Система региональных документов регулирования градостроительной деятельности в Санкт-Петербурге

Региональные методические документы

УСТРОЙСТВО СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

РМД 40-20-2016 Санкт-Петербург

Актуализированная редакция
РМД 40-20-2013 Санкт-Петербург

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

Правительство Санкт-Петербурга
Санкт-Петербург
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 **Разработан** инженерно-строительным институтом Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

2 **Актуализирован** производственным, научно-исследовательским и проектно-конструкторским учреждением «Венчур»

3 **Внесен** отделом мониторинга и стандартизации Управления перспективного развития Комитета по строительству

4 **Согласован** с Комитетом по информатизации и связи Санкт-Петербурга, Комитетом по энергетике и инженерному обеспечению Санкт-Петербурга, Службой государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга (СПб ГАУ «Центр государственной экспертизы»), ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ГУП «ЛЕНГИПРОИНЖПРОЕКТ», ОАО «ЛенЖилНИИпроект», ОАО «ЛенНИИпроект».

5 **Одобрен и рекомендован к применению** в строительстве на территории Санкт-Петербурга распоряжением Комитета по строительству от 11.07.2016 № 109.

Актуализированная редакция РМД 40-20-2013 Санкт-Петербург

© *Правительство Санкт-Петербурга, 2016*

Содержание

Введение V
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обозначения и сокращения 1
4 Общие положения 1
4.1 Геологические и гидрологические условия территории Санкт-Петербурга 1
4.2 Сети водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга 2
5 Требования к проектированию сетей водоснабжения и водоотведения 5
5.1 Основные требования к проектной и рабочей документации 5
5.1.1 Проектная документация на строительство 5
5.1.2 Проектная документация на реконструкцию 5
5.1.3 Рабочая документация 6
5.2 Особенности проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением PE 100-RC труб 6
5.3 Особенности проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением ВЧШГ труб 8
5.4 Особенности проектирования сетей водоснабжения с применением стальных электросварных прямошовных труб 9
5.5 Особенности проектирования сетей водоотведения с применением PE и PP труб со структурированной стенкой 10
5.6 Особенности проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением стеклопластиковых труб 10
5.7 Особенности проектирования сетей водоотведения с применением гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи 11
6 Требования к строительству сетей водоснабжения и водоотведения 12
6.1 Способы прокладки трубопроводов 12
6.1.1 Траншейная прокладка 12
6.1.2 Бестраншейная прокладка 15
6.1.3 Санация сетей 16
6.2 Сети из PE 100-RC труб 18
6.3 Сети из ВЧШГ труб 20
6.4 Сети из стальных электросварных прямошовных труб 20
6.5 Сети из PE и PP труб со структурированной стенкой 21
6.6 Сети из стеклопластиковых труб 21
6.7 Сети водоотведения с применением гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи 22
7 Контроль строительства сетей водоснабжения и водоотведения 22
7.1 Основные требования по контролю строительства 22
7.2 Полномочия подрядчика по контролю строительства 23
7.3 Полномочия технического заказчика по контролю строительства 23
7.3.1 Контроль качества сетей водоснабжения и водоотведения из PE 100-RC труб 23
7.3.2 Контроль качества сетей водоснабжения и водоотведения из ВЧШГ труб 24
7.3.3 Контроль качества сетей водоснабжения из стальных электросварных прямошовных труб 24
7.3.4 Контроль качества сетей водоотведения из PE и PP труб со структурированной стенкой 24
7.3.5 Контроль качества сетей водоснабжения и водоотведения из стеклопластиковых труб 24

7.3.6 Контроль качества сетей водоотведения с применением гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи 25

Приложение А (справочное) Нормативные ссылки 26

Приложение Б (рекомендуемое) Испытательная лаборатория, осуществляющая работы в области подтверждения качества труб и фасонных изделий для сетей водоснабжения и водоотведения 30

Приложение В (рекомендуемое) Технические требования к контролю качества сварных соединений РЕ труб 33

Приложение Г (рекомендуемое) Расчет на прочность трубопровода из РЕ 100-RC при подземной прокладке 41

Приложение Д (рекомендуемое) Расчет на прочность трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке 44

Приложение Е (рекомендуемое) Расчет на прочность трубопроводов из РЕ и РР с гофрированной внешней поверхностью при подземной прокладке 49

Приложение Ж (рекомендуемое) Расчет на прочность трубопровода из стеклопластика при подземной прокладке 77

Приложение З (рекомендуемое) Гибридная микротрубочная канализация для волоконно-оптических линий связи в безнапорных сетях водоотведения 80

Библиография 86

Введение

Строительство и реконструкция сетей водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга осуществляются в соответствии с Рекомендациями совместного совещания Комитета по промышленной политике Совета Федерации, Комитета по науке, образованию, здравоохранению и экологии Совета Федерации, Комитета по экологии Государственной Думы на тему: «О законодательном обеспечении экологической безопасности трубопроводных систем питьевого водоснабжения» от 08.10.2007 [1], Решениями Федерального собрания Российской Федерации Государственной думы «О проблемах обеспечения экологической безопасности сетей водоснабжения» от 22.02.2006 № 70-1 [2] и «Об экологической безопасности трубопроводных систем питьевого водоснабжения» от 15.11.2007 № 125-5 [3].

Региональный методический документ «Устройство сетей водоснабжения и водоотведения в Санкт-Петербурге» разработан согласно решению научно-технического совета ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», проведенного 06.02.2013 (см. протокол от 06.02.2013 № 05-06-8/13).

Документ соответствует действующим федеральным нормам и законам Российской Федерации, а также территориальным нормам и законам Санкт-Петербурга.

В документе реализованы положения следующих Федеральных законов Российской Федерации:

- «О пожарной безопасности» [4];
- «Градостроительный кодекс Российской Федерации» [5];
- «Об охране окружающей среды» [6];
- «О техническом регулировании» [7];
- «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [8];
- «О теплоснабжении» [9];
- «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [10];
- «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [11];
- «О водоснабжении и водоотведении» [12];
- Федеральная целевая программа «Чистая вода» на 2011-2017 годы, утвержденная Постановлением Правительства РФ [13];
- «Технический регламент о безопасности машин и оборудования», утвержденный Постановлением Правительства РФ [14].

Документ содержит положения, направленные на достижение целей технического регулирования, положения, отсутствующие в действующих федеральных нормативах для применения в Санкт-Петербурге, учитывающие природно-климатические, социальные особенности и экономические возможности города как субъекта Российской Федерации, а также положения по качеству городского водоснабжения и водоотведения для обеспечения срока службы сетей водоснабжения и водоотведения 50 лет и более (в течение 100 лет).

