,77
9,40	41,798	44,014	48,006	1,81
9,60	43,466	45,781	49,950	1,85
9,80	45,165	47,580	51,932	1,89
10,00	46,894	49,413	53,951	1,93
10,20	48,654	51,279	56,007	1,96
10,40	50,445	53,178	58,099	2,00
10,60	52,266	55,109	60,229	2,04
10,80	54,118	57,073	62,395	2,08
11,00	56,000	59,070	64,598	2,12
11,20	57,912	61,099	66,837	2,16
11,40	59,855	63,161	69,114	2,20
11,60	61,828	65,256	71,427	2,23
11,80	63,831	67,383	73,776	2,27
12,00	65,865	69,542	76,162	2,31
12,20	67,928	71,734	78,584	2,35
12,40	70,022	73,959	81,043	2,39
12,60	72,146	76,215	83,539	2,43
12,80	74,300	78,505	86,070	2,47
13,00	76,484	80,826	88,638	2,50
13,20	78,698	83,179	91,243	2,54
13,40	80,941	85,565	93,884	2,58
13,60	83,215	87,983	96,561	2,62
13,80	85,519	90,433	99,274	2,66
14,00	87,852	92,916	102,023	2,70
14,20	90,215	95,430	104,809	2,74
14,40	92,608	97,976	107,631	2,77
14,60	95,031	100,555	110,489	2,81
14,80	97,483	103,165	113,383	2,85
15,00	99,965	105,807	116,313	2,89

Q, л/с	DN 100			
	j, м/км			V,
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	м/с
4,00	2,949	3,059	3,258	0,50
4,20	3,222	3,344	3,564	0,52
4,40	3,506	3,640	3,883	0,55
4,60	3,802	3,949	4,215	0,57
4,80	4,108	4,269	4,560	0,60
5,00	4,425	4,600	4,917	0,62
5,20	4,753	4,943	5,287	0,64
5,40	5,092	5,298	5,670	0,67
5,60	5,442	5,664	6,065	0,69
5,80	5,802	6,041	6,473	0,72
6,00	6,173	6,430	6,893	0,74
6,20	6,555	6,830	7,326	0,77
6,40	6,948	7,241	7,771	0,79
6,60	7,351	7,664	8,228	0,82
6,80	7,765	8,098	8,698	0,84
7,00	8,189	8,543	9,181	0,87
7,20	8,623	8,999	9,675	0,89
7,40	9,069	9,466	10,182	0,92
7,60	9,524	9,945	10,701	0,94
7,80	9,990	10,434	11,233	0,97
8,00	10,467	10,934	11,776	0,99
8,20	10,953	11,446	12,332	1,02
8,40	11,450	11,968	12,900	1,04
8,60	11,958	12,502	13,480	1,07
8,80	12,476	13,046	14,072	1,09
9,00	13,003	13,601	14,676	1,12
9,20	13,542	14,168	15,293	1,14
9,40	14,090	14,745	15,921	1,17
9,60	14,649	15,333	16,562	1,19
9,80	15,217	15,931	17,214	1,22
10,00	15,796	16,541	17,879	1,24
10,20	16,385	17,161	18,555	1,26
10,40	16,984	17,792	19,243	1,29
10,60	17,593	18,434	19,944	1,31
10,80	18,213	19,087	20,656	1,34
11,00	18,842	19,750	21,380	1,36
11,20	19,481	20,424	22,116	1,39

Продолжение таблицы 5.8

11,40	20,131	21,109	22,864	1,41
11,60	20,790	21,804	23,624	1,44
11,80	21,459	22,510	24,396	1,46
12,00	22,139	23,227	25,179	1,49
12,20	22,828	23,954	25,975	1,51
12,40	23,527	24,692	26,782	1,54
12,60	24,236	25,441	27,601	1,56
12,80	24,955	26,200	28,432	1,59
13,00	25,684	26,969	29,274	1,61
13,20	26,423	27,750	30,129	1,64
13,40	27,172	28,540	30,995	1,66
13,60	27,930	29,342	31,873	1,69
13,80	28,698	30,154	32,762	1,71
14,00	29,477	30,976	33,663	1,74
14,20	30,264	31,809	34,576	1,76
14,40	31,062	32,652	35,501	1,79
14,60	31,870	33,506	36,437	1,81
14,80	32,687	34,370	37,386	1,84
15,00	33,514	35,245	38,345	1,86
15,20	34,351	36,130	39,317	1,88
15,40	35,198	37,025	40,300	1,91
15,60	36,054	37,931	41,294	1,93
15,80	36,920	38,848	42,301	1,96
16,00	37,796	39,775	43,319	1,98
16,20	38,681	40,712	44,348	2,01
16,40	39,576	41,659	45,389	2,03
16,60	40,481	42,617	46,442	2,06
16,80	41,396	43,585	47,506	2,08
17,00	42,320	44,564	48,582	2,11
17,20	43,254	45,553	49,670	2,13
17,40	44,197	46,552	50,769	2,16
17,60	45,150	47,562	51,879	2,18
17,80	46,113	48,582	53,001	2,21
18,00	47,085	49,612	54,135	2,23
18,20	48,067	50,652	55,280	2,26
18,40	49,058	51,703	56,437	2,28
18,60	50,059	52,764	57,605	2,31
18,80	51,070	53,836	58,785	2,33
19,00	52,090	54,917	59,976	2,36
19,20	53,120	56,009	61,179	2,38
19,40	54,159	57,111	62,393	2,41
19,60	55,208	58,223	63,619	2,43
19,80	56,266	59,346	64,856	2,46
20,00	57,334	60,479	66,104	2,48
20,20	58,412	61,622	67,364	2,50
20,40	59,499	62,775	68,636	2,53
20,60	60,595	63,938	69,919	2,55
20,80	61,701	65,112	71,213	2,58
21,00	62,816	66,296	72,519	2,60
21,20	63,941	67,490	73,836	2,63
21,40	65,076	68,694	75,165	2,65
21,60	66,219	69,908	76,505	2,68
21,80	67,373	71,132	77,857	2,70
22,00	68,535	72,367	79,220	2,73
22,20	69,708	73,612	80,594	2,75
22,40	70,889	74,867	81,980	2,78
22,60	72,080	76,132	83,377	2,80
22,80	73,281	77,407	84,785	2,83
23,00	74,491	78,692	86,205	2,85

Q, л/с	**DN 125**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
7,00	2,671	2,771	2,950	0,55
7,50	3,030	3,144	3,351	0,59
8,00	3,409	3,540	3,777	0,63
8,50	3,808	3,958	4,226	0,67
9,00	4,228	4,397	4,699	0,71
9,50	4,669	4,857	5,196	0,75
10,00	5,130	5,340	5,716	0,78
10,50	5,611	5,843	6,260	0,82
11,00	6,112	6,368	6,827	0,86
11,50	6,633	6,914	7,417	0,90
12,00	7,173	7,480	8,030	0,94
12,50	7,734	8,068	8,667	0,98
13,00	8,314	8,677	9,326	1,02
13,50	8,914	9,306	10,009	1,06
14,00	9,533	9,957	10,714	1,10
14,50	10,172	10,628	11,442	1,14
15,00	10,830	11,319	12,193	1,18
15,50	11,508	12,031	12,967	1,22
16,00	12,204	12,764	13,763	1,26
16,50	12,920	13,517	14,582	1,30
17,00	13,655	14,290	15,423	1,33
17,50	14,410	15,084	16,287	1,37
18,00	15,183	15,898	17,173	1,41
18,50	15,975	16,732	18,082	1,45
19,00	16,786	17,586	19,013	1,49
19,50	17,616	18,461	19,966	1,53
20,00	18,465	19,355	20,942	1,57
20,50	19,333	20,270	21,940	1,61
21,00	20,220	21,204	22,960	1,65
21,50	21,125	22,159	24,003	1,69
22,00	22,049	23,134	25,067	1,73
22,50	22,991	24,128	26,154	1,77
23,00	23,952	25,142	27,262	1,81
23,50	24,932	26,176	28,393	1,84
24,00	25,930	27,230	29,546	1,88
24,50	26,947	28,304	30,720	1,92
25,00	27,982	29,397	31,917	1,96
25,50	29,036	30,510	33,136	2,00
26,00	30,108	31,643	34,376	2,04
26,50	31,199	32,795	35,639	2,08
27,00	32,307	33,967	36,923	2,12
27,50	33,435	35,159	38,229	2,16
28,00	34,580	36,370	39,557	2,20
28,50	35,744	37,601	40,906	2,24
29,00	36,926	38,851	42,278	2,28
29,50	38,126	40,121	43,671	2,32
30,00	39,344	41,410	45,086	2,35
30,50	40,580	42,718	46,522	2,39

Продолжение таблицы 5.8

31,00	41,835	44,046	47,980	2,43
31,50	43,108	45,393	49,460	2,47
32,00	44,398	46,760	50,962	2,51
32,50	45,707	48,146	52,485	2,55
33,00	47,034	49,552	54,029	2,59
33,50	48,379	50,976	55,596	2,63
34,00	49,742	52,420	57,183	2,67
34,50	51,123	53,883	58,793	2,71
35,00	52,522	55,366	60,424	2,75
35,50	53,938	56,867	62,076	2,79
36,00	55,373	58,388	63,750	2,83
36,50	56,825	59,928	65,445	2,86
37,00	58,296	61,487	67,162	2,90
37,50	59,784	63,066	68,900	2,94
38,00	61,290	64,663	70,659	2,98
38,50	62,814	66,280	72,440	3,02
39,00	64,356	67,915	74,243	3,06
39,50	65,915	69,570	76,067	3,10
40,00	67,493	71,244	77,912	3,14

Q, л/с	DN 150			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
9,00	1,713	1,774	1,882	0,49
9,50	1,891	1,958	2,080	0,52
10,00	2,076	2,151	2,287	0,54
10,50	2,270	2,353	2,503	0,57
11,00	2,471	2,563	2,728	0,60
11,50	2,681	2,782	2,962	0,62
12,00	2,898	3,008	3,206	0,65
12,50	3,123	3,243	3,458	0,68
13,00	3,356	3,487	3,720	0,71
13,50	3,597	3,738	3,991	0,73
14,00	3,845	3,998	4,270	0,76
14,50	4,102	4,266	4,559	0,79
15,00	4,366	4,542	4,856	0,81
15,50	4,637	4,826	5,162	0,84
16,00	4,917	5,118	5,477	0,87
16,50	5,204	5,418	5,801	0,90
17,00	5,498	5,727	6,134	0,92
17,50	5,800	6,043	6,476	0,95
18,00	6,110	6,367	6,826	0,98
18,50	6,427	6,700	7,186	1,00
19,00	6,752	7,040	7,553	1,03
19,50	7,084	7,388	7,930	1,06
20,00	7,423	7,744	8,315	1,09
20,50	7,770	8,108	8,709	1,11
21,00	8,125	8,480	9,112	1,14
21,50	8,487	8,860	9,524	1,17
22,00	8,856	9,247	9,944	1,19
22,50	9,233	9,643	10,372	1,22
23,00	9,617	10,046	10,809	1,25
23,50	10,008	10,457	11,255	1,27
24,00	10,407	10,876	11,710	1,30
24,50	10,813	11,302	12,173	1,33
25,00	11,226	11,737	12,644	1,36
25,50	11,647	12,179	13,125	1,38
26,00	12,075	12,629	13,613	1,41
26,50	12,510	13,086	14,111	1,44
27,00	12,952	13,551	14,616	1,46
27,50	13,402	14,024	15,131	1,49
28,00	13,859	14,505	15,653	1,52
28,50	14,323	14,993	16,185	1,55
29,00	14,794	15,489	16,724	1,57
29,50	15,272	15,993	17,272	1,60
30,00	15,758	16,504	17,829	1,63
30,50	16,251	17,023	18,394	1,65
31,00	16,751	17,550	18,968	1,68
31,50	17,258	18,084	19,550	1,71
32,00	17,772	18,626	20,140	1,74
32,50	18,294	19,175	20,739	1,76
33,00	18,822	19,732	21,346	1,79
33,50	19,358	20,296	21,962	1,82
34,00	19,900	20,868	22,586	1,84
34,50	20,450	21,448	23,218	1,87
35,00	21,007	22,035	23,859	1,90
35,50	21,571	22,630	24,508	1,93
36,00	22,142	23,232	25,165	1,95
36,50	22,720	23,842	25,831	1,98
37,00	23,305	24,459	26,505	2,01
37,50	23,897	25,084	27,187	2,03
38,00	24,497	25,716	27,878	2,06
38,50	25,103	26,356	28,577	2,09
39,00	25,716	27,003	29,285	2,12
39,50	26,336	27,658	30,001	2,14
40,00	26,963	28,320	30,725	2,17
40,50	27,598	28,990	31,457	2,20
41,00	28,239	29,667	32,197	2,22
41,50	28,887	30,351	32,946	2,25
42,00	29,542	31,043	33,704	2,28
42,50	30,204	31,743	34,469	2,31
43,00	30,873	32,450	35,243	2,33
43,50	31,549	33,164	36,025	2,36
44,00	32,232	33,886	36,815	2,39
44,50	32,922	34,615	37,613	2,41
45,00	33,619	35,351	38,420	2,44
45,50	34,323	36,095	39,235	2,47
46,00	35,034	36,847	40,058	2,50
46,50	35,751	37,605	40,890	2,52
47,00	36,476	38,371	41,729	2,55
47,50	37,207	39,145	42,577	2,58
48,00	37,945	39,926	43,433	2,60
48,50	38,691	40,714	44,297	2,63
49,00	39,443	41,510	45,170	2,66
49,50	40,202	42,313	46,051	2,69
50,00	40,967	43,123	46,939	2,71

Q, л/с	DN 200			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
16,00	1,178	1,218	1,289	0,48
16,50	1,246	1,289	1,365	0,50

Продолжение таблицы 5.8

17,00	1,316	1,361	1,443	0,51
17,50	1,388	1,436	1,522	0,53
18,00	1,461	1,512	1,604	0,55
18,50	1,536	1,591	1,687	0,56
19,00	1,613	1,671	1,773	0,58
19,50	1,692	1,753	1,861	0,59
20,00	1,772	1,836	1,950	0,61
20,50	1,855	1,922	2,042	0,62
21,00	1,939	2,009	2,135	0,64
21,50	2,024	2,099	2,231	0,65
22,00	2,112	2,190	2,328	0,67
22,50	2,201	2,283	2,428	0,68
23,00	2,291	2,377	2,529	0,70
23,50	2,384	2,474	2,633	0,71
24,00	2,478	2,572	2,738	0,73
24,50	2,574	2,672	2,846	0,74
25,00	2,672	2,774	2,955	0,76
25,50	2,771	2,877	3,066	0,77
26,00	2,872	2,983	3,179	0,79
26,50	2,975	3,090	3,294	0,80
27,00	3,079	3,199	3,411	0,82
27,50	3,185	3,310	3,530	0,83
28,00	3,293	3,422	3,651	0,85
28,50	3,402	3,536	3,774	0,86
29,00	3,513	3,653	3,899	0,88
29,50	3,626	3,770	4,026	0,89
30,00	3,741	3,890	4,154	0,91
30,50	3,857	4,011	4,285	0,92
31,00	3,974	4,134	4,417	0,94
31,50	4,094	4,259	4,552	0,95
32,00	4,215	4,386	4,688	0,97
32,50	4,337	4,514	4,826	0,98
33,00	4,462	4,644	4,967	1,00
33,50	4,588	4,776	5,109	1,01
34,00	4,715	4,909	5,253	1,03
34,50	4,845	5,045	5,398	1,04
35,00	4,976	5,182	5,546	1,06
35,50	5,108	5,320	5,696	1,07
36,00	5,242	5,461	5,847	1,09
36,50	5,378	5,603	6,001	1,11
37,00	5,516	5,747	6,156	1,12
37,50	5,655	5,893	6,313	1,14
38,00	5,795	6,040	6,472	1,15
38,50	5,938	6,189	6,633	1,17
39,00	6,082	6,340	6,796	1,18
39,50	6,227	6,492	6,961	1,20
40,00	6,375	6,647	7,128	1,21
40,50	6,523	6,803	7,296	1,23
41,00	6,674	6,960	7,466	1,24
41,50	6,826	7,120	7,639	1,26
42,00	6,980	7,281	7,813	1,27
42,50	7,135	7,444	7,989	1,29
43,00	7,292	7,608	8,167	1,30
43,50	7,450	7,774	8,347	1,32
44,00	7,610	7,942	8,528	1,33
44,50	7,772	8,112	8,712	1,35
45,00	7,935	8,283	8,897	1,36
45,50	8,100	8,456	9,084	1,38
46,00	8,267	8,631	9,273	1,39
46,50	8,435	8,807	9,464	1,41
47,00	8,604	8,985	9,657	1,42
47,50	8,776	9,165	9,852	1,44
48,00	8,948	9,346	10,048	1,45
48,50	9,123	9,529	10,247	1,47
49,00	9,299	9,714	10,447	1,48
49,50	9,477	9,901	10,649	1,50
50,00	9,656	10,089	10,853	1,51
50,50	9,837	10,279	11,059	1,53
51,00	10,019	10,470	11,266	1,54
51,50	10,203	10,663	11,476	1,56
52,00	10,388	10,858	11,687	1,57
52,50	10,576	11,055	11,900	1,59
53,00	10,764	11,253	12,115	1,60
53,50	10,955	11,453	12,332	1,62
54,00	11,146	11,655	12,551	1,64
54,50	11,340	11,858	12,771	1,65
55,00	11,535	12,063	12,994	1,67
55,50	11,731	12,269	13,218	1,68
56,00	11,929	12,478	13,444	1,70
56,50	12,129	12,687	13,672	1,71
57,00	12,330	12,899	13,901	1,73
57,50	12,533	13,112	14,133	1,74
58,00	12,738	13,327	14,366	1,76
58,50	12,944	13,544	14,602	1,77
59,00	13,151	13,762	14,839	1,79
59,50	13,360	13,982	15,078	1,80
60,00	13,571	14,203	15,318	1,82
60,50	13,783	14,427	15,561	1,83
61,00	13,997	14,651	15,805	1,85
61,50	14,212	14,878	16,051	1,86
62,00	14,429	15,106	16,299	1,88
62,50	14,647	15,336	16,549	1,89
63,00	14,867	15,567	16,801	1,91
63,50	15,089	15,800	17,054	1,92
64,00	15,312	16,035	17,310	1,94
64,50	15,537	16,272	17,567	1,95
65,00	15,763	16,510	17,826	1,97
65,50	15,990	16,749	18,086	1,98
66,00	16,220	16,991	18,349	2,00
66,50	16,450	17,234	18,613	2,01
67,00	16,683	17,478	18,880	2,03
67,50	16,917	17,725	19,148	2,04
68,00	17,152	17,973	19,418	2,06
68,50	17,389	18,222	19,689	2,07
69,00	17,628	18,473	19,963	2,09
69,50	17,868	18,726	20,238	2,10
70,00	18,109	18,981	20,515	2,12
70,50	18,352	19,237	20,794	2,13
71,00	18,597	19,494	21,075	2,15
71,50	18,843	19,754	21,357	2,16

