Система нормативных документов в строительстве

СВОД ПРАВИЛ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ВОДОПРОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ТРУБ ИЗ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

СП 40-109-2006

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

№026699

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
И ЖКХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Москва
2006

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ООО «Аквадизайн-А» при участии МГУП «Мосводоканал», ГУП «МосводоканалНИИпроект», МГСУ, НИИМосстрой, ОАО «Липецкий металлургический завод «Свободный Сокол», Минсельхоза России

2 ОДОБРЕН Федеральным агентством по строительству и ЖКХ России и рекомендован к применению в качестве нормативного документа приказом № 39 от 26.02.2006 г.

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

ISBN 5-9685-0040-9

© ООО «Аквадизайн-А»,
ФГУП ЦПП, 2006

Содержание

1 Область применения ... 1

2 Нормативные ссылки ... 1

3 Общие положения по применению труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и основные требования к прочностным характеристикам ... 2

3.1 Производство и области применения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ... 2

3.2 Основные прочностные характеристики труб и методики их оценки ... 2

3.3 Общие сведения о поставщиках и классификация труб (по диаметрам, толщинам стенок, рабочим давлениям, качеству внутренней и наружной поверхности) ... 4

3.4 Конструкции и типы соединений труб, фасонные соединительные части ... 5

4 Проектирование трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ... 6

4.1 Общие положения по расчету и проектированию трубопроводов из ВЧШГ ... 6

4.2 Гидравлический расчет труб ... 11

4.3 Учет параметров, влияющих на коррозионную агрессивность грунтов по отношению к трубам из ВЧШГ ... 12

4.4 Защитные покрытия для труб из ВЧШГ и требования к ним ... 13

4.5 Устройство электрохимической защиты трубопроводов ... 14

5 Прокладка и перекладка трубопроводов ... 15

5.1 Упаковка, маркировка, транспортировка труб и их хранение ... 15

5.2 Земляные работы ... 16

5.3 Монтаж трубопроводов и фасонных частей в грунте ... 16

5.4 Гидравлические испытания трубопроводов и сдача в эксплуатацию ... 22

6 Общие требования безопасности и охраны окружающей среды в период производства работ по прокладке и перекладке труб ... 24

Приложение А Трубы и фасонные части ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный сокол"» ... 26

Приложение Б Пример расчета труб диаметром 300 мм при комбинированной нагрузке по графику прочности ... 44

Приложение В Расчет труб диаметром 100—150 мм на поперечный изгиб при комбинированной нагрузке ... 45

Приложение Г Номограммы для приближенного гидравлического расчета водопроводов из труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) ... 47

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий Свод правил содержит указания по проектированию и монтажу подземных трубопроводов водоснабжения и канализации с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Выполнение этих указаний обеспечит соблюдение обязательных требований к наружным системам водоснабжения и канализации, установленных СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», СНиП 3.05.04-85* «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации», СНиП 2.04.03-85 «Канализация, наружные сети и сооружения» и СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы».

В Своде правил рассмотрены вопросы, касающиеся применения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, изготовляемых ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"». Приведены основные показатели труб, соединительных частей и способы их соединения, рассмотрены также правила хранения и транспортировки труб, вопросы монтажа и испытания трубопроводов, а также техники безопасности при их монтаже. Приведены методики расчета на прочность подземных трубопроводов при комбинированных нагрузках от воздействия внутреннего давления наполнителя, приведенных внешних нагрузках от грунта и транспорта, определены коэффициенты запаса прочности при работе трубы в пределах упругости. Приведены методики гидравлического расчета трубопроводов водоснабжения, а также выбора типоразмеров труб для напорных трубопроводов при подземной прокладке в грунте.

Свод правил СП 40-109-2006 одобрен Федеральным агентством по строительству и ЖКХ России и рекомендован к применению на всей территории Российской Федерации (приказ № 39 от 26.02.2006 г.).

Свод правил разработан ООО «Аквадизайн-А» авторским коллективом в составе: канд. техн. наук, ст. научн. сотр. *А.Д. Алиференков* (ООО «Аквадизайн-А») — руководитель разработки, канд. техн. наук *С.В. Храменков* (МГУП «Мосводоканал»), д-р. техн. наук, проф. *О.Г. Примин* (ГУП «МосводоканалНИИпроект»), канд. техн. наук, проф. *В.А. Орлов* (Московский государственный строительный университет), канд. техн. наук *А.А. Отставнов* (НИИМосстрой), инж. *А.И. Волков* (Росстрой), инж. *А.В. Минченков*, инж. *И.Н. Шищук* (ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"»), д-р с-х. наук *Г.Г. Гулюк*, канд. с-х. наук *Ю.А. Духанин* (Минсельхоз России).

СВОД ПРАВИЛ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ВОДОПРОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ТРУБ ИЗ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

Projection and assembling of water-supply and sewerage network with application high-strength pipe from cast iron globular graphite (ductile iron pipe)

Дата введения 2006-06-01

1 Область применения

1.1 Настоящий Свод правил (СП) распространяется на проектирование, строительство, монтаж и последующую эксплуатацию вновь строящихся, реконструируемых и модернизируемых сетей холодного водоснабжения и напорной канализации, а также их ремонт с обеспечением последующей эффективной работы, надежной и безопасной эксплуатации.

1.2 Положения СП распространяются на проведение работ на всей территории России независимо от организационно-правовой формы и формы собственности: общественных и жилых территориях (районах, микрорайонах и на отдельных участках).

1.3 Положения СП не распространяются на проектирование, монтаж, ремонт и эксплуатацию сетей горячего водоснабжения, а также систем производственной канализации.

1.4 Положения СП обязательны для применения всеми юридическими и физическими лицами (включая зарубежные фирмы, а также совместные предприятия с участием зарубежных партнеров), осуществляющими проектирование, монтаж, ремонт и эксплуатацию сетей и сооружений водоснабжения и напорной канализации на территории России.

1.5 СП содержит обязательные, а также рекомендуемые и справочные положения по проектированию, монтажу, ремонту и эксплуатации водопроводных и канализационных трубопроводов, выполняемых из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ), независимо от предприятий — изготовителей трубных изделий, проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций, предприятий и фирм.

2 Нормативные ссылки

В настоящем СП представлены ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП 2.04.03-85 Канализация, наружные сети и сооружения

СНиП 3.05.04-85* Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации

СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение, наружные сети и сооружения

СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы

СНиП 3.01.04-87 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

ГОСТ 9.602—89* ЕСКЗС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 1497—84* Металлы. Методы испытания на растяжение

ГОСТ 7293—85 Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки

ГОСТ 9012—59* Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю

ГОСТ 10692—80 Трубы стальные, чугунные и соединительные части к ним. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение

ГОСТ 27208—87 Отливки из чугуна. Методы механических испытаний

ТУ 1461-037-50254094-2004 Трубы чугунные высоконапорные

ТУ 1461-050-50254094-2002 Трубы чугунные напорные высокопрочные для гидромелиоративного строительства и сетей сельскохозяйственного водоснабжения

ТУ 1460-035-50254094-2000 Части соединительные литые из высокопрочного чугуна для напорных трубопроводов

ТУ 1468-041-50254094-2001 Части соединительные сварные из высокопрочного чугуна для напорных трубопроводов

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

ISO 2531 (ИСО 2531) Трубы, фасонные части, арматура из ВЧШГ и их соединения для водо- и газоснабжения

ISO 8179-1 Трубы из ковкого чугуна — внешнее покрытие цинком. Часть 1: Нанесение слоя металлического цинка и завершающего покрытия

ISO 8179-2 Трубы из ковкого чугуна — внешнее покрытие цинком. Часть 2: Нанесение краски, обогащенной цинком, и завершающего покрытия

ISO 8180 Трубы из чугуна с шаровидным графитом — полиэтиленовый рукав

DIN EN 545 Трубы, фасонные части, оснастка из ВЧШГ и их соединения для водопроводов

3 Общие положения по применению труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и основные требования к прочностным характеристикам

3.1 Производство и области применения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

3.1.1 Мировой опыт производства и применения раструбных труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) насчитывает более 50 лет; основными производителями и потребителями труб из ВЧШГ являются США, европейские страны (Франция, Германия, Испания и др.), а также КНР и Индия. В России трубы из ВЧШГ начали выпускаться с 90-х гг. прошлого века.

3.1.2 Трубы из ВЧШГ поставляются (в зависимости от требований потребителей) с внутренним (в том числе цементно-песчаным) и наружным покрытием нетоксичными материалами, разрешенными к применению санитарными органами, и без покрытия.

3.1.3 Трубы из ВЧШГ находят применение в системах водоснабжения и канализации (для прокладки наружных сетей, в том числе в сейсмически активных районах); в противопожарных системах водоснабжения; на промышленных опреснительных установках; в системах горячего водоснабжения (наружные сети горячего водоснабжения и тепловые сети с температурой воды до 150 °С); при строительстве трубопроводов для транспортировки нефтесодержащих жидкостей (в нефтеперерабатывающей, химической и горнодобывающей промышленности), содержащих углекислый газ и сероводород природного или бактериального происхождения до 0,1 мольных процента; при строительстве зданий и сооружений (для устройства фундаментных свай с бетонными наполнителями).

3.1.4 Трубы из ВЧШГ прокладывают с помощью традиционных траншейных, а также бестраншейных методов благодаря специальным конструкциям раструбов и замковых соединений.

3.2 Основные прочностные характеристики труб и методики их оценки

3.2.1 Чугун с шаровидным графитом (зарубежный термин «пластичный чугун») в отличие от серого чугуна имеет микроструктуру не в виде графитовых пластинок (рисунок 3.1), а с углеродными компонентами в виде шаров (рисунок 3.2), что ведет к резкому снижению его ломкости (хрупкости). Данные свойства материала обеспечиваются посредством добавки в расплав серого чугуна в качестве модификатора металлического магния.

Диаграммы при чистом растяжении образцов из ВЧШГ показаны на рисунке 3.3.



Рисунок 3.1 — Примерная структура серого чугуна при увеличении шлифа в 100 раз

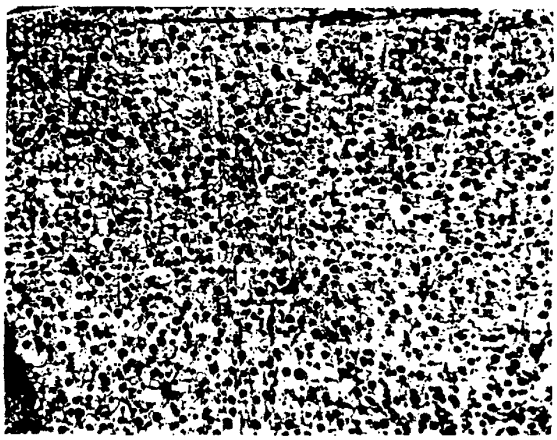


Рисунок 3.2 — Примерная структура чугуна с шаровидным графитом при увеличении шлифа в 100 раз

Как видно из диаграмм, материал ВЧШГ не обладает площадкой текучести и из упругой стадии ($0{,}7\sigma_р$) плавно переходит в стадию разрушения.

Для прочностных расчетов в СП используются значения предела упругости. Значение $R_р$ (расчетное сопротивление) определено в 300 МПа с доверительной вероятностью $p^* = 0{,}999$ при статических и малоцикловых нагрузках.

Другими основными показателями прочности ВЧШГ являются:

1) при напряжениях в циклическом режиме при $R_р = (0{,}95—0{,}97)\sigma_в$ прочность ВЧШГ возрастает на 40 %, чего нет у стали и других конструкционных материалов, используемых для изготовления напорных труб;

2) снижение предела выносливости ВЧШГ при 10 млн. циклов ниже, чем у сталей;

3) ВЧШГ не склонен к деформационному старению, термическое старение невелико и начинается только при t = 450—550 °С;

4) порог хладоломкости находится в пределах минус 60 °С (т.е. ударная прочность остается постоянной).

3.2.2 В обязанности лабораторий заводов по производству чугуна должны входить регулярные испытания на структуру ВЧШГ, твердость металла, прочность на чистое растяжение, ударную вязкость и удлинение по стандартным методикам в соответствии с ТУ 1461-037-50254094 (и аналогичным европейским нормам EN 545).

3.2.3 Изготовление и испытание образцов труб проводят согласно ГОСТ 1497 и ГОСТ 27208, а металла фланцев и стопоров — согласно ГОСТ 7293 и ГОСТ 9012.

3.2.4 Механические свойства металла труб, фланцев и стопоров, определяемые при испытании образцов на чистое растяжение, должны быть не менее:

Характеристика	Величина (трубы / фланцы, фас. части, стопора)
Предел прочности, МПа	420/420
Условный предел текучести, МПа	300/300
Относительное удлинение, %	10,0/5,0

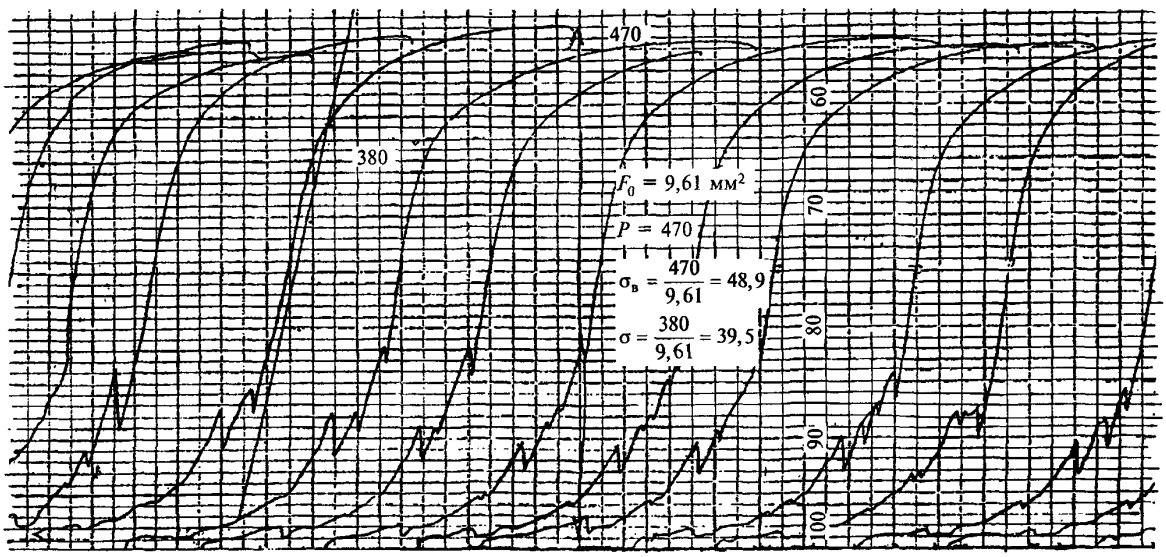


Рисунок 3.3 — Диаграммы растяжения образца из ВЧШГ при заводских испытаниях ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"»

Указанные выше требования к механическим свойствам материала согласуются с требованиями зарубежных стандартов (EN 545, ISO 2531).

3.3 Общие сведения о поставщиках и классификация труб (по диаметрам, толщинам стенок, рабочим давлениям, качеству внутренней и наружной поверхности)

3.3.1 При проектировании сетей водоснабжения и напорной канализации должны использоваться трубы из высокопрочного чугуна, имеющие основные показатели свойств, соответствующие требованиям ISO 2531.

3.3.2 В качестве поставщиков труб могут быть как отечественные предприятия, организации или фирмы, так и зарубежные, продукция которых удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым настоящим СП.

3.3.3 При соответствующем обосновании для устройства сетей водоснабжения (напорной канализации) могут использоваться трубы зарубежного производства диаметром до 1800 мм.

3.3.4 При устройстве наружных сетей систем водоснабжения (напорной канализации) в первую очередь следует рассматривать возможность применения отечественных труб из высокопрочного чугуна, в том числе с внутренним цементно-песчаным покрытием, внешним цинковым покрытием и внешним покрытием полиэтиленовым рукавом.

3.3.5 Размеры труб, выпускаемых ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный сокол"», указаны в таблице 3.1.

3.3.6 Трубы из высокопрочного чугуна зарубежного производства, в том числе с защитными покрытиями наружной поверхности (цинком, полиэтиленовым рукавом и другими материалами), можно предусматривать в проектах строительства (реконструкции и восстановления) сетей водоснабжения (наружной канализации) только при наличии соответствующего сертификата.

3.3.7 В заводских условиях трубы из ВЧШГ подвергаются следующим видам контроля: визуальному, измерительному, неразрушающему (по методике завода-изготовителя), а также контролю твердости и механических свойств (по ГОСТ 1497, ГОСТ 27208 и ГОСТ 9012), гидравлическим испытаниям (по методике ISO 2531).

3.3.8 Гидравлическому испытанию на гидропрочность, визуальному, измерительному и неразрушающему контролю должна быть подвергнута каждая труба.

3.3.9 Проверка твердости и механических свойств металла проводится на образцах, изготовленных из любой трубы в проверяемой партии.

3.3.10 Проверка механических свойств фланцев и стопоров из ВЧШГ проводится на одном изделии от партии или отдельно отлитом образце.

3.3.11 При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей производятся повторные испытания по этому показателю удвоенного количества образцов, взятых из той же партии.

Результаты повторных испытаний распространяются на всю партию.

При неудовлетворительных результатах повторных испытаний допускается подвергать каждое изделие поштучному контролю на соответствующий показатель.

3.3.12 Результаты гидравлических испытаний труб на гидропрочность считаются удовлетворительными, если на их наружной поверхности не обнаружено видимой протечки, выпотевания или другого признака повреждения.

3.3.13 Толщина цементно-песчаного покрытия должна быть проверена не менее чем на одной трубе каждого диаметра от соответствующей партии.

Таблица 3.1 — **Размеры труб, выпускаемых ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"», мм**

Условный проход	Наружный диаметр		Толщина стенки		Толщина цементно-песчаного внутреннего покрытия (по EN 545)		
	Номинал	Предел. отклонения +(−)	Номинал	Предел. отклонения +(−)	Номинал	Миним. средняя	Миним. в одной точке
100	118	1,0(2,8)	6,0	1,3	4,0	2,5	1,5
150	170	1,0(2,9)	6,0	1,3	4,0	2,5	1,5
200	222	1,0(3,0)	6,3	1,5	4,0	2,5	1,5
250	274	1,0(3,1)	6,8	1,6	4,0	2,5	1,5
300	326	1,0(3,3)	7,2	1,6	4,0	2,5	1,5

3.4 Конструкции и типы соединений труб, фасонные соединительные части

3.4.1 При устройстве сетей водоснабжения (напорной канализации) из труб ВЧШГ следует предусматривать, как правило, использование фасонных соединительных частей из высокопрочного чугуна.

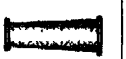
3.4.2 Для трубопроводов, как правило, следует использовать литые соединительные фасонные части из ВЧШГ, выпускаемые по ТУ 1460-035-50254094. Допускается использование сварных фасонных частей, изготавливаемых по ТУ 1468-041-50254094.

3.4.3 Номенклатура фасонных частей приведена в таблице 3.2, а типоразмеры фасонных частей — в ТУ 1460-035-50254094 и ТУ 1468-041-50254094.