Положения настоящего документа могут быть использованы для разработки стандартов саморегулируемых организаций.

Документ разработан Инженерно-строительным институтом Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (ответственный исполнитель Н.И. Ватин, при участии: А.И. Рудского, Д.Ю. Райчука, А.А. Поповича, В.З. Величкина, В.Н. Старкова) и актуализирован Производственным, научно-исследовательским и проектно-конструкторским учреждением «Венчур» (исполнитель – М.Р. Петриченко).

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

УСТРОЙСТВО СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

DESIGNING AND INSTALLATION PIPELINES FOR WATER SUPPLY AND SEWAGE SYSTEMS IN SAINT-PETERSBURG

1 Область применения

В настоящем документе содержатся методические указания для технических заказчиков, проектных и строительных организаций по устройству новых и реконструкции существующих сетей водоснабжения и водоотведения на территории Санкт-Петербурга (независимо от принадлежности внутриквартальных территорий) от выходных запорных задвижек водопроводных станций города до водомерных узлов учета зданий и сооружений, а также от первых колодцев на выпусках до приемных камер очистных сооружений города, за исключением объектов, указанных в статье 48.1 Градостроительного кодекса РФ [5].

Положения настоящего документа распространяются на сети холодного водоснабжения и водоотведения города Санкт-Петербурга со всеми сопутствующими сооружениями.

Выполнение положений настоящего документа обеспечивает высокий уровень качества работ и материалов при устройстве сетей водоснабжения и водоотведения, а также требуемый срок службы сетей в условиях частой смены лиц в системе: «Собственник – Заказчик – Подрядчик – Производитель».

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы нормативные ссылки на стандарты и правила, перечень которых приведен в приложении А.

3 Обозначения и сокращения

ВЧШГ – высокопрочный чугун с шаровидным графитом.

ЛКС – линейно-кабельные сооружения, микротрубочная канализация для волоконно-оптических линий связи, предназначенная к размещению в канализационных сетях с применением технологии крепления, предотвращающей негативное влияние на функционирование канализационной сети.

PE 100-RC – polyethylene PE 100 with resistance to stress cracking, полиэтилен ПЭ 100, стойкий к распространению трещин напряжения.

PE 100-RC трубы:

тип 2 – двухслойные трубы с соэкструзионными слоями из PE 100-RC, трехслойные трубы с соэкструзионными слоями из PE 100 и PE 100-RC (внутренний и внешний слои – из PE 100-RC), с характеристиками и маркировкой в соответствии с Приложением В к ГОСТ 18599;

тип 3 – трубы из PE 100-RC с дополнительной защитной оболочкой из PP на наружной поверхности, с характеристиками и маркировкой в соответствии с Приложением В к ГОСТ 18599.

PE – polyethylene, полиэтилен (ПЭ), термопластичный полимер этилена.

PP – polypropylene, полипропилен (ПП), термопластичный полимер пропилена.

GRE – glassfiber reinforced epoxy, стеклопластик на эпоксидном связующем.

GRP – glassfiber reinforced plastics, стеклопластик на винилполиэфирном связующем.

4 Общие положения

4.1 Геологические и гидрологические условия территории Санкт-Петербурга

Санкт-Петербург расположен в районе II В согласно СНиП 23-01 и Справочному пособию к СНиП 23-01. Климат – переходный от морского к континентальному, характеризуется высокой влажностью и частыми переходами температуры воздуха через 0 °С в холодный период года.

Геологические и гидрологические условия территории Санкт-Петербурга являются сложными и неблагоприятными для строительства вследствие плоского рельефа, затрудненных условий стока поверхностных вод, наличия не-

однородной толщи слабых грунтов, высокого уровня подземных вод, опасного для зданий и сооружений развития геодинамических и техногенных процессов и явлений.

Геодинамические процессы, связанные с воздействием поверхностных и подземных вод, вызывающих заболачивание, механическую суффозию грунта, плывунные явления, развитие карстовых пустот, воронок и провалов, а также процессы, связанные с промерзанием и оттаиванием грунтов (морозное пучение, просадка при оттаивании) оказывают значительное влияние на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

В районах старой застройки участки, сложенные торфом, погребены под слоями намытых и насыпных грунтов различного состава.

Болотные (биогенные) отложения (торф, заторфованные грунты и грунты с примесью растительных остатков) залегают в форме поверхностных слоев и линз, мощность которых в среднем составляет 1-3 м.

Гидрогеологические условия территории Санкт-Петербурга чрезвычайно сложны. В ее пределах распространены верховодка, грунтовые воды, межпластовые подземные воды, на юге и западе, в пригородной зоне также трещинные и карстовые воды.

Грунтовые воды содержатся в слоях техногенных грунтов, озерно-морских и озерно-ледниковых отложений. Верховодка образуется преимущественно в слоях техногенных грунтов, она в некоторых случаях агрессивна по отношению к бетону. Уровень грунтовых вод круглый год высокий (обычно не ниже 2 м от дневной поверхности), во влажные сезоны года он достигает поверхности грунта. Сезонные колебания уровня грунтовых вод, как правило, незначительны (в пределах 1-2 м). Химический состав грунтовых вод изменчив, он зависит от сезона года (обильности атмосферных осадков), состава промстоков, наличия свалок и отвалов грунта и технологических отходов.

При проектировании и строительстве необходимо обязательно учитывать все выше обозначенные факторы сложных геологических и гидрологических условий.

При обнаружении во время проведения геологических и геодезических изысканий на территории, предназначенной для прокладки сетей водоснабжения и водоотведения (в том числе строительных конструкций), просадочных, заторфованных супесей, насыпных (техногенного характера), слабых водонасыщенных грунтов необходимо учитывать требования 11.30 и 11.51 СП 31.13330, требования 6.7.3 СП 32.13330 и положения 7.8 СП 34.13330. Нормативные временные нагрузки от подвижных транспортных средств следует принимать по ГОСТ Р 52748.

4.2 Сети водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга

По данным ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на январь 2016 г. в систему централизованного водоснабжения города Санкт-Петербург входят 7051 км водопроводных сетей, 193 повысительных насосных станций, 9 водопроводных станций и 2 завода по производству гипохлорита натрия.

В систему централизованного водоотведения города Санкт-Петербург входят 8607 км канализационных сетей, 264 км тоннельных коллекторов, 159 канализационных насосных станций, 13 очистных сооружений хозяйственно-бытового стока, 2 очистных сооружения поверхностного стока и 3 завода по сжиганию осадка.