Продолжение таблицы 5.8

72,00	19,091	20,015	21,642	2,18
72,50	19,340	20,278	21,928	2,20
73,00	19,591	20,542	22,216	2,21
73,50	19,844	20,808	22,505	2,23
74,00	20,097	21,075	22,797	2,24
74,50	20,353	21,344	23,090	2,26
75,00	20,610	21,615	23,385	2,27
75,50	20,868	21,888	23,682	2,29
76,00	21,128	22,162	23,981	2,30
76,50	21,390	22,438	24,282	2,32
77,00	21,653	22,715	24,584	2,33
77,50	21,918	22,994	24,888	2,35
78,00	22,184	23,274	25,194	2,36
78,50	22,451	23,557	25,502	2,38
79,00	22,720	23,840	25,812	2,39
79,50	22,991	24,126	26,123	2,41
80,00	23,263	24,413	26,436	2,42
80,50	23,537	24,702	26,751	2,44
81,00	23,812	24,992	27,068	2,45
81,50	24,089	25,284	27,386	2,47
82,00	24,367	25,577	27,707	2,48
82,50	24,647	25,873	28,029	2,50
83,00	24,928	26,169	28,353	2,51
83,50	25,211	26,468	28,678	2,53
84,00	25,496	26,768	29,006	2,54
84,50	25,782	27,069	29,335	2,56
85,00	26,069	27,373	29,666	2,57
85,50	26,358	27,677	29,999	2,59
86,00	26,648	27,984	30,334	2,60
86,50	26,940	28,292	30,670	2,62
87,00	27,234	28,602	31,009	2,63
87,50	27,529	28,913	31,349	2,65
88,00	27,825	29,226	31,691	2,66
88,50	28,123	29,541	32,034	2,68
89,00	28,422	29,857	32,380	2,69
89,50	28,723	30,174	32,727	2,71
90,00	29,026	30,494	33,076	2,73

Q, л/с	DN 250			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
30,00	1,232	1,275	1,351	0,58
32,00	1,387	1,436	1,523	0,62
34,00	1,551	1,607	1,705	0,65
36,00	1,723	1,786	1,897	0,69
38,00	1,904	1,974	2,098	0,73
40,00	2,093	2,171	2,309	0,77
42,00	2,290	2,377	2,530	0,81
44,00	2,496	2,592	2,760	0,85
46,00	2,710	2,815	2,999	0,89
48,00	2,932	3,047	3,248	0,92
50,00	3,163	3,287	3,507	0,96
52,00	3,401	3,537	3,775	1,00
54,00	3,648	3,794	4,052	1,04
56,00	3,903	4,061	4,338	1,08
58,00	4,166	4,336	4,634	1,12
60,00	4,437	4,619	4,939	1,16
62,00	4,716	4,911	5,254	1,19
64,00	5,003	5,211	5,577	1,23
66,00	5,298	5,520	5,910	1,27
68,00	5,600	5,837	6,252	1,31
70,00	5,911	6,162	6,603	1,35
72,00	6,230	6,496	6,964	1,39
74,00	6,556	6,838	7,333	1,43
76,00	6,891	7,189	7,712	1,46
78,00	7,233	7,548	8,100	1,50
80,00	7,583	7,915	8,497	1,54
82,00	7,941	8,290	8,903	1,58
84,00	8,307	8,674	9,318	1,62
86,00	8,680	9,066	9,742	1,66
88,00	9,062	9,466	10,175	1,69
90,00	9,451	9,874	10,617	1,73
92,00	9,847	10,291	11,068	1,77
94,00	10,252	10,715	11,528	1,81
96,00	10,664	11,148	11,997	1,85
98,00	11,084	11,589	12,475	1,89
100,00	11,511	12,038	12,962	1,93
102,00	11,946	12,496	13,458	1,96
104,00	12,389	12,961	13,963	2,00
106,00	12,840	13,434	14,477	2,04
108,00	13,298	13,916	15,000	2,08
110,00	13,763	14,406	15,532	2,12
112,00	14,237	14,903	16,072	2,16
114,00	14,717	15,409	16,622	2,20
116,00	15,206	15,923	17,180	2,23
118,00	15,702	16,445	17,747	2,27
120,00	16,205	16,975	18,323	2,31
122,00	16,716	17,513	18,908	2,35
124,00	17,235	18,059	19,502	2,39
126,00	17,761	18,613	20,104	2,43
128,00	18,295	19,175	20,716	2,47
130,00	18,836	19,745	21,336	2,50
132,00	19,385	20,323	21,965	2,54
134,00	19,941	20,909	22,603	2,58
136,00	20,504	21,502	23,249	2,62
138,00	21,076	22,104	23,905	2,66
140,00	21,654	22,714	24,569	2,70
142,00	22,240	23,332	25,242	2,73
144,00	22,834	23,957	25,924	2,77
146,00	23,434	24,591	26,614	2,81
148,00	24,043	25,232	27,313	2,85
150,00	24,659	25,881	28,021	2,89

Q, л/с	DN 300			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
36,00	0,735	0,759	0,801	0,49
38,00	0,811	0,838	0,886	0,52
40,00	0,892	0,922	0,974	0,54
42,00	0,975	1,008	1,067	0,57
44,00	1,063	1,099	1,163	0,60
46,00	1,153	1,193	1,264	0,63

Продолжение таблицы 5.8

48,00	1,247	1,291	1,368	0,65
50,00	1,345	1,393	1,477	0,68
52,00	1,446	1,498	1,589	0,71
54,00	1,550	1,606	1,705	0,73
56,00	1,658	1,719	1,825	0,76
58,00	1,769	1,834	1,949	0,79
60,00	1,884	1,954	2,076	0,82
62,00	2,002	2,077	2,208	0,84
64,00	2,123	2,203	2,343	0,87
66,00	2,248	2,333	2,483	0,90
68,00	2,376	2,466	2,626	0,92
70,00	2,507	2,603	2,772	0,95
72,00	2,641	2,744	2,923	0,98
74,00	2,779	2,887	3,077	1,01
76,00	2,920	3,035	3,236	1,03
78,00	3,065	3,186	3,397	1,06
80,00	3,213	3,340	3,563	1,09
82,00	3,364	3,498	3,733	1,12
84,00	3,518	3,659	3,906	1,14
86,00	3,675	3,823	4,083	1,17
88,00	3,836	3,991	4,263	1,20
90,00	4,000	4,163	4,448	1,22
92,00	4,167	4,338	4,636	1,25
94,00	4,338	4,516	4,828	1,28
96,00	4,511	4,697	5,023	1,31
98,00	4,688	4,882	5,223	1,33
100,00	4,868	5,071	5,426	1,36
102,00	5,052	5,263	5,632	1,39
104,00	5,238	5,458	5,843	1,41
106,00	5,428	5,656	6,057	1,44
108,00	5,620	5,858	6,275	1,47
110,00	5,816	6,064	6,496	1,50
112,00	6,016	6,272	6,721	1,52
114,00	6,218	6,484	6,950	1,55
116,00	6,424	6,699	7,182	1,58
118,00	6,632	6,918	7,418	1,60
120,00	6,844	7,140	7,658	1,63
122,00	7,059	7,365	7,901	1,66
124,00	7,277	7,594	8,148	1,69
126,00	7,498	7,826	8,399	1,71
128,00	7,723	8,061	8,653	1,74
130,00	7,950	8,300	8,911	1,77
132,00	8,181	8,542	9,173	1,80
134,00	8,415	8,787	9,438	1,82
136,00	8,652	9,036	9,707	1,85
138,00	8,892	9,288	9,979	1,88
140,00	9,135	9,543	10,256	1,90
142,00	9,381	9,801	10,535	1,93
144,00	9,630	10,063	10,819	1,96
146,00	9,883	10,328	11,105	1,99
148,00	10,138	10,596	11,396	2,01
150,00	10,397	10,868	11,690	2,04
152,00	10,659	11,143	11,988	2,07
154,00	10,923	11,421	12,289	2,09
156,00	11,191	11,702	12,594	2,12
158,00	11,462	11,987	12,903	2,15
160,00	11,736	12,275	13,215	2,18
162,00	12,013	12,566	13,530	2,20
164,00	12,294	12,860	13,850	2,23
166,00	12,577	13,158	14,172	2,26
168,00	12,863	13,459	14,499	2,28
170,00	13,152	13,763	14,829	2,31
172,00	13,445	14,070	15,162	2,34
174,00	13,740	14,381	15,499	2,37
176,00	14,039	14,695	15,840	2,39
178,00	14,341	15,012	16,184	2,42
180,00	14,645	15,333	16,532	2,45
182,00	14,953	15,656	16,884	2,47
184,00	15,264	15,983	17,239	2,50
186,00	15,577	16,313	17,597	2,53
188,00	15,894	16,646	17,959	2,56
190,00	16,214	16,983	18,325	2,58
192,00	16,537	17,323	18,694	2,61
194,00	16,863	17,666	19,067	2,64
196,00	17,192	18,012	19,443	2,67
198,00	17,524	18,361	19,823	2,69
200,00	17,858	18,714	20,206	2,72
202,00	18,196	19,070	20,593	2,75
204,00	18,537	19,429	20,983	2,77
206,00	18,881	19,791	21,377	2,80
208,00	19,228	20,156	21,775	2,83
210,00	19,578	20,525	22,176	2,86

Q, л/с	**DN 350**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
50,00	0,643	0,664	0,701	0,50
52,00	0,692	0,714	0,754	0,52
54,00	0,741	0,766	0,809	0,54
56,00	0,793	0,819	0,865	0,56
58,00	0,846	0,874	0,924	0,58
60,00	0,900	0,931	0,984	0,60
62,00	0,956	0,989	1,046	0,62
64,00	1,014	1,049	1,110	0,64
66,00	1,073	1,111	1,176	0,66
68,00	1,134	1,174	1,243	0,68
70,00	1,197	1,239	1,313	0,70
72,00	1,261	1,305	1,384	0,72
74,00	1,326	1,373	1,456	0,74
76,00	1,393	1,443	1,531	0,77
78,00	1,462	1,515	1,607	0,79
80,00	1,532	1,588	1,685	0,81
82,00	1,604	1,662	1,765	0,83
84,00	1,677	1,739	1,847	0,85
86,00	1,752	1,817	1,930	0,87
88,00	1,828	1,896	2,015	0,89
90,00	1,906	1,977	2,102	0,91
92,00	1,986	2,060	2,190	0,93
94,00	2,066	2,144	2,281	0,95
96,00	2,149	2,230	2,373	0,97
98,00	2,233	2,318	2,467	0,99

Продолжение таблицы 5.8

100,00	2,318	2,407	2,562	1,01
102,00	2,405	2,498	2,659	1,03
104,00	2,494	2,590	2,758	1,05
106,00	2,584	2,684	2,859	1,07
108,00	2,675	2,779	2,961	1,09
110,00	2,768	2,876	3,065	1,11
112,00	2,863	2,975	3,171	1,13
114,00	2,959	3,075	3,279	1,15
116,00	3,056	3,177	3,388	1,17
118,00	3,155	3,280	3,499	1,19
120,00	3,255	3,385	3,611	1,21
122,00	3,357	3,491	3,726	1,23
124,00	3,461	3,599	3,842	1,25
126,00	3,565	3,709	3,959	1,27
128,00	3,672	3,820	4,079	1,29
130,00	3,780	3,933	4,200	1,31
132,00	3,889	4,047	4,323	1,33
134,00	4,000	4,163	4,447	1,35
136,00	4,112	4,280	4,574	1,37
138,00	4,225	4,399	4,701	1,39
140,00	4,341	4,519	4,831	1,41
142,00	4,457	4,641	4,962	1,43
144,00	4,575	4,765	5,095	1,45
146,00	4,695	4,890	5,230	1,47
148,00	4,816	5,016	5,366	1,49
150,00	4,938	5,144	5,504	1,51
152,00	5,062	5,274	5,644	1,53
154,00	5,187	5,405	5,785	1,55
156,00	5,314	5,538	5,928	1,57
158,00	5,442	5,672	6,073	1,59
160,00	5,572	5,808	6,219	1,61
162,00	5,703	5,945	6,367	1,63
164,00	5,836	6,084	6,517	1,65
166,00	5,970	6,224	6,668	1,67
168,00	6,105	6,366	6,821	1,69
170,00	6,242	6,510	6,976	1,71
172,00	6,380	6,654	7,132	1,73
174,00	6,520	6,801	7,290	1,75
176,00	6,661	6,949	7,450	1,77
178,00	6,804	7,098	7,611	1,79
180,00	6,948	7,249	7,774	1,81
182,00	7,093	7,402	7,939	1,83
184,00	7,240	7,556	8,105	1,85
186,00	7,389	7,711	8,273	1,87
188,00	7,538	7,868	8,443	1,89
190,00	7,689	8,027	8,614	1,91
192,00	7,842	8,187	8,787	1,93
194,00	7,996	8,348	8,961	1,95
196,00	8,152	8,511	9,138	1,97
198,00	8,308	8,676	9,316	1,99
200,00	8,467	8,842	9,495	2,01
202,00	8,626	9,009	9,676	2,03
204,00	8,788	9,178	9,859	2,05
206,00	8,950	9,349	10,043	2,07
208,00	9,114	9,521	10,229	2,09
210,00	9,279	9,694	10,417	2,11
212,00	9,446	9,869	10,607	2,13
214,00	9,614	10,046	10,798	2,15
216,00	9,784	10,224	10,990	2,17
218,00	9,955	10,404	11,184	2,19
220,00	10,127	10,585	11,380	2,21
222,00	10,301	10,767	11,578	2,23
224,00	10,476	10,951	11,777	2,25
226,00	10,653	11,136	11,978	2,27
228,00	10,831	11,323	12,180	2,30
230,00	11,010	11,512	12,384	2,32
232,00	11,191	11,702	12,590	2,34
234,00	11,374	11,893	12,797	2,36
236,00	11,557	12,086	13,006	2,38
238,00	11,742	12,280	13,217	2,40
240,00	11,929	12,476	13,429	2,42
242,00	12,116	12,674	13,643	2,44
244,00	12,306	12,872	13,859	2,46
246,00	12,496	13,073	14,076	2,48
248,00	12,688	13,275	14,294	2,50
250,00	12,882	13,478	14,515	2,52
252,00	13,076	13,682	14,737	2,54
254,00	13,273	13,889	14,960	2,56
256,00	13,470	14,096	15,186	2,58
258,00	13,669	14,306	15,412	2,60
260,00	13,870	14,516	15,641	2,62
262,00	14,071	14,728	15,871	2,64
264,00	14,274	14,942	16,103	2,66
266,00	14,479	15,157	16,336	2,68
268,00	14,685	15,373	16,571	2,70
270,00	14,892	15,591	16,808	2,72
272,00	15,101	15,811	17,046	2,74
274,00	15,311	16,032	17,286	2,76
276,00	15,522	16,254	17,527	2,78
278,00	15,735	16,478	17,770	2,80
280,00	15,949	16,703	18,015	2,82

Q, л/с	**DN 400**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
65,00	0,542	0,559	0,589	0,50
70,00	0,621	0,641	0,677	0,54
75,00	0,705	0,729	0,770	0,58
80,00	0,795	0,821	0,868	0,62
85,00	0,889	0,919	0,972	0,65
90,00	0,988	1,022	1,082	0,69
95,00	1,092	1,130	1,197	0,73
100,00	1,201	1,243	1,318	0,77
105,00	1,315	1,362	1,444	0,81
110,00	1,433	1,485	1,575	0,85
115,00	1,556	1,613	1,713	0,89
120,00	1,684	1,747	1,855	0,92
125,00	1,817	1,885	2,003	0,96
130,00	1,955	2,028	2,156	1,00
135,00	2,097	2,177	2,315	1,04
140,00	2,244	2,330	2,479	1,08

Продолжение таблицы 5.8

145,00	2,396	2,488	2,649	1,12
150,00	2,552	2,651	2,824	1,16
155,00	2,713	2,819	3,004	1,19
160,00	2,878	2,992	3,189	1,23
165,00	3,049	3,169	3,380	1,27
170,00	3,223	3,352	3,576	1,31
175,00	3,403	3,539	3,777	1,35
180,00	3,587	3,732	3,984	1,39
185,00	3,775	3,929	4,195	1,43
190,00	3,968	4,130	4,412	1,46
195,00	4,166	4,337	4,635	1,50
200,00	4,368	4,549	4,862	1,54
205,00	4,575	4,765	5,095	1,58
210,00	4,786	4,986	5,333	1,62
215,00	5,002	5,212	5,576	1,66
220,00	5,222	5,442	5,824	1,70
225,00	5,447	5,677	6,078	1,73
230,00	5,676	5,917	6,336	1,77
235,00	5,910	6,162	6,600	1,81
240,00	6,148	6,412	6,869	1,85
245,00	6,391	6,666	7,143	1,89
250,00	6,638	6,925	7,423	1,93
255,00	6,890	7,188	7,707	1,96
260,00	7,146	7,457	7,997	2,00
265,00	7,406	7,730	8,292	2,04
270,00	7,671	8,007	8,591	2,08
275,00	7,940	8,290	8,896	2,12
280,00	8,214	8,577	9,206	2,16
285,00	8,492	8,868	9,522	2,20
290,00	8,775	9,165	9,842	2,23
295,00	9,061	9,466	10,167	2,27
300,00	9,353	9,771	10,498	2,31
305,00	9,648	10,081	10,833	2,35
310,00	9,948	10,396	11,174	2,39
315,00	10,253	10,716	11,520	2,43
320,00	10,561	11,040	11,870	2,47
325,00	10,875	11,369	12,226	2,50
330,00	11,192	11,702	12,587	2,54
335,00	11,514	12,040	12,953	2,58
340,00	11,840	12,383	13,324	2,62
345,00	12,170	12,730	13,700	2,66
350,00	12,505	13,082	14,081	2,70
355,00	12,844	13,438	14,467	2,74
360,00	13,188	13,799	14,858	2,77
365,00	13,536	14,164	15,255	2,81
370,00	13,888	14,534	15,656	2,85
375,00	14,244	14,909	16,062	2,89
380,00	14,605	15,288	16,473	2,93