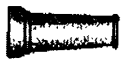
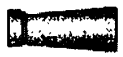
Таблица 3.2 — **Соединительные части из ВЧШГ**

Наименование	Обозначение в документах	Эскиз
Колено раструбное	УР	
Колено раструб—гладкий конец	УРГ	
Колено фланцевое	УФ	
Отвод раструбный, 10°, 15°, 30°, 45°	ОР	
Отвод раструбный, 60°	ОР	
Отвод раструб—гладкий конец, 10°, 15°, 30°, 45°	ОРГ	
Отвод раструб—гладкий конец, 60°	ОРГ	
Двойной раструб	ДР	

Продолжение таблицы 3.2

Наименование	Обозначение в документах	Эскиз
Патрубок фланец—раструб	ПФР	
Патрубок фланец—гладкий конец L = 1200 мм	ПФГ	
Патрубок фланец—гладкий конец L = 350 мм	ПФГ	
Выпуск фланцевый	ВФ	
Выпуск раструбный	ВР	
Тройник фланцевый	ТФ	
Тройник раструбный	ТР	
Тройник раструб—фланец	ТРФ	
Крест раструбный	КР	
Крест фланцевый	КФ	
Крест раструб—фланец	КРФ	
Переход фланцевый	ХФ	
Переход раструбный	ХР	

Окончание таблицы 3.2

Наименование	Обозначение в документах	Эскиз
Переход раструб—фланец	ХРФ	
Переход раструб—гладкий конец	ХРГ	
Пожарная подставка раструбная	ППР	
Тройник раструб—фланец с пожарной подставкой	ППТРФ	
Тройник фланцевый с пожарной подставкой	ППТФ	
Крест раструб—фланец с пожарной подставкой	ППКРФ	
Крест фланцевый с пожарной подставкой	ППКФ	

3.4.4 Виды соединений труб, размеры труб, а также размеры основных литых фасонных частей приведены в таблицах А.1—А.12 и на рисунках А.1—А.12, А.18—А.20 приложения А.

3.4.5 Для трубопроводов из ВЧШГ большего диаметра следует использовать литые соединительные фасонные части зарубежного производства, изготовленные из ВЧШГ, отвечающие требованиям стандарта ISO 2531 и имеющие сертификат качества.

3.4.6 Для сборки труб из ВЧШГ используют следующие конструкции и типы соединений: раструбные с уплотнительными резиновыми кольцами («Тайтон», «BPC», «Универсал»), сварное нахлестное («НЗ»), фланцевые и муфтовые.

3.4.7 Для сборки раструбных труб из ВЧШГ между собой и с соединительными фасонными частями следует использовать уплотнительные резиновые кольца (рисунки А.13—А.17, таблицы А.13—А.17 приложения А).

4 Проектирование трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

4.1 Общие положения по расчету и проектированию трубопроводов из ВЧШГ

4.1.1 В соответствии с общими требованиями СНиП 2.04.02 и СНиП 2.05.06 расчет подземных трубопроводов из различных материалов должен производиться по предельным состояниям: на прочность (деформативность) и водонепроницаемость. Возможность достижения того или иного предельного состояния зависит от ряда факторов, из которых важнейшими являются: технология изготовления труб, качество и механические свойства материалов, из которых изготовлена труба, а также условия последующей работы трубопровода.

4.1.2 Проверке на герметичность (гидропрочность) в заводских условиях должны подлежать 100 % труб заводского изготовления внутренним гидравлическим давлением не менее 5,0 МПа независимо от диаметра и класса труб. Данные требования регламентированы ТУ 1461-037-50254094 и другими ТУ.

4.1.3 При проектировании напорных сетей из ВЧШГ должна использоваться методика расчета подземных трубопроводов на прочность путем сопоставления несущей способности труб с результирующими данными по приведенным нагрузкам при различных условиях работы трубопровода.

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

- внутреннее давление транспортируемой воды;
- давление грунтовой засыпки;
- давление подвижных транспортных средств, передающееся на трубопровод через грунт;
- собственный вес трубопровода;
- массу транспортируемой воды.

4.1.5 Таблицы с результатами расчетов, проведенных в соответствии с рекомендуемой методикой при различных сочетаниях действующих на трубопровод нагрузок, должны содержать значения допустимого внутреннего давления воды, исходя из несущей способности труб на прочность и водонепроницаемость при укладке трубопровода:

- в траншеях с вертикальными стенками на плоское основание;
- в грунтах шести категорий (пески крупные, мелкие, пылеватые, сухие, суглинки, глины);

- на глубинах от 1,0 до 3,0 м, считая от верха трубы;
- на грунты и основания средней прочности при нормальной степени уплотнения засыпки;
- при действии транспортной нагрузки Н-18.

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

- на трубопровод действует внутреннее давление воды и внешняя нагрузка от давления грунта;
- на трубопровод действует внутреннее давление воды при гидравлическом ударе и внешняя нагрузка от давления грунта.

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

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

- для вертикального давления грунта — 1,2;
- для горизонтального давления — 0,8;
- для вертикального давления транспорта (колонны автомобилей Н-18) — 1,4.

Величины остальных коэффициентов принимаются равными 1.

Учет внутреннего давления транспортируемой воды

4.1.8 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 СНиП 2.04.02 (приложение 10).

4.1.9 Величина расчетного внутреннего давления $P_р$ согласно СНиП 2.04.02, п. 8.22 принимается с учетом или без учета гидравлического удара. При отсутствии в проекте величины гидравлического расчетного давления испытательное давление $P_{исп}$ принимается в соответствии с п. 10 таблицы 5 (СНиП 3.05.04, п. 7.7) не более 0,6 заводского испытательного давления. При P_0 = 5,0 МПа $P_{исп}$ для всех труб диаметрами 100—600 мм должно быть равно 3,0 МПа.

4.1.10 Величина рабочего давления не должна превышать: для труб под соединение «Тайтон» и «Универсал» — 1,6 МПа; для труб под соединение «ВРС»: 6,4 МПа ($Д_у$ 100); 5,0 МПа ($Д_у$ 150); 4,0 МПа ($Д_у$ 200); 3,5 МПа ($Д_у$ 250); 3,0 МПа ($Д_у$ 300), для труб с фланцевыми соединениями — до 4,0 МПа.

Расчет внешней приведенной нагрузки от грунта и транспорта

4.1.11 Расчетные вертикальные нагрузки от давления грунта:

$$Q_1^т = 1{,}15\,\gamma\,H\,B\,K_{тр}\,\psi$$ — укладка в траншее; (4.1)

$$Q_1^н = 1{,}15\,\gamma\,H\,D_н\,K_н$$ — укладка в насыпи. (4.2)

4.1.12 Расчетные горизонтальные нагрузки от давления грунта:

$$Q_{1г} = 0{,}8\,\gamma\,H\,D_н\,K_{тр}\,\lambda_{тр};$$ (4.3)

$$Q_{1г} = 0{,}8\,\gamma\,(H + D_н/2)\,D_н\,\lambda_н.$$ (4.4)

4.1.13 Расчетные вертикальные и горизонтальные нагрузки от давления транспорта:

$$Q_2 = 1{,}4\,q\,D_н\,\mu\,K_н;$$ (4.5)

$$Q_{2г} = 1{,}0\,q\,D_н\,\lambda.$$ (4.6)

4.1.14 Расчетные вертикальные нагрузки от собственной массы трубопровода и наполнителя:

$$Q_3 = 1{,}1\,\pi\,\gamma_т\,h\,D_{ср};$$ (4.7)

$$Q_4 = 0{,}25\,\pi\,\gamma_н\,h\,D_н^2.$$ (4.8)

4.1.15 Максимальные расчетные изгибающие моменты в стенке лотка трубы при укладке трубопровода на плоское основание:

$$M = M_в' + M_в'' + M_г;$$ (4.9)

$$M_в' = 0{,}235(Q_1 + Q_2)\,r_{ср};$$ (4.10)

$$M_в'' = 0{,}18(Q_3 + Q_4)\,r_{ср};$$ (4.11)

$$M_г = -0{,}125(Q_{1г} + Q_{2г})\,r_{ср}.$$ (4.12)

4.1.16 Внешняя приведенная нагрузка, действующая на трубопровод,

$$Q_{пр} = \frac{M}{0{,}318 r_{ср}}.$$ (4.13)

В этих формулах:

$D_н$ — наружный диаметр трубы, см;

H — глубина засыпки труб, м;

γ — объемный вес грунта засыпки, тс/м^3.

Значения γ лежат в пределах 1,7—1,9 тс/м^3 и зависят от категории грунта;

B — ширина траншеи, наименьшая ширина траншеи составляет $D_н$ + 600 мм.

4.1.17 Коэффициент $K_{тр}$, учитывающий действие сил трения между засыпкой и стенками трубы, определяется по таблице 4.1 в зависимости от категории грунтов и отношения H/D.

Таблица 4.1 — **Значения коэффициента $K_{тр}$**

$\frac{H}{B_{ср}}$	Коэффициент $K_{тр}$ при категории грунтов засыпки		
	Г-I; Г-II	Г-III; Г-IV; Г-V	Г-VI
0	1,0	1,0	1,0
0,1	0,981	0,984	0,986
0,2	0,962	0,968	0,974
0,3	0,944	0,952	0,961
0,4	0,928	0,937	0,948
0,5	0,91	0,923	0,936
0,6	0,896	0,91	0,925
0,7	0,881	0,896	0,913
0,8	0,867	0,883	0,902
0,9	0,852	0,872	0,891
1,0	0,839	0,862	0,882
1,1	0,826	0,849	0,873
1,2	0,816	0,84	0,865
1,3	0,806	0,831	0,0857
1,4	0,796	0,823	0,849
1,5	0,787	0,816	0,842
1,6	0,778	0,809	0,835
1,7	0,765	0,79	0,815
1,8	0,75	0,775	0,80
1,9	0,735	0,765	0,79
2,0	0,725	0,75	0,78
3,0	0,63	0,66	0,69
4,0	0,555	0,585	0,62
5,0	0,49	0,52	0,56
6,0	0,435	0,47	0,505

4.1.18 Коэффициент ψ, учитывающий разгрузку трубы от бокового давления грунта засыпки, определяется по формуле

$$\psi = \frac{1}{1 + \dfrac{2P_{гр}(B - D_н)}{P_л \chi D_н}}, \qquad (4.14)$$

где $P_л$ — параметр, характеризующий жесткость трубопровода, определяемый по формуле

$$P_л = \frac{2E\left(\dfrac{h}{D-h}\right)^3}{1-\nu^2}, \qquad (4.15)$$

где E — модуль упругости Юнга, для ВЧШГ — $1{,}7 \cdot 10^5$ кгс/см^2;

ν — коэффициент Пуассона, равный 0,3. Для трубопровода, прокладываемого звеньями, $\nu = 0$;

χ — коэффициент выступания трубы, при опирании на плоское основание $\chi = 0{,}98$;

$P_{гр}$ — параметр, характеризующий жесткость грунта засыпки, зависящий от модуля упругости грунта $P_{гр} = 0{,}125E_{гр}$.

4.1.19 Коэффициент концентрации давления грунта в насыпи $K_н$ при укладке труб на ненарушенный грунт зависит от отношения $H/D_н$ и прочности грунтов основания. Значения этого коэффициента лежат в пределах 1—1,4 при укладке труб на плоское основание.

4.1.20 Коэффициенты бокового давления грунта $\lambda_{тр}$ и $\lambda_н$ для грунтов Г-III...Г-V составляют 0,05—0,2.

4.1.21 Равномерно распределенное давление q (тс/м^2) от наземного транспорта Н-18, передаваемое на трубы через грунт, принимается в зависимости от диаметра и глубины заложения труб и определяется по таблице 4.2.

Рассмотренные выше формулы по определению давления внешних нагрузок, определению изгибающих моментов от действия этих нагрузок справедливы при расчете труб на изгиб поперечного сечения трубы (кольца) внешними приведенными нагрузками с одновременным воздействием внутреннего давления. Эти формулы приняты по монографии проф. Г.К. Клейна «Расчет подземных трубопроводов» (М., 1969).

Для труб диаметром 100 м дополнительный расчет на поперечный изгиб от действия внешних нагрузок с одновременным воздействием внутреннего давления является поверочным.

Таблица 4.2 — **Равномерно распределенное давление q(тс/м^2) от транспортной нагрузки Н-18 при наружном диаметре трубопровода $D_н$, м**

Глубина заложения труб H, м	Равномерно распределенное давление q (тс/м$_2$) от транспортной нагрузки Н-18 при наружном диаметре трубопровода $D_н$, м					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1,0	2,900	2,885	2,870	2,820	2,770	2,690
1,5	1,390	1,380	1,370	1,365	1,360	1,350
2,0	0,880	0,875	0,870	0,870	0,870	0,865
Глубина заложения труб H, м			2,225	2,5	2,75	3,0
Значения q (тс/м^2) для всех диаметров			0,780	0,700	0,630	0,560

Внешние нагрузки и внутреннее давление

4.1.22 Значения внешней приведенной нагрузки от воздействия грунта и транспорта для труб диаметрами 100—300 мм следует принимать по таблицам 4.3—4.7. Здесь коэффициенты запаса прочности $K_в = Q^0/Q$, где Q^0 — несущая способность трубы, Q — внешняя приведенная нагрузка.

Таблица 4.3 — **Значения внешней приведенной нагрузки Q, кН/м, действующей на трубопровод из труб диаметром 100 мм. Коэффициенты запаса прочности на внешнюю нагрузку (в скобках)**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	6,8(14,7)	7,3(13,2)	2,2(43,8)	2,6(37,0)
1,5	5,6(17,2)	6,2(15,5)	3,4(28,3)	3,9(24,7)
2,0	5,9(16,4)	6,6(14,6)	4,5(21,4)	5,2(18,5)
2,5	6,8(14,2)	7,7(12,5)	5,6(17,2)	6,5(14,8)
3,0	7,7(12,5)	8,7(11,0)	6,8(14,1)	7,8(12,3)

Таблица 4.4 — **Значения внешней приведенной нагрузки Q, кН/м, действующей на трубопровод из труб диаметром 150 мм. Коэффициенты запаса прочности на внешнюю нагрузку (в скобках)**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	9,3(7,8)	10,0(7,7)	3,2(22,8)	23,7(23,0)
1,5	7,7(9,5)	8,5(8,9)	4,7(15,6)	5,4(16,0)
2,0	8,2(8,9)	9,2(7,8)	6,3(11,6)	7,2(8,1)
2,5	9,3(7,8)	10,6(7,7)	7,8(9,3)	9,0(7,8)
3,0	10,6(6,9)	12,0(6,0)	9,4(7,8)	10,8(7,0)

Таблица 4.5 — **Значения внешней приведенной нагрузки Q, кН/м, действующей на трубопровод из труб диаметром 200 мм. Коэффициенты запаса прочности на внешнюю нагрузку (в скобках)**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	12,5(4,5)	13,3(4,2)	4,3(13,0)	5,0(12,0)
1,5	10,3(5,4)	11,3(4,9)	6,4(8,7)	7,4(7,5)
2,0	10,9(5,1)	12,2(4,6)	8,5(6,5)	9,8(5,7)

Окончание таблицы 4.5

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
2,5	12,5(4,5)	14,1(3,9)	10,6(5,2)	12,1(4,6)
3,0	14,2(4,3)	16,1(3,5)	12,6(4,4)	14,5(3,8)

Таблица 4.6 — **Значения внешней приведенной нагрузки Q, кН/м, действующей на трубопровод из труб диаметром 250 мм. Коэффициенты запаса прочности на внешнюю нагрузку (в скобках)**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	15,2(3,4)	16,3(3,2)	5,4(9,5)	6,2(8,3)
1,5	12,6(4,1)	13,9(3,7)	7,9(6,5)	9,1(5,7)
2,0	13,4(3,9)	15,0(8,4)	10,5(4,9)	12,0(4,3)
2,5	15,3(3,4)	17,3(3,0)	13,0(4,0)	14,9(3,5)
3,0	17,3(3,0)	19,7(2,6)	15,5(3,4)	17,8(2,9)

Таблица 4.7 — **Значения внешней приведенной нагрузки Q, кН/м, действующей на трубопровод из труб диаметром 300 мм. Коэффициенты запаса прочности на внешнюю нагрузку (в скобках)**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	17,9(2,7)	19,3(2,5)	6,5(7,5)	7,4(6,6)
1,5	14,8(3,3)	16,4(3,0)	9,5(5,2)	10,9(4,5)
2,0	15,7(3,1)	18(2,7)	12,5(4,0)	14,3(3,4)
2,5	18,0(2,7)	20,5(2,4)	15,5(3,2)	17,8(2,7)
3,0	20,4(2,4)	23(2,1)	18,5(2,6)	21,2(2,3)

Оценивая отношение $Q^0/Q = K_в$ как коэффициент запаса прочности (Q^0 — несущая способность, а Q — величина внешних нагрузок на разных уровнях засыпки), необходимо констатировать, что запас прочности для труб диаметром 100 мм в диапазоне залегания 1—3 м (в грунтах категории I—IV) составляет соответственно 14,7—12,5, для труб диаметром 300 мм на глубине 2 м — 2,7—4,0.

4.1.23 Величины запаса прочности $K_в$ на внешнюю нагрузку при укладке труб на различные глубины при воздействии транспортной нагрузки Н-18 позволяют производить укладку труб на плоское основание.

4.1.24 Коэффициенты запаса прочности труб на внутреннее давление, равное P^0/P_p = = 5,0/1,6 = 1,2—3,1, где P^0 — давление водонепроницаемости (гидропрочности), гарантированное заводами-изготовителями, P_p — допустимое рабочее давление. Для раструбных труб P_p = 1,6 МПа, муфтовых и фланцевых — 4,0 МПа.

Расчет на прочность трубопроводов из ВЧШГ

4.1.25 Расчет труб из ВЧШГ производится как для жестких труб при работе материала труб в упругой стадии. Значения расчетного напряжения R_p = 300 МПа (30 кгс/мм^2).

4.1.26 При совместном воздействии внешних приведенных нагрузок от грунта и транспорта и внутреннего гидравлического давления зависимость между ними является прямолинейной. Максимальные напряжения в стенке трубы в лотке и шелыге в этом случае суммируются.

В общем случае эта зависимость имеет вид

$$P_{пр} = P^0\left(1 - \frac{Q_{пр}}{Q^0}\right), \qquad (4.16)$$

где $P_{пр}$ — величина внутреннего давления при $Q_{пр}$, МПа;

$Q_{пр}$ — величина приведенной внешней нагрузки, кН;

P^0 — несущая способность трубы на внутреннее гидростатическое давление, МПа;

Q^0 — несущая способность трубы на внешнюю приведенную нагрузку от грунта и транспорта, кН/м.

Значения P^0 получены по формуле

$$P^0 = \frac{R_p h}{r_0}, \qquad (4.17)$$

где R_p = 300 МПа (при доверительной вероятности 0,999), расчетная прочность, МПа;

r_0 — внутренний радиус трубы, см;

h — толщина стенки трубы, см.

Значения Q^0 получены по формуле

$$Q^0 = 0{,}524\frac{R_p h^2 b}{r_c}, \qquad (4.18)$$

где b — условная длина трубы, равная 1 м;

r_c — радиус срединной поверхности трубы, см.

Значения P^0 и Q^0 для труб из ВЧШГ приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 — **Несущая способность на прочность труб из ВЧШГ на внешнюю нагрузку (Q^0) и внутреннее давление (P^0)**

D_y, мм	Q^0, кН/м	P^0, МПа
100	96,4	33,4
150	73,2	23,9
200	55,6	18,0
250	51,7	15,7
300	48,9	13,8

В таблицах 4.9—4.13 приведены величины допускаемого внутреннего давления, исходя из условия прочности труб. Эти величины получены из уравнения (4.17).