Вся питьевая вода, поступающая в город, проходит очистку с последующей обработкой ультрафиолетом, около 97 % всех сточных вод проходят очистку на очистных сооружениях.

Основными материалами водопроводных труб являются серый чугун и сталь. На трубы из серого чугуна и стали, проложенные во второй половине XX века, приходится 51 и 26 % соответственно от всей протяженности водопроводных сетей.

Основным материалом канализационных труб является бетон и железобетон (79 % от протяженности водоотводящих сетей).

Существующие сети водоснабжения и водоотведения имеют значительный срок эксплуатации, превышающий их физический износ: 42 % водопроводных сетей эксплуатируется от 30 до 50 лет, 26 % – более 50 лет; 19 % канализационных сетей находятся в эксплуатации более 50 лет. Предельный срок эксплуатации сетей приводит к увеличению количества повреждений на сетях. Анализ характера повреждений водопроводной сети показывает, что 80 % повреждений составляют дефекты на трубопроводах из стали и серого чугуна. Ежегодно удельное количество повреждений сокращается за счет внедрения полимерных труб, труб из ВЧШГ и других инновационных материалов, улучшающих гидравлические характеристики сетей.

Федеральной целевой программой «Чистая вода» на 2011-2017 г. [13] и Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» [14] для обеспечения населения чистой водой и улучшения качества жизни определены приоритетные направления развития водохозяйственного комплекса России (в рамках Таможенного союза), обусловленные неудовлетворительным техническим состоянием систем водоснабжения и водоотведения:

- реконструкция, модернизация и новое строительство систем водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод;
- внедрение новых технологий водоочистки, в том числе использование наиболее экологически безопасных и эффективных реагентов;
- внедрение в технологические схемы производственных объектов оборотного водоснабжения.

Реализация Федеральной целевой программы к концу 2017 г. должна обеспечить:
- увеличение доли населения страны, обеспеченного питьевой водой, отвечающей обязательным требованиям безопасности;
- сокращение потерь воды в сетях централизованного водоснабжения с одновременным снижением числа аварий в системах водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод;
- модернизацию систем водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод
- увеличение доли сточных вод, соответствующих «Нормативам водоотведения по составу сточных вод в системы коммунальной канализации Санкт-Петербурга».

«Схемой водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга на период до 2025 года с учетом перспективы до 2030 года» [15] определены основные направления развития систем водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод города:
- завершение перехода на более эффективные и технически совершенные технологии водоподготовки при производстве питьевой воды на водопроводных станциях, с забором воды из поверхностного источника водоснабжения в целях обеспечения гарантированной безопасности и безвредности питьевой воды;
- реконструкция и модернизация водопроводной сети, в том числе замена железобетонных водоводов, в целях обеспечения качества воды, поставляемой потребителям, повышения надежности водоснабжения и снижения аварийности;
- строительство объектов системы водоснабжения Курортного района Санкт-Петербурга с использованием подземных источников водоснабжения в целях обеспечения гарантированной безопасности и безвредности питьевой воды;
- замена запорной арматуры на водопроводной сети, в том числе пожарных гидрантов, в целях обеспечения исправного технического состояния сети, бесперебойной подачи воды потребителям, в том числе на нужды пожаротушения;
- реконструкция водопроводных сетей с устройством отдельных водопроводных вводов (ликвидация сцепок) в целях обеспечения требований по установке приборов учета воды в каждом многоквартирном доме;
- завершение создания системы управления водоснабжением Санкт-Петербурга, внедрение системы измерений в целях повышения качества предоставления услуги водоснабжения за счет оперативного выявления и устранения технологических нарушений в работе системы водоснабжения, а также обеспечения энергоэффективности функционирования системы;
- строительство сетей и сооружений для водоснабжения осваиваемых и преобразуемых территорий, а также отдельных городских территорий, не имеющих централизованного водоснабжения, в целях обеспечения доступности услуг водоснабжения для всех жителей Санкт-Петербурга и прилегающих к границам Санкт-Петербурга территорий Ленинградской области;
- полное прекращение сброса неочищенных сточных вод, в том числе поверхностных стоков, в водные объекты Санкт-Петербурга в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и улучшения экологической обстановки в Санкт-Петербурге;
- завершение модернизации существующих и строительство канализационных очистных сооружений с внедрением технологий глубокого удаления биогенных элементов, доочистки и обеззараживания сточных вод для исключения отрицательного воздействия на водоемы и выполнения рекомендаций ХЕЛКОМ и требований нормативных документов российского законодательства в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду;
- устройство регулирующих резервуаров на территориях, где требуется аккумулирование сточных вод для последующей равномерной подачи на очистные сооружения;
- строительство очистных сооружений поверхностного стока на существующих территориях с раздельной дождевой системой водоотведения;
- снижение сбросов загрязняющих веществ за счет выполнения абонентами требований Федерального закона «О водоснабжении и водоотведении» [12];
- переработка осадка сточных вод, складированного на полигонах, до экологически безопасного состояния;
- строительство тоннельных канализационных коллекторов-дублеров и реконструкция действующих тоннельных канализационных коллекторов для обеспечения надежности водоотведения и возможности ремонта коллекторов;
- обновление канализационных сетей в целях повышения надежности и снижения количества засоров;

- создание системы управления канализацией Санкт-Петербурга в целях повышения качества предоставления услуги водоотведения, за счет оперативного выявления и устранения технологических нарушений в работе системы, а также обеспечения энергетической эффективности функционирования системы;
- строительство сетей и сооружений для отведения сточных вод с отдельных территорий Санкт-Петербурга, не имеющих централизованного водоотведения, в целях обеспечения доступности услуг водоотведения для всех жителей Санкт-Петербурга;
- обеспечение доступа к услугам водоотведения для новых потребителей, включая осваиваемые и преобразуемые территории Санкт-Петербурга, и обеспечение приема бытовых сточных вод муниципальных образований Ленинградской области, граничащих с Санкт-Петербургом, в целях исключения сброса неочищенных сточных вод и загрязнения окружающей среды.