Q, л/с	**DN 500**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
100,00	0,403	0,415	0,437	0,49
105,00	0,441	0,455	0,479	0,52
110,00	0,480	0,496	0,522	0,54
115,00	0,522	0,538	0,567	0,57
120,00	0,564	0,582	0,614	0,59
125,00	0,608	0,628	0,663	0,62
130,00	0,654	0,676	0,714	0,64
135,00	0,702	0,725	0,766	0,67
140,00	0,751	0,776	0,820	0,69
145,00	0,801	0,828	0,875	0,72
150,00	0,853	0,882	0,933	0,74
155,00	0,906	0,938	0,992	0,77
160,00	0,961	0,995	1,053	0,79
165,00	1,018	1,054	1,116	0,81
170,00	1,076	1,114	1,180	0,84
175,00	1,136	1,176	1,246	0,86
180,00	1,197	1,239	1,314	0,89
185,00	1,259	1,305	1,383	0,91
190,00	1,324	1,371	1,454	0,94
195,00	1,389	1,440	1,527	0,96
200,00	1,456	1,509	1,602	0,99
205,00	1,525	1,581	1,678	1,01
210,00	1,595	1,654	1,756	1,04
215,00	1,666	1,728	1,836	1,06
220,00	1,739	1,804	1,917	1,09
225,00	1,814	1,882	2,000	1,11
230,00	1,890	1,961	2,084	1,14
235,00	1,967	2,042	2,171	1,16
240,00	2,046	2,124	2,259	1,18
245,00	2,126	2,208	2,348	1,21
250,00	2,208	2,293	2,440	1,23
255,00	2,292	2,380	2,533	1,26
260,00	2,376	2,468	2,627	1,28
265,00	2,462	2,558	2,724	1,31
270,00	2,550	2,649	2,822	1,33
275,00	2,639	2,742	2,921	1,36
280,00	2,730	2,837	3,023	1,38
285,00	2,822	2,933	3,126	1,41
290,00	2,915	3,030	3,230	1,43
295,00	3,010	3,129	3,336	1,46
300,00	3,106	3,230	3,444	1,48
305,00	3,204	3,332	3,554	1,51
310,00	3,303	3,436	3,665	1,53
315,00	3,404	3,541	3,778	1,56
320,00	3,506	3,647	3,892	1,58
325,00	3,609	3,755	4,008	1,60
330,00	3,714	3,865	4,126	1,63
335,00	3,820	3,976	4,245	1,65
340,00	3,928	4,088	4,366	1,68
345,00	4,037	4,203	4,489	1,70
350,00	4,148	4,318	4,613	1,73
355,00	4,260	4,435	4,739	1,75
360,00	4,373	4,554	4,867	1,78
365,00	4,488	4,674	4,996	1,80
370,00	4,604	4,795	5,126	1,83
375,00	4,722	4,918	5,259	1,85
380,00	4,841	5,043	5,393	1,88
385,00	4,961	5,169	5,528	1,90
390,00	5,083	5,296	5,666	1,93

Продолжение таблицы 5.8

395,00	5,206	5,425	5,804	1,95
400,00	5,331	5,556	5,945	1,97
405,00	5,457	5,687	6,087	2,00
410,00	5,584	5,821	6,231	2,02
415,00	5,713	5,956	6,376	2,05
420,00	5,843	6,092	6,523	2,07
425,00	5,975	6,230	6,671	2,10
430,00	6,108	6,369	6,821	2,12
435,00	6,242	6,510	6,973	2,15
440,00	6,378	6,652	7,126	2,17
445,00	6,515	6,796	7,281	2,20
450,00	6,654	6,941	7,438	2,22
455,00	6,794	7,088	7,596	2,25
460,00	6,935	7,236	7,755	2,27
465,00	7,078	7,385	7,917	2,30
470,00	7,222	7,536	8,080	2,32
475,00	7,367	7,689	8,244	2,34
480,00	7,514	7,842	8,410	2,37
485,00	7,662	7,998	8,578	2,39
490,00	7,812	8,155	8,747	2,42
495,00	7,963	8,313	8,918	2,44
500,00	8,115	8,473	9,091	2,47
505,00	8,269	8,634	9,265	2,49
510,00	8,424	8,797	9,440	2,52
515,00	8,581	8,961	9,618	2,54
520,00	8,738	9,126	9,796	2,57
525,00	8,898	9,293	9,977	2,59
530,00	9,058	9,462	10,159	2,62
535,00	9,220	9,632	10,342	2,64
540,00	9,384	9,803	10,528	2,67
545,00	9,548	9,976	10,714	2,69
550,00	9,714	10,150	10,903	2,72
555,00	9,882	10,326	11,093	2,74
560,00	10,051	10,503	11,284	2,76
565,00	10,221	10,681	11,477	2,79
570,00	10,392	10,862	11,672	2,81
575,00	10,565	11,043	11,868	2,84
580,00	10,739	11,226	12,066	2,86
585,00	10,915	11,410	12,265	2,89
590,00	11,092	11,596	12,466	2,91
595,00	11,270	11,783	12,669	2,94
600,00	11,450	11,972	12,873	2,96
605,00	11,631	12,162	13,079	2,99
610,00	11,813	12,354	13,286	3,01
615,00	11,997	12,546	13,495	3,04
620,00	12,182	12,741	13,705	3,06
625,00	12,369	12,937	13,917	3,09
630,00	12,556	13,134	14,131	3,11
635,00	12,746	13,333	14,346	3,13
640,00	12,936	13,533	14,563	3,16
645,00	13,128	13,734	14,781	3,18
650,00	13,321	13,937	15,001	3,21
655,00	13,516	14,142	15,222	3,23
660,00	13,712	14,348	15,445	3,26
665,00	13,909	14,555	15,670	3,28
670,00	14,107	14,764	15,896	3,31
675,00	14,307	14,974	16,124	3,33

Q, л/с	**DN 600**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
160,00	0,395	0,408	0,429	0,55
170,00	0,442	0,456	0,481	0,58
180,00	0,492	0,507	0,535	0,62
190,00	0,544	0,561	0,592	0,65
200,00	0,598	0,617	0,652	0,69
210,00	0,654	0,676	0,714	0,72
220,00	0,714	0,738	0,779	0,76
230,00	0,775	0,801	0,847	0,79
240,00	0,839	0,868	0,918	0,83
250,00	0,905	0,936	0,991	0,86
260,00	0,974	1,008	1,067	0,89
270,00	1,045	1,081	1,145	0,93
280,00	1,118	1,158	1,226	0,96
290,00	1,193	1,236	1,310	1,00
300,00	1,271	1,317	1,397	1,03
310,00	1,352	1,401	1,486	1,07
320,00	1,434	1,487	1,578	1,10
330,00	1,519	1,575	1,672	1,13
340,00	1,606	1,666	1,769	1,17
350,00	1,696	1,759	1,868	1,20
360,00	1,788	1,855	1,971	1,24
370,00	1,882	1,953	2,075	1,27
380,00	1,978	2,053	2,183	1,31
390,00	2,076	2,156	2,293	1,34
400,00	2,177	2,261	2,405	1,38
410,00	2,280	2,368	2,520	1,41
420,00	2,386	2,478	2,638	1,44
430,00	2,493	2,591	2,758	1,48
440,00	2,603	2,705	2,881	1,51
450,00	2,715	2,822	3,007	1,55
460,00	2,830	2,942	3,135	1,58
470,00	2,946	3,063	3,265	1,62
480,00	3,065	3,187	3,398	1,65
490,00	3,186	3,314	3,534	1,68
500,00	3,310	3,442	3,672	1,72
510,00	3,435	3,574	3,813	1,75
520,00	3,563	3,707	3,956	1,79
530,00	3,693	3,843	4,102	1,82
540,00	3,825	3,981	4,250	1,86
550,00	3,959	4,121	4,401	1,89
560,00	4,096	4,264	4,554	1,93
570,00	4,234	4,409	4,710	1,96
580,00	4,375	4,556	4,868	1,99
590,00	4,518	4,706	5,029	2,03
600,00	4,664	4,858	5,193	2,06
610,00	4,811	5,012	5,358	2,10
620,00	4,961	5,169	5,527	2,13
630,00	5,113	5,328	5,698	2,17
640,00	5,267	5,489	5,871	2,20
650,00	5,423	5,652	6,047	2,23

Продолжение таблицы 5.8

660,00	5,581	5,818	6,226	2,27
670,00	5,742	5,986	6,407	2,30
680,00	5,905	6,156	6,590	2,34
690,00	6,069	6,329	6,776	2,37
700,00	6,236	6,504	6,964	2,41
710,00	6,406	6,681	7,155	2,44
720,00	6,577	6,860	7,349	2,48
730,00	6,750	7,042	7,545	2,51
740,00	6,926	7,226	7,743	2,54
750,00	7,104	7,412	7,944	2,58
760,00	7,284	7,601	8,147	2,61
770,00	7,466	7,792	8,353	2,65
780,00	7,650	7,985	8,561	2,68
790,00	7,837	8,180	8,772	2,72
800,00	8,025	8,378	8,985	2,75

Q, л/с	**DN 700**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
200,00	0,282	0,290	0,305	0,51
210,00	0,309	0,318	0,334	0,53
220,00	0,336	0,347	0,365	0,56
230,00	0,365	0,376	0,396	0,58
240,00	0,395	0,408	0,429	0,61
250,00	0,426	0,440	0,463	0,63
260,00	0,458	0,473	0,499	0,66
270,00	0,492	0,508	0,535	0,68
280,00	0,526	0,543	0,573	0,71
290,00	0,561	0,580	0,612	0,73
300,00	0,598	0,618	0,652	0,76
310,00	0,636	0,657	0,694	0,78
320,00	0,674	0,697	0,736	0,81
330,00	0,714	0,738	0,780	0,84
340,00	0,755	0,781	0,825	0,86
350,00	0,797	0,824	0,871	0,89
360,00	0,840	0,869	0,919	0,91
370,00	0,884	0,915	0,968	0,94
380,00	0,929	0,961	1,018	0,96
390,00	0,975	1,009	1,069	0,99
400,00	1,022	1,058	1,121	1,01
410,00	1,071	1,109	1,174	1,04
420,00	1,120	1,160	1,229	1,06
430,00	1,170	1,212	1,285	1,09
440,00	1,222	1,266	1,342	1,11
450,00	1,274	1,320	1,400	1,14
460,00	1,328	1,376	1,459	1,16
470,00	1,382	1,433	1,520	1,19
480,00	1,438	1,491	1,582	1,21
490,00	1,494	1,549	1,645	1,24
500,00	1,552	1,609	1,709	1,27
510,00	1,611	1,671	1,774	1,29
520,00	1,670	1,733	1,840	1,32
530,00	1,731	1,796	1,908	1,34
540,00	1,793	1,860	1,977	1,37
550,00	1,855	1,926	2,046	1,39
560,00	1,919	1,992	2,118	1,42
570,00	1,984	2,060	2,190	1,44
580,00	2,050	2,128	2,263	1,47
590,00	2,117	2,198	2,338	1,49
600,00	2,185	2,269	2,413	1,52
610,00	2,253	2,340	2,490	1,54
620,00	2,323	2,413	2,568	1,57
630,00	2,394	2,487	2,647	1,59
640,00	2,466	2,562	2,728	1,62
650,00	2,539	2,638	2,809	1,64
660,00	2,613	2,715	2,892	1,67
670,00	2,688	2,794	2,976	1,70
680,00	2,764	2,873	3,061	1,72
690,00	2,841	2,953	3,147	1,75
700,00	2,919	3,035	3,234	1,77
710,00	2,998	3,117	3,322	1,80
720,00	3,078	3,200	3,412	1,82
730,00	3,159	3,285	3,502	1,85
740,00	3,240	3,370	3,594	1,87
750,00	3,323	3,457	3,687	1,90
760,00	3,407	3,545	3,781	1,92
770,00	3,492	3,633	3,876	1,95
780,00	3,578	3,723	3,973	1,97
790,00	3,665	3,814	4,070	2,00
800,00	3,753	3,906	4,169	2,02
810,00	3,842	3,999	4,268	2,05
820,00	3,932	4,093	4,369	2,08
830,00	4,023	4,188	4,471	2,10
840,00	4,115	4,284	4,574	2,13
850,00	4,207	4,381	4,679	2,15
860,00	4,301	4,479	4,784	2,18
870,00	4,396	4,578	4,891	2,20
880,00	4,492	4,678	4,998	2,23
890,00	4,589	4,779	5,107	2,25
900,00	4,686	4,882	5,217	2,28
910,00	4,785	4,985	5,328	2,30
920,00	4,885	5,089	5,440	2,33
930,00	4,986	5,194	5,553	2,35
940,00	5,087	5,301	5,668	2,38
950,00	5,190	5,408	5,783	2,40
960,00	5,294	5,517	5,900	2,43
970,00	5,398	5,626	6,018	2,45
980,00	5,504	5,737	6,137	2,48
990,00	5,610	5,848	6,257	2,51
1000,00	5,718	5,961	6,378	2,53
1010,00	5,826	6,074	6,500	2,56
1020,00	5,936	6,189	6,624	2,58
1030,00	6,046	6,305	6,748	2,61
1040,00	6,158	6,421	6,874	2,63
1050,00	6,270	6,539	7,000	2,66
1060,00	6,383	6,658	7,128	2,68
1070,00	6,498	6,777	7,257	2,71
1080,00	6,613	6,898	7,387	2,73
1090,00	6,729	7,020	7,519	2,76
1100,00	6,847	7,143	7,651	2,78
1110,00	6,965	7,266	7,784	2,81

Продолжение таблицы 5.8

Q, л/с	DN 800			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
260,00	0,236	0,243	0,255	0,50
270,00	0,253	0,261	0,274	0,52
280,00	0,271	0,279	0,293	0,54
290,00	0,289	0,298	0,313	0,56
300,00	0,308	0,317	0,334	0,58
310,00	0,327	0,337	0,355	0,60
320,00	0,347	0,358	0,377	0,62
330,00	0,368	0,379	0,399	0,64
340,00	0,389	0,401	0,422	0,66
350,00	0,410	0,423	0,446	0,68
360,00	0,432	0,446	0,470	0,70
370,00	0,455	0,469	0,495	0,71
380,00	0,478	0,493	0,520	0,73
390,00	0,502	0,518	0,546	0,75
400,00	0,526	0,543	0,573	0,77
410,00	0,551	0,569	0,600	0,79
420,00	0,576	0,595	0,628	0,81
430,00	0,602	0,622	0,656	0,83
440,00	0,628	0,649	0,685	0,85
450,00	0,655	0,677	0,715	0,87
460,00	0,682	0,705	0,745	0,89
470,00	0,710	0,734	0,776	0,91
480,00	0,739	0,764	0,807	0,93
490,00	0,768	0,794	0,839	0,95
500,00	0,797	0,825	0,872	0,97
510,00	0,827	0,856	0,905	0,99
520,00	0,858	0,888	0,939	1,00
530,00	0,889	0,920	0,973	1,02
540,00	0,921	0,953	1,008	1,04
550,00	0,953	0,986	1,044	1,06
560,00	0,985	1,020	1,080	1,08
570,00	1,019	1,055	1,117	1,10
580,00	1,052	1,090	1,154	1,12
590,00	1,086	1,125	1,192	1,14
600,00	1,121	1,161	1,230	1,16
610,00	1,156	1,198	1,270	1,18
620,00	1,192	1,235	1,309	1,20
630,00	1,228	1,273	1,349	1,22
640,00	1,265	1,311	1,390	1,24
650,00	1,303	1,350	1,432	1,26
660,00	1,340	1,389	1,474	1,28
670,00	1,379	1,429	1,516	1,29
680,00	1,418	1,470	1,559	1,31
690,00	1,457	1,511	1,603	1,33
700,00	1,497	1,552	1,647	1,35
710,00	1,537	1,594	1,692	1,37
720,00	1,578	1,637	1,738	1,39
730,00	1,619	1,680	1,784	1,41
740,00	1,661	1,723	1,830	1,43
750,00	1,704	1,768	1,877	1,45
760,00	1,747	1,812	1,925	1,47
770,00	1,790	1,858	1,974	1,49
780,00	1,834	1,903	2,022	1,51
790,00	1,878	1,950	2,072	1,53
800,00	1,923	1,996	2,122	1,55
810,00	1,969	2,044	2,173	1,56
820,00	2,015	2,092	2,224	1,58
830,00	2,061	2,140	2,276	1,60
840,00	2,108	2,189	2,328	1,62
850,00	2,155	2,238	2,381	1,64
860,00	2,203	2,288	2,434	1,66
870,00	2,252	2,339	2,488	1,68
880,00	2,301	2,390	2,543	1,70
890,00	2,350	2,441	2,598	1,72
900,00	2,400	2,494	2,654	1,74
910,00	2,451	2,546	2,710	1,76
920,00	2,502	2,599	2,767	1,78
930,00	2,553	2,653	2,825	1,80
940,00	2,605	2,707	2,883	1,82
950,00	2,657	2,762	2,941	1,84
960,00	2,710	2,817	3,000	1,85
970,00	2,764	2,873	3,060	1,87
980,00	2,818	2,929	3,120	1,89
990,00	2,872	2,986	3,181	1,91
1000,00	2,927	3,043	3,243	1,93
1010,00	2,982	3,101	3,305	1,95
1020,00	3,038	3,159	3,367	1,97
1030,00	3,095	3,218	3,430	1,99
1040,00	3,152	3,278	3,494	2,01
1050,00	3,209	3,338	3,558	2,03
1060,00	3,267	3,398	3,623	2,05
1070,00	3,325	3,459	3,688	2,07
1080,00	3,384	3,520	3,754	2,09
1090,00	3,443	3,582	3,821	2,11
1100,00	3,503	3,645	3,888	2,13
1110,00	3,564	3,708	3,955	2,14
1120,00	3,624	3,771	4,024	2,16
1130,00	3,686	3,835	4,092	2,18
1140,00	3,747	3,900	4,162	2,20
1150,00	3,810	3,965	4,232	2,22
1160,00	3,872	4,031	4,302	2,24
1170,00	3,936	4,097	4,373	2,26
1180,00	3,999	4,163	4,444	2,28
1190,00	4,064	4,231	4,517	2,30
1200,00	4,128	4,298	4,589	2,32
1210,00	4,194	4,366	4,662	2,34
1220,00	4,259	4,435	4,736	2,36
1230,00	4,326	4,504	4,810	2,38
1240,00	4,392	4,574	4,885	2,40
1250,00	4,459	4,644	4,961	2,41
1260,00	4,527	4,715	5,037	2,43
1270,00	4,595	4,786	5,113	2,45
1280,00	4,664	4,858	5,190	2,47
1120,00	7,084	7,391	7,919	2,83
1130,00	7,204	7,517	8,054	2,86
1140,00	7,325	7,644	8,191	2,89
1150,00	7,447	7,772	8,329	2,91

Продолжение таблицы 5.8

1290,00	4,733	4,930	5,268	2,49
1300,00	4,802	5,003	5,346	2,51
1310,00	4,873	5,076	5,425	2,53
1320,00	4,943	5,150	5,504	2,55
1330,00	5,014	5,224	5,584	2,57
1340,00	5,086	5,299	5,665	2,59
1350,00	5,158	5,374	5,746	2,61
1360,00	5,230	5,450	5,827	2,63
1370,00	5,303	5,527	5,909	2,65
1380,00	5,377	5,603	5,992	2,67
1390,00	5,451	5,681	6,075	2,69
1400,00	5,525	5,759	6,159	2,70
1410,00	5,600	5,837	6,243	2,72
1420,00	5,675	5,916	6,328	2,74
1430,00	5,751	5,995	6,414	2,76
1440,00	5,827	6,075	6,500	2,78
1450,00	5,904	6,156	6,586	2,80

Q, л/с	DN 900			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
340,00	0,218	0,225	0,236	0,52
360,00	0,243	0,250	0,263	0,55
380,00	0,268	0,277	0,291	0,58
400,00	0,295	0,304	0,320	0,61
420,00	0,323	0,333	0,351	0,64
440,00	0,352	0,364	0,383	0,67
460,00	0,383	0,395	0,416	0,70
480,00	0,414	0,428	0,451	0,73
500,00	0,447	0,462	0,486	0,76
520,00	0,481	0,497	0,524	0,79
540,00	0,516	0,533	0,562	0,82
560,00	0,552	0,571	0,602	0,86
580,00	0,590	0,609	0,643	0,89
600,00	0,628	0,649	0,686	0,92
620,00	0,668	0,691	0,730	0,95
640,00	0,709	0,733	0,775	0,98
660,00	0,751	0,777	0,821	1,01
680,00	0,794	0,821	0,869	1,04
700,00	0,838	0,867	0,918	1,07
720,00	0,884	0,915	0,968	1,10
740,00	0,930	0,963	1,019	1,13
760,00	0,978	1,012	1,072	1,16
780,00	1,027	1,063	1,126	1,19
800,00	1,077	1,115	1,181	1,22
820,00	1,128	1,168	1,238	1,25
840,00	1,180	1,222	1,295	1,28
860,00	1,233	1,278	1,355	1,31
880,00	1,287	1,334	1,415	1,34
900,00	1,343	1,392	1,476	1,37
920,00	1,399	1,451	1,539	1,41
940,00	1,457	1,511	1,603	1,44
960,00	1,516	1,572	1,669	1,47
980,00	1,576	1,635	1,735	1,50
1000,00	1,637	1,698	1,803	1,53
1020,00	1,699	1,763	1,872	1,56
1040,00	1,762	1,829	1,942	1,59
1060,00	1,826	1,896	2,014	1,62
1080,00	1,892	1,964	2,087	1,65
1100,00	1,958	2,033	2,161	1,68
1120,00	2,026	2,103	2,236	1,71
1140,00	2,094	2,175	2,313	1,74
1160,00	2,164	2,248	2,390	1,77
1180,00	2,235	2,321	2,469	1,80
1200,00	2,307	2,396	2,550	1,83
1220,00	2,380	2,473	2,631	1,86
1240,00	2,454	2,550	2,714	1,89
1260,00	2,529	2,628	2,798	1,92
1280,00	2,605	2,708	2,883	1,96
1300,00	2,683	2,788	2,969	1,99
1320,00	2,761	2,870	3,057	2,02
1340,00	2,841	2,953	3,146	2,05
1360,00	2,921	3,037	3,236	2,08
1380,00	3,003	3,122	3,327	2,11
1400,00	3,085	3,209	3,419	2,14
1420,00	3,169	3,296	3,513	2,17
1440,00	3,254	3,384	3,608	2,20
1460,00	3,340	3,474	3,704	2,23
1480,00	3,427	3,565	3,802	2,26
1500,00	3,515	3,657	3,900	2,29
1520,00	3,604	3,750	4,000	2,32
1540,00	3,694	3,844	4,101	2,35
1560,00	3,785	3,939	4,203	2,38
1580,00	3,877	4,036	4,307	2,41
1600,00	3,971	4,133	4,411	2,44
1620,00	4,065	4,232	4,517	2,47
1640,00	4,160	4,331	4,624	2,51
1660,00	4,257	4,432	4,732	2,54
1680,00	4,354	4,534	4,842	2,57
1700,00	4,453	4,637	4,953	2,60
1720,00	4,553	4,741	5,064	2,63
1740,00	4,653	4,847	5,177	2,66
1760,00	4,755	4,953	5,292	2,69
1780,00	4,858	5,061	5,407	2,72
1800,00	4,962	5,169	5,524	2,75
1820,00	5,066	5,279	5,642	2,78
1840,00	5,172	5,390	5,761	2,81
1860,00	5,279	5,502	5,881	2,84
1880,00	5,387	5,615	6,003	2,87
1900,00	5,496	5,729	6,126	2,90

Q, л/с	DN 1000			
	j, м/км			V, м/с
	k = 0,03	k = 0,05	k = 0,10	
400,00	0,176	0,181	0,190	0,50
420,00	0,193	0,199	0,208	0,52
440,00	0,210	0,217	0,227	0,54
460,00	0,228	0,235	0,247	0,57
480,00	0,247	0,255	0,268	0,59
500,00	0,267	0,275	0,289	0,62
520,00	0,287	0,296	0,311	0,64
540,00	0,308	0,317	0,334	0,67

Продолжение таблицы 5.8

560,00	0,329	0,340	0,357	0,69
580,00	0,352	0,363	0,382	0,72
600,00	0,375	0,386	0,407	0,74
620,00	0,398	0,411	0,433	0,77
640,00	0,423	0,436	0,459	0,79
660,00	0,447	0,462	0,487	0,82
680,00	0,473	0,489	0,515	0,84
700,00	0,499	0,516	0,544	0,87
720,00	0,526	0,544	0,574	0,89
740,00	0,554	0,573	0,604	0,92
760,00	0,582	0,602	0,635	0,94
780,00	0,611	0,632	0,667	0,97
800,00	0,641	0,663	0,700	0,99
820,00	0,671	0,694	0,733	1,02
840,00	0,702	0,726	0,768	1,04
860,00	0,734	0,759	0,802	1,06
880,00	0,766	0,793	0,838	1,09
900,00	0,799	0,827	0,874	1,11
920,00	0,833	0,862	0,912	1,14
940,00	0,867	0,897	0,949	1,16
960,00	0,902	0,934	0,988	1,19
980,00	0,938	0,971	1,027	1,21
1000,00	0,974	1,008	1,067	1,24
1020,00	1,011	1,047	1,108	1,26
1040,00	1,048	1,086	1,150	1,29
1060,00	1,086	1,125	1,192	1,31
1080,00	1,125	1,166	1,235	1,34
1100,00	1,165	1,207	1,279	1,36
1120,00	1,205	1,248	1,323	1,39
1140,00	1,246	1,291	1,368	1,41
1160,00	1,287	1,334	1,414	1,44
1180,00	1,329	1,378	1,461	1,46
1200,00	1,372	1,422	1,508	1,49
1220,00	1,415	1,467	1,556	1,51
1240,00	1,459	1,513	1,605	1,54
1260,00	1,503	1,559	1,655	1,56
1280,00	1,549	1,606	1,705	1,58
1300,00	1,595	1,654	1,756	1,61
1320,00	1,641	1,702	1,808	1,63
1340,00	1,688	1,752	1,860	1,66
1360,00	1,736	1,801	1,913	1,68
1380,00	1,784	1,852	1,967	1,71
1400,00	1,833	1,903	2,022	1,73
1420,00	1,883	1,955	2,077	1,76
1440,00	1,933	2,007	2,133	1,78
1460,00	1,984	2,060	2,190	1,81
1480,00	2,036	2,114	2,247	1,83
1500,00	2,088	2,168	2,305	1,86
1520,00	2,141	2,223	2,364	1,88
1540,00	2,194	2,279	2,424	1,91
1560,00	2,248	2,335	2,484	1,93
1580,00	2,303	2,392	2,545	1,96
1600,00	2,358	2,450	2,607	1,98
1620,00	2,414	2,508	2,669	2,01
1640,00	2,471	2,567	2,732	2,03
1660,00	2,528	2,627	2,796	2,06
1680,00	2,586	2,687	2,860	2,08
1700,00	2,644	2,748	2,926	2,10
1720,00	2,703	2,810	2,992	2,13
1740,00	2,763	2,872	3,058	2,15
1760,00	2,823	2,935	3,126	2,18
1780,00	2,884	2,998	3,194	2,20
1800,00	2,945	3,063	3,263	2,23
1820,00	3,008	3,127	3,332	2,25
1840,00	3,070	3,193	3,402	2,28
1860,00	3,134	3,259	3,473	2,30
1880,00	3,198	3,326	3,545	2,33
1900,00	3,262	3,393	3,617	2,35
1920,00	3,328	3,461	3,690	2,38
1940,00	3,393	3,530	3,764	2,40
1960,00	3,460	3,600	3,838	2,43
1980,00	3,527	3,670	3,913	2,45
2000,00	3,595	3,740	3,989	2,48
2020,00	3,663	3,812	4,066	2,50
2040,00	3,732	3,884	4,143	2,53
2060,00	3,801	3,956	4,221	2,55
2080,00	3,872	4,030	4,299	2,58
2100,00	3,942	4,104	4,379	2,60
2120,00	4,014	4,178	4,459	2,62
2140,00	4,086	4,253	4,540	2,65
2160,00	4,158	4,329	4,621	2,67
2180,00	4,231	4,406	4,703	2,70
2200,00	4,305	4,483	4,786	2,72
2220,00	4,380	4,561	4,869	2,75
2240,00	4,455	4,639	4,954	2,77
2260,00	4,530	4,718	5,038	2,80
2280,00	4,607	4,798	5,124	2,82
2300,00	4,683	4,878	5,210	2,85

Q, л/с	**DN 1200**			
	j, м/км			**V, м/с**
	k = 0,03	**k = 0,05**	**k = 0,10**	
600,00	0,153	0,157	0,165	0,52
650,00	0,177	0,182	0,191	0,56
700,00	0,203	0,209	0,220	0,60
750,00	0,231	0,238	0,250	0,64
800,00	0,261	0,269	0,282	0,69
850,00	0,292	0,301	0,317	0,73
900,00	0,325	0,335	0,352	0,77
950,00	0,359	0,371	0,390	0,82
1000,00	0,395	0,408	0,430	0,86
1050,00	0,433	0,447	0,471	0,90
1100,00	0,473	0,488	0,515	0,95
1150,00	0,514	0,531	0,560	0,99
1200,00	0,556	0,575	0,607	1,03
1250,00	0,601	0,621	0,655	1,07
1300,00	0,646	0,668	0,706	1,12
1350,00	0,694	0,718	0,758	1,16
1400,00	0,743	0,768	0,812	1,20
1450,00	0,793	0,821	0,868	1,25
1500,00	0,846	0,875	0,926	1,29

Продолжение таблицы 5.8

1550,00	0,899	0,931	0,985	1,33
1600,00	0,955	0,989	1,046	1,37
1650,00	1,012	1,048	1,109	1,42
1700,00	1,070	1,108	1,174	1,46
1750,00	1,130	1,171	1,240	1,50
1800,00	1,192	1,235	1,309	1,55
1850,00	1,255	1,300	1,379	1,59
1900,00	1,319	1,368	1,450	1,63
1950,00	1,386	1,437	1,524	1,68
2000,00	1,453	1,507	1,599	1,72
2050,00	1,523	1,579	1,676	1,76
2100,00	1,593	1,653	1,755	1,80
2150,00	1,666	1,728	1,835	1,85
2200,00	1,740	1,805	1,917	1,89
2250,00	1,815	1,884	2,001	1,93
2300,00	1,892	1,964	2,086	1,98
2350,00	1,970	2,045	2,174	2,02
2400,00	2,050	2,129	2,263	2,06

2450,00	2,132	2,214	2,353	2,10
2500,00	2,215	2,300	2,446	2,15
2550,00	2,299	2,388	2,540	2,19
2600,00	2,385	2,478	2,636	2,23
2650,00	2,472	2,569	2,734	2,28
2700,00	2,561	2,662	2,833	2,32
2750,00	2,652	2,756	2,934	2,36
2800,00	2,744	2,852	3,037	2,41
2850,00	2,837	2,950	3,141	2,45
2900,00	2,932	3,049	3,247	2,49
2950,00	3,029	3,149	3,355	2,53
3000,00	3,127	3,252	3,464	2,58
3050,00	3,226	3,355	3,576	2,62
3100,00	3,327	3,461	3,688	2,66
3150,00	3,429	3,568	3,803	2,71
3200,00	3,533	3,676	3,919	2,75
3250,00	3,639	3,786	4,037	2,79
3300,00	3,746	3,898	4,157	2,84

Примечание – Значения напрямую применимы для воды при температуре 10°С.
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 ВЧШГ 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, фланцевых соединений и т.д.

Необходимо отметить, что трубы ВЧШГ 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. 5.7).

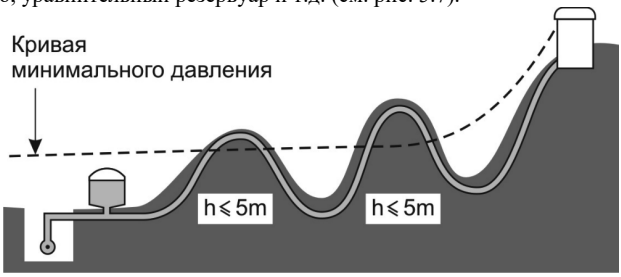
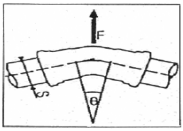


Рисунок 5.7 Трубопровод с уравнительным резервуаром

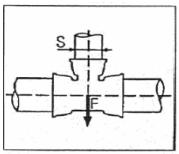
Профиль трубопровода является определяющим фактором в выборе размеров резервуара. На практике, кривая минимального спада давления (после установки устройств защиты) не должна падать более чем на 5 метров ниже действительного профиля трубопровода.

5.10 Осевое гидравлическое давление

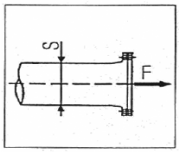
Силы осевого гидравлического давления возникают в местах изменения направления, уменьшения диаметра (повороты, тройники, переходы) и на конце напорного трубопровода. Значение этих сил может быть достаточно высоким, и они должны быть скомпенсированы усиленными (неразъемными) соединениями, или укрепительными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



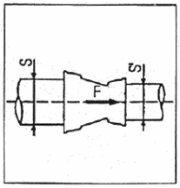
а



б



в



г

Силы осевого давления (см. рис. 5.8) 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 «RJ») соединений;
- либо путем строительства бетонных укрепительных блоков.

Силы могут быть рассчитаны по общей формуле:
$F = K \times P \times S$,
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), $м^2$;
K – коэффициент, который зависит от формы и размеров рассматриваемых компонентов трубопровода.

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°;
K = 0, 196 для поворотов 11,25°.

Рисунок 5.8 Примеры осевого давления

В нижеприведенной таблице 5.9 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 5.9 Силы осевого давления

DN	Давление F в даН* для 1 бара				
	Тройники и глухие фланцы	Повороты 90° (90°)**	Повороты 45° (45°, 30°)**	Повороты 22,5° (15°)**	Повороты 11,25° (10°)**
80	75	106	57	29	15
100	109	154	83	43	21
125	163	230	125	64	32
150	227	321	174	89	44
200	387	547	296	151	76
250	590	834	451	230	116
300	835	1181	639	326	164
350	1122	1587	858	438	220
400	1445	2043	1105	564	283
500	2223	3143	1701	867	436
600	3167	4478	2423	1235	621
700	4278	6049	3273	1668	838
800	5568	7873	4260	2172	1092
900	7014	9918	5366	3364	1375
1000	8626	12197	6599	3366	1691
1200	12370	17491	9463	4824	2425

*1 даН = 1 кгс/см2 = 10 Н,

** Указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525

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:

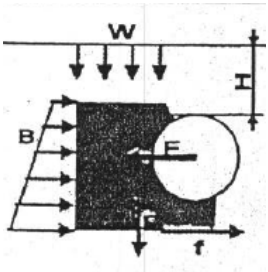
- либо за счет силы трения между блоком и грунтом;
- либо за счет упора в почву.

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. 5.9).

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 таблице 5.8, 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 5.9 Активные силы (осевое давление – блок)

Допущения, принятые при разработке, приведены ниже.

Грунт

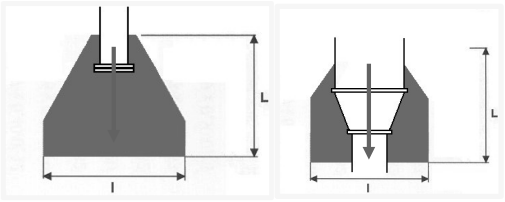
Ф – угол внутреннего трения грунта;
σ – приемлемое сопротивление грунта;
H – глубина заложения - 1,20 м;
γ – плотность.
Механические свойства:
- таблица 5.8: $Ф = 30^0$; $\sigma \approx 0,6$ даН/см^2; $\gamma = 2$ т/м^3 (грунт с высокой механической прочностью).
Нет грунтовых вод.
Бетон: плотность 2,3 т/м^3.

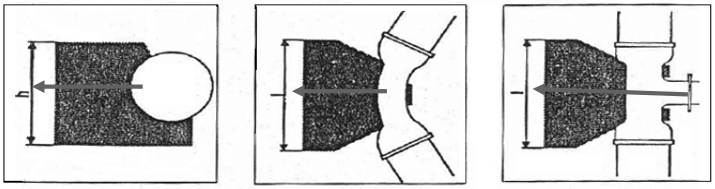
Трубы

От DN100 до DN400
Испытательное давление: 10, 16, 25 бар.

Пример

Отвод 22,5°, DN250
Испытательное давление – 10 бар
Глубина заложения – 1,2 м
Глинистый грунт – Ф = 30°; $\gamma = 2$ т/м^3
Таблица 5.9 дает:
l x h = 0,7 м x 0,45 м
V = 0,25 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 5.10 Объёмы укрепительных блоков

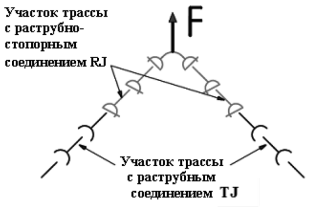
Внутреннее трение Ф = 30º; прочность σ ≈ 0,6 даН/см2; плотность γ = 2 т/м3; глубина заложения Н = 1,2 м; нет грунтовых вод.

Почвы высокой прочности						
DN	Испы-тательное дав-ление	Отвод 11,25° (10°) * l x h / V м х м / м^3	Отвод 22,5° (15°) * l x h / V м х м / м^3	Отвод 45° (45°, 30°) * l x h / V м х м / м^3	Колено 90° (90°) * l x h / V м х м / м^3	Глухие фланцы и тройники l x h / V м х м / м^3
80	10	0,13 × 0,18/0,01	0,17 × 0,28/0,02	0,32 × 0,28/0,04	0,56 × 0,28/0,10	0,48 × 0,28/0,07
	16	0,14 × 0,28/0,02	0,26 × 0,28/0,04	0,49 × 0,28/0,08	0,85 × 0,28/0,23	0,73 × 0,28/0,16
	25	0,21 × 0,28/0,03	0,40 × 0,28/0,05	0,74 × 0,28/0,17	1,24 × 0,28/0,48	1,06 × 0,28/0,34
100	10	0,17 × 0,20/0,02	0,23 × 0,30/0,04	0,43 × 0,30/0,07	0,74 × 0,30/0,19	0,62 × 0,30/0,13
	16	0,18 × 0,30/0,03	0,35 × 0,30/0,05	0,65 × 0,30/0,15	1,11 × 0,30/0,41	0,93 × 0,30/0,29
	25	0,28 × 0,30/0,05	0,53 × 0,30/0,10	0,96 × 0,30/0,31	1,30 × 0,40/0,75	1,10 × 0,40/0,53
125	10	0,22 × 0,22/0,03	0,30 × 0,32/0,06	0,56 × 0,32/0,12	0,97 × 0,32/0,34	0,81 × 0,33/0,24
	16	0,25 × 0,32/0,04	0,47 × 0,32/0,08	0,85 × 0,32/0,27	1,18 × 0,42/0,65	0,99 × 0,43/0,46
	25	0,37 × 0,32/0,06	0,70 × 0,32/0,18	1,25 × 0,32/0,56	1,69 × 0,42/1,33	1,42 × 0,43/0,95
150	10	0,26 × 0,25/0,04	0,38 × 0,35/0,08	0,70 × 0,35/0,19	0,99 × 0,45/0,49	0,84 × 0,45/0,35
	16	0,31 × 0,35/0,06	0,59 × 0,35/0,14	1,06 × 0,35/0,43	1,46 × 0,45/1,06	1,23 × 0,45/0,75
	25	0,47 × 0,35/0,10	0,87 × 0,35/0,30	1,27 × 0,45/0,81	2,28 × 0,45/2,12	1,54 × 0,55/1,43
200	10	0,29 × 0,40/0,07	0,54 × 0,40/0,14	0,83 × 0,50/0,38	1,39 × 0,50/1,07	1,18 × 0,50/0,76
	16	0,44 × 0,40/0,12	0,82 × 0,40/0,30	1,24 × 0,50/0,85	1,79 × 0,60/2,12	1,52 × 0,60/1,52
	25	0,66 × 0,40/0,20	1,02 × 0,50/0,58	1,77 × 0,50/1,73	2,51 × 0,60/4,15	1,94 × 0,70/2,91
250	10	0,37 × 0,45/0,12	0,70 × 0,45/0,25	1,08 × 0,55/0,71	1,60 × 0,65/1,83	1,35 × 0,65/1,31
	16	0,57 × 0,45/0,19	0,91 × 0,55/0,50	1,42 × 0,65/1,45	2,10 × 0,75/3,66	1,79 × 0,75/2,64
	25	0,74 × 0,55/0,33	1,32 × 0,55/1,06	2,02 × 0,65/2,92	2,72 × 0,85/6,91	2,32 × 0,85/5,02
300	10	0,46 × 0,50/0,19	0,75 × 0,60/0,37	1,32 × 0,60/1,16	1,95 × 0,70/2,94	1,53 × 0,80/2,06
	16	0,61 × 0,60/0,25	1,12 × 0,60/0,83	1,75 × 0,70/2,36	2,40 × 0,90/5,71	2,38 × 1,30/8,13
	25	0,91 × 0,60/0,55	1,46 × 0,70/1,64	2,27 × 0,80/4,53	3,12 × 1/10,73	3,12 × 1/10,73
350	10	0,54 × 0,55/0,27	0,89 × 0,65/0,57	1,42 × 0,75/1,67	2,10 × 1,05/6,86	1,71 × 0,95/3,04
	16	0,73 × 0,65/0,39	1,20 × 0,75/1,20	1,91 × 0,85/3,42	2,6 × 1,35/10,22	2,13 × 1,25/6,22
	25	1,08 × 0,65/0,84	1,73 × 0,75/2,46	2,51 × 0,95/6,58	3,52 × 1,35/18,4	2,81 × 1,35/11,7
400	10	0,62 × 0,60/0,38	0,94 × 0,80/0,78	1,53 × 0,90/2,32	2,18 × 1,4/7,31	1,87 × 1,10/4,24
	16	0,85 × 0,70/0,56	1,39 × 0,80/1,71	2,08 × 1,00/4,75	3,0 ×1,4/13,87	2,37 ×1,4/8,68
	25	1,14 × 0,80/1,15	1,85 × 0,90/0,78	2,63 × 1,20/9,12	4,01 × 1,4/24,73	3,21 × 1,4/15,82

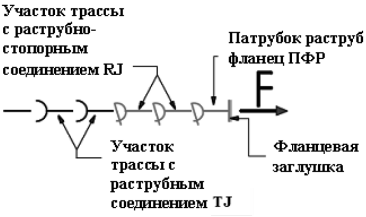
5.12 Усиление стыковых соединений

Использование замковых соединений «RJ» и «RJS» 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.

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 засыпочного материала;
- величины неопределенности в физических характеристиках засыпочного материала.

Для практического применения просьба проконсультироваться с нами.

Практическое применение

Грунт с умеренной механической прочностью:
- грунт: гравий / илистый или глинистый песок;
- угол внутреннего трения – Ф = 30°;
- прочность $\sigma \approx 0{,}6$ даН/см^2;
- плотность $\gamma = 2$ т/м^3;
- 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, приведена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 Длина участка (L) подлежащего усилению.

DN	Колено 90° (90°) *			Отвод 45° (45°, 30°) *			Отвод 22,5° (15°) *			Отвод 11,25° (10°) *			Глухие Фланцы, Тройники		
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
80	4,5	3,1	2,3	2,8	1,9	1,5	1,6	1,1	0,8	0,8	0,6	0,5	5,7	3,9	3,0
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
125	6,6	4,5	3,4	4,1	2,8	2,1	2,3	1,6	1,2	1,2	0,8	0,6	8,4	5,7	4,4

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
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
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
1200	41,9	31,4	25,1	26,0	19,5	15,6	14,6	10,9	8,7	7,7	5,8	4,6	53,4	40,0	32,0

* В скобках указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525

В случае, если давление Р выше 10 бар, значение L в таблице 5.11 необходимо скорректировать путем умножения на коэффициент Р/10 (где Р 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 К9, 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; Р = 10 бар без полиэтиленового рукава

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

Длину участка подлежащего укреплению можно также рассчитать, используя метод ALABAMA.

Длина участка трубопровода, подлежащая укреплению (анкеровке), определяется по формуле: $L = \frac{P \times S}{Fn}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2}\right) \times \operatorname{tg}\frac{\theta}{2} \times C$, где

L – длина, подлежащая укреплению, м;

Р – испытательное давление на объекте (Па);

S – поперечное сечение трубы, м^2;

Ѳ – угол поворота трубопровода, рад (см. табл. 5.12);

Fn – сила трения на метр трубы, Н/м;

С – коэффициент запаса прочности (обычно 1,2).

Сила трения трубы о грунт определяется по формуле**:**

Fn=K×f×(2We+Wp+Ww), где

К - коэффициент распределения давления засыпки вокруг трубы (зависит от степени утрамбовки, К = 1,1 - 1,5);

$f = \alpha_2 \operatorname{tg}(0{,}8\varphi)$ - коэффициент трения труба/грунт;

Wp - вес погонного метра порожней трубы, Н/м;

Ww - вес погонного метра воды, Н/м;

$We = \gamma \times D \times H \times \alpha_1$ - вес погонного метра засыпки, Н/м;

γ - плотность грунта, Н/м^3;

$\alpha_1 = 1$ (испытания при засыпанных стыках);

$\alpha_1 = 2/3$ (испытания при открытых стыках);
H - глубина заложения трубы, м;
DE - внешний диаметр трубы, м;
$\alpha_2 = 1$ (труба с цинковым или ZnAl покрытием + краска на основе синтетической смолы);
$\alpha_2 = 2/3$ (труба с полиэтиленовым или полиуретановым покрытием);
$\alpha_2 = 2/3$ (труба с полиэтиленовым рукавом);
φ - угол внутреннего трения труба/грунт, зависящий от типа грунта (см. табл. 5.13).

Таблица 5.12 Значения Θ для различных углов отклонения трубопровода

Θ	$\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\Phi}{2}\right)\times \mathrm{tg}\frac{\theta}{2}$
Глухой фланец	1,0
Отвод 90° (1,571 рад.)	0,7854
Отвод 45° (0,785 рад.)	0,4880
Отвод 22,5° (0,393 рад.)	0,2734
Отвод 11,25° (0,196 рад.)	0,1450

Таблица 5.13 Характеристики почв

Тип грунта	Сухой/влажный		Затопленный	
	Угол внутреннего трения, °	Плотность, т/м^3	Угол внутреннего трения, °	Плотность, т/м^3
Раздробленная скала	40	2,0	35	1,1
Гравий, песок	35	1,9	30	1,1
Песок/гравий Ил/глина	30	2,0	25	1,1
Ил/глина	25	1,9	15	1
Органический перегной Глина, песок	15	1,8	-	-

Пример
Исходные данные:
- трубопровод DN 600;
- рабочее давление 10 бар;
- испытательное давление 15 бар;
- высота засыпки 3,5 м;
- тип грунта - песок.

Определить длину укрепляемого участка при повороте трубопровода на 90°.
Коэффициент трения труба/грунт: f = 1× tg(0,8× 30) = 0,445.
Вес 1 погонного метра засыпки: We = 2,0×9,807 ×3,5× 0,635× 0,67 = 29,2 кН/м.
Сила трения: Fn = 1,1 ×0,445× (2,0 ×29,2+1,56+3,1) = 30,9 кН/м.
Длина укрепляемого участка:

$$L = \frac{1500000 \cdot 0{,}317}{30{,}9 \cdot 1000} \cdot\ 0{,}79 \cdot 1{,}2 = 14{,}6\ \text{м, или } 2{,}43\ \text{трубы, принимаем 3 трубы}$$

Для укрепления участка необходимо положить по 3 трубы с замковыми соединениями с каждой стороны от поворота трубопровода.

5.13 Изгиб соединений

Раструбные соединения (TJ, RJ, RJS) 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. 5.10, табл. 5.14).

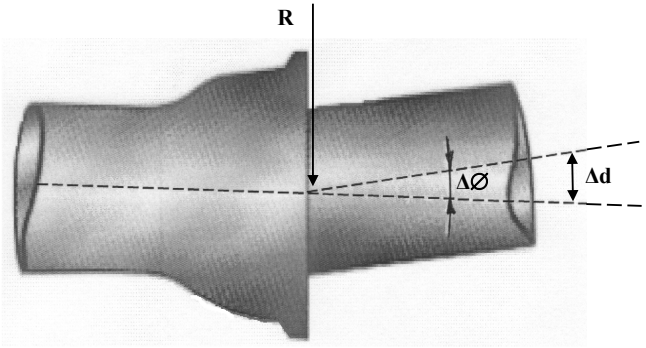
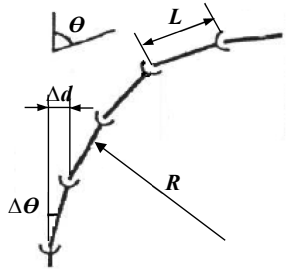


Рисунок 5.10 Допустимый изгиб при укладке.

Таблица 5.14 Характеристики соединения TJ, RJ и RJS для изгиба

DN	Допустимый изгиб при укладке Δθ, град.		Длина трубы L, м	Радиус изгиба R, м	Смещение Δd, см
	TJ	RJ и RJS			
80-125	5	5	6	69 (5 град)	52 (5 град)
150-300	5	4	6	86 (4 град)	42 (4 град)
350-500	4	3	6	115 (3 град)	32 (3 град)
600	3	3	6	115 (3 град)	32 (3 град)
700-800	3	2	6	200 (2 град)	25 (2 град)
900-1200	3	1,5	6	267 (1,5 град)	19 (1,5 град)

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, °;

Δθ – изгиб соединения, °;

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, подразделяются на следующие виды:

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 (влага, движение поблизости).

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

Для упрощенных расчетов при определении механических свойств почв пользуются общепринятыми значениями, указанными в таблицах 6.1 и 6.2. Но без реальных замеров с объекта укладки трубопроводов или лабораторных замеров не обойтись.

Таблица 6.1 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 Ил/глина	30	2	25	1,1
Ил/глина	25	1,9	15	1
Органический перегной Глина/песок	15	1,8	-	-

Таблица 6.2 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
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:

$q = 0{,}75 \times \gamma \times H \times tg^2(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2})$, где

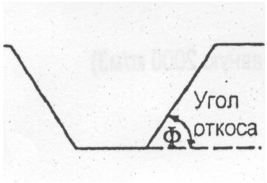
γ – плотность грунта, кг/м^3;

φ - угол внутреннего трения почвы, рад.;

q – нагрузка, кг/м^2;

H – глубина, м.

При выборе защиты от обвалов методом скоса краев они должны скашиваться на угол, определяемый внутренним трением грунта (см. рис.6.1).



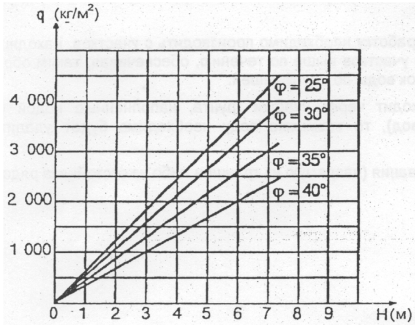


Рисунок 6.1 Угол откоса

Дно траншеи должно быть выровнено и удалены все выступы.

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.

Приямки для монтажа и заделки стыковых соединений труб диаметром до 300 мм следует отрывать перед укладкой каждой трубы на место. Расстояние между приямками устанавливается в зависимости от длины укладываемых труб. Приямки 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 исключающими 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 с соединением TJ, RJ, RJS

Монтаж труб производится в следующем порядке (рис. 6.5, рис. 6.6).

Наружная поверхность гладкого конца трубы очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и шпателя (рис. 6.2).



щетка шпатель скребок щуп

Рисунок 6.2 Комплект для монтажа труб

Для определения границ монтажа гладкого конца трубы в раструб, на трубы под соединение TJ наносится специальная метка (рис. 6.3) по размерам, указанным в таблице 6.3. На трубы под соединение RJ и RJS специальная метка не наносится.

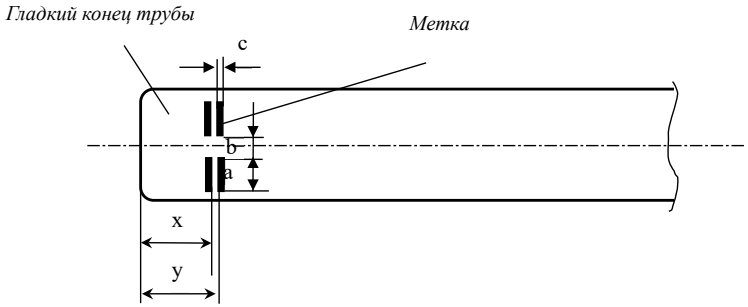


Рисунок 6.3 Метка

Таблица 6.3 Основные размеры

DN, мм	x, мм	y, мм	a, мм	b, мм	c, мм
80	69	82	30	50	10
100	73	86	30	50	10
125	76	89	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
1200	200	213	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 кольца) очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и скребка (рис. 6.2).

В кольцевой паз раструба вкладывают уплотнительное кольцо с проверкой правильности размещения его гребня (рис. 6.4).

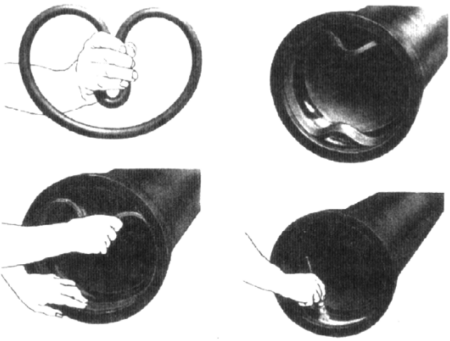


Рисунок 6.4 Схема укладки уплотнительного кольца.

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

Монтируемая труба подается к ранее уложенной трубе, центрируется по конусной поверхности уплотнительного 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 6.7.

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 6.3. 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. 6.2). Неравномерное расстояние свидетельствует о выталкивании кольца из паза раструба, и монтаж следует повторить, так как этот стык при гидроиспытании даст течь.

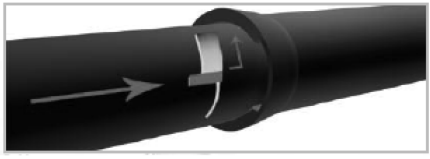
При монтаже труб под соединение RJ, после их стыковки необходимо:

- вставить правый стопор в выемку раструба и продвинуть его вправо до упора;
- вставить левый стопор в выемку раструба и продвинуть его влево до упора;
- после его установки вогнуть стопорную проволоку внутрь выемки раструба.

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

Уложенный трубопровод с соединением RJ 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.

Соединение TJ	Соединение RJ
 1. Очистка гладкого конца	 1. Очистка и смазка наружной поверхности гладкого конца трубы
 2. Нанесение специальной метки на гладком конце трубы	 2. Очистка раструба
 3. Смазка наружной поверхности гладкого конца трубы	 3. Установка уплотнительного кольца в раструб
 4. Очистка раструба	 4. Смазка внутренней поверхности уплотнительного кольца
 5. Установка уплотнительного кольца в раструб	 5. Стыковка труб и установка правого стопора
 6. Смазка внутренней поверхности уплотнительного кольца	 6. Установка левого стопора с фиксацией стопорной проволоки



7. Стыковка труб



7. Смонтированное соединение

Рисунок 6.5 Монтаж труб с соединением TJ и RJ



1. Очистка и смазка гладкого конца трубы



2. Очистка раструба



3. Установка уплотнительного кольца в раструб



4. Смазка внутренней поверхности уплотнительного кольца



5. Стыковка труб и установка стопоров



6. Фиксация стопоров металлической лентой

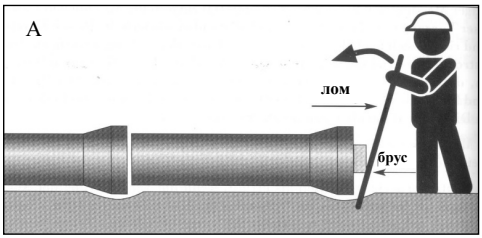
Рисунок 6.6 Монтаж труб с соединением RJS

При монтаже труб с соединением RJS (см. рисунок 6.6) после стыковки необходимо вставить стопорные элементы в монтажный паз на раструбе, который для удобства установки стопоров рекомендуется располагать сверху, и распределить их равномерно по всей окружности гладкого конца трубы. Для исключения самопроизвольного перемещения стопорных элементов в раструбе стянуть и зафиксировать их гибкой лентой.

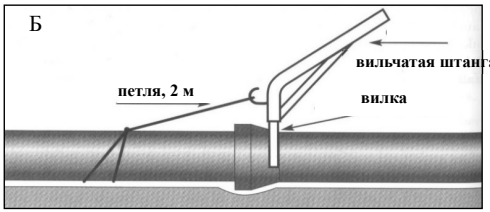
Уложенный трубопровод с соединением RJS имеет возможность осевого удлинения в каждом стыке за счет технологического зазора между стопорным кольцом и торцом раструбной части трубы.

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

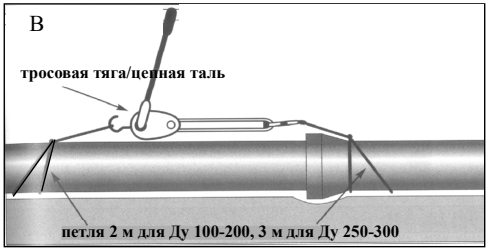
6.1.4 Оборудование для укладки труб



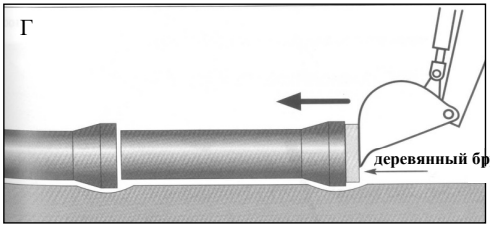
а) при помощи лома и деревянного бруса



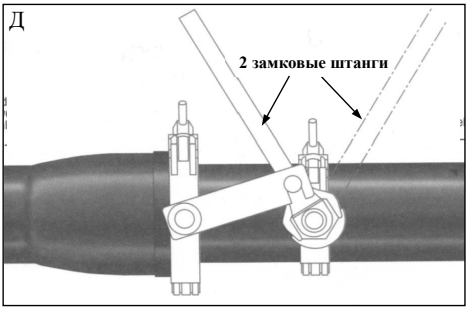
б) при помощи петли и вильчатой штанги



в) при помощи петли и тросовой тяги или цепной тали



г) при помощи экскаватора и деревянного бруса



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

Рисунок 6.7 Типы приспособлений для монтажа и демонтажа труб

Монтаж труб малого диаметрами 80-100 мм осуществляется с помощью лома и деревянного бруса, диаметрами 125-150 мм с помощью петли и вильчатой штанги, для труб диаметрами до 300 мм – с помощью двух замковых штанг и тросовой лебедки. Монтаж труб диаметрами от 350 до 1200 мм производится при помощи любых приспособлений тяговыми усилиями не менее 30 кН. Рекомендуемые параметры и количество рычажных лебедок приведены в таблице 6.4

Таблица 6.4 Рекомендуемые параметры и количество рычажных лебедок

DN	Усилие лебедки, кг	Количество, штук
125-150	750	1
200-250	1500	1
300-500	1500	2
600-800	3000	2
900-1200	6000	2

Уложенные трубы, при необходимости, можно разъединить. Трубы вытягивают с помощью реечного домкрата и составной обоймы. Для разъединения труб с соединением «RJ», «RJS» необходимо предварительно удалить стопора (стопорные элементы). В случае повторного соединения труб следует использовать новое уплотнительное кольцо.

При укорачивании труб на стройплощадке необходимо на гладком конце выполнить фаску 5×30°.

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

Допускается монтаж трубопроводов с соединением «RJ» и «RJS» без установки стопоров (стопорных элементов). Для компенсации осевых гидравлических давлений в местах изменения направления и на концах трубопровода необходимо предусмотреть установку бетонных укрепительных блоков (упоров) согласно п.5.11. Сборку производить как трубы TJ.

6.1.5 Восстановление наплавленного валика

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 (см. п. 7.1).

В связи с необходимостью наличия на гладком конце трубы для соединений RJ и RJS наплавленного валика ниже приведены два способа его восстановления:

- наплавление нового валика;
- использование специального приспособления вместо наплавленного валика – стяжных колец (см. рис. 6.10а).

Для наплавления валика Вам потребуется:

- электрический сварочный аппарат постоянного тока, дающего как минимум 160 А.
- электрическую шлифовальную машинку.
- сварочные электроды на железоникелевой основе (например, Cast Ni Fe B, Super Ni, Z-Ni 99 NC, Gekatek Fe-Cast, OK 92.18, OK 92.60, UTP 85 FN, UTP 86 FN и другие).
- медное направляющее кольцо (см. рис. 6.8) для позиционирования шва, которое имеет характеристики, указанные в таблице 6.4.

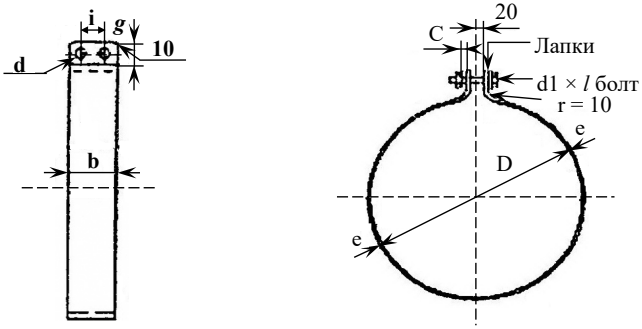


Рисунок 6.8 Медное направляющее кольцо

Таблица 6.5 Основные размеры медного кольца.

DN, мм	Медное направляющее кольцо									Масса, кг
	Кольцо			Лапки держателя			Болты			
	D, мм	e, мм	b, мм	C, мм	g, мм	i, мм	d, мм	d1, мм	*l*, мм	
80	96	5	25	8	40	12,5	9	8	80/50	0,63
100	116									0,70
125	142									0,79
150	168									0,89
200	220									1,10
250	271		35							1,70
300	323									1,90
350	375									2,20
400	426									2,60
500	528									3,20
600	631		50							4,90
700	734									5,60
800	837									6,40
900	940									7,00
1000	1043									7,80
1200	1249									9,40

Технология нанесения наплавленного валика на трубу (см. рис. 6.9):

- Отметить место нанесения наплавленного валика на гладком конце при помощи медного кольца. Сделать кольцевую отметку.

- Тщательно зачистить участок для наплавки валика, шириной 25 мм. Зачистка не должна повлиять на толщину трубы.

- Установить и зажать медное кольцо непосредственно за местом будущего наплавленного валика, при этом необходимо обратить внимание на размер наплавленного валика, сварного шва и его расположение на гладком конце трубы (таблицы 2.4, 2.7). После того, как кольцо было выставлено и зажато, необходимо его слегка обстучать молотком для плотного прилегания к трубе.

- Сварной шов наносится по медному кольцу с целью получения выступа, вертикального по отношению к трубе. Наплавленный валик наносится за один проход электродами на железоникелевой основе диаметром 3-4 мм.

- Работать желательно между отметками А и В, придерживаясь этого рабочего участка путем вращения трубы.

- После сварки зачистить наплавленный валик от шлака и произвести восстановление внешнего защитного покрытия.

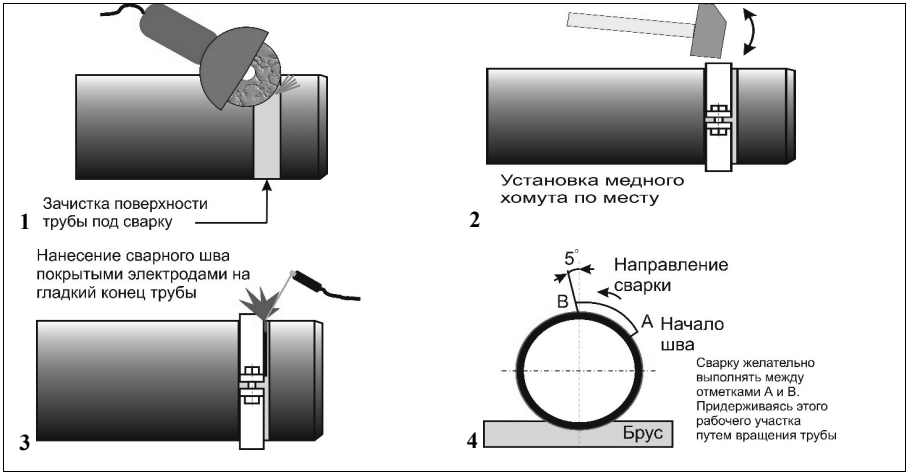


Рисунок 6.9 Технология нанесения наплавленного валика.

При отсутствии возможности наплавления валика в полевых условиях применяют стяжные кольца под соединение RJ (см. рис. 6.10).

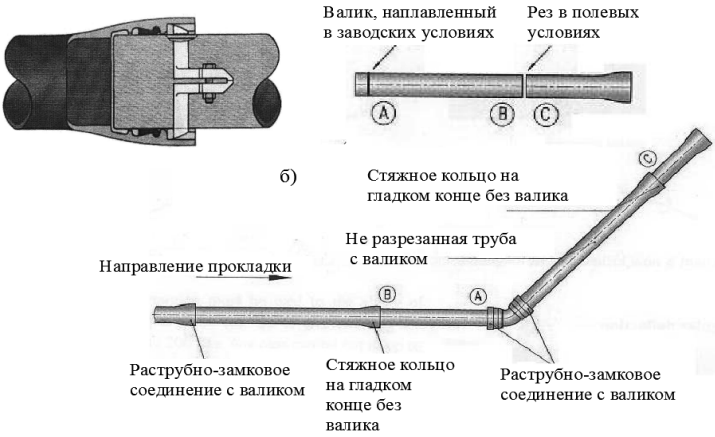


Рисунок 6.10 а) Специальное приспособление – стяжные кольца, заменяющее наплавленный валик; б) Установка стяжного кольца при монтаже фасонных частей

Основные характеристики стяжных колец указаны в таблице 6.6 и на рисунке 6.11.

Приёмы установки стяжных колец:

Установка стяжного кольца на гладкий конец без наплавленного валика

1) установить по отдельности две половинки стяжного кольца внутрь раструба, соединить их болтами и гайками, сильно не затягивая болтового соединения.

2) на гладком конце отметить глубину, на которую будет вставляться гладкий конец в раструб (глубина раструба минус 5-7 мм).

3) очистить гладкий конец, особенно фаску, и нанести смазку. Задвинуть гладкий конец внутрь раструба до упора, метку остановить на уровне торца раструба.

4) вытянуть стяжное кольцо по направлению к фронтальной стороне раструба до упора и затянуть болтовое соединение с усилием не менее 50 Нм.

Установка стяжного кольца при монтаже фасонных частей (см. рис. 6.10б)

При монтаже стяжных колец необходимо убедиться, что они не используются в местах поворота или изменения направления трубопровода с угловыми фасонными частями (раструбные отводы и колена). В данном случае отрезки труб с двумя гладкими концами разворачиваются на 180°, таким образом, чтобы конец с наплавленным валиком устанавливался в раструб фасонной части. После поворота укладывается не разрезанная труба и к ней присоединяется оставшаяся короткая труба с раструбом без наплавленного валика на гладком конце под соединение стяжным кольцом.

Использование стяжных колец запрещено в трубопроводных системах водосброса, на мостовых переходах и коллекторах. В этих случаях все трубы должны быть с наплавленным валиком на гладком конце.

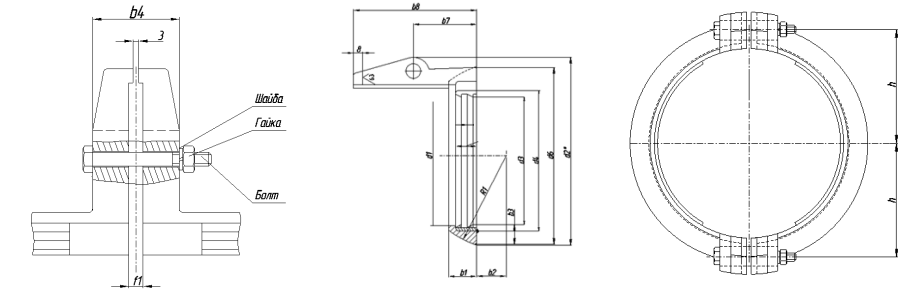


Рисунок 6.11. Общий вид стяжного кольца

Таблица 6.6 Основные характеристики стяжного кольца

DN	Масса, кг	PFA, бар	Болт ГОСТ ISO 4014	Гайка ГОСТ ISO 4032	Шайба ГОСТ 16402
100	1,5	50	M12x80	M12	12 65Г
150	2,2	50			
200	2,7	50			
250	3,8	50			
300	4,6	35			

6.1.6 Надевание полиэтиленового рукава

Покрытие 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.

Полиэтиленовый рукав применяется в дополнение к основному внешнему покрытию труб (цинковое с завершающим слоем краски на основе синтетической смолы или эпоксидной) в ряде случаев, когда отмечается повышенная коррозийность почвы или в ней присутствуют блуждающие (наведенные) токи.

Размеры полиэтиленового рукава для труб различных диаметров указаны на рисунке 6.12 и в таблице 6.6.

Последовательность проведения работ по нанесению полиэтиленовой пленки на трубы при прокладке в траншеях, расположенных выше уровня грунтовых вод изложена в таб. 6.7.

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 6.8.

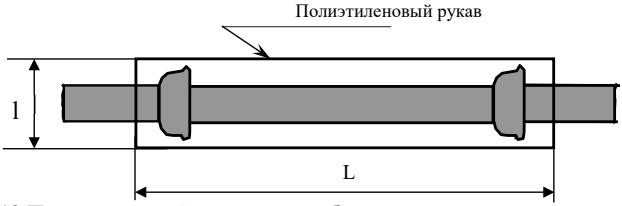
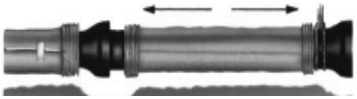


Рисунок 6.12 Полиэтиленовый рукав для труб

Таблица 6.7 Размеры полиэтиленового рукава

Условный проход трубы, мм	L, мм	l*, мм
80	6600	300
100	6600	300
125	6600	400
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
1200	6600	2500
* – ширина рукава в плоском (сложенном вдвое) состоянии		

Таблица 6.8 Покрытие 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. Соберите 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 оказалось грязи или других посторонних предметов.

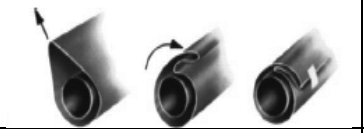
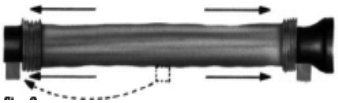
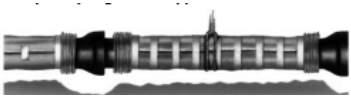
4		Натяните на место соединения труб полиэтиленовый рукав от предыдущей трубы трубопровода и закрепите его на гладкой части монтируемой трубы. Обратите внимание: рукав нужно закрепить с помощью скотча, шнура, пластиковых стяжек или любого другого материала, который может легко и плотно облегать трубу.
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 трамбовании грунта.

Таблица 6.9 Покрытие 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 6.7, но не очень плотно). Рукав крепится попереч-

		ными нахлестами липкой ленты, располагающимися на расстоянии около 60 см один от другого. 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 6.7). Нахлесты рукава закрепляются круговым наложением липкой ленты или пластикового жгута. Затем необходимо выполнить действия, указанные в п.п.8, 9 таблицы 6.7.

6.1.7 Засыпка трубопроводов

Засыпка трубопроводов (см. рис. 6.13) 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 ¼ 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. Приямки и стык должны быть открыты:

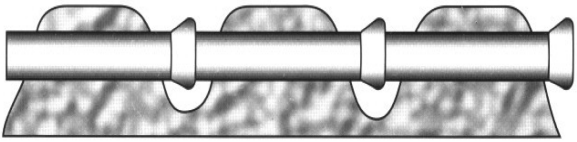


Рисунок 6.13 Порядок засыпки траншеи.

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

Для обратной засыпки трубопровода, как правило, используется ранее разработанный грунт, освобождённый от крупных камней и валунов. В зонах пересечения с автомобильными и железными дорогами или другими объектами транспортной инфраструктуры, во избежание просадки дорожного полотна под нагрузкой транспорта, целесообразно предусматривать обратную засыпку трубопроводов песком с последующим уплотнением.

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 (см. рис. 6.14);
- постель удобной формы (α = 120° – хорошая мера предосторожности);
- фиксирующий хомут с резиновым покрытием.

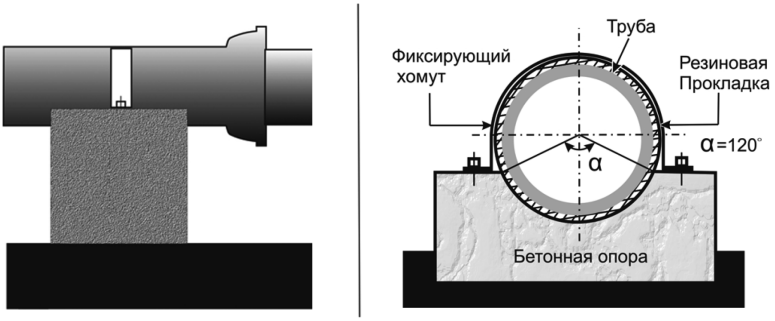


Рисунок 6.14 Крепление трубопровода к опорам

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

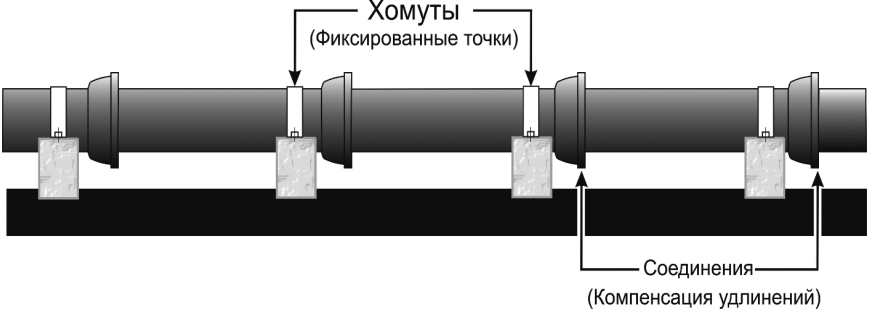


Рисунок 6.15 Компенсация расширений

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. 6.16).

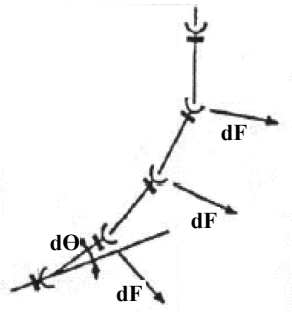


Рисунок 6.16 Гидравлические силы, возникающие при смещении труб

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 грунта, асфальта, дорожного покрытия и т.п., 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 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 6.17 Прокладка трубопровода методом горизонтально направленного бурения

Прокладка трубопроводов по технологии ГНБ (см. рис. 6.17) осуществляется в три этапа:

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

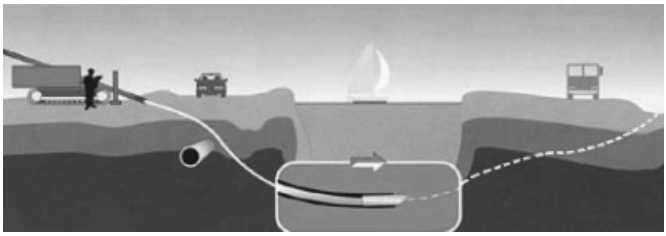


Рисунок 6.18 Бурение пилотной скважины

Бурение пилотной скважины (см. рис. 6.18) — 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. Буровой 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, уклоне, азимуте буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой установки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории 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 проектом точке.

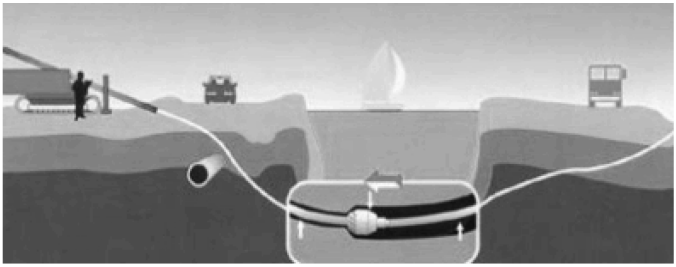


Рисунок 6.19 Расширение скважины

Расширение скважины (см. рис. 6.19) осуществляются 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 (см. рис. 6.20). Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 25-30% превышать диаметр трубопровода.

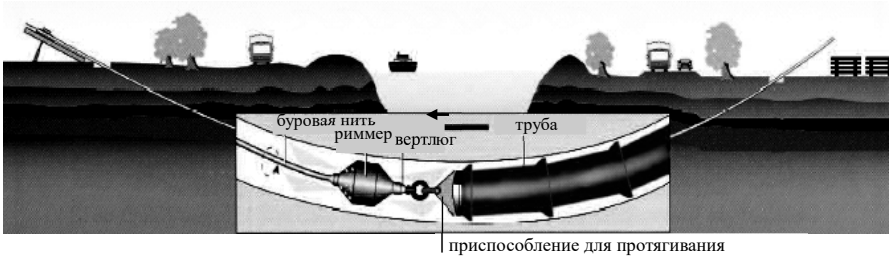


Рисунок 6.20 Протягивание трубопровода

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая плеть трубопровода. К переднему концу плети (раструбу первой трубы) крепится приспособление для протягивания труб (рис. 6.21) с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом и риммером. Вертлюг вращается с буровой нитью и риммером, и в то же время не передает вращательное движение на трубопровод. Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть протягиваемого трубопровода по проектной траектории.



Рисунок 6.21 Приспособление для протягивания труб



Рисунок 6.22 Покрытие труб полиэтиленовым рукавом

Технология ГНБ уникальна тем, что она позволяет изменять, при необходимости, направление прокладки, 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 (см. рис. 6.22).

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 (см. рис. 6.23). Это позволяет немедленно поместить трубу в скользкий смазывающий раствор для бурения без протаскивания трубы по земле, что могло бы 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_2O_3 около 21%
Fe_2O_3 около 5%
TiO_2 около 1%
K_2O около 1%
Na_2O около 3%
CaO около 4%
H_2O 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 6.23 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 незакупоренном состоянии прохода скважины, через которую насколько возможно быстро протягиваются трубы.

Бестраншейная прокладка трубопроводов методом ГНБ выполняется двумя методами:

2) Картриджный метод (см. рис. 6.24).

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



Рисунок 6.24 Картриджный метод укладки труб

2) Метод линейной конструкции (см. рис. 6.25).

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 6.25 Метод линейной конструкции

Рекомендуемые типы соединений

Для прокладки труб из ВЧШГ методом ГНБ необходимо использовать гибкие соединения RJ и RJS. 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 соединения с одновременным ограничением соединения и быстро и легко собираются для картриджного метода установки, когда изогнутый или прямой участок трубопровода ограничены.

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. 6.9).

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) дополнительное растяжение 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.

Тяговое усилие

На сегодняшний день установки для ГНБ способны производить большое тяговое усилие, которое должен выдерживать трубопровод при протягивании. Максимальное тяговое усилие приведено в таблице 6.9.

Таблица 6.10 Максимальное тяговое усилие для протяжки труб

DN, мм	Тип соединения	Допустимый угол отклонения в соединении, °	Максимальное тяговое усилие, кН	Минимально допустимый радиус закругления трубопровода, м
80	RJ	5	70	69
100	RJ	5	87	69
125	RJ	5	100	69
150	RJ	5	136	69
200	RJ	4	201	86
250	RJ	4	270	86
300	RJ	4	340	86
350	RJ	3	430	115
400	RJ	3	510	115
500	RJ	3	670	115
600	RJS	3	1200	172
700	RJS	2	1400	230
800	RJS	2	1460	230
900	RJS	1,5	1530	230
1000	RJS	1,5	1650	230
1200	RJS	1,5	1730	230

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, несмотря 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 (см. рис. 6.27);
- компенсацию температурных расширений (удлинения) (см. рис. 6.28);
- 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 (α = 120° – хорошая мера предосторожности);
- фиксирующий хомут с резиновым покрытием.

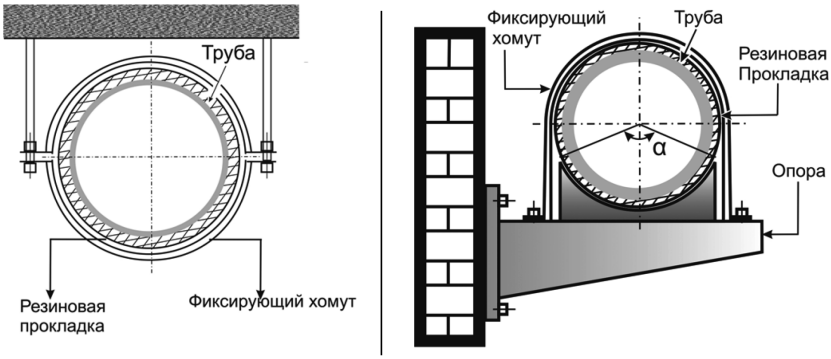


Рисунок 6.27 Крепление трубопровода в туннеле

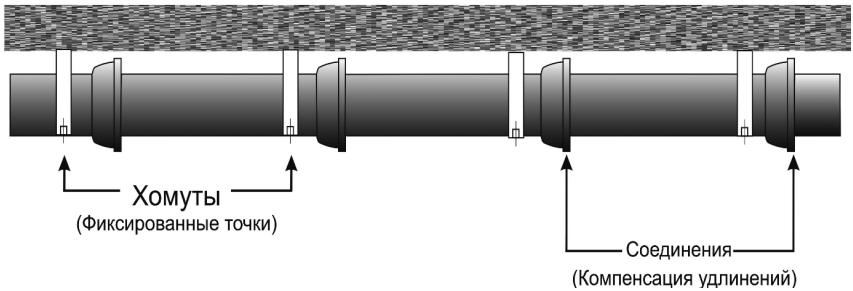


Рисунок 6.28 Компенсация полного удлинения при прокладке труб в туннеле

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 соединение между опорами выступают в роли компенсаторов, поглощая увеличения длины трубы (в допустимых пределах).

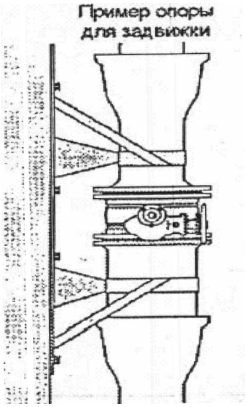


Рисунок 6.29 Укрепление запорной арматуры трубопровода

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. 6.29).

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.

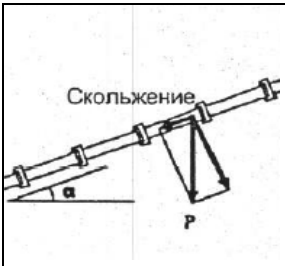
Рекомендуется также ввести некоторый коэффициент безопасности, в целях компенсации гидравлических сил, возникающих из-за любого смещения труб.

6.2.4 Укладка труб – крутой склон

Укладка магистралей из труб ЧШГ на крутых склонах может быть осуществлена двумя способами (см. рис. 6.30):

- 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 становится 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 6.30 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 независящих от сооружения опорах (см. рис. 6.31).

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.

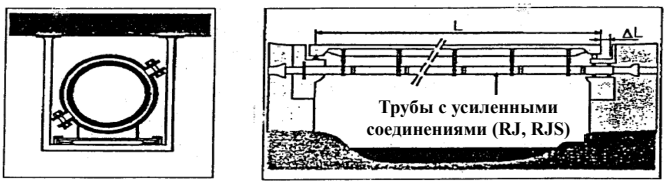


Рисунок 6.31 Трубопровод, закрепленный независимо от сооружения.

Трубопроводы, прикрепленные к сооружению (см. рис. 6.32).

Используются те же принципы:

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

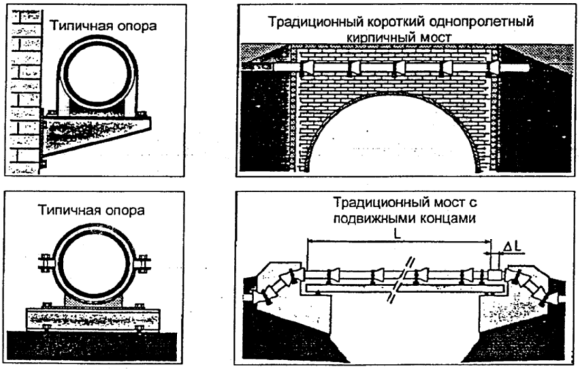


Рисунок 6.32 Трубопровод, закрепленный на сооружении

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 RJ и RJS.

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 6.10).

Порядок прокладки трубопровода (см. рис. 6.33)

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.

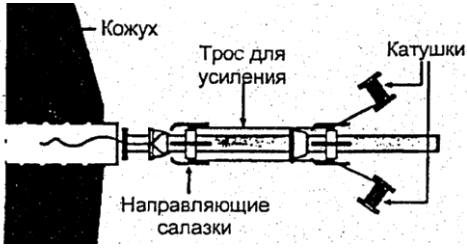


Рисунок 6.33 Укладка трубопровода в кожух

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 осаждения, землетрясения) используются трубы под соединение RJ и RJS. При этом гарантируется невозможность их рассоединения и надёжность в любых условиях эксплуатации.

Монтаж ведётся без специальных опор и бетонных упоров, исключающих 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. Если иное не предусматривается проектной документацией.

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 $P_р$ и испытательного давления $P_и$ для проведения предварительного и приемочного 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 $P_р$ принимается равной рабочему давлению в трубопроводе, а величина испытательного давления $P_и = 1{,}5 \times P_р$ (но не менее 15 бар).

Величина испытательного давления на герметичность $P_г$ для проведения как предварительного, так и приемочного испытаний напорного трубопровода должна быть равной величине внутреннего расчетного давления $P_р$ плюс величина ΔP, принимаемая в соответствии с таблицей 6.12 в зависимости от верхнего предела измерения давления, класса точности и цены

деления шкалы манометра. При этом величина $P_г$ 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 (см. рис. 6.34).

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.

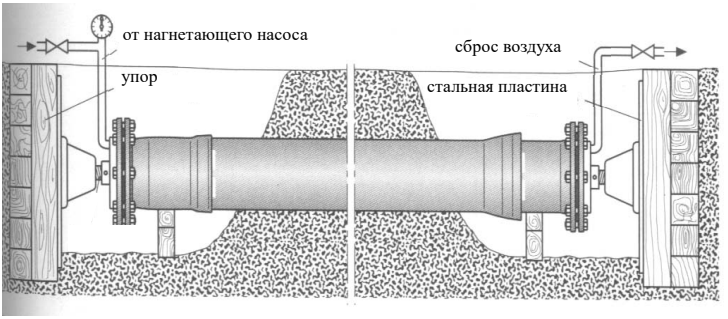


Рисунок 6.34 Гидравлические испытания трубопровода

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.

Таблица 6.12 ΔР для различных величин внутреннего расчетного давления $P_р$ в трубопроводе

$P_р$, бар	ΔР для различных величин внутреннего расчетного давления $P_р$ 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	0,7
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

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 $P_р$, то дальнейшее испытание трубопровода прекратить и принять меры для обнаружения скрытых дефектов трубопровода, выдерживая его под внутренним расчетным давлением $P_р$ 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 $P_г$, зафиксировать время окончания испытания на герметичность $T_к$ и замерить конечный уровень воды в мерном бачке $h_к$;

- определить продолжительность испытания трубопровода ($T_к$ – $T_н$), 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 $q_п$, л/мин, по формуле:

$$q_п = \frac{Q}{T_к - T_н}$$

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 6.12. Утечек по стыкам и телу труб не допускается.

Таблица 6.13 Допустимый расход подкачиваемой воды.

Условный диаметр трубопровода, мм	Допустимый расход подкаченной воды на участок длиной 1000 м, л/мин
100	0,70
125	0,90
150	1,05
200	1,40
250	1,55
300	1,70
350	1,80
400	1,95
500	2,20
600	2,40
700	2,55
800	2,70
900	2,90
1000	3,00
1200	3,30

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 фасонных частей, а также укорачивания труб на месте укладки. Для гарантированной стыковки труб после отрезки рекомендуется укорачивать на длину до 2/3 от гладкого конца только калиброванные трубы со специальной маркировкой (см. рис. 7.1), которая указывает на максимально возможную длину отрезания. Калиброванные трубы (количество, номенклатура и вид соединения) поставляются заводом-изготовителем по согласованию с покупателем при оформлении заказа.

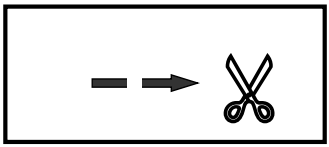


Рисунок 7.1 Маркировка для калиброванных труб

Трубы ВЧШГ режутся очень легко. Для резки можно использовать дисковую фрезу, а также роликовые резаки (рис. 7.2)

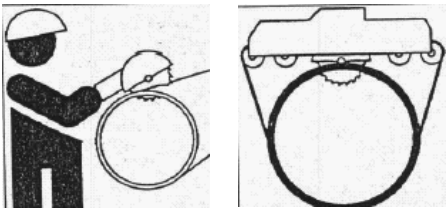


Рисунок 7.2 Резка трубы

Процедура резки:

- перед тем, как резать трубу, необходимо измерить ее внешний диаметр в месте разреза, чтобы убедиться, что он соответствует размерам гладкого конца (см. таблицы 2.2,2.4,2.7);
- обрезка трубы с помощью вышеуказанных инструментов;
- выполнить скругление для труб DN80-300 мм или снять фаску для труб DN350-600 мм (рисунок 7.3 а, б). После разрезания и перед сборкой необходимо с помощью напильника или шлифовальной машины зачистить гладкий конец трубы и выполнить скругление или снять фаску, чтобы избежать повреждения уплотнительного кольца при монтаже труб. Размеры фаски указаны на рисунке 7.3;
- восстановление защитных покрытий в местах среза.

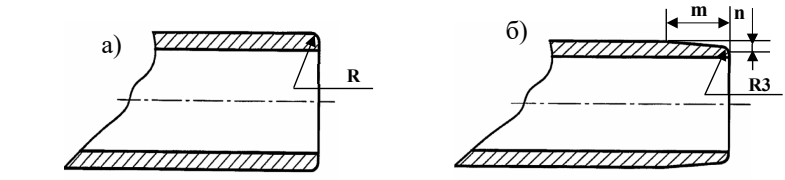


Рисунок 7.3 Торец гладкого конца трубы

Таблица 7.1 Размеры радиуса и фаски

DN	R, мм	m, мм	n, мм
80	4	6	2
100-150	4	9	3
200-300	5	9	3
350-400	6	9	3
500-600	7	9	3
700-800	9	15	5
900-1000	11	15	5
1200	12	15	5

7.2 Восстановление окружности трубы

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

Величина эллипсности.

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

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. 7.4).

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

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

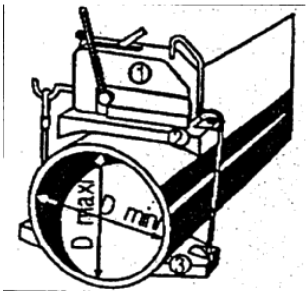


Рисунок 7.4 Восстановление окружности с помощью лебедки

Восстановление при помощи гидравлического домкрата

Для работы используются:

-гидравлический домкрат;

-брусок или регулируемая поддержка;

-две покрытые резиной пластины основания соответствующего размера.

Оборудование установить (см. рис. 7.5). Отрегулировать поддержку в соответствии с диаметром трубы. Поршень домкрата поднимать, пока гладкий конец трубы не примет форму правильной окружности.

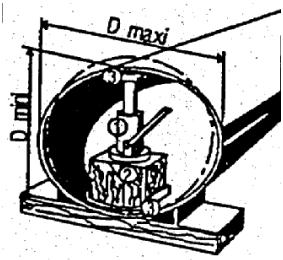


Рисунок 7.5 Восстановление окружности при помощи домкрата

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

7.3 Ремонт внутреннего покрытия

Цементное покрытие может быть повреждено в результате механического ударного воздействия и в процессе отрезки трубы.

Ремонт покрытия производится на местах складского хранения или монтажа трубопровода.

Состав для ремонта внутреннего ЦПП.

Компоненты	Массовая доля компонентов, кг	Масса компонентов на один замес, кг
Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, ЦЕМ II /А-Ш 42,5 Н Глиноземистый цемент ГЦ-50	1,0	1,0

Песок мелкозернистый*	1,0	1,0
Вода питьевая	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5
Примечание: тип цемента выбирается в зависимости от основного покрытия. * - песок мелкозернистый получается при просеивании песка через сито с ячейкой 0,2 мм.		

Процедура ремонта

Ремонт производится при положительной температуре окружающей среды.

Для проведения ремонта применяется песчано-цементный раствор (см. таблицу выше).

Песок и цемент засыпаются в емкость, перемешиваются вручную лопаткой. В смесь добавляется вода и раствор перемешивается до получения однородной консистенции, способной ровно укладываться на ремонтируемую поверхность.

Раствор наносится в трубу на место дефекта с помощью шпателя, уплотняется, затем заглаживается флейцевой кистью. Ремонтное покрытие после нанесения и заглаживания должно иметь ровную формообразующую поверхность с прилегающим покрытием, нанесённым методом центрифугирования. Ориентировочное время сушки, при температуре 20°С, цементного покрытия до транспортной прочности – 48 часов.

7.4 Ремонт внешнего покрытия

Внешнее покрытие труб может быть повреждено в процессе транспортировки, хранения, укладки труб или отреза при монтаже. Оно может быть восстановлено на месте укладки или на складе.

Зачистить дефектную поверхность желательно до металлического цинкового или цинкалюминиевого покрытия при помощи электрического или пневматического инструмента, оборудованного стальной щёткой или наждачной бумагой вручную, захватив при этом область, прилегающую к дефектному месту. Удалить пыль сжатым воздухом или ветошью, произвести обезжиривание поверхности, спиртом этиловым или ацетоном. Подготовленная к покраске поверхность должна быть сухой, чистой и иметь температуру не менее 10° С.

Для нанесения на трубы используются водно-дисперсионная краска (черная/синяя/красно-коричневая) и эпоксидные покрытия Б-ЭП-5297 (RAL 5015). При использовании эпоксидных покрытий предварительно раздельно перемешать основу (А) и отвердитель (В) в поставляемых емкостей до однородного состояния. Произвести смешивание компонентов А и В необходимое, для исправления дефекта, количество эпоксидного материала, в пропорциях указанных на поставляемой таре и тщательно примешать в отдельной емкости. Для исключения затвердевания смешивание компонентов эпоксидного покрытия производится непосредственно перед нанесением на поверхность.

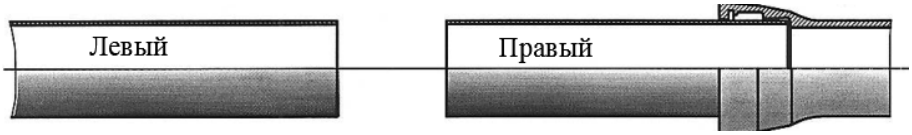
Незначительное нарушение цинкового или цинкалюминиевого покрытия в соответствии с ISO 8179-2 допускается исправлять нанесением слоя цинконаполненной грунтовки ЦВЭС или аналогичной цинконаполеннной грунтовкой с содержанием цинка в сухом остатке более 85%. Нанесение последующего покрытия допускается при высыхании «до отлипа» (легкое нажатие пальцем на покрытие не оставляет следа и не дает ощущения липкости).

На цинковое или цинкалюминиевое покрытие наносится завершающий слой водно-дисперсионной краски или эпоксидное покрытие (используется материал аналогичный основному). Покрытие наносится кистью вручную перекрывающимися параллельными полосами с перекрытием в одну треть полосы. По окончании просушить покрытие в течение 24 часов при температуре не менее 15°С или в течение 30 минут при температуре 60-70°С, используя тепловые генераторы или строительный фен. Использование открытого пламени при сушке не допустимо.

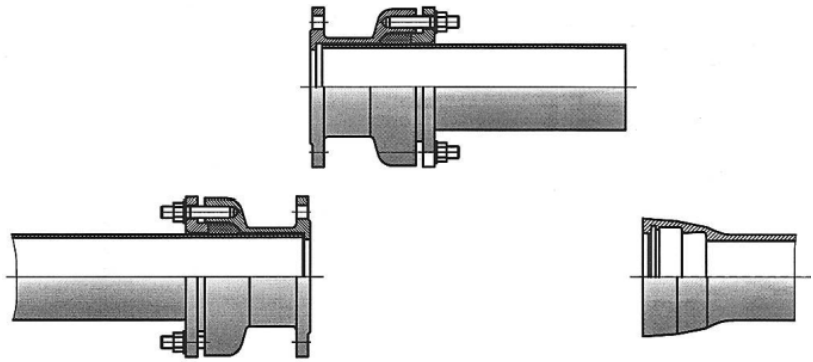
7.5 Сборка с использованием ремонтных частей

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 патрубка фланец - раструб компенсационный (ПФРК), двойного раструба компенсационного (ДРК), муфты свёртной (МС), муфты надвижной (МН), муфты ремонтной надвижной (МРН). Для проведения ремонта участка трубопровода следует руководствоваться рисунками 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 7.10.

Вырезать дефектный участок трубы. Края трубы обработать и нанести антикоррозионную защиту.



Извлечь из раструба оставшийся правый кусок трубы и установить на него ПФРК с уплотнительным кольцом. Предварительно ослабить гайки на шпильках для снятия усилий с резиновых уплотнителей. Установить на левый конец трубы ПФРК.



Установить правый кусок трубы в раструб. ПФРК сдвинуть влево. ПФРК на левом конце трубы сдвинуть вправо. Гайки на шпильках затянуть так, чтобы стык труб располагался посередине, соединить фланцы болтами на обоих концах.

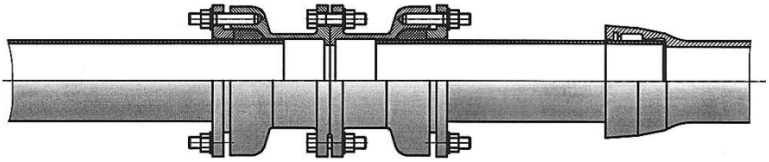
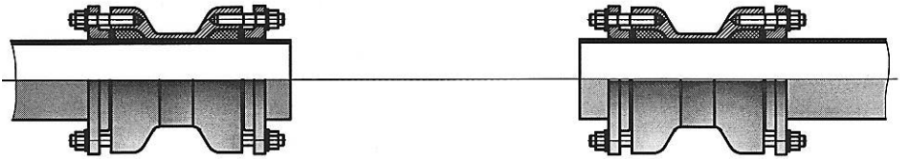


Рисунок 7.6 Ремонт трубопровода при помощи патрубка фланец - раструб компенсационный ПФРК.

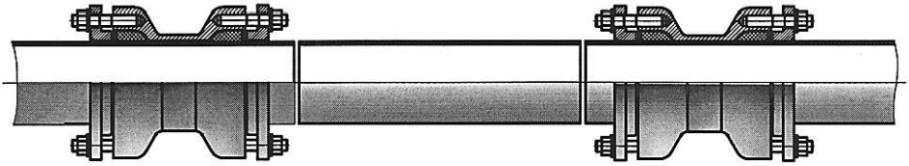
Вырезать дефектный участок трубы. Края трубы обработать и нанести антикоррозионную защиту.



Ослабить гайки на шпильках, сняв усилие на резиновые уплотнители, установить ремонтные части на левый и правый конец ремонтируемой трубы.



Отрезать необходимой длины новую трубу и установить её соосно с ремонтируемой трубой.



Переместить ДРК так, чтобы стыки труб были посередине (между резиновыми уплотнителями) и затянуть гайки на шпильках.

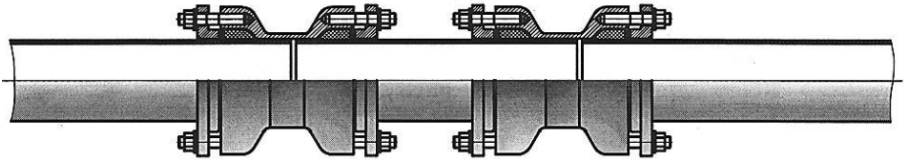
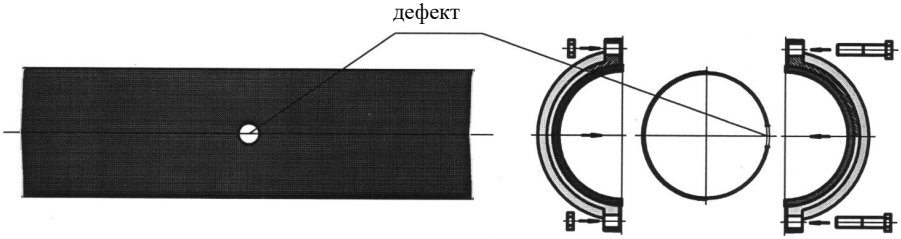


Рисунок 7.7Ремонт трубопровода при помощи двойного раструба компенсационного ДРК.



Установить, с двух противоположных сторон трубы, на дефект половинки корпуса муфты с уплотнителями и соединить болтами. При установке муфты дефект должен располагаться по центру уплотнителя.

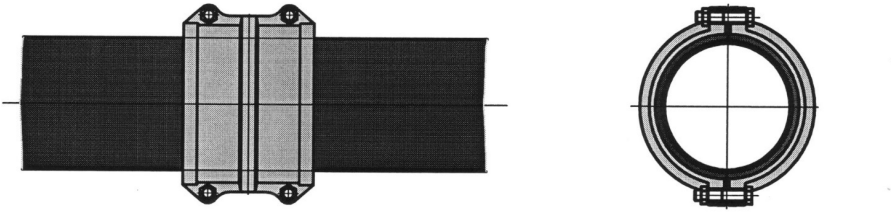
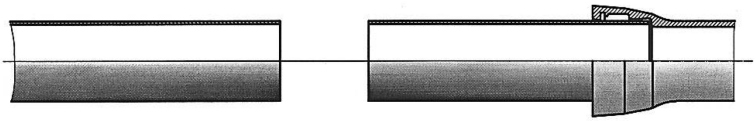
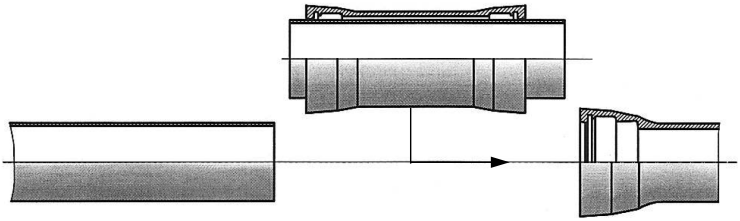


Рисунок 7.8Ремонт трубопровода при помощи муфты свёртной МС.

Вырезать дефектный участок трубы. Края трубы обработать и нанести антикоррозионную защиту.



Извлечь из раструба оставшийся правый кусок трубы. Смазать её поверхность смазкой для лучшего перемещения муфты по поверхности и установить на него надвижную муфту с уплотнительными кольцами.



Участок трубы с надвижной муфтой установить в раструб трубы с правой стороны трубопровода. Надвижную муфту передвинуть влево.

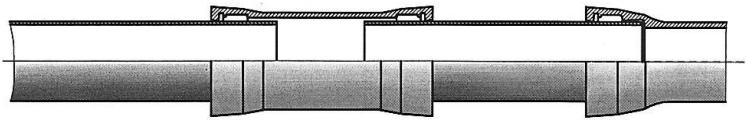
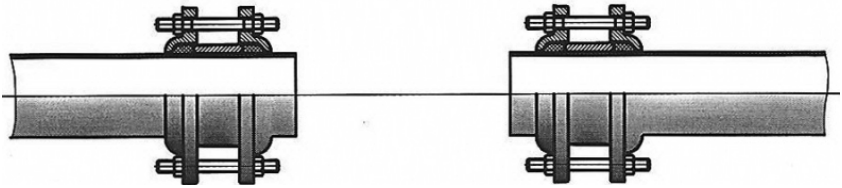


Рисунок 7.9 Ремонт трубопровода при помощи надвижной муфты МН.

Вырезать дефектный участок трубы необходимой длины. Края трубы обработать и нанести антикоррозионную защиту.



Ослабить гайки на шпильках, сняв усилие на резиновые уплотнители, установить ремонтные части на левый и правый конец ремонтируемой трубы.



Переместить МРН так, чтобы стыки труб были посередине (между резиновыми уплотнителями) и затянуть гайки на шпильках.

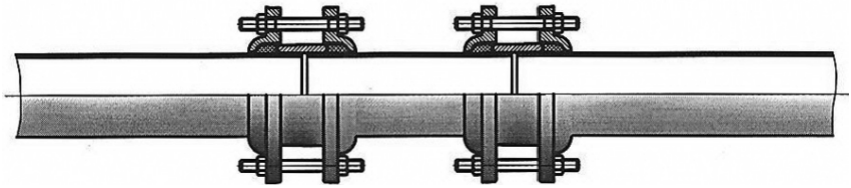


Рисунок 7.10 Ремонт трубопровода при помощи муфты ремонтной надвижной МРН.

При разработке использовались следующие нормативно-технические документы:

1) ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
2) ГОСТ 3560-73 Лента стальная упаковочная. Технические условия.
3) ГОСТ 5525-88 Части соединительные чугунные, изготовленные литьём в песчаные формы для трубопроводов. Технические условия.
4) ГОСТ 6402-70 Шайбы пружинные. Технические условия.
5) ГОСТ 7798-70 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры.
6) ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.
7) ГОСТ 22733-2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности.
8) ГОСТ 31108-2020 Цементы общестроительные. Технические условия.
9) ГОСТ ISO 2531-2022 Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водо- и газоснабжения. Технические условия.
10) ГОСТ ISO 4032-2014 Гайки шестигранные нормальные (тип 1). Классы точности А и В.
11) СП 129.13330.2019 Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.
12) СП 31.13330.2021 Свод Правил. Водоснабжение, наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
13) СП 32.13330.2018 Свод Правил. Канализация, наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНИП 2.04.03-85.
14) СП 66.13330.2011 Свод Правил. Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом.
15) BS 6920:2014 Изделия неметаллические для использования в контакте с питьевой водой.
16) EN 545:2010 Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водопроводов. Требования и методы испытаний.
17) EN 598:2009Трубы, фитинги, арматура из чугуна с включениями шаровидного графита и их соединения для применения в наружных канализационных системах - Требования и методы испытания.
18) ГОСТ ISO 2230:2013 Изделия резиновые. Руководство по хранению.
19) ISO 2531:2009 Трубы, фитинги, арматура из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и их соединения для применения в водопроводных системах.
20) ISO 4179:2005 Трубы и фитинги из чугуна с шаровидным графитом для напорных и ненапорных трубопроводов. Футеровка цементным раствором.
21) ISO 4633:2023 Уплотнения резиновые. Уплотняющие кольца для магистральных, дренажных и канализационных трубопроводов. Технические условия на материалы.
22) ISO 7268:2010 Фитинги. Определение номинального давления.
23) ISO 7743:2017 Каучук вулканизованный или термопластичный. Определение упругопрочностных свойств при сжатии.
24) ISO 8179-1-2017 Трубы из чугуна с шаровидным графитом. Наружное цинковое покрытие. Часть 1. Покрытие металлическим цинком с отделочным слоем.
25) ISO 8179-2-2017 Трубы из чугуна с шаровидным графитом. Наружное цинковое покрытие. Часть 2. Покрытие краской с большим содержанием цинковой пыли и отделочный слой.
26) ISO 8180-2020 Трубопроводы из чугуна с шаровидным графитом. Полиэтиленовая оплётка для применения на месте.
27) ISO 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
28) РД 153-39.4-091-01 «Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии».

* ООО «ЛТК «Свободный сокол» выпускает продукцию в соответствии с ГОСТ ISO 2531-2022 (классы С). Учитывая, что в ранее разработанной проектной документации часто предусматривались трубы класса К, завод может производить их по заявке заказчика в соответствии с действующими техническими условиями (ТУ).