Таблица 4.9 — **Значения допускаемого внутреннего давления, МПа, для труб диаметром 100 мм из условия прочности**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	31,044	30,871	32,638	32,499
1,5	31,46	31,252	32,222	32,049
2,0	31,356	31,113	31,841	31,598
2,5	31,044	30,732	31,46	31,148
3,0	30,732	30,386	31,044	30,698

Таблица 4.10 — **Значения допускаемого внутреннего давления, МПа, для труб диаметром 150 мм из условия прочности**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	20,864	20,635	22,855	22,692
1,5	21,386	21,125	22,365	22,137
2,0	21,223	20,896	21,843	21,549
2,5	20,864	20,439	21,353	20,961
3,0	20,439	19,982	20,831	20,374

Таблица 4.11 — **Значения допускаемого внутреннего давления, МПа, для труб диаметром 200 мм из условия прочности**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	13,953	13,694	16,608	16,381
1,5	14,665	14,342	15,928	15,604
2,0	14,471	14,05	15,248	14,827

Окончание таблицы 4.11

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
2,5	13,953	13,435	14,568	14,083
3,0	13,403	12,788	13,921	13,306

Таблица 4.12 — **Значения допускаемого внутреннего давления, МПа, для труб диаметром 250 мм из условия прочности**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	11,084	10,75	14,06	13,817
1,5	11,874	11,479	13,301	12,937
2,0	11,631	11,145	12,511	12,056
2,5	11,054	10,446	11,752	11,175
3,0	10,446	9,718	10,993	10,295

Таблица 4.13 — **Значения допускаемого внутреннего давления, МПа, для труб диаметром 300 мм из условия прочности**

Глубина заложения H, м	При давлении транспорта Н-18 и грунтов		При давлении грунтов	
	I—IV	V—VI	I—IV	V—VI
1,0	8,748	8,353	11,966	11,712
1,5	9,623	9,172	11,119	10,724
2,0	9,369	8,72	10,272	9,764
2,5	8,72	8,015	9,426	8,777
3,0	8,043	7,309	8,579	7,817

Примечание — Величины допускаемого внутреннего давления в таблицах 4.9—4.13 не должны превышать 5,0 МПа.

4.1.27 Полученные зависимости могут быть использованы при расчете на прочность труб большего диаметра, в том числе зарубежного производства. Расчет на прочность может быть произведен по графикам прочности. Пример расчета по графикам приведен в приложении Б.

4.1.28 В приложении В приведен расчет трубы диаметром 100 мм на поперечный изгиб.

4.2 Гидравлический расчет труб

4.2.1 Выбор труб из высокопрочного чугуна для систем водоснабжения и напорной канализации по диаметрам и классам осуществляется на основании гидравлических расчетов в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02.

4.2.2 Потери напора H, м, на участке трубопроводной сети определяют по формуле

$$H = Li_T + n_{cc}i_{cc} + n_{cr}i_{cr} + n_a i_a, \qquad (4.19)$$

где i_T, i_{cc}, i_{cr}, i_a — потери напора, вызванные гидравлическим сопротивлением единицы длины трубы, стыковым соединением, соединительной частью и арматурой;

n_{cc}, n_{cr}, n_a — количество стыковых соединений, соединительных частей, арматуры на участке трубопровода расчетной длины L, м.

4.2.3 Потери напора на единицу длины трубопровода следует определять по формуле

$$i_T = \lambda \frac{V^2}{2qd}, \qquad (4.20)$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления;

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

q — ускорение силы тяжести, м/с^2;

d — расчетный диаметр труб, м.

4.2.4 Расчетный диаметр труб определяется по формуле

$$d = D_н - 2(S + \delta_п), \qquad (4.21)$$

где $D_н$ — наружный диаметр трубы, м;

S — толщина стенки трубы, м;

$\delta_п$ — толщина внутреннего покрытия, м.

4.2.5 Коэффициент гидравлического сопротивления λ с учетом гидравлического сопротивления стыковых соединений при транспортировании по трубопроводу воды (сточных вод) с коэффициентом кинематической вязкости $\nu = 1{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^2/с и скорости V определяется по формуле

$$\lambda = A_1 \left[1 + \frac{C}{V}\right]^m, \qquad (4.22)$$

где A_1, C и m — коэффициенты, принимаются по таблице 4.14.

Таблица 4.14 — **Значения коэффициентов A_1, C, m**

№ п.п.	Вид труб	A_1	C	m
1	Трубы без внутреннего защитного покрытия	0,015	2,36	0,284

Окончание таблицы 4.14

№ п.п.	Вид труб	A_1	C	m
2	Трубы с внутренним цементно-песчаным покрытием (отечественного производства)	0,014	3,51	0,19
3	То же (зарубежного производства)	0,011	3,51	0,19

4.2.6 Для трубопроводов, транспортирующих воду (сточные воды) с другим показателем коэффициента кинематической вязкости ν, коэффициент гидравлического сопротивления λ следует определять из выражения

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2lg\left(\frac{2,51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} + \frac{K}{3,71d}\right), \quad (4.23)$$

где $\mathrm{Re} = \frac{Vd}{\nu}$ — число Рейнольдса;

K — абсолютная шероховатость стенок труб, м, принимается по таблице 4.15.

Таблица 4.15 — **Значения величин абсолютной шероховатости *K***

№ п.п.	Вид труб	*K*, мм, для систем	
		Водоснабжения	Напорной канализации
1	Трубы без внутреннего защитного покрытия	1,00	1,5
2	Трубы с внутренним цементно-песчаным покрытием (отечественного производства)	0,25	0,40
3	То же (зарубежного производства)	0,10	0,25

4.2.7 Потери напора i_i, вызванные гидравлическим сопротивлением стыковых соединений, соединительных частей, арматурой, определяются по формуле

$$i_i = \xi_i \frac{V^2}{2q}, \quad (4.24)$$

где ξ_i — коэффициент гидравлического сопротивления стыкового соединения, соединительной части, арматуры конкретной конструкции и конкретного диаметра, принимается по паспортам заводов-изготовителей, по данным аналогичных проектируемым системам водоснабжения и напорной канализации и по справочникам для проведения предварительных расчетов.

4.2.8 При проведении предварительных гидравлических расчетов при выборе труб отечественного производства следует пользоваться номограммами, приведенными в приложении Г.

4.3 Учет параметров, влияющих на коррозионную агрессивность грунтов по отношению к трубам из ВЧШГ

4.3.1 Согласно международному стандарту ИСО 2531 (приложение А) на коррозионную агрессивность грунтов по отношению к ВЧШГ влияют следующие параметры и обстоятельства: удельное сопротивление грунтов; pH; наличие грунтовых вод на уровне трубы; наличие коррозионных элементов из-за связи с наружными металлическими конструкциями; заражение почвы сточными водами или отходами; воздействие блуждающих токов.

4.3.2 Критериями опасности коррозии труб из ВЧШГ могут служить:

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

4.3.3 Важнейшим из перечисленных в 4.3.2 критериев опасности коррозии труб из ВЧШГ является величина удельного электросопротивления грунта. Фактически он определяет все другие факторы, способствующие коррозии.

4.3.4 Методика определения удельного электрического сопротивления грунта ρ принимается в соответствии с ГОСТ 9.602.

4.3.5 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 (приложение 3) и РД 153-39.4-091 (разделы 4.2.16—4.2.21 и приложение К).

4.3.6 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/см^2 (10 А/м^2) на вспомогательном электроде.

Методика определения опасного влияния переменного тока принимается в соответствии с ГОСТ 9.602 (приложение 6) и РД 153-39.4-091 (разделы 4.2.22—4.2.24 и приложения Л и М).

4.3.7 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.

4.4 Защитные покрытия для труб из ВЧШГ и требования к ним

4.4.1 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.

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

- металлический цинк с защитным слоем в соответствии с ISO 8179-1;
- обогащенная цинком (цинконаполненная) краска с защитным слоем в соответствии с ISO 8179-2;
- утолщенное покрытие из металлического цинка с защитным слоем;
- полиуретан;
- полиэтилен;
- фиброцементный раствор;
- липкие полимерные ленты;
- битумная краска.

4.4.3 Согласно европейскому стандарту EN 545 в качестве наружных покрытий могут использоваться:

- цинковое покрытие с защитным слоем;
- покрытие толстым слоем цинка с защитным слоем;
- вставка трубы в полиэтиленовый рукав в дополнение к цинковому покрытию с защитным слоем;
- экструдированное полиэтиленовое покрытие;
- полиуретановое покрытие;
- покрытие из цементного раствора, армированного волокном;
- покрытие липкой лентой.

4.4.4 Наружные покрытия распространяются на фитинги и вспомогательную арматуру.

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

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

4.4.5.1 Стандартное цинковое покрытие является активным вследствие гальванического взаимодействия пары цинк—чугун. При этом механизм защиты имеет двойной эффект: при контакте с грунтом формируется плотный, сплошной и липкий защитный слой из нерастворимых солей цинка; в случае локального повреждения защитного покрытия происходит автоматическое восстановление его целостности (за счет поступления ионов Zn^{2+} из близлежащих неповрежденных участков к поврежденному с образованием впоследствии нерастворимых солей цинка).

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

Нанесение цинкового покрытия осуществляется электрометаллизационным напылением.

4.4.5.3 Согласно ISO 8179-2 для защиты труб могут также использоваться цинконаполненные краски (например, «Цинол», «Зинга»), которые наносятся кистью или распылителем из рас-

чета не менее 150 г/м^2 (на отдельных участках допускается не менее 130 г/м^2). Поверх цинкового покрытия наносится защитный слой битумной краски или совместимой с цинком синтетической смолы толщиной 70 мкм (в отдельных местах 50 мкм).

4.4.6 Дополнительная внешняя защита трубопровода из ВЧШГ выполняется в виде тонкого (толщиной не менее 200 мкм) полиэтиленового цилиндра (рисунок 4.1, таблица 4.16), который плотно натягивается на трубу с фиксацией на ней при помощи липкой пластмассовой пленки на концах трубы и промежуточных проволочных хомутов.

Полиэтиленовый рукав надевается на трубы из ВЧШГ на трассе непосредственно перед их укладкой.

Для защиты фитингов применяется тот же тип полиэтиленового рукава. В результате плотного соединения рукавов труб и рукавов фитингов образуется сплошное защитное покрытие. Механизм защиты полиэтиленового рукава состоит в изолировании труб от влияния коррозионного грунта и от влияния блуждающих токов.

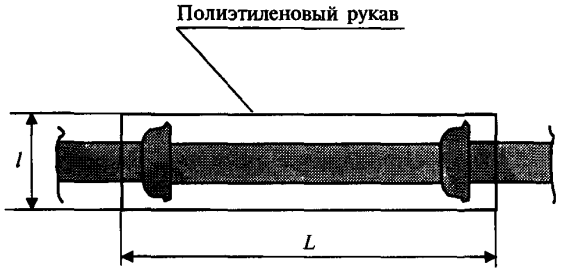


Рисунок 4.1 — Схема нанесения полиэтиленового рукава на трубу и раструб

Таблица 4.16 — **Основные размеры полиэтиленового рукава для труб различного диаметра**

Условный проход трубы, мм	L, мм	l*, мм
100	6000	300
150	6000	400
200	6000	600
250	6000	600
300	6000	800

* Ширина рукава в плоском (сложенном вдвое) состоянии.

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

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

4.5 Устройство электрохимической защиты трубопроводов

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

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

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

4.5.2.1 В случае надежной изоляции стыков труб ЭКХ трубопровода в зоне влияния блуждающих токов не требуется; отказ от ЭКХ может быть обоснован малой вероятностью опасного действия коррозионных макропар от контакта с посторонним катодом или коррозии под действием блуждающего тока (например, в трубопроводах из ВЧШГ, смонтированных из труб длиной 6 м с резиновыми уплотнениями или манжетами между ними).

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

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

4.5.4 В качестве методов противокоррозионной защиты трубопроводов из ВЧШГ могут применяться следующие (таблица 4.17).

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

- искусственные грунты, содержащие булыжники, клинкер или промышленные отхо-

Таблица 4.17 — **Классификация методов противокоррозионной защиты труб из ВЧШГ**

Удельное электросопротивление грунта, Ом·м	Тип защитного покрытия
25—30	Цинковое + битумное покрытие
15—25	Цинковое + битумное покрытие, полиэтиленовый рукав
Менее 15	Дополнительные исследования

ды (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).

5 Прокладка и перекладка трубопроводов

5.1 Упаковка, маркировка, транспортировка труб и их хранение

5.1.1 Упаковка, транспортировка, оформление документации и хранение труб из ВЧШГ должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 10692.

5.1.2 Трубы должны быть маркированы краской или иметь литую маркировку. На трубах должны быть нанесены следующие обозначения:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условный проход;
- год изготовления;
- обозначение, что материалом является чугун с шаровидной формой графита (ЧШГ, ВЧ или GGG).

5.1.3 Трубы транспортируются в пакетах. Количество труб в пакетах регламентируется документацией завода-изготовителя. По согласованию с потребителем допускается транспортирование труб без пакетов. На гладкие концы труб и в раструбы устанавливаются пластмассовые заглушки. При транспортировке труб из ВЧШГ и погрузочно-разгрузочных работах запрещается подвергать их ударным нагрузкам.

5.1.4 Трубы на объект строительства могут перевозиться железнодорожным, автомобильным и водным транспортом.

5.1.5 При перевозке труб автотранспортом длина свисающих концов не должна превышать 25 % длины трубы.

5.1.6 Трубы подлежат разгрузке на площадку складирования краном необходимой грузоподъемности и укладке в штабеля для последующей транспортировки на участок строительства.

5.1.7 При проведении погрузочно-разгрузочных и транспортных работ необходимо обеспечить:

- сохранность труб, в том числе их антикоррозионного покрытия, как в процессе перевозки, так и выполнения такелажных работ;
- при наличии внутреннего цементно-песчаного покрытия способ захвата должен обеспечить его неповреждаемость;
- целесообразную загрузку транспортных средств, учитывая вес труб на единицу их длины;
- надежную увязку перевозимых труб.

5.1.8 Прирельсовые склады должны устраиваться в местах разгрузки труб из железнодорожных полувагонов для краткосрочного складирования. В качестве грузозахватных средств используются захваты с автоматической строповкой и расстроповкой или траверсы с торцевыми захватами.

5.1.9 Хранение труб на складах и строительных площадках должно производиться в штабелях, уложенных на ровных площадках. Нижние и последующие ряды укладываются на прокладки. Раструбы в каждом ряду должны быть направлены попеременно в противоположные стороны. Допускается складирование труб без прокладок на специальных стеллажах, исключающих раскатывание и повреждение труб, а также в пакетах.

5.1.10 При хранении труб высота штабеля не должна превышать 3 м. При этом устанавливаются боковые опоры, предотвращающие самопроизвольное раскатывание труб.

5.1.11 На каждую отгружаемую потребителю партию труб поставщик выдает документ о качестве труб, в котором должны быть указаны: наименование предприятия-изготовителя, условный проход труб, их количество и общая длина в метрах, теоретическая масса, тип и количество уплотнительных резиновых колец, величина гидроиспытания, предел прочности при растяжении, относительное удлинение и твердость металла труб.

5.1.12 Стопоры для труб под соединение «BPC» хранятся в открытой таре, рассортированные по диаметрам.

5.1.13 Уплотнительные резиновые кольца должны храниться в закрытых помещениях и быть защищены от прямого солнечного света, загрязнения смазочными материалами, маслами, керосином, бензином, кислотами и щелочами, оказывающими вредное воздействие на резину.

5.1.14 Разгрузка на объектах строительства, в том числе на трассе осуществляется в намеченных проектом местах. Трубы вдоль траншеи укладываются раструбами в направлении монтажа трубопровода.

5.1.15 В случае нанесения защитных покрытий на трубы (например, цементно-песчаного покрытия) их хранение с момента нанесения покрытия и до момента монтажа труб должно производиться с торцами, закрытыми пластмассовыми заглушками.

5.1.16 В летнее время трубы из ВЧШГ с нанесенным цементно-песчаным покрытием должны храниться в местах, исключающих попадание прямых солнечных лучей, или быть защищены специальным укрытием.

5.2 Земляные работы

5.2.1 Земляные работы по планировке трассы, разработке, засыпке и приемке траншей при строительстве трубопроводов следует производить в соответствии с требованиями СНиП 3.05.04 и СНиП 12-04.

5.2.2 Перед разработкой траншеи следует произвести разбивку ее оси. 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.

5.2.3 Методы разработки траншеи обуславливаются диаметром трубопровода, геотехническими характеристиками грунтов, рельефом местности, технико-экономическими показателями технических средств.

5.2.4 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.

5.3 Монтаж трубопроводов и фасонных частей в грунте

5.3.1 Трубопроводы из ВЧШГ прокладывают преимущественно в грунте путем реализации траншейной и бестраншейной технологий, а также в коллекторах (каналах). Здесь рассматриваются вопросы прокладки трубопроводов в грунте.

5.3.2 При прокладке трубопроводов из ВЧШГ в грунте должен соблюдаться технологический регламент, включающий подготовительные, вспомогательные и основные работы, состав и очередность которых должны увязываться с конкретными условиями.

5.3.3 Уплотнение при стыковке труб под соединения «Тайтон», «BPC» и «Универсал» осуществляется с помощью уплотнительного резинового кольца за счет радиального сжатия его в кольцевом пазе раструба.

5.3.4 Монтаж труб производится в следующем порядке (рисунки 5.5, 5.6)

5.3.4.1 Наружная поверхность гладкого конца трубы очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и шпателя (рисунок 5.1).

5.3.4.2 Для определения границ монтажа гладкого конца трубы в раструб на трубы наносится специальная метка (рисунок 5.2) по размерам, указанным в таблице 5.1. На трубы под соединение «BPC» специальная метка не наносится.

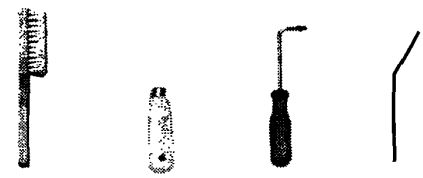


Рисунок 5.1 — Комплект для монтажа труб

5.3.4.3 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.

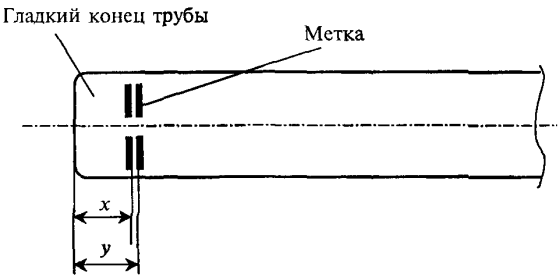


Рисунок 5.2 — Метка на гладком конце трубы

Таблица 5.1 — **Размеры в миллиметрах**

$Д_у$, мм	x, мм		y, мм	
	Соединение «Универсал»	Соединение «Тайтон»	Соединение «Универсал»	Соединение «Тайтон»
100	72	73	85	86
150	77	79	90	92
200	76	85	89	98
250	81	90	94	103
300	85	95	98	108

5.3.4.4 Внутренняя поверхность раструба трубы (особенно паз для уплотнительного резинового кольца) очищается от посторонних предметов и загрязнений с помощью щетки и скребка (рисунок 5.1).

5.3.4.5 В кольцевой паз раструба вкладывают уплотнительное резиновое кольцо с проверкой правильности размещения его гребня (рисунок 5.3).

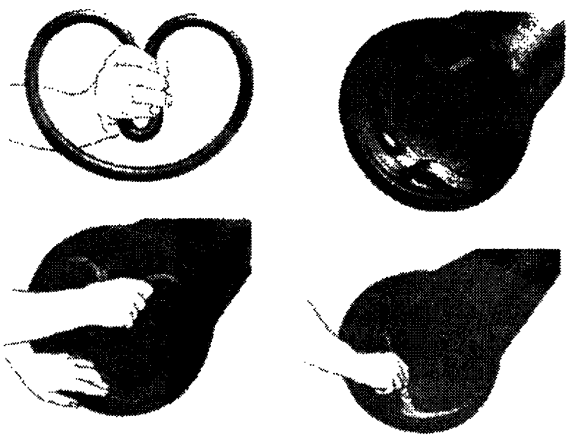


Рисунок 5.3. — Схема укладки уплотнительного резинового кольца

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

5.3.4.7 Монтируемая труба подается к ранее уложенной трубе, центрируется по конусной поверхности уплотнительного резинового кольца и с помощью монтажного приспособления или ломика (при малом диаметре труб) вводится в раструб до специальной метки. Типы монтажных приспособлений для соединения труб приведены на рисунке 5.7.