При определении технической политики техническим заказчиком, а так же при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации современных систем водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга следует руководствоваться разделом 7 СП 31.13330 и разделом 4 СП 32.13330, Постановлениями Правительства Санкт-Петербурга от 11.12.2007 № 1587 [15], от 21.10.2008 № 1270 [16], от 24.05.2011 № 625 [17], а также следующими принципами:

- проведение обязательного исследования грунтов на содержание загрязняющих веществ в грунте и грунтовых водах, способных оказать негативное воздействие на качество подаваемой воды;
- применение на наружных сетях труб из неметаллических и коррозионностойких материалов, современной запорной арматуры;
- отказ от применения стальных труб, изготовленных из низкосортных и нелегированных марок сталей, однослойных полиэтиленовых труб, труб из асбоцемента для предотвращения проникновения в питьевую воду органических загрязняющих веществ;
- рациональное (при максимальной экономии затрат на работы по укладке трубы) и оперативное выполнение строительно-монтажных работ;
- обеспечение бесперебойного водоснабжения и водоотведения потребителей во время строительства и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения;
- реконструкция должна осуществляться комплексно для всех элементов систем водоснабжения и водоотведения (насосное оборудование, узлы учета, наружные сети и внутридомовые системы);
- обоснование срока эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения не менее 50 лет, срока гарантий подрядчика и производителя не менее 10 лет [9] для основных элементов сети (трубы, фасонные изделия, уплотнительные манжеты, компенсационные муфты, запорная арматура, гидранты, вантузы и т.д.) наличием необходимых документов о качестве (сертификатов, свидетельств, паспортов, актов и отчетов о лабораторных испытаниях), подтверждающих соответствие действующим нормативным требованиям, а также страховых обязательств.

При устройстве систем водоснабжения и канализации в нецентральных районах Санкт-Петербурга необходимо учитывать положения ТСН 30-305-2002 Санкт-Петербург, в исторически сложившихся районах – положения ТСН 30-306-2002 Санкт-Петербург. При устройстве фундаментов зданий и сооружений необходимо учитывать положения ТСН 50-302-2004 Санкт-Петербург. Система водоснабжения должна соответствовать требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 для централизованного водоснабжения и СанПиН 2.1.4.1175-02 для нецентрализованного водоснабжения.

Для сетей водоснабжения и водоотведения города Санкт-Петербурга, расположенного на сырой Балтийской низменности с высоким уровнем грунтовых вод, в условиях повсеместного наличия техногенных грунтов, стесненности и сложной автодорожной обстановки, рекомендуется, в первую очередь применение труб из ВЧШГ (особенно в торфяных грунтах, где следует применять трубы их негорючих материалов) и труб из РЕ 100-RC, преимущественно отечественного производства. Указанные трубы можно прокладывать бестраншейными (альтернативными) способами (см. 6.1.2 настоящего документа), срок их службы может достигать 100 лет. Кроме того, для сетей водоснабжения возможно применение стальных электросварных прямошовных труб (с обязательным устройством электрохимической защиты) и стеклопластиковых труб, а для сетей водоотведения – полимерных труб со структурированной стенкой, стеклопластиковых труб, а также полимерно-тканевых рукавов (при санации). Однослойные трубы из РЕ 100 допускается применять только в качестве футляров при траншейной прокладке.

При устройстве сетей водоснабжения и водоотведения обязательным условием обеспечения требуемого качества работ и материалов и их сохранением в течение всего срока службы является контроль качества со стороны заинтересованных участников процесса строительства. Ос-

новными контролирующими инстанциями являются технические отделы, осуществляющие функции строительного контроля технического заказчика, действующие в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 [18].

На этапе строительства сети водоснабжения и водоотведения должны быть подвергнуты контрольным и лабораторным испытаниям с целью установления соответствия построенной сети проектной и исполнительной документации.

Лабораторные испытания должна проводить независимая аккредитованная испытательная лаборатория, соответствующая требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025 (см. приложение Б к настоящему документу).

5 Требования к проектированию сетей водоснабжения и водоотведения

5.1 Основные требования к проектной и рабочей документации

5.1.1 Проектная документация на строительство

Разработку проектной документации строительства сетей водоснабжения и водоотведения для Санкт-Петербурга следует производить в соответствии с требованиями действующей нормативно-технической документации, положений настоящего документа, руководств по проектированию сетей водоснабжения и водоотведения, а также альбомов и каталогов сертифицированных деталей и изделий, утвержденных для применения организациями, осуществляющими строительство. Все изменения в проектной документации, необходимость которых выявилась в процессе строительства, должны быть согласованы с проектной организацией – автором проекта.

Проекты сетей водоснабжения и водоотведения должны соответствовать «Положению о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденному Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 [19], как для линейного объекта капитального строительства, а также рекомендациям РМД 11-22-2013 Санкт-Петербург.

Основные требования к проектной документации определяет ГОСТ Р 21.1101. Основные требования к графической части проектной документации определяют ГОСТ 21.704 и ГОСТ 21.110.

Рекомендуемый состав проектной документации на строительство:

1) Пояснительная записка;
2) Проект полосы отвода;
1) Технологические и конструктивные решения (план сетей – в масштабе 1:500, либо 1:1000, либо 1:2000, профили сетей – только для сетей водоотведения);
3) Проект организации строительства;
4) Мероприятия по охране окружающей среды;
5) Смета на строительство.

Состав проектной документации по требованию технического заказчика может дополняться в зависимости от условий конкретного объекта в рамках указаний Постановления Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 [19].

В качестве приложений к проектной документации отдельными томами могут быть представлены «Отчет об инженерных изысканиях» (геологические, геодезические, экологические изыскания), «Проект технологического регламента обращения со строительными отходами» (с предполагаемым объемом строительных отходов, без согласований) и «Схема организации дорожного движения на период строительства» (предполагаемая схема, без согласований).

Проектирование зданий, строений и сооружений, входящих в инфраструктуру объекта строительства, рекомендуется выполнять отдельными разделами.

5.1.2 Проектная документация на реконструкцию

Основные требования к проектной документации на реконструкцию такие же, как и на строительство.

Рекомендуемый состав проектной документации на реконструкцию:

1) Пояснительная записка;
2) Технологические и конструктивные решения;
3) Проект организации строительства;
4) Проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта;
5) Мероприятия по охране окружающей среды;
6) Смета на строительство.

По заданию технического заказчика проектная документация на реконструкцию может быть выполнена в сокращенном составе:

1) Пояснительная записка (с описанием технологических и конструктивных решений, обоснованием выбора аналога для составления сметы, сопоставимого с проектируемым объектом);
2) Проект организации строительства;
3) Смета на строительство (при условии, что все необходимые затраты будут учтены в сметной документации, могут быть использованы объекты аналоги).

В сокращенном составе проектная документация не может рассматриваться в качестве

проекта-аналога, а также проходить (в случаях, установленных Градостроительным кодексом Российской Федерации [5]) государственную экспертизу.

5.1.3 Рабочая документация

Основные требования к рабочей документации определяют ГОСТ Р 21.1101, ГОСТ 21.704 и ГОСТ 21.110.

Рекомендуемый типовой состав рабочей документации:

1) План сетей (в масштабе 1:500 или 1:200);
2) Профили сетей;
3) Деталировки узлов;
4) Конструкции железобетонные;
5) Спецификация оборудования, изделий и материалов;
6) Восстановление благоустройства;
7) Смета на строительство;
8) Технологический регламент обращения со строительными отходами;
9) Схема организации дорожного движения на период строительства.

В качестве приложений отдельными томами могут быть представлены «Защита от электрохимической коррозии» (для стальных водопроводов), «Архитектурные решения», «Ведомость объемов работ», «Гидравлический расчет» и «Статический расчет».

5.2 Особенности проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением PE 100-RC труб

Рекомендуется выбирать трубы из PE 100-RC тип 2 и тип 3 по PAS 1075 [20] (соответствуют пунктам В.2 и В.3 Приложения В к ГОСТ 18599), с толщиной внешнего слоя (в трубе тип 2) не менее 10 % от толщины стенки трубы, с толщиной внутреннего слоя (в трехслойной трубе тип 2) не менее 2,5 мм, с толщиной защитной оболочки (в трубе тип 3) не менее 0,8 мм, для строительства и реконструкции:

- сетей водоснабжения;
- сетей водоотведения, работающих в напорном режиме;
- сетей водоотведения, прокладываемых способом горизонтально направленного бурения, либо в футлярах.

Полиэтиленовые трубы из PE 100-RC показывают по сравнению с трубами из PE 80 и PE 100 намного более высокую стойкость к медленному распространению трещин, что позволяет их применять для альтернативных методов прокладки (см. 6.1.2 настоящего документа).

Срок службы сетей из PE 100-RC труб – в течение 100 лет при соблюдении правил эксплуатации.

Нормативный срок амортизационных отчислений составляет 50 лет.

Эти трубы соответствуют требованиям экологической безопасности питьевой воды.

Допустимая рабочая температура водопроводной воды и канализационных стоков для труб из PE 100-RC – до 40 °С (с кратковременным повышением до 60 °С), давление – до 1,6 МПа.

Трубы и фасонные изделия из PE 100-RC должны соответствовать ГОСТ 18599, ГОСТ Р ИСО 3126, DIN 8074 [21], DIN 8075 [22], DIN EN 12201 [23]-[27].

Материал и трубы из PE 100-RC проходят испытания согласно ГОСТ 18599, ГОСТ Р 54866, PAS 1075 [20], ISO 9080 [28], ISO 16770 [29] в аккредитованной испытательной лаборатории (см. Приложение Б к настоящему документу).

Определение максимального срока службы пластиковых труб с учетом термического старения рекомендуется выполнять в соответствии с ГОСТ Р 52134 и DIN EN ISO 13760 [30]. Пример расчета максимального срока службы полиэтиленовой трубы представлен в Приложении Е к РМД 41-11-2012 Санкт-Петербург.

Проектные решения для прокладки сетей рекомендуется принимать согласно инструкциям и руководствам заводов-изготовителей с учетом СП 40-102, СН 550, СП 31.13330, СП 32.13330 и СНиП 3.05.04.

Предельно-допустимые радиусы упругого изгиба полиэтиленового трубопровода для осуществления изменения направления его оси в горизонтальной или вертикальной плоскостях при необходимости определяются расчетом из условий прочности труб и соединений, устойчивости стенок трубы и положения трубопровода под действием внутреннего давления, продольных усилий и выталкивающей силы на обводненных участках, с учетом рекомендаций завода-изготовителя и СП 40-102.

Гидравлический и прочностной расчеты рекомендуется выполнять в соответствии с Приложением Д к СП 40-102.

По требованию организации, эксплуатирующей сети водоснабжения и водоотведения, следует выполнять более точные прочностные расчеты по методикам, учитывающим горизонтальное и подземное давление грунтов (траншея разделяется на зоны: естественный окружающий грунт, основание, зона трубы, зона обратной засыпки), колебание грунтовых вод, параметры траншейной прокладки (ширина траншеи, угол откоса траншеи, тип крепления, глубина забивки крепления ниже основания траншеи, высота основания, угол опоры трубы на основание).

Прочностные (кроме устойчивости к распространению трещин напряжения) и гидравли-

ческие характеристики PE 100-RC труб не отличаются от обычных PE труб.

Пример прочностного расчета трубопровода из PE 100-RC представлен в приложении Г к настоящему документу.

Следует выбирать трубы с PN 10, SDR 17 и более жесткие.

При глубине заложения канализации 3 м и более выбор трубы необходимо подтверждать статическим расчетом несущей способности по ATV-DVWK-A 127 [31].

Для гидравлических и прочностных расчетов рекомендуется использовать современные программные комплексы, разработанные с учетом отечественного и международного опыта применения полиэтиленовых труб.

Проверку пропускной способности трубопроводов можно выполнять по справочным таблицам для гидравлических расчетов.

Для соединения PE 100-RC труб и фасонных изделий следует использовать сварку согласно СНиП 3.05.04.

На углах поворотов трубопроводов со сварными соединениями в соответствии 11.60 СП 31.13330 нет необходимости в дополнительном устройстве бетонных упоров.

Разъемные (фланцевые) соединения согласно СП 40-102 предусматриваются в местах установки арматуры и присоединения к оборудованию. Ответные фланцы должны быть предусмотрены с антикоррозийной защитой.

Для подземных полиэтиленовых сетей специальной компенсации не требуется.

Во избежание промерзания минимальную глубину заложения необходимо устанавливать в соответствии с теплотехническими и прочностными расчетами, при этом значение должно превышать глубину промерзания грунта в данной местности не менее чем на 0,5 м.

При пересечениях с коммуникациями питьевой водопровод следует прокладывать выше трубы хозяйственно-бытовой канализации, а также выше труб, по которым транспортируются ядовитые и дурно пахнущие жидкости, на 0,15 м (в свету) – в исторически сложившихся районах города, на 0,4 м – в нецентральных районах.

При пересечении инженерных сетей расстояние по вертикали (в свету) между дождевой канализацией и питьевым водопроводом или тепловой сетью должно быть не менее 0,1 м (в свету) в исторически сложившихся районах города и 0,4 м в нецентральных районах.

В остальных случаях пересечения сетей с коммуникациями необходимо учитывать требования СП 42.13330.

При пересечении водопровода с тепловой сетью требуется устройство стальных футляров на водопроводе с выводом концов футляров не менее чем на 4,0 м с каждой стороны от места пересечения или устройство стальных футляров на тепловой сети, либо прокладка тепловой сети в железобетонных лотках.

Допускается прокладка питьевого водопровода ниже канализационной сети, в этом случае водопровод или тепловая сеть прокладываются в футлярах, расстояние до концов которых от места пересечения должно быть не менее 1,0 м в глинистых грунтах и 1,5 м в песчаных.

В случаях траншейной прокладки трубы в футляре следует применять в качестве футляра однослойную трубу из PE 100 с SDR 17.

При прокладке трубы из PE 100-RC, соответствующей пункту В.3 Приложения В к ГОСТ 18599 (тип 3 по PAS 1075 [20]), бестраншейным способом в местах пересечения с инженерными коммуникациями футляр допускается не устанавливать, если расстояние между пересекающимися трубопроводами в свету составляет 0,4 м и более.

Проход полиэтиленового водопровода при пересечении стенок колодцев (камер переключения, фундаментов зданий) следует выполнять с применением защитных муфт, для исключения передачи нагрузки на водопровод при неравномерной осадке пересекаемого сооружения.

В районах с исторически сложившейся застройкой, труднодоступных местах, переходах автомобильных и железных дорог следует предусматривать бестраншейные способы прокладки (см. 6.1.2 настоящего документа).

При траншейном способе прокладки трубопровода из PE 100-RC (тип 2 по PAS 1075 [20], соответствует пункту В.2 Приложения В к ГОСТ 18599) отпадает необходимость в дополнительных расходах, возникающих для устройства песочной подушки и засыпки, допускается применение обратной засыпки без строительного мусора (см. п. 6.2 настоящего документа), кроме переходов под железными и автомобильными дорогами и прокладки под дорожным полотном, если сети проходят вдоль автомобильной дороги, где предусматривается засыпка песком с уплотнением согласно СП 45.13330.

Обратную засыпку траншеи в проезжей части дорог следует предусматривать карьерным намывным песком на всю глубину траншеи.

Прокладку сетей внутри кварталов жилой застройки рекомендуется проектировать вне тротуаров.

5.3 Особенности проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением ВЧШГ труб

Рекомендуется выбирать трубы из ВЧШГ для строительства и реконструкции:

- сетей водоснабжения условным диаметром от 500 мм и более;
- сетей водоотведения, работающих в самотечном режиме.

Срок службы сетей из таких труб согласно СП 66.13330 – не менее 100 лет при соблюдении правил эксплуатации.

Нормативные сроки амортизационных отчислений составляют 60 лет (для сетей водоснабжения) и 50 лет (для сетей водоотведения).

Допустимая рабочая температура водопроводной воды и канализационных стоков для труб из ВЧШГ – до 95 °С, давление – до 4,0 МПа.

Эти трубы соответствуют требованиям экологической безопасности питьевой воды.

Материал и трубы проходят в обязательном порядке испытания по ГОСТ Р ИСО 2531, ГОСТ 1497, ГОСТ 27208, DIN EN 545 [32] в аккредитованной испытательной лаборатории.

Проектные решения для прокладки сетей рекомендуется принимать согласно инструкциям и руководствам заводов-изготовителей с учетом положений СП 24.13330, СП 31.13330, СП 32.13330, СП 66.13330, СП 72.13330, СНиП 3.05.04.

Трубы из ВЧШГ можно прокладывать бестраншейными способами (см. 6.1.2 настоящего документа).

При проектировании рекомендуется выбирать раструбные и фланцевые трубы и фасонные изделия по ГОСТ 7293, ГОСТ 5525, ГОСТ 10692, ГОСТ Р ИСО 2531 и DIN EN 545 [32].

Для водопроводного ввода в здание, оборудованного системами пожаротушения (внутреннего, специального), необходимо предусматривать трубы из несгораемого материала – ВЧШГ перед зданием в соответствии с требованиями СП 30.13330.

Гидравлический и прочностной расчеты следует выполнять в соответствии с разделами 5, 6 СП 66.13330.

Пример прочностного расчета трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке представлен в приложении Д к настоящему документу.

Для гидравлических и прочностных расчетов рекомендуется использовать современные программные комплексы, разработанные с учетом отечественного и международного опыта применения труб из ВЧШГ.

Проверку пропускной способности трубопроводов можно выполнять по справочным таблицам для гидравлических расчетов.

Максимальная глубина заложения должна быть определена с учетом рекомендаций заводов-изготовителей. Например, для трубы диаметром 500 мм тип 5 допустимая глубина заложения составляет до 11 м согласно таблице 5.2 Рекомендаций по использованию труб ОАО «ЛМЗ «Свободный сокол» [33].

Во избежание промерзания минимальную глубину заложения необходимо устанавливать в соответствии с теплотехническим и прочностными расчетами, при этом расчетное значение должно превышать глубину промерзания грунта не менее чем на 0,5 м, считая до верха трубопровода.

Проектирование, подбор и расчет наружных и внутренних защитных покрытий труб из ВЧШГ необходимо производить в соответствии с 5.14 СП 66.13330.11 в зависимости от коррозионной агрессивности грунта и перекачиваемой среды.

Согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 2531 в зависимости от внешних условий эксплуатации для труб из ВЧШГ необходимо использовать защитные наружные покрытия (цинковое, полиуретановое, полиэтиленовое, фиброцементное), клейкие ленты, битумную краску, эпоксидную смолу.

При проектировании необходимо уделить особое внимание коррозийной агрессивности грунтов в месте прокладки труб из ВЧШГ согласно 5.13 СП 66.13330.

Определение удельного электрического сопротивления грунта принимается в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 9.602.

Определение опасного влияния блуждающего постоянного тока принимается по ГОСТ 9.602 и РД 153-39.4-091 [34]. Расчеты производятся в том случае, когда соединения труб обеспечивают непрерывную электрическую связь по металлу (сварные или фланцевые соединения).

При раструбном соединении труб через изолирующие уплотнительные резиновые кольца или прокладки (кроме труб с соединениями «RJ» и «RJS») оценка не производится. Раструбное соединение с использованием резиновой манжеты является диэлектрическим и препятствует распространению блуждающих токов.

Тип электрохимической защиты выбирается по ГОСТ 9.602.

Прокладку труб в слабых грунтах с расчетным сопротивлением менее 0,1 МПа, а также в грунтах с возможной неравномерной осадкой (в неслежавшихся насыпных грунтах) рекомендуется проектировать на двухслойном щебенчатом основании с подсыпкой мелкозернистым песком, смешанным с цементом, и обертыванием всей конструкции по периметру траншеи геотек-

стилем. Необходимость упрочения основания следует подтверждать расчетом.

При траншейном способе прокладки труб из ВЧШГ, вне зоны дорог, возможно использование разработанного грунта без строительного мусора при обратной засыпке (см. п. 6.2 настоящего документа).

В районах с исторически сложившейся застройкой, труднодоступных местах, переходах автомобильных и железных дорог следует предусматривать бестраншейные способы прокладки (см. 6.1.2 настоящего документа).

Для бестраншейной технологии прокладки целесообразно предусматривать трубы с раструбными соединениями типов «RJ» и «RJS», для которых согласно СП 66.13330 нет необходимости дополнительно устраивать бетонные упоры.

5.4 Особенности проектирования сетей водоснабжения с применением стальных электросварных прямошовных труб

Рекомендуется выбирать стальные электросварные прямошовные трубы для строительства и реконструкции сетей водоснабжения диаметром 1000 мм и более, при условии технико-экономического обоснования, с обязательным устройством электрохимической защиты.

Срок службы сетей из таких труб – в течение не менее 30 лет при соблюдении правил эксплуатации.

Нормативный срок амортизационных отчислений составляет 20 лет.

В большинстве случаев существующие водопроводы смонтированы из стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704 и ГОСТ 10706.

Для повышения надежности и срока службы водопровода следует выбирать трубы из легированной стали (например, 17ГС, 17Г1С, 17Г2С), изготовленные по ГОСТ 20295 методом электродуговой сварки с внешним и внутренним усилением сварного шва (тип 3), с классом прочности К52 и выше.

Проектные решения для прокладки сетей рекомендуется принимать согласно инструкциям и руководствам заводов-изготовителей с учетом положений СП 24.13330, СП 31.13330, СП 33.13330, СП 72.13330, СНиП 3.05.04.

Прочностной расчет следует выполнять в соответствии с разделами 7-9 СП 33.13330.

Во избежание промерзания минимальную глубину заложения необходимо устанавливать в соответствии с теплотехническим и прочностными расчетами, при этом расчетное значение должно превышать глубину промерзания грунта не менее чем на 0,5 м, считая до верха трубопровода.

Определение толщин стенок труб производится на основании двух расчетов:

- статического расчета на прочность, деформацию и устойчивость на воздействие внешней нагрузки с учетом образования вакуума;
- расчета на внутреннее давление при отсутствии внешней нагрузки.

Для гидравлических и прочностных расчетов рекомендуется использовать современные программные комплексы, разработанные с учетом отечественного и международного опыта применения стальных электросварных прямошовных.

Проверку пропускной способности трубопроводов можно выполнять по справочным таблицам для гидравлических расчетов.

Стальные трубопроводы должны выполняться с противокоррозионной изоляцией (внутренней и наружной поверхности), а при необходимости, с катодной или протекторной защитой.

В качестве внутренней противокоррозионной изоляции стальных водопроводов независимо от коррозионной активности воды следует использовать двухкомпонентную эпоксидную эмаль, либо эпоксидно-фенольное полимерное покрытие, либо цементно-песчаное покрытие.

Конструкция наружного защитного покрытия должна соответствовать ГОСТ Р 51164, тип защитного покрытия – усиленный.

Защита от наружной коррозии стальных сетей должна соответствовать требованиям ГОСТ 9.602, СП 28.13330 и СП 72.13330.

Выбор методов защиты внешней поверхности стальных сетей от коррозии должен быть обоснован данными о коррозионных свойствах грунта, а также данными о возможности коррозии, вызываемой блуждающими токами.

Станции катодной защиты являются необходимым элементом системы электрохимической защиты от коррозии в зонах входа блуждающих токов в подземные сооружения.

Катодная поляризация стального водопровода осуществляется применением средств электрохимической защиты:

- катодных установок;
- поляризованных и усиленных дренажей;
- гальванических анодов (протекторов).

Рекомендуется применять модульные станции катодной защиты с высоким коэффициентом полезного действия во всем диапазоне нагрузок, коэффициентом мощности не ниже 0,75 во всем диапазоне нагрузок, коэффициентом пульсаций выходного напряжения не более 2 %.

5.5 Особенности проектирования сетей водоотведения с применением PE и PP со структурированной стенкой

Рекомендуется выбирать PE и PP трубы со структурированной стенкой (с двойной стенкой и гофрированной внешней поверхностью) для строительства и реконструкции сетей водоотведения, работающих в самотечном режиме.

Срок службы сетей из таких труб – в течение не менее 50 лет при соблюдении правил эксплуатации.

Нормативный срок амортизационных отчислений составляет 50 лет.

Допустимая рабочая температура канализационных стоков для PE труб со структурированной стенкой – до 60 °С, для PP труб со структурированной стенкой – до 85 °С,

Трубы и фасонные изделия должны соответствовать ГОСТ 18599 (полиэтиленовые трубы), ГОСТ Р 54475 и DIN EN 13476 [35].

Для соединения труб в основном применяются раструбные соединения. Герметичность раструбных соединений должна соответствовать ГОСТ Р 54475, DIN EN 1277 [36].

Сварку встык PE труб со структурированной стенкой следует выполнять в заводских условиях, с проверкой сварных соединений отделом технического контроля.

Проектные решения для прокладки сетей рекомендуется принимать согласно инструкциям и руководствам заводов-изготовителей, ТР 170-05 [37], ТР 171-05 [38], СК 2416-06 [39] с учетом СП 32.13330 и СП 34.13330.

Проверку пропускной способности трубопроводов можно выполнять по справочным таблицам для гидравлических расчетов.

Гидравлический и прочностной расчеты рекомендуется выполнять в соответствии с Приложением Д к СП 40-102.

По требованию организации, эксплуатирующей сети водоотведения, следует выполнять более точные прочностные расчеты по методикам, учитывающим горизонтальное и подземное давление грунтов (траншея разделяется на зоны: естественный окружающий грунт, основание, зона трубы, зона обратной засыпки), колебание грунтовых вод, параметры траншейной прокладки (ширина траншеи, угол откоса траншеи, тип крепления, глубина забивки крепления ниже основания траншеи, высота основания, угол опоры трубы на основание), параметры профиля структурированных труб.

Пример прочностного расчета трубопровода из PP со структурированной стенкой при подземной прокладке представлен в приложении Е к настоящему документу.

При глубине заложения до 3-х м следует выбирать трубы с номинальным классом по кольцевой жесткости не менее 10 кН/м^2.

При глубине заложения канализации 3 м и более выбор трубы необходимо подтверждать статическим прочностным расчетом несущей способности по ATV-DVWK-A 127 [31].

Для гидравлических и прочностных расчетов рекомендуется использовать современные программные комплексы, разработанные с учетом отечественного и международного опыта применения труб со структурированной стенкой.

Для проектирования бытовых водоотводящих сетей принимается безнапорный режим движения жидкости с частичным наполнением труб.

Минимально допустимые диаметры и уклоны, обеспечивающие в трубах самоочищающие скорости, подбираются согласно СП 32.13330. В случае не возможности обеспечения требований раздела 5 СП 32.13330 следует применять альтернативные способы транспортировки бытовых стоков (вакуумные, напорные системы).

При прокладке в футлярах или тоннелях необходимо предусматривать крепление трубопровода центрирующими кольцами, упорами или бетоном.

Прокладку сетей внутри кварталов жилой застройки рекомендуется проектировать вне тротуаров.

5.6 Особенности проектирования сетей водоснабжения и водоотведения с применением стеклопластиковых труб

Рекомендуется выбирать стеклопластиковые (GRP, GRE) трубы для строительства и реконструкции сетей водоотведения диаметром 1000 мм и более, работающих в самотечном режиме.

Кроме того, допускается применение стеклопластиковых (GRP) труб для строительства и реконструкции сетей водоснабжения диаметром 1000 мм и более при соблюдении условий:

- соответствие труб ГОСТ Р 54560 (в т.ч. с изменениями, вступающими в силу 01.01.2017);
- допускается применение любых конструкций уплотнительных манжет, выполненных в соответствии с технической документацией заводов-изготовителей, с обязательным сохранением герметичности при допустимых отклонениях в течение всего срока службы, конструкция уплотнительной манжеты должна позволять прочистку и промывку сети при любых условиях прокладки труб;
- допустимый угол отклонения в муфтовом соединении не должен влиять на овализацию соединений, расхождение стыков и потерю герметичности при соблюдении требований по укладке трубы.

Срок службы сетей из таких труб – в течение не менее 50 лет при соблюдении правил эксплуатации.

Нормативный срок амортизационных отчислений составляет 50 лет.

Допустимая рабочая температура водопроводной воды и канализационных стоков для труб из GRP – до 35 °С (с кратковременным повышением до 60 °С), из GRE – до 60 °С, давление – до 1,6 МПа.

Трубы и фасонные изделия должны соответствовать ГОСТ Р 54560, ГОСТ Р ИСО 10467, ISO 10639 [40], [41], ISO 10467 [42], [43], ISO 10468 [44], [45], ANSI/AWWA C950-01 [46], DIN 16868 [47], [48], DIN EN 1796 [49], DIN EN 14364 [50], DIN 16870 [51] и DIN 16871 [52] (для GRP и GRE соответственно).

Стеклопластиковые трубы проходят в обязательном порядке испытания на кольцевую жесткость, на окружную и осевую прочность и упругость при растяжении в аккредитованной испытательной лаборатории.

Проектные решения для прокладки сетей рекомендуется принимать согласно инструкциям и руководствам заводов-изготовителей с учетом СП 40-105, СП 32.13330, СП 34.13330, а также AWWA Manual M45 [53].

Гидравлический и прочностной расчеты для следует выполнять в соответствии с AWWA Manual M45 [53], ISO 10468 [44], [45], и Техническими рекомендациями «Проектирование подземных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения из стеклопластиковых труб, изготовленных методом непрерывной намотки. Часть I. Методические положения» [54].

Пример прочностного расчета трубопровода из стеклопластика при подземной прокладке представлен в приложении Ж к настоящему документу.

Следует выбирать трубы с классом по кольцевой жесткости не менее SN 10000.

При глубине заложения канализации 3 м и более выбор трубы необходимо подтверждать статическим расчетом несущей способности по ATV-DVWK-A 127 [31].

Гигроскопичность и влагопоглощение стеклопластиковых труб должны составлять 0,1-0,2 %, степень полимеризации связующих различных слоев – 95-98 %.

Для гидравлических и прочностных расчетов рекомендуется использовать современные программные комплексы, разработанные с учетом отечественного и международного опыта применения стеклопластиковых труб.

Проверку пропускной способности трубопроводов можно выполнять по справочным таблицам для гидравлических расчетов.

Сборка стеклопластиковых труб между собой и фасонными частями может осуществляться посредством неразъемных клеевых (ламинированных) соединений и разъемных соединений фланцевого, раструбного (раструб и труба изготовлены на заводе как единая конструкция) и муфтового типов.

В местах расположения запорной арматуры необходимо устанавливать опоры для компенсации веса арматуры.

5.7 Особенности проектирования сетей водоотведения с применением гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи

В сетях водоотведения, работающих в самотечном режиме, на внутренней поверхности трубопроводов, колодцев и камер допускается размещение ЛКС (см. Приложение З к настоящему документу).

ЛКС могут быть смонтированы внутри сетей водоотведения, которые по своему конструктиву, размерам и удобству доступа, а также по своим техническим и гидравлическим характеристикам подходят для этой цели.

ЛКС не должны наносить ущерб работе сетей водоотведения, а также затруднять очистку и техническое обслуживание сетей.

ЛКС не должны приводить к уменьшению пропускной способности сети водоотведения до такой степени, чтобы это приводило к возникновению подпора на участках сети.

Проектирование ЛКС осуществляется в соответствии с техническими условиями размещения, выдаваемыми организаций, эксплуатирующей сети водоотведения, которые должны учитывать следующее:

- запрещается проектирование и размещение ЛКС с использованием участков сетей водоотведения, работающих в напорном режиме;
- все компоненты ЛКС должны выдерживать нагрузки при техническом обслуживании и очистке сети водоотведения, а также нагрузки, связанные с поверхностным стоком в период половодий и нерасчетных дождевых стоков с плавающим в нем крупным мусором (при переходе режима работы сети в напорный режим);
- проектные решения для размещения ЛКС рекомендуется принимать согласно инструкциям и руководствам заводов-изготовителей для применяемой технологии крепления ЛКС;
- выпускные отверстия для организации вывода ЛКС в колодцах и камерах должны быть полностью водонепроницаемыми и устойчивыми к нагрузкам, возникающим при эксплуатации и

при штатных процедурах очