

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской
академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)

УДК: 628.2

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

НИИСФ РААСН

И.Л. Шубин



«___» _____ 2021

ОТЧЕТ

о работе по теме:

**«Альбом технических решений для проектирования сетей водоснабжения
и водоотведения с применением труб из высокопрочного чугуна с
шаровидным графитом (ВЧШГ) ООО «Липецкая трубная компания
«Свободный Сокол».**

Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ**стр**

Введение	4
Общая часть	5
1. Термины и определения	7
2. Область применения	7
3. Преимущества труб ВЧШГ	10
3.1 Надежность и долговечность	10
3.2 Простота монтажа	10
3.3 Энергоэффективность	11
4 Пределы применения труб из ВЧШГ (по рабочему давлению перекачиваемой среды и глубине залегания)	11
4.1. Допустимое рабочее давление	11
4.2 Глубина заложения	13
5. Технические характеристики труб	19
5.1 Виды соединений	19
6. Противокоррозионная защита труб ВЧШГ и требования к ней.	64
6.1 Общие положения	64
6.2 Защитные покрытия для труб из ВЧШГ и требования к ним	65
6.2.1 Внутреннее покрытие	65
6.2.2 Внешнее защитное покрытие	68
6.2.3 Электрохимическая защита	70
7 Пример прочностного расчета труб ВЧШГ при подземной прокладке	71
7.1 Общие требования	71
7.2 Нагрузки, действующие на подземный трубопровод	72
7.3 Пример расчета на прочность трубопровода из ВЧШГ	72
7.4 Расчет на прочность при действии грунтовых нагрузок, веса трубопровода, воды и образования в трубопроводе вакуума	75
7.5 Расчет на устойчивость при воздействии на трубопровод внешних нагрузок	75
7.6 Расчет на жесткость (по деформации) при внешнем нагружении расчетной приведенной нагрузкой	76
8. Присоединение трубопровода к трубопроводной арматуре в колодце	77
9. Соединение трубопроводов из ВЧШГ и иных материалов в земле	79
10. Переходы трубопроводов через железные и автомобильные дороги	79
11 Укладка труб из ВЧШГ на естественное и искусственное основание	81
11.1 Укладка труб на естественное основание	81
11.1.1 Земляные работы	83
11.1.2 Укладка (монтаж) трубопроводов	84
11.1.3 Надевание полиэтиленового рукава	99
11.1.4 Засыпка трубопроводов	90
11.2 Укладка труб на искусственное основание	91
12. Прокладка труб через туннели	96
13. Укладка труб на крутых склонах	97
14 Устройство горизонтальных, вертикальных упоров	98
14.1 Осевое гидравлическое давление	105

14.2 Анкерное крепление трубопроводов	107
15. Применение труб ВЧШГ с соединениями «RJ» и «RJS» вместо бетонных упоров	111
16. Изгиб соединений	116
17 Бестраншейная прокладка труб ВЧШГ	117
17.1 Эксплуатационные и монтажные нагрузки, действующие на трубопроводы, прокладываемые бестраншейным способом ГНБ	117
17.2 Внешние нагрузки, действующие на трубопроводы, прокладываемые способом ГНБ	117
17.3 Определение расчетных изгибающих моментов	121
17.4 Пример расчета	121
17.5 Проектирование трубопроводов из ВЧШГ, прокладываемых методом ГНБ	124
17.6 Внутреннее давление транспортируемой воды	125
17.7 Проектирование бестраншейной прокладки с применением технологии ГНБ	125
17.8 Производство работ по бестраншейной прокладке с применением технологии ГНБ	126
17.9 Монтаж трубопроводов и фасонных частей	129
17.10 Гидравлические испытания и сдача трубопроводов в эксплуатацию	131
18. Гидравлический расчет трубопроводов	132
Список использованных источников	139
Приложения	142
Приложение 1 Чертежи трубопроводной продукции и фасонных частей в формате pdf (электронный ресурс) (отдельный файл)	
Приложение 2 Библиотека двумерных моделей всех объектов в формате dwg (электронный ресурс) (отдельный файл)	
Приложение 3 Библиотека трехмерных моделей выборочных объектов в формате Revit (формируется в программе Revit)	

Альбом технических решений для проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол».

Введение

Альбом технических решений (АТР) для проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол» разработан в соответствии с требованиями части 3 Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в развитии СП 66.13330.2011 «Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом» и требований АО «Мосводоканал» к трубам ВЧШГ для повышения качества выполняемых проектных и строительных работ, сокращения сроков и стоимости проектирования за счет использования единых практических подходов к их выполнению что повысит надежность и экологическую безопасность водопроводных и водоотводящих трубопроводов централизованных систем водоснабжения и водоотведения городов и поселений России.

АТР рекомендуется для применения широким кругом специалистов, чья деятельность связана с проектированием, строительством водопроводных и водоотводящих трубопроводов из ВЧШГ централизованных систем водоснабжения и водоотведения городов и поселений России, в том числе специалистами:

- проектных организаций;
- государственных и иных органов экспертизы и согласования;
- надзорных служб, органов декларирования и сертификации;
- учреждений и служб заказчика (инвестора) и других заинтересованных организаций.

АТР разработан НИИСФ РААСН (руководитель работы - профессор, доктор техн. наук Примин О.Г., канд. техн. наук Захаров Ю.С., инженеры Громов Г.Н., Худякова Д.Д.), ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол» (инженеры Ефремов И.В., Минченков А.В., Волков О.Г., Халяпин А.А.), ООО «Гарант» (канд. техн. наук А.Д. Алиференков).

Альбом согласован АО «Инжпроектсервис» г.Москва.

Общая часть

Липецкая трубная компания (ООО «ЛТК «Свободный сокол») является крупнейшим поставщиком трубной продукции для сектора централизованного водоснабжения и водоотведения городов и поселений России и странах СНГ и единственным производителем труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) в диапазоне диаметров от 80 до 1000 мм в России.

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом — это особенный по своим свойствам материал, сочетающий в себе коррозионную стойкость чугуна и механические свойства легированной углеродистой стали по прочности, пластичности и ударной вязкости. Эти уникальные механические свойства получены в результате модифицирования жидкого чугуна магнием и дополнительными присадками.

Компания имеет разветвлённую дилерскую сеть практически во всех регионах Российской Федерации, а также на территории стран СНГ и осуществляет поставки в Европу и Азию.

Вся трубная продукция сертифицирована на соответствие международным и российским стандартам и имеет экспертные заключения Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Уровень оснащённости и качества оборудования труболитейного комплекса (ООО «ЛТК «Свободный сокол») позволяет производить трубную продукцию, соответствующую мировым стандартам качества. Трубы имеют литую маркировку в раструбе (на внутренней стороне), на которой нанесены следующие обозначения: товарный знак предприятия-изготовителя; условный проход; номера плавки и ковша; номер трубы; год изготовления; обозначение “GGG”, что свидетельствует о том, что материалом является чугун с шаровидной формой графита (ВЧШГ).

Каждая труба и фасонная часть подвергается заводскому гидравлическому испытанию внутренним давлением в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 2531, ISO 2531-2009 и международных стандартов EN 545, EN 598 [1,2,3]. Испытания труб проводят гидравлическим давлением не менее:

- 5 МПа (50,0 кгс/см²) для DN 80 - 300 мм;
- 4 МПа (40,0 кгс/см²) для DN 350 - 600 мм;
- 3,2 МПа (32,0 кгс/см²) для DN 700 - 1000 мм.

Испытания фасонных частей проводят гидравлическим давлением не менее:

- 2,5 МПа (25,0 кгс/см²) для DN 80 - 300 мм;
- 1,6 МПа (16,0 кгс/см²) для DN 350 - 600 мм;
- 1,0 МПа (10,0 кгс/см²) для DN 700 - 1000 мм

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.

Продукция и система менеджмента качества ООО «ЛТК «Свободный сокол» соответствуют требованиям международных и российских стандартов:

Трубы: ГОСТ ISO 2531, EN 545, EN 598:2007+A1:2009, ISO 2531 [1,2,3,4,5]

Фасонные части: ГОСТ ISO 2531, ГОСТ 5525, 545, ISO 2531.

Внешнее покрытие цинком и отделочным слоем: EN 545, ISO 8179-1.

Внутреннее цементно-песчаное покрытие: EN 545, ISO 4179, [6], BS 6920.

Системы менеджмента качества: Требования ISO 9001:2015. [7],

Системы экологического менеджмента: Требования и руководство по применению ISO 14001:2015. [8],

Системы менеджмента охраны труда и техники безопасности: Требования OHSAS 18001:2007 [9],

Таблица 1 - Механические свойства труб и фасонных частей из высокопрочного чугуна производства Липецкий металлургический завод «Свободный сокол»:

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	270*/300
Относительное удлинение, %, не менее	Трубы / Фасонные части	10**/5
Твердость, НВ, не более	Трубы / Фасонные части	230/250
* - 270 МПа при удлинении от 12% и выше; 300 МПа при удлинении до 12% ** - 7% для труб с расчётной минимальной толщиной стенки 10 мм и выше		

1. Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины в соответствии с ГОСТ ISO 2531-2012. Межгосударственный стандарт. «Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водо- и газоснабжения» [1]:

1. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ductile iron): Тип чугуна, в котором графит присутствует преимущественно в шаровидной форме

2. Труба (pipe)- отливка с равномерным каналом, с прямой осью, имеющая раструбные, охватываемые или фланцевые концы.

3. Соединительная часть (connecting part): - присоединяемая к трубе отливка, которая обеспечивает отклонение, изменение направления трубопровода или канала. Фитинги и арматура, за исключением запорной и предохранительной являются соединительными частями.

4. Фланец - плоский круглый конец трубы или соединительной части, расположенный перпендикулярно их оси, с отверстиями под болты, равномерно расположенные по окружности.

5. Узкая втулка; муфта - соединительная деталь, используемая для соединения вместе охватываемых концов труб или соединительных частей.

6. Гладкий конец - конец трубы или соединительной части, помещаемый в раструбное соединение.

7. Раструб - конец трубы или соединительной части, охватывающий гладкий конец трубы или соединительной части.

8. Прокладка - уплотняющий элемент соединения.

9. Соединение - связь между концами труб и/или соединительными частями, в которой прокладка используется в качестве уплотнения.

10. Фиксированное соединение - соединение, в котором предусмотрено средство, предотвращающее разъединение собранного соединения.

11. Фланцевое соединение - соединение между двумя фланцевыми концами.

2. Область применения.

Альбом технических решений (АТР) для проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) ООО «Липецкая трубная компания (ЛТК) «Свободный Сокол» предназначен для применения организациями и проектными институтами, проектирующими централизованные системы водоснабжения и водоотведения.

Трубы из ВЧШГ, рассматриваемые в настоящем АТР, предназначены для строительства напорных сетей водоснабжения и водоотведения на городских застроенных и незастроенных

территориях, а также для сельскохозяйственного водоснабжения и мелиоративных систем на рабочее давление 1,6 МПа и выше.

АТР соответствует нормативным документам:

-СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения, с изменением 1,2,3,4» [10]

-СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03–85 Канализация. Наружные сети и сооружения» [11];

-СанПиН 1.2.3685–2021 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [12].

-СП 66.13330.2011: «Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом» с изменением 1 и 2.» [13]

-СП 129.13330.2019 «СНиП 3.05.04-85* Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации» [44]

АТР включает в себя рекомендации по проектированию трубопроводов из ВЧШГ диаметром от 80 до 1000 мм., изготовленных на заводе (ЛТК) «Свободный Сокол» по:

ГОСТ ISO 2531-2012 "Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водо- и газоснабжения" Межгосударственный стандарт [1]

ГОСТ 5525-88 "Части соединительные чугунные, изготовленные литьем в песчаные формы для трубопроводов." [14]

ISO 2531-2009 "Трубы, фитинги, арматура из высокопрочного чугуна с включениями шаровидного графита и их соединения для применения в водопроводных системах", Международный стандарт [2]

EN 545 "Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водопроводов. требования и методы испытаний", Европейский стандарт [3]

EN 598:2007+A1:2009 "Трубы, фитинги, арматура из чугуна с включениями шаровидного графита и их соединения для применения в наружных канализационных системах - Требования и методы испытания", Европейский стандарт [14]

1ISO 4179 "Трубы и фитинги из ВЧШГ для напорных и безнапорных трубопроводов - Цементно-песчаное покрытие", Международный стандарт[15]

ISO 8179-1 " Трубы из ВЧШГ - Внешнее покрытие на основе цинка", Международный стандарт [16]

ISO 1431-1 "Резина вулканизированная или термопластичная - устойчивость к воздействию озона." [17]

BS 4147 "Горячие битумные защитные покрытия для чугуна и стали, в том числе используемые при необходимости безмаслянные битумные лаки." [18]

DIN 2614 "Цементно-песчаное покрытие (ЦПП) для чугунных, стальных труб и фасонных частей" [19]

ГОСТ 3634-99 "Межгосударственный стандарт. Люки смотровых колодцев и дождеприёмники ливнесточных колодцев." [20]

EN 124-1994. Люки и водоприемные устройства смотровых и водосточных колодцев, расположенных на тротуарах и проезжей части. Требования к конструкции, типовые испытания и маркировка [21]

Технические условия:

ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Трубы чугунные напорные высокопрочные (ТУ 1461-037-90910065-2015) Редакция №1 с Изменением №1, №2, №3, №4, №5, №6, №7. Взамен ТУ 1461-037-50254094-2008. [21]

ТУ ООО ЛТК "Свободный сокол" Технические условия ТУ 1460-035-90910065-2015. Части соединительные литые из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для напорных трубопроводов. Редакция 1 с Изменением №1, №2, №3, №4, №5, №6, №7, №8, №9. [22]

ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Части соединительные сварные из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для напорных трубопроводов (ТУ 1468-041-90910065-2013), Редакция №1. [23]

ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Трубы чугунные напорные высокопрочные для применения в наружных канализационных системах (ТУ 1461-063-90910065-2013) Редакция №1 с Изменением №1, №2. [24]

ТУ ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»: трубы, фасонные части из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для теплосетей, тип соединения - RJ (BPC) (ТУ 1461-066-50254094-2007) с Изменением №1. [25]

ТУ ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»: Трубы чугунные напорные высокопрочные для гидромелиоративного строительства и сетей сельскохозяйственного водоснабжения (ТУ 1461-050-50254094-2002), Редакция №1. [26]

ТУ ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»: Трубы, фасонные части из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для пожарных трубопроводов (ТУ 1461-072-50254094-2006), Редакция №1. [27]

ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Трубы чугунные высокопрочные для электрохимической защиты подземных металлических сооружений (ТУ 1461-062-90910065-2014), Редакция №1. [28]

ТУ ООО "ЛТК "Свободный сокол": Кольца резиновые уплотнительные для соединения чугунных труб (ТУ 22.19.73-067-90910065-2016) Редакция № 1. Взамен ТУ 2531-067-50254094-2004. [29]

ТУ ОАО "НИИЭМИ": Манжеты резиновые уплотнительные для соединения чугунных труб типа "RJ" (ВРС-Тирофлекс) для горячего водоснабжения и теплотрасс (ТУ 405821-2003). [13]

ТУ ООО "ЛТК "Свободный сокол": Трубы чугунные свайные высокопрочные для гражданского, промышленного и специализированного строительства (ТУ 1461-079-90910065-2014), Редакция № 1. [30]

ТУ 1460-035-90910065-2015. Части соединительные литые из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для напорных трубопроводов [31]

Настоящий альбом разработан с учётом технических требований АО «Мосводоканал» к проектированию объектов водоснабжения и водоотведения в г. Москве при новом строительстве и реконструкции» [32]

Примечание: При использовании настоящего АТПР целесообразно проверить действие и актуальность ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования и у производителя.

3.Преимущества труб ВЧШГ.

3.1 Надежность и долговечность.

Трубопроводы из ВЧШГ.

- обеспечивают качество транспортируемой воды, отвечающей всем требованиям санитарно-экологической безопасности,

- непроницаемы для углеводородов и органических химикатов, находящихся в почве,

- имеют наименьшую аварийность по сравнению с трубопроводами из других материалов,

- обладают высокой ударной прочностью, пластичностью, хладостойкостью до -60° ,

- обладают высокой стойкостью к внешним нагрузкам и изменениям гидравлического давления с пиковыми значениями до 550 н/мм^2 ,

Срок службы трубопроводных систем из ВЧШГ при применении раструбных труб с уплотнительной манжетой:

- в сетях водоснабжения в условиях почвенной коррозии, воздействия блуждающих токов и отсутствия катодной защиты составляет 100 лет;

- в самотечных сетях канализационных сточных вод с сероводородом составляет 50 — 60 лет.

3.2 Простота монтажа.

Не требуются затраты электроэнергии, специальное оборудование и высококвалифицированный персонал при укладке трубопроводов из ВЧШГ. Возможна укладка непосредственно в грунт на глубину 8 — 10 м без подготовки ложа. Допускается ведение монтажных работ при отрицательных температурах.

3.3 Энергоэффективность.

Внутреннее цементно-песчаное покрытие (ЦПП) труб из ВЧШГ обеспечивает не только соблюдение санитарно-эпидемиологических требований при транспортировке питьевой воды, но и улучшает гидравлические свойства трубопровода из ВЧШГ. Коэффициент шероховатости внутренней поверхности трубы из ВЧШГ с цементно-песчаным покрытием составляет для отдельной трубы $K=0,03$.

4 Пределы применения труб из ВЧШГ (по рабочему давлению перекачиваемой среды и глубине залегания)

4.1. Допустимое рабочее давление

Допустимое рабочее давление (PFA) – максимальное гидростатическое давление, которое трубопровод и соединительные части могут выдерживать в процессе эксплуатации. Величины допустимого рабочего давления труб ВЧШГ указаны в таблице 4.1.

Трубы ВЧШГ всех видов соединений изготавливаются классом K по толщине стенки в соответствии с ГОСТ ISO 2531 или классом C по давлению в соответствии с EN 545, ISO 2531. Сравнение труб разных классов представлено в таблице 4.1.

Трубы класса C предназначены для эксплуатации в трубопроводах с допустимым рабочим давлением соответствующее номиналу класса, например, $C40$ – 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 4.1.1).

Допустимое рабочее давление для фасонных частей (PFA) приведено в таблице 4.2

Номинальная толщина стенки чугунных труб и соединительных частей не должна быть меньше 6 мм для труб класса K и 7 мм – для соединительных частей к ним, для труб класса C не должна быть меньше 3 мм:

$b_{\text{ном}} = K (0,5 + 0,001DN)$ для класса K ,

$b_{\text{ном}} = e_{\text{мин}} + (1,3 + 0,001DN)$ для класса C ,

где: $b_{\text{ном}}$ – номинальная толщина стенки в мм,

$b_{\text{мин}}$ – минимальная толщина стенки в мм,

DN – условный проход,

K – 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 K) 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 – $(2,3+0,001DN)$.

Таблица 4.1 Сравнение классов С и К для труб с соединением «*TYTON*»

DN, мм	Класс по давлению С = PFA						Класс по толщине стенки															
	25	30	40	50	64	100	K9		K10		K11		K12		K13		K14		K15		K16	
	<i>s min</i> , мм						<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар	<i>s min</i> , мм	PFA, бар
80			3,0	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			3,0	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			3,0	3,5	4,0	5,0	4,7	64	4,8	64	5,5	100	6,1	100	6,7	100	7,3	100	8,0	100	8,6	100
150			3,0	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	9,0	100
200			3,1	3,9	5,0	7,7	4,8	50	5,5	64	6,2	64	6,9	64	7,6	64	8,3	100	9,0	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								
<i>s min</i> – минимально допустимая толщина стенки трубы.																						

Таблица 4.1.1 Сравнение классов С и К для труб с соединением «RJ» и «RJS»

DN	Класс по давлению С												Класс по толщине стенки К															
	25		30		40		50		64		100		K9		K10		K11		K12		K13		K14		K15		K16	
	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар	<i>S_{min}</i> , мм	PFA, бар
80											4,7	64	4,7	64	4,7	64	5,0	64	5,6	64	6,2	64	6,7	64	7,3	64	7,9	64
100											4,7	64	4,7	64	4,7	64	5,2	64	5,8	64	6,4	64	7,0	64	7,6	64	8,2	64
125											5,0	64	4,7	40	4,8	40	5,5	64	6,1	64	6,7	64	7,3	64	8,0	64	8,6	64
150											5,9	64	4,7	40	5,1	40	5,7	40	6,4	64	7,0	64	7,7	64	8,3	64	9,0	64
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	30	6,4	40	7,2	40	8,0	40	8,8	40	9,6	40	10,4	40	11,2	40
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	16	13,2	16	14,6	25								
1000	9,3	16	11,1	16	14,8	25							11,2	16	12,7	16	14,2	16	15,7	25								

s min – минимально допустимая толщина стенки трубы.

Таблица 4.2 Допустимое рабочее давление для фасонных частей (PFA).

DN, мм	Допустимое рабочее давление, бар					
	Раструбное соединение:				Фланцевое соединение	
					<i>PN10</i>	<i>PN16</i>
	<i>TYTON</i>	<i>RJ/RJS</i>	<i>TYTON-SIT</i>			
80	100	64	16		16	16
100	100	64	16		16	16
125	64	64	16		16	16
150	64	64	16		16	16

ООО «ЛТК «Свободный сокол»

200	64	64	16	10	16
250	50	40	10	10	16
300	50	30	10	10	16
350	50	30	10	10	16
400	40	30	10	10	16
500	40	30	10	10	16
600	40	20	10	10	16
700	30	20		10	16
800	30	20		10	16
900	30	16		10	16
1000	30	16		10	16

*по заказу потребителя возможно изготовление фланцевых соединительных частей с номинальным давлением 25 бар(2,5 МПа) и 40 бар (4,0Мпа). Размеры уточнять у предприятия-изготовителя.

4.2. Глубина заложения

Максимальная и минимальная глубины заложения зависят от типа труб и условий укладки. Таблица 4.3 показывает максимальную глубину заложения для труб с толщиной стенки класса К9, с дополнительной нагрузкой со стороны транспорта (10 т на колесо)

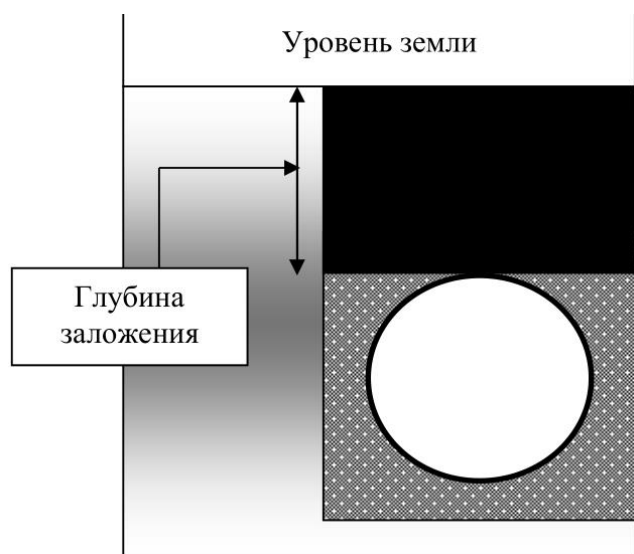
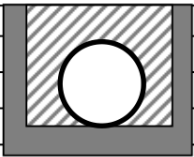
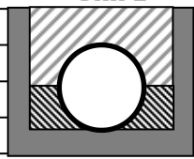
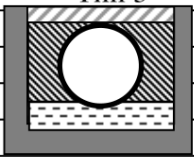
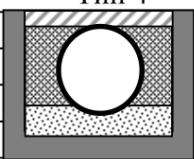
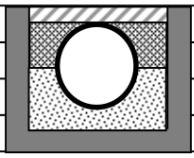


Таблица 4.3 Максимальная глубина заложения труб ВЧШГ в зависимости от типа укладки.

	Глубина заложения, м	Максимальная глубина, м						
		DN (условный проход труб)						
Тип 1		80	100	125	150	200	250	300
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8		Тип 1					
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15		Тип 2					
	16							
	17		Тип 3					
	18							
	19		Тип 4					
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26		Тип 5					
	27							
	28							
	29							
	30							

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

Серым цветом обозначен тип укладки 1;

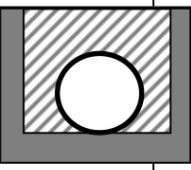
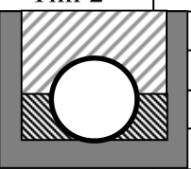
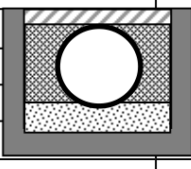
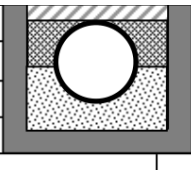
вертикальная штриховка - тип укладки 2;

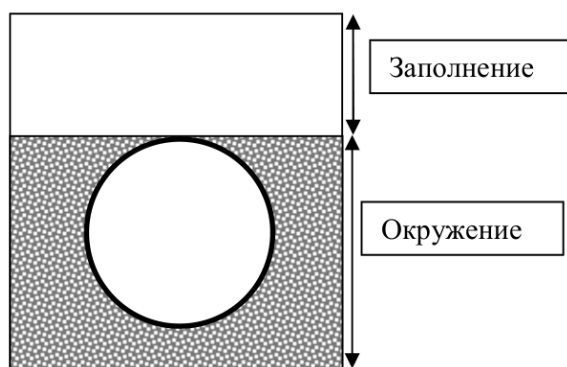
красным цветом обозначен тип укладки 3;

зеленым с боковой штриховкой обозначен тип укладки 4;

черным цветом обозначен тип укладки 5;

Продолжение таблицы 4.3

	Глубина заложения, м	Максимальная глубина, м							
		DN (условный проход труб)							
		350	400	500	600	700	800	900	1000
Тип 1									
	1								
	2	тип 1							
	3								
Тип 2									
	4	тип 2							
	5								
	6	тип 3							
Тип 3									
Тип 4									
	10	тип 5							
	11								
	12								
Тип 5									
	13								
	14								
	15								
Примечание – Трубы DN 350-600 закладываются на глубину не менее 1,2 м (для типа 1).									



На практике принято различать:

- окружение трубы;
- заполнение.

Окружение обеспечивает стабильность и/или защищает трубы. Оно зависит от:

- характеристик трубы (жесткая, полужесткая, гибкая);
- нагрузок грунта сверху (глубина заложения, нагрузки со стороны транспорта);
- характера почвы (грунта) – скалистая или разнородная.

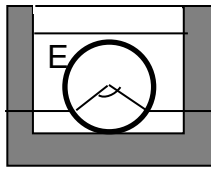
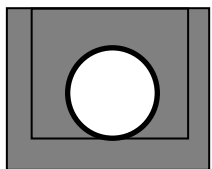
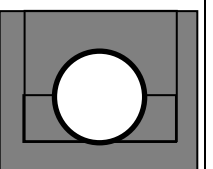
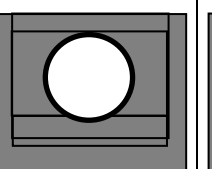
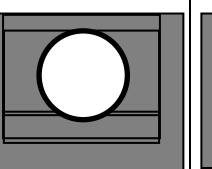
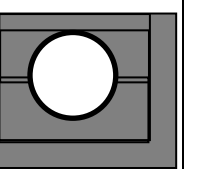
Заполнение меняется в зависимости от области, где производится укладка (сельская, городская) и учитывает стабильность дороги.

Другие ограничения также влияют на условия укладки:

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

Применительно к трубопроводам из ВЧШГ определено 5 типов условий укладки (см. табл. 4.4), соответствующих наиболее распространенным «окружениям».

Таблица 4.4 **Типы укладки.**

	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 уплотненный до верха трубы, выбранный материал	Утрамбованный до верха трубы выбранный материал (80% по стандарту Проктора)****	Утрамбованный выбранный материал до верха трубы (90% по стандарту Проктора)
Е' (бар) модуль пассивного сопротивления окружающего грунта <(°)-угол основания	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.				

* - Для труб ВЧШГ DN350 мм и труб большего диаметра необходимо рассмотреть возможность условий укладки, исключая тип 1.

** - «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 следует 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) [33].

5. Технические характеристики труб.

5.1 Виды соединений

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

- Раструбное «TYTON» с условным диаметром 80 – 1000 мм раструбное «TYTON-SIT» с условным диаметром 80 – 400 мм (см. рис.5.1, 5.2, табл.5.2);
- Раструбное «RJ» с условным диаметром 80 – 500 мм (см. рис. 5.5, 5.6, табл. 5.5);
- Раструбное «RJS» с условным диаметром 600 – 1000 мм (см. рис.5.9, 5.10, табл. 5.8);
- Фланцевое с условным диаметром 80 – 1000 мм (см. рис. 5.12, 5.13, табл.5.10).

Характеристики соединений указаны в таблице 5.1.

Таблица 5.1 **Характеристики соединений**

Характеристика	<i>TYTON</i>	<i>TYTON-SIT</i>	<i>RJ</i>	<i>RJS</i>	Фланцевое
Продольное перемещение конца трубы	Да	Да	Да	Да	Нет
Угловое отклонение	Да	Да	Да	Да	Нет
Сопротивление осевым силам	Нет	Да	Да	Да	Да
Простота сборки	Просто	Просто	Просто	Просто	Очень просто
Необходимость приложения силы для стыковки	Да	Да	Да	Да	Нет
Разборка	Просто	Просто	Просто	Просто	Очень просто
Допустимое рабочее давление в трубопроводе, бар	до 100*	до 16*	до 64*	до 25*	до 25*



Рисунок 5.1 **Раструбное соединение «TYTON».**

Соединение «*TYTON*» - раструбное соединение под уплотнительное резиновое кольцо. Уплотнение достигается радиальным сжатием уплотнительного кольца в процессе сборки. Диапазон применения – холодное водоснабжение, канализация.

Соединение «*TYTON*» не является жестким и позволяет отклоняться соединенным трубам на угол от 1,5 до 5° в зависимости от диаметра труб при сохранении полной герметичности стыка.

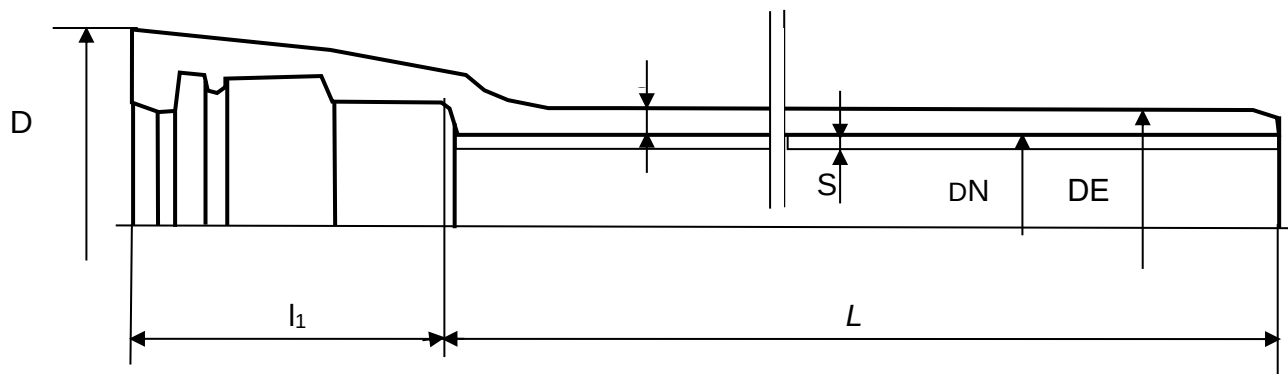


Рисунок 5.2 Труба раструбная с соединением «*TYTON*».

Таблица 5.2 Основные размеры и масса трубы.

Размеры, мм						Масса раструба, кг	Масса 1м трубы без раструба (с цем. пок- рытием), кг	Условная масса трубы с раструбом (без цем. покрытия / с цем. покрытием), кг, при расчетной длине L			
DN	D	DE	S	S ₁	l ₁			5800		6000	
80	140	^{+1,0} 98 _{-2,7}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 _{-1,5}	80	3,4	14,1	74,0	85,0	76,5	88,0
100	163	^{+1,0} 118 _{-2,8}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 _{-1,5}	88	4,3	17,5	92,0	106,0	95,0	109,0
125	190	^{+1,0} 144 _{-2,9}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 _{-1,5}	91	5,7	21,7	115,0	132,0	119,0	136,0
150	217	^{+1,0} 170 _{-2,9}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 _{-1,5}	94	7,1	26,2	139,0	159,0	144,0	164,0
200	278	^{+1,0} 222 _{-3,0}	6,3 ^{-1,5}	^{+2,0} 4 _{-1,5}	100	10,3	35,3	188,0	215,0	194,0	222,0
250	336	^{+1,0} 274 _{-3,1}	6,8 ^{-1,6}	^{+3,0} 4 _{-1,5}	105	14,2	46,0	247,0	281,0	255,0	290,0
300	393	^{+1,0} 326 _{-3,3}	7,2 ^{-1,6}	^{+3,0} 4 _{-1,5}	110	18,9	57,5	313,0	352,0	323,0	364,0
350	448	^{+1,0} 378 _{-3,4}	7,7 ^{-1,7}	^{+3,5} 5 _{-2,0}	110	23,7	75,4	390,0	461,0	403,0	476,0
400	500	^{+1,0} 429 _{-3,5}	8,1 ^{-1,7}	^{+3,5} 5 _{-2,0}	110	29,5	90,3	467,0	553,0	482,0	571,0
500	604	^{+1,0} 532 _{-3,8}	9,0 ^{-1,9}	^{+3,5} 5 _{-2,0}	120	42,8	122,9	648,0	756,0	669,0	780,0
600	713	^{+1,0} 635 _{-4,0}	9,9 ^{-1,9}	^{+3,5} 5 _{-2,0}	120	59,3	159,3	855,0	983,0	882,0	1015,0
700	824	^{+1,0} 738 _{-4,2}	10,8 ^{-2,0}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	150	79,1	205,8	1088,0	1273,0	1123,0	1314,0
800	943	^{+1,0} 842 _{-4,5}	11,7 ^{-2,1}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	160	102,6	250,6	351,0	556,0	1394,0	1606,0
900	1052	^{+1,0} 945 _{-4,8}	12,6 ^{-2,2}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	175	129	300,2	1639,0	1870,0	1691,0	1930,0
1000	1158	^{+1,0} 1048 _{-5,0}	13,5 ^{-2,3}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	185	161,3	353,3	1955,0	2210,0	2017,0	2281,0

Примечание - Допуск по массе для труб без цементного покрытия: DN100-200 мм – 8%;
DN250-1000 мм – 5%.

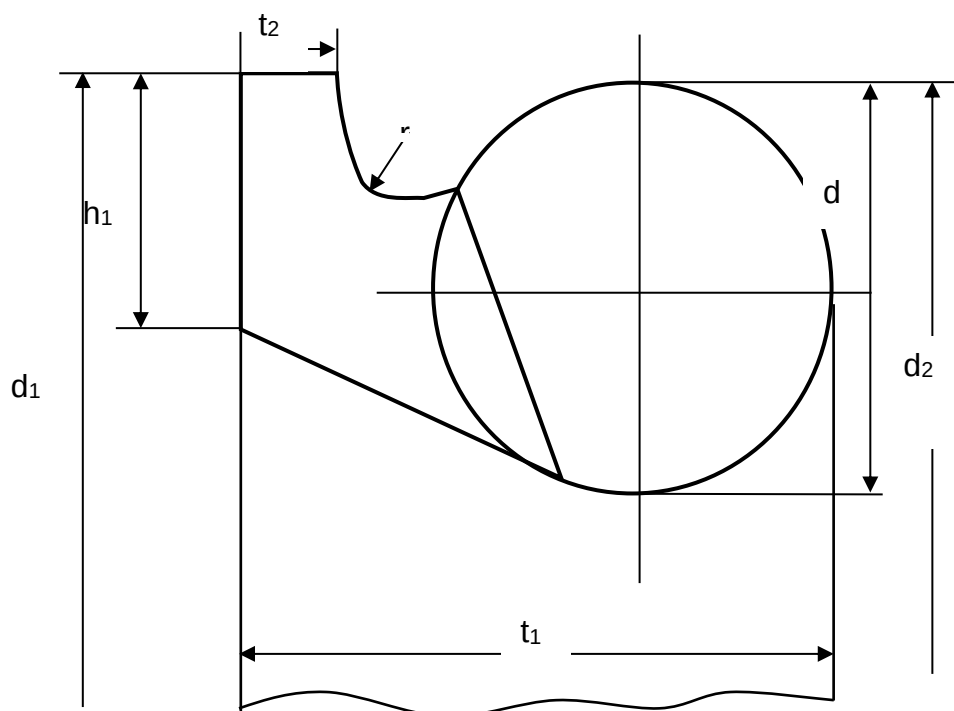


Рисунок 5.3 Уплотнительное резиновое кольцо типа «TYTON».

Таблица 5.3 Основные размеры и масса уплотнительного кольца.

Размеры, мм								Масса, кг (справочная)
DN	d_1	d_2	d_3	h_1	t_1	t_2	r	
80	$126^{+1,0}$	$124^{+1,0}$	$16^{+0,5}$	$10^{+0,3}$	26	$5^{+0,4}_{-0,2}$	3,5	0,13
100	$146^{+1,0}$	144^{+1}	$16^{+0,5}$	$10^{+0,3}$	26	$5^{+0,4}_{-0,2}$	3,5	0,21
125	$173^{+1,0}$	171^{+1}						0,29
150	$200^{+1,5}$	$198^{+1,5}$						0,36
200	$256^{+1,5}$	$254^{+1,5}$	$18,0^{+0,5}$	$11^{+0,3}$	30	$6^{+0,4}_{-0,2}$	4,0	0,50
250	$310^{+1,5}$	$308^{+1,5}$			32			0,72
300	$366^{+1,5}$	$364^{+1,5}$	$20,0^{+0,5}$	$12^{+0,3}$	34	$7^{+0,4}_{-0,2}$	4,5	0,94
350	$420^{+2,0}$	$418^{+2,0}$						1,25
400	$475^{+2,0}$	$473^{+2,0}$	$22,0^{+0,5}$	$13^{+0,3}$	38	$8^{+0,5}_{-0,3}$	5,0	1,54
500	$583^{+3,0}$	$581^{+3,0}$	$24,0^{+0,5}$	$14^{+0,3}$	42	$9^{+0,5}_{-0,3}$	5,5	2,45
600	$692^{+3,0}$	$690^{+3,0}$	$26,0^{+0,5}$	$15^{+0,3}$	46	$10^{+0,5}_{-0,3}$	6,0	3,34
700	$809^{+5,0}_{-2,5}$	$803^{+3,5}$	$33,5^{+0,5}$	$20^{+0,3}$	55	$16^{+0,5}_{-0,3}$	7,0	4,55
800	$919^{+5,0}_{-2,5}$	$913^{+3,5}$	$35,5^{+0,5}$	$21^{+0,3}$	60		8,0	5,51

900	$1026^{+6,0}_{-2,0}$	$1020^{+4,0}$	$37,5^{+0,5}$	$22^{+0,3}$	65	$18^{+0,5}_{-0,3}$	9,0	6,30
1000	$1133^{+7,0}_{-2,0}$	$1127^{+4,0}$	$39,5^{+0,5}$	$23^{+0,3}$	70			7,04

Труба с соединением «TYTON-SIT»

Соединение «TYTON-SIT» - раструбное соединение под уплотнительное резиновое кольцо (рис.5.4, табл. 5.4), аналогично соединению «TYTON». Для данного соединения используется труба с соединением «TYTON» и уплотнительное резиновое кольцо «TYTON-SIT», усиленное пружинными сегментами. Соединение устойчиво к смещению, не требует в местах изменения направления укладки трубопровода или уменьшения диаметра (на тройниках, поворотах, переходах) установки упоров (укрепительные блоки) для компенсации сил осевого гидравлического давления. Уплотнительное резиновое кольцо «TYTON-SIT» оснащено с внутренней стороны стальным пружинным сегментом. Трубы с уплотнительным резиновым кольцом «TYTON-SIT» предназначены для эксплуатации в трубопроводах с допустимым рабочим давлением в трубопроводе до 16 бар в зависимости от диаметра. Трубопровод может отклоняться в любую сторону до 3°

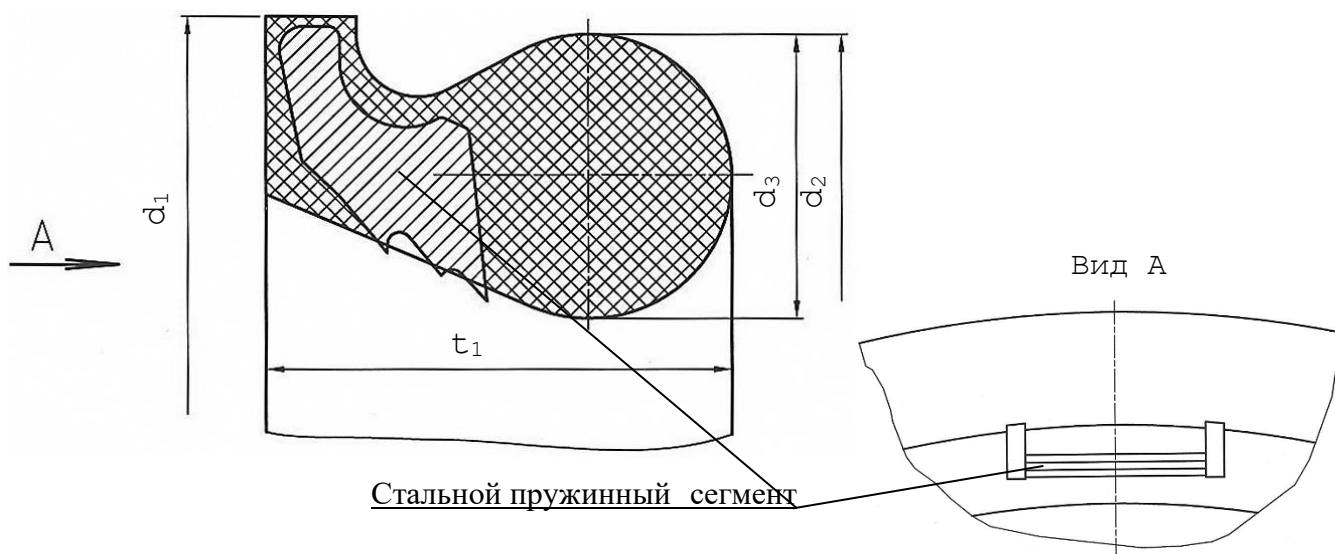


Рисунок 5.4 Уплотнительное резиновое кольцо «TYTON-SIT».

Таблица 5.4 Основные размеры уплотнительного кольца и параметры.

Размеры, мм					Класс по давлению	Класс по толщине стенки	Допустимое рабочее давление (PFA), бар	Количество стальных пружинных сегментов	Угол отклонения
DN	d ₁	d ₂	d ₃	t ₁					
80	$126^{+1,0}$	$124^{+1,0}$	$16^{+0,5}$	26	C64, C100	K9	16	4	3
100	$146^{+1,0}$	$144^{+1,0}$	$16^{+0,5}$	26	C64, C100	K9	16	5	3

125	173 $\pm$ 1,0	171 $\pm$ 1,0	16 $^{+0,5}$	26	C64, C100	K9	16	5	3
150	200 $\pm$ 1,5	198 $\pm$ 1,5	16 $^{+0,5}$	26	C64, C100	K10	16	7	3
200	256 $\pm$ 1,5	254 $\pm$ 1,5	18 $^{+0,5}$	30	C64, C100	K9	16	10	3
250	310 $\pm$ 1,5	308 $\pm$ 1,5	18 $^{+0,5}$	32	C50	K9	10	15	3
300	366 $\pm$ 1,5	364 $\pm$ 1,5	20 $^{+0,5}$	34	C50	K9	10	20	3
400	475 $\pm$ 2,0	473 $\pm$ 2,0	22 $^{+0,5}$	38	C40	K9	10	30	3
500	583 $\pm$ 2,0	581 $\pm$ 2,0	25 $^{+0,5}$	42.5	C40	K10	10	32	2
600	692 $\pm$ 2,0	690 $\pm$ 2,0	27 $^{+0,5}$	46.5	C40	K10	10	40	2

Труба с соединением «RJ»

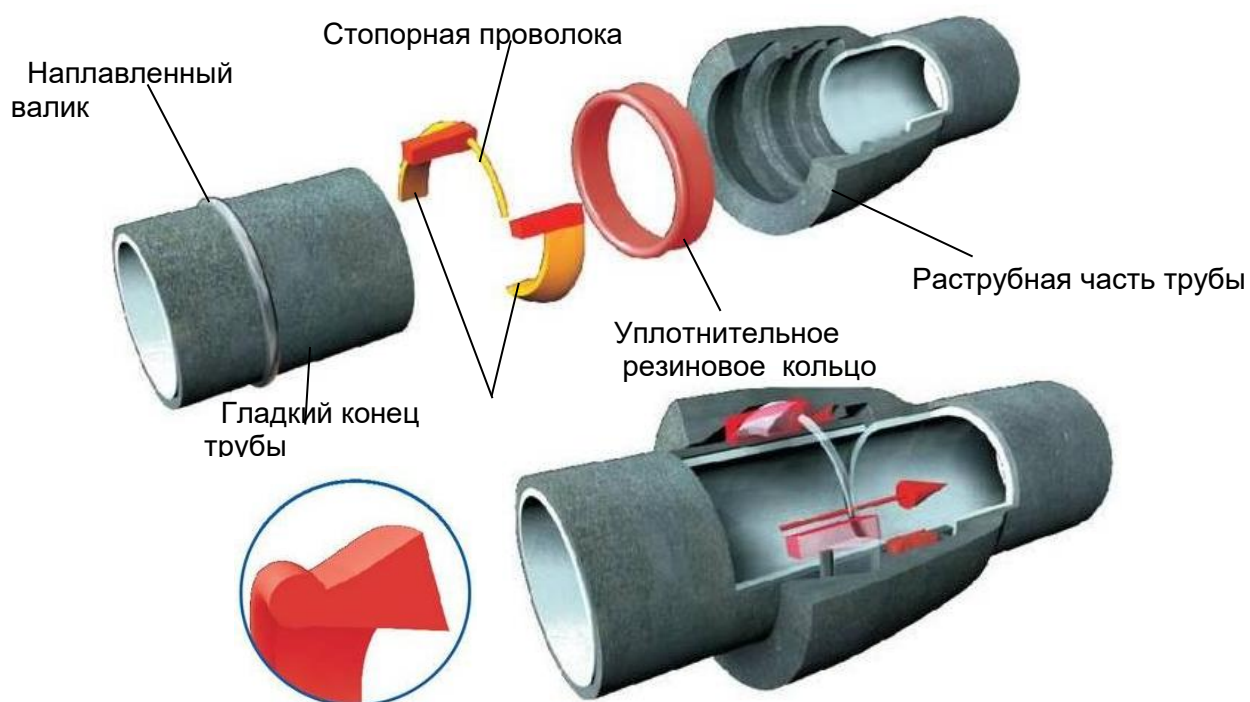


Рисунок 5.5 Раструбно-замковое соединение «RJ».

Соединение «RJ» - стыковое раструбно-замковое соединение под уплотнительное резиновое кольцо типа «BPC» или типа «TYTON».

Соединение «RJ» обеспечивает невозможность самопроизвольного рассоединения труб при работе трубопровода в сложном рельефе местности, в местах опасности осадки грунта и при ударных нагрузках в сейсмоопасных территориях с устойчивостью сейсмической активности до 9 баллов. Наплавленный валик на гладком конце трубы и два стопорадвигаемые после стыковки труб в выемку 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 1,5 до 5° в зависимости от диаметра труб при сохранении полной герметичности стыка.

Диапазон применения – холодное водоснабжение, теплосети, канализация.

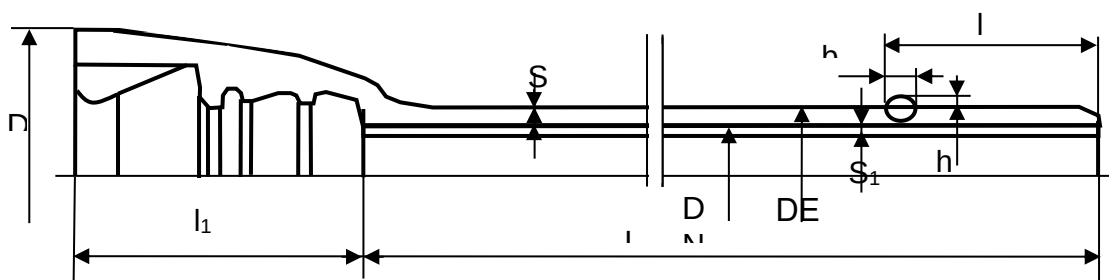


Рисунок 5.6 Труба раструбная соединением «RJ»

Таблица 5.5 Основные размеры и масса трубы.

Размеры, мм									Масса растр уба, кг	Масса 1 м трубы без раструба (с цем. покрытием) , кг	Условная масса трубы с раструбом (без цем. покрытия / с цем. покрытием), кг, при расчетной длине L			
DN	D	DE	S	S ₁	l	l ₁ *	h	b			5800		6000	
80	156	^{+1,0} 98 ^{-2,7}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 ^{-1,5}	85	127 127	5,0	8 ^{±2}	5,4	14,1	76,0	87,0	78,5	90,0
100	174	^{+1,0} 118 ^{-2,8}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 ^{-1,5}	91	133 135	5,0	8 ^{±2}	6,9	17,5	95,0	108,0	98,0	112,0
125	203	^{+1,0} 144 ^{-2,8}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 ^{-1,5}	95	139 143	5,0	8 ^{±2}	8,8	21,7	118,0	135,0	122,0	139,0
150	230	^{+1,0} 170 ^{-2,9}	6,0 ^{-1,3}	^{+2,0} 4 ^{-1,5}	101	144 150	5	8 ^{±2}	10,7	26,2	143,0	163,0	148,0	168,0
200	288	^{+1,0} 222 ^{-3,0}	6,3 ^{-1,5}	^{+2,0} 4 ^{-1,5}	106	155 160	5,5	9 ^{±2}	16,8	35,3	194,0	222,0	200,5	229,0
250	346	^{+1,0} 274 ^{-3,0}	6,8 ^{-1,6}	^{+3,0} 4 ^{-1,5}	106	165 165	5,5	9 ^{±2}	23,2	46,0	255,0	290,0	264,0	299,0
300	402	^{+1,0} 326 ^{-3,3}	7,2 ^{-1,6}	^{+3,0} 4 ^{-1,5}	106	175 170	5,5	9 ^{±2}	29,6	57,5	323,0	363,0	334,0	375,0
350	458	^{+1,0} 378 ^{-3,4}	7,7 ^{-1,7}	^{+3,5} 5 ^{-2,0}	110	180	6,0	10 ^{±2}	35,7	75,4	401,0	473,0	415,0	488,0
400	513	^{+1,0} 429 ^{-3,5}	8,1 ^{-1,7}	^{+3,5} 5 ^{-2,0}	115	185 190	6,0	10 ^{±2}	44,5	90,3	480,0	568,0	497,0	586,0
500	618	^{+1,0} 532 ^{-3,8}	9,0 ^{-1,9}	^{+3,5} 5 ^{-2,0}	120	200	6,0	10 ^{±2}	62,8	122,9	666,0	776,0	689,0	800,0

Примечание - Допуск по массе для труб без цементного покрытия: DN100-200 мм – 8%;
DN250-500 мм – 5%.

* В графе I₁ верхние цифры – длина раструба под уплотнительное кольцо типа «TYTON», нижние цифры – под уплотнительное кольцо типа «ВРС».

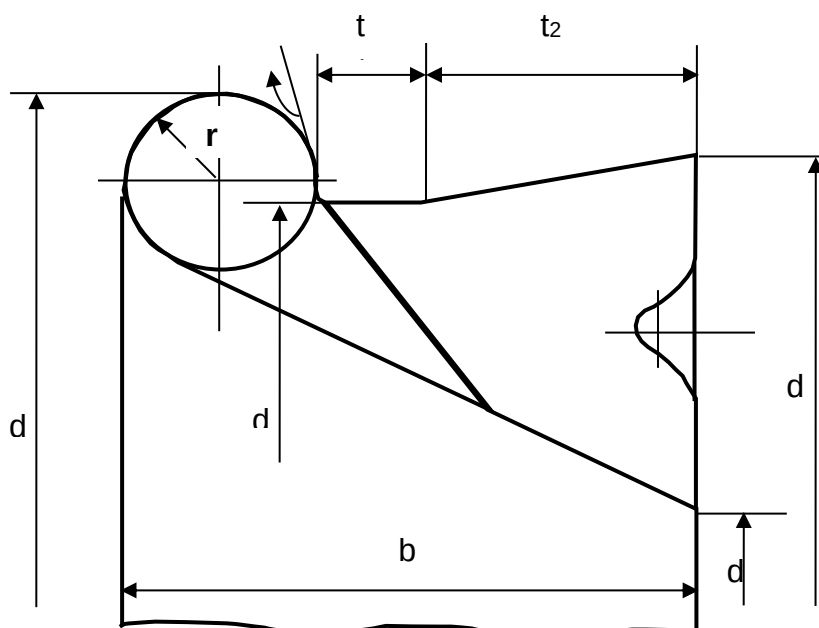
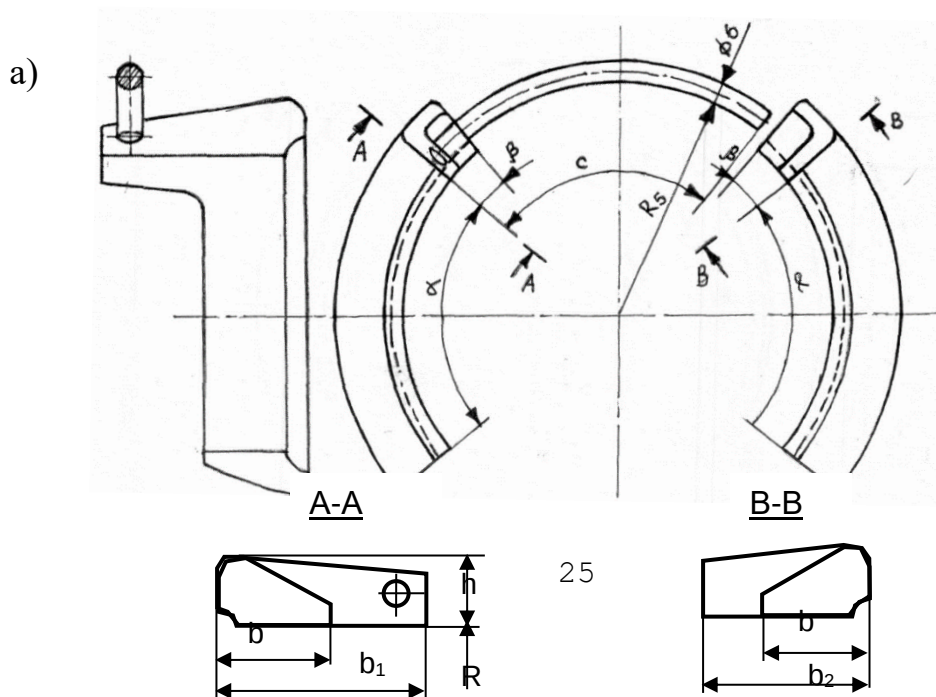


Рисунок 5.7 Уплотнительное резиновое кольцо типа «ВРС».

Таблица 5.6 Основные размеры и масса уплотнительного кольца.

Размеры, мм									Масса, кг (справочная)
<i>DN</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>d</i> ₄	<i>b</i>	<i>t</i> ₁	<i>t</i> ₂	<i>R</i> ₁	
100	146,5 ^{±1}	134,5 ^{±1}	99,5 ^{±1}	140,5 ^{±1}	30	5,5	14,3	5,0	0,17
125	172,5 ^{±1}	160,5 ^{±1}	123,0 ^{±1}	167,0 ^{±1}	31	5,5	15,3	5,0	0,28
150	203,5 ^{±1,5}	189,5 ^{±1,5}	151,0 ^{±1,5}	196,0 ^{±1,5}	32	5,5	15,3	5,5	0,41
200	260,0 ^{±1,5}	244,0 ^{±1,5}	202,0 ^{±1,5}	250,0 ^{±1,5}	33	5,5	15,3	6,0	0,50
250	315,0 ^{±1,5}	299,0 ^{±1,5}	257,0 ^{±1,5}	305,0 ^{±1,5}	33	5,5	15,3	6,0	0,63
300	369,0 ^{±1,5}	353,0 ^{±1,5}	311,0 ^{±1,5}	359,0 ^{±1,5}	33	5,5	15,3	6,0	0,95



б)

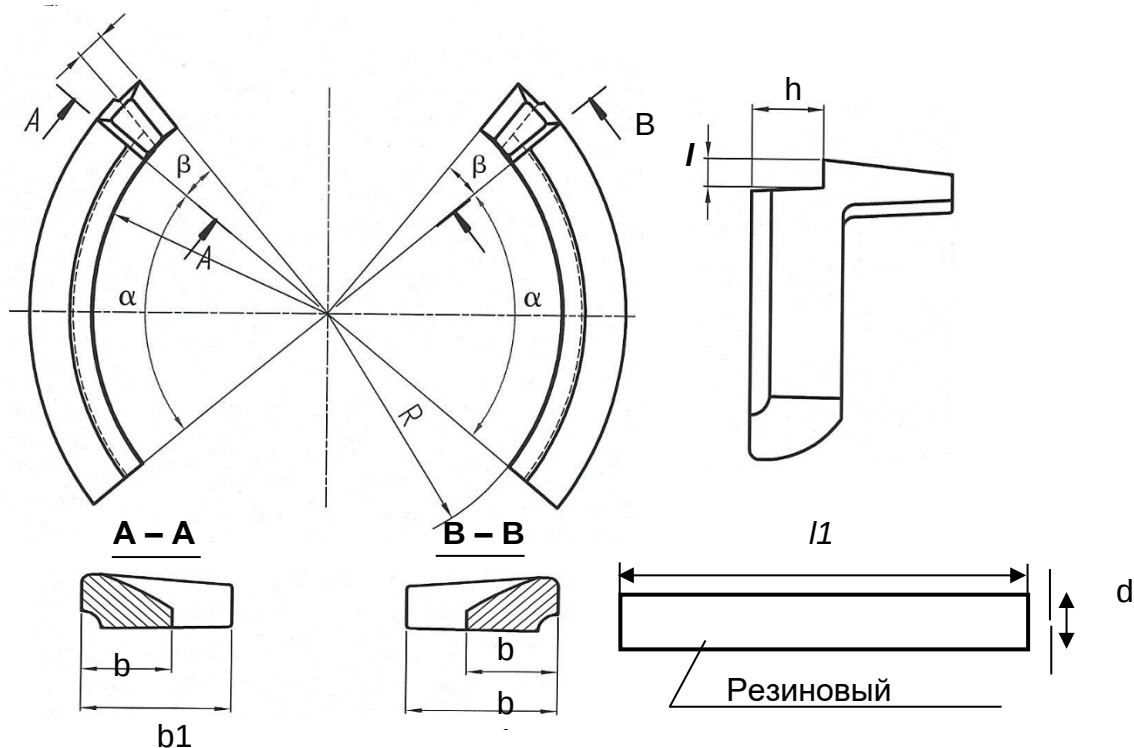


Рисунок 5.8 Стопор из ВЧШГ для соединения «RJ»: а) со стопорной проволокой; б) с резиновым фиксатором.

Таблица 5.7 Основные размеры и масса стопора со стопорной проволокой.

$\underline{DN}$ $\underline{мм}$	$\underline{b_1}$ $\underline{мм}$	$\underline{b_2}$ $\underline{мм}$	$\underline{b_3}$ $\underline{мм}$	$\underline{h}$ $\underline{мм}$	$\underline{R}$ $\underline{мм}$	$\underline{\alpha}^{\circ}$	$\underline{\beta}^{\circ}$	$\underline{c}^{\circ}$	$\underline{c_1}$ $\underline{мм}$	Масса стопора	
										левого со стоп. пров., кг	правого, кг
80	48	38	24	17	49	78	12,0	92	90	0,23	0,20
100	50	38	24	17	59	78	11,0	93	107	0,26	0,22
125	52	40	25	18	72	78	10,0	94	128	0,37	0,32
150	55	43	26	18	85	78	9,0	95	152	0,43	0,38
200	60	48	26	19	111	78	8,0	96	197	0,60	0,54
250	65	53	28	21	137	80	7,0	97	243	0,85	0,77
300	70	58	30	22	163	50	6,0	56	167	0,77	0,70
350	75	63	34	23	189	50	5,5	54,5	188	0,99	0,92
400	80	67	38	24	214	50	5,0	53	207	1,18	1,10
500	85	72	38	24	266	48	4,5	51,5	248	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.									
DN, мм	b1, мм	b2, мм	h1, мм	l, мм	R, мм	α°	β°	ll, мм	d, мм
80	38	24	18	5	49	78	12	91	18 ±0,5
100	38	24	18	7	59	78	11	110	18 ±0,5
125	40	25	18	7	72	78	10	133	18 ±0,5
150	43	26	20	5	85	78	9	156	18 ±0,5
200	48	26	20	7	111	78	8	206	18 ±0,5
250	53	28	20	7	137	80	7	255	18 ±0,5
300	58	30	20	7	163	50	6	172	18 ±0,5
400	67	38	20	8	214	50	5	217	18 ±0,5
500	72	38	20	8	266	48	4,5	257	18 ±0,5
Комплект поставки на одну трубу: DN80 - 250 – стопор правый 1 шт., стопор левый 1 шт.; DN300 - 500 – стопор правый 2 шт., стопор левый 2 шт.									

Таблица 5.7.1 Основные размеры стопора с резиновым фиксатором.

Труба с соединением «RJS»

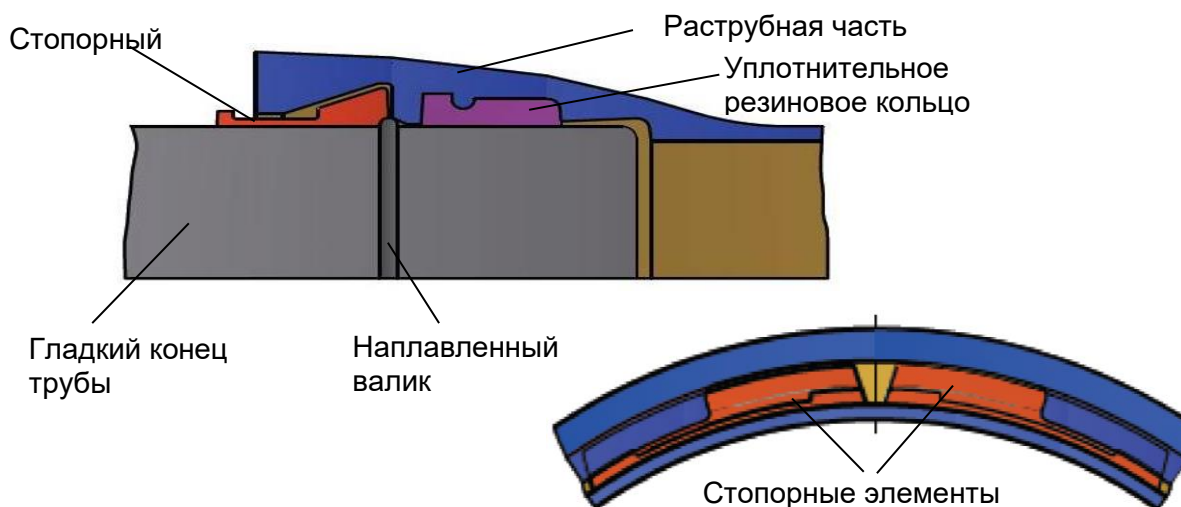


Рисунок 5.9 Раструбно-замковое соединение «RJS».

Соединение «RJS» - стыковое раструбно-замковое соединение под уплотнительное резиновое кольцо типа «TYTON».

Данное соединение используется при прокладке трубопроводов большого диаметра DN600-1000 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 в сейсмоопасных территориях с устойчивостью сейсмической активности до 9

баллов.

Для этой цели в данном соединении предусмотрены стопорные элементы, которые вставляются 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.

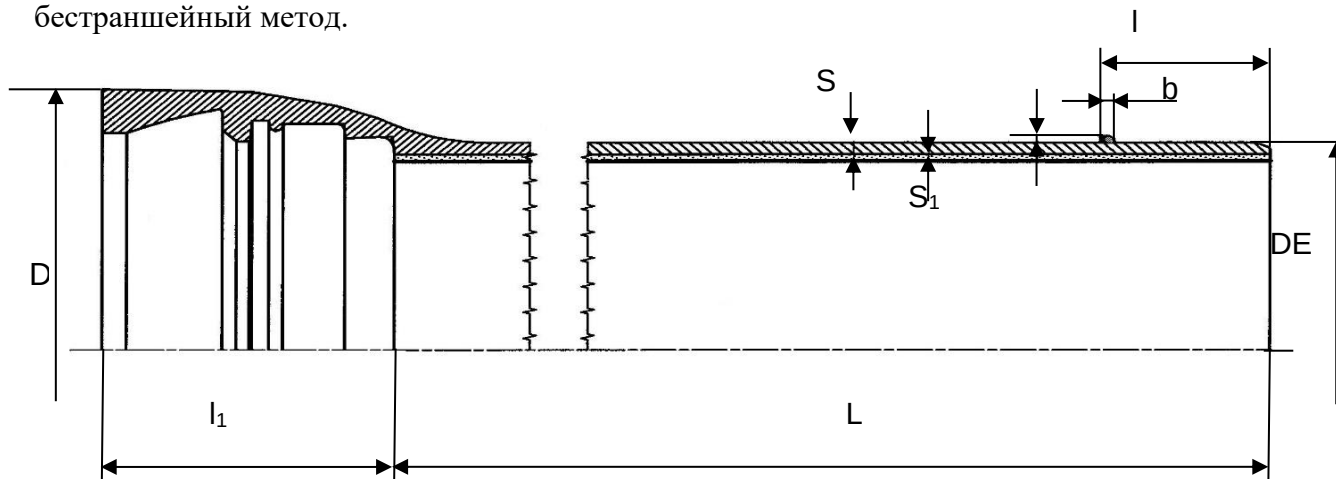


Рисунок 5.10 Труба раструбная с соединением «RJS».

Уплотнительные кольца

Назначением уплотнительных колец, используемых в раструбных соединениях труб ВЧШГ, является обеспечение гарантии того, что уплотнение будет полностью герметично во время всего срока службы трубопровода. Общие рекомендации по использованию уплотнительных колец из различных материалов для трубопроводов различного назначения приведены в таблице 5.7.2

Таблица 5.7.2 Общие рекомендации по применению материалов уплотнительных резиновых колец в различных средах.

Обозначение резин, химическое название	Максимальная температура эксплуатации,	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)

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 5.7.3.

Таблица 5.7.3 Максимально допустимая концентрация различных веществ в воде для резин EPDM и NBR.

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

Гидроксид калия	Не ограничено	Не ограничено
Пиридин	Не ограничено	Не ограничено
Хинолин	Не ограничено	Не ограничено
Гидроксид натрия	Не ограничено	Не ограничено
Триметиламин	Не ограничено	Не ограничено
Соли		
Хлорид натрия	Не ограничено	Не ограничено
Хлорид калия	Не ограничено	Не ограничено
Сульфат аммония	Не ограничено	Не ограничено

ООО «ЛТК «Свободный сокол» поставляет уплотнительные кольца, изготовленные из резины EPDM.

Диапазон используемых температур для уплотнительных колец: от минус 20 до плюс 150 °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 5.7.4.

Таблица 5.7.4 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±0,5)·10 ⁻⁵ %, температуре 40 °С и деформации растяжения 20 %	Трещины не допускаются	

Таблица 5.8 Основные размеры и масса трубы.

Размеры, мм									Масса раструба, кг	Масса 1 м трубы без раструба (с цем. покрытием), кг	Расчётная масса (кг) трубы с раструбом (без цем. покрытия / с цем. покрытием) длиной L, мм			
DN	D	DE	S	S ₁	l	l ₁	^{+0,5} h _{-1,0}	b ^{±2}			5800		6000	
600	729	^{+1,0} 635 _{-4,0}	9,9 ^{-1,9}	^{+3,5} 5 _{-2,0}	120	200	7,0	11,0	92,5	159,3	888,2	1010,0	916,0	1048,0
700	848	^{+1,0} 738 _{-4,2}	10,8 ^{-2,0}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	150	235	7,0	11,0	120,0	205,8	1129,0	1314,0	1164,0	1355,0
800	960	^{+1,0} 842 _{-4,5}	11,7 ^{-2,1}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	160	245	7,0	11,0	154,0	250,6	1403,0	1608,0	1446,0	1658,0
900	1060	^{+1,0} 945 _{-4,8}	12,6 ^{-2,2}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	175	260	7,5	11,5	193,0	300,2	1703,0	1934,0	1755,0	1994,0
1000	1164	^{+1,0} 1048 _{-5,0}	13,5 ^{-2,3}	^{+4,0} 6 _{-2,5}	185	270	7,5	11,5	239,0	353,3	2033,0	2288,0	2095,0	2359,0

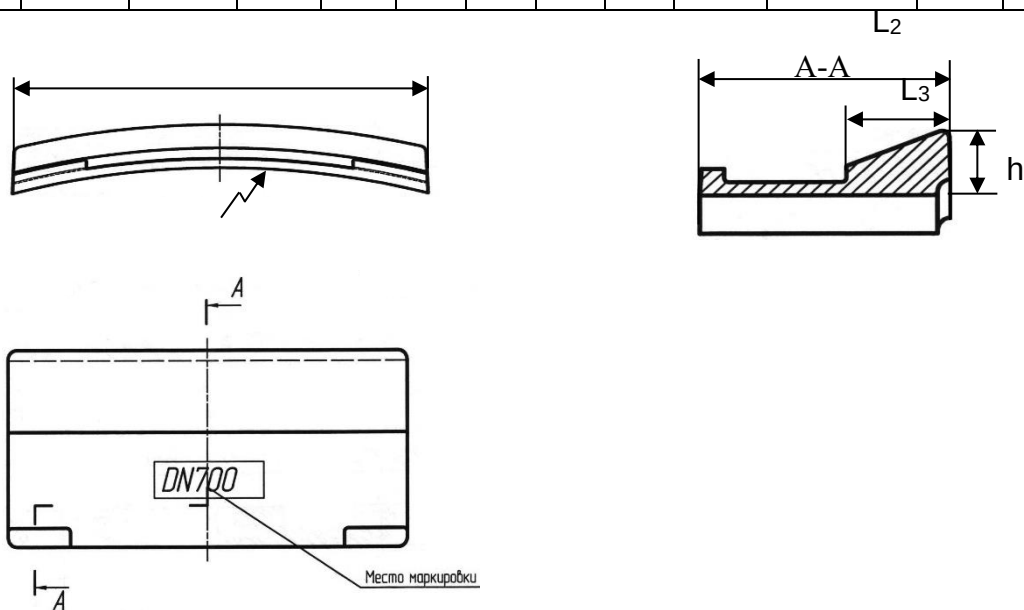
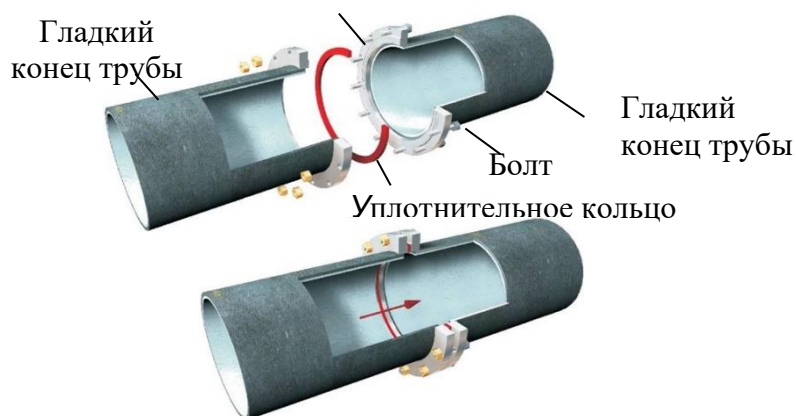


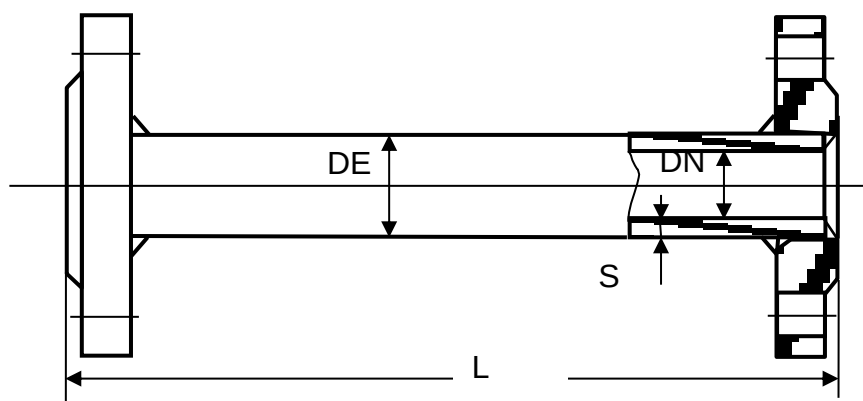
Рисунок 5.11 Стопорные элементы для соединения «RJS».

Таблица 5.9 Основные размеры и масса стопорного элемента.

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 соедине ние
600	193,6	105	43	317,5	25±1	10	1,8	18,0
700	222,0	103	43	369,0	28,9±1	10	2,0	20,0
800	256,7	107	44	421,0	30,5±1	10	2,1	21,0
900	222,21	108	45	472,5	29,2±1	13	2,2	28,6
1000	230,0	108	45	524,0	29,3±1	14	2,6	36,4

Труба с приварными фланцами**Рисунок 5.12****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. 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 5.13 Труба с приварными фланцами.****Таблица 5.10****Основные размеры и масса трубы.**

Размеры, мм	Масса фланца, кг	Масса 1 м трубы без	Расчётная масса трубы с фланцами (кг) длиной
-------------	------------------	---------------------	--

					фланца, кг	$L = 5500$ 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.

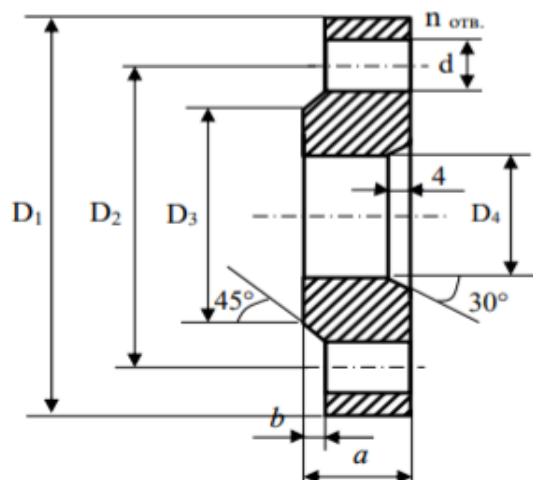
Фланец

Рисунок 5.14 Фланец из высокопрочного чугуна.

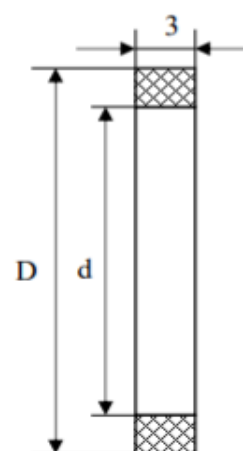


Рисунок 5.15 Уплотнительное кольцо для фланцевого соединения.

Таблица 5.11

Основные размеры и масса 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.	Масса фланца, кг
80	98	10	200	160	132	19	19	3	8	2,8
		16								
100	118	10	220	180	156	19	19	3	8	3,3
		16								
125	144	10	250	210	184	19	19	3	8	4,0
		16								
150	170	10	285	240	211	23	19	3	8	5,0
		16								
200	222	10	340	295	266	23	20	3	8	6,9
		16							12	6,7
250	274	10	400	350	319	23	22	3	12	9,8
		16		355		28				9,4
300	326	10	455	400	370	23	24,5	4	12	13,0
		16		410		28				12,6
350	378	10	505	460	429	23	24,5	4	16	14,7
		16	520	470		28	26,5			17,5
400	429	10	565	515	480	28	24,5	4	16	17,2
		16	580	525		31	28,0			22,1
500	532	10	670	620	582	28	26,5	4	20	23,2
		16	715	650	609	34	31,5			37,4
600	635	10	780	725	682	31	30,0	5	20	32,8
		16	840	770	720	37	36,0			57,6
700	738	10	895	840	794	31	32,5	5	24	44,3
		16	910			37	39,5			57,4
800	842	10	1015	950	901	34	35,0	5	24	58,8
		16	1025			40	43,0			76,8
900	945	10	1115	1050	1001	34	37,5	5	28	69,6
		16	1125			40	46,5			91,4
1000	1048	10	1230	1160	1112	37	40,0	5	28	87,6
		16	1255	1170		43	50,0			127,0

n^* - количество отверстий под болты

Таблица 5.12 Основные размеры уплотнительного кольца, мм

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

Соединительные части под все виды соединений предназначены для эксплуатации в трубопроводах с допустимым рабочим давлением согласно таблице 5.13.

Таблица 5.13 Допустимое рабочее давление (PFA) (по результатам экспериментальных испытаний)

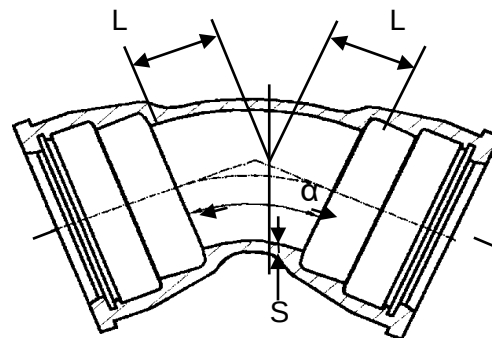
DN, мм	Допустимое рабочее давление, бар				
	Раструбное соединение:			Фланцевое соединение	
				PN10	PN16
	TYTON	RJ/RJS	TYTON-SIT		
80	100	64	16	16	16
100	100	64	16	16	16
125	64	64	16	16	16
150	64	64	16	16	16
200	64	64	16	10	16
250	50	40	10	10	16
300	50	30	10	10	16
350	50	30	10	10	16
400	40	30	10	10	16
500	40	30	10	10	16
600	40	20	10	10	16
700	30	20		10	16
800	30	20		10	16
900	30	16		10	16
1000	30	16		10	16

*по заказу потребителя возможно изготовление фланцевых соединительных частей с номинальным давлением 25 бар(2,5 МПа) и 40 бар (4,0МПа). Размеры уточнять у предприятия-изготовителя.

Фасонные части

Таблица 5.14 Основные размеры отводов, мм

ОТВОД РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)						
DN	S	$\alpha=10^\circ$	$\alpha=15^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	Вес $\approx$ [кг]
		L	L	L	L	
80	7,0	95	95	96	99	15,4
100	7,2	126	127	129	132	23,7
125	7,2	146	147	149	153	30,1
150	7,8	165	166	169	174	37,7
200	8,4	205	206	209	215	59,4
250	9,0	205	206	209	215	81,3



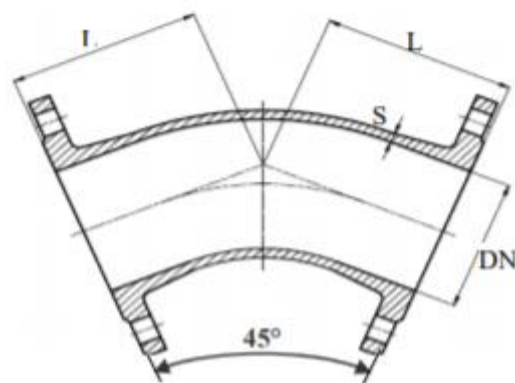
300	9,6	205	206	209	215	107,8
350	10,2	236	238	241	248	143
400	10,8	276	277	281	290	188
500	12,0	354	356	362	373	301
600	13,2	386	288	394	406	427
700	14,4	425	428	434	447	602
800	15,6	504	507	515	530	831
900	16,8	536	539	547	563	1076
1000	18,0	575	578	587	604	1372

ОТВОД РАСТРУБНЫЙ (ISO)

<i>DN</i>	<i>S</i>	$\alpha=11^{\circ}15'$	$\alpha=22^{\circ}30'$	$\alpha=45^{\circ}$	Вес $\approx$ [кг]
		<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	
80	7,0	30	40	55	8,3
100	7,2	30	40	65	13,3
125	7,5	35	50	75	14,5
150	7,8	35	55	85	32,2
200	8,4	40	65	110	33,0
250	9,0	50	75	130	38,9
300	9,6	55	85	150	55,1
350	10,2	60	95	175	81
400	10,8	65	110	195	91,3
500	12,0	75	130	240	146
600	13,2	85	150	285	197
700	14,4	95	175	330	312
800	15,6	110	195	370	497
900	16,8	120	220	415	578
1000	18,0	130	240	460	768

ОТВОД ФЛАНЦЕВЫЙ $\alpha=45^{\circ}$ (ISO)

<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес $\approx$ [кг]
80	7,0	130	10,3
100	7,2	140	12,6



125	7,5	150	17,5
150	7,8	160	21,6
200	8,4	180	32,4
250	9,0	250	60,9
300	9,6	400	90,2
350	10,2	300	102,6
400	10,8	325	129,1
500	12,0	375	235,4
600	13,2	425	347
700	14,4	480	481
800	15,6	530	442
900	16,8	580	480
1000	18,0	630	685

ОТВОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ГОСТ)

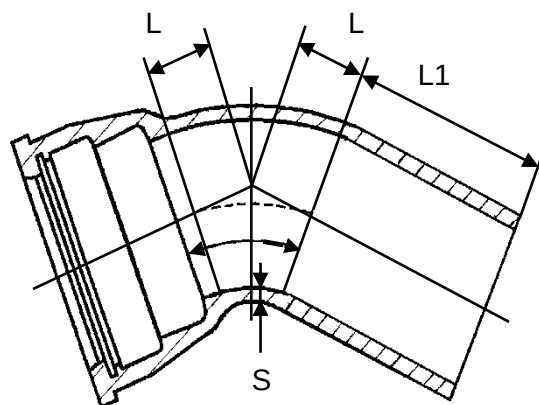
<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>T/RJ</i>	$\alpha=10^\circ$	$\alpha=15^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	Вес $\approx$ [кг]
		<i>L1</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	
80	7,0	75/130	95	95	96	99	11,1
100	7,2	80/140	126	127	129	132	15,7
125	7,2	80/150	146	147	149	153	22,6
150	7,8	85/160	165	166	169	174	28,8
200	8,4	85/170	205	206	209	215	47,5
250	9,0	90/175	205	206	209	215	65
300	9,6	95/180	205	206	209	215	84,4

ОТВОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ISO)

<i>DN</i>	<i>S</i>	$\alpha=10^\circ$		Вес $\approx$ [кг]	$\alpha=15^\circ$		Вес $\approx$ [кг]
		<i>L</i>	<i>L1</i>		<i>L</i>	<i>L1</i>	
80	8,1	30	210	7,6	38	210	8,1
100	8,4	33	210	10,5	33	210	9,5
125	8,8	36	225	14	49	225	15
150	9,1	40	244	19,2	40	244	18,8
200	9,8	46	265	26,8	46	265	28,0
250	10,5	50	205	38	65	200	54,4
300	11,2	65	209	52,3	65	209	53,6
400	12,6	38	200	68,0	100	200	77
500	14,0	85	200	83	125	200	97
600	15,6	95	200	163	145	200	163

ОТВОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ISO)

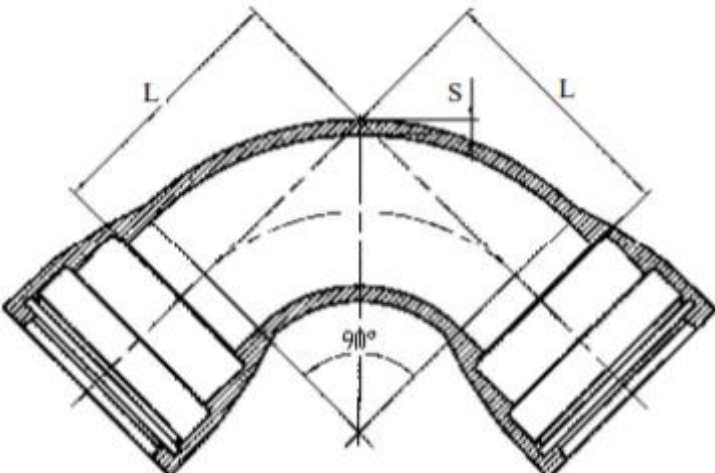
<i>DN</i>	<i>S</i>	$\alpha=30^\circ$	Вес $\approx$	$\alpha=45^\circ$	Вес $\approx$ [кг]
-----------	----------	-------------------	---------------	-------------------	-----------------------



		<i>L</i>	<i>L1</i>	[кг]	<i>L</i>	<i>L1</i>	
80	8,1	44	210	7,4	55	210	8,4
100	8,4	18	240	10,6	20	250	11,2
125	8,8	57	225	15	76	225	16,2
150	9,1	65	244	19,2	70	260	20,4
200	9,8	80	265	33,0	80	294	33,4
250	10,5	95	175	39	130	170	41,7
300	11,2	110	170	54,8	155	160	64,4
400	12,6	108	200	93,0	168	200	109,0
500	14,0	170	200	107	240	200	187
600	15,6	200	212	178	285	244	250,5

Колена, переходы, патрубки

Таблица 5.15 Основные размеры колен, переходов и патрубков, мм

КОЛЕНА РАСТРУБНОЕ (ГОСТ)				
<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]	
80	7,0	180	15,5	
100	7,2	240	15,5	
125	7,5	265	30,1	
150	7,8	290	27,0	
200	8,4	340	44,6	
250	9,0	340	81,3	
300	9,6	340	83,6	
350	9,6	400	143	
400	10,8	450	188	
500	12,0	550	301	
600	13,2	610	427	
700	14,4	660	602	
800	15,6	760	831	
900	16,8	820	1076	
1000	18,0	870	1872	
КОЛЕНА РАСТРУБНОЕ (ISO)				
<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]	
80	7,0	100	8,5	
100	7,2	120	12,1	
125	7,5	150	16,2	
150	7,8	170	22,8	
200	8,4	220	34,8	
250	9,0	280	52,9	

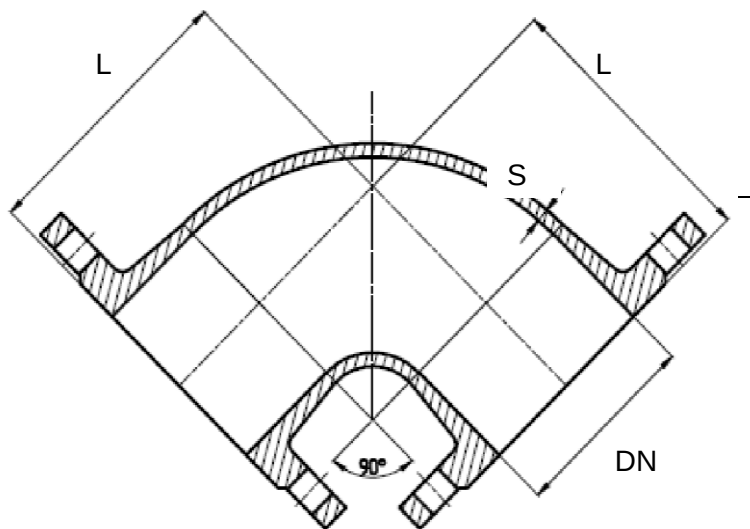
300	9,6	320	72,4
350	9,6	410	-
400	10,8	430	138,0
500	12,0	550	-
600	13,2	780	-
700	14,4	720	-
800	15,6	800	-
900	-	-	-
1000	-	-	-

КОЛЕНО ФЛАНЦЕВОЕ (ГОСТ)

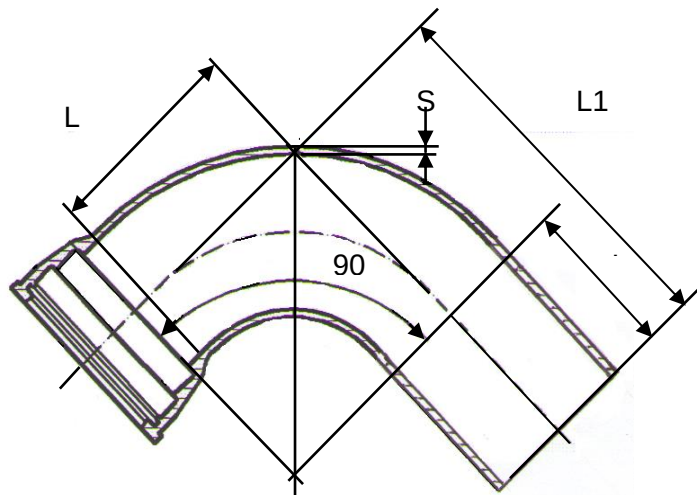
<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
80	7,0	150	13
100	7,2	200	17,2
125	7,5	225	24,3
150	7,8	250	29,2
200	8,4	300	43,4
250	9,0	300	67,1
300	9,6	300	67
350	10,2	350	115
400	10,8	400	155
500	12,0	500	245
600	13,2	550	347
700	14,4	600	494
800	15,6	700	704
900	16,8	750	893
1000	18,0	800	1132

КОЛЕНО ФЛАНЦЕВОЕ (ISO)

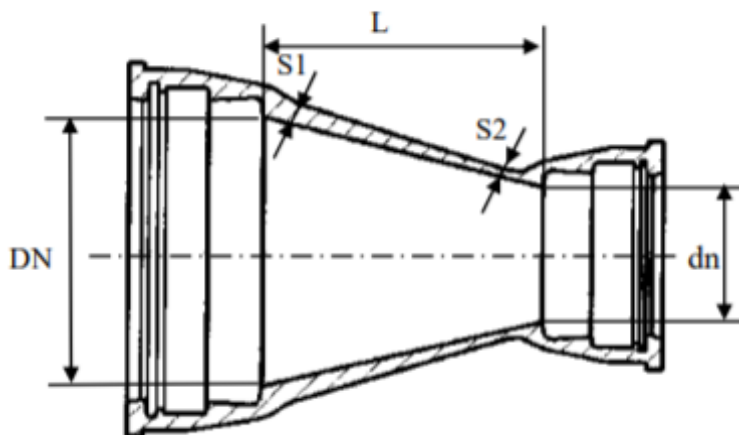
<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
80	7,0	165	10,2
100	7,2	180	13,8
125	7,5	200	22
150	7,8	220	21,8
200	8,4	260	35,0
250	9,0	350	58,3
300	9,6	400	82,1
350	10,2	450	11,2
400	10,8	500	139,0
500	12,0	600	277,5
600	13,2	700	404
700	14,4	800	420



800	15,6		900	720	
900	16,8		1000	836	
1000	18,0		1100	1099	
80	7,0	120	350	230	14,2
100	7,2	160	400	240	17,1
125	7,5	185	425	240	27,9
150	7,8	210	450	240	32,6
250	8,4	260	500	240	49,0
250	9,0	260	500	240	66,9
300	9,6	260	500	240	88,2
КОЛЕНО РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ (ISO)					
DN	S	L	L1	L2	Вес ≈ [кг]
80	8,1	80	310	230	9
100	8,4	100	340	240	12,4
125	8,8	130	370	240	18,4
150	9,1	150	390	240	22,9
200	9,8	200	440	240	40,2
250	10,5	250	500	250	54,2
300	11,2	300	550	250	88,2
400	12,6	405	625	220	168,0
500	14,0	510	700	190	235,4
600	15,4	605	805	200	314



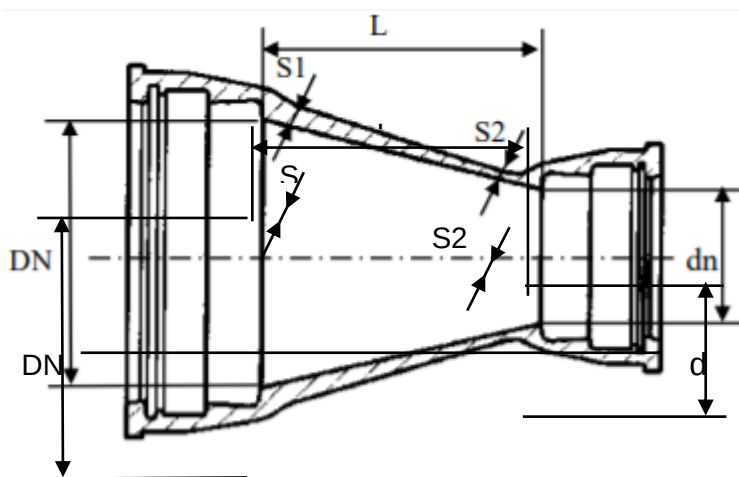
ПЕРЕХОД РАСТРУБНЫЙ (ISO)				
DN x dn	S1	S2	L	Вес ≈ [кг]
100x80	7,2	7,0	90	9,2
125x80	7,5	7,0	140	11,3
125x100	7,5	7,2	100	11,8
150x80	7,8	7,0	190	15,1
150x100	7,8	7,2	150	15,7
150x125	7,8	7,5	100	15,7
200x100	8,4	7,2	250	20,5
200x125	8,4	7,5	200	22,7
200x150	8,4	7,8	150	22,1
250x125	9,0	7,5	300	31,3
250x150	9,0	7,8	250	34,6
250x200	9,0	8,4	150	34,6
300x150	9,6	7,8	350	50,2
300x200	9,6	8,4	250	43,2



300x250	9,6	9,0	150	43,7
350x200	10,2	8,4	360	48
350x250	10,2	9,0	260	47
350x300	10,2	9,6	160	45
400x250	10,8	9,0	360	73,5
400x300	10,8	9,6	260	68
400x350	10,8	10,2	160	70
500x350	12,0	10,2	360	143,6
500x400	12,0	10,8	260	150,7
600x400	13,2	10,8	460	185,8
600x500	13,2	12,0	260	186,8
700x500	14,4	12,0	480	341,5
700x600	14,4	13,2	280	252,5
800x600	15,6	13,2	480	288
800x700	15,6	14,4	280	296
900x700	16,8	14,4	480	382
900x800	16,8	15,6	280	347
1000x800	18,0	15,6	480	476
1000x900	18,0	16,8	280	476

ПЕРЕХОД РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)

<i>DN x dn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
100x80	7,2	7,0	200	16,3
125x80	7,5	7,0	250	20,8
125x100	7,5	7,2	200	21,3
150x80	7,8	7,0	300	24,8
150x100	7,8	7,2	250	15,5
150x125	7,8	7,5	200	26,8
200x80	8,4	7,0	400	35,7
200x100	8,4	7,2	350	21,3
200x125	8,4	7,5	300	37,6
200x150	8,4	7,8	250	37,9
250x100	9,0	7,2	450	50,2
250x125	9,0	7,5	400	52
250x150	9,0	7,8	350	24,0
250x200	9,0	8,4	250	53,1
300x125	9,6	7,0	500	69,3
300x150	9,6	7,8	450	69,3
300x200	9,6	8,4	350	70,5
300x250	9,6	9,0	250	70,7



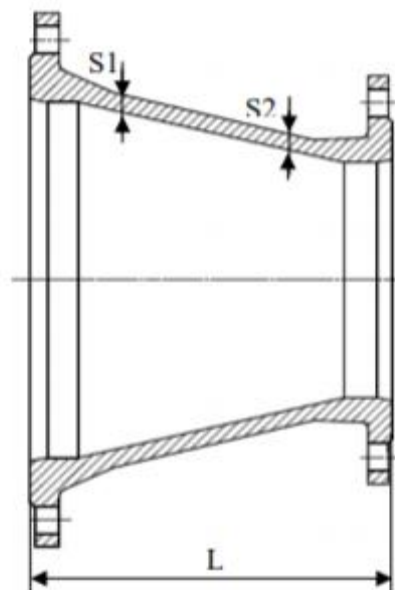
350x200	10,2	8,4	450	91,7
350x250	10,2	9,0	350	91,9
350x300	10,2	9,6	250	90,6
400x250	10,8	9,0	450	116
400x300	10,8	9,6	350	115
400x350	10,8	10,2	250	112
500x350	12,0	10,2	500	183
500x400	12,0	10,8	400	179
600x400	13,2	10,8	600	265
600x500	13,2	12,0	400	247
700x500	14,4	12,0	600	354
700x600	14,4	13,2	400	331
800x600	15,6	13,2	600	457
800x700	15,6	14,4	400	430
900x700	16,8	14,4	600	588
900x800	16,8	15,6	400	542
1000x800	18,0	15,6	600	734
1000x900	18,0	16,8	400	679

ПЕРЕХОД ФЛАНЦЕВЫЙ (ISO)

<i>DN x dn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
100x80	7,2	7,0	200	11,5
125x100	7,5	7,2	200	-
150x125	7,8	7,5	200	17
200x150	8,4	7,8	300	27,4
250x200	9,0	8,4	300	-
300x250	9,6	9,0	300	46
350x300	10,2	9,6	300	63,2
400x350	10,8	10,2	300	75,6
500x400	12,0	10,8	600	173
600x500	13,2	12,0	600	283
700x600	14,4	13,2	600	346
800x700	15,6	14,4	600	413
900x800	16,8	15,6	600	432
1000x900	18,0	16,8	600	612

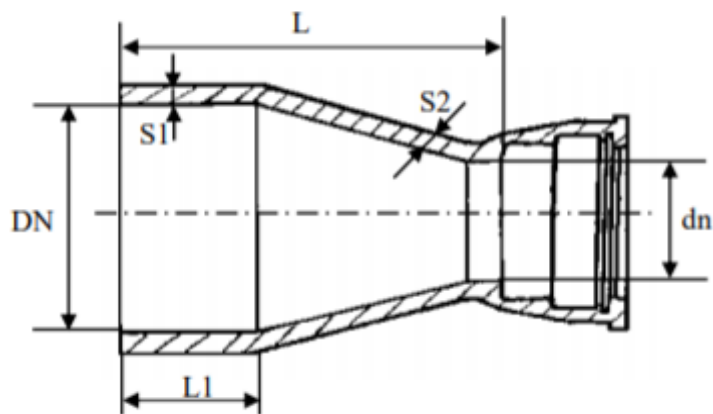
ПЕРЕХОД ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)

<i>DN x dn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
100x80	7,2	7,0	200	12,0
125x80	7,5	7,0	250	16,7
125x100	7,5	7,2	200	16,3



150x80	7,8	7,0	300	20,3
150x100	7,8	7,2	250	19,9
150x125	7,8	7,5	200	20,6
200x80	8,4	7,0	400	30,2
200x100	8,4	7,2	350	29,6
200x125	8,4	7,5	300	30,4
200x150	8,4	7,8	250	30,3
250x100	9,0	7,2	450	41
250x150	9,0	7,8	350	41,8
250x200	9,0	8,4	250	42,4
300x125	9,6	7,0	500	55
300x150	9,6	7,8	450	67,0
300x200	9,6	8,4	350	57,0
300x250	9,6	9,0	250	52,2
350x300	10,2	9,6	250	65,4
400x350	10,8	10,2	250	81,9
500x400	12,0	10,8	350	125
600x500	13,2	12,0	350	166
700x600	14,4	13,2	350	220
800x700	15,6	14,4	350	291
900x800	16,8	15,6	350	361
1000x900	18,0	16,8	350	436

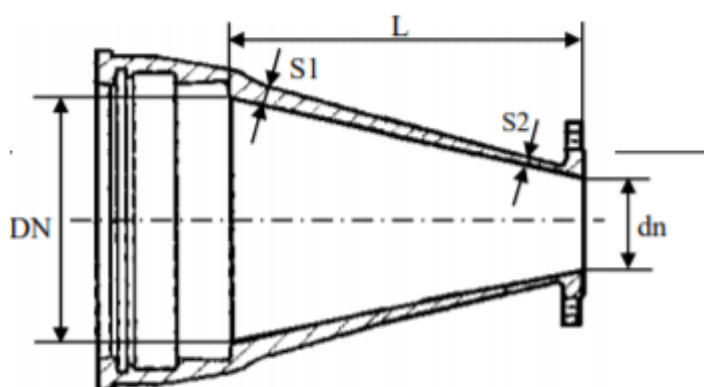
**ПЕРЕХОД РАСТРУБ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ
(ГОСТ)**



<i>DN x dn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L</i>	<i>L1</i>	Вес ≈ [кг]
100x80	7,2	7,0	250	90	10,9
125x80	7,5	7,0	300	90	13,6
125x100	7,5	7,2	250	90	14,1
150x80	7,8	7,0	350	90	16,2
150x100	7,8	7,2	300	90	16,7

150x125	7,8	7,5	250	90	18,2
200x80	8,4	7,0	450	90	24,6
200x100	8,4	7,2	400	90	25,1
200x125	8,4	7,5	350	90	26,3
200x150	8,4	7,8	300	90	19,4
250x100	9,0	7,2	500	90	35
250x150	9,0	7,8	400	90	36,2
250x200	9,0	8,4	300	90	37
300x125	9,6	7,5	550	90	48,4
300x150	9,6	7,8	500	90	48,5
300x200	9,6	8,4	400	90	49,4
300x250	9,6	9,0	300	90	49,1

ПЕРЕХОД РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ГОСТ)



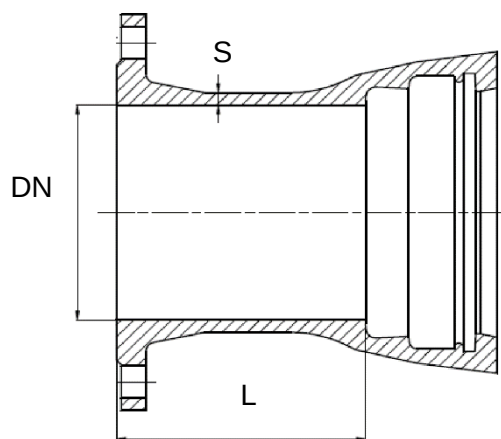
<i>DN x dn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
100x80	7,2	7,0	200	15,1
125x80	7,5	7,0	250	19,6
125x100	7,5	7,2	200	19,2
150x80	7,8	7,0	300	23,7
150x100	7,8	7,2	250	23,2
150x125	7,8	7,5	200	23,9
200x80	8,4	7,0	400	34,5
200x100	8,4	7,2	350	33,9
200x125	8,4	7,5	300	34,7
200x150	8,4	7,8	250	34,6
250x100	9,0	7,2	450	48,1
250x150	9,0	7,8	350	48,9
250x200	9,0	8,4	250	48,8
300x125	9,6	7,5	500	66,4
300x150	9,6	7,8	450	66
300x200	9,6	8,4	350	66,2

300x250	9,6	9,0	250	63,6
350x150	10,2	7,8	550	86,1
350x200	10,2	8,4	450	87,4
350x250	10,2	9,0	350	84,4
350x300	10,2	9,6	250	79,2
400x200	10,8	8,4	550	112
400x250	10,8	9,0	450	109
400x300	10,8	9,6	350	104
400x350	10,8	10,2	250	98
500x350	12,0	10,2	450	160
500x400	12,0	10,8	350	153
600x400	13,2	10,8	550	232
600x500	13,2	12,0	350	206
700x500	14,4	12,0	550	312
700x600	14,4	13,2	350	275
800x600	15,6	13,2	550	397
800x700	15,6	14,4	350	364
900x700	16,8	14,4	550	508
900x800	16,8	15,6	350	452
1000x800	18,0	15,6	550	642
1000x900	18,0	16,8	350	556

**ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ
(ISO)**

<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
80	7,0	130	8,6
100	7,2	130	11,4
125	7,5	135	14,5
150	7,8	135	16,1
200	8,4	140	24,5
250	9,0	145	32,5
300	9,6	150	45
350	10,2	155	58
40	10,8	160	74,0
500	12,0	170	109
600	13,2	180	145,5
700	14,4	190	176,6
800	15,6	200	262
900	16,8	210	278
1000	18,0	220	355

ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ

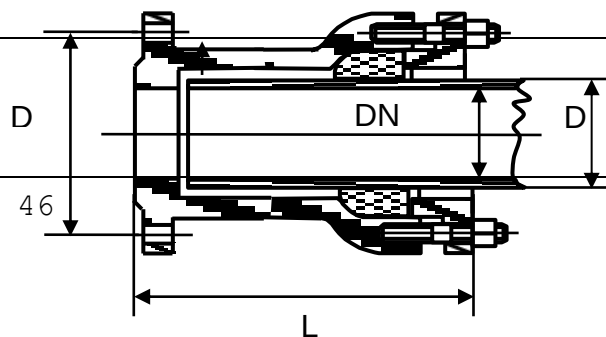
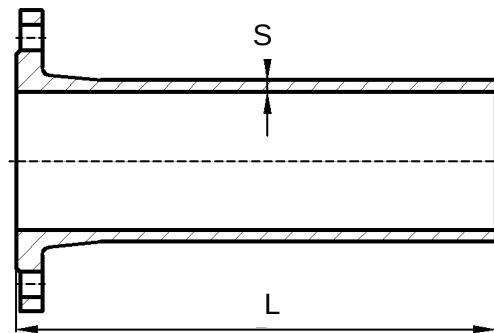


(ГОСТ)			
<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
80	7,0	100	11,2
100	7,2	100	12,5
125	7,5	100	18,2
150	7,8	100	22,1
200	8,4	100	31,1
250	9,0	150	46,2
300	9,6	150	58
350	10,2	150	73,8
400	10,8	150	91,2
500	12,0	150	127
600	13,2	250	200
700	14,4	250	268
800	15,6	250	345
900	16,8	300	453
1000	18,0	300	566

**ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ
(ISO)**

<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]
80	7,0	350	8,5
100	7,2	360	11,1
125	7,5	370	14
150	7,8	380	20,0
200	8,4	400	28,4
250	9,0	420	39,7
300	9,6	440	55,2
350	10,2	460	65,9
400	10,8	480	78,5
500	12,0	520	140,4
600	13,2	560	208,9
700	14,4	600	270
800	15,6	600	320
900	16,8	600	384
1000	18,0	600	380

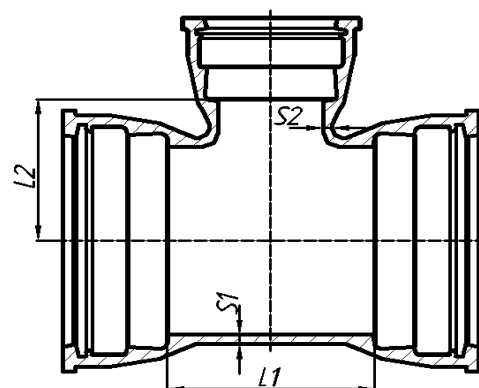
**ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-ГЛАДКИЙ КОНЕЦ
(ГОСТ)**



<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	Вес ≈ [кг]		
80	7,0	300	10		
100	7,2	350	13,1		
125	7,5	350	17,7		
150	7,8	350	21,3		
200	8,4	350	32		
250	9,0	350	42,3		
300	9,6	400	57,8		
350	10,2	400	72,8		
400	10,8	400	89,2		
500	12,0	450	133		
600	13,2	500	190		
700	14,4	500	253		
800	15,6	600	370		
900	16,8	600	444		
1000	18,0	600	536		
ПАТРУБОК ФЛАНЕЦ-РАСТРУБ КОМПЕНСАЦИОННЫЙ (ГОСТ)					
DN	DE	L	D	Вес ≈ [кг]	
100	118	200	180	12	
150	170	240	240	33,	
200	222	225	295	32,6	
250	274	250	350	56,9	
300	326	250	400	52	

Тройники, другие фасонные части
Таблица 5.16 Основные размеры тройников и других фасонных частей, мм

ТРОЙНИК РАСТРУБНЫЙ (ISO)					
<i>DNxdn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]
80x80	7,0	7,0	175	85	14
100x80	7,2	7,0	165	90	15
100x100	7,2	7,2	195	100	17
125x80	7,5	7,0	175	105	20,5
125x100	7,5	7,2	195	115	21,6
125x125	7,5	7,5	225	115	23,2
150x80	7,8	7,0	180	120	24,8
150x100	7,8	7,2	200	125	25,4
150x150	7,8	7,8	260	130	52,6
200x80	8,4	7,0	180	145	38,4

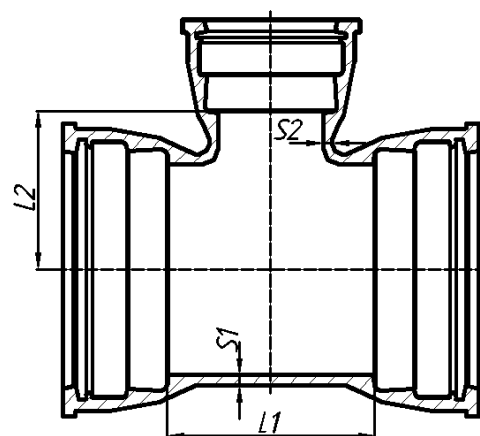


200x100	8,4	7,2	200	150	35,2
200x150	8,4	7,8	260	155	42,1
200x200	8,4	8,4	320	160	70,0
250x100	9,0	7,2	205	190	46,4
250x150	9,0	7,8	265	190	51,8
250x200	9,0	8,4	320	190	56,2
250x250	9,0	9,0	380	190	65,9
300x100	9,6	7,2	210	220	58,3
300x150	9,6	7,8	265	220	62,4
300x200	9,6	8,4	325	220	66,4
300x250	9,6	9,0	380	220	82,1
300x300	9,6	9,6	440	220	92,1
350x100	11,9	8,4	205	220	79
350x200	11,9	9,8	325	240	88
350x250	11,9	10,5	495	245	118,8
350x350	11,9	11,9	495	260	125
400x200	12,6	9,8	325	260	111,8
400x250	12,6	10,5	440	265	118,8
400x300	12,6	11,2	440	270	123,7
400x400	12,6	12,6	560	280	175,5
500x100	14,0	8,4	215	295	131
500x200	14,0	9,8	330	310	145
500x300	14,0	11,2	450	315	170
500x400	14,0	12,6	565	335	195
500x500	14,0	14,0	680	350	233
600x200	15,4	9,8	340	360	205
600x300	15,4	11,2	460	365	231
600x400	15,4	12,6	570	390	245
600x500	15,4	14,0	800	400	325
600x600	15,4	15,4	800	460	340
700x200	14,4	8,4	345	525	264
700x400	14,4	10,8	575	555	355
700x700	14,4	14,4	925	600	497
800x200	15,6	8,4	350	585	-
800x400	15,6	10,8	580	615	520
800x600	15,6	13,2	1045	645	760
800x800	15,6	15,6	1045	675	820
900x200	16,8	8,4	355	645	-
900x400	16,8	10,8	590	675	-
900x600	16,8	13,2	1170	705	525

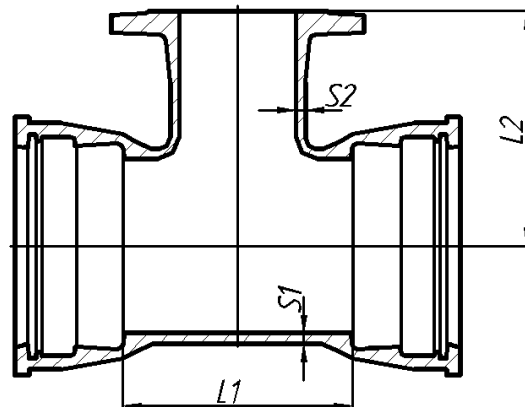
900x900	16,8	16,8	1170	750	850
1000x400	18,0	10,8	360	705	-
1000x600	18,0	13,2	595	735	1028
1000x1000	18,0	18,0	1290	765	-

ТРОЙНИК РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)

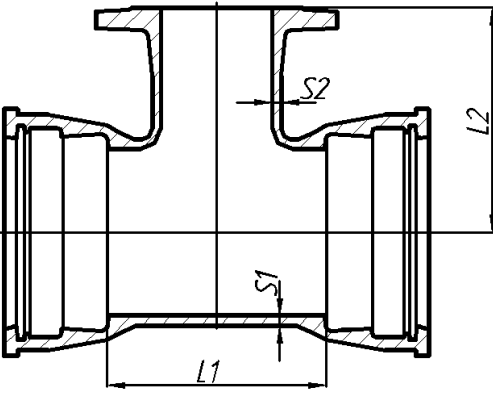
<i>DN x DN</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]
80x80	7,0	7,0	250	115	22
100x80	7,2	7,0	250	125	25,6
100x100	7,2	7,2	300	150	22,5
125x80	7,5	7,0	300	150	34,3
125x100	7,5	7,2	400	300	35,9
125x125	7,5	7,5	400	200	43,8
150x80	7,8	7,0	300	150	39,5
150x100	7,8	7,2	300	150	30,5
150x150	7,8	7,8	400	200	40,5
200x80	8,4	7,0	300	200	54,4
200x100	8,4	7,2	400	200	62,5
200x150	8,4	7,8	400	200	55,0
200x200	8,4	8,4	500	250	61,0
250x100	9,0	7,2	400	200	81,4
250x150	9,0	7,8	400	250	87,8
250x200	9,0	8,4	500	250	102
250x250	9,0	9,0	500	250	82,8
300x100	9,6	7,2	400	250	104
300x150	9,6	7,8	400	250	94,5
300x200	9,6	8,4	500	250	101,8
300x250	9,6	9,0	500	250	131
300x300	9,6	9,6	600	300	155
350x100	11,9	8,4	400	250	128
350x200	11,9	9,8	500	300	153
350x250	11,9	10,5	500	300	160
350x350	11,9	11,9	600	300	191
400x200	12,6	9,8	500	300	180
400x250	12,6	10,5	500	300	186



400x300	12,6	11,2	600	300	209
400x400	12,6	12,6	600	350	243
500x100	14,0	8,4	400	350	219
500x200	14,0	9,8	500	350	249
500x300	14,0	11,2	600	350	283
500x400	14,0	12,6	800	400	351
500x500	14,0	14,0	800	400	376
600x200	15,4	9,8	500	400	334
600x300	15,4	11,2	600	400	374
600x400	15,4	12,6	800	450	453
600x500	15,4	14,0	800	450	477
600x600	15,4	15,4	900	450	525
700x200	14,4	8,4	500	450	435
700x400	14,4	10,8	800	500	582
700x700	14,4	14,4	100	550	803
800x200	15,6	8,4	600	500	592
800x400	15,6	10,8	800	550	718
800x600	15,6	13,2	1000	550	853
800x800	15,6	15,6	1200	550	985
900x200	16,8	8,4	600	550	736
900x400	16,8	10,8	800	600	881
900x600	16,8	13,2	1000	600	1030
900x900	16,8	16,8	1300	650	1352
1000x400	18,0	10,8	800	650	1079
1000x600	18,0	13,2	1000	650	1243
000x1000	18,0	18,0	1400	700	1725
ТРОЙНИК РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ISO)					
<i>DN x DN</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]
80x80	7,0	7,0	175	165	12,9
100x80	7,2	7,0	165	170	14,5
100x100	7,2	7,2	195	180	15,8
125x80	7,5	7,0	175	185	18
125x100	7,5	7,2	195	195	19,3
125x125	7,5	7,5	225	200	21,6
150x80	7,8	7,0	180	200	21,3
150x100	7,8	7,2	200	205	27,2
150x125	7,8	7,5	230	215	29
150x150	7,8	7,8	260	220	33,8



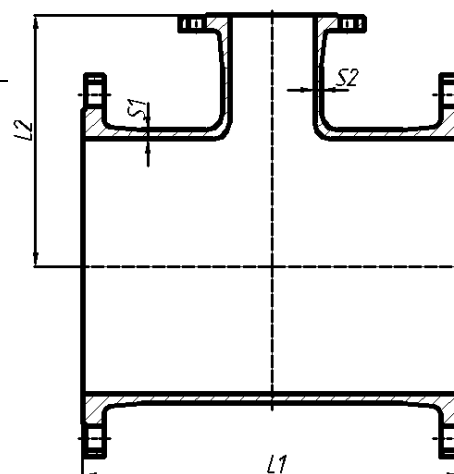
200x80	8,4	7,0	180	225	28,6
200x100	8,4	7,2	200	230	30,4
200x125	8,4	7,5	235	240	36
200x150	8,4	7,8	260	245	42
200x200	8,4	8,4	320	260	57
250x80	9,0	7,0	185	165	37,9
250x100	9,0	7,2	205	270	39,7
250x150	9,0	7,8	265	280	46
250x200	9,0	8,4	320	290	53
250x250	9,0	9,0	380	300	61
300x80	9,6	7,0	185	295	50
300x100	9,6	7,2	210	300	62,5
300x150	9,6	7,8	265	310	74,8
300x200	9,6	8,4	325	320	85
300x250	9,6	9,0	380	330	91
300x300	9,6	9,6	440	340	108,2
350x100	10,2	7,2	210	330	73,4
350x150	10,2	7,8	270	340	89
350x200	10,2	8,4	325	350	97,2
350x250	10,2	9,0	385	360	98
350x350	10,2	10,2	500	380	125
400x100	10,8	7,2	210	360	71,4
400x150	10,8	7,8	270	370	81,4
400x200	10,8	8,4	325	380	1,6
400x250	10,8	9,0	385	390	110
400x300	10,8	9,6	445	400	113,5
400x400	10,8	10,8	560	420	135,6
500x100	12,0	7,2	215	420	104
500x200	12,0	8,4	330	440	127,9
500x400	12,0	10,8	565	480	185
500x500	12,0	12,0	680	500	220
600x200	13,2	8,4	340	500	168,5
600x400	13,2	10,8	570	540	239,5
600x600	13,2	13,2	800	580	335,7
700x200	14,4	8,4	345	525	255
700x400	14,4	10,8	575	555	392
700x700	14,4	14,4	925	600	496
800x200	15,6	8,4	350	585	342
800x400	15,6	10,8	580	615	437
800x600	15,6	13,2	1045	645	640

800x800	15,6	15,6	1045	675	755	
900x200	16,8	8,4	355	645	540	
900x400	16,8	10,8	590	675	572	
900x600	16,8	13,2	1170	705	820	
900x900	16,8	16,8	1170	750	930	
1000x400	18,0	10,8	595	735	644	
1000x600	18,0	13,2	1290	765	1162	
1000x1000	18,0	18,0	1290	825	1205	
ТРОЙНИК РАСТРУБ-ФЛАНЕЦ (ГОСТ)						
<i>DN x DN</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]	
80x80	7,0	7,0	250	150	21,3	
100x80	7,2	7,0	250	175	25,4	
100x100	7,2	7,2	300	200	28,3	
125x80	7,5	7,0	300	175	33,6	
125x100	7,5	7,2	300	175	34,6	
125x125	7,5	7,5	400	225	41,7	
150x80	7,8	7,0	300	200	39,4	
150x100	7,8	7,2	300	200	40,3	
150x125	7,8	7,5	400	200	46,6	
150x150	7,8	7,8	400	250	50,6	
200x80	8,4	7,0	300	225	53,6	
200x100	8,4	7,2	400	225	60,6	
200x125	8,4	7,5	400	225	62,9	
200x150	8,4	7,8	400	225	64,7	
200x200	8,4	8,4	500	300	80,7	
250x80	9,0	7,0	300	250	71,5	
250x100	9,0	7,2	400	250	80,6	
250x150	9,0	7,8	400	250	82,8	
250x200	9,0	8,4	500	275	83,6	
250x250	9,0	9,0	500	300	99,1	
300x80	9,6	7,0	300	275	90,7	
300x100	9,6	7,2	400	275	102	
300x150	9,6	7,8	400	275	106	
300x200	9,6	8,4	500	300	123	
300x250	9,6	9,0	500	300	128	
300x300	9,6	9,6	600	300	143	
350x100	10,2	7,2	400	300	127	
350x150	10,2	7,8	400	300	130	

350x200	10,2	8,4	500	300	148
350x250	10,2	9,0	500	325	154
350x350	10,2	10,2	600	350	183
400x100	10,8	7,2	400	325	155
400x150	10,8	7,8	500	325	174
400x200	10,8	8,4	500	350	179
400x250	10,8	9,0	500	350	185
400x300	10,8	9,6	600	350	204
400x400	10,8	10,8	600	400	243
	12,0	7,2	400	375	217
500x200	12,0	8,4	500	400	247
500x400	12,0	10,8	800	425	339
500x500	12,0	12,0	800	500	370
600x200	13,2	8,4	500	450	328
600x400	13,2	10,8	800	475	437
600x600	13,2	13,2	900	550	520
700x200	14,4	8,4	500	500	435
700x400	14,4	10,8	800	525	569
700x700	14,4	14,4	1100	600	679
800x200	15,6	8,4	600	550	592
800x400	15,6	10,8	800	575	705
800x600	15,6	13,2	1000	625	833
800x800	15,6	15,6	1200	700	1033
900x200	16,8	8,4	600	600	737
900x400	16,8	10,8	800	650	874
900x600	16,8	13,2	1000	675	1013
900x900	16,8	16,8	1300	750	1320
1000x400	18,0	10,8	800	700	1071
1000x600	18,0	13,2	1000	725	1225
1000x1000	18,0	18,0	1400	800	1623

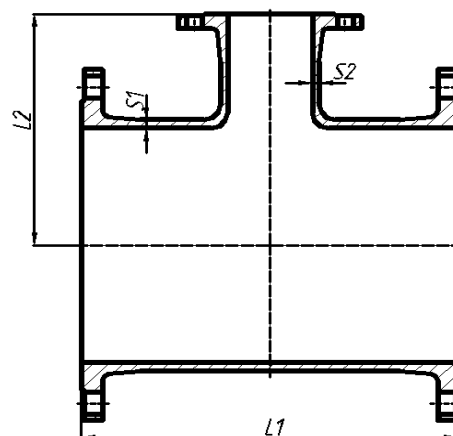
ТРОЙНИК ФЛАНЦЕВЫЙ (ISO)

<i>DN x DN</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]
80x80	7,0	7,0	330	165	15,7
100x80	7,2	7,0	360	175	21,6
100x100	7,2	7,2	360	180	23,7
125x80	7,2	7,0	400	190	22,8
125x100	7,5	7,2	400	195	23,8
125x125	7,5	7,5	400	200	25,2
150x80	7,2	7,0	440	205	28,5



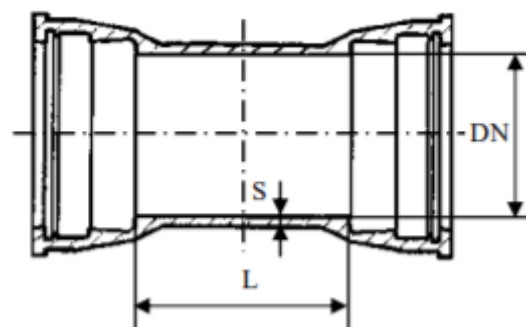
150x100	7,8	7,2	380	205	32,4
150x125	7,8	7,5	440	215	30,9
150x150	7,8	7,8	440	220	39,2
200x80	8,4	7,0	520	235	42,2
200x100	8,4	7,2	520	240	44,8
200x125	8,4	7,5	520	240	51
200x150	8,4	7,8	520	250	46
200x200	8,4	8,4	520	260	58,3
250x100	9,0	7,2	700	275	67,6
250x150	9,0	7,8	700	275	81
250x200	9,0	8,4	700	325	75,2
250x250	9,0	9,0	700	350	81
300x80	9,6	7,0	800	295	98
300x100	9,6	7,2	800	300	93,8
300x150	9,6	7,8	800	310	94,0
300x200	9,6	8,4	800	350	110,6
300x250	9,6	9,0	800	375	113,9
300x300	9,6	9,6	800	400	116,6
350x100	10,2	7,2	850	325	-
350x150	10,2	7,8	530	340	-
350x200	10,2	8,4	850	325	-
350x250	10,2	9,0	645	360	-
350x350	10,2	10,2	850	425	-
400x100	10,8	7,2	900	350	165,0
400x150	10,8	7,8	900	350	173,5
400x200	10,8	8,4	900	350	178,0
400x250	10,8	9,0	665	390	-
400x300	10,8	9,6	900	450	184,0
400x400	10,8	10,8	900	450	227,0
500x100	12,0	7,2	1000	400	247
500x200	12,0	8,4	1000	400	273,6
500x400	12,0	10,8	1000	500	327,4
500x500	12,0	12,0	1000	500	298,2
600x200	13,2	8,4	1100	450	394,6
600x400	13,2	10,8	1100	550	409
600x600	13,2	13,2	1100	550	461
700x200	14,4	8,4	650	525	377
700x400	14,4	10,8	870	555	444,5
700x700	14,4	14,4	1200	600	591
800x200	15,6	8,4	690	585	455

800x400	15,6	10,8	910	615	553
800x600	15,6	13,2	1350	645	729
800x800	15,6	15,6	1350	675	720
900x200	16,8	8,4	730	645	480
900x400	16,8	10,8	950	675	842
900x600	16,8	13,2	1500	705	846
900x900	16,8	16,8	1500	750	890
1000x400	18,0	10,8	990	735	738
1000x600	18,0	13,2	1650	765	1082
1000x1000	18,0	18,0	1650	825	1186
ТРОЙНИК ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)					
<i>DN x dn</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]
80x80	7,0	7,0	300	150	20
100x80	7,2	7,0	400	175	25
100x100	7,2	7,2	400	200	24,8
125x80	7,5	7,0	450	175	32,8
125x100	7,5	7,2	450	175	33,6
125x125	7,5	7,5	450	225	37,6
150x80	7,8	7,0	500	200	40,8
150x100	7,8	7,2	500	200	41,7
150x125	7,8	7,5	500	200	44
150x150	7,8	7,8	500	250	51,0
200x80	8,4	7,0	600	225	63,6
200x100	8,4	7,2	600	225	64,4
200x125	8,4	7,5	600	225	66,7
200x150	8,4	7,8	600	225	58,0
200x200	8,4	8,4	600	300	72,3
250x100	9,0	7,2	600	250	82,2
250x150	9,0	7,8	600	250	72,6
250x200	9,0	8,4	600	275	79,2
250x250	9,0	9,0	600	300	93,2
300x80	9,6	7,0	600	275	88,0
300x100	9,6	7,2	600	275	89,0
300x150	9,6	7,8	600	275	95,0
300x200	9,6	8,4	600	300	111
300x250	9,6	9,0	600	300	113,4
300x300	9,6	9,6	600	300	126,4
350x100	10,2	7,2	600	300	126
350x150	10,2	7,8	600	300	130



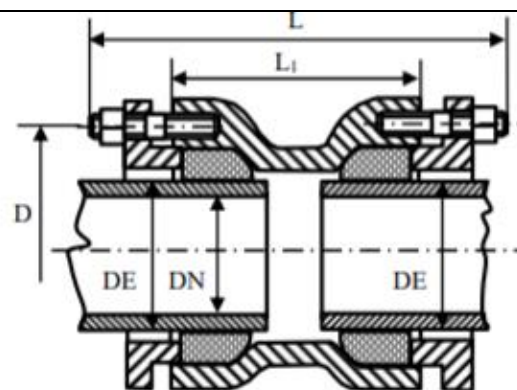
350x200	10,2	8,4	600	300	134
350x250	10,2	9,0	600	325	140
350x350	10,2	10,2	700	350	168
400x100	10,8	7,2	600	325	112,0
400x150	10,8	7,8	600	325	120,0
400x200	10,8	8,4	600	350	125,0
400x250	10,8	9,0	600	350	167
400x300	10,8	9,6	800	350	202
400x400	10,8	10,8	800	400	226
500x100	12,0	7,2	600	375	206
500x200	12,0	8,4	600	400	214
500x400	12,0	10,8	800	425	283
500x500	12,0	12,0	1000	500	359
600x200	13,2	8,4	600	450	277
600x400	13,2	10,8	800	475	357
600x600	13,2	13,2	1100	550	498
700x200	14,4	8,4	800	500	442
700x400	14,4	10,8	1000	525	539
700x700	14,4	14,4	1200	600	699
800x200	15,6	8,4	800	550	562
800x400	15,6	10,8	1000	575	675
800x600	15,6	13,2	1400	625	901
800x800	15,6	15,6	1400	700	1003
900x200	16,8	8,4	800	600	672
900x400	16,8	10,8	1000	650	809
900x600	16,8	13,2	1400	675	1064
900x900	16,8	16,8	1500	750	1254
1000x400	18,0	10,8	1000	700	971
1000x600	18,0	13,2	1400	725	1264
1000x1000	18,0	18,0	1600	800	1570
ДВОЙНОЙ РАСТРУБ					

<i>DN</i>	<i>S</i>	<i>L (ISO)</i>	<i>L (ГОСТ)</i>	Вес ≈ [кг]
80	7,0	160	20	11
100	7,2	160	20	14,8
125	7,5	165	20	18,9
150	7,8	165	20	23,2
200	8,4	170	20	31,7
250	9,0	175	20	42,5
300	9,6	180	20	55,1
350	10,2	185	20	66
400	10,8	190	20	53,0
500	12,0	200	30	79,6
600	13,2	210	30	156
700	14,4	220	30	210
800	15,6	230	30	259
900	16,8	240	40	345
1000	18,0	250	40	415

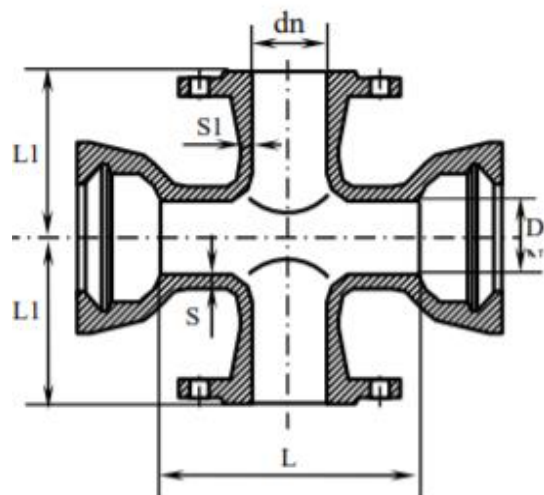


**ДВОЙНОЙ РАСТРУБ КОМПЕНСАЦИОННЫЙ
(ГОСТ)**

<i>DN</i>	<i>L</i>	<i>L1</i>	<i>D</i>	<i>DE</i>	Вес ≈ [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



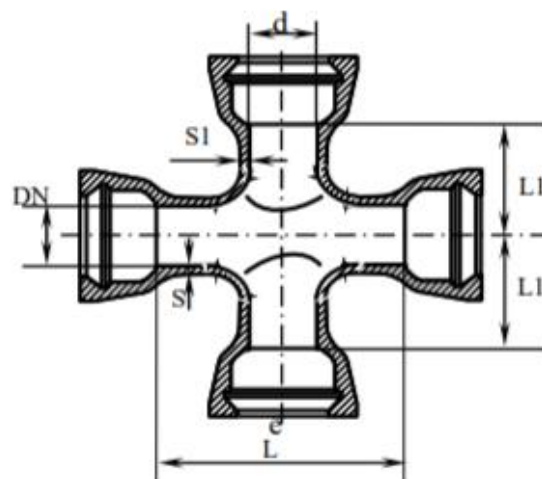
КРЕСТ РАСТРУБ – ФЛАНЕЦ (ГОСТ)



$DN \times dn$	S	L	$S1$	$L1$	Вес $\approx$ [кг]
100×80	7,2	125	7,0	175	31,6
100×100	7,2	150	7,2	200	36
125×100	7,5	150	7,2	175	41,2
150×100	7,8	150	7,2	200	47,2
150×150	7,8	200	7,8	250	63,9
200×100	8,4	200	7,2	225	67,5
200×150	8,4	200	7,8	225	75,6
200×200	8,4	250	8,4	300	101
250×100	9,0	200	7,2	250	86,5
250×150	9,0	200	7,8	250	94
250×200	9,0	250	8,4	275	116
250×250	9,0	250	9,0	300	132
300×100	9,6	200	7,2	275	108
300×150	9,6	200	7,8	275	116
300×200	9,6	250	8,4	300	139
300×250	9,6	250	9,0	300	149
300×300	9,6	300	9,6	300	169
350×100	10,2	200	7,2	300	134
350×200	10,2	250	8,4	300	162
350×300	10,2	300	9,6	325	196
350×350	10,2	300	10,2	350	216
400×200	10,8	250	8,4	350	195
400×300	10,8	300	9,0	350	228
400×400	10,8	300	10,8	400	290
500×200	12,0	250	8,4	400	263
500×400	12,0	400	10,8	425	378
500×500	12,0	400	12,0	500	442
600×400	13,2	400	10,8	475	474

600×500	13,2	400	12,0	500	510
600×600	13,2	450	13,2	550	609
700×500	14,4	400	12,0	550	633
700×600	14,4	500	13,2	550	743
700×700	14,4	550	14,4	600	883
800×600	15,6	500	13,2	625	897
800×700	15,6	600	14,4	625	1054
800×800	15,6	600	15,6	700	1201
900×700	16,8	600	14,4	675	1239
900×800	16,8	600	15,6	700	1327
900×900	16,8	650	16,8	750	1500
1000×700	18,0	600	14,4	750	1481
1000×800	18,0	600	15,6	800	1591
1000×900	18,0	700	16,8	800	1794
1000×1000	18,0	700	18,0	800	1882

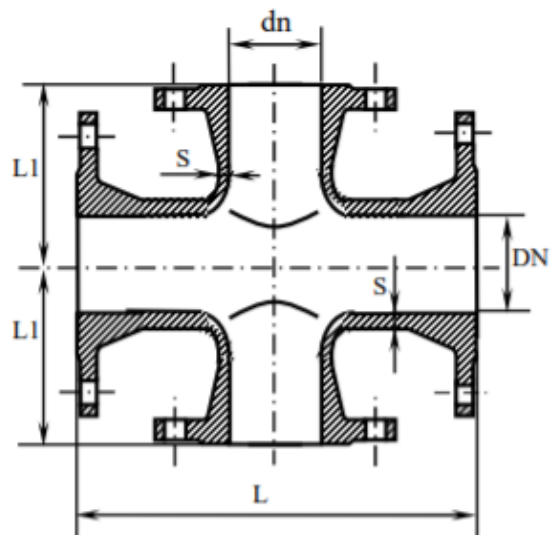
КРЕСТ РАСТРУБНЫЙ (ГОСТ)



<i>DN x dn</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>S1</i>	<i>L1</i>	Вес ≈ [кг]
100×80	7,2	125	7,0	125	31,9
100×100	7,2	150	7,2	150	37,6
125×100	7,5	150	7,2	150	44,1
150×100	7,8	150	7,2	150	48,9
150×150	7,8	200	7,8	200	66,6
200x100	8,4	200	7,2	200	70,4
200x150	8,4	200	7,8	200	80,2
200x200	8,4	250	8,4	250	104
250x100	9,0	200	7,2	200	88,4
250x150	9,0	200	7,8	250	102
250x200	9,0	250	8,4	250	122
250x250	9,0	250	9,0	250	137
300x100	9,6	200	7,2	250	112

300x150	9,6	200	7,8	250	121
300x200	9,6	250	8,4	250	142
300x250	9,6	250	9,0	250	155
300x300	9,6	300	9,6	300	192
350x100	10,2	200	7,2	250	135
350x200	10,2	250	8,4	300	171
350x300	10,2	300	9,6	300	214
350x350	10,2	300	10,2	300	233
400x200	10,8	250	8,4	300	196
400x300	10,8	300	9,0	300	239
400x400	10,8	300	10,8	350	307
500x200	12,0	250	8,4	350	270
500x400	12,0	400	10,8	400	380
500x500	12,0	400	12,0	400	450
600x400	13,2	400	10,8	450	499
600x500	13,2	400	12,0	450	544
600x600	13,2	450	13,2	450	630
700x500	14,4	400	12,0	500	667
700x600	14,4	500	13,2	500	794
700x700	14,4	550	14,4	550	952
800x600	15,6	500	13,2	550	935
800x700	15,6	600	14,4	550	1103
800x800	15,6	600	15,6	600	1230
900x700	16,8	600	14,4	600	1289
900x800	16,8	600	15,6	600	1357
900x900	16,8	650	16,8	650	1560
1000x700	18,0	600	14,4	650	1511
1000x800	18,0	600	15,6	700	1621
1000x900	18,0	700	16,8	700	1860
1000x1000	18,0	700	18,0	700	1984

КРЕСТ ФЛАНЦЕВЫЙ (ГОСТ)



<i>DN x dn</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>S1</i>	<i>L1</i>	Вес ≈ [кг]
100×80	7,2	200	7,0	175	31,2
100×100	7,2	200	7,2	200	33,8
125×100	7,5	225	7,2	175	40,4
150×100	7,8	250	7,2	200	48,6
150×150	7,8	250	7,8	250	59
200×100	8,4	300	7,2	225	71,3
200×150	8,4	300	7,8	225	79,4
200×200	8,4	300	8,4	300	98,9
250×100	9,0	300	7,2	250	89,7
250×150	9,0	300	7,8	250	97,5
250×200	9,0	300	8,4	275	110
250×250	9,0	300	9,0	300	125
300×100	9,6	300	7,2	275	108
300×150	9,6	300	7,8	275	115
300×200	9,6	300	8,4	300	127
300×250	9,6	300	9,0	300	137
300×300	9,6	300	9,6	300	147
350×100	10,2	300	7,2	300	132
350×200	10,2	300	8,4	300	148
350×300	10,2	350	9,6	325	182
350×350	10,2	350	10,2	350	204
400×200	10,8	300	8,4	350	178
400×300	10,8	400	9,0	350	226
400×400	10,8	400	10,8	400	273
500×200	12,0	300	8,4	400	229
500×400	12,0	400	10,8	425	322
500×500	12,0	500	12,0	500	430
600×400	13,2	400	10,8	475	394

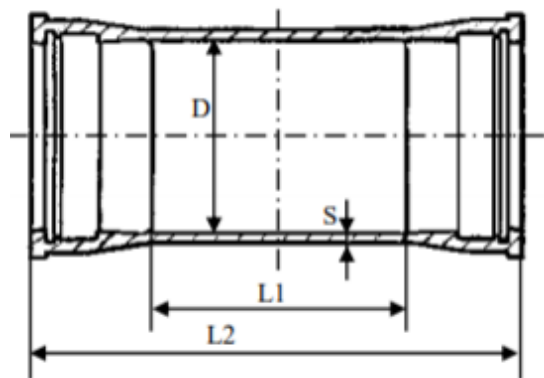
600×500	13,2	500	12,0	500	489
600×600	13,2	550	13,2	550	583
700×500	14,4	500	12,0	550	603
700×600	14,4	600	13,2	550	713
700×700	14,4	600	14,4	600	814
800×600	15,6	700	13,2	625	966
800×700	15,6	700	14,4	625	1024
800×800	15,6	700	15,6	700	1171
900×700	16,8	700	14,4	675	1177
900×800	16,8	700	15,6	700	1262
900×900	16,8	750	16,8	750	1445
1000×700	18,0	700	14,4	750	1392
1000×800	18,0	700	15,6	800	1491
1000×900	18,0	800	16,8	800	1695
1000×1000	18,0	800	18,0	800	1784

МУФТА НАДВИЖНАЯ (ISO)

<i>DN</i>	<i>D</i>	<i>S</i>	<i>L1</i>	Вес ≈ [кг]
80	109	7,0	160	8,1
100	130	7,2	160	9,7
125	156	7,5	165	12,5
150	183	7,8	165	24,8
200	235	8,4	170	30
250	288	9,0	175	37,5
300	340	9,6	180	51
350	393	10,2	185	65
400	445	10,8	190	73,5
500	550	12,0	200	122,1
600	655	13,2	210	167,4
700	760	14,4	220	216
800	865	15,6	230	256,7
900	970	16,8	240	313
1000	1075	18,0	250	421,2

МУФТА НАДВИЖНАЯ (ГОСТ)

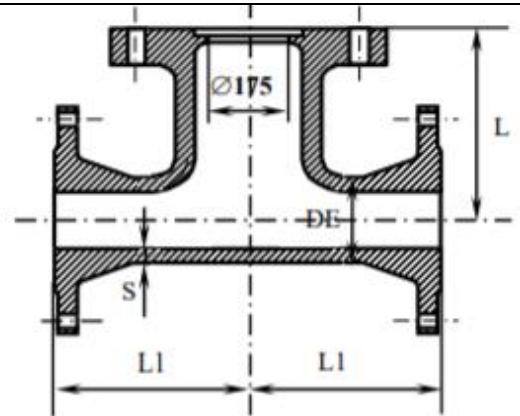
<i>DN</i>	<i>D</i>	<i>S</i>	<i>L2</i>	Вес ≈ [кг]
80	116	7,0	260	12
100	137	7,2	265	11,8
125	163	7,5	265	19,5
150	189	7,8	280	16
200	241	8,4	285	24,8
250	294	9,0	300	24,2



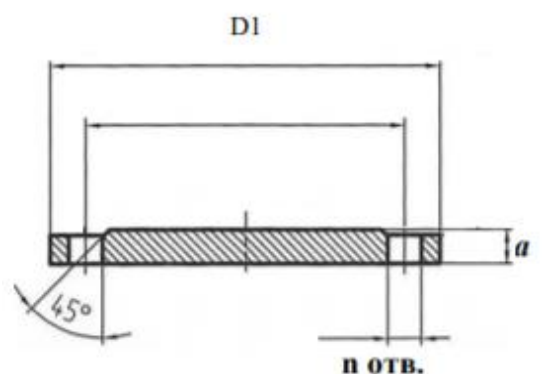
300	346	9,6	305	50,3
350	398	10,2	320	76,5
400	449	10,8	325	91
500	553	12,0	350	133
600	657	13,2	370	178
700	760	14,4	390	249
800	865	15,6	410	310
900	968	16,8	430	397
1000	1072	18,0	450	486

ПОЖАРНАЯ ПОДСТАВКА ФЛАНЦЕВАЯ (ГОСТ)

<i>DN</i>	<i>DE</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>L1</i>	Вес ≈ [кг]
100	118	8,4	225	200	42
150	170	9,1	250	250	56,8
200	222	9,8	275	300	72,5
250	274	10,5	300	300	81,0
300	326	11,2	325	300	104,6
400	429	12,6	350	400	167,0
500	532	14,0	450	500	186
600	635	15,4	500	550	215

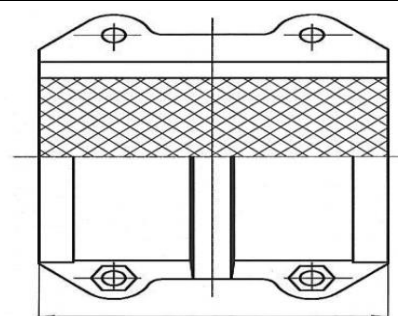
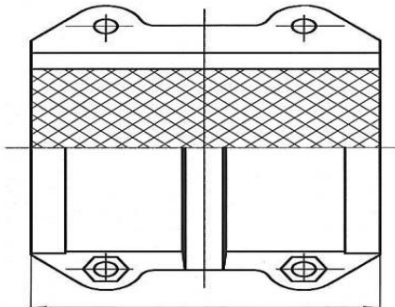
**ЗАГЛУШКА ФЛАНЦЕВАЯ (ISO)**

<i>DN</i>	<i>PN, бар</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	Вес ≈ [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	11,0
	16						
200	10	340	295	20	23	8	17,4
	16					12	
250	10	400	350	22	23	12	25,0
	16		355		28		
300	10	455	400	24,5	23	12	32,0
	16		410		28		
400	10	565	515	24,5	28	16	59,86
	16	580	525	28,0	31		
500	10	670	620	26,5	28	20	103



	16	715	650	31,5	34		
600	10	780	725	30	31	20	162
	16	840	770	36	37		
700	10	895	840	32,5	31	24	145
	16	910		39,5	37		
800	10	1015	950	35	34	24	300,6
	16	1025		43	40		
900	10	1115	1050	37,5	34	28	420
	16	1125		46,5	40		
1000	10	1230	1160	40	37	28	542
	16	1255	1170	50	43		

МУФТА СВЁРТНАЯ (ГОСТ)						
DN	D	L	L1	d	n	Вес ≈ [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	56,0
300	326	325	490	M24	4	71,6



6. Противокоррозионная защита труб ВЧШГ и требования к ней.

6.1. Общие положения.

Трубы и соединительные детали, изготовленные из ВЧШГ, обладают уникальным сочетанием механических и коррозионных свойств: при высокой прочности и пластичности имеют значительно более высокую коррозионную стойкость по сравнению со стальными трубами. Тем не менее, рекомендуется трубопроводы из ВЧШГ покрывать противокоррозионными (изоляционными) материалами, особенно тщательно на участках, где использованы стальные детали (например, стальные муфты в соединениях типа ПП, сварные переходы чугуна-сталь).

Защитное покрытие может быть нанесено как в заводских и базовых условиях (на трубы, соединительные детали, плети из нескольких труб), так и в трассовых условиях (на смонтированный трубопровод) перед засыпкой траншеи.

Согласно ГОСТ Р ИСО 2531 на коррозионную агрессивность грунтов по отношению к трубам из ВЧШГ влияют следующие параметры и обстоятельства: удельное электрическое сопротивление грунтов; pH; наличие грунтовых вод на уровне трубы; наличие коррозионных элементов из-за связи с наружными металлическими конструкциями; загрязнение почвы сточными водами или отходами; воздействие блуждающих токов.

Критериями опасности коррозии труб из ВЧШГ служат:

- величина удельного электрического сопротивления грунта ρ меньше 30 Ом·м;
- величина pH меньше 6;
- загрязнение почвы 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 выше критериев опасности коррозии труб из ВЧШГ является величина удельного электросопротивления грунта. Фактически она определяет все другие факторы, способствующие коррозии.

Методика определения удельного электрического сопротивления грунта ρ принимается в соответствии с ГОСТ 9.602 -2016 [34].

Критерием опасного влияния блуждающего постоянного тока на трубопровод из ВЧШГ является наличие изменяющегося по знаку и значению смещения потенциала сооружения по отношению к его стационарному потенциалу (знакопеременная зона) или наличие только положительного смещения потенциала, как правило, изменяющегося по значению (анодная

зона).

Методика определения опасного влияния блуждающего постоянного тока принимается в соответствии с ГОСТ 9.602 и РД 153-39.4-091 [34,35].

Критерием опасного влияния переменного тока промышленной частоты (блуждающего или индуцированного) на трубопроводы из ВЧШГ является смещение среднего значения потенциала трубопровода в отрицательную сторону не менее чем на 10 мВ по отношению к стационарному потенциалу или наличие переменного тока плотностью более 1 мА/см² (10 А/м²) на вспомогательном электроде.

Опасное влияние постоянного блуждающего и переменного токов следует оценивать для трубопроводов из ВЧШГ только в том случае, когда соединения труб обеспечивают непрерывную электрическую связь по металлу (сварные или фланцевые соединения).

При раструбном соединении труб из ВЧШГ через изолирующие уплотнительные резиновые кольца или прокладки, устанавливаемые на расстоянии не более чем через 6 м, непрерывность цепи по металлу нарушается и опасность действия блуждающих токов значительно уменьшается, что создает условия, исключающие необходимость применения специальных мер по защите трубопроводов от влияния блуждающих токов.

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

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

6.2 Защитные покрытия для труб из ВЧШГ и требования к ним

6.2.1. Внутреннее 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 ВЧШГ ООО «ЛТК «Свободный сокол» состоит из покрытия цементно-песчаным раствором. Это покрытие обеспечивает:

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

Цементно-песчаный раствор наносится на заводе центробежным методом. Процесс придает

покрытию следующие свойства:

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

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

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.

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

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. Глиноземистый цемент рекомендуется применять для нанесения внутреннего покрытия на трубы, используемые для транспортировки 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. Выбор цемента, используемого для покрытия внутренней поверхности труб, может быть сделан на основании таблицы 6.1. Предельно допустимые концентрации различных химических веществ в транспортируемой жидкости при использовании глиноземистого цемента, как наиболее стойкого к агрессивным средам, указаны в таблице 6.2.

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

Таблица 6.1 Выбор типа цемента.

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

Таблица 6.2 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, газولين, производные	Не ограничено
Органические	Не ограничено
Вода	
Пресная вода	Не ограничено
Солевой раствор	Не ограничено
Дистиллированная вода	Не ограничено
Хлорированная вода	Не ограничено
Хлорированные растворители	
Трихлорэтилен	Не ограничено
Хлороформ	Не ограничено
Кислоты	
Уксусная	40 мг/л
Хромовая	10 мг/л
Лимонная	20 мг/л
Соляная	3 мг/л
Молочная	15 мг/л
Азотная	6 мг/л
Щавелевая	12 мг/л
Фосфорная	10 мг/л
Серная	10 мг/л
Дубильная	200 мг/л
Винная	50 мг/л
Щелочи	
Аммиак	18 %
Анилин	Не ограничено
Диметиламин	0,6 %
Фенол, крезол	Не ограничено
Гидроксид калия	560 мг/л
Пиридин	Не ограничено
Хинолин	Не ограничено
Гидроксид натрия	400 мг/л
Триметиламин	Не ограничено
Соли	
Хлорид натрия	25 %
Хлорид калия	25 %
Сульфат аммония	5 %

По специальному требованию потребителя поверх ЦПП наносится слой изоляционного покрытия на основе эпоксидной синтетической смолы.

6.2.2 Внешнее защитное покрытие

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 или цинк – алюминий 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 Европейского стандарта EN 545 в качестве наружных покрытий труб ВЧШГ выпускаемых ЛТК ООО «Свободный Сокол» используются:

- покрытие краской с большим содержанием цинка, минимальной массой 220 г/м² 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/м² 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, кроме покрытия цементным раствором в соответствии с EN 15542, распространяются на фасонные части и вспомогательную арматуру. 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 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 6.3.

Таблица 6.3 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)

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).

6.2.3 Электрохимическая защита

Для раструбных соединений труб ВЧШГ на резиновых уплотнительных кольцах электрохимическая защита (ЭХЗ) от коррозии проложенных в земле трубопроводов не требуется. Это обусловлено отсутствием электрической проводимости между трубами, так как

резиновые уплотнительные кольца являются электрическими изоляторами тока, а трубопровод разорванной электрической цепью.

При наличии блуждающих токов и низком удельном электрическом сопротивлении грунта, для таких трубопроводов достаточно нанесения внешних защитных покрытий, указанных в таблице 6.1.

Применение ЭХЗ обязательно в тех случаях, когда имеется непрерывная металлическая связь между трубами (фланцевые и сварные соединения) и трубопровод из ВЧШГ находится в зоне опасного действия блуждающих токов. Для выбора типа ЭХЗ трубопроводов из ВЧШГ необходимо руководствоваться ГОСТ 9.602.

7. Пример прочностного расчета труб ВЧШГ при подземной прокладке.

7.1 Общие требования

В соответствии с требованиями СП 66.13330.2011 расчет подземных и надземных трубопроводов ВЧШГ необходимо производить на совместное воздействие внешних нагрузок и внутреннего давления на прочность, жесткость и устойчивость труб с раструбными соединениями диаметрами 80 - 1000 мм для различных условий строительства и эксплуатации [13].

Расчет на прочность подземных трубопроводов ВЧШГ диаметрами 80 - 1000 мм, прокладываемых бестраншейным способом горизонтально-направленного бурения (ГНБ), проводится на комбинированные нагрузки (внешние от грунта, транспорта и внутреннее давление воды) и осевые нагрузки от протягивания трубопровода в горизонтальную скважину.

Расчет подземных и надземных трубопроводов основан на способе сравнения несущей способности труб с действующими расчетными нагрузками, с введением коэффициентов запаса прочности. Расчетное напряжение на растяжение принимается равным 300 МПа, временная прочность при растяжении равна 420 МПа. Расчет производится при работе материала трубы только в упругой стадии ($R_p = 300$ МПа). Суммарное напряжение в опасном сечении трубы (лоток) при любых сочетаниях внешних нагрузок и внутреннего давления не должно превышать $R_p = 300$ МПа, доверительная вероятность $p^* \geq 0,997$ при статических и малоцикловых нагрузках при 300 МПа.

Расчет высокопрочных чугунных напорных трубопроводов производится по принятой в отечественной практике методике расчета как заземленного с двух концов прямолинейного участка трубопровода. Выполнение всех приведенных выше указаний и положений позволит обеспечить безаварийную работу трубопроводов из ВЧШГ в течение 100 лет.

7.2 Нагрузки, действующие на подземный трубопровод

В качестве постоянных и временных нагрузок, действующих на подземный трубопровод, следует принимать:

- внутреннее давление транспортируемой воды;
- давление грунтовой засыпки;
- давление подвижных транспортных средств, передающееся на трубопровод через грунт;
- собственную массу трубопровода;
- давление при образовании вакуума и овализации труб;
- массу транспортируемой воды;
- внешнее гидростатическое давление грунтовых вод.

Внутреннее давление воды в трубопроводе устанавливается на основании гидравлического расчета в соответствии с требованиями СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 [10].

Расчетное внутреннее давление надлежит принимать равным наибольшему возможному по условиям будущей эксплуатации давлению в водопроводе на различных участках по длине (при наиболее невыгодном режиме работы) без учета повышения давления при гидравлическом ударе или с повышением давления при гидравлическом ударе с учетом действия противоударной арматуры, если это действие в сочетании с другими нагрузками окажет на трубопровод худшее воздействие.

При расчете водопроводов на повышение давления при гидравлическом ударе (определенное с учетом противоударной арматуры или образования вакуума) внешнюю нагрузку следует принимать не более нагрузки от транспорта А-14 или гусеничной нагрузки НГ-60.

При определении величины вакуума рекомендуется учитывать действие предусматриваемых на водопроводе противовакуумных устройств, предотвращающих превышение давления воды, необходимого для функционирования предохранительной и регулирующей арматуры, и возможного превышения давления воды из-за недопустимой неточности срабатывания предохранительной и регулирующей арматуры.

За внутреннее давление воды при гидравлическом ударе принимается максимальное внутреннее давление, возникающее при нестационарном режиме движения воды.

Давление воды при гидравлическом ударе определяется с учетом максимального использования устройств, защищающих трубопровод от удара.

7.3 Пример расчета на прочность трубопровода из ВЧШГ

Требуется провести расчет на прочность, устойчивость и жесткость трубопровода из ВЧШГ диаметром 600 мм для следующих условий:

трубы класса К-9 по ГОСТ Р ИСО 2531;

наружный диаметр 635 мм;

толщина стенки трубы 9,9 мм;

укладка в траншее с наклонными стенками, заложение откоса $m_{3,0} = 0,5$ на плоское основание;

группа грунта Г-III (суглинки);

удельный вес грунта $\gamma = 17,7$ кН/м³;

модуль деформации грунта $E_{гр} = 2,2$ МПа;

уплотнение грунта - нормальное;

глубина заложения -2 м;

транспортная нагрузка НГ-60 (одна машина);

внешняя гидростатическая нагрузка отсутствует;

расчетное внутреннее гидростатическое давление равно 1,6 МПа;

расчетное сопротивление материала трубы на растяжение $R_p = 300$ МПа, при доверительной вероятности $p^* \geq 0,997$.

Определение нагрузок от давления грунта засыпки.

Ширина траншеи по верху:

$$B_1 = D_n + 0,8 = 1,43 \text{ м};$$

$$B = B_1 + 2(D_n m_{3,0}) = 1,43 + 2(0,63 \cdot 0,5) = 2,06 \text{ м};$$

$$B_{ср} = B_1 + 2\left(D_n + \frac{H}{2}\right)m_{3,0} = 1,43 + 2\left(0,63 + \frac{2}{2}\right)0,5 = 3,05 \text{ м}.$$

$$\text{Коэффициент } K_{тр} = 0,9 \text{ при } \frac{H}{B_{ср}} = \frac{2}{3,05} = 0,65.$$

Параметр, характеризующий жесткость грунта засыпки

$$P_{гр} = 0,125 E_{гр} = 0,125 \cdot 2,2 = 0,275 \text{ МПа}.$$

Параметр, характеризующий жесткость трубопровода

$$P_{л} = 2E \left(\frac{h}{D_n - h} \right)^3 = 2 \cdot 1,7 \cdot 10^5 \left(\frac{9,9}{635 - 9,9} \right)^3 = 1,34 \text{ МПа},$$

где E - модуль Юнга для ВЧШГ; $E = 1,7 \cdot 10^5$ Па.

Коэффициент $\chi = 0,98$.

Коэффициент ψ равен

$$\psi = \frac{1}{1 + 2 \frac{P_{гр}(B - D_n)}{P_{л}\chi D_n}} = \frac{1}{1 + 2 \frac{0,275(2,06 - 0,63)}{1,34 \cdot 0,98 \cdot 0,63}} = 0,512.$$

Коэффициент концентрации давления грунта засыпки

$$K_{\text{н}} = \frac{3(P_{\text{л}} - P_{\text{гр}})}{2(P_{\text{л}} + 2P_{\text{гр}})} = \frac{3(1,34 - 0,275)}{2(1,34 + 2 \cdot 0,275)} = 1,29.$$

Определение произведений $BK_{\text{тр}\psi}$ и $D_{\text{н}}K_{\text{н}}$:

$$BK_{\text{тр}\psi} = 2,06 \cdot 0,9 \cdot 0,512 = 0,95;$$

$$D_{\text{н}}K_{\text{н}} = 0,63 \cdot 1,29 = 0,81.$$

Так как $D_{\text{н}}K_{\text{н}} < BK_{\text{тр}\psi}$, то определение вертикальной нагрузки от давления грунта засыпки производится по формуле

$$Q_{\text{гр}}^{\text{в}} = n\gamma H\chi D_{\text{н}}K_{\text{н}} = 1,15 \cdot 17,7 \cdot 2 \cdot 0,63 \cdot 1,29 = 33,08 \text{ кН/м.}$$

Равнодействующая расчетной горизонтальной нагрузки от бокового давления грунта засыпки

$$Q_{\text{гр}}^{\text{г}} = n\gamma \left(H + \frac{D_{\text{н}}}{2} \right) D_{\text{н}}\lambda_{\text{н}} = 0,9 \cdot 17,7 \left(2 + \frac{0,63}{2} \right) 0,63 \cdot 0,05 = 4,65 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Определение нагрузки от давления наземного транспорта

Равнодействующая расчетной вертикальной нагрузки от давления наземного транспорта

$$Q_{\text{тр}}^{\text{в}} = nq_{\text{тр}}D_{\text{н}}\mu_{\text{н}}K_{\text{н}} = 1,0 \cdot 18,7 \cdot 0,63 \cdot 1,0 \cdot 1,29 = 15,07 \text{ кН/м.}$$

Равнодействующая расчетной горизонтальной нагрузки от давления наземного транспорта

$$Q_{\text{тр}}^{\text{г}} = nq_{\text{тр}}\chi D_{\text{н}}\lambda_{\text{н}} = 1,0 \cdot 18,7 \cdot 2 \cdot 0,98 \cdot 0,63 \cdot 0,2 = 2,30 \text{ кН/м.}$$

Равнодействующая расчетной вертикальной нагрузки от собственного веса трубопровода

$$Q_1 = n\pi\gamma_{\text{тр}}h(D_{\text{н}} - h) = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 72,6 \cdot 0,0099(0,63 - 0,0099) = 1,54 \text{ кН/м.}$$

Равнодействующая расчетной вертикальной нагрузки от веса транспортируемой воды

$$Q_2 = n0,25\pi\gamma_{\text{тр}}D_{\text{н}}^2b = 1 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 9,8 \cdot 0,6122 \cdot 1 = 2,89 \text{ кН/м.}$$

Расчет на прочность при действии на трубопровод внешних нагрузок:

$$M'_{\text{в}} = 0,235(Q_{\text{гр}}^{\text{в}} + Q_{\text{тр}}^{\text{в}})r_{\text{ср}} = 0,235(33,08 + 15,07)0,317 = 3,58 \text{ кН/м;}$$

$$M''_{\text{в}} = 0,18(Q_1 + Q_2)r_{\text{ср}} = 0,18(1,54 + 2,89)0,317 = 0,25 \text{ кН/м;}$$

$$M_{\text{г}} = -0,125(Q_{\text{гр}}^{\text{г}} + Q_{\text{тр}}^{\text{г}})r_{\text{ср}} = -0,125(4,65 + 2,30)0,317 = -0,28 \text{ кН/м;}$$

$$M = M'_{\text{в}} + M''_{\text{в}} + M_{\text{г}} = 3,8 + 0,25 - 0,28 = 3,55 \text{ кН/м.}$$

Определение расчетной линейной приведенной эквивалентной нагрузки

$$Q_{\text{пр}}^0 = \frac{M}{0,318r_{\text{ср}}} = \frac{3,55}{0,318 \cdot 0,317} = 35,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Определение коэффициента, учитывающего влияние отпора грунта

$$\xi = \frac{1}{1 + \frac{P_{\text{гр}}}{P_{\text{л}} + 0,143P_{\text{гр}}}} = \frac{1}{1 + \frac{0,275}{1,44 + 0,143 \cdot 0,275}} = 0,834.$$

Определение предельной раздавливающей нагрузки трубы, уложенной в грунте

$$Q_{\Gamma}^0 = \frac{mRh^2}{0,95\xi_a D_{\text{н}}} = \frac{300 \cdot 9,9^2}{0,95 \cdot 0,834 \cdot 630} = 58,9 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для труб класса К-9 $Q_{\Gamma}^0 = 47,0$ кН/м.

Коэффициенты запаса прочности:

$$K'_0 = \frac{58,9}{35,2} = 1,7; K''_0 = \frac{47,0}{35,2} = 1,33.$$

Условие прочности соблюдается.

7.4 Расчет на прочность при действии грунтовых нагрузок, веса трубопровода, воды и образования в трубопроводе вакуума

Суммарный момент от действия этих нагрузок $M = 2,28 + 0,25 - 0,18 = 2,35$ кН·м, тогда расчетная приведенная нагрузка $Q_{\text{пр}}$ равна 25,4 кН·м. Расчетная приведенная нагрузка от всех действующих сил (см. расчет выше) равна 35,2.

Определение коэффициента, учитывающего влияние отпора грунта при образовании в трубопроводе вакуума

$$\xi_a = \frac{1}{1 + \frac{P_{\text{гр}} - P_{\text{в}}}{P_{\text{л}} + 0,143P_{\text{гр}}}} = \frac{1}{1 + \frac{0,275 - 0,1}{1,34 + 0,143 \cdot 0,275}} = 0,79,$$

где $P_{\text{в}}$ - величина вакуума в трубопроводе.

Определение предельной допустимой раздавливающей внешней нагрузки при образовании в трубопроводе вакуума

$$Q_{\text{пр}} = \frac{mRh^2}{\xi D_{\text{н}}} = \frac{1,0 \cdot 300 \cdot 9,9^2}{0,79 \cdot 0,63} = 61,18 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Условие прочности соблюдается: $61,18 > 32,5$ кН/м, коэффициент запаса прочности $K = \frac{61,18}{25,4} = 2,4$.

Расчеты показали, что трубы из ВЧШГ класса К-9 диаметром 635 мм удовлетворяют требованиям надежной работы подземного напорного трубопровода при образовании вакуума.

7.5 Расчет на устойчивость при воздействии на трубопровод внешних нагрузок

Критическое внешнее равномерное давление определяется следующим образом.

Из условия $P_{\text{гр}} \leq \frac{P_{\text{л}}}{4}$ получаем, что $P_{\text{гр}} = 0,275$ МПа $< 0,335$ МПа, тогда $q_{\text{гр}} = P_{\text{л}} = 1,34$ МПа.

Определяем равномерно распределенное давление от действующей нагрузки с учетом q_1 и без учета q_2 воздействия транспортных нагрузок:

1) при действии на трубопровод внешних нагрузок:

$$q_1 = \frac{Q_{\text{ЭКВ}}}{D_{\text{н}}} = \frac{35,2}{63,5} = 0,55 \text{ МПа} \quad K_0 = \frac{1,34}{0,55} = 2,43;$$

$$q_2 = \frac{Q_{\text{ЭКВ}}}{D_{\text{н}}} = \frac{25,4}{63,5} = 0,40 \text{ МПа} \quad K_0 = \frac{1,34}{0,40} = 3,35;$$

2) при образовании в трубопроводе вакуума:

$$q_1 = \frac{Q_{\text{ЭКВ}}}{D_{\text{н}}} + P_{\text{в}} = 0,55 + 0,1 = 0,65 \text{ МПа} \quad K_0 = 2,06;$$

$$q_2 = \frac{Q_{\text{ЭКВ}}}{D_{\text{н}}} + P_{\text{в}} = 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ МПа} \quad K_0 = 2,68.$$

Условиям устойчивости трубопровод удовлетворяет.

7.6 Расчет на жесткость (по деформации) при внешнем нагружении расчетной приведенной нагрузкой

Расчет допустимого прогиба для труб с цементно-песчаным покрытием в земле выполняется по условию

$$f = \frac{Q_{\text{пр}}}{4P_{\text{л}}} \xi \leq 0,03 \cdot 635 = 19,05 \text{ мм},$$

где

$$f = \frac{35,2 \cdot 0,79}{4 \cdot 1,34} = 6,6 \text{ мм}; \quad P_{\text{л}} = 1,34 \text{ МПа}; \quad Q_{\text{пр}} = 35,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}}; \quad \xi = 0,79;$$

Коэффициент запаса прочности K_0 равен $19,05/6,6 = 2,88$.

Жесткость трубопровода достаточна при заданных условиях внешней приведенной нагрузки.

Расчеты показали, что при заданных параметрах внешней нагрузки трубы диаметром 600 мм класса К-9 полностью удовлетворяют требованиям по прочности, устойчивости и жесткости от воздействия внешних нагрузок.

Расчет трубопровода на комбинированную нагрузку производится следующим образом:

Значения допустимого внутреннего давления $P_{\text{доп}}$ для труб класса К-9 равны:

$$1) P'_{\text{доп}} = P^0 \left(1 - \frac{Q_{\text{пр}}}{Q^0} \right) = 9,7 \left(1 - \frac{35,2}{47,0} \right) = 2,42 \text{ МПа};$$

$$2) P''_{\text{доп}} = P^0 \left(1 - \frac{Q_{\text{пр}}}{Q^0} \right) = 9,7 \left(1 - \frac{35,2}{58,79} \right) = 3,97 \text{ МПа}.$$

$P_{\text{доп}}$ для труб диаметром 600 мм по данным таблицы 5.14 СП 66.13330.2011 равно 3,6 МПа, заданное рабочее давление равно 1,6 МПа. Коэффициенты запаса прочности на внутреннее давление равны:

$$K'_0 = \frac{2,45}{1,6} = 1,5 \text{ и } K''_0 = \frac{3,97}{1,6} = 2,6.$$

Коэффициенты запаса прочности при заданном рабочем давлении $P_{\text{раб}} = 1,6 \text{ МПа}$ будут

соответственно равны 2,01 и 2,90.

Значения испытательного давления $P_{и}$ трубопровода, определяемые по СНиП 3.05.01, будут равны [39]:

$$P_{и} = 1,25P_{раб} = 1,25 \cdot 1,6 = 2,0 \text{ МПа.}$$

Значение $P_{и}$ назначается расчетом для конкретного трубопровода.

Для расчетов рекомендуется использовать также график несущей способности труб незасыпанного трубопровода, приведенного на рисунке 5.6 СП 66.13330.2011, который позволяет определить значения внешней приведенной нагрузки от заданных величин внутреннего давления и наоборот.

Предварительное испытательное давление в трубопроводе с рабочим давлением 1,6 МПа в соответствии с таблицей 5.14 СП 66.13330.2011 должно быть равно 2,0 МПа, приемочное давление $P_{г} = P_{и} + 0,5 = 2,5 \text{ МПа.}$

Величина допустимого давления из условия прочности в трубопроводе при $Q_{пр} = 35,2 \text{ кН/м}$ для трубы класса К-9 равна 2,5 МПа; $P_{и} = 4,5$; $P_{г} = 5,0 \text{ МПа.}$

Расчеты показали, что труба класса К-9 диаметром 600 мм удовлетворяет всем прочностным требованиям, предъявляемым к незасыпанному и засыпанному трубопроводам, при рабочем давлении 1,6 МПа.

Методика расчета, изложенная в разделе 5 СП 66.13330.2011, позволяет выбрать оптимальное рабочее и испытательное давление в зависимости от внешних нагрузок для всех диаметров и классов труб, приведенных в приложении А СП 66.13330.2011.

8 Присоединение трубопровода к трубопроводной арматуре в колодце.

Сопряжение двух соседних участков труб из ВЧШГ и устройство ответвлений с запорной, водоразборной (колонки, пожарные гидранты и др.) арматурой и другими устройствами следует производить в камерах переключения (колодцах) из железобетона, кирпича, полиэтилена, стеклопластика, строго соблюдая форму в плане (прямоугольную, круглую, и др.) и размеры, указанные в п. 5 АТР.

Проход труб через стенки камер переключения (колодцы) из железобетонных колец и другие строительные конструкции следует производить с помощью гильз из отрезков труб (хризотилцементных, бетонных, железобетонных, стальных), после чего бетонировать предварительно установив на трубах резиновые уплотнительные кольца и вставив гильзы с трубой в пересекаемую стену.

Гильзы следует устанавливать предварительно перед раструбами труб, если они попадают в камеры переключения (колодцы), перед засыпкой пазух траншеи с уложенными в нее трубами

ВЧШГ [40]. Размещать раструбы и фасонные соединительные части в стенках камеры переключения (колодцах) без гильз не допускается. Зазоры между чугунными трубами и гильзами следует заделывать водонепроницаемо мастиками (герметиками) либо размещать в них подходящие по размеру резиновые уплотнительные кольца, в соответствии с проектом производства работ.

Бетонировать гильзы (трубы) в железобетонной (кирпичной) стенке камеры переключения (колодца) следует с устройством опалубки; после затвердевания бетона опалубка должна быть обязательно удалена. Проход труб из ВЧШГ через стенку железобетонных колодцев с использованием резиновых уплотнительных колец (РУК) следует производить в следующей технологической последовательности:

- надеть РУК на концевые части труб;
- ввести концевые части труб в проем стенки колодца так, чтобы было выдержано расстояние между торцом трубы и стенкой, необходимое для монтажа соединительной детали (при входе в колодец раструба - «фланец-гладкий конец», при входе в колодец гладкого конца - «фланец-раструб»),
- для перехода на запорную арматуру (задвижку); - установить внутри колодца опалубку вокруг проема с трубой с учетом размеров труб и стенок колодца;
- залить цементно-песчаный раствор (бетонирование проема с трубой) в опалубку (отверстие в трубе должно быть закрыто);
- засыпать снаружи трубу и колодец грунтом с уплотнением как до, так и после бетонирования, с тем чтобы исключить неравномерную их осадку;
- после набирания требуемой прочности бетонной заделкой разобрать опалубку;
- обустроить колодец фасонными соединительными частями и арматурой согласно проектной документации;
- проконтролировать правильность производимых работ.

Для водонепроницаемого прохода труб ВЧШГ через стенки полиэтиленовых (стеклопластиковых) колодцев необходимо предварительно в их стенках прорезать отверстия и установить в них специальные резиновые уплотнительные кольца, а затем по ним пропускать трубы.

Специальные РУК поставляются в комплекте с полиэтиленовыми (стеклопластиковыми) колодцами с размерами, соответствующими трубам из ВЧШГ, которые должен указать потребитель в заявке на колодцы. Расположенные в грунте фланцевые соединения труб из ВЧШГ следует защищать от коррозии.

9 Соединение трубопроводов из ВЧШГ и иных материалов в земле.

При строительстве трубопроводов из ВЧШГ могут быть использованы на отдельных участках трубы соединительные элементы из сталей (реконструкция стальных трубопроводов с заменой труб, стальные ремонтные муфты и хомуты и т.д.). При этом должны соблюдаться требования СП 34-116-97 [41].

Переход от труб ВЧШГ к стальным элементам осуществляется с использованием сварных соединительных деталей, изготовленных в цеховых условиях в соответствии с ТУ 1468-041-90910065-2013. Соединения труб с запорной арматурой выполняются при помощи специальных переходов, изготовленных по ТУ 1468-041-90910065-2013 [23] и ТУ 1460-035-90910065-2015. Допускается применение литых и сварных фасонных частей соответствующих ГОСТ 2531, выпускаемых различными производителями.

10 Переходы трубопроводов через железные и автомобильные дороги

Переходы трубопроводов через естественные и искусственные преграды (в том числе автомобильные и железные дороги устраиваются в соответствии с СП 129.13330.2019 «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. СНиП 3.05.04-85», (раздел 7):

Строительство переходов напорных трубопроводов водоснабжения и канализации через водные преграды (реки, озера, водохранилища, каналы), подводные трубопроводы водозаборов и канализационных выпусков в пределах русла водоемов, а также подземных переходов через овраги, дороги (автомобильные и железные, включая линии метрополитена и трамвайные пути) и городские проезды должно быть осуществлено специализированными организациями в соответствии с СП 45.13330.

В зависимости от интенсивности движения, категории дороги, диаметра трубопровода, методов производства работ, грунтовых условий прокладка трубопроводов ВЧШГ может осуществляться:

- открытым способом, при котором трубопровод укладывается в траншею, устроенную в насыпи дороги с перекрытием движения транспорта и устройством объезда для движения транспорта. Открытый способ используется там, где возможно временное прекращение движения транспорта или устройство временных объездов, то есть на дорогах с низкой интенсивностью движения,

- закрытым способом, без перекрытия движения транспорта, для укладки футляра (кожуха) через дороги применяют методы бестраншейной проходки.

Закрытый способ (бестраншейная проходка) применяется без ограничений, независимо от

категории дорог, интенсивности движения транспорта, категории грунтов и диаметра трубопроводов. При закрытом способе прокладки кожухов (футляров) применяются технологии прокола или горизонтально-направленного бурения (ГНБ). В канал протаскивается готовая плеть труб.

Переходы трубопроводов через железные и автомобильные дороги должны предусматриваться в местах прохождения дорог по насыпям либо в местах с нулевыми отметками и в исключительных случаях при соответствующем обосновании в выемках дорог. Прокладка трубопровода через тело насыпи не допускается.

Угол пересечения трубопровода с железными и автомобильными дорогами должен быть, как правило, 90° , но не менее 60° . При соответствующем обосновании пересечение с автомобильными дорогами общего пользования и подъездными дорогами к промышленным предприятиям категорий IV, V, а также с внутренними автомобильными дорогами промышленных предприятий и организаций категорий III-в, IV-в, III-к, IV-к допускается снижение минимального значения угла до 35° .

Участки трубопроводов, прокладываемых на переходах через железные дороги и автомобильные дороги всех категорий с усовершенствованным покрытием капитального и облегченного типов, должны предусматриваться в защитном футляре (кожухе) из стальных труб или в тоннеле, диаметр которых определяется из условия производства работ и конструкции переходов.

Для участков переходов трубопроводов, выполняемых с устройством защитных футляров из стальных труб или прокладываемых методом микротоннелирования, внутренний диаметр футляра или тоннеля должен определяться из условия производства работ и конструкции переходов и должен быть больше наружного диаметра трубопровода не менее чем на 300 мм. Концы футляра должны выводиться на расстояние:

- при прокладке трубопровода через железные дороги от осей крайних путей - 50 м, но не менее 5 м от подошвы откоса насыпи и 3 м от бровки откоса выемки, от крайнего водоотводного сооружения земляного полотна (кювета, нагорной канавы, резерва) - 3 м;
- при прокладке трубопровода через автомобильные дороги - от бровки земляного полотна - 25 м, но не менее 2 м от подошвы насыпи. Концы футляров, устанавливаемые на участках переходов трубопроводов через автомобильные дороги категорий III, III-п, IV-п, IV и V, должны выводиться на 5 м от бровки земляного полотна.

Заглубление участков трубопроводов, прокладываемых под железными дорогами общей сети и промышленных предприятий, следует принимать в соответствии с СНиП 2.05.06-85 [42].

Заглубление участков трубопроводов, прокладываемых под автомобильными дорогами всех категорий, следует принимать не менее 1,4 м от верха покрытия дороги до верхней образующей защитного футляра, а в выемках и на нулевых отметках, кроме того, - не менее 0,5 м от дна кювета, водоотводной канавы или дренажа.

Заглубление при прокладке методом ГНБ должно определяться в зависимости от грунтовых условий и составлять для железных дорог общей сети и автомобильных дорог всех категорий не менее 3,0 м от подошвы рельса или от верха покрытия автомобильной дороги до верхней образующей трубопровода и не менее 1,5 м от дна водоотводных сооружений. Расстояние между параллельными трубопроводами на участках их переходов под железными и автомобильными дорогами следует назначать исходя из грунтовых условий и условий производства работ, но во всех случаях это расстояние должно быть не менее расстояний, принятых при подземной прокладке трубопроводов. Пересечение трубопроводов с рельсовыми путями электрифицированного транспорта под стрелками и крестовинами, а также в местах присоединения к рельсам кабелей не допускается.

Минимальное расстояние по горизонтали в свету от подземного трубопровода в местах его перехода через железные дороги общей сети, м, должно приниматься:

- 20 м - до стрелок и крестовин железнодорожного пути и мест присоединения отсасывающих кабелей к рельсам электрифицированных дорог;
- 30 м - до труб, тоннелей и других искусственных сооружений на железных дорогах.

Положение трубопровода в футляре должно быть зафиксировано по всей длине перехода опорно-центрирующими устройствами с диэлектрическим покрытием, обеспечивающими сохранность изоляционного покрытия труб. На каждой трубе должно быть не менее трех опорно-центрирующих устройств, которые расположены на трубе с одинаковым шагом.

При прокладке трубопроводов из ВЧШГ в защитном футляре должны быть учтены особенности труб с соединениями *RJ* и *RJS* (угловая податливость стыков, наличие раструбных выступов, наличие резиновых уплотнительных колец и др.).

Конкретные способы и схемы прокладки трубопроводных переходов через естественные и искусственные преграды определяются конкретным проектом с учетом местных условий.

11 Укладка труб из ВЧШГ на естественное и искусственное основание.

11.1 Укладка труб на естественное основание.

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 (влаги, 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 11.1 и 11.2.

Таблица 11.1**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	30	2	25	1,1
Ил/глина	25	1,9	15	1
Органический перегной	15	1,8	-	-
Глина/песок				

Таблица 11.2 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	0,7	3	7	14

пластичные С более 25% крупнозернистых частиц				
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

11.1.1 Земляные работы

Земляные работы при укладке труб ВЧШГ на естественное основание по планировке трассы, разработке, засыпке и приемке траншей следует производить в соответствии с требованиями СП 129.13330.2019 [43].

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. 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.

11.1.2 Укладка (монтаж) трубопроводов

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

Уплотнение при стыковке труб осуществляется с помощью уплотнительного резинового кольца за счет радиального сжатия его в кольцевом пазе раструба. Наружная поверхность гладкого конца трубы очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и шпателя. 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.

В кольцевой паз раструба вкладывают уплотнительное кольцо с проверкой правильности размещения его гребня (рисунок 11.1).

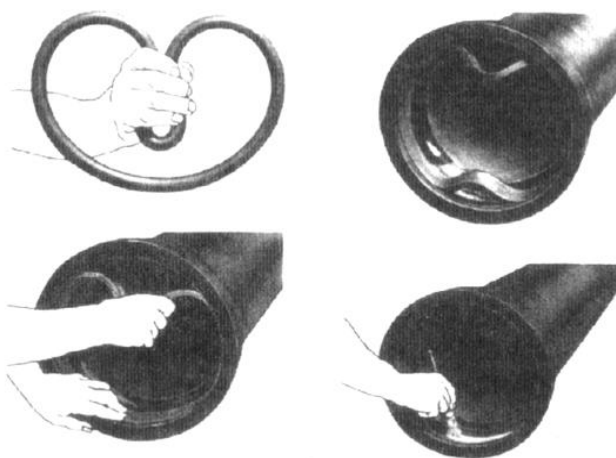


Рисунок 11.1

Схема укладки уплотнительного кольца.

Укладка (монтаж) трубопроводов с соединением *TYTON*, *RJ*, *RJS*. производится в следующем порядке (рисунок 11.2, рисунок 11.3).

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 11.4.

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 11.3. Расстояние от торца раструба до торца резинового кольца должно быть одинаковым по всему периметру. Правильность установки уплотнительного резинового кольца в раструб проверяется специальным щупом. 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.

Соединение TYTON	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



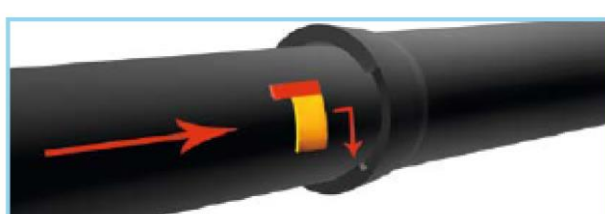
4. Очистка раструба



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

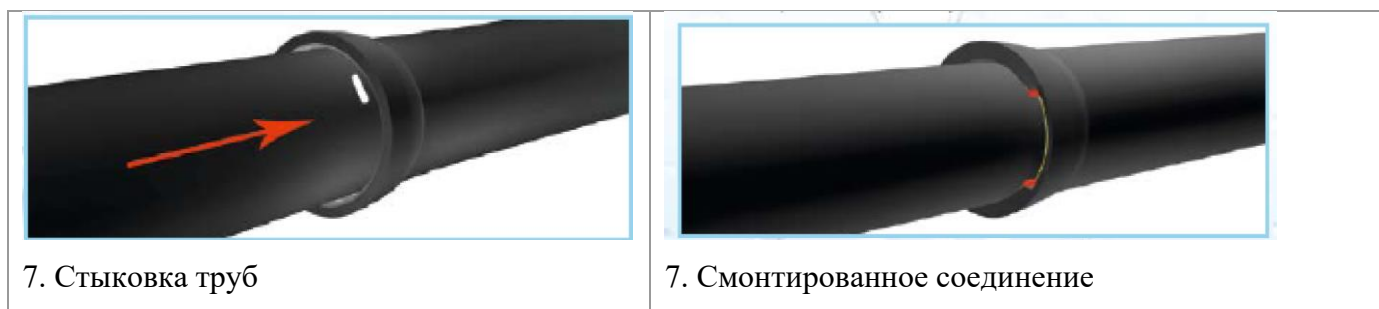


Рисунок 11.2 Монтаж труб с соединением TYTON и RJ.

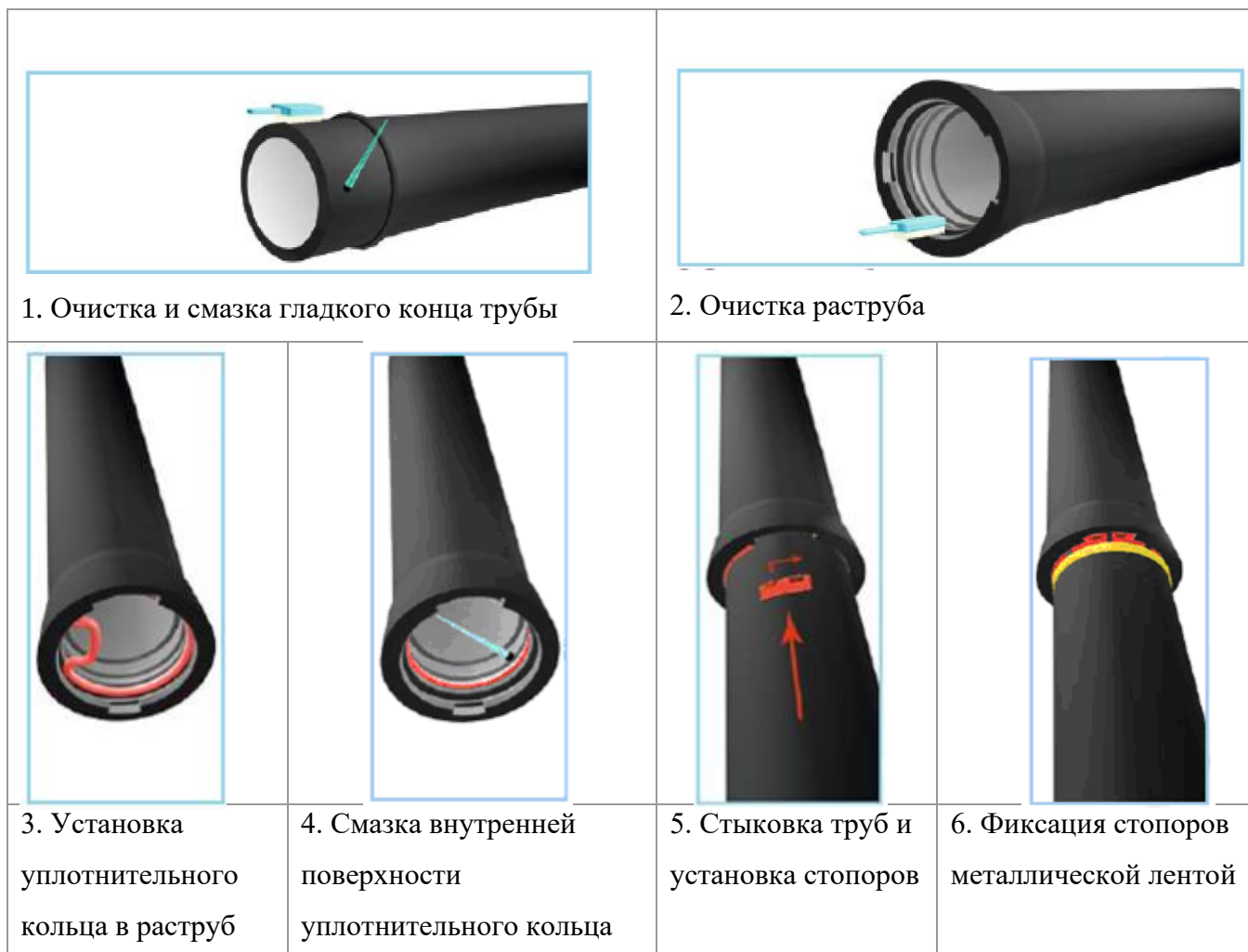
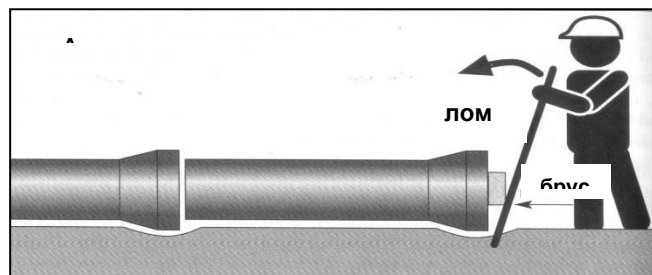


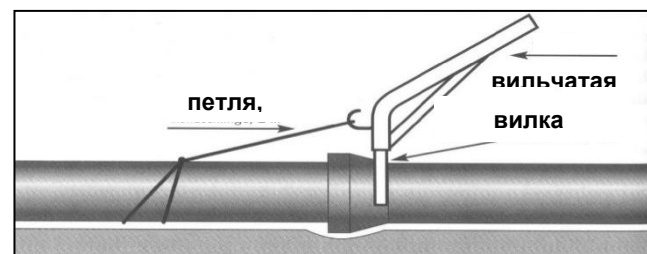
Рисунок 11.3 Монтаж труб с соединением RJS.

При монтаже труб с соединением *RJS* (см. рисунок 11.3) после стыковки необходимо вставить стопорные элементы в паз на раструбе и распределить их равномерно по всей окружности гладкого конца трубы. Для исключения самопроизвольного перемещения стопорных элементов в раструбе стянуть и зафиксировать их гибкой лентой.

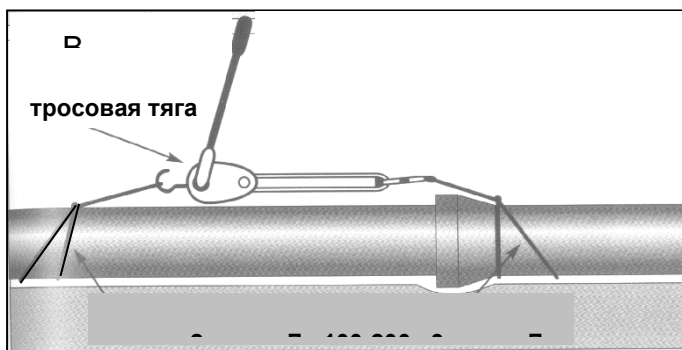
Уложенный трубопровод с соединением *RJS* имеет возможность осевого удлинения в каждом стыке за счет технологического зазора между стопорным кольцом и торцом раструбной части трубы.



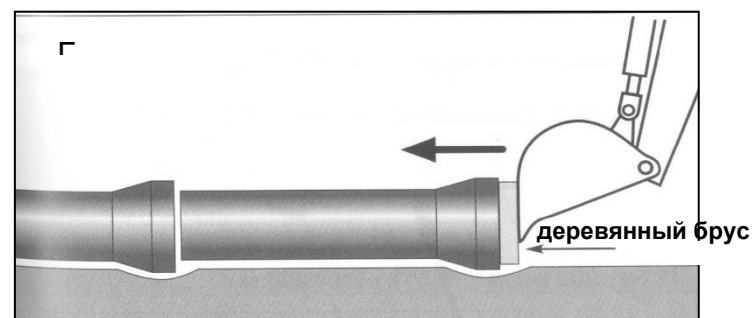
а) при помощи лома и деревянного бруса



б) при помощи петли и вилочной штанги

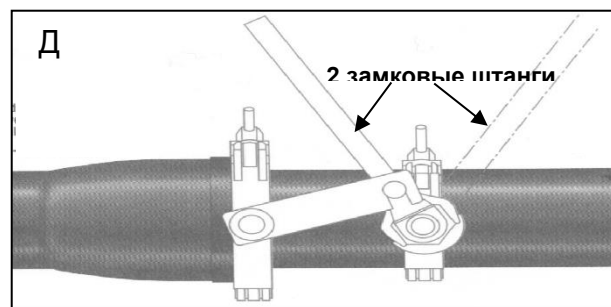


в) при помощи петли и тросовой тяги



г) при помощи экскаватора и деревянного бруса

11.1.3 Оборудование для укладки труб



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

Рисунок 11.4 Типы приспособлений для монтажа и демонтажа труб.

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 $5 \times 30^\circ$. Монтаж трубопровода следует производить методом последовательного наращивания из одиночных труб непосредственно в проектном положении трубопровода (на дне траншеи).

11.1.3 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, ISO 8180-2006.

Полиэтиленовое покрытие применяется в дополнение к основному внешнему покрытию труб (цинковое, синтетическая смола или эпоксидное покрытие) в ряде случаев, когда отмечается повышенная коррозионность почвы или в ней присутствуют блуждающие (наведенные) токи. Размеры полиэтиленового рукава для труб различных диаметров указаны на рисунке 11.5 и в таблице 11.3.

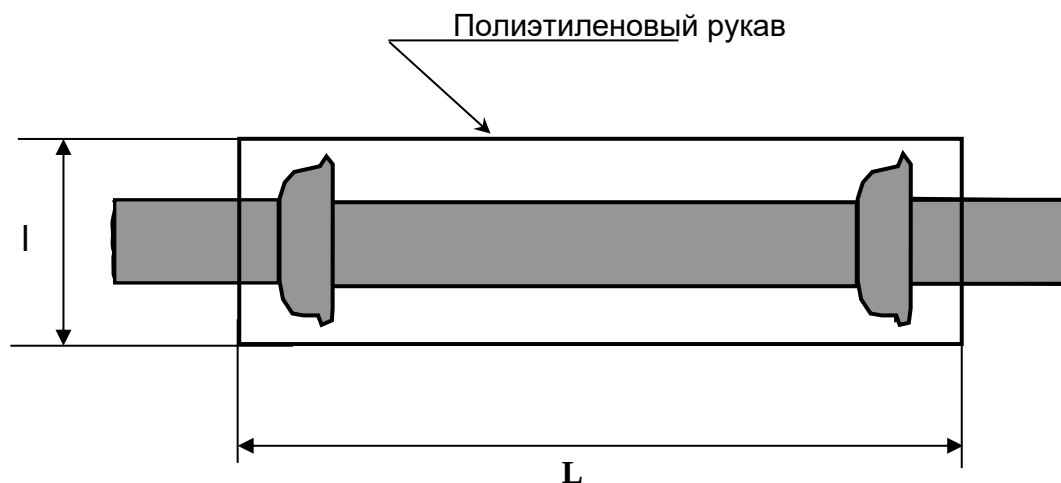


Рисунок 11.5 Полиэтиленовый рукав для труб.

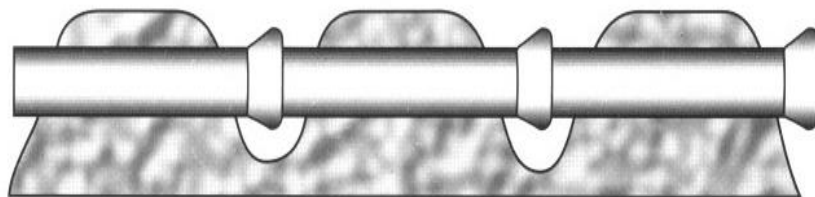
Таблица 11.3 Размеры полиэтиленового рукава.

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
* – ширина рукава в плоском (сложенном вдвое) состоянии		

11.1.4 Засыпка трубопроводов

Засыпка трубопроводов (см. рис. 11.6) должна осуществляться в два приема – частичная засыпка до предварительного испытания и окончательная засыпка после предварительного гидравлического испытания. Частичная засыпка трубопровода производится для предотвращения перемещения труб под воздействием давления во время предварительного гидравлического испытания.

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

**Рисунок 11.6 Засыпка траншеи.**

Окончательная засыпка траншеи производится после предварительного испытания трубопровода. Предварительно присыпаются прямки 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.

11.2 Укладка труб на искусственное основание.

Укладка труб на искусственное основание предполагает определение:

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

Устраиваются опоры:

- одна на трубу;
- опоры располагаются за каждым раструбом (см. рис. 11.7);
- постель удобной формы ($\alpha = 120^\circ$ – хорошая мера предосторожности);
- фиксирующий хомут с резиновым покрытием.

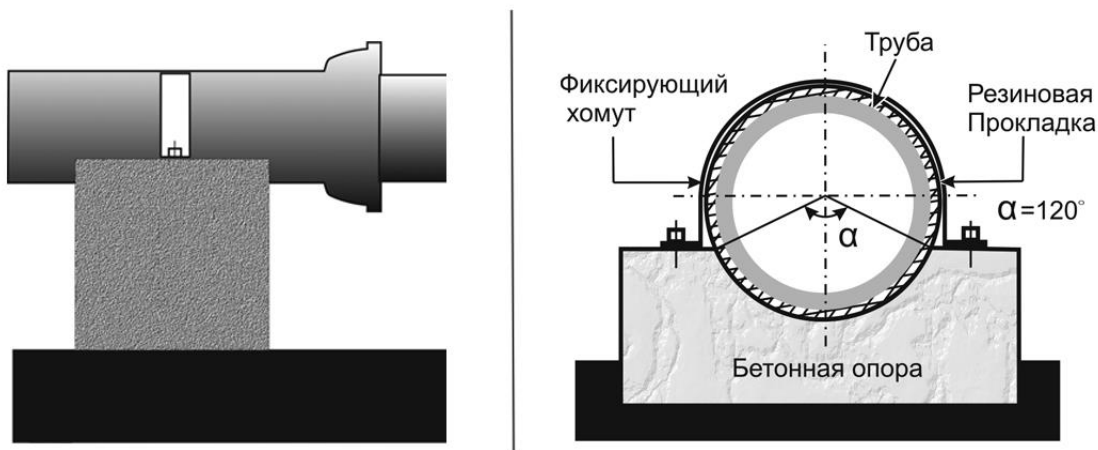


Рисунок 11.7 Крепление трубопровода к опорам.

Устройство железобетонных плитных опор может потребоваться при несущей способности грунтов менее 0,15 - 0,2 МПа, при больших опорных давлениях и неустойчивых откосах. Размер плит определяют исходя из условия передачи давления на грунт, однако ширина их стороны должна быть не менее 0,4 м. Длина стороны должна быть не менее двух диаметров

труб для одиночного трубопровода.

Плитные опоры необходимо применять на крайних опорах в местах выхода подземного трубопровода из грунта, а также на промежуточных грунтовых опорах. В местах выхода подземного трубопровода диаметрами 80 - 150 мм из грунта, а также на промежуточных грунтовых опорах с обсыпкой трубопровода грунтом разрешается также применять плоские плиты. Трубопровод диаметрами 80 - 150 мм укладывают на слой песка толщиной 15 - 18 см. Для трубопроводов диаметрами 200 - 500 мм необходимо применять плиты с ложем, соответствующим диаметру трубопровода (рисунок 11.8).

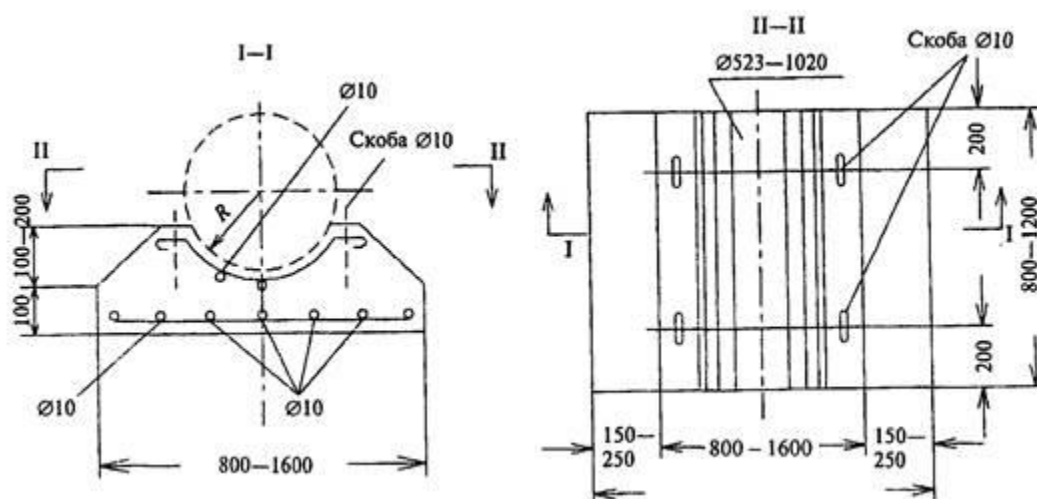


Рисунок 11.8- Плитная опора с ложем для укладки трубопровода

Плитные опоры и стойки рекомендуется изготавливать из бетона класса *B15*, морозостойкостью *F300* и водонепроницаемостью *W4*. При надземной прокладке трубопроводов применяют свайные опоры. Свайные опоры не требуют трудоемких земляных работ, которые на переходах через реки и овраги приходится выполнять с интенсивным водоотливом.

Сваи помимо вертикального давления могут воспринимать и значительные горизонтальные нагрузки. Проектируются свайные опоры согласно СП 24.13330 [44].

Для удержания раструбов труб на опорах от возможного вертикального перемещения арматурный каркас предусматривается с вертикальным выпуском арматуры диаметрами 10 - 16 мм длиной до 500 мм в зависимости от диаметра трубы, см. [45 46].

Диаметр выпуска арматуры определяется усилием возможного вертикального перемещения под действием силы реакции, равной весу трубы с водой. Труба фиксируется стержневыми прихватками, которые привариваются к выпускам арматуры. Возможно взамен прихваток использовать ленточные хомуты с затяжкой болтами через резиновые прокладки.

В качестве одиночных свай можно использовать сваи из труб ВЧШГ с приваркой ригеля.

К ригелю труба присоединяется с помощью прихваток. На рисунках 11.9 и 11.10 приведены возможные конструкции железобетонных фундаментных плит, стоек, башмаков, неподвижных опор и катковых опор, которые необходимы для строительства надземных трубопроводов, [48,49,50].

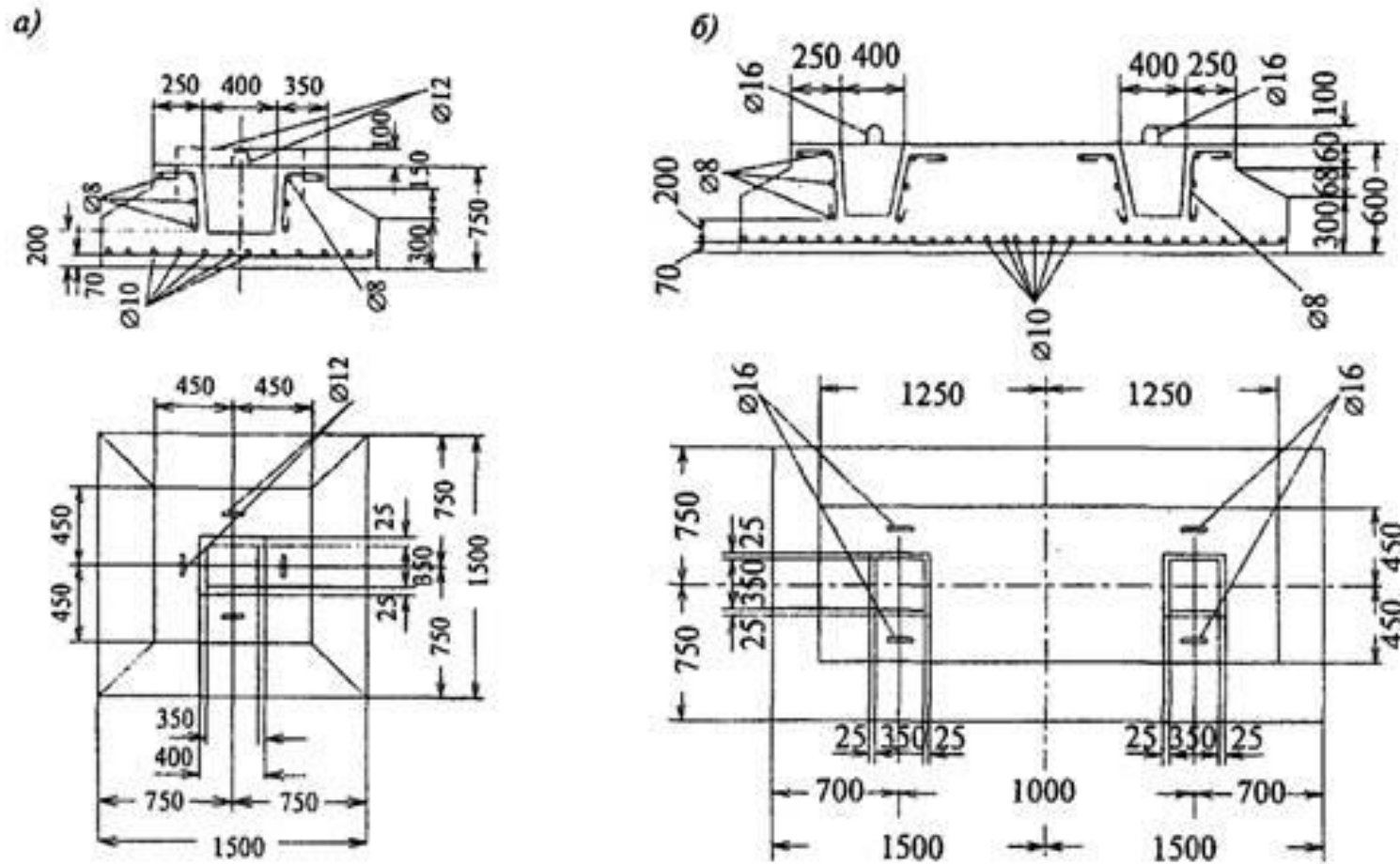
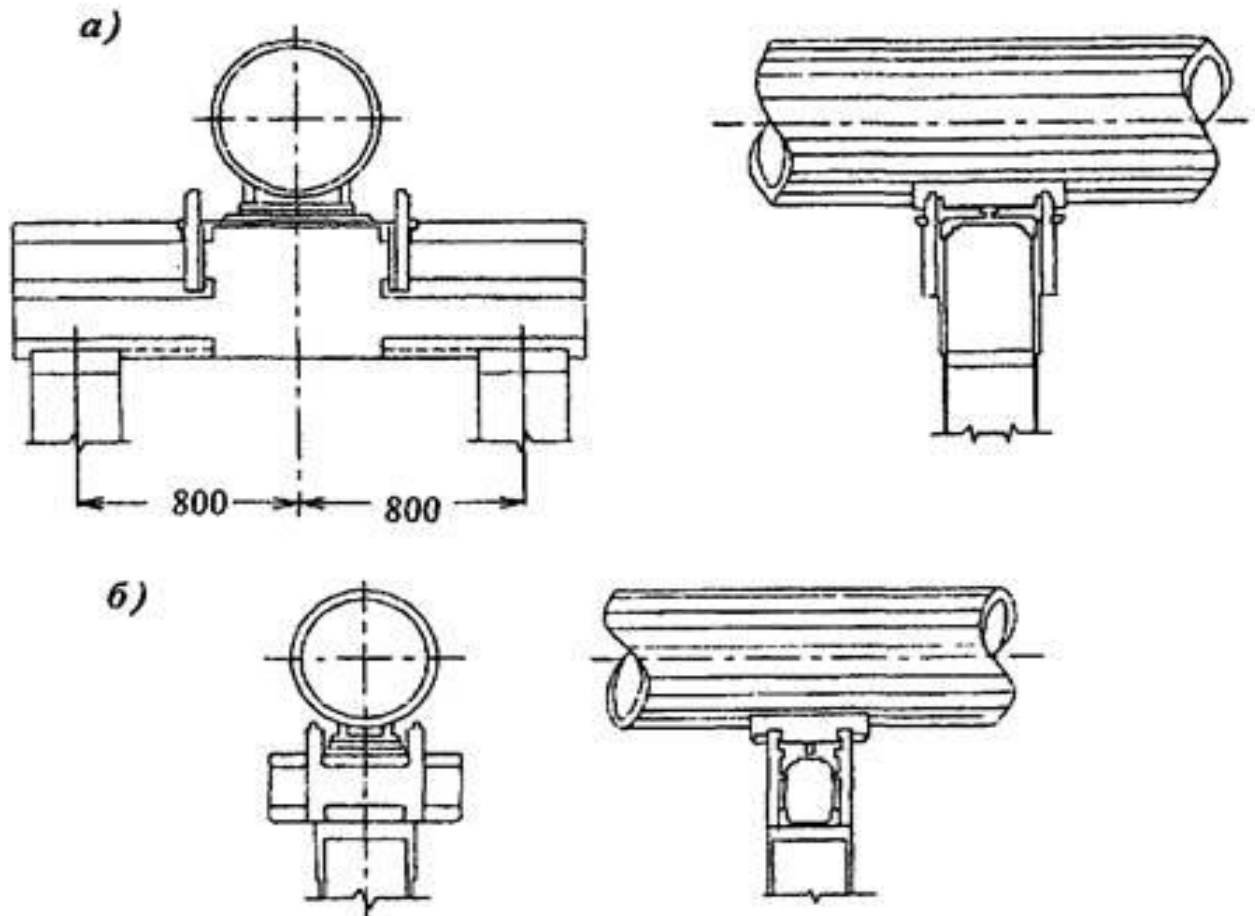


Рисунок 11.9 - Опорные железобетонные башмаки для труб диаметрами 400 - 500 мм под одну стойку (а), под две стойки (б)



a - при двух стойках; *б* - при одной стойке

Рисунок 11.10 Верхние части опор с продольно-подвижными катковыми опорными частями

Преимущество труб ВЧШГ является то, что они не требуют установки специальных компенсаторов. Фиксированные точки: каждый хомут должен быть достаточно затянут, чтобы сформировать фиксированную точку (используются хомуты соответственной ширины). Компенсация расширений (удлинения) показана на рисунке 11.11: стыковые соединения между опорами выступают в роли компенсаторов, поглощая увеличения длины трубы (в допустимых пределах).

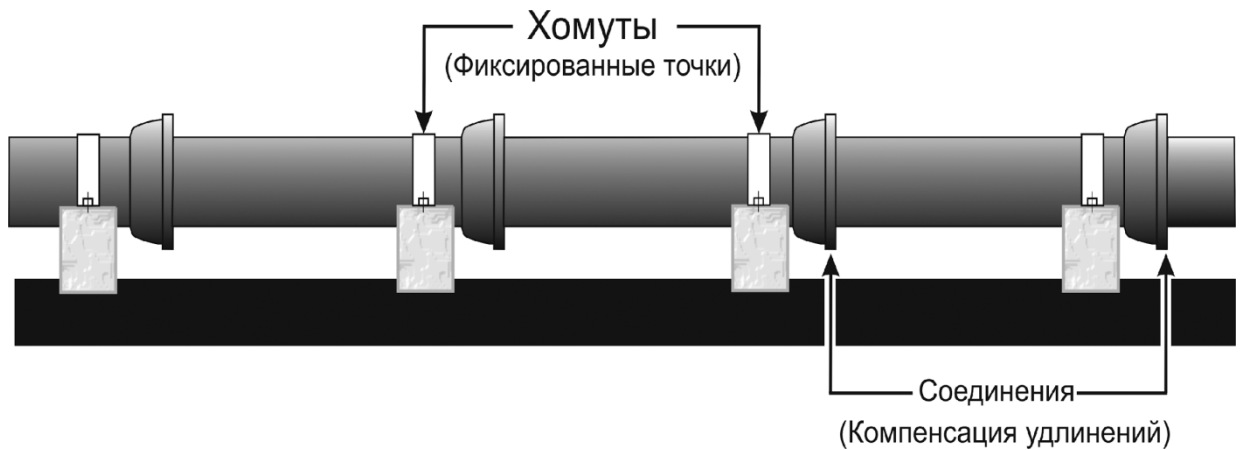


Рисунок 11.11 Компенсация расширений.

12 Прокладка труб через туннели

Прокладка трубопроводов через туннели включает в себя:

- конструкцию опор (см. рисунок 12.1);
- компенсацию температурных расширений (удлинения) (см. рисунок 11.1);
- укрепление элементов, подверженных влиянию осевого гидравлического давления.

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

Устраиваются опоры:

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

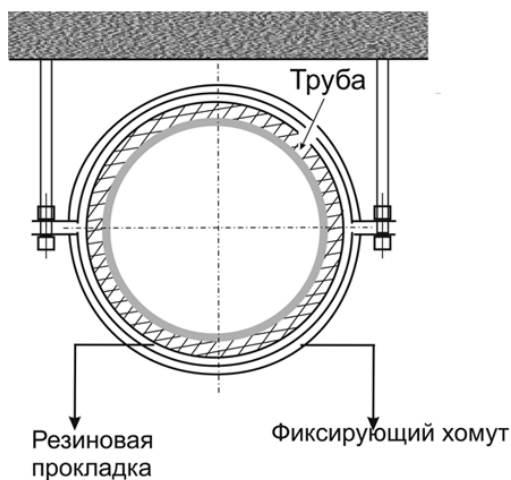
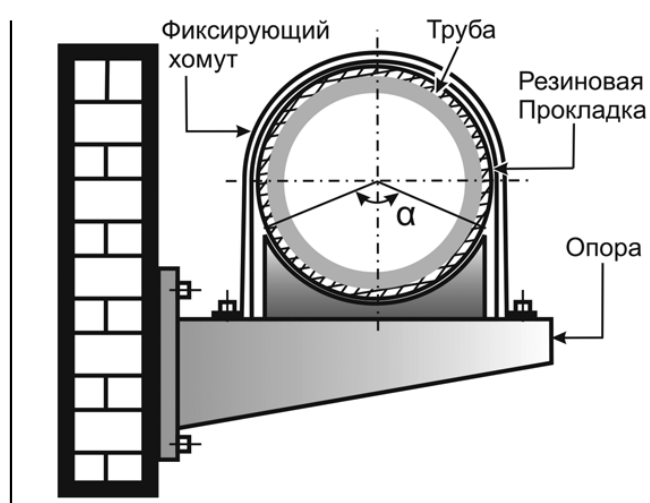


Рисунок 12.1



Крепление трубопровода в туннеле.

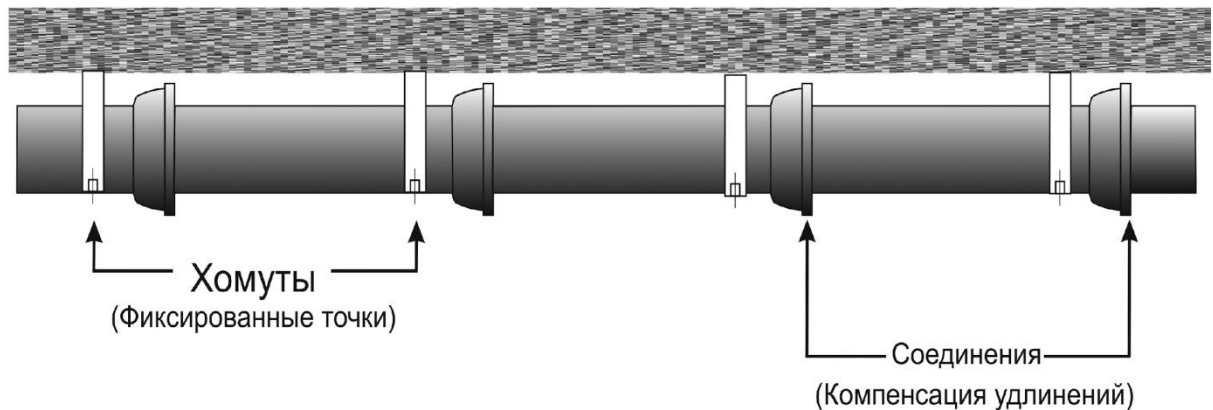


Рисунок 12.2 Компенсация полного удлинения при прокладке труб в туннеле.

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

13. Укладка труб на крутых склонах

Укладка магистралей из труб ВЧШГ на крутых склонах может быть осуществлена двумя способом.

- путем использования бетонного блока в начале укрепленного участка, рисунок 13.1.
- путем использования бетонных блоков для каждой трубы, рисунок 13.2

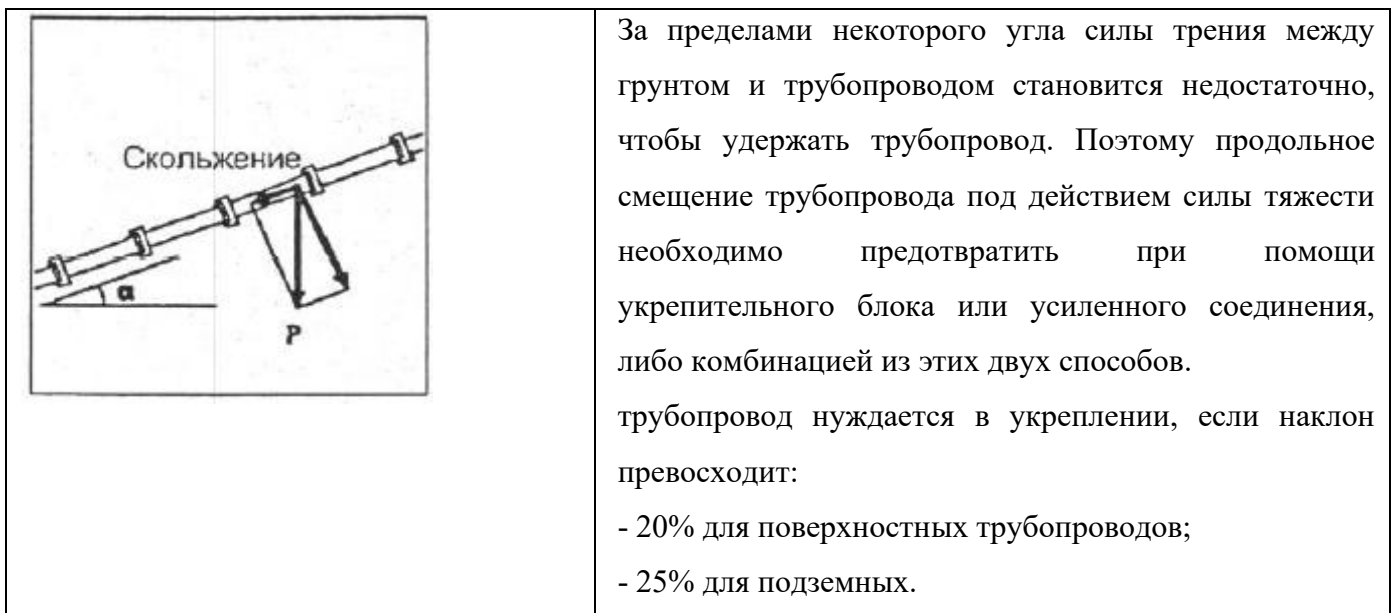


Рис.13.1. Укрепление каждой трубы



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 13.2. Укрепительный блок после каждого раструба.

14. Устройство горизонтальных, вертикальных упоров

На поворотах в горизонтальной или вертикальной плоскости трубопроводов из раструбных труб или соединяемых муфтами, когда возникающие усилия не могут быть восприняты стыками труб, должны предусматриваться упоры [10].

Уравновешивание сил противодействия в подземных трубопроводах достигают с помощью упорных или гравитационных блоков, замковых соединений, винтовых анкерных упоров или сочетания этих методов. Одним из наиболее применяемых методов уравновешивания сил противодействия являются упорные блоки [48].

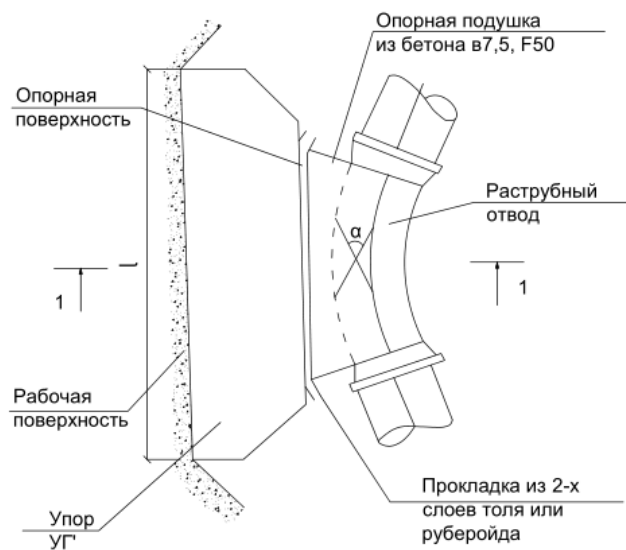
Общая методика расчёта упоров для напорных трубопроводов содержится в [49], основные положения которой, необходимые для расчёта, содержатся в [50].

В соответствии с п.11.20 СП 31.13330. 2012 трубопроводы из труб ВЧШГ с раструбными замковыми соединениями типов "RJ" и "RJS" не требуют установки бетонных упоров.

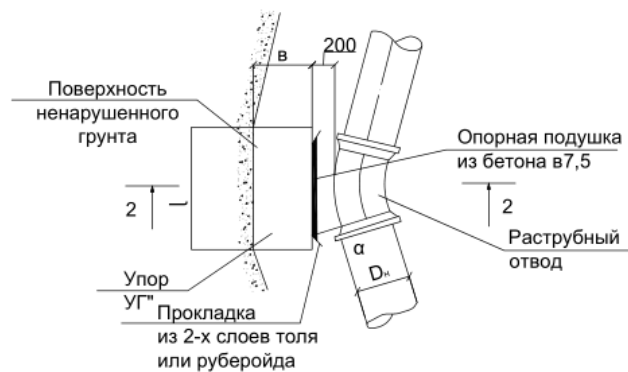
Трубы ВЧШГ с соединениями «TYTON» применяются только при устройстве упоров, препятствующих расстыковке трубопровода в соответствии с требованиями СП 66.13330 [13].

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). На рис.14.1 приведены монтажные чертежи упоров на горизонтальных и вертикальных поворотах трубопровода.

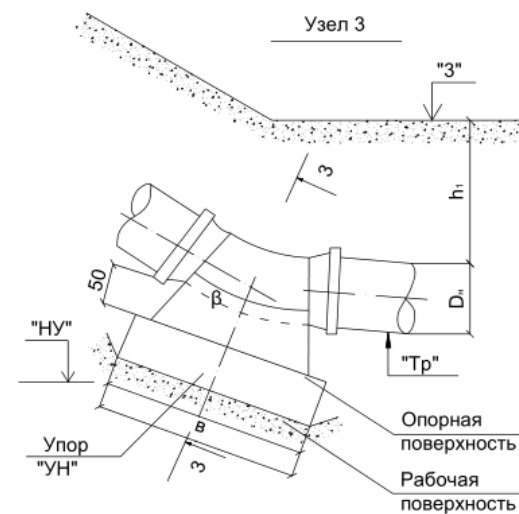
Узел 1



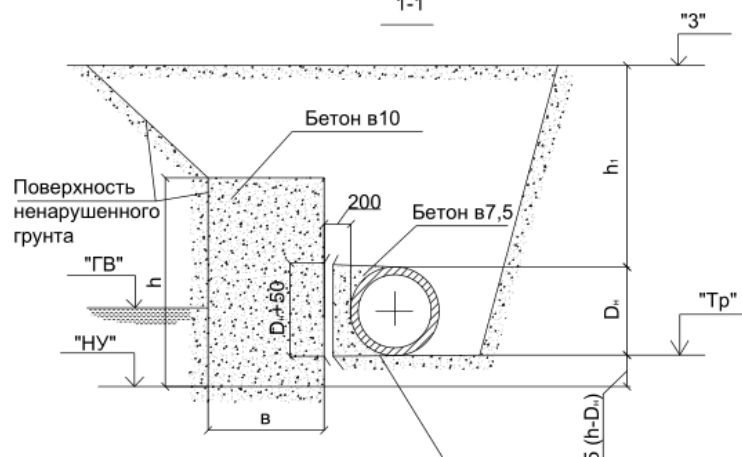
Узел 2



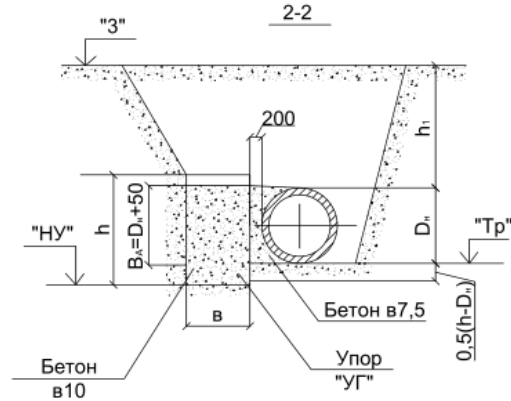
Узел 3



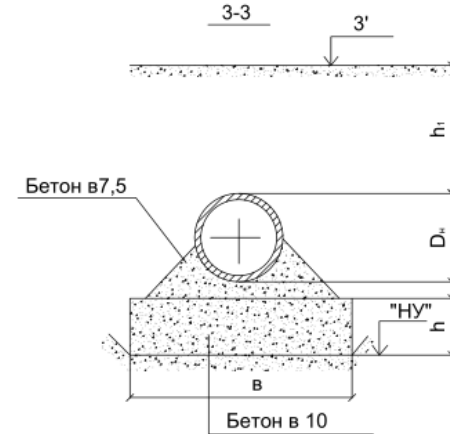
1-1



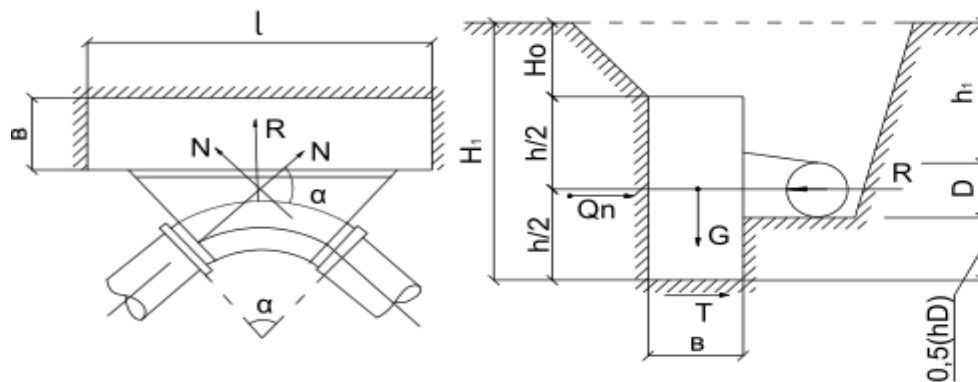
2-2



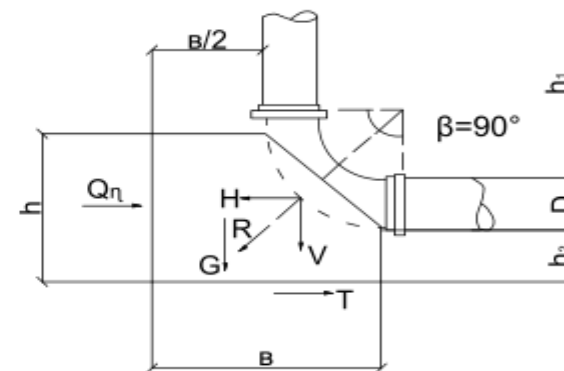
3-3



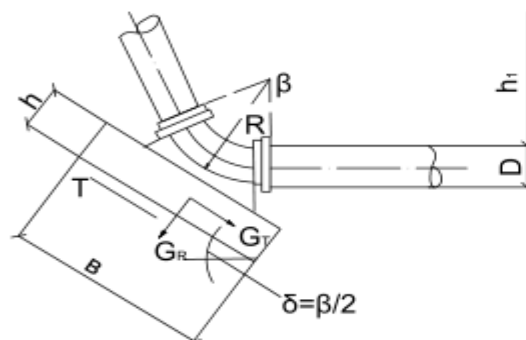
Горизонтальные



Вертикальные выпуклостью вниз
для угла поворота 90°



Вертикальные выпуклостью вниз
для углов поворота 30° и 45°



Вертикальные выпуклостью вверх (якоря)

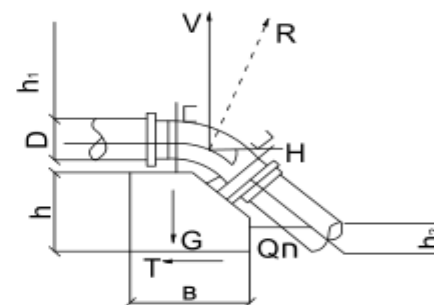


Рис.14.1 Монтажные чертежи упоров на горизонтальных и вертикальных поворотах трубопровода

В таблице 14.1 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 14.1**Силы осевого давления.**

DN	Давление F в даН ^{1*} для 1 бара				
	Тройники и глухие фланцы	Повороты 90° (90°) ^{2**}	Повороты 45° (45°, 30°) ^{**}	Повороты 22,5° (15°) ^{**}	Повороты 11,25° (10°) ^{**}
80	75	107	58	29	15
100	109	155	84	43	21
125	163	230	125	63	32
150	227	321	174	89	44
200	387	547	296	151	76
250	590	834	451	230	116
300	835	1180	639	326	164
350	1122		859	438	220
400	1445		1106	564	283
500	2223		1701	867	436
600	3167		2424	1236	621
700	4278		3274	1669	839
800	5568		4262	2173	1092
900	7014		5368	2737	1375
1000	8626		6602	3366	1691

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

Могут быть использованы 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.

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

Несущая поверхность упорного блока должна быть размещена на ненарушенном грунте. Если это невозможно, то насыпной грунт между несущей поверхностью упорного блока и

^{1*} 1 даН = 1 кгс/см² = 10 Н

^{2**} Указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525

ненарушенным грунтом должен быть уплотнен;

- высота упорного блока h должна быть равна 0,5 (или менее) общей глубины заложения трубы до нижней части блока, но не меньше диаметра трубы;

- высота упорного блока должна быть выбрана так, чтобы расчетная ширина блока b изменялась в пределах размеров ширины или двух высот блока;

- толщину блока и его объем выбирают в зависимости от прочности бетона в соответствии с требованиями СП 63.13330. [13].

Значение осевого давления при разных углах поворота трубопровода, прочности ненарушенного грунта и площади упора блока можно определить, для практических расчетов, по номограммам, СП 66.13330.2011

Размеры (общий случай)

Объемы бетона, приведенные в таблицах 14.2 и 14.3 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.

(Внутреннее трение $\Phi = 40^\circ$; прочность $\sigma \approx 1$ даН/см²; плотность $\gamma = 2$ т/м³; глубина заложения $H = 1,2$ м; нет грунтовых вод).

Таблица 14.2 Объемы укрепительных блоков.

Почвы высокой прочности					
DN	Испытательное давление	Отвод 11,25° (10°) ^{3*} $l \times h / V$ м·м / м ³	Отвод 22,5° (15°)* $l \times h / V$ м·м / м ³	Отвод 45° (45°, 30°)* $l \times h / V$ м·м / м ³	Колено 90° (90°)* $l \times h / V$ м·м / м ³
80	10	0,10x0,18/0,01	0,17x0,18/0,02	0,21x0,28/0,04	0,38x0,28/0,06
	16	0,13x0,18/0,01	0,18x0,28/0,03	0,33x0,28/0,05	0,59x0,28/0,11
	25	0,14x0,28/0,02	0,27x0,28/0,05	0,51x0,28/0,09	0,87x0,28/0,24
100	10	0,10x0,20/0,01	0,21x0,20/0,02	0,29x0,30/0,06	0,51x0,30/0,10
	16	0,17x0,20/0,02	0,24x0,30/0,04	0,45x0,30/0,08	0,77x0,30/0,20
	25	0,19x0,30/0,03	0,36x0,30/0,06	0,67x0,30/0,15	1,14x0,30/0,43
125	10	0,14x0,22/0,02	0,20x0,32/0,04	0,38x0,32/0,08	0,67x0,32/0,17
	16	0,23x0,22/0,03	0,32x0,32/0,07	0,59x0,32/0,14	1,01x0,32/0,37
	25	0,25x0,32/0,05	0,48x0,32/0,11	0,87x0,32/0,28	1,21x0,42/0,69
150	10	0,18x0,25/0,03	0,26x0,35/0,06	0,48x0,35/0,12	0,83x0,35/0,27
	16	0,28x0,25/0,04	0,40x0,35/0,09	0,73x0,35/0,21	1,04x0,45/0,54
	25	0,32x0,35/0,08	0,60x0,35/0,16	1,08x0,35/0,46	1,50x0,45/1,12

* В скобках указаны углы поворота для отводов по ГОСТ 5525

ООО «ЛТК «Свободный сокол»

200	10	0,24x0,30/0,05	0,37x0,40/0,12	0,68x0,40/0,24	0,98x0,50/0,54
	16	0,30x0,40/0,09	0,56x0,40/0,19	0,87x0,50/0,42	1,46x0,50/1,17
	25	0,45x0,40/0,14	0,84x0,40/0,32	1,27x0,50/0,89	1,84x0,60/2,24
250	10	0,31x0,35/0,08	0,48x0,45/0,20	0,75x0,55/0,35	1,28x0,55/0,99
	16	0,39x0,45/0,16	0,73x0,45/0,32	1,13x0,55/0,78	1,67x0,65/2,00
	25	0,59x0,45/0,24	0,93x0,55/0,53	1,63x0,55/1,61	2,36x0,65/3,98
300	10	0,37x0,40/0,12	0,59x0,50/0,28	0,93x0,60/0,58	1,41x0,70/1,53
	16	0,48x0,50/0,24	0,78x0,60/0,41	1,39x0,60/1,27	2,04x0,70/3,22
	25	0,63x0,60/0,27	1,15x0,60/0,87	1,79x0,70/2,48	2,64x0,80/6,14
350	10	0,43x0,45/0,18	0,61x0,65/0,27	1,11x0,65/0,88	
	16	0,57x0,55/0,35	0,93x0,65/0,62	1,49x0,75/1,83	
	25	0,75x0,65/0,41	1,23x0,75/1,26	1,96x0,85/3,61	
400	10	0,49x0,50/0,25	0,71x0,70/0,39	1,17x0,80/1,20	
	16	0,65x0,60/0,49	1,07x0,70/0,89	1,60x0,90/2,54	
	25	0,87x0,70/0,59	1,43x0,80/1,80	2,13x1,00/5,02	
Свыше 400	обращаться к заводу изготовителю				

Таблица 14.3 Объёмы укрепительных блоков.

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

Почвы высокой прочности					
DN	Испытательное давление	Отвод 11,25° (10°) ^{4*} $l \cdot h / V$ м · м / м ³	Отвод 22,5° (15°)* $l \cdot h / V$ м · м / м ³	Отвод 45° (45°, 30°)* $l \cdot h / V$ м · м / м ³	Колено 90° (90°)* $l \cdot h / V$ м · м / м ³
80	10	0,13x0,18/0,01	0,17x0,28/0,02	0,32x0,28/0,04	0,56x0,28/0,10
	16	0,14x0,28/0,02	0,26x0,28/0,04	0,49x0,28/0,08	0,85x0,28/0,23
	25	0,21x0,28/0,03	0,40x0,28/0,05	0,74x0,28/0,17	1,24x0,28/0,48
100	10	0,17x0,20/0,02	0,23x0,30/0,04	0,43x0,30/0,07	0,74x0,30/0,19
	16	0,18x0,30/0,03	0,35x0,30/0,05	0,65x0,30/0,15	1,11x0,30/0,41
	25	0,28x0,30/0,05	0,53x0,30/0,10	0,96x0,30/0,31	1,30x0,40/0,75
125	10	0,22x0,22/0,03	0,30x0,32/0,06	0,56x0,32/0,12	0,97x0,32/0,34
	16	0,25x0,32/0,04	0,47x0,32/0,08	0,85x0,32/0,27	1,18x0,42/0,65
	25	0,37x0,32/0,06	0,70x0,32/0,18	1,25x0,32/0,56	1,69x0,42/1,33
	10	0,26x0,25/0,04	0,38x0,35/0,08	0,70x0,35/0,19	0,99x0,45/0,49
	16	0,31x0,35/0,06	0,59x0,35/0,14	1,06x0,35/0,43	1,46x0,45/1,06
	25	0,47x0,35/0,10	0,87x0,35/0,30	1,27x0,45/0,81	2,28x0,45/2,12
200	10	0,29x0,40/0,07	0,54x0,40/0,14	0,83x0,50/0,38	1,39x0,50/1,07
	16	0,44x0,40/0,12	0,82x0,40/0,30	1,24x0,50/0,85	1,79x0,60/2,12
	25	0,66x0,40/0,20	1,02x0,50/0,58	1,77x0,50/1,73	2,51x0,60/4,15
250	10	0,37x0,45/0,12	0,70x0,45/0,25	1,08x0,55/0,71	1,60x0,65/1,83
	16	0,57x0,45/0,19	0,91x0,55/0,50	1,42x0,65/1,45	2,10x0,75/3,66
	25	0,74x0,55/0,33	1,32x0,55/1,06	2,02x0,65/2,92	2,72x0,85/6,91
300	10	0,46x0,50/0,19	0,75x0,60/0,37	1,32x0,60/1,16	1,95x0,70/2,94
	16	0,61x0,60/0,25	1,12x0,60/0,83	1,75x0,70/2,36	2,40x0,90/5,71
	25	0,91x0,60/0,55	1,46x0,70/1,64	2,27x0,80/4,53	3,12x1/10,73
350	10	0,54x0,55/0,27	0,89x0,65/0,57	1,42x0,75/1,67	
	16	0,73x0,65/0,39	1,20x0,75/1,20	1,91x0,85/3,42	
	25	1,08x0,65/0,84	1,73x0,75/2,46	2,51x0,95/6,58	
400	10	0,62x0,60/0,38	0,94x0,80/0,78	1,53x0,90/2,32	
	16	0,85x0,70/0,56	1,39x0,80/1,71	2,08x1,00/4,75	
	25	1,14x0,80/1,15	1,85x0,90/0,78	2,63x1,20/9,12	

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

Несущая поверхность упорного блока должна быть размещена на ненарушенном грунте. Если это невозможно, то насыпной грунт между несущей поверхностью упорного блока и ненарушенным грунтом должен быть уплотнен;

- высота упорного блока h должна быть равна 0,5 (или менее) общей глубины заложения трубы до нижней части блока, но не меньше диаметра трубы;

- высота упорного блока должна быть выбрана так, чтобы расчетная ширина блока b изменялась в пределах размеров ширины или двух высот блока;

- толщину блока и его объем выбирают в зависимости от прочности бетона в соответствии с требованиями СП 63.13330 [51].

Значение осевого давления при разных углах поворота трубопровода, прочности ненарушенного грунта и площади упора блока можно определить, для практических расчетов, по номограммам СП 66.13330.2011[13].

14.1 Осовое гидравлическое давление

Силы осевого гидравлического давления возникают в напорных магистральных из труб ВЧШГ во всех местах изменения направления (повороты, тройники), во всех местах изменения диаметра (переходы), на каждом конце (глухие фланцы), на рисунке 14.2 приведены схемы некоторых конструкций соединительных частей.

Значение этих сил является достаточно высоким и они должны быть скомпенсированы усиленными (неразъемными) соединениями или укрепительными блоками (упорами).

Силы рассчитывают по общей формуле

$$F = KPS, \quad (14.1)$$

где F - сила осевого давления кН;

P - внутреннее давление (испытательное давление трубопровода), МПа;

S - поперечное сечение (внутреннее для фланцевых соединений, внешнее для любых других типов), см²;

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

Глухие фланцы, тройники: $K = 1$, рисунок 14.2, *б*, *г*.

Переходы на меньший диаметр: $K = 1 - S'/S$ (S' - меньшее сечение), рисунок 14.2, *в*.

Повороты с углом θ : $K = 2\sin(\theta/2)$, рисунок 14.2, *а*.

$K = 1,414$ для поворотов 90°;

$K = 0,765$ для поворотов 45°;

$K = 0,390$ для поворотов 22,5°;

$K = 0,196$ для поворотов 11,25°.

Компенсацию силы гидравлического давления осуществляют за счет укрепительных блоков или применения метода крепления соединений, за счет заземления трубы в грунте. Это может быть обусловлено затрудненностью условий строительства или низкой прочностью грунта.

Гравитационные блоки и зажимы следует применять для сопротивления противодействию продольных сил от гидравлического давления на вертикальных изгибах трубопроводов, направленных вниз. В гравитационном блоке его масса является силой, обеспечивающей равновесие с силой противодействия, при конструировании блока необходимо рассчитать необходимый объем данного блока. Расчетные силы и схемы блока представлены на рисунке 14.3.

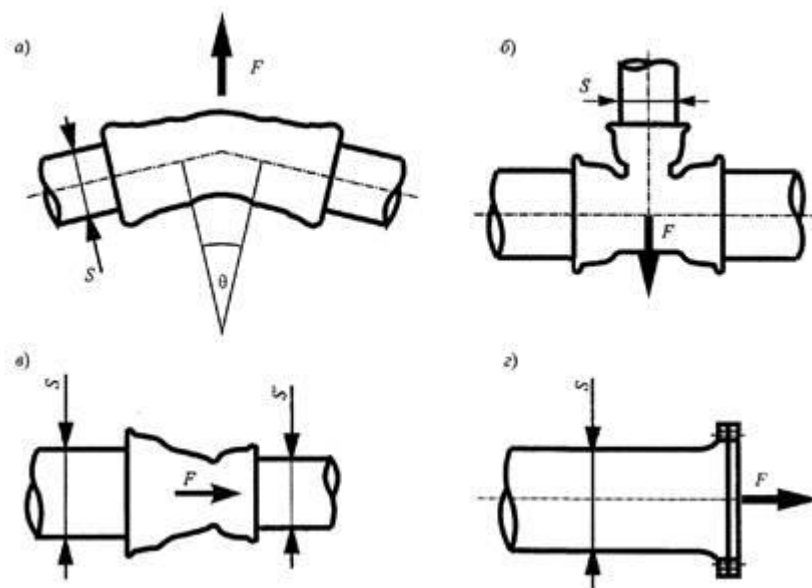


Рисунок 14.2 - Примеры схем конструкций соединений труб

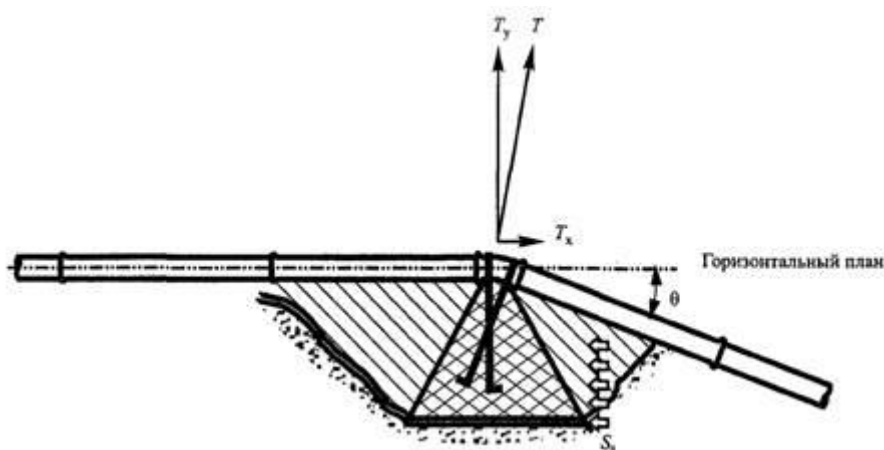


Рисунок 14.3 - Гравитационный блок для вертикальных изгибов

Расчетную силу F определяют по формуле

$$F = PS\sin\theta. \quad (14.2)$$

Тогда масса блока:

$$V_b = \frac{S_f P S \sin\theta}{\gamma_b}, \quad (14.3)$$

где P - давление воды в трубопроводе, МПа;

S - площадь поперечного сечения трубы, см²;

θ - угол изгиба трубы, градус;

γ_b - плотность материала блока;

S_f - коэффициент запаса, принимаемый равным 1,5.

Условие равновесия сил $F \leq V_b$.

14.2 Анкерное крепление трубопроводов

Анкерное крепление - альтернативное решение замены гравитационных блоков для обеспечения устойчивости трубопроводов, особенно диаметрами 500 - 1000 мм, прокладываемых в слабых, заболоченных и обводненных местах, с помощью анкерных креплений, ввинчиваемых в грунт.

Вариант анкерного устройства приведен на рисунке 14.4.

Анкерное устройство состоит из двух металлических винтовых анкеров 1 силового пояса 2, футеровочного мата 5, прокладки из трех слоев бривола 4, накладываемых на трубу 5. Анкер 1 представляет собой конструкцию, способную погружаться, если приложить к ней крутящий момент. Анкер состоит из сердечника a , наконечника b , винтовой лопасти $в$, оголовка $г$ и стержня $д$. Оптимальные размеры анкера следующие: сердечник диаметром 90 мм, наконечник конической формы $h = 2d$, винтовая лопасть диаметром 300 мм, толщина лопасти 10 мм, шаг $t = 90$ мм, диаметр стального прутка 20 мм.

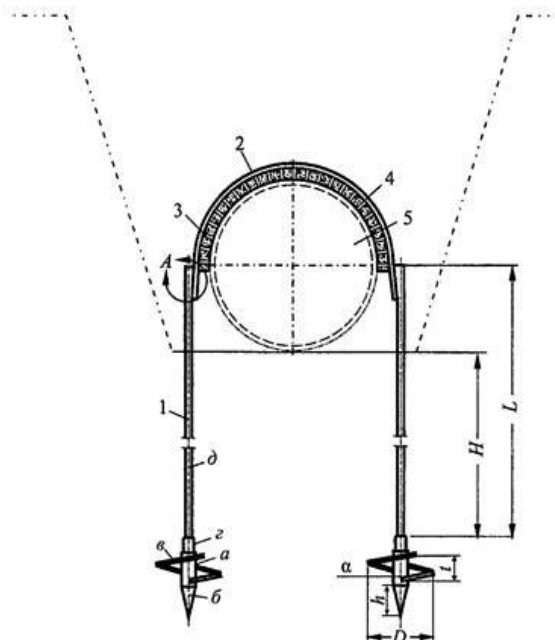


Рисунок 14.4 - Конструкция анкерного крепления трубопровода

1 - металлические винтовые анкеры; 2 - силовой пояс; 3 - футеровочный мат; 4 - прокладки;
5 - труба; а - сердечник; б - наконечник; в - винтовая лопасть; г - оголовок; д - стержень

Несущую способность анкерных устройств указанных выше размеров определяют свойствами грунтов, в которые они ввинчиваются. В зависимости от грунтов расчетная нагрузка на анкерные устройства составляет:

900 кН - в крупнозернистых и среднезернистых устойчивых влажных грунтах;

6000 кН - в твердых глинах, тяжелых суглинках, плотных супесях и мелкозернистых устойчивых влажных песках;

3000 кН - в мягкопластичных глинах, илистых суглинках, супесях.

При недостаточной изученности грунтов на трассе трубопроводов проводят опытное ввинчивание анкеров на глубину $H = 2,5$ м и выдергивание, чем определяют несущую способность конструкции.

Расчетную максимальную нагрузку на один анкер, при которой он начинает вытягиваться из грунта, выбирают на анкерной нагрузке, включающей два анкера. При этом значение расчетной нагрузки должно быть не выше 900 кН на анкерное устройство.

Винтовые анкерные упоры следует также устанавливать при прокладке трубопровода из ВЧШГ в горных условиях, когда условие применения гравитационных блоков затруднено и малоэффективно.

Расстояние между анкерными устройствами (пролет, м) вычисляют по формуле

$$l_{\text{пр}} \leq \frac{0,0127 N_{\text{доп}}}{D_{\text{н}}^2 \left(\gamma_{\text{в}} - 4 \frac{h}{D_{\text{н}}} \gamma \right)}, \quad (14.4)$$

где $N_{\text{доп}}$ - допускаемая расчетная нагрузка на анкерное устройство, кН;

$D_{\text{н}}$ - наружный диаметр труб, см;

$\gamma_{\text{в}}$ - объемная масса жидкой среды погружения трубопровода, кН/м³;

h - толщина стенки трубы, см;

γ - объемная масса материала трубы (для ВЧШГ 7,2 кН/м³).

При этом значение $l_{\text{пр}}$, вычисленное по формуле (14.4), должно удовлетворять условиям:

$$l_{\text{пр}} \leq 0,02^4 \sqrt{\frac{12 E h D_{\text{н}} f_{\text{доп}}}{\gamma - 4 \frac{h}{D_{\text{н}}} \gamma}};$$

$$l_{\text{пр}} \leq 0,02^4 \sqrt{\frac{3 k_2 R_2^{\text{н}}}{\gamma - 4 \frac{h}{D_{\text{н}}} \gamma}},$$

где E - модуль упругости материала трубы, кг/см² (для ВЧШГ), равный $1,7 \cdot 10^5$ МПа;

$f_{\text{доп}}$ - допускаемый прогиб (подъем) трубопровода в середине пролета между двумя соседними анкерными устройствами, см;

$R_2^{\text{н}}$ - нормативное сопротивление растяжению, сжатию и изгибу материала анкера, определяемое из условия достижения предела текучести ($R_2^{\text{н}} = \sigma_0$), МПа.

При прокладывании напорного трубопровода, особенно в слабых и просадочных грунтах, роль упорных блоков выполняют трубы с замковым соединением типа «RJ» или «RJS», которые заземляются в грунте.

Этот метод состоит в фиксации (закреплении) необходимого числа соединяемых труб с каждой стороны трубопровода для использования силы заземления трубы в грунте в качестве компенсации осевого гидравлического давления.

Длина участка, подлежащего укреплению, зависит от:

- качества укладки труб;
- качества и степени утрамбовки засыпаемого материала;
- физических характеристиках засыпаемого грунта;
- применения пленочного рукава, надеваемого на трубопровод.

При применении пленочного рукава сцепление трубы с грунтом составляет 0,7 сцепления трубы без рукава, т.е. $Q'_0 = 0,7 Q_0$, где Q_0 - сила сцепления трубы с грунтом.

Дополнительно основание материкового грунта испытывает давление от массы трубы $Q_{тр}$ и воды $Q_{в}$.

Для расчета принимают суммарное среднее значение давления грунта по горизонтальной плоскости, проходящей через центр трубопровода, от массы трубы.

Среднее давление грунта засыпки определяется по формуле

$$\sigma_{ср} = \gamma_{ср} h_{ср}, \quad (14.5)$$

где $\gamma_{ср}$ - объемная масса грунта засыпки;

$h_{ср}$ - высота засыпки, м.

Давление q_0 от $Q_{тр}$ и $Q_{в}$ определяют по формуле

$$q_0 = \frac{Q_{тр} + Q_{в}}{F}, \quad (14.6)$$

где F - площадь опирания трубы на грунт при $\alpha = 180^\circ$;

$Q_{тр}$ - масса трубы, кН/м³;

$Q_{в}$ - масса воды, кН/м³.

Общее удельное давление на грунтовое основание от этих нагрузок определяется по формуле

$$\sigma_0 = q_{гр} + q_{тр} + q_{в}, \quad (14.7)$$

где $q_{в}$ - удельное давление от массы воды;

$q_{тр}$ - удельное давление от массы трубы;

$q_{гр}$ - удельное давление грунта на трубу трубы.

Защемление трубы в грунте рассматривается как противодействие контактного касательного напряжения τ осевому перемещению трубы от действия осевых нагрузок. В этом случае значение защемления рассчитывают по формулам:

$$\tau_{пр} = \sigma_0 \tan \varphi + C, \text{ - для концевых сечений упругих участков:}$$

а) для участков, сложенных суглинками:

$$\tau_{пр} = \sigma_0 \tan \varphi + C; \quad (14.8)$$

б) для участков, сложенных пластичными глинистыми грунтами:

$$\tau_{пр} = \sigma_0 \tan \varphi + 0,2C; \quad (14.9)$$

в) для участков, сложенных песчаными и супесчаными грунтами:

$$\tau_{пр} = \sigma_0 \tan \varphi, \quad (14.10)$$

где $\tau_{пр}$ - напряжение защемления на контакте труба-грунт в продольном направлении, МПа;

φ - угол внутреннего трения грунта, в градусах;

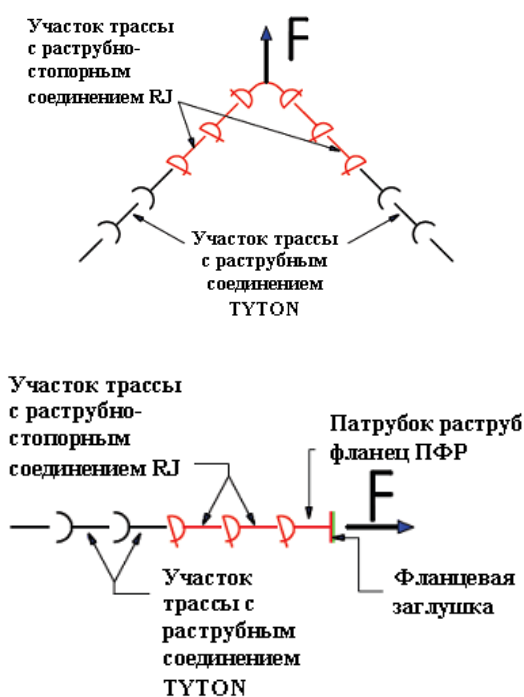
σ_0 - нормальное среднее давление грунта на трубопровод, МПа;

C - сила сцепления грунта, МПа.

Физико-механические характеристики грунтов: прочность, модули деформативности, удельного сцепления грунтов, углы внутреннего трения ϕ и другие показатели следует принимать по СП 21.13330, приложения Б и В [52].

15. Применение труб ВЧШГ с соединениями «RJ» и «RJS» вместо бетонных упоров

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.



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.

Практическое применение

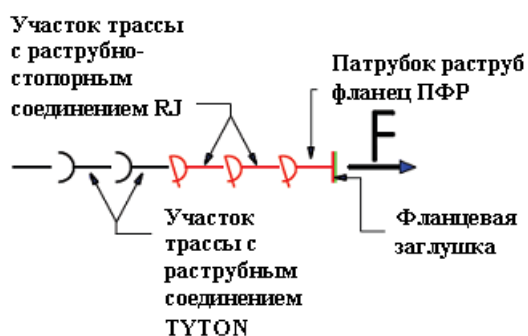
Грунт с умеренной механической прочностью:

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

Длина участка (в метрах), подлежащего фиксации (усилению) с каждой стороны поворота, для испытательного давления 10 бар, приведена в таблице 15.1



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.

Практическое применение

Грунт с умеренной механической прочностью:

- грунт: гравий / илистый или глинистый песок;
- угол внутреннего трения – $\Phi = 30^\circ$;
- прочность $\sigma \approx 0,6 \text{ даН/см}^2$;
- плотность $\gamma = 2 \text{ т/м}^3$;
- 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 15.1.

Таблица 15.1 **Длина участка (L), подлежащего усилению.**

DN	Колено 90° (90°) ^{5*}			Отвод 45° (45°, 30°)*			Отвод 22,5° (15°)*			Отвод 11,25° (10°)*			Глухие фланцы		
Глубина заложения	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м	1 м	1,5 м	2 м
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

В случае, если давление P выше 10 бар, значение L в таблице 15.1 необходимо скорректировать путем умножения на коэффициент $P/10$ (где P выражено в барах).

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

Пример

Вычисление длины укрепляемого участка для:

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

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

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

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

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

Длина участка трубопровода, подлежащая укреплению (анкеровке), определяется по

формуле:
$$L = \frac{P \times S}{F_n} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2} \right) \times \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \times C$$
, где

L – длина, подлежащая укреплению, м;

P – испытательное давление на объекте (Ра);

S – поперечное сечение трубы, м²;

θ – угол поворота трубопровода, рад;

F_n – сила трения на метр трубы, Н/м;

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

Сила трения трубы о грунт определяется по формуле:

$F_n = K \times f \times (2W_e + W_p + W_w)$, где

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

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

W_p – вес погонного метра порожней трубы, Н/м;

W_w – вес погонного метра воды, Н/м;

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

γ – плотность грунта, Н/м³;

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

$\alpha_1 = 2/3$ (испытания при открытых стыках);

H – глубина заложения трубы, м;

D – 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. 15.2).

Таблица 15.2 **Значения Θ для различных углов отклонения трубопровода.**

Θ	$\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\Theta}{2}\right) \times \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2}$
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 15.3 **Характеристики почв.**

Тип грунта	Сухой/влажный		Затопленный	
	Угол внутреннего трения, °	Плотность, т/м³	Угол внутреннего трения, °	Плотность, т/м³
Раздробленная скала	40	2,0	35	1,1
Гравий, песок	35	1,9	30	1,1
Песок/гравий	30	2,0	25	1,1
Ил/глина				
Ил/глина	25	1,9	15	1
Органический перегной	15	1,8	-	-
Глина, песок				

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: $f = 1 \times \operatorname{tg}(0,8 \times 30) = 0,445$.

Вес 1 погонного метра засыпки: $W_e = 2,0 \times 9,807 \times 3,5 \times 0,635 \times 0,67 = 29,2 \text{ кН/м}$.

Сила трения: $F_n = 1,1 \times 0,445 \times (2,0 \times 29,2 + 1,56 + 3,1) = 30,9 \text{ кН/м}$.

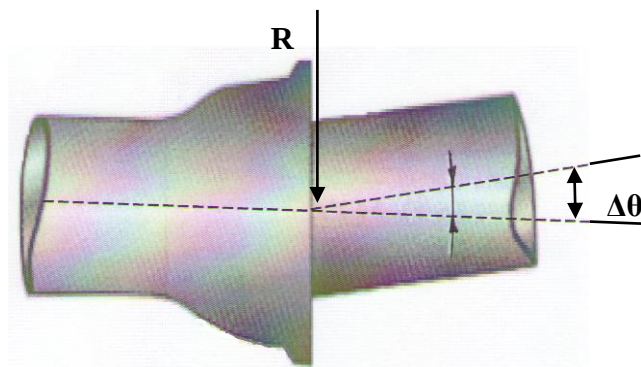
Длина укрепляемого участка:

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

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

16 Изгиб соединений

Раструбные соединения (TYTON, 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. 16.1, табл. 16.1).



R - радиус изгиба, м

$\Delta\theta$ - Допустимый изгиб при укладке, град.

Рисунок 16.1 Допустимый изгиб при укладке.

Таблица 16.1 Характеристики соединения TYTON, RJ и RJS для изгиба.

DN	Допустимый изгиб при укладке $\Delta\theta$, град.			Длина трубы L, м	Радиус изгиба R, м	Смещение Δd , см
	TYTON	RJ и RJS	TYTON-SIT			
80-125	5	5	3	6	69 (5 град)	52 (5 град)
150-300	5	4	3	6	86 (4 град)	42 (4 град)
350-500	4	3	3	6	115 (3 град)	32 (3 град)
600	3	3		6	115 (3 град)	32 (3 град)
700-800	3	2		6	172 (2 град)	25 (2 град)
900-1000	3	1,5		6	230 (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.

17. Бестраншейная прокладка труб ВЧШГ

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 уже существующих трубопроводов.

17.1 Эксплуатационные и монтажные нагрузки, действующие на трубопроводы, прокладываемые бестраншейным способом ГНБ

На трубопроводы действуют следующие нагрузки:

- 1) внешние нагрузки от грунта, транспорта, собственного веса трубы и веса транспортируемой жидкости;
- 2) внутреннее давление жидкости;
- 3) осевые нагрузки при протягивании трубы в расширенную скважину.

17.2 Внешние нагрузки, действующие на трубопроводы, прокладываемые способом ГНБ

17.2.1 Для расчета вертикального давления грунта на трубу от внешних нагрузок при закрытых прокладках принимается расчетная схема, приведенная на рисунке 17.1.

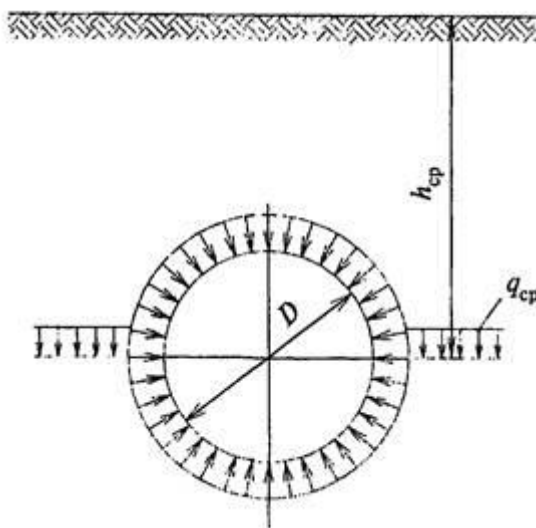


Рисунок 17.1 - Среднее давление грунта на подземный трубопровод

Для расчета принимается среднее давление грунта по горизонтальной плоскости, проходящей через центр трубопровода, которое определяется по формуле

$$\sigma_{\text{ср}} = q_{\text{гр}} = \gamma_{\text{ест}} h_{\text{ср}}, \quad (17.1)$$

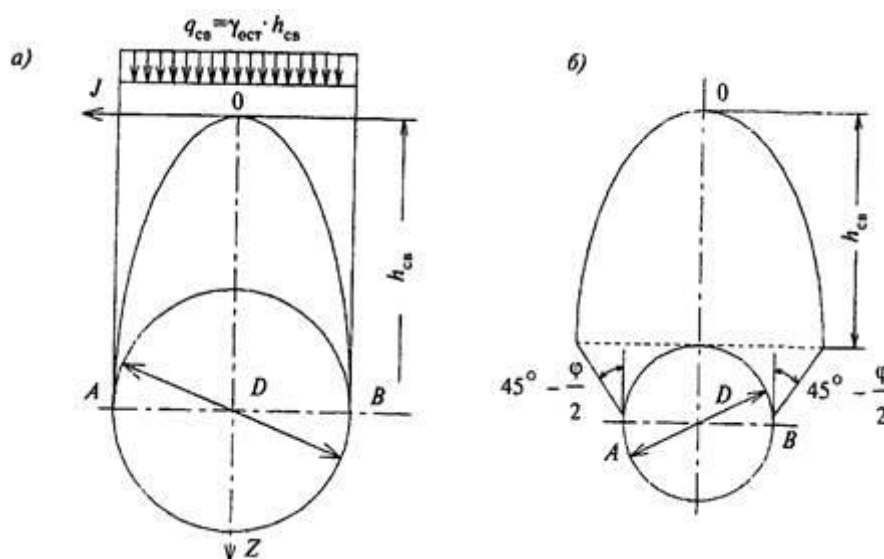
где $\gamma_{\text{ест}}$ - удельный вес грунта в естественном состоянии;

$q_{\text{гр}}$ - давление грунта на трубу.

17.2.2 При прокладке труб способом ГНБ над трубой образуется свод естественного равновесия высотой $h_{\text{ср}}$. Это отражено на рисунке 17.2, а. Высота свода определяется по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \varphi}, \quad (17.2)$$

где φ - условный угол внутреннего трения, град.



а - опирание свода на уровне центра трубы; б - опирание свода на уровне верхней образующей трубы

Рисунок 17.2 Давление грунта на подземную трубу при образовании свода естественного равновесия

17.2.3 Начало свода помещается на уровне верха трубы (рисунок 17.2, б), высота $h_{\text{св}}$ будет равна:

$$h_{\text{св}} = \frac{B}{D \operatorname{tg} \varphi}, \quad (17.3)$$

Где $B = D_{\text{н}} \left[1 + \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]$ - величина пролета разгруженного свода.

Для раструбных труб такое решение более целесообразно.

17.2.4 Давление грунта, расположенного выше точки 0, полностью воспринимается грунтовым сводом, а на трубы давит грунт, находящийся внутри свода естественного

равновесия. Давление принимается равномерно распределенным и равным

$$q_{св} = \gamma_{ест} h_{св}. \quad (17.4)$$

17.2.5 Среднее давление грунта на уровне $h_{ср}$ определяется по формуле

$$q_{ср} = \gamma_{ест} h_{ср} D_{н} - \gamma_{ест} h_{ср}^2 tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (17.5)$$

17.2.6 При некотором значении $h_{ср} = h_{св}$ может образовываться свод естественного равновесия (при $q_{ср} = 0$). Ниже $h_{св}$ давление грунта на трубу остается постоянным при увеличении глубины заложения

$$h_{св} = \frac{D_{н}}{tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) tg \varphi}, \quad (17.6)$$

где $tg \varphi = f_{кр}$ - коэффициент крепости, учитывающий суммарное действие сил трения и смещения грунта.

Для связных грунтов коэффициент крепости определяется формулой

$$f_{кр} = tg \varphi + \frac{c}{\sigma}, \quad (17.7)$$

где $tg \varphi$ - угол внутреннего трения;

c - удельное сцепление;

σ - сжимающее напряжение, при котором определяется сопротивление связного грунта сдвигу.

Численные значения коэффициентов крепости для некоторых грунтов и соответствующие условные углы внутреннего трения приведены в таблице 17.1.

Таблица 17.1 - Коэффициенты крепости $f_{кр}$ (по М.М. Протодяконову) и условные углы внутреннего трения φ различных грунтов [1]

№ п.п.	Грунт	Коэффициент крепости $f_{кр}$	Условный угол внутреннего трения φ , град.
1	Плывун, болотистый грунт, разжиженный грунт	0,3	9
2	Песок, мелкий гравий, насыпной грунт	0,5	27
3	Растительный грунт, торф, сырой песок, слабый глинистый грунт	0,6	30
4	Глинистый грунт, лёсс, гравий	0,8	40
5	Плотный глинистый грунт	1	60
6	Щебенистый грунт, галька, разрушенный сланец, твердая глина	1,5	60
7	Мягкий сланец, мягкий известняк, мел, мерзлый грунт, мергель, сцементированная галька и хрящ, каменистый грунт	2	65
8	Некрепкие сланцы, плотный мергель, разрушенный песчаник	3	70
9	Крепкий глинистый сланец, некрепкие песчаники и известняки, мягкий конгломерат	4	70

17.2.8 Величина вертикального давления Q_v определяется как произведение давления

грунта q_b на диаметр трубы D_n .

В этом случае

$$Q_b = nq_b D_n = nh_{ce} \gamma D_n = \frac{n\gamma D_n^2}{2f} \left[1 + tg \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right], \quad (17.8)$$

где n - коэффициент перегрузки, равный 1,5.

17.2.9 Величина равнодействующего бокового давления грунта с коэффициентом перегрузки $n_2 = 0,8$ будет равна

$$Q_b = n_2 \gamma_{гр} D_n \left(h_{ce} + \frac{D_n}{2} \right) tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (17.9)$$

17.2.10 Равнодействующая расчетной вертикальной нагрузки от давления наземного транспорта $Q_{тр}^в$, кН/м, определяется по формуле

$$Q_{тр}^в = nq_{тр} D_n \mu, \quad (17.10)$$

где n - коэффициент надежности для колесного транспорта, равный 1,4, для гусеничного - 1,0;

$q_{тр}$ - равномерно распределенная нагрузка от транспорта, определяемая по таблице 5.11 СП 66.13330.2011;

μ - коэффициент динамичности, при $h = 0,5$ м $\mu = 1,17$; при $h = 1,0$ м $\mu = 1$.

17.2.11 Равнодействующая расчетной горизонтальной нагрузки от наземного транспорта $Q_{тр}^г$, кН/м, определяется по формуле

$$Q_{тр}^г = nq_{тр} D_n \lambda_n, \quad (17.11)$$

где n - коэффициент надежности, равный 1,0;

λ_n - коэффициент бокового давления для грунтов Г-I - Г-III, при уплотненном грунте равный 0,5, для грунтов Г-IV - Г-VI равный 0,1 - 0,3 [1].

17.2.12 Равнодействующая расчетной вертикальной нагрузки от собственного веса трубопровода, кН/м, определяется по формуле

$$Q'_т = nQ'_1, \quad (17.12)$$

где n - коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,1;

Q'_1 - теоретический вес труб, кН/м.

17.2.13 Равнодействующая расчетной вертикальной нагрузки от веса транспортируемой воды, кН/м

$$Q'_в = n \frac{\pi}{4} \gamma D_{вн}^2, \quad (17.13)$$

где n - коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,0;

$D_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр труб, м;

γ - удельный вес водопроводной воды, принимаемый равным 0,98 кН/м³.

17.3 Определение расчетных изгибающих моментов

17.3.1 Расчетные изгибающие моменты, кН·м, от действия вертикальных нагрузок от транспорта при прокладке труб способом ГНБ при $2\alpha = 180^\circ$ определяются по формуле

$$M'_в = 0,125 D_{\text{тр}}^2 r_{\text{ср}} \quad (17.14)$$

Расчетный изгибающий момент от действия горизонтальных нагрузок

$$M_{\Gamma} = -0,125 D_{\text{тр}}^2 r_{\text{ср}} \lambda, \quad (17.15)$$

где λ - коэффициент бокового давления.

17.3.2 Расчетный изгибающий момент от собственного веса трубы и транспортируемой воды при $2\alpha = 180^\circ$ определяется по формуле [4]

$$M_{\text{ТВ}} = 0,07(Q'_{\text{т}} + Q'_{\text{тр}})r_{\text{ср}}. \quad (17.16)$$

Суммарный расчетный изгибающий момент в лотке трубы, кН·м, будет

$$M_{\text{расч}} = M'_в - M_{\Gamma} + M_{\text{ТВ}}. \quad (17.17)$$

Расчетная приведенная нагрузка $Q_{\text{пр}}$, кН/м, определяется по формуле

$$Q_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{расч}}}{0,318 r_{\text{ср}}}. \quad (17.18)$$

17.4 Пример расчета

Определить вертикальное и боковое давление грунта на жесткую трубу из ВЧШГ с наружным диаметром $D_{\text{н}} = 32,5$ см, укладываемую способом ГНБ на глубине 2 м в песчаном грунте (Г-III). Транспортная нагрузка НГ-60, А-14.

Удельный вес грунта $\gamma = 17$ кН/м³ и угол внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$.

17.4.1 Расчетный пролет разгружающего свода

$$B = D_{\text{н}} \left[1 + \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] = 32,5 \cdot 2,15 = 0,7 \text{ м.}$$

17.4.2 Высота разгружающего свода при коэффициенте прочности $f = 0,6$

$$h'_{\text{св}} = \frac{B}{2f} = \frac{0,70}{2 \cdot 0,6} = 0,7 \text{ м.}$$

17.4.3 Расчетная сила вертикального равнодействующего давления грунта на трубу с коэффициентом перегрузки $n = 1,5$

$$Q_{гр}^B = nq_B D_H = nh_{св} \gamma D_H = \frac{n\gamma D_H^2}{2f} \left[1 + tg \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] =$$

$$= 1,5 \cdot 0,58 \cdot 1,7 \cdot 0,32 = 0,48 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 4,8 \text{ кН/м}$$

Равнодействующее боковое давление с коэффициентом перегрузки $n_2 = 0,8$

$$Q_{гр}^F = n_2 \gamma_{гр} D_H \left(h_{св} + \frac{D_H}{2} \right) tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) =$$

$$= 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,325 \cdot \left(0,58 + \frac{0,325}{2} \right) tg^2(45^\circ - 15^\circ) =$$

$$= 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,325 \cdot (0,58 + 0,162) \cdot 0,25 = 0,08 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 0,8 \text{ кН/м}$$

17.4.4 Равнодействующая вертикальная нагрузка от действия гусеничного транспорта НГ-60 равна $Q_{тр}^B = nq_{тр} D_H \mu$:

$$\text{при } h = 1,0 \text{ м } Q_{тр}^B = 1,2 \cdot 35,3 \cdot 0,325 \cdot 1,1 = 16,4 \text{ кН/м};$$

$$\text{при } h = 1,5 \text{ м } Q_{тр}^B = 1,2 \cdot 25,4 \cdot 0,325 \cdot 1,1 = 10,89 \text{ кН/м};$$

$$\text{при } h = 2,0 \text{ м } Q_{тр}^B = 1,2 \cdot 18,7 \cdot 0,325 \cdot 1,1 = 8,08 \text{ кН/м}.$$

17.4.5 Равнодействующая горизонтальной нагрузки от действия А-14 будет равна $Q_{тр}^F = nq_{тр} D_H \lambda_n$, где λ_n - коэффициент бокового давления, принятый равным 0,2:

$$\text{при } h = 1,0 \text{ м } Q_{тр}^F = 1,0 \cdot 35,3 \cdot 0,325 \cdot 0,2 = -2,29 \text{ кН/м};$$

$$\text{при } h = 1,5 \text{ м } Q_{тр}^F = 1,0 \cdot 25,4 \cdot 0,325 \cdot 0,2 = -1,65 \text{ кН/м};$$

$$\text{при } h = 2,0 \text{ м } Q_{тр}^F = 1,0 \cdot 18,7 \cdot 0,325 \cdot 0,2 = -1,21 \text{ кН/м}.$$

7.4.6 Равнодействующая вертикальной нагрузки от собственного веса трубопровода равна

$$Q_1 = n\pi\gamma_{тр}h(D_H - h) = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 72,0 \cdot 0,0072 = 0,32 \text{ кН/м},$$

где $\gamma_{тр}$ - удельный вес ВЧШГ, равный 72,0 кН/м³.

17.4.7 Равнодействующая вертикальной нагрузки от веса транспортируемой воды

$$Q_2 = n0,25\pi\gamma_n D_B^2 = 1,0 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 9,8 \cdot 0,318^2 = 0,77 \text{ кН/м}.$$

17.4.8 Величины изгибающих моментов, приведенных нагрузок, коэффициентов запаса прочности приведены в таблице 17.2.

Таблица 17.2 - Результаты расчета прочности трубопровода диаметром 300 мм

№ п.п.	$h, \text{ м}$	$Q_{\text{гр}}^{\text{в}}, \text{ кН/м}$	$Q_{\text{гр}}^{\text{г}}, \text{ кН/м}$	$Q_{\text{тр}}^{\text{в}}, \text{ кН/м}$	$Q_{\text{тр}}^{\text{г}}, \text{ кН/м}$	$Q_{\text{т}}, \text{ кН/м}$	$Q_{\text{в}}, \text{ кН/м}$	$M_{\text{гр}}^{\text{в}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$M_{\text{гр}}^{\text{г}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$M_{\text{тр}}^{\text{в}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$M_{\text{тр}}^{\text{г}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$
1	1,0	4,8	-0,8	10,95	-1,82	0,32	0,77	0,09	0,025	0,8	-0,036
2	1,5	4,8	-0,8	6,20	-0,87	0,32	0,77	0,09	0,025	0,12	-0,017
3	2,0	4,8	-0,8	3,29	-0,05	0,32	0,77	0,09	0,025	0,06	-0,009

Продолжение таблицы 17.2

№ п.п.	$h, \text{ м}$	$M_{\text{г}} + M_{\text{в}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$\Sigma Q_{\text{в}}, \text{ кН/м}$	$\Sigma Q_{\text{т}}, \text{ кН/м}$	$M_{\text{р}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$Q_{\text{пр}}, \text{ кН/м}$	$K_0 = \frac{Q_{\text{пр}}^0}{Q_{\text{пр}}}, \text{ кН/м}$	$M_{\text{гр}}, \text{ кН}\cdot\text{м}$	$Q_{\text{пр}}^{\text{гр}}, \text{ кН/м}$	$K_0^{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{пр}}^0}{Q_{\text{пр}}^{\text{гр}}}, \text{ кН/м}$
1	1,0	0,012	16,84	-2,62	0,879	17,38	2,8	0,065	1,28	38,3
2	1,5	0,012	12,08	-1,67	0,443	8,76	5,6	0,065	1,28	38,3
3	2,0	0,012	9,18	-0,85	0,166	3,2	15,3	0,065	1,28	38,3

7.4.9 Величины допускаемого внутреннего давления из условия прочности, определяемые по формуле (5.46) СП 66, приведены в таблице 17.3.

Таблица 17.3 - Величины допускаемого внутреннего давления из условия прочности, $P_{\text{пр}}$, МПа, $P_{\text{раб}} = 1,6$ МПа

$h, \text{ м}$	А-14, $Q_{\text{гр}}$	$K_0 = \frac{P^0}{P_{\text{р}}}$	$h, \text{ м}$	А-14, $Q_{\text{гр}}$	$K_0 = \frac{P^0}{P_{\text{р}}}$
1,0	8,97	5,6	1,0	13,44	8,4
1,5	11,32	7,0	1,5	13,44	8,4
2,0	12,97	8,10	2,0	13,44	8,4

17.4.10 В соответствии с расчетом для прокладки трубопровода диаметром 300 мм на рабочее давление 1,6 МПа принимаем трубу из ВЧШГ класса К-9.

17.4.11 Для других типов грунтов получены следующие расчетные данные, которые приведены в таблице 17.4.

Таблица 17.4 - Расчетные данные

№ п.п.	Тип грунта	$f, \text{ см}$	$\varphi, \text{ град}$	$B, \text{ см}$	$h_{\text{св}}, \text{ см}$
1	Грунты глинистые	1,0	30	32,8	16,4
2	Известняк, мел	2,0	65	13,1	6,5

Примечание - Прокладка труб производится ниже уровня промерзания грунтов.

17.4.12 Для диаметров 80 - 250 мм величины коэффициентов запаса прочности будут еще

выше, чем для труб, рассматриваемых в примере расчета. Расчет на прочность труб этих диаметров аналогичен приведенному расчету для труб диаметром 300 мм.

17.4.13 В зависимости от инженерно-геологических и градостроительных условий, глубины заложения, применяемого оборудования, формы и размеров сечения входного и выходного котлованов в проекте определяется способ их сооружения. Допускаются различные способы сооружения стартовых и приемных котлованов и приямков в соответствии с традиционными методами.

17.5 Проектирование трубопроводов из ВЧШГ, прокладываемых методом ГНБ

17.5.1 Расчет подземных трубопроводов из ВЧШГ должен производиться с общими требованиями СП 31.13330, СП 36.13330 и подразделов 5.6, 5.7 СП 66.13330.2011 дополнительно на деформативность.

17.5.2 При проектировании напорных сетей из ВЧШГ расчет трубопроводов на прочность следует производить путем сопоставления несущей способности труб с результирующими данными по приведенным нагрузкам при различных условиях работы трубопровода с учетом сводообразования.

17.5.3 В качестве нагрузок, действующих на подземный трубопровод из труб ВЧШГ, следует принимать:

- внутреннее давление транспортируемой воды;
- давление грунта с учетом сводообразования;
- давление подвижных транспортных средств, передающееся на трубопровод через грунт;
- собственный вес трубы и транспортируемой жидкости.

17.5.4 Результаты расчетов, проведенных в соответствии с рассмотренной методикой при различных сочетаниях действующих на трубопровод нагрузок, должны содержать значения допустимого внутреннего давления воды исходя из несущей способности труб на прочность при

- укладке трубопровода с учетом глубины заложения, считая от верха трубы:
- в грунтах шести категорий (пески крупные, мелкие, пылеватые, сухие, суглинки, глины);
- от воздействия единичной транспортной нагрузки А-14 и НГ-60;
- с учетом глубины сезонного промерзания.

17.5.5 Расчет трубопровода необходимо производить на совместное (комбинированное) воздействие внутреннего давления и внешних нагрузок, учитывая следующие случаи:

на трубопровод действуют внутреннее давление воды и внешняя нагрузка от давления грунта;

на трубопровод действуют внутреннее давление воды, внешняя нагрузка от давления грунта и транспорта.

В качестве расчетного принимается случай, когда трубопровод подвергается наибольшему силовому воздействию.

17.5.6 Коэффициент перегрузки для определения расчетных нагрузок на трубу принимается равным:

для вертикального давления грунта - 1,4;

для горизонтального давления - 0,8;

для вертикального давления транспорта (автомобилей А-14) - 1,4.

Величины остальных коэффициентов принимаются равными 1.

17.6 Внутреннее давление транспортируемой воды

17.6.1 Величина внутреннего давления воды в трубопроводе устанавливается на основании гидравлических расчетов с учетом реальных данных проектирования. Гидравлический расчет трубопроводов систем водоснабжения производится в соответствии с требованиями СП 31.13330 и подраздела 5.2 СП 66.13330.2011.

17.6.2 Величина расчетного внутреннего давления P_p согласно принимается с учетом или без учета гидравлического удара, в соответствии с подразделом 5.2 СП 66.13330.2011.

17.6.3 При отсутствии в проекте величины гидравлического расчетного давления, испытательное давление $P_{исп}$ принимается в соответствии с таблицами 5.14, 5.15 СП 66.13330.2011.

17.7 Проектирование бестраншейной прокладки с применением технологии ГНБ

17.7.1 Технология ГНБ при проектировании участков бестраншейной прокладки применяется для напорных и самотечных трубопроводов водоснабжения и водоотведения.

17.7.2 В зависимости от принятого в проекте расчетного диаметра и длины участка бестраншейной прокладки выбираются модель установки ГНБ и ее рабочая характеристика.

17.7.3 Технология горизонтального направленного бурения может применяться в зависимости от конструкции бурового инструмента в различных грунтовых условиях - от песчаных и глинистых грунтов до скальных.

17.7.4 Трасса проектируемого участка бестраншейной прокладки может быть криволинейного очертания и в плане, и в профиле в пределах допустимого радиуса изгиба буровых штанг.

17.7.5 Для технологии ГНБ требуется устройство стартовых и приемных прямков расчетной вместимости для своевременного отбора отработанной буровой суспензии илососами и транспортирования ее на регенерацию.

17.7.6 Технология управляемого бурения применяется при прокладке напорных трубопроводов диаметрами 80 - 300 мм длиной плетей до 300 - 400 м в грунтах I - IV категорий (пески, супеси, суглинки, глины и др.).

Размеры в плане и конструктивно-технологические решения стартовых и приемных котлованов (шахт) принимаются в зависимости от грунтовых условий, глубины заложения, диаметра труб, длин их звеньев и т.д.

17.7.7 На стадии обоснования инвестиций на основании технико-экономического сопоставления применения указанных в 6.1.1 и 6.1.2 МГСН 6.01 [53] технологий бестраншейной прокладки определяется тип механизированной управляемой установки.

17.7.8 На стадии разработки проекта участков бестраншейной прокладки с применением технологии ГНБ разрабатываются проект организации строительства и специальные разделы промышленной безопасности, охраны труда, техники безопасности и охраны окружающей среды в соответствии с требованиями СП 66.13330.2011.

17.7.9 При проектировании участков бестраншейной прокладки коммуникаций тип ГНБ выбирается в зависимости от инженерно-геологических условий данного участка и расчетного внутреннего диаметра проектируемого трубопровода.

Планово-высотные показатели участков бестраншейной прокладки коммуникаций назначаются исходя из положений общего проекта этих коммуникаций.

Глубина заложения труб из ВЧШГ из условия прочности диаметрами 80 - 300 мм лимитируется минимальным расстоянием от поверхности до шельги прокладываемого трубопровода в устойчивых грунтах не менее двух диаметров, в неустойчивых грунтах – не менее трех диаметров.

Допускаемое заложение труб равно 20 м, минимальное заглубление труб определяется из условия промерзания грунтов.

Расстояние между стартовым и приемным колодцами назначается до 300 - 400 м.

В плане трасса проектируется по прямой линии между соседними колодцами.

В продольном профиле положение участка бестраншейной прокладки по величине и направлению уклона не лимитируется и назначается по общему проекту.

17.7.10 При выполнении расчетов труб на прочность следует принимать давление вышележащего слоя грунта с учетом сводообразования, временную подвижную нагрузку по схеме А-14 и НГ-60, собственную массу труб и транспортируемой жидкости, давление транспортируемой жидкости, а также физико-механические характеристики грунтов в зоне трубопровода.

17.8 Производство работ по бестраншейной прокладке с применением технологии ГНБ

17.8.1 Подготовка строительства с применением технологии ГНБ выполняется в соответствии с положениями 5.2.1 - 5.2.4; 5.2.6.1 МГСН 6.01 [53].

До начала процесса бурения выполняются следующие операции:

- проводится контроль исправности и работоспособности локационной системы;
- датчики бурильной головки выбираются в соответствии с проектной глубиной бурения и необходимой точностью прокладки трубопровода;
- подготавливаются место стоянки буровой установки с укладкой матов заземления и место приема выхода бурильной головки в заданной проектом точке на поверхности с устройством соответствующих приямков;
- разрабатываются проекты производства работ, технологические карты и инструкции по применению комплекта бурового оборудования;
- после завершения работ по прокладке трубопровода строительная площадка освобождается от временных сооружений и благоустраивается в соответствии с проектом.

Технология прокладки 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.

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.

Прокладка трубопроводов по технологии ГНБ (см. рис. 17.1) осуществляется в три этапа:

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



Рисунок 17.1 Бурение пилотной скважины

Бурение пилотной скважины 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.

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.

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.

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.

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:

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).

Метод линейной конструкции 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.

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 cartridge 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 17.5.

Таблица 17.5 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	<i>RJ</i>	5	70	69
100	<i>RJ</i>	5	87	69
125	<i>RJ</i>	5	100	69
150	<i>RJ</i>	5	136	69
200	<i>RJ</i>	4	201	86
250	<i>RJ</i>	4	270	86
300	<i>RJ</i>	4	340	86
350	<i>RJ</i>	3	430	115
400	<i>RJ</i>	3	510	115
500	<i>RJ</i>	3	670	115
600	<i>RJS</i>	2	1200	172
700	<i>RJS</i>	1,5	1400	230
800	<i>RJS</i>	1,5	1460	230
900	<i>RJS</i>	1,5	1530	230
1000	<i>RJS</i>	1,5	1650	230

17.9 Монтаж трубопроводов и фасонных частей

17.9.1 При бестраншейной прокладке трубопроводов из ВЧШГ должен соблюдаться

технологический регламент, включающий подготовительные, вспомогательные и основные работы, состав и очередность которых должны увязываться с конкретными условиями.

17.9.2 Перед началом монтажных работ внутренняя поверхность трубы (особенно кольцевой паз для манжеты) и наружная поверхность гладкого конца трубы должны быть очищены от посторонних предметов и возможных загрязнений. Монтаж труб может производиться картриджным или линейным методом.

17.9.3 Захват при подъеме и опускании труб необходимо осуществлять приспособлениями, обеспечивающими их сохранность и исключающими удары труб друг о друга и твердые поверхности.

17.9.4 Сборка труб с раструбными соединениями «RJ» производится в соответствии с требованиями 5.16.26 настоящего СП.

17.9.5 Прокладка труб из ВЧШГ способом ГНБ осуществляется в два этапа:

- 1) пилотное бурение скважины малого диаметра;
- 2) расширение пилотной скважины с одновременным протягиванием трубы.

17.9.6 Расчет труб с соединениями только «RJ» производится на срез приварного валика на гладком конце трубы при продольном перемещении стопоров.

Величина расчетного сопротивления срезу σ^p_c для труб диаметрами 80 - 300 мм принята равной 240 МПа.

17.9.7 Величины расчетных значений несущей способности труб при осевом нагружении Q^0_c , приведены в таблице 17.6.

Таблица 17.6 - Величины расчетных значений несущей способности труб при осевом нагружении

D_y , мм	80	100	125	150	200	250	300
Q^0_c , кН	240	260	300	380	580	720	860

Коэффициенты запаса прочности, равные отношению Q^0_c/Q_m , - в пределах 2,5 - 5,8, где Q_m - величина усилия протяжки труб, развиваемого машинами ГНБ.

17.9.8 Диаметры расширенных пилотных скважин D_m , через которые протягиваются трубы с раструбами типа «RJ», должны быть не менее, мм:

D_y	80	100	125	150	200	250	300
D_m	200	240	320	300	380	450	500

17.9.9 Минимальный радиус закругления скважин для протяжки труб длиной 6 м в зависимости от угла изгиба труб в соединениях «RJ» приведен в таблице 8.1. СП 66.13330.2011.

17.9.10 При использовании на монтаже трубопровода труб немерной длины (менее 6 м) их гладкие концы необходимо предварительно отрезать до нужного размера в соответствии с требованиями 5.16.27 СП 66.13330.2011.

17.9.11 Для бестраншейной прокладки (горизонтально-направленное бурение) трубопроводов следует разрабатывать проект производства работ с учетом отдельных положений МГСН 6.01 [53].

17.10 Гидравлические испытания и сдача трубопроводов в эксплуатацию

17.10.1 Испытания сетей водоснабжения, выполненных из ВЧШГ, должны проводиться с учетом основных требований СП 31.13330, СНиП 3.05.04 и в соответствии с проектом производства работ и СП 66.13330.2011 с учетом условий подземной протяжки труб.

Гидравлические испытания трубопроводов должны проводиться два раза:

- на прочность (предварительное испытание); производится на поверхности земли до протяжки звеньев;

- на герметичность; проводится после протяжки звеньев и завершения всех работ на данном участке трубопровода с установленными задвижками, но до установки гидрантов, предохранительных клапанов и вантузов.

17.10.2 Величина испытательного гидравлического давления $P_{\text{исп}}$, на которое следует испытывать напорные трубопроводы при предварительном и окончательном их испытаниях, устанавливается проектом с учетом рабочего давления.

При отсутствии в проекте величины испытательного давления оно должно приниматься при предварительном и окончательном испытаниях равным: рабочее давление плюс 0,5 МПа; определяется по таблице 5.15 СП 66.13330.2011.

17.10.3 Оборудование для гидравлического испытания должно включать гидравлический пресс (насос), манометр, мерный бак или водомер для измерения количества подкачиваемой воды и величины утечки. На концах испытываемого участка трубопровода устанавливаются заглушки.

17.10.4 Перед началом проведения гидравлических испытаний следует проверить и убедиться, что из предъявленных к испытанию собранных плетей трубопровода полностью удален воздух.

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

17.10.5 При испытании собранного трубопровода на прочность выполняются следующие операции:

- постепенно повышают давление в звеньях трубопровода (по 0,3 - 0,5 МПа) с выдерживанием давления на каждой ступени в соответствии со СНиП 3.05.04;

- при достижении в собранном трубопроводе испытательного давления $P_{\text{исп}}$ в течение не менее 10 мин не допускают падения давления больше чем на 0,1 МПа, производя

дополнительную подкачку воды до $P_{\text{исп.}}$.

Примечания

1. При обнаружении утечки в наземных плетях во время повышения давления необходимо установить причину нарушения герметичности и принять меры по ее ликвидации.

2. Устранение обнаруженных дефектов в плетях трубопровода можно производить после снижения давления в нем до атмосферного.

3. Категорически запрещается хождение по испытываемым плетям трубопровода, простукивание и нахождение рабочих в зоне испытаний.

17.10.6 Плетки трубопровода считаются выдержавшими испытание на прочность, если при достижении испытательного давления не произойдет разрыва труб, нарушения стыковых соединений и при осмотре трубопровода не будет обнаружено утечек воды.

17.10.7 Для предотвращения смещения труб в плетях от воздействия внутреннего давления необходимо устанавливать в районе расположения раструба прижимные хомуты. Прижимные хомуты крепятся к попарным ввертываемым в землю металлическим сваям, устанавливаемым на расстоянии 12 - 18 м друг от друга или бетонные пригрузы.

17.10.8 Испытания собранного трубопровода после протяжки его через расширенную пилотную скважину и подключения к арматуре производятся последовательно в соответствии со СНиП 3.05.04.

18. Гидравлический расчет трубопроводов

Гидравлический расчет напорных трубопроводов из высокопрочных чугуновых труб проводится с учетом требований СП 66.13330.2011.

Величина напора $H_{\text{тр}}$ необходимая для транспортирования воды (сточных вод) определяется по формуле

$$H_{\text{тр}} = il + \Sigma h_{\text{м.с.}}, \quad (18.1)$$

где i – удельные потери напора по длине при температуре воды t °С (потери напора на единицу длины трубопровода), м/м;

$h_{\text{м.с.}}$ – потери напора в стыковых соединениях и в местных сопротивлениях, м, (следует определять с учетом данных по местным сопротивлениям чугуновых соединительных частей из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом конкретного завода – изготовителя).

Примечание – Допускается $\Sigma h_{\text{м.с.}}$ принимать равной 10-20 % потерь по длине Σil .

Потери напора на единицу длины трубопровода i без учета гидравлического сопротивления соединений следует определять по формуле

$$i_{\text{т}} = \lambda \frac{V^2}{2gd}, \quad (18.2)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления;

V – средняя по сечению скорость движения воды (сточной воды), м/с;

q – ускорение силы тяжести, м/с²;

d – расчетный диаметр труб, м.

Для труб без внутреннего покрытия

$$D_B = (d - 2\delta_c), \quad (18.3)$$

и для труб с внутренним покрытием толщиной

$$D_B = [d - 2(\delta_c + \delta_n)], \quad (18.4)$$

где d , δ_c и δ_n – соответственно наружный диаметр, толщина стенки трубы и толщина внутреннего покрытия, мм.

Коэффициент гидравлического сопротивления λ следует определять по формуле

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312(2-b) \lg(3,7D_B / K_\Sigma)}{\lg Re_\Phi - 1} \right]}{\lg(3,7D_B / K_\Sigma)}, \quad (18.5)$$

$$V = 1,27 \frac{Q}{D_B^2}, \quad (18.6)$$

где Q – расход воды (стоков), м³/с;

b – число подобия режимов течения воды (сточных вод),

$$b = 1 + \frac{\lg Re_\Phi}{\lg Re_{KB}}, \quad (18.7)$$

(при $b > 2$ следует принимать $b = 2$),

K_Σ – коэффициент гидравлической абсолютной шероховатости, мм, (таблица 18.1).

Таблица 18.1 – Значения коэффициента K_Σ для трубопроводов из труб из ВЧШГ

Система	Значения K_Σ , мм, с учетом внутреннего покрытия труб			
	без покрытия	цементно-песчаное	битумное	полимерное
Водоснабжение	0,3	0,15	0,03	0,02
Канализация	0,4	0,3	0,04	0,05

Re_Φ – число Рейнольдса фактическое

$$Re_\Phi = \frac{VD_B}{\nu}, \quad (18.8)$$

$$Re_{KB} = \frac{500D_B}{K_\Sigma}, \quad (18.9)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с, воды (таблица 18.2) и сточных вод (таблица 18.3).

Таблица 18.2 – Значения коэффициентов кинематической вязкости чистой воды

Температура воды, °C	5	10	12	14	16	18	20	30	40
$10^{-6} \nu$, м ² /с	1,52	1,31	1,24	1,17	1,11	1,06	1,01	0,8	0,66

Таблица 18.3 – Значения коэффициентов кинематической вязкости сточных вод

Температура сточных вод, °C	Значения $10^{-6} \nu$, м ² /с, при количестве взвешенных веществ, мг/л						
	< 100	100	200	300	400	500	600
2	1,67	2,17	2,67	3,17	3,67	4,17	4,67
3	1,61	1,83	2,05	2,77	2,49	2,71	2,93
4	1,56	1,68	1,80	1,92	2,04	2,16	2,28
5	1,52	1,60	1,68	1,76	1,84	1,92	2,00
6	1,47	1,52	1,58	1,63	1,69	1,76	1,80
7	1,42	1,46	1,50	1,54	1,58	1,62	1,67
8	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,58
9	1,35	1,37	1,40	1,42	1,45	1,47	1,49
10	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43
11	1,27	1,29	1,30	1,32	1,34	1,35	1,37
12	1,24	1,25	1,27	1,28	1,30	1,31	1,32
13	1,21	1,22	1,23	1,25	1,26	1,27	1,28
14	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
15	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19
16	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,16
17	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13
18	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10
19	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06
20	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04
21	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02
22	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
23	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96
24	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94
25	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92

Приближенные значения удельных потерь напора на единицу длины трубопровода из высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом ВЧШГ могут быть приняты с учетом качества их внутренней поверхности и вида покрытий по номограммам (рисунки 18.1–18.4).

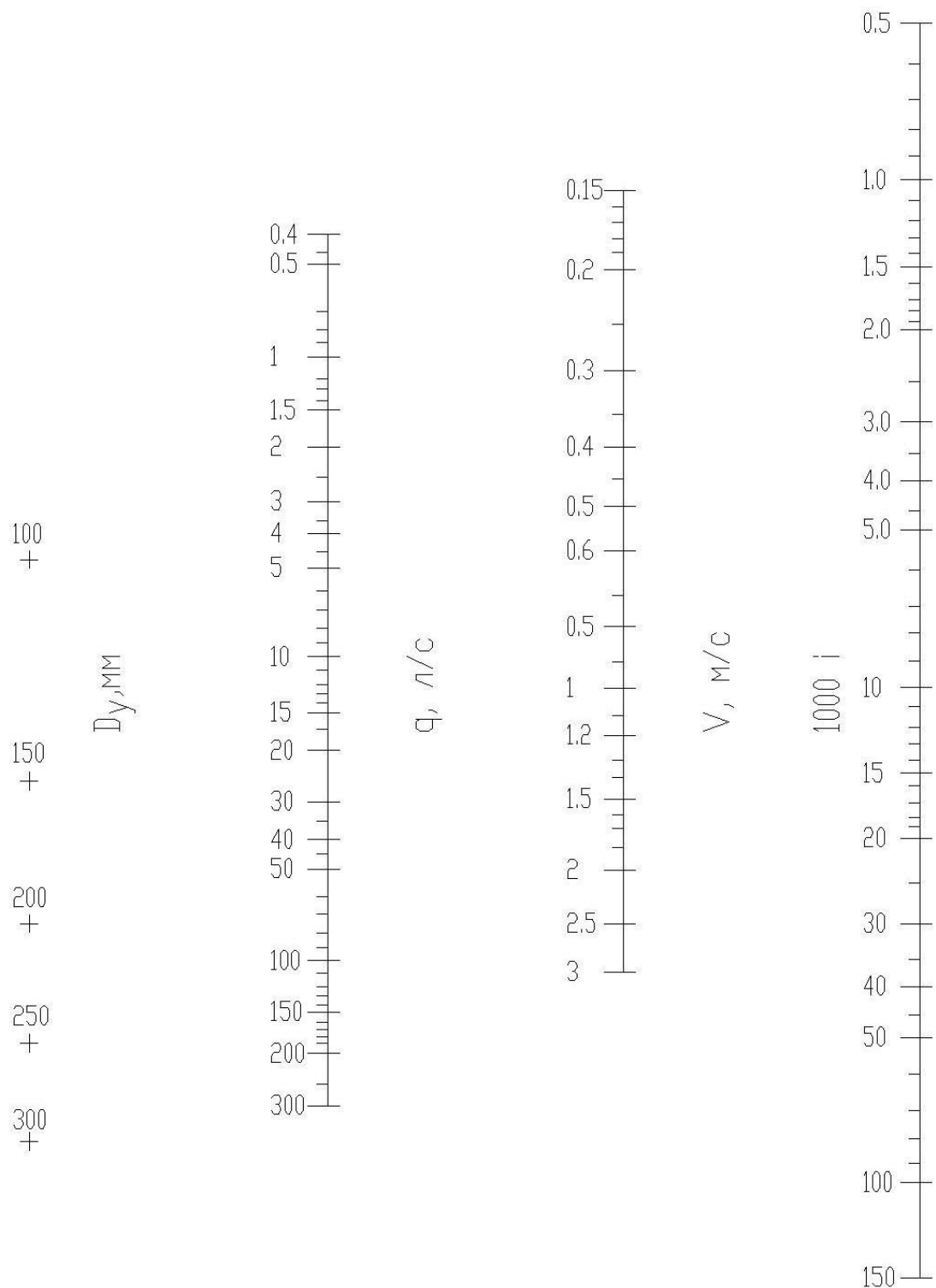


Рисунок 18.1 – Номограмма для приближенных гидравлических расчетов напорных трубопроводов из высокопрочных труб ВЧШГ из чугуна с шаровидным графитом класса К-9 для труб с внутренним цементно-песчаным покрытием

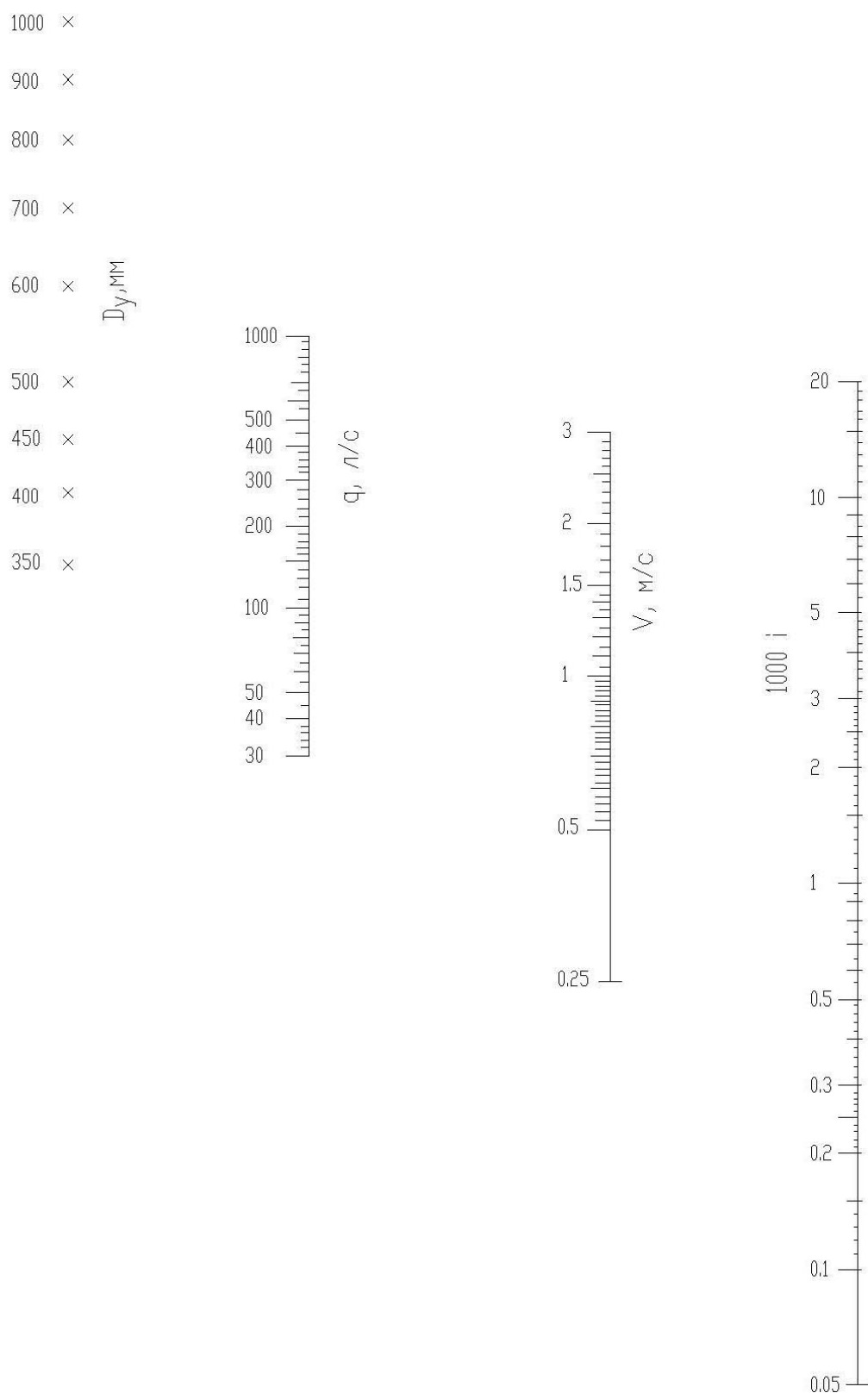


Рисунок 18.2 – Номограмма для приближенных гидравлических расчетов напорных трубопроводов из высокопрочных труб ВЧШГ из чугуна с шаровидным графитом класса К-9 для труб с внутренним цементно-песчаным покрытием

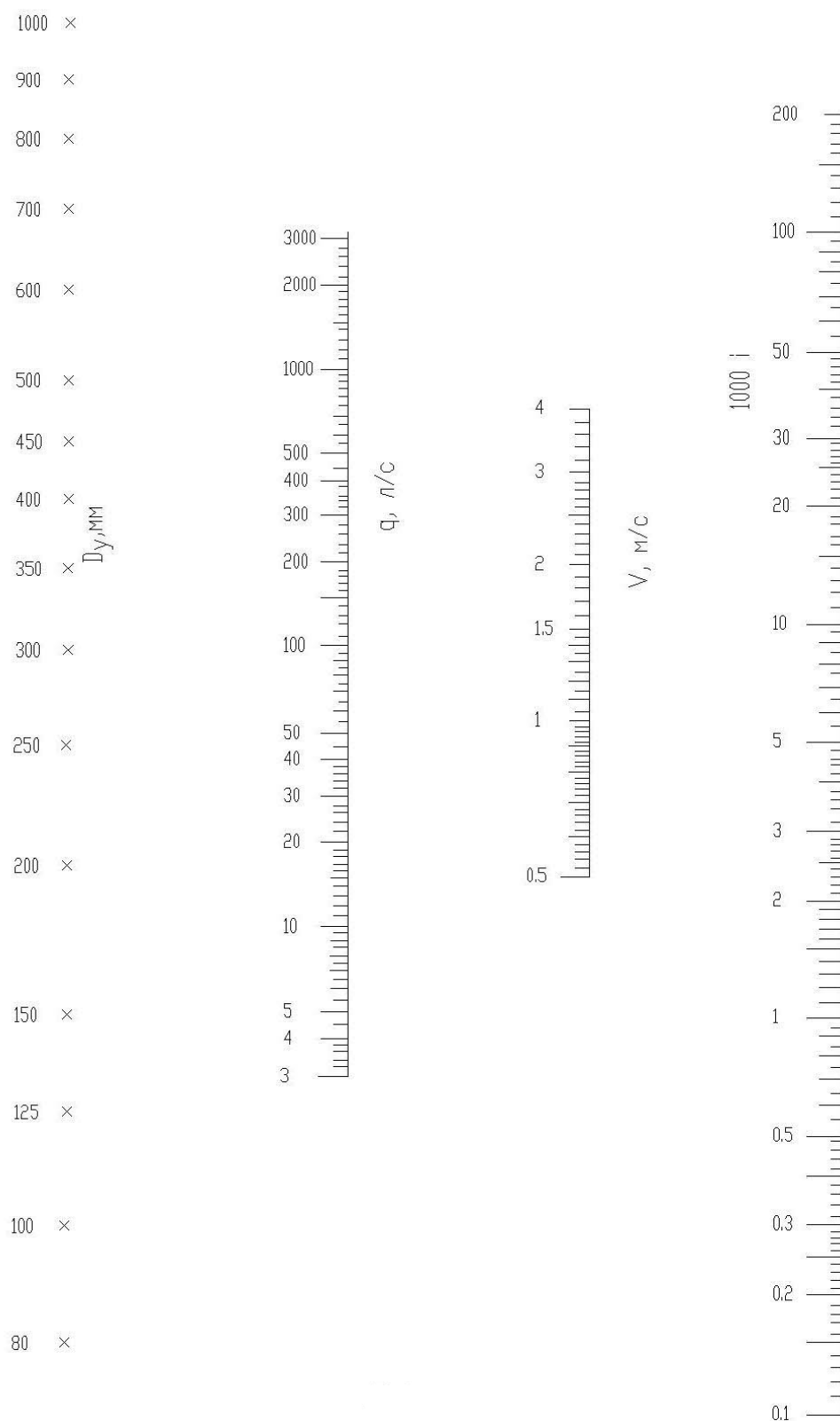


Рисунок 18.3 – Номограмма для приближенных гидравлических расчетов напорных трубопроводов из высокопрочных труб ВЧШГ из чугуна с шаровидным графитом класса К-9 для труб без покрытия

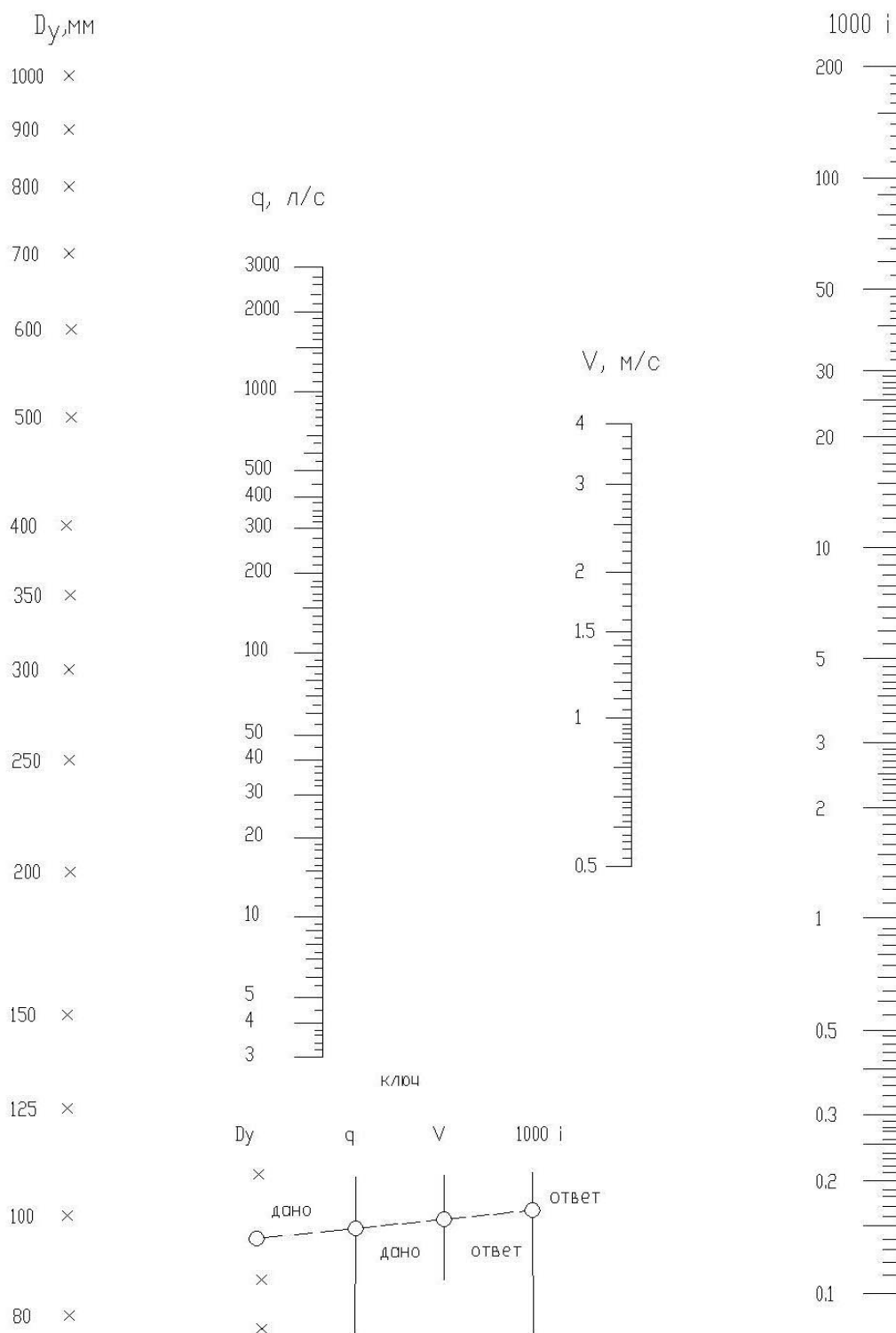


Рисунок 18.4 – Номограмма для приближенных гидравлических расчетов напорных трубопроводов из высокопрочных труб ВЧШГ из чугуна с шаровидным графитом класса К-9 для труб с полимерным покрытием

D_y - диаметр условного прохода; q -расчетный расход воды; V -средняя скорость движения воды (сточной воды); i - гидравлический уклон

Список использованных источников.

1. ГОСТ ISO 2531-2012 "Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водо- и газоснабжения" Межгосударственный стандарт.
2. ISO 2531-2009 "Трубы, фитинги, арматура из высокопрочного чугуна с включениями шаровидного графита и их соединения для применения в водопроводных системах", Международный стандарт.
3. EN 545 "Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водопроводов. требования и методы испытаний", Европейский стандарт.
4. EN 598:2007+A1:2009 "Трубы, фитинги, арматура из чугуна с включениями шаровидного графита и их соединения для применения в наружных канализационных системах - Требования и методы испытания", Европейский стандарт.
5. ISO 8179-1 " Трубы из ВЧШГ - Внешнее покрытие на основе цинка", Международный стандарт.
6. ISO 4179 "Трубы и фитинги из ВЧШГ для напорных и безнапорных трубопроводов - Цементно-песчаное покрытие", Международный стандарт .
7. Системы менеджмента качества: Требования ISO 9001:2015.
8. Системы экологического менеджмента: Требования и руководство по применению ISO 14001:2015.
9. Системы менеджмента охраны труда и техники безопасности: Требования OHSAS 18001:2007.
10. СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения, с изменением 1, 2, 3, 4».
11. СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03–85 Канализация. Наружные сети и сооружения».
12. СанПиН 1.2.3685–2021 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
13. СП 66.13330.2011: «Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом» с изменением 1 и 2.
14. ГОСТ 5525-88 "Части соединительные чугунные, изготовленные литьем в песчаные формы для трубопроводов" .
15. EN 598:2007+A1:2009 "Трубы, фитинги, арматура из чугуна с включениями шаровидного графита и их соединения для применения в наружных канализационных системах - Требования и методы испытания", Европейский стандарт.
16. ISO 8179-1 " Трубы из ВЧШГ - Внешнее покрытие на основе цинка", Международный стандарт.

17. ISO 1431-1 "Резина вулканизированная или термопластичная - устойчивость к воздействию озона".

18. BS 4147 "Горячие битумные защитные покрытия для чугуна и стали, в том числе используемые при необходимости безмаслянные битумные лаки".

19. DIN 2614 "Цементно-песчаное покрытие (ЦПП) для чугунных, стальных труб и фасонных частей".

20. ГОСТ 3634-99 "Межгосударственный стандарт. Люки смотровых колодцев и дождеприёмники ливнесточных колодцев"

21. ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Трубы чугунные напорные высокопрочные (ТУ 1461-037-90910065-2015) Редакция №1 с Изменением №1, №2, №3, №4, №5, №6, №7. Взамен ТУ 1461-037-50254094-2008.

22. ТУ ООО ЛТК "Свободный сокол" Технические условия ТУ 1460-035-90910065-2015. Части соединительные литые из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для напорных трубопроводов. Редакция 1 с Изменением №1, №2, №3, №4, №5, №6, №7, №8, №9.

23. ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Части соединительные сварные из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для напорных трубопроводов (ТУ 1468-041-90910065-2013), Редакция №1.

24. ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Трубы чугунные напорные высокопрочные для применения в наружных канализационных системах (ТУ 1461-063-90910065-2013) Редакция №1 с Изменением №1, №2.

25. ТУ ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»: трубы, фасонные части из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ДЛЯ ТЕПЛОСЕТЕЙ, тип соединения - RJ (ВРС) (ТУ 1461-066-50254094-2007) с Изменением №1.

26. ТУ ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»: Трубы чугунные напорные высокопрочные для гидромелиоративного строительства и сетей сельскохозяйственного водоснабжения (ТУ 1461-050-50254094-2002), Редакция №1.

27. ТУ ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»: Трубы, фасонные части из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ДЛЯ ПОЖАРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ (ТУ 1461-072-50254094-2006), Редакция №1.

28. ТУ ООО ЛТК «Свободный сокол»: Трубы чугунные высокопрочные для электрохимической защиты подземных металлических сооружений (ТУ 1461-062-90910065-2014), Редакция №1.

29. ТУ ООО "ЛТК "Свободный сокол": Кольца резиновые уплотнительные для соединения чугунных труб (ТУ 22.19.73-067-90910065-2016) Редакция № 1. Взамен ТУ 2531-067-50254094-2004.

30. ТУ ОАО "НИИЭМИ": Манжеты резиновые уплотнительные для соединения чугунных

труб типа "RJ" (ВРС-Тирофлекс) для горячего водоснабжения и теплотрасс (ТУ 405821-2003).

31. ТУ ООО "ЛТК "Свободный сокол": Трубы чугунные свайные высокопрочные для гражданского, промышленного и специализированного строительства (ТУ 1461-079-90910065-2014), Редакция № 1.

32. Технические требования АО «Мосводоканал» к проектированию объектов водоснабжения и водоотведения в г. Москве при новом строительстве и реконструкции».

33. ГОСТ 22733 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности».

34. ГОСТ 9.602— 2016 СТАНДАРТ. Единая система защиты от коррозии и старения СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫЕ. Общие требования к защите от коррозии.

35. РД 153-39.4-091-01 Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии.

36. EN 14628-2006. Заглавие на русском языке. Трубы из ковкого чугуна, фитинги и арматура.

37. DIN EN 15189-2007. Заглавие на русском языке. Трубы из ковкого чугуна, фитинги и вспомогательные элементы.

38. DIN EN 15542-2008. Заглавие на русском языке. Трубы, фитинги и вспомогательные части из ковкого чугуна.

39. СНиП 3.05.01-85. Строительные нормы и правила. Внутренние санитарно-технические системы.

40. СТО НОСТРОЙ 2.16.165-2014 Инженерные сети наружные. Монтаж подземных водопроводов и трубопроводов напорной канализации из труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ.

41. СП 34-116-97 "Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промысловых нефтегазопроводов» ISO 1431-1 "Резина вулканизированная или термопластичная - устойчивость к воздействию озона" .

42. СНиП 2.05.06-85: Переходы трубопроводов через естественные и искусственные препятствия.

43. СП 129.13330.2019 "СНиП 3.05.04-85* Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации.

44. СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11–85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменениями № 1, № 2)

45. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.

46. Бонде Р.В. Расчет труб из ЧШГ, укладываемых на опоры. DIPRA (Ассоциация по исследованиям чугунных труб). - США, Алабама, Бирмингем, Канада, 1995.

47. Ивсес К.Р. и др. Напряжения в трубах из ЧШГ, укладываемых на спрофилированные

опоры // Журнал АВВА, США, ноябрь, 1984.

48. Указания по определению нагрузок, действующих на опоры трубопроводов, и допускаемых пролетов между их опорами. - М.: ВНИИСТ, 1959.

49. 3.001.1-3 «Упоры для наружных напорных трубопроводов водопровода и канализации. Материалы для проектирования. Рабочие чертежи» Союзводоканалпроект. – 1986 г.

50. «Рекомендациях по статическому расчету упоров и якорей напорных трубопроводов. - М.: ВНИИ ВОДГЕО и МИСИ им. Куйбышева, 1979 г.

51. Альбом СК 2110-88 «Конструкция упоров для напорных трубопроводов из железобетонных, асбестоцементных, чугунных и стальных труб. Часть 1. Материалы для проектирования. Мосинжпроект. 1988 г.

52. СП 63.13330.2011 "СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

53. СП 21.13330.2012. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах Актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91.

54. МГСН 6.01-03 Бестраншейная прокладка коммуникаций с применением микротоннелепроходческих комплексов и реконструкция трубопроводов с применением специального оборудования.

55. Программа Revit <https://cloud.mail.ru/stock/pfB1SFcM6TgkxArZYcsDr9pp>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Чертежи трубопроводной продукции и фасонных частей в формате pdf (электронный ресурс) (отдельный файл)

Приложение 2 Библиотека двумерных моделей всех объектов в формате dwg (электронный ресурс) (отдельный файл)

Приложение 3 Библиотека трехмерных моделей труб ВЧШГ ООО «ЛТК Свободный Сокол», соединительные детали, на базе программного комплекса Revit (Программа Revit <https://cloud.mail.ru/stock/pfB1SFcM6TgkxArZYcsDr9pp>)

На основании технических условий, предоставленных ООО «ЛТК Свободный Сокол», в соответствии с типоразмерами разработаны трехмерные модели труб, а также соединительные детали, на базе программного комплекса Revit.

Программа Revit представляет собой программное обеспечение на основе технологии BIM, предназначенного для согласованного совместного проектирования с высоким качеством [54].

К возможностям Revit стоит отнести:

- Параметрическое моделирование. Все связи между объектами и элементами задаются с помощью параметров, которые можно динамически менять.

- Поддерживается построение систем различного направления с соответствующими параметрами и расчетами.

- Создание каталогов параметрических компонентов с помощью внешних CSV-файлов. Можно внедрять данные из CSV-файлов в семейства. Встроенный в редактор семейств инструмент Lookup Table Manage позволяет управлять встроенными данными.

- Шаблоны временных видов. С их помощью свойства вида могут быть изменены без воздействия на его сохранённое состояние.

- Параметрические компоненты (семейства). Основа всех процессов моделирования и проектирования. Для работы с параметрическими компонентами не требуется знаний языков программирования.

- Двухнаправленная ассоциативность. Данный механизм обеспечивает централизованное хранение всей информации о проекте. Внесение изменения возможно с любого из видов. Внесённые изменения отображаются на всех видах.

- Инструменты концептуального проектирования. Создание и свободное манипулирование эскизами и моделями произвольной формы.

Возможность создавать формы и геометрию в виде реальных компонентов здания, что упрощает переход к разработке проекта и выпуску документации. При этом, Revit в ходе работы автоматически создаёт параметрический каркас для форм, обеспечивая высокий уровень

точности и гибкости.

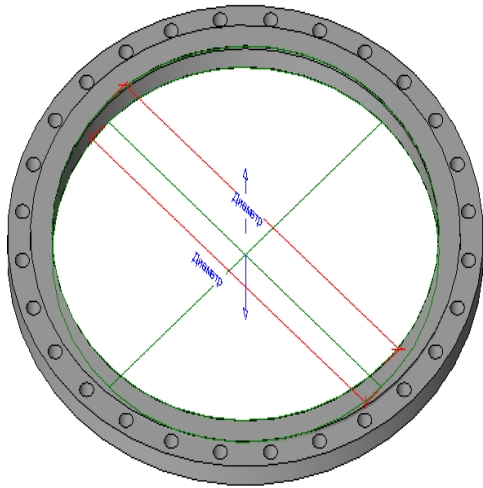
Изменение размеров соединительных деталей в программе Revit происходит путем изменения регулирующих параметров изделия в свойствах детали. После изменения параметров необходимо нажать кнопку «Применить»; перестроение детали программой Revit будет осуществлено автоматически.

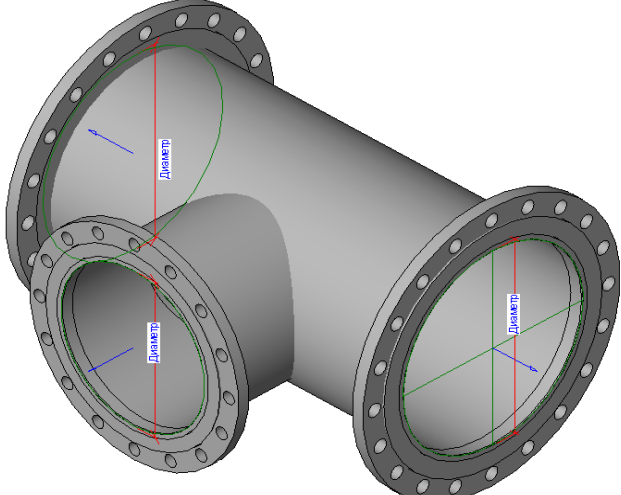
Необходимо отметить, что программа Revit обладает возможностью автоматической подстановки соединительных элементов, в соответствии с выбранным диаметром трубопровода при соответствующей настройке «проекта».

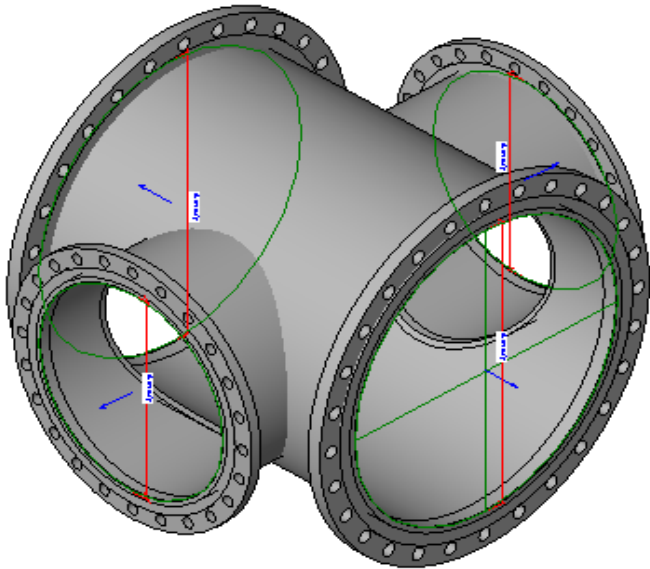
Наличие таких настроек имеется в файле, направленном в Ваш адрес.

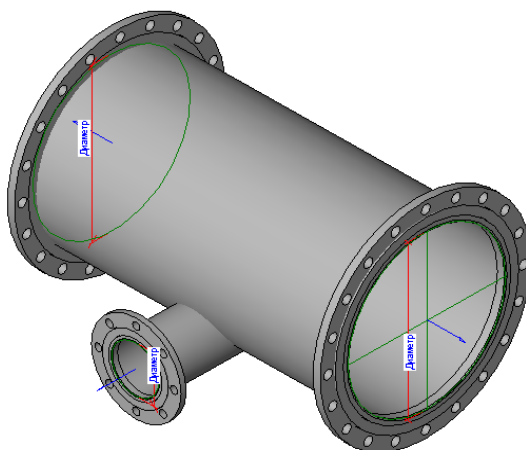
В таблице 1 представлено описание разработанных соединительных фасонных изделия и их регулирующих параметров в формате программного комплекса Revit.

Таблица 1 – Соединительные фасонные изделия и их регулирующие параметры.

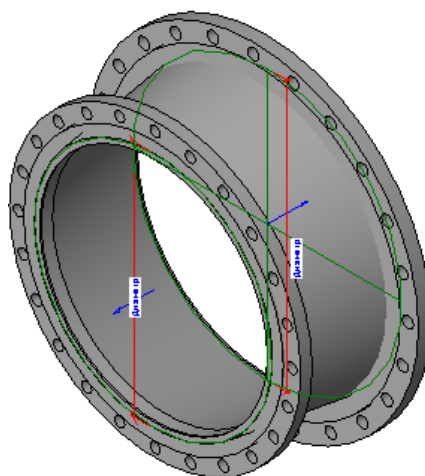
1. Фланец	
	
Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	D1; D2; D2/2; D3; PN; a; b; d; n; t; -t.
Регулирующие параметры	DN; PN 10; a по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры фланца в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра трубопровода и рабочего давления системы. Изменить типоразмер фланца можно путем указания соответствующего диаметра в параметре

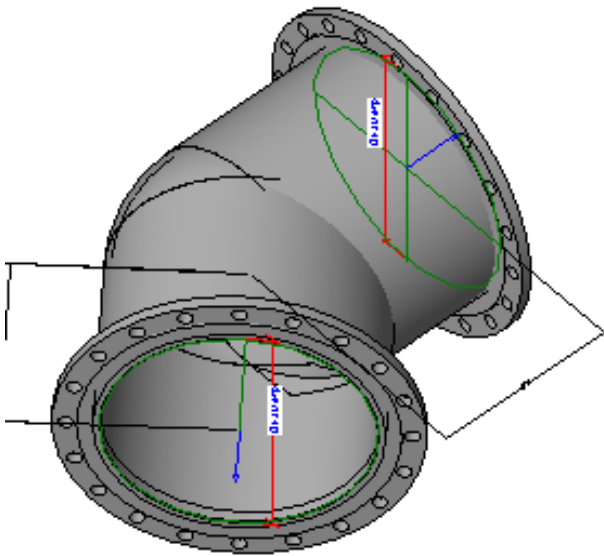
	«DN». При необходимости выбора «PN 16» необходимо убрать галочку с параметра «PN 10» и автоматически будет включён параметр «PN 16». Если необходимо вернуть значение давления «PN 10» необходимо поставить галочку около соответствующего значения при этом параметр «PN 16» будет выключен автоматически. При необходимости использовать фланец со значением «а» по ГОСТ, необходимо нажать галочку около соответствующего параметра.
2. Тройник фланцевый	
	
Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	DN; dn; Dнар.; dнар.; L1; L2; S1; S2; Isp.
Регулирующие параметры	DN; dn; Исполнение А; PN 10; а по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры фланцевого тройника в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра основной части, диаметра ответвления и исполнения тройника. Для изменения размеров тройника необходимо указать диаметр основной части (DN) и диаметр ответвления (dn). «Исполнение А» является автоматически выбранным при создании элемента. Для изменения исполнения фланцевого тройника на «Исполнение Б» необходимо убрать галочку у параметра «Исполнение А». Если необходимо

	перейти обратно к «Исполнение А», необходимо выбрать галочку у соответствующего параметра. Параметры «PN 10»; «а по ГОСТ» являются параметрами фланцевого соединения. Описание их работы приведено в описании элемента «Фланец».
3. Крестовина фланцевая	
	
Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	De; de; De-2S; de-2S1; DN; dn; L1; L2; L3; S; S1.
Регулирующие параметры	DN; dn; PN 10; а по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры фланцевой крестовины в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра основной части и диаметра ответвлений. Для изменения размеров фланцевой крестовины необходимо указать диаметр основной части (DN) и диаметр ответвления (dn). Параметры «PN 10»; «а по ГОСТ» являются параметрами фланцевого соединения. Описание их работы приведено в описании элемента «Фланец».

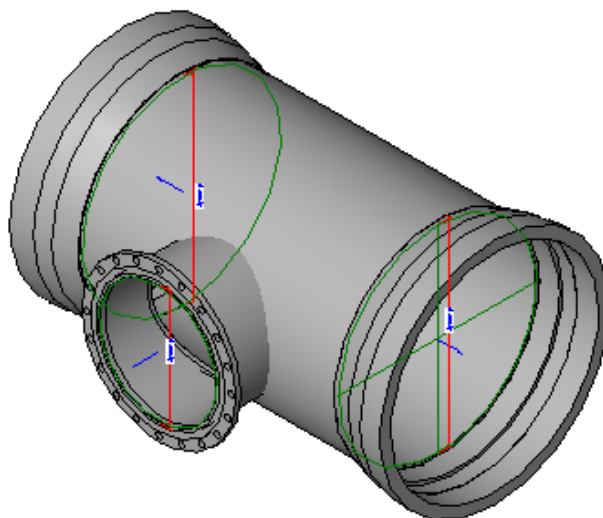
4. Выпуск фланцевый

Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	De; de; De-2S; de-2S1; DN; dn; L1; L2; L3; S; S1.
Регулирующие параметры	DN; dn; PN 10; а по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры фланцевого выпуска в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра основной части и диаметра ответвления. Для изменения размеров фланцевого выпуска необходимо указать диаметр основной части (DN) и диаметр ответвления (dn). Параметры «PN 10» и «а по ГОСТ» являются параметрами фланцевого соединения. Описание их работы приведено в описании элемента «Фланец».

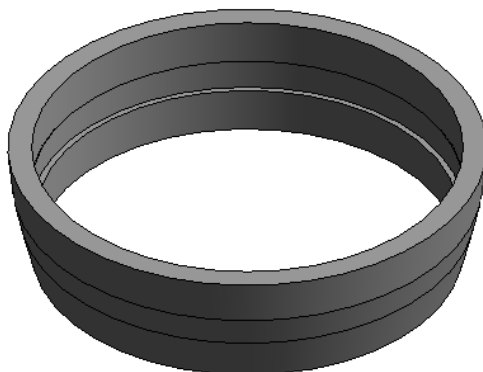
5. Переход фланцевый

Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	L; S1; S2; isp; DE; De;
Регулирующие параметры	DN; Dn; Исполнение А; PN 10; а по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры фланцевого перехода в соответствии с техническими условиями зависят от первой присоединяемой трубы и диаметра второй присоединяемой трубы, а также исполнения изделия. Изменение размеров фланцевого перехода происходит автоматически при учете настройки автоматической трассировки трубопровода на основании первой соединяемой трубы (DN) и диаметра второй соединяемой трубы (Dn). Для изменения исполнения фланцевого перехода на «Исполнение Б» необходимо убрать галочку у параметра «Исполнение А». Если необходимо перейти обратно к «Исполнение А», необходимо выбрать галочку у соответствующего параметра. Параметры «PN 10» и «а по ГОСТ» являются параметрами фланцевого соединения. Описание их работы приведено в описании элемента «Фланец».
5. Отвод фланцевый с центральным углом 45 °	
	
Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод

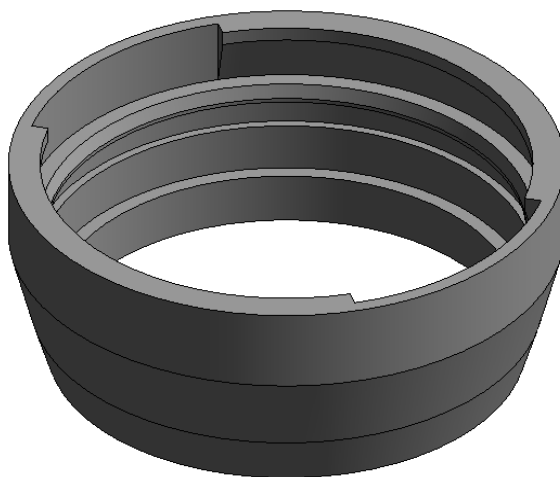
	изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	D наруж.; Dn; L1; L2; S; r2; гвнутр; Угол1; -Угол1; Угол поворота; Угол Фланца.
Регулирующие параметры	DN; PN 10; а по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры фланцевого отвода с центральным углом 45, в соответствии с техническими условиями зависят условного диаметра Для изменения размеров фланцевого отвода необходимо указать условный диаметр (DN). Параметры «PN 10» и «а по ГОСТ» являются параметрами фланцевого соединения. Описание их работы приведено в описании элемента «Фланец».

6. Тройник раструб-фланец (соединение Tyton)

Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	DN; dn; Dнар.; dнар.; L1; L2; S1; S2; Isp.
Регулирующие параметры	DN; dn; Исполнение А; PN 10; а по ГОСТ.
Описание регулирующих параметров	Размеры тройника раструб-фланец в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра основной части, диаметра ответвления и исполнения тройника. Для изменения размеров тройника необходимо указать диаметр основной части (DN) и диаметра ответвления (dn). «Исполнение А» является автоматически выбранным при создании элемента. Для изменения исполнения тройника раструб-фланец на «Исполнение Б» необходимо убрать галочку у параметра «Исполнение А». Если необходимо перейти обратно к «Исполнение А», необходимо выбрать галочку у соответствующего параметра. Параметры «PN 10»; «а по ГОСТ» являются параметрами фланцевого соединения. Описание их работы приведено в описании элемента «Фланец».

7. Раструб (соединение Tyton)

Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	DE/2; d1/2; d3/2; d6/2; d7/2; d8/2; e; t10; t7; t9; t9+t10
Регулирующие параметры	DN
Описание регулирующих параметров	Размеры раструба соединения типа «Tyton» в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра условного прохода. Для изменения размеров раструба необходимо указать диаметр условного прохода (DN)

8. Раструб (соединение RJ)

Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	(1)D10/2; (1)D3/2; (1)t1; (1)t12; (1)t6; 2alfa; D1/2;

	D10/2; D2/2; D3/2; D4/2; D8/2 ; DE/2; DE/2-T; alfa1 ; alfa2; alfa3; alfa4; t1; t10; t12; t6; t8; t8/2; t9
Регулирующие параметры	DN
Описание регулирующих параметров	Размеры раструба соединения типа «RJ» в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра условного прохода. Для изменения размеров раструба необходимо указать диаметр условного прохода (DN)
9. Раструб (соединение RJS)	
	
Текстовые параметры	Наименование, Единица измерения, Завод изготовитель, Технические условия.
Числовые параметры	D1/2; D2/2; D3/2; D4/2; D5/2; D6/2; D7/2; D8/2; D9/2; D10/2; D11/2; alfa1; alfa1(1); alfa2; alfa2(1); t1; t2; t3 ; t4; t5; t6; t7; t8; t9; t10
Регулирующие параметры	DN
Описание регулирующих параметров	Размеры раструба соединения типа «RJS» в соответствии с техническими условиями зависят от диаметра условного прохода. Для изменения размеров раструба необходимо указать диаметр условного прохода (DN)

В передаваемом файле проекта проведена настройка автоматического подбора соединительных частей элементов. Пример работы такой функции приведен на рисунке 1.

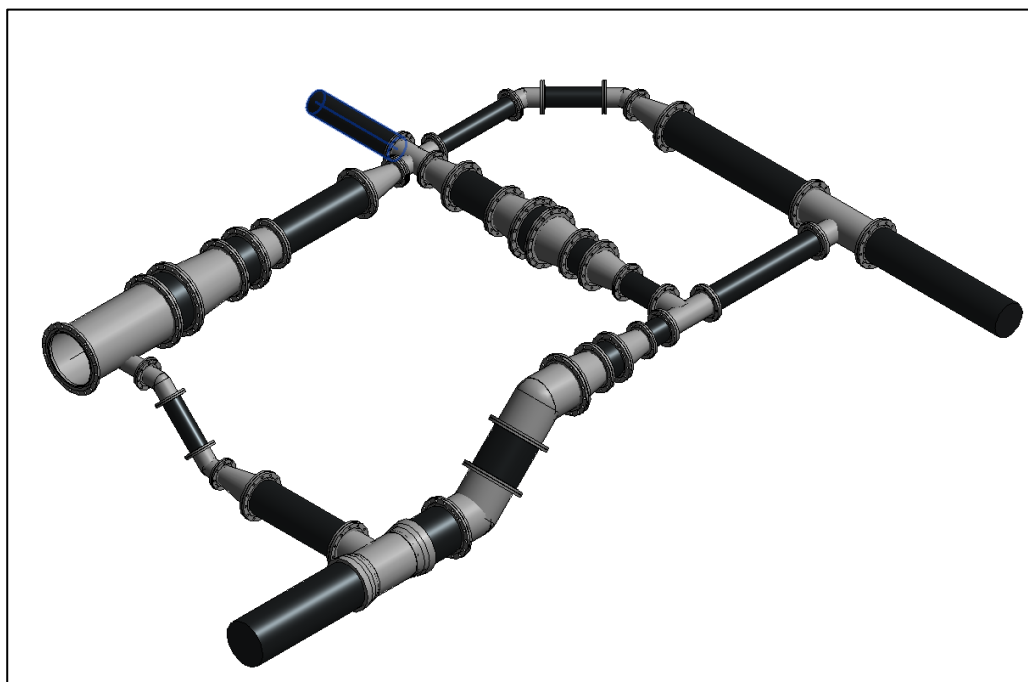


Рисунок 1. Пример работы функции автоматического подбора соединительных фитингов в программном комплексе Revit

Также в свойствах трубопровода были указаны размеры трубопровода в соответствии с представленными данными ООО «ЛТК Свободный Сокол». Данные трубопроводов, которые были занесены в файл проекта приведены в таблице 1

Таблица 1 Данные трубопроводов, занесенные в файл проекта в программном комплексе Revit

Ду (номинальный диаметр)	Дв (внутренний диаметр - ID)	Дн (наружный диаметр - OD)
80.000 мм	81.800 мм	98.000 мм
100.000 мм	101.200 мм	118.000 мм
125.000 мм	126.400 мм	144.000 мм
150.000 мм	151.800 мм	170.000 мм
200.000 мм	202.400 мм	222.000 мм
250.000 мм	253.000 мм	274.000 мм
300.000 мм	303.600 мм	326.000 мм
350.000 мм	354.200 мм	378.000 мм
400.000 мм	403.800 мм	429.000 мм
500.000 мм	504.000 мм	532.000 мм
600.000 мм	604.200 мм	635.000 мм
700.000 мм	704.400 мм	738.000 мм
800.000 мм	805.600 мм	842.000 мм
900.000 мм	905.800 мм	945.000 мм
1000.000 мм	1006.000 мм	1048.000 мм



Рисунок 2 Пример изображения труб с соединениями «TYTON», «RJS», «RJ»

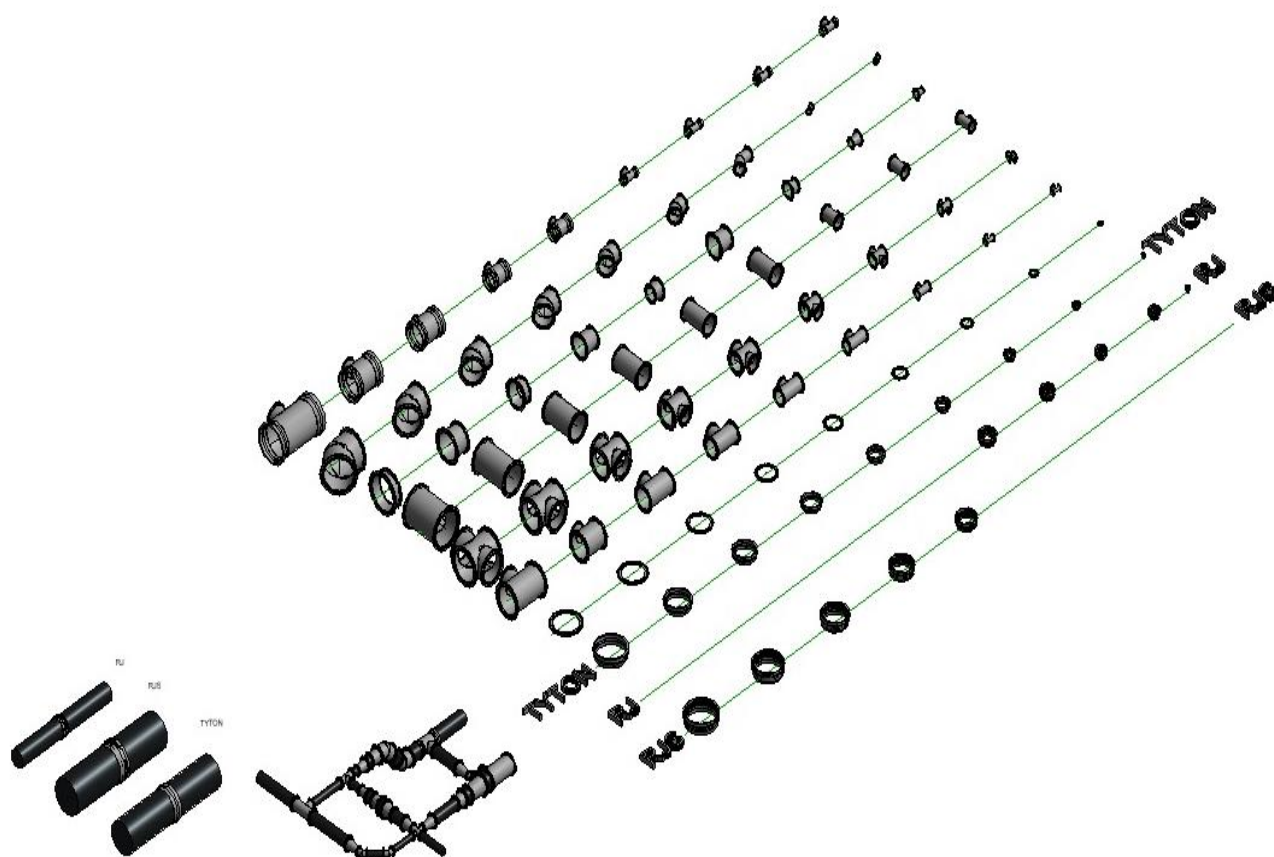


Рисунок 3 Семейство труб и фасонных частей в программном комплексе Revit