5.3.4.8 При снятии усилия монтажного приспособления гладкий конец смонтированной трубы должен войти в раструб на расстояние не менее величины x и не более величины y, указанных в таблице 5.1. Расстояние от торца раструба до торца резинового кольца должно быть одинаковым по всему периметру. Правильность установки уплотнительного резинового кольца в раструб проверяется специальным щупом (рисунок 5.1). Неравномерное расстояние свидетельствует о выталкивании кольца из паза раструба, и монтаж следует повторить, так как этот стык при гидроиспытании даст течь.

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

- вставить правый стопор в выемку раструба и продвинуть его вправо до упора;
- вставить левый стопор (со стопорной проволокой) в выемку раструба и продвинуть его влево до упора;
- вогнуть стопорную проволоку внутрь выемки раструба.

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

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

При использовании для монтажа трубопровода труб мерной длины (менее 6 м) их гладкие концы необходимо предварительно отрезать до требуемой длины и обработать шлифмашинками с целью приведения величины наружного диаметра к требованиям технических условий. В этом случае для труб под соединение «ВРС» наплавленный валик, отрезанный вместе с патрубком, можно заменить использованием специального приспособления (хомуты с болтовым соединением), показанного на рисунке 5.4.

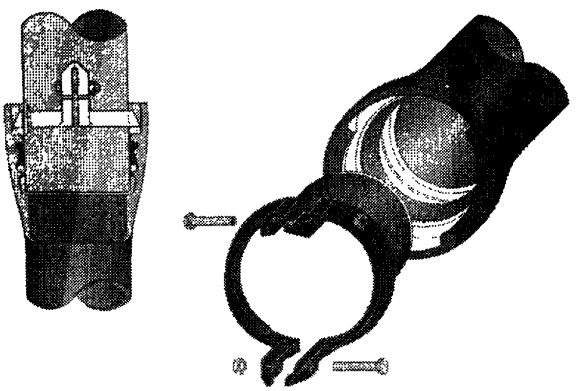
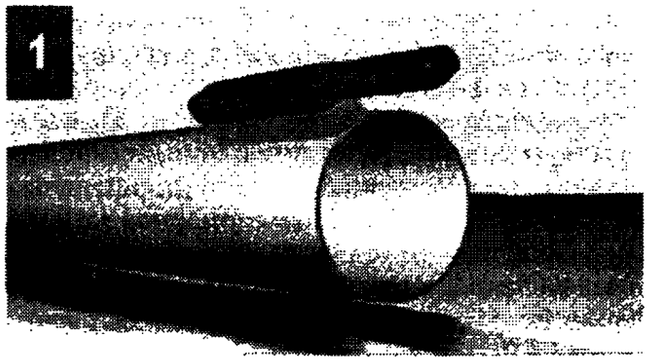


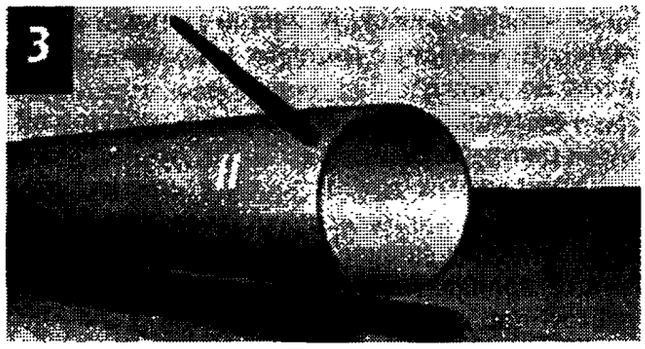
Рисунок 5.4 — Специальное приспособление, заменяющее наплавленный валик



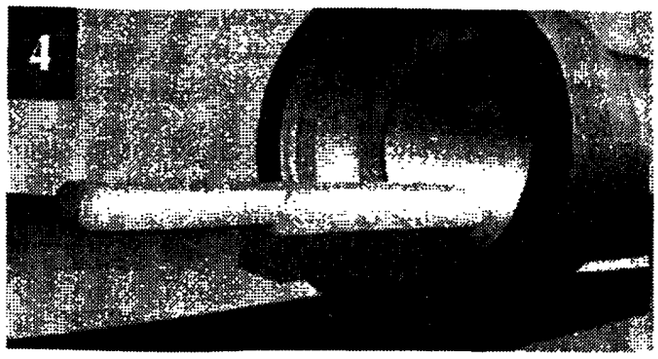
Очистка гладкого конца



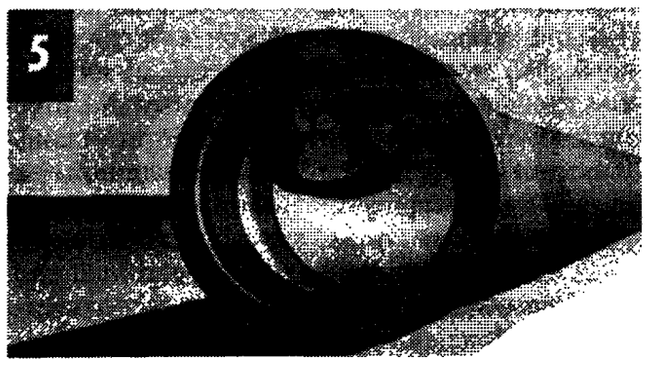
Нанесение линии ограничения
на гладком конце трубы



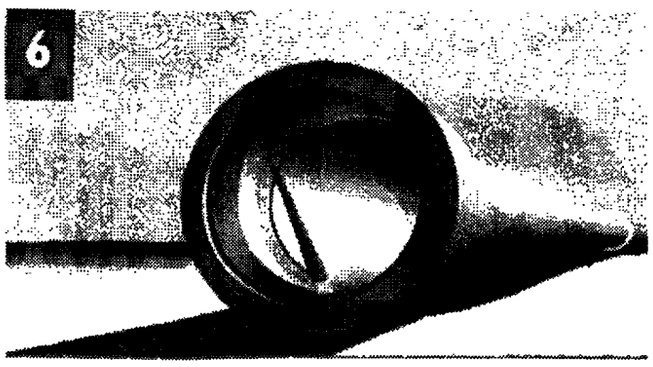
Смазка наружной поверхности
гладкого конца трубы



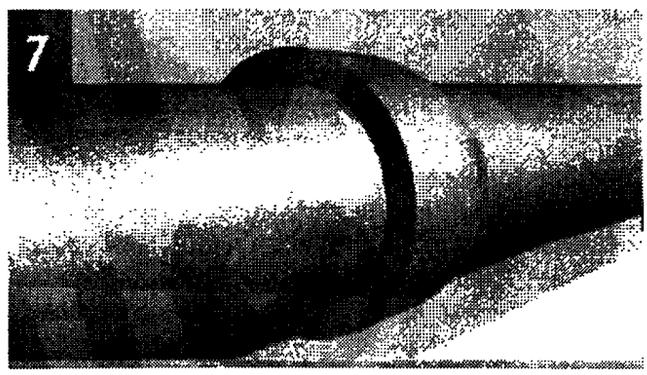
Очистка раструба



Установка уплотнительного резинового
кольца в раструб



Смазка внутренней поверхности
уплотнительного резинового кольца

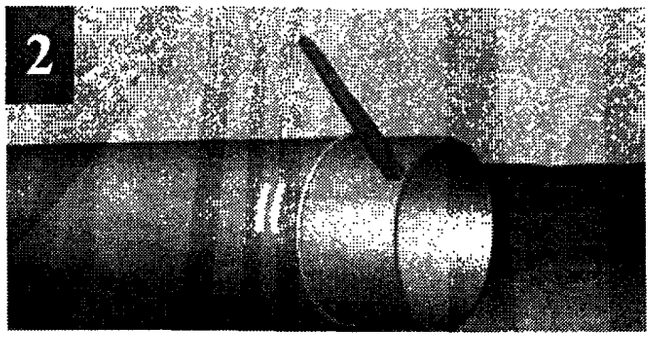


Смонтированное соединение

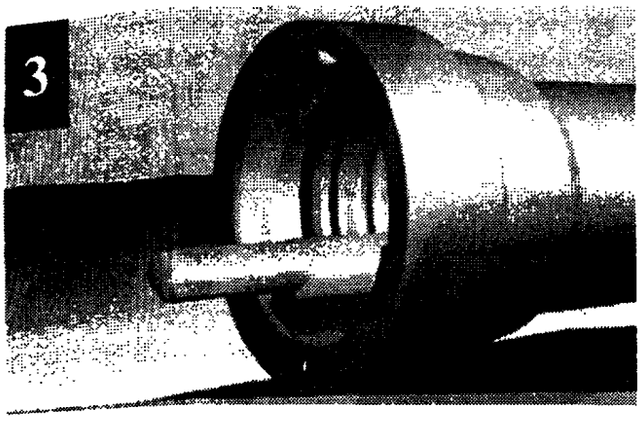
Рисунок 5.5 — Порядок монтажа труб под соединения «Универсал» и «Тайтон»



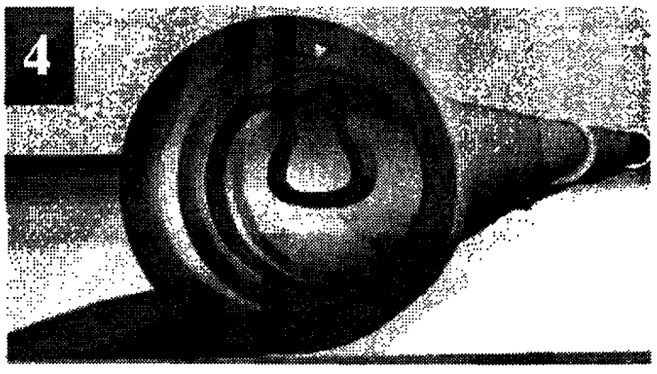
Очистка гладкого конца



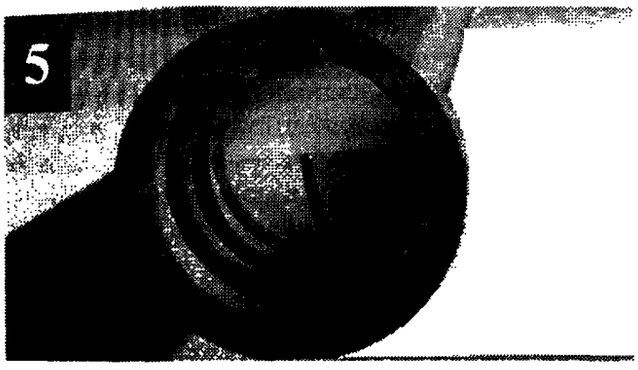
Смазка наружной поверхности гладкого конца трубы



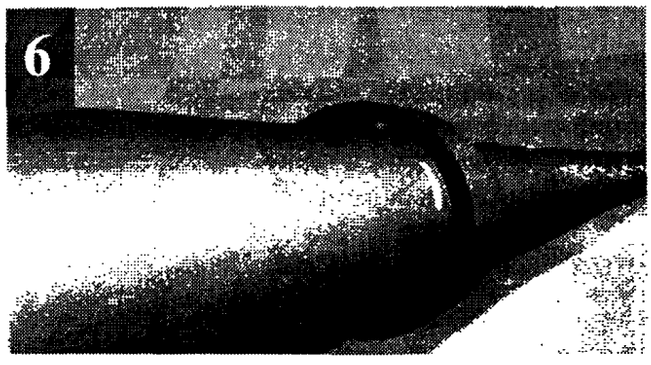
Очистка раструба



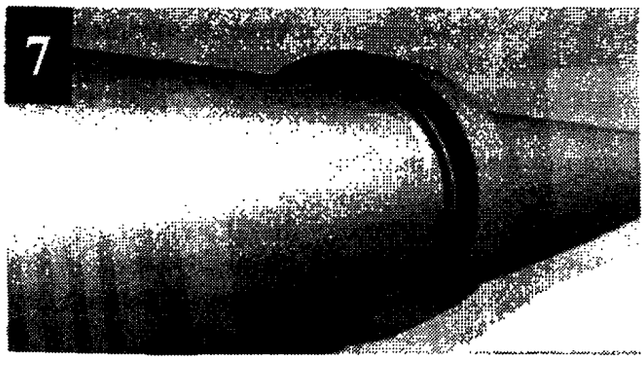
Установка уплотнительного резинового кольца в раструб



Смазка внутренней поверхности уплотнительного резинового кольца

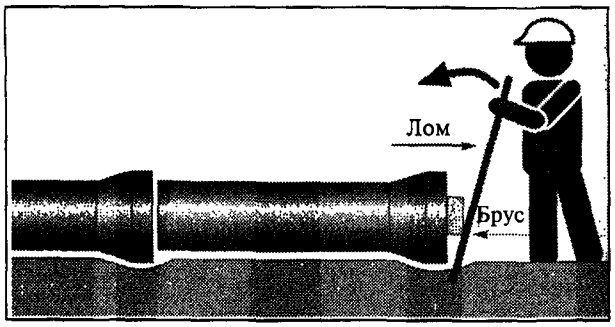


Стыковка труб и установка стопоров

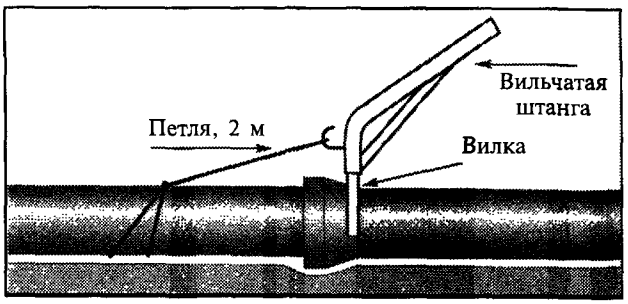


Смонтированное соединение

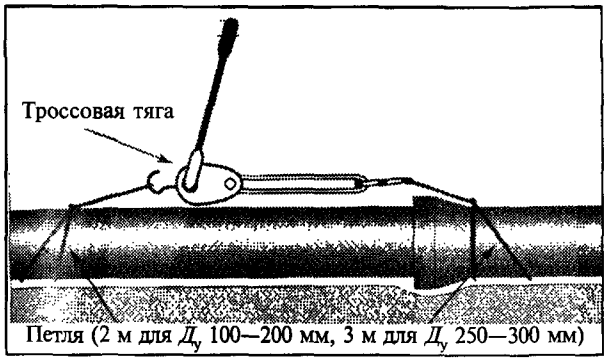
Рисунок 5.6 — Порядок монтажа труб под соединение «ВРС»



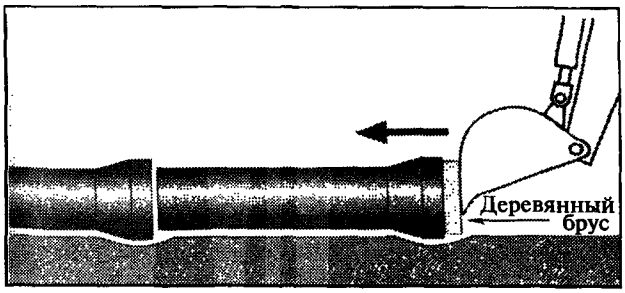
а — при помощи лома и деревянного бруса (для $Д_у$ 100 мм)



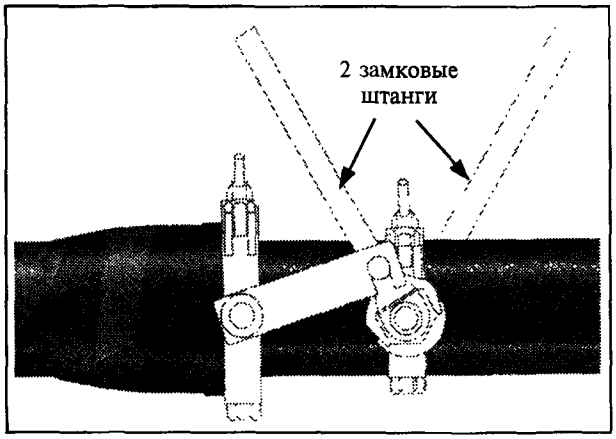
б — при помощи петли и вильчатой штанги (для $Д_у$ 100—150 мм)



в — при помощи петли и тросовой тяги (для $Д_у$ 100—300 мм)



г — при помощи экскаватора и деревянного бруса (для $Д_у$ 100—300 мм)



д — при помощи двух замковых штанг (для $Д_у$ 100—300 мм, монтажно-демонтажное приспособление)

Рисунок 5.7 — Типы приспособлений для монтажа и демонтажа труб

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

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

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

5.3.5 Засыпка трубопроводов 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.

5.3.6 Частичная засыпка траншеи производится в следующем порядке: предварительно проводится подбивка пазух и частичная засыпка труб грунтом, не содержащим включений размером свыше $^1/_4$ 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 5.8).



Рисунок 5.8 — Засыпка траншеи

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

5.3.8 При прокладке трубопроводов в грунте с помощью бестраншейных технологий должны использоваться раструбные трубы из ВЧШГ, обеспечивающие малые усилия протягивания, неразъемность стыков и выдерживающие рабочее давление транспортируемой среды.

5.3.9 В качестве методов бестраншейной прокладки труб из ВЧШГ рекомендуется использовать горизонтальное направленное бурение и микротоннелирование.

5.3.10 При применении труб из ВЧШГ в бестраншейных технологиях используют два метода их сборки:

- последовательное наращивание протаскиваемых секций трубопровода (при стесненных условиях строительной площадки);
- полная предварительная сборка протаскиваемой секции (при возможности растяжки собранной плети труб по всей длине).

5.3.11 При реализации бестраншейных технологий прокладки возможно применение труб из ВЧШГ с раструбно-фиксированным соединением типа «ВРС» (рисунок 5.9) и сварным нахлестным соединением типа «НЗ» (рисунок 5.10).

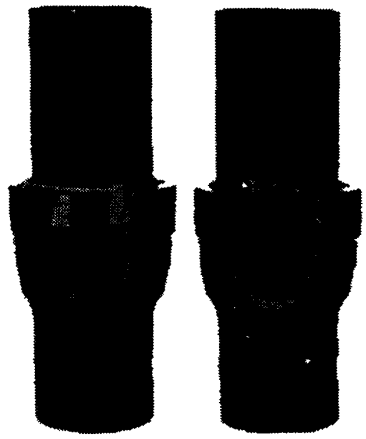


Рисунок 5.9 — Раструбные соединения типа «ВРС»



Рисунок 5.10 — Сварное нахлестное соединение труб типа «НЗ»

5.3.12 Соединение «ВРС» (см. рисунок 5.9) выполнено в виде фиксированного раструбно-стопорного соединения, в котором герметичность обеспечивается применением двухслойного уплотнительного резинового кольца.

5.3.13 Соединение «ВРС» противодействует усилиям рассоединения труб при прокладке и эксплуатации трубопровода при сложном рельефе местности, в местах осадки грунта и при ударных нагрузках: сварной наплыв на гладком конце трубы и два стопора, вдвигаемые после стыковки труб в выемку раструба и фиксируемые стопорной проволокой, не позволяют нарушить соединение. Соединение «ВРС» не является жестким и позволяет отклоняться от оси на угол до 5° для труб с внутренним диаметром 100—150 мм и до 4° для труб с внутренним диаметром 200—300 мм (при сохранении полной герметичности стыка).

5.3.14 Сварное нахлестное соединение типа «НЗ» (см. рисунок 5.10) выполняется электродуговой сваркой отдельных труб никельсодержащими электродами. Незначительные усилия по протягиванию плетей таких труб при реализации бестраншейных технологий достигаются за счет низкого и пологого раструба.

5.4 Гидравлические испытания трубопроводов и сдача в эксплуатацию

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

5.4.2 Испытание трубопроводов должно проводиться в 2 этапа:

- предварительное испытание на прочность и герметичность, выполняемое после частичной засыпки трубопровода (5.3.6);
- окончательное (приемочное) испытание на прочность и герметичность, выполняемое после полной засыпки трубопровода.

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

5.4.3 Величины внутреннего расчетного давления $P_р$ и испытательного давления $P_{исп}$ для проведения предварительного и приемочного испытаний напорного трубопровода на прочность должны быть определены проектом и указаны в рабочей документации. В случае отсутствия в проекте указанных величин величина внутреннего расчетного давления $P_р$ принимается равной рабочему давлению в трубопроводе, а величина испытательного давления $P_{исп} = 1{,}5 \cdot P_р$ (но не менее 1,5 МПа и не более 0,6 от заводского испытательного давления).

Величина испытательного давления на герметичность $P_г$ для проведения как предварительного, так и приемочного испытаний напорного трубопровода должна быть равной величине внутреннего расчетного давления $P_р$ плюс величина ΔP, принимаемая в соответствии с таблицей 5.2 в зависимости от верхнего предела измерения давления, класса точности и цены деления шкалы манометра. При этом величина $P_г$ не должна превышать величины приемочного испытательного давления трубопровода на прочность $P_{исп}$.

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

5.4.5 На концах испытываемого участка трубопровода устанавливаются заглушки.

5.4.6 На концах трубопровода, закрытых заглушками, к началу испытания должны быть установлены временные упоры для восприятия давления воды на заглушки, возникающего при подъеме давления в трубопроводе (рисунок 5.11).

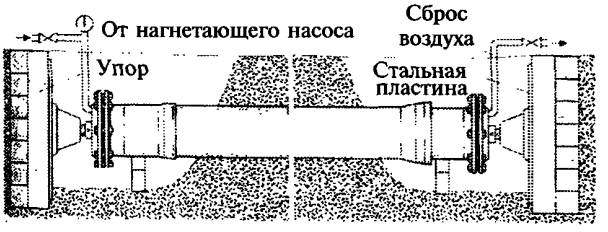


Рисунок 5.11 — Подготовка трубопровода к гидроиспытанию

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

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

5.4.9 При испытании трубопровода на прочность выполняются следующие операции:

- постепенное повышение давления в трубопроводе (по 3—5 кгс/см^2) с выдержкой давления на каждой ступени не менее 5 мин и осмотром труб и стыковых соединений;
- при обнаружении утечки во время повышения давления необходимо установить причину нарушения герметичности и принять меры по ее ликвидации; устранение обнаруженных дефектов трубопровода можно производить после снижения давления в нем до атмосферного;
- категорически запрещается хождение по испытываемому трубопроводу, простукивание, подтягивание болтовых соединений и нахождение рабочих в траншее;
- при достижении в трубопроводе испытательного давления $P_{исп}$ в течение не менее 10 мин не допускают падения давления больше чем на 1 кгс/см^2, производя дополнительную подкачку воды до $P_{исп}$.

Таблица 5.2 — **ΔP для различных величин внутреннего расчетного давления $P_р$ в трубопроводе**

$P_р$, МПа	ΔP для различных величин внутреннего расчетного давления $P_р$ в трубопроводе и характеристик используемых технических манометров											
	Верхний предел измерения давления, МПа	Цена деления, МПа	ΔP, МПа	Верхний предел измерения давления, МПа	Цена деления, МПа	ΔP, МПа	Верхний предел измерения давления, МПа	Цена деления, МПа	ΔP, МПа	Верхний предел измерения давления, МПа	Цена деления, МПа	ΔP, МПа
	Классы точности технических приборов											
	0,4			0,6			1			1,5		
До 0,4	0,6	0,002	0,02	0,6	0,005	0,03	0,6	0,005	0,05	0,6	0,01	0,07
0,41—0,75	1	0,005	0,04	1,6	0,01	0,07	1,6	0,01	0,1	1,6	0,02	0,14
0,76—1,2	1,6	0,005	0,05	1,6	0,01	0,09	2,5	0,02	0,14	2,5	0,05	0,25
1,21—2,0	2,5	0,01	0,1	2,5	0,02	0,14	4	0,05	0,25	4	0,1	0,5
2,01—2,5	4	0,02	0,14	4	0,05	0,25	4	0,05	0,3	6	0,1	0,5
2,51—3,0	4	0,02	0,16	4	0,05	0,25	6	0,05	0,35	6	0,1	0,6
3,01—4,0	6	0,02	0,2	6	0,05	0,3	6	0,05	0,45	6	0,1	0,7
4,01—5,0	6	0,02	0,24	6	0,05	0,4	10	0,1	0,6	10	0,2	1

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

5.4.11 Испытания трубопровода на плотность (герметичность) производятся в следующей последовательности:

1) давление в трубопроводе повышают до величины испытательного давления на герметичность $P_г$;

2) фиксируют время начала испытания $T_н$ и замеряют начальный уровень воды в мерном бачке $h_н$;

3) проводят наблюдения за падением давления в трубопроводе; при этом могут иметь место три варианта падения давления:

- если в течение 10 мин давление упадет не менее чем на два деления шкалы манометра, но не будет ниже внутреннего расчетного $P_р$, то наблюдение за падением давления заканчивают;

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

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

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

- подкачкой воды из мерного бачка повысить давление в трубопроводе до величины испытательного на герметичность $P_г$, зафиксиро-

вать время окончания испытания на герметичность $T_к$ и замерить конечный уровень воды в мерном бачке $h_к$;

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

$$q_п = \frac{Q}{T_к - T_н}. \qquad (5.1)$$

5.4.13 Трубопровод считается выдержавшим гидравлическое испытание на плотность, если величина фактической утечки, определенной по формуле (5.1), будет менее допустимой согласно таблице 5.3.

Таблица 5.3 — **Допустимые величины утечек для соответствующих диаметров трубопровода**

Условный диаметр трубопровода, мм	Допустимая величина утечки* на участке длиной 1000 м, л/мин
100	0,50
150	0,75
200	1,00
250	1,10
300	1,20

* При длине испытываемого участка более или менее 1 км приведенная в таблице величина утечки должна быть умножена на его длину, выраженную в км.

5.4.14 Для предотвращения осевых перемещений раструбных труб при гидравлических испытаниях следует применять упоры (при повороте трубопроводов) и тупиковые упоры.

При применении раструбных труб диаметрами 100—300 мм с соединениями «ВРС» устройство упоров необязательно.

5.4.15 Расчетные усилия на тупиковый упор от воздействия внутреннего давления определяются по формуле

$$N_т = \pi D_{ср} \frac{P}{4}, \qquad (5.2)$$

где $N_т$ — соответствующее усилие на упор;
$D_{ср}$ — срединный радиус трубы;
P — испытательное давление в трубопроводе.

Для упора, установленного на повороте трубопровода, эти усилия равны:

$$N_п = 0,5\pi D_{ср} P \sin\frac{\alpha}{2}, \qquad (5.3)$$

где α — угол поворота трубопровода.

5.4.16 Расчет упоров следует выполнять в соответствии с «Рекомендациями по статическому расчету упоров и якорей напорных трубопроводов», разработанными ВНИИВОДГЕО и МИСИ им. Куйбышева.

5.4.17 Для практического использования возможен расчет по номограммам.

При производстве работ по устройству упоров следует соблюдать требования, изложенные в пособии «Методика и укладка чугунных, железобетонных и асбестоцементных трубопроводов водоснабжения и канализации».

5.4.18 Проведение гидравлических испытаний трубопроводов допускается после достижения бетоном упоров прочности не менее проектной. Засыпка упоров и примыкающих к нему участков труб должна производиться слоями 15—20 см с увлажнением и тщательным уплотнением. Степень уплотнения грунта должна обеспечивать достижение удельного веса скелета уплотненного грунта 1,5 т/м^3 для песчаных грунтов и 1,6 т/м^3 для суглинков и глин.

5.4.19 Конструкцию упоров рекомендуется выбирать по материалам Мосинжпроекта СК 2110-88 «Конструкция упоров для напорных трубопроводов из железобетонных, асбестоцементных, чугунных и стальных труб. Часть 2. Материалы для проектирования».

5.4.20 После проведения испытаний должен быть составлен акт приемки трубопровода в соответствии с требованиями СНиП 3.01.04 (п. 1.10).

6 Общие требования безопасности и охраны окружающей среды в период производства работ по прокладке и перекладке труб

6.1 При производстве работ по монтажу наружных систем водоснабжения из чугунных труб и соединительных частей необходимо соблюдать требования СНиП 12-04.

6.2 Складирование чугунных труб, соединительных частей и строительных изделий и материалов для устройства колодцев и упоров должно осуществляться с учетом требований разделов соответствующих технических условий на них.

6.3 Манипуляции при погрузке и разгрузке труб, соединительных частей и других стро-

ительных изделий должны производиться с использованием инвентарных грузозахватных приспособлений и тары (стропов, мягких полотенец, траверс, захватов и т.п.) с учетом применяемых подъемно-транспортных механизмов.

6.4 Работа на используемых при строительстве машинах должна производиться в соответствии с проектом производства работ лицами, имеющими специальное разрешение. Допускаются к эксплуатации только исправные машины, инструменты, приспособления и средства малой механизации, что должно подтверждаться в установленном порядке с указанием сроков, оговоренных в техпаспортах.

6.5 При перемещении грунта, труб и т.п. работники должны находиться в безопасной зоне проведения работ.

6.6 При проведении работ необходимо постоянно контролировать состояние откосов в нераскрепленных траншеях и котлованах, а в раскрепленных состояниях — элементов креплений.

6.7 Весь контингент работников перед началом работ должен пройти полный инструктаж по технике безопасности (вводный, первичный, повторный, внеплановый и текущий). Текущему инструктажу следует уделять особое внимание, так как от него не только зависит безопасность работника, но во многом определяется качество и производительность монтажа.

6.8 При проведении гидравлического испытания трубопроводов давление следует поднимать постепенно. Запрещается находиться перед заглушками, в зоне временных и постоянных упоров.

6.9 При осмотре камер и колодцев необходимо открыть все люки, проверить их газоанализатором на загазованность. Категорически запрещаются попытки проверки загазованности зажженной спичкой, горящей бумагой или пламенем горелки. Испытания следует прервать во всех случаях, угрожающих безопасности работников.

6.10 При проведении испытаний трубопроводов работники, участвующие в монтаже, должны находиться на безопасном расстоянии от возможного места разрушения труб, раструбов и т.п. Обнаруженные дефекты можно устранять только после снятия давления.

6.11 Для обеспечения синхронности действий на объектах строительства или ремонта должны применяться портативные рации.

6.12 Все отходы производства необходимо вывозить в специально отведенные для этого места.

Приложение А
(обязательное)

Трубы и фасонные части ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный сокол"»

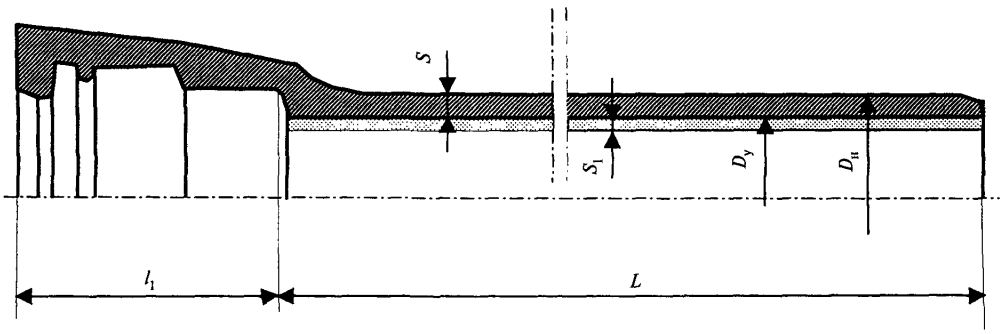


Рисунок А.1 — Схема трубы раструбной под соединение «Тайтон»

Таблица А.1 — **Основные размеры, мм, трубы раструбной (под соединение «Тайтон»)**

$D_у$	$D_н$	S	S_1	l_1	Масса раструба, кг	Масса 1 м трубы без раструба (с цем. покрытием), кг	Масса трубы с раструбом (без цем. покрытия/с цем. покрытием), кг, при расчетной длине L			
							5800		6000	
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	$6,0^{-1,3}$	3	88	4,3	17,5	94,2	107,5	97,3	111,1
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	$6,0^{-1,3}$	3	94	7,1	25,8	143,4	162,5	148,1	167,9
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	$6,3^{-1,5}$	3	100	10,3	35,5	192,4	220,3	198,7	227,5
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	$6,8^{-1,6}$	3	105	14,2	47,0	253,2	287,4	261,4	296,8
300	$326^{+1,0}_{-3,3}$	$7,2^{-1,6}$	3	110	18,9	59,0	321,1	362,3	331,5	374,1

Продолжение приложения А

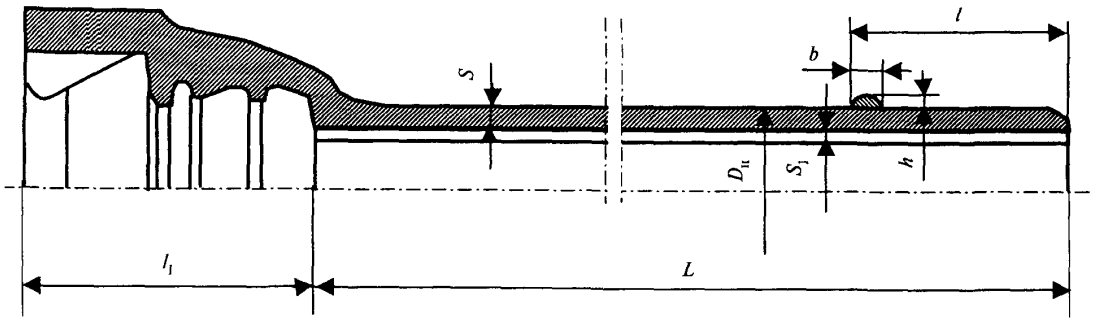


Рисунок А.2 — Схема трубы раструбной под соединение «ВРС»

Таблица А.2 — **Основные размеры, мм, трубы под соединение «ВРС»**

$D_у$	$D_н$	S	S_1	l	l_1	h	b	Масса раструба, кг	Масса 1 м трубы без раструба (с цем. покрытием), кг	Масса трубы с раструбом (без цем. покрытия/с цем. покрытием), кг, при расчетной длине L			
										5800		6000	
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	$6,0^{-1,3}$	3	91	135	5	$8^{\pm 2}$	6,9	17,5	97,0	110,1	100,1	114,0
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	$6,0^{-1,3}$	3	101	150	5	$8^{\pm 2}$	10,7	25,8	147,1	166,3	152,1	172,0
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	$6,3^{-1,5}$	3	106	160	5,5	$9^{\pm 2}$	16,8	35,5	199,1	227,1	205,3	234,0
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	$6,8^{-1,6}$	3	106	165	5,5	$9^{\pm 2}$	23,2	47,0	262,2	297,1	270,5	306,1
300	$326^{+1,0}_{-3,3}$	$7,2^{-1,6}$	3	106	170	5,5	$9^{\pm 2}$	29,6	59,0	332,0	373,0	342,1	385,0

Продолжение приложения А

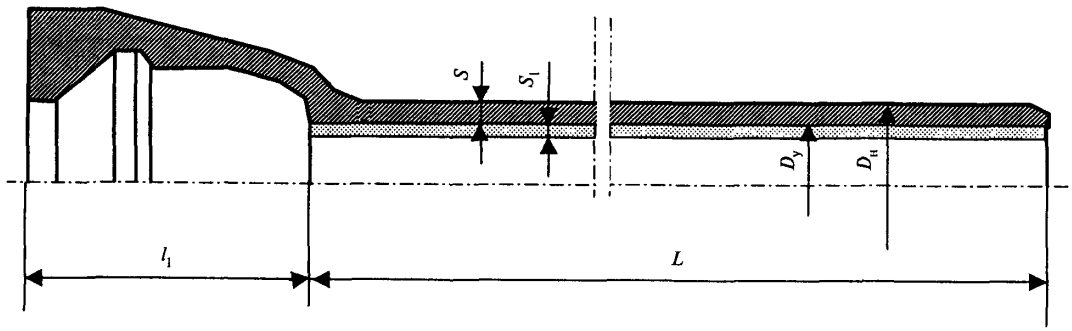


Рисунок А.3 — Схема трубы раструбной под соединение «Универсал»

Таблица А.3 — **Основные размеры, мм, трубы под соединение «Универсал»**

$D_у$	$D_н$	S	S_1	l_1	Масса раструба, кг	Масса 1 м трубы без раструба (с цем. покрытием), кг	Масса трубы с раструбом (без цем. покрытия/с цем. покрытием), кг, при расчетной длине L			
							5800		6000	
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	$6,0^{-1,3}$	3	85	4,6	17,5	94,5	107,8	97,6	111,4
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	$6,0^{-1,3}$	3	90	7,8	25,8	144,1	163,2	148,8	168,6
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	$6,3^{-1,5}$	3	89	10,5	35,5	192,6	220,5	198,9	227,7
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	$6,8^{-1,6}$	3	94	14,0	47,0	253,0	287,2	261,2	296,6
300	$326^{+1,0}_{-3,3}$	$7,2^{-1,6}$	3	98	18,0	59,0	320,2	361,4	330,6	373,2

Продолжение приложения А

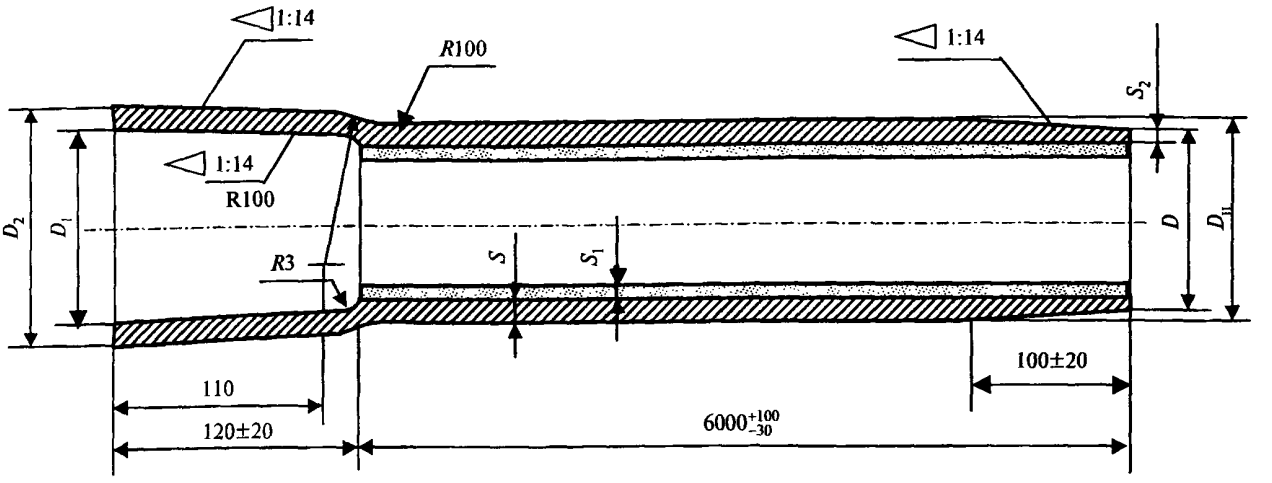


Рисунок А.4 — Схема трубы под нахлестное сварное соединение

Таблица А.4 — **Основные размеры, мм, трубы под нахлестное сварное соединение**

$D_у$	$D_{н-1,0}^{+3,0}$	$D_{-1,0}^{+3,0}$	D_1±1,0	D_2±2,0	S	S_1	$S_{2-2,0}^{+1,0}$	Масса трубы с раструбом без цем. покрытия, кг, при длине 6000/5800 мм	
100	118	110,8	117,5	137,5	$6,0_{-1,3}$	3	5	95,1	92,0
150	170	162,8	169,5	189,5	$6,0_{-1,3}$	3	5	139,2	134,7
200	22	214,8	221,5	241,5	$6,3_{-1,5}$	3	5,3	191,8	185,6
250	274	266,8	273,5	293,5	$6,8_{-1,6}$	3	5,8	255,8	247,5
300	326	318,8	325,5	345,5	$7,2_{-1,6}$	3	6,2	322,6	312,1

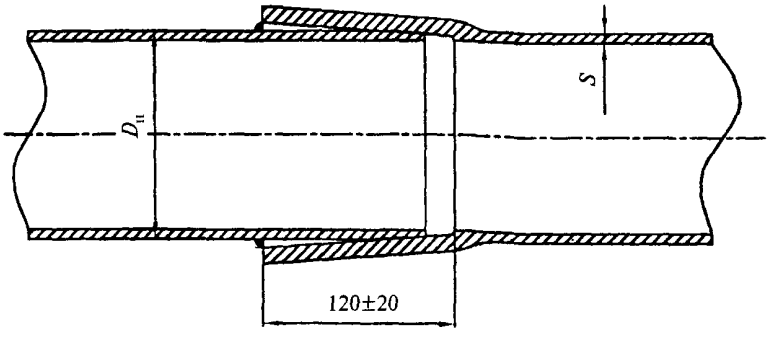


Рисунок А.5 — Схема сварного нахлестного соединения

Таблица А.5 — **Основные размеры, мм, сварного нахлестного соединения**

Условный проход $D_у$	$D_{н-1,0}^{+3,0}$	S	Масса раструба, кг
100	118	$6,0^{-1,3}$	3,8
150	170	$6,0^{-1,3}$	5,4
200	222	$6,3^{-1,5}$	7,1
250	274	$6,8^{-1,6}$	8,7
300	326	$7,2^{-1,6}$	10,4

Продолжение приложения А

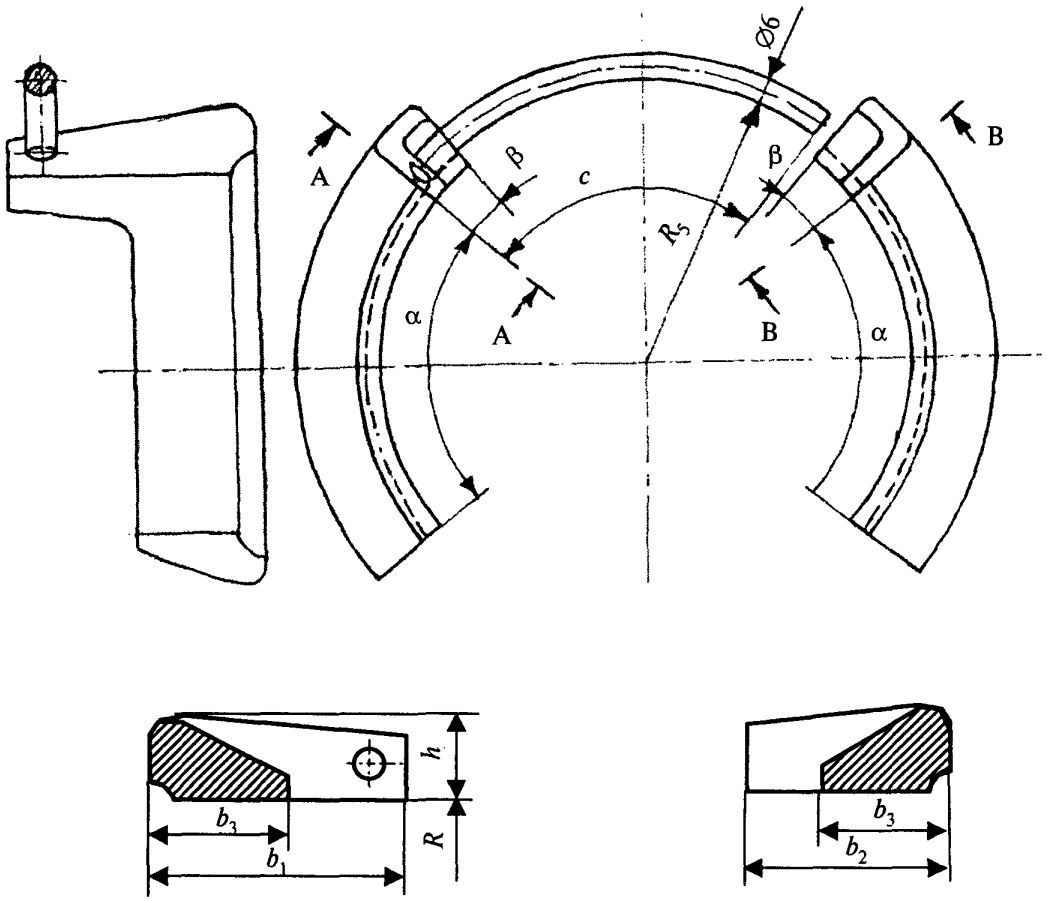


Рисунок А.6 — Схема стопоров в ВЧШГ (под соединение «ВРС»)

Таблица А.6 — **Основные размеры, мм, стопоров из ВЧШГ (под соединение «ВРС»)**

D_y	b_1	b_2	b_3	h	R	α°	β°	c°	c	Масса стопора	
										левого со стопорной проволокой, кг	правого, кг
100	50	30	24	17	59	78	11	93	107	0,265	0,226
150	55	43	26	18	85	78	9	95	152	0,431	0,378
200	60	48	26	19	111	78	8	96	197	0,602	0,536
250	65	53	28	21	137	80	7	97	243	0,846	0,765
300	70	58	30	22	163	50	6	56	167	0,769	0,703

Продолжение приложения А

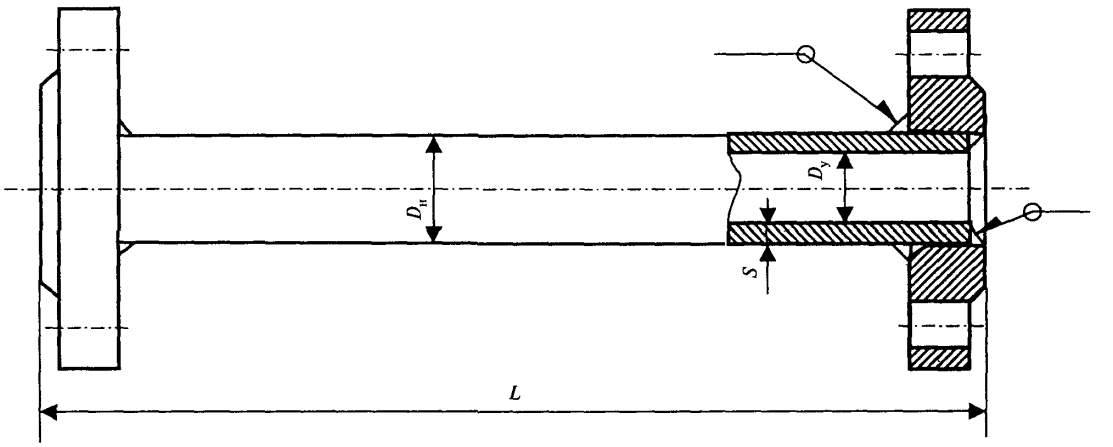


Рисунок А.7 — Схема трубы с приваренными фланцами (тип А)

Таблица А.7 — **Основные размеры, мм, трубы с приваренными фланцами (тип А)**

$D_у$	$D_н$	S	Масса одного приваренного фланца, кг	Масса 1 м трубы без фланца, кг	Масса трубы с фланцами, кг, при расчетной длине 5000 мм
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	$7,2^{-1,4}$	2,8	18,2	96,6
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	$7,8^{-1,5}$	4,5	28,8	153
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	$8,4^{-1,5}$	6,4	40,9	217,3
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	$9,0^{-1,6}$	9,0	54,3	289,5
300	$326^{+1,0}_{-3,3}$	$9,6^{-1,6}$	11,7	69,2	369,4

Продолжение приложения А

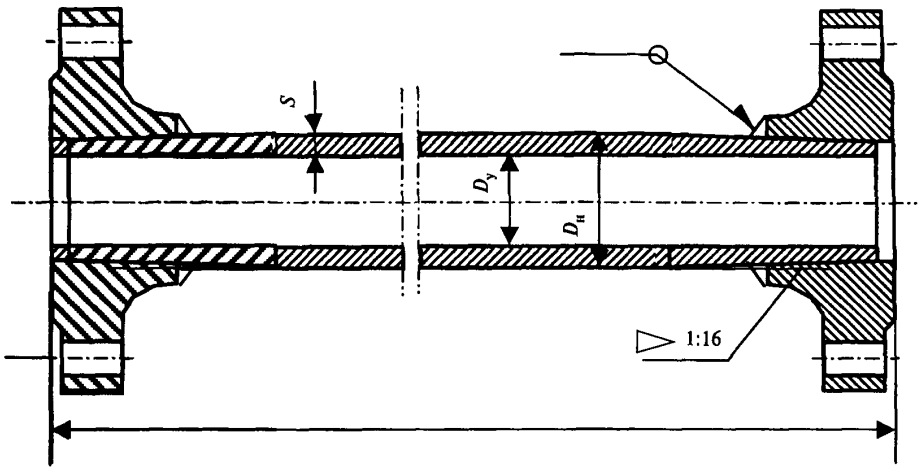


Рисунок А.8 — Схема трубы с приваренными фланцами (тип Б)

Таблица А.8 — **Основные размеры, мм, трубы с приваренными фланцами (тип Б)**

$D_у$	$D_н$	S	Масса одного приваренного фланца, кг	Масса 1 м трубы без фланца, кг	Масса трубы с фланцами, кг, при расчетной длине 5000 мм
100	$118^{+1,0}_{-2,8}$	$7,2^{-1,4}$	3,4	18,2	97,8
150	$170^{+1,0}_{-2,9}$	$7,8^{-1,5}$	5,2	28,8	154,4
200	$222^{+1,0}_{-3,0}$	$8,4^{-1,5}$	7,2	40,9	218,9
250	$274^{+1,0}_{-3,1}$	$9,0^{-1,6}$	10,0	54,3	291,5
300	$326^{+1,0}_{-3,3}$	$9,6^{-1,6}$	13,0	69,2	372

Продолжение приложения А

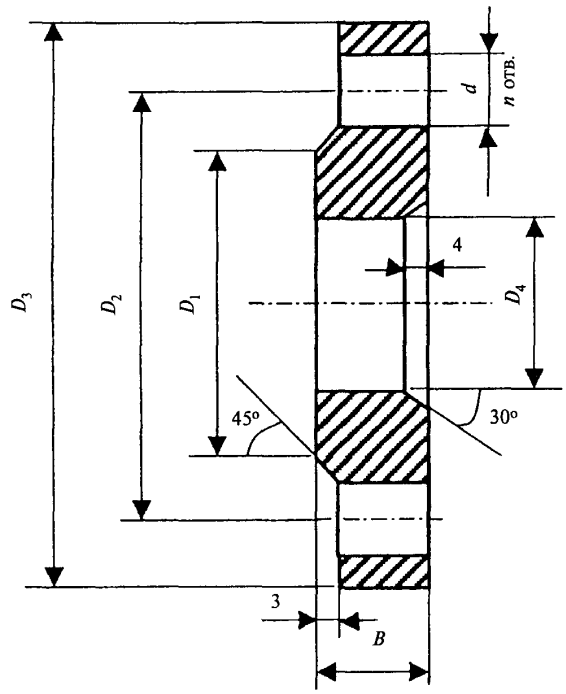


Рисунок А.9 — Схема фланца из высокопрочного чугуна (тип А)

Таблица А.9 — **Основные размеры, мм, фланца из высокопрочного чугуна**

D_y	D_4	PN, бар	D_1	D_2	D_3	d	B	n	Масса фланца, кг
100	118	10	153	180	220	19	19	8	2,8
		16	153	180	220	19	19	8	
150	170	10	209	240	285	23	19	8	4,5
		16	209	240	285	23	19	8	
200	222	10	264	295	340	23	20	8	6,4
		16	264	295	340	23	20	12	
250	274	10	319	350	400	23	22	12	9,0
		16	319	355	400	28	22	12	
300	326	10	367	400	455	23	24,5	12	11,7
		16	367	410	455	28	24,5	12	

Продолжение приложения А

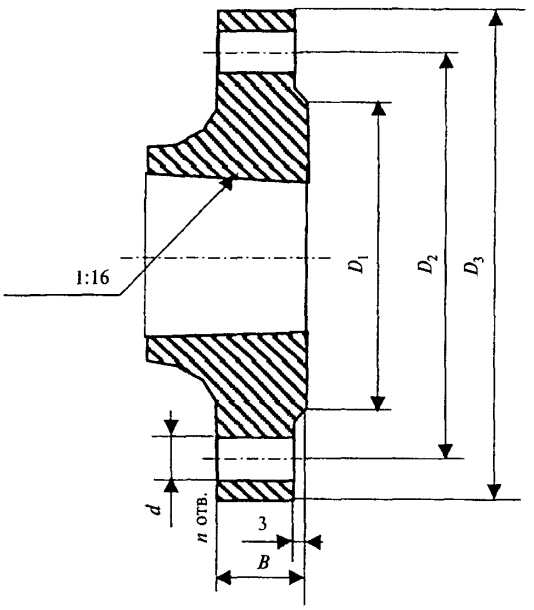
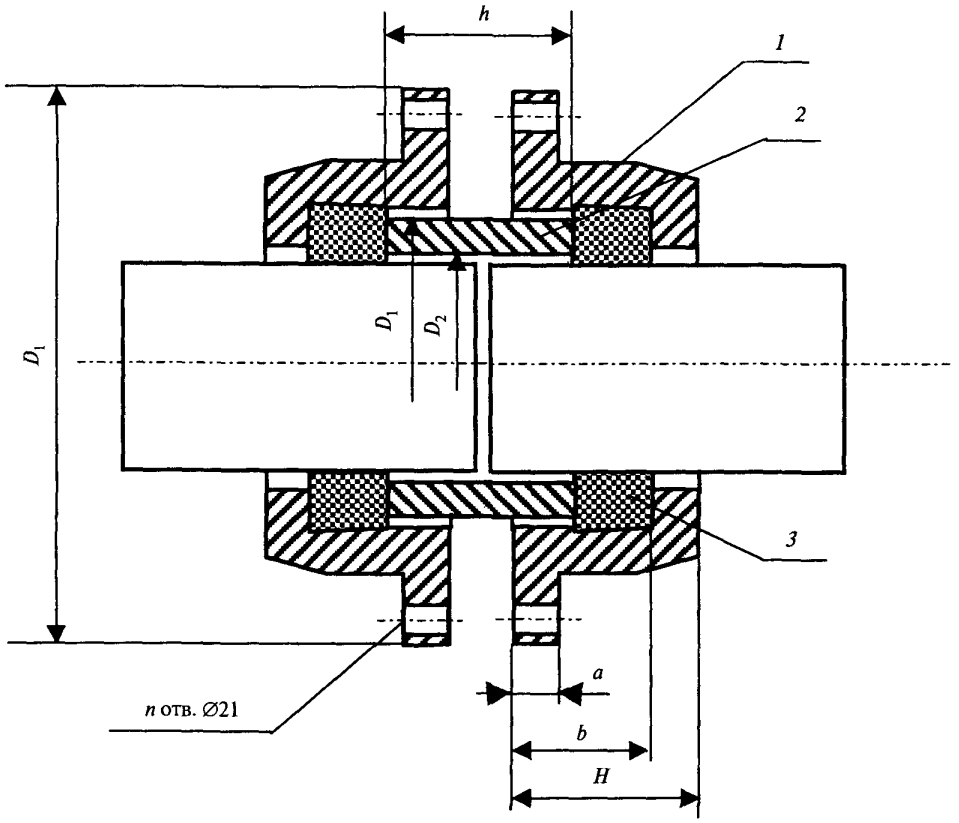


Рисунок А.10 — Схема фланца из высокопрочного чугуна (тип Б)

Таблица А.10 — **Основные размеры, мм, фланца из высокопрочного чугуна**

D_y	PN, бар	D_1	D_2	D_3	D	B	n	Масса фланца, кг
100	10	153	180	220	19	19	8	3,4
	16	153	180	220	19	19	8	
150	10	209	240	285	23	19	8	5,2
	16	209	240	285	23	19	8	
200	10	264	295	340	23	20	8	7,2
	16	264	295	340	26	20	12	
250	10	319	350	400	23	22	12	10,0
	16	319	355	400	28	22	12	
300	10	367	400	455	23	24,5	12	13,0
	16	367	410	455	28	24,5	12	

Продолжение приложения А



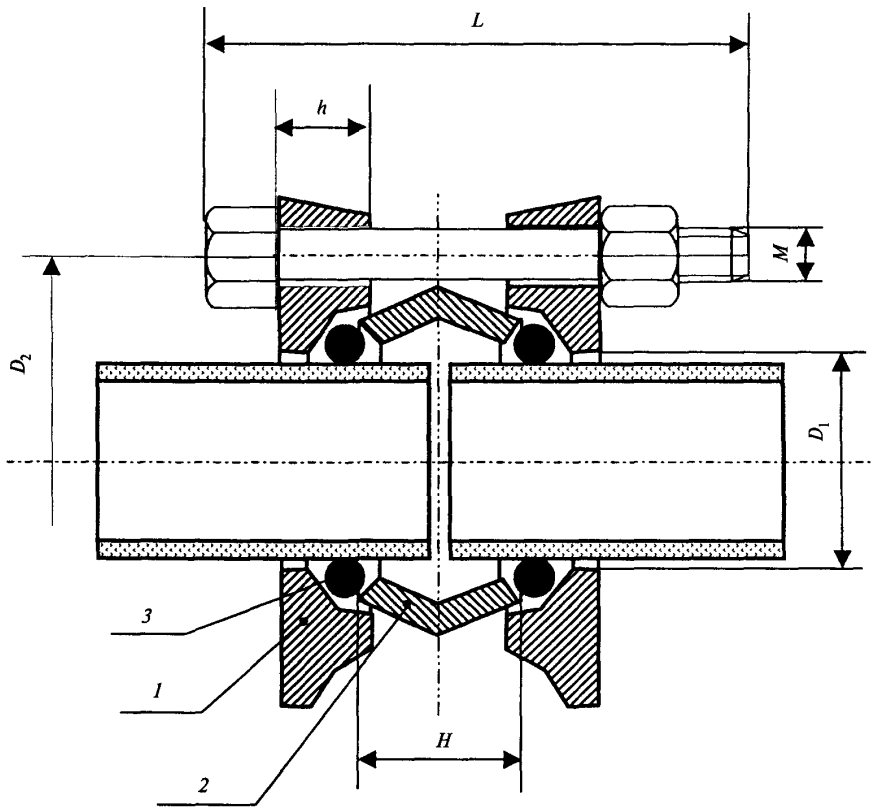
1 — муфта; *2* — втулка; *3* — резиновое кольцо

Рисунок А.11 — Муфтовое соединение (тип 1) по ТУ 1461-050-50254094

Таблица А.11 — **Основные размеры муфтового соединения (тип 1), мм**

D_y	D	D_1	D_2	H	A	b	h	n, отв.	Масса одного изделия, кг	
									муфта	втулка
100	282	159	128	70	15	54	70	6	8	3,7
150	334	211	180	72	15	57	75	6	11	5,5
200	404	267	232	78	18	60	80	8	17	8,4
250	450	323	285	85	18	67	90	12	20	12,8
300	520	375	337	90	20	71	95	12	29	15,5

Продолжение приложения А



1 — фланец; *2* — втулка; *3* — резиновое кольцо

Рисунок А.12 — Муфтовое соединение (тип 2) по ТУ 1461-050-50254094

Таблица А.12 — **Основные размеры муфтового соединения (тип 2), мм**

D_y	D_1	D_2	H	h	Болты		
					M	L	Кол-во
100	121	176	50	23	12	110	3
150	173	230	70	24	16	130	3
200	225	291	70	24	16	130	4
250	278	345	80	30	20	160	4
300	330	399	90	30	20	160	5

Продолжение приложения А

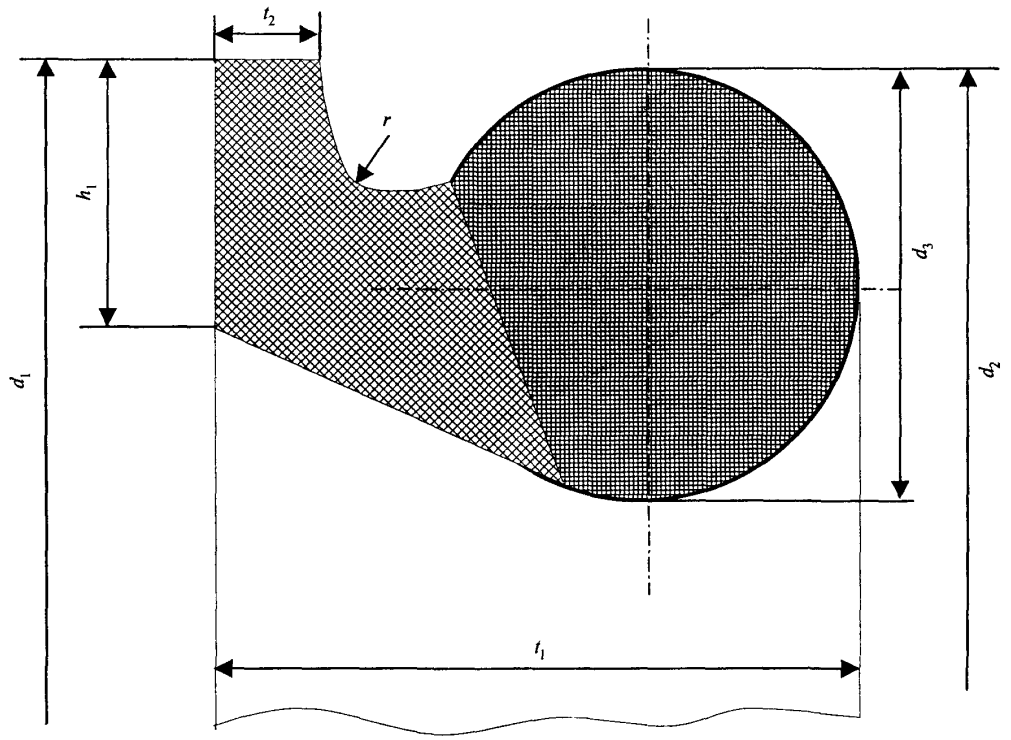


Рисунок А.13 — Уплотнительное резиновое кольцо (под соединение «Тайтон»)

Таблица А.13 — **Основные размеры уплотнительного резинового кольца под соединение «Тайтон»**

D_y	d_1	d_2	d_3	h_1	t_1	t_2	r	Масса, кг (справочная)
100	146	144	16	10	26	5	3,5	0,212
150	200	198						0,356
200	256	254	18	11	30	6	4	0,50
250	310	308			32			0,72
300	366	364	20	12	34	7	4,5	0,94

Продолжение приложения А

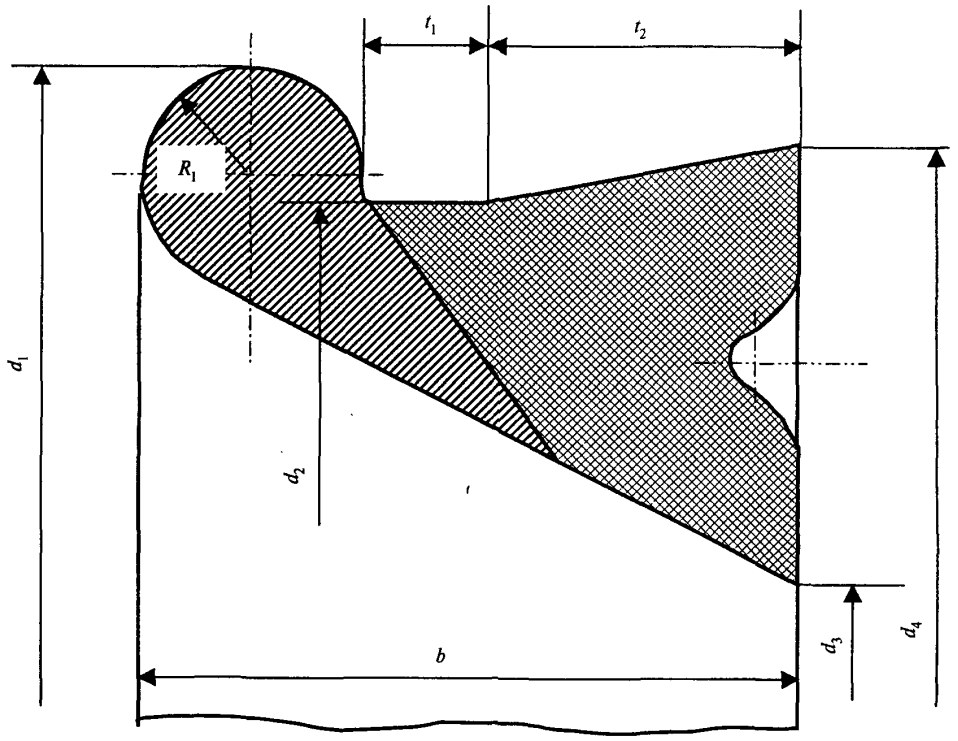


Рисунок А.14 — Уплотнительное резиновое кольцо (под соединение «ВРС»)

Таблица А.14 — **Основные размеры уплотнительного резинового кольца под соединение «ВРС»**

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

Продолжение приложения А

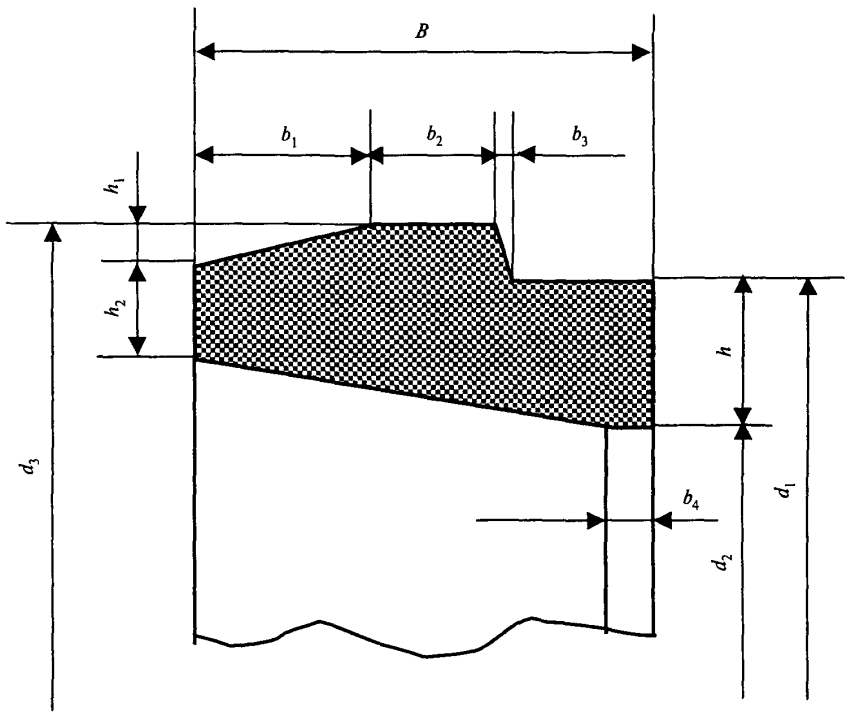


Рисунок А.15 — Уплотнительное резиновое кольцо (под соединение «Универсал»)

Таблица А.15 — **Основные размеры уплотнительного резинового кольца под соединение «Универсал»**

D_y	B	b_1	b_2	b_3	b_4	h	h_1	h_2	d_1	d_2	d_3	Масса, кг (справочная)
100	30	10	6	3	6	14	5	7	133	105	146	0,174
150	33	10	7	3	6	15	5	7	186	156	200	0,292
200	33	10	7	3	12	17	5	8,5	242	208	255	0,442
250	34	10	7	3	12	17	5	9	294	260	307	0,560
300	35	10	7	3	12	17	5	9,5	346	312	359	0,673

Продолжение приложения А

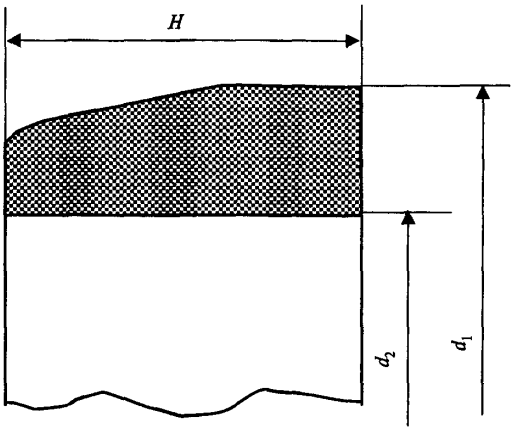


Рисунок А.16 — Уплотнительное резиновое кольцо для муфтового соединения (тип 1)

Таблица А.16 — **Основные размеры, мм, уплотнительного резинового кольца для муфтового соединения (тип 1)**

D_y	H	d_1	d_2	Масса, кг (расчетная)
100	44	150	118	0,45
150	47	205	170	0,55
200	47	260	222	0,76
250	50	315	274	1,05
300	50	368	326	1,34

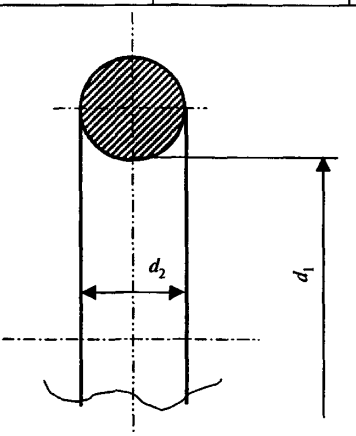


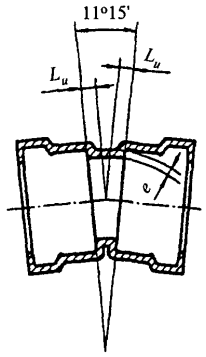
Рисунок А.17 — Уплотнительное резиновое кольцо для муфтового соединения (тип 2)

Таблица А.17 — **Основные размеры, мм, уплотнительного резинового кольца для муфтового соединения (тип 2)**

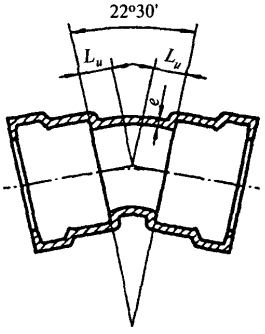
D_y, мм	d_1, мм	d_2, мм	Справочная масса, кг
100	110	14	0,066
150	160	14	0,093
200	200	14	0,114
250	264	17	0,221
300	300	17	0,249

Продолжение приложения А

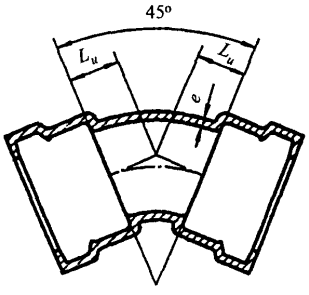
Отвод раструбный на 11° 15'		
DN	e	L_u
100	7,2	30
150	7,8	40
200	8,4	45
250	9,0	55
300	9,6	55



Отвод раструбный на 22° 30'		
DN	e	L_u
100	7,2	50
150	7,8	60
200	8,4	70
250	9,0	80
300	9,6	90



Отвод раструбный на 45°		
DN	e	L_u
100	7,2	60
150	7,8	70
200	8,4	80
250	9,0	135
300	9,6	155



Отвод фланцевый на 45°		
DN	e	L
100	7,2	140
150	7,8	160
200	8,4	180
250	9,0	245
300	9,6	275

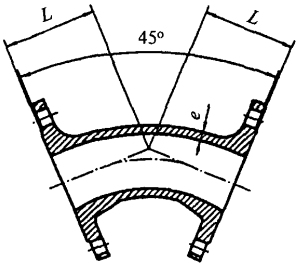
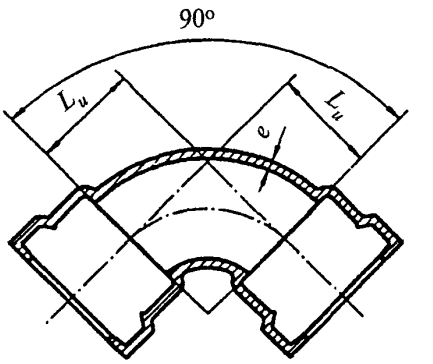


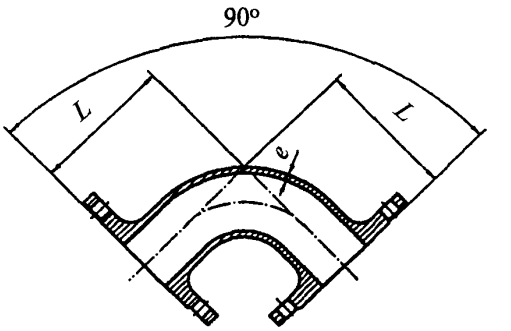
Рисунок А.18 — Основные размеры, мм, отводов

Продолжение приложения А

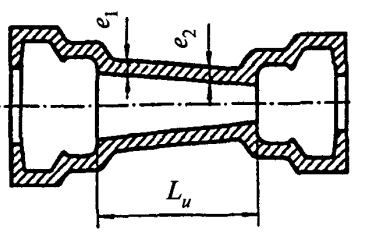
Колено раструбное		
DN	e	L_u
100	7,2	120
150	7,8	170
200	8,4	220
250	9,0	270
300	9,6	320



Колено фланцевое		
DN	e	L
100	7,2	180
150	7,8	220
200	8,4	260
250	9,0	350
300	9,6	400



Переход раструбный			
$DN \times d_n$	e_1	e_2	L_u
150×100	7,8	7,2	150
200×100	8,4	7,2	250
200×150	8,4	7,8	145
250×150	9,0	7,8	250
250×200	9,0	8,4	150
300×150	9,6	7,8	370
300×200	9,6	8,4	250
300×250	9,6	9,0	150



Переход фланцевый			
$DN \times d_n$	e_1	e_2	L
200×150	8,4	7,8	235
250×200	9,0	8,4	250
300×250	9,6	9,0	265

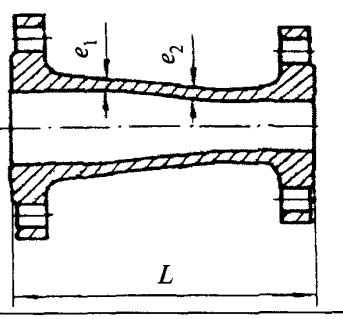
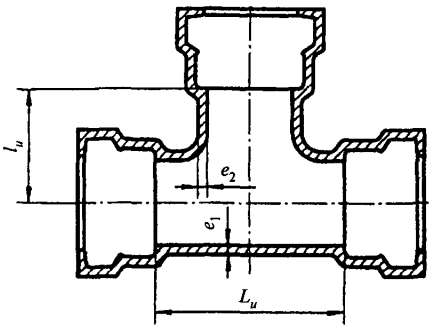


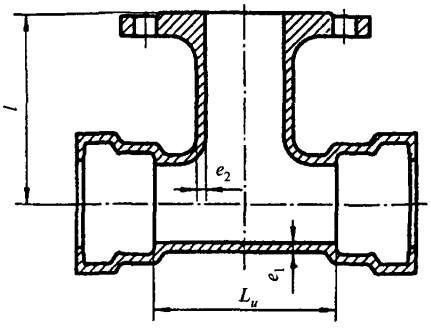
Рисунок А.19 — Основные размеры, мм, колен и переходов

Окончание приложения А

Тройник раструбный				
DN×d_n	e_1	e_2	L_u	l_u
100×100	7,2	7,2	195	100
150×100	7,8	7,2	200	125
150×150	7,8	7,8	260	130
200×100	8,4	7,2	200	150
200×150	8,4	7,8	260	155
200×200	8,4	8,4	320	160
250×100	9,0	7,2	205	190
250×150	9,0	7,8	265	190
250×200	9,0	8,4	320	190
250×250	9,0	9,0	380	190
300×100	9,6	7,2	210	220
300×150	9,6	7,8	265	220
300×200	9,6	8,4	325	220
300×250	9,6	9,0	380	220
300×300	9,6	9,6	440	220



Тройник раструб-фланец				
DN×d_n	e_1	e_2	L_u	l
100×100	7,2	7,2	195	180
150×100	7,8	7,2	200	205
150×150	7,8	7,8	260	220
200×100	8,4	7,2	200	230
200×150	8,4	7,8	260	245
200×200	8,4	8,4	320	260
250×100	9,0	7,2	205	270
250×150	9,0	7,8	265	280
250×200	9,0	8,4	320	290
250×250	9,0	9,0	380	300
300×100	9,6	7,2	210	300
300×150	9,6	7,8	265	310
300×200	9,6	8,4	325	320
300×250	9,6	9,0	380	330
300×300	9,6	9,6	440	340



Тройник фланцевый				
DN×d_n	e_1	e_2	L_u	l
100×100	7,2	7,2	360	180
150×100	7,8	7,2	380	205
150×150	7,8	7,8	440	220
200×100	8,4	7,2	400	230
200×150	8,4	7,8	460	245
200×200	8,4	8,4	520	260
250×100	9,0	7,2	425	270
250×150	9,0	7,8	485	280
250×200	9,0	8,4	540	290
250×250	9,0	9,0	600	300
300×100	9,6	7,2	450	300
300×150	9,6	7,8	505	310
300×200	9,6	8,4	565	320
300×250	9,6	9,0	620	330
300×300	9,6	9,6	680	340

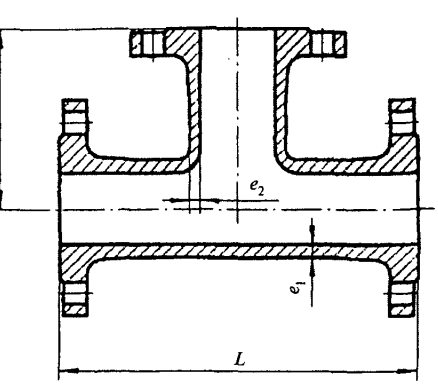


Рисунок А.20 — Основные размеры, мм, тройников

Приложение Б

(обязательное)

Пример расчета труб диаметром 300 мм при комбинированной нагрузке по графику прочности

Графики несущей способности труб при совместном воздействии внутреннего давления и внешней приведенной раздавливающей нагрузки представляют собой прямые линии в координатах $Q^0 - P^0$ (см. таблицу 4.8).

Для облегчения вычислений значений Q, P и коэффициентов запасов прочности при комбинированной нагрузке при любых сочетаниях нагрузок, действующих на подземный трубопровод, предложен прямолинейный график зависимости $Q^0 - P^0$, представленный на рисунке Б.1.

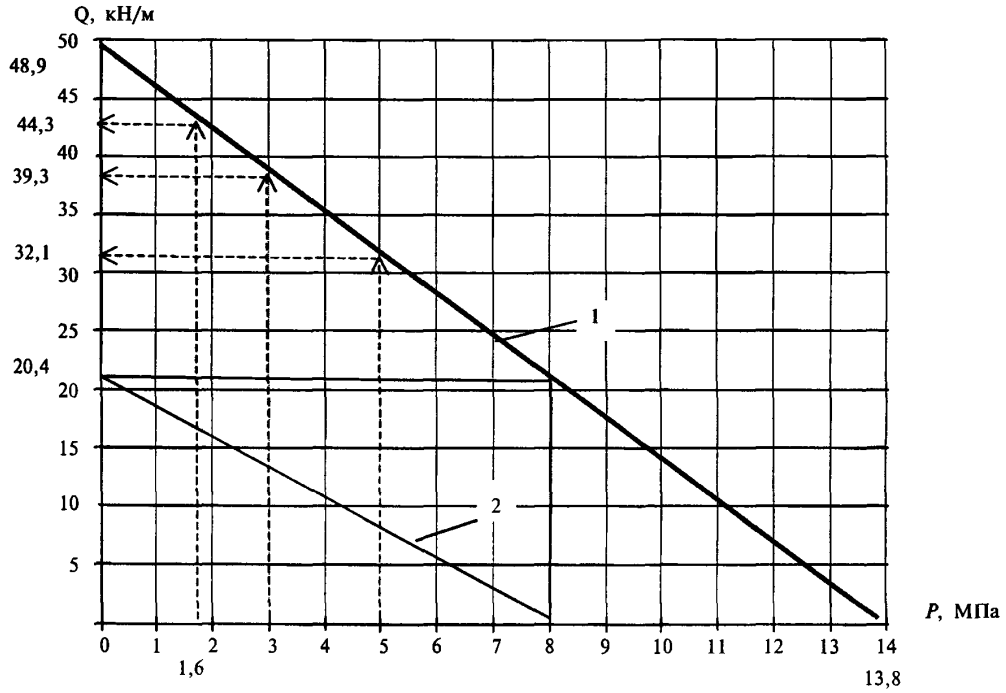


Рисунок Б.1 — График зависимости внешней нагрузки Q, кН/м, от внутреннего давления P, МПа, для труб диаметром 300 мм

На примере трубы диаметром 300 мм рассмотрен принцип использования представленного графика.

Так, при Q = 20,4 кН/м (таблица 4.7 и таблица 4.13) величина допустимого давления из условия прочности равна P = 8,0 МПа, коэффициент $K_P = \frac{8,0}{1,6} = 5,0$, коэффициент $K_0 = \frac{48,9}{20,4} = 2,4$ при рабочем давлении $P_{раб}$ = 1,6 МПа.

При рабочем давлении $P_{раб}$ = 1,6 МПа, Q = 44,3 кН/м $K_0 = \frac{44,3}{20,4} = 2,17$.

Как видно из этих данных, запас прочности трубы диаметром 300 мм при комбинированной нагрузке лежит в пределах 2,17—2,4 при рабочем давлении $P_{раб}$ = 1,6 МПа.

При $P_{раб}$ = 3,0 МПа $K_0 = \frac{43,3}{20,4} = 2,12$ и $K_P = \frac{8,0}{3,0} = 2,7$.

При $P_{раб}$ = 5,0 МПа $K_0 = \frac{32,1}{20,4} = 1,6$ и $K_P = \frac{8,0}{5,0} = 1,6$.

Как видно из приведенных данных, коэффициенты запаса прочности труб из ВЧШГ при работе в подземном трубопроводе указывают на упругую работу трубы при любых сочетаниях нагрузок, что подтверждает справедливость наших предположений по расчету труб из ВЧШГ только в упругой стадии.

Аналогичные графики прочности можно построить для труб каждого диаметра.

Приложение В

(обязательное)

Расчет труб диаметром 100—150 мм на поперечный изгиб при комбинированной нагрузке

В соответствии с п. 15.107 «Требования к основаниям под напорные трубопроводы» СНиП 2.04.02 возможная просадка грунтов I—III категорий (таблица 47) составляет более 20 см. Применение раструбных труб из серого чугуна в этом случае не допускается из-за перелома труб и разлома раструбов.

Рассмотрим возможность применения труб диаметром 100 мм с толщиной стенки 6,0 мм и длиной 5 и 4 м.

Рассмотрим расчет труб диаметром 100 мм при заложении в траншее при глубине 2,0 м с транспортной нагрузкой Н-18 на поверхности земли. В этом случае значение приведенной внешней нагрузки составляет 890 кгс/м при укладке на плоское основание. Труба без внутреннего цементно-песчаного покрытия. Собственный вес трубы — 107,3 кг; вес транспортируемой воды — 40 кг; суммарный вес — 147,3 ≈ 150 кг; общая нагрузка на трубу — 920 кгс или 180 кгс/м (1,8 кН).

Определение изгибающих моментов у трубы, работающей как балка на упругом основании, представляет значительные трудности ввиду неопределенности расчетной схемы, где величина пролета может колебаться от $0{,}25l$ до l.

Задача несколько упрощается, если рассматривать трубопровод, лежащий на отдельных опорах. Это имеет место при укладке трубопровода на слабых грунт. Способ расчета труб разработан Е.Н. Лессингом, В.Ф. Евтюхиным, А.И. Сегалем, Н.Н. Леонтьевым и Г.К. Клейн (см. Клейн Г.К. Расчет на прочность подземных трубопроводов. — М., 1969, стр. 170—178). В этом случае трубчатая балка опирается по концам на опоры, нагружение трубы внешней нагрузкой является самым невыгодным.

Результаты наших экспериментальных исследований труб на поперечный изгиб с одновременным воздействием внутреннего давления показали, что внутреннее давление не снижает прогиб трубчатой балки, т.е. не уменьшает изгибающий момент от внешней нагрузки. В этом случае напряжения в стенке трубы будут равны сумме напряжений от поперечного изгиба и внутреннего давления.

В этом случае изгибающий момент M и прогиб f трубы длиной 5 м от воздействия действующей нагрузки могут быть определены по формулам:

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{180 \cdot 5}{8} = 575 \text{ кгс} \cdot \text{м}, \qquad (Б.1)$$

где q — распределенная нагрузка, кгс/м;
l — пролет трубы, м;

$$f = \frac{ql^4}{76EJ} = \frac{180 \cdot 5^4}{76 \cdot 1{,}7 \cdot 10^5 \cdot 429} = 20{,}75 \text{ см}, \qquad (Б.2)$$

где J — момент инерции, см^4, $J = \pi r^3 h = 429$ см^4;
E — модуль упругости для ВЧШГ, $E = 1{,}7 \cdot 10^5$ кгс/см^2;
r — срединный радиус.

Напряжения в стенке трубы от изгиба будут равны:

$$\sigma_и = M/W = 575/78{,}2 \text{ см}^3 = 735{,}3 \text{ кгс/см}^2 = 73{,}5 \text{ МПа}, \qquad (Б.3)$$

где W — момент сопротивления поперечного сечения трубы, см^3, $W = \pi r^2 h$.

Коэффициент запаса прочности $K = 300/73{,}5 = 4{,}08$.

Для безраструбных труб с муфтовыми соединениями длиной 5 м и диаметром 100 мм примем для расчетов величину внутреннего рабочего давления, равную 3,0 МПа ($P_{исп}$ = 4,0 МПа).

Тогда кольцевые напряжения от внутреннего давления будут равны:

$$\sigma_к = \frac{PD_0}{2h} = \frac{30 \cdot 10{,}14}{2 \cdot 0{,}83} = 183{,}3 \text{ кгс/см}^2 = 18{,}3 \text{ МПа}. \qquad (Б.4)$$

Окончание приложения В

При совместном воздействии внешних изгибающих поперечных нагрузок и внутреннего давления суммарное напряжение σ_0 в стенке трубы определяется по энергетической теории прочности:

$$\sigma_0 \geq \sqrt{\sigma_к^2 + \sigma_{изг}^2 - \sigma_к\sigma_{изг}} = \sqrt{735^2 + 183{,}3^2 - 735 \cdot 183{,}3} = 662 \text{ кгс/см}^2 = 66{,}2 \text{ МПа}. \quad (Б.5)$$

В этом случае коэффициент запаса прочности $K = 3000/662 = 4{,}53$.

Для раструбных труб длиной 5 м при величине рабочего давления $P = 1{,}6$ МПа $\sigma_{изг} = 735{,}3$ кгс/см^2, $\sigma_к = 110$ кгс/см^2, $\sigma_0 = 687$ кгс/см^2, $K = 4{,}37$.

Для безраструбных труб с муфтовыми соединениями типа «Жибо» диаметром 100 мм и длиной 4 м при $P = 4{,}0$ МПа получим:

$$J = 334{,}6 \text{ см}^4;$$

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{184 \cdot 4^2}{8} = 368 \text{ кгс·м};$$

$$f = \frac{ql^4}{76EJ} = \frac{184 \cdot 4^4 \cdot 10^6}{76 \cdot 1{,}7 \cdot 10^5 \cdot 334{,}6} = 10{,}9 \text{ см};$$

$$\sigma_и = M/W = 368 \cdot 100/59{,}08 \text{ см}^3 = 623 \text{ кгс/см}^2 = 62{,}3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_к = \frac{PD_0}{2h} = \frac{40 \cdot 10{,}58}{2 \cdot 0{,}61} = 347 \text{ кгс/см}^2 = 34{,}7 \text{ МПа}.$$

Суммарные напряжения составят:

$$\sigma_0 \geq \sqrt{\sigma_к^2 + \sigma_{изг}^2 - \sigma_к\sigma_{изг}} = \sqrt{623^2 + 347{,}5^2 - 623 \cdot 347{,}5} = 558 \text{ кгс/см}^2 = 55{,}8 \text{ МПа}. \quad (Б.6)$$

Тогда запас прочности $K = 300/55{,}8 = 5{,}4$.

Для раструбных труб диаметром 100 мм длиной 4 м при величине рабочего давления $P = 1{,}6$ МПа получаем:

$f = 10{,}9$ см, $\sigma_{изг} = 623$ кгс/см^2, $\sigma_к = 156$ кгс/см^2, $\sigma_0 = 561$ кгс/см^2 = 56,1 МПа, $K = 300/56{,}1 = 5{,}35$.

Для труб диаметром 100 мм длиной 5,6 м производства ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"» при $P = 3{,}0$ МПа получаем:

$f = 41{,}86$ см, $\sigma_{изг} = 1220$ кгс/см^2, $\sigma_к = 260$ кгс/см^2, $\sigma_0 = 1113$ кгс/см^2 = 111,3 МПа, $K = 300/111{,}3 = 2{,}7$.

В этом случае прогиб трубы, равный 41,86 см, является нежелательным, хотя использование труб в этих условиях возможно исходя из прочности стенки и раструба трубы, поэтому необходимо предусмотреть промежуточную опору.

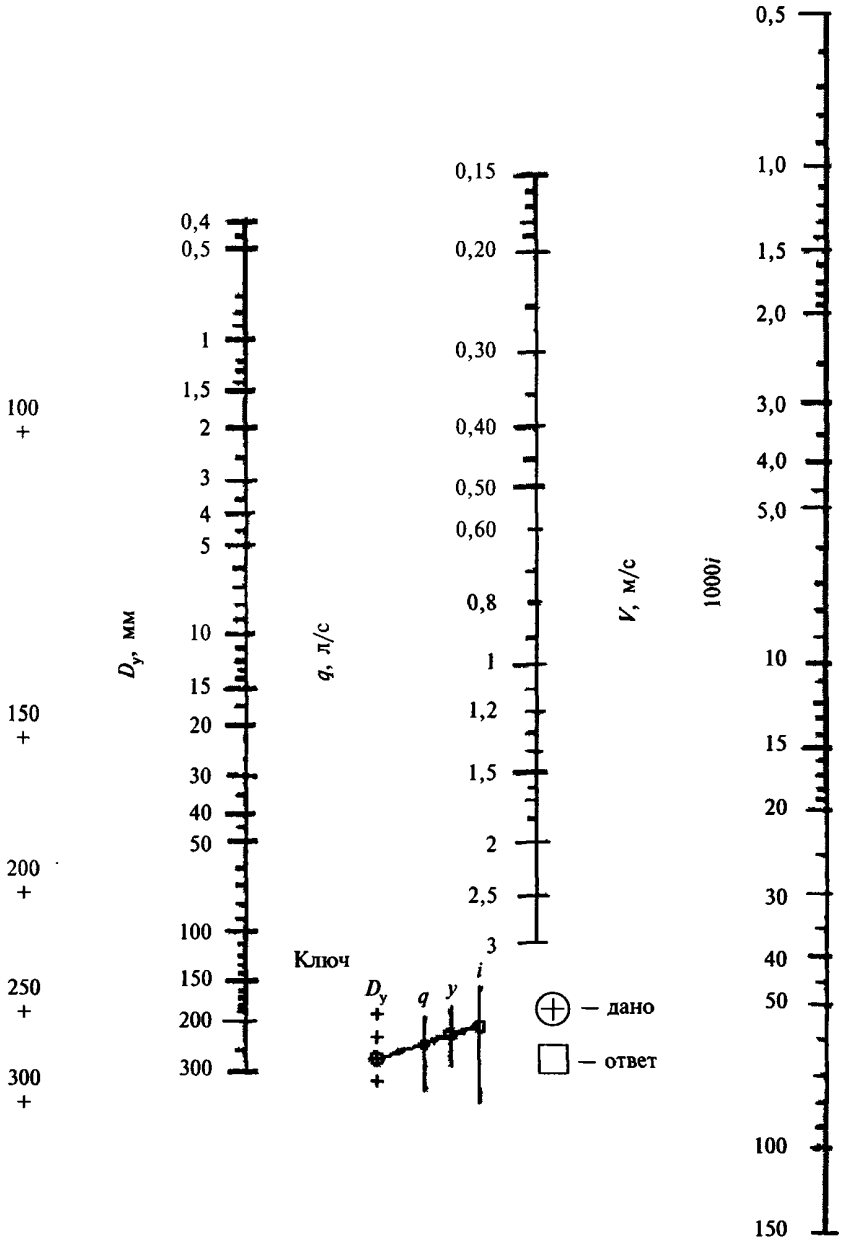
Исходя из этих расчетов труб диаметром 100 мм можно констатировать, что при прогибе не более 20 см в случае поперечного изгиба с одновременным воздействием внутреннего давления в пределах 1,8—4,0 МПа коэффициенты запаса прочности лежат в пределах 4,2—5,4, т.е. обеспечивается надежная работа трубопровода с доверительной вероятностью $p = 0{,}997$ и выше.

При укладке труб на сплошное основание значения $M_{изг}$ будут значительно меньше, чем в рассматриваемых случаях, а коэффициенты запаса прочности будут выше, чем $K = 4{,}2$—$5{,}4$, поэтому обеспечивается надежная работа труб диаметром 100 мм при прогибах труб на 20 см. Расчеты труб диаметром 150 мм также показали их высокую надежность при поперечном изгибе ($K = 5{,}8$—$8{,}3$).

Приложение Г

(информационное)

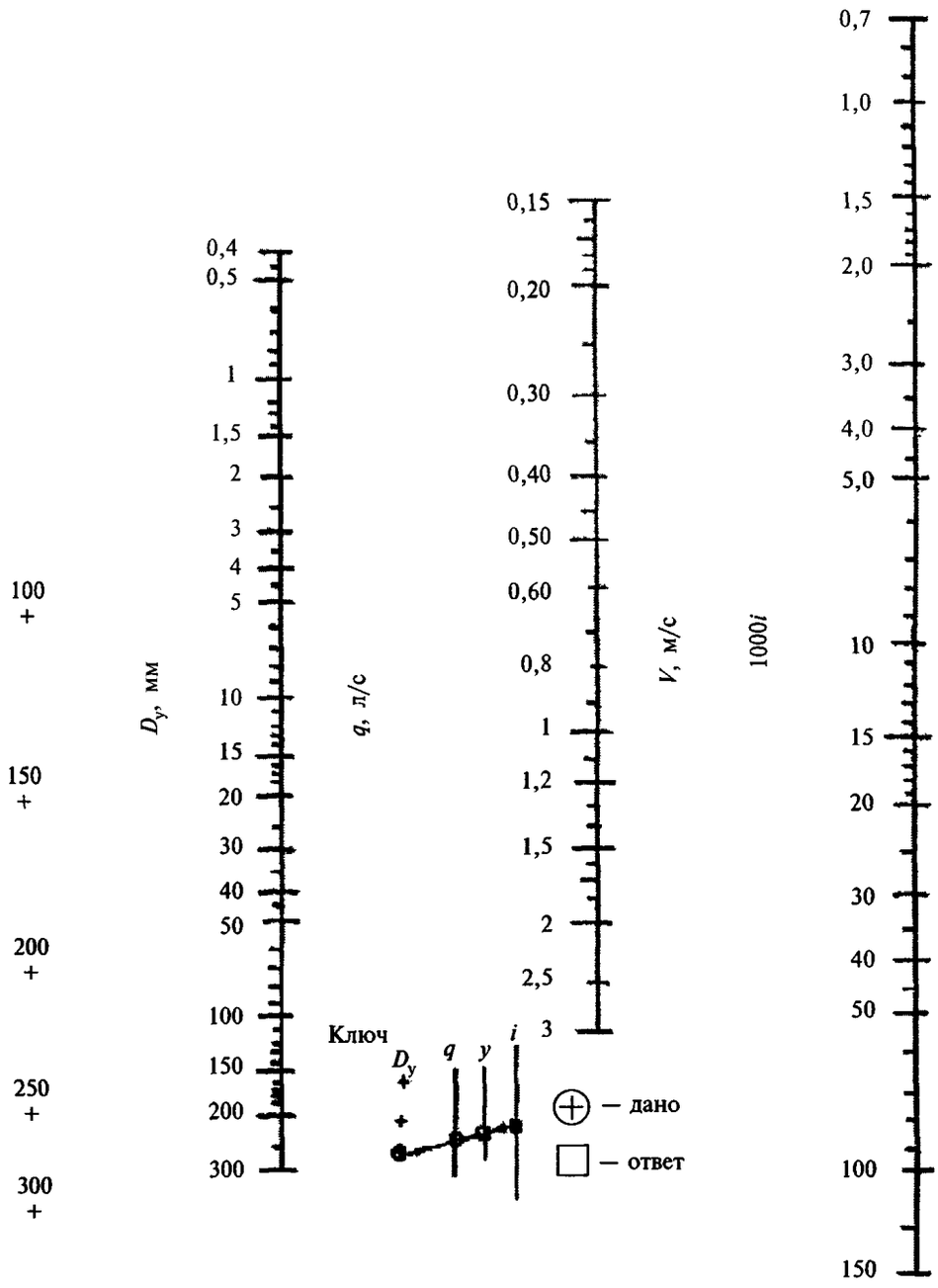
Номограммы для приближенного гидравлического расчета водопроводов из труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ)



D_y — диаметр условного прохода; q — расчетный расход воды; V — средняя по сечению скорость движения воды; i — гидравлический уклон (потери напора по 3.5.3 на единицу длины трубопровода)

Рисунок Г.1 — Номограмма расчета труб с внутренним цементно-песчаным покрытием производства ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"»

Окончание приложения Г



D_y — диаметр условного прохода; q — расчетный расход воды; V — средняя по сечению скорость движения воды; i — гидравлический уклон (потери напора по 3.5.3 на единицу длины трубопровода)

Рисунок Г.2 — Номограмма расчета труб без внутреннего цементно-песчаного покрытия производства ОАО «Липецкий металлургический завод "Свободный Сокол"»

УДК [69+697/334-036/5057](083.74) ОКС 23.040.10 Ж 21 ОКСТУ 1460

Ключевые слова: трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, конструкции и типы соединений труб, защитные покрытия для труб из ВЧШГ, охрана окружающей среды в период производства работ

Издание официальное

СВОД ПРАВИЛ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ВОДОПРОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ТРУБ ИЗ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

СП 40-109-2006

Нач. изд. отд. *Л.Н. Кузьмина*
Редактор *И.А. Рязанцева*
Тех. редактор *Л.Я. Голова*
Корректор *И.Н. Грачева*
Компьютерная верстка *А.Н. Кафиева, Е.А. Прокофьева*

Подписано в печать 9.06.2006. Формат 60x84 1/8.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,04.
Тираж 200 экз. Заказ № 1284.

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центр проектной продукции в строительстве» (ФГУП ЦПП)

127238, Москва, Дмитровское шоссе, дом 46, корп. 2.

Тел/факс (495) 482-42-65 — приемная.
Тел.: (495) 482-42-94 — отдел заказов;
(495) 482-41-12 — проектный отдел;
(495) 482-42-97 — проектный кабинет.

Шифр подписки 50.4.40

gost.e-ecolog.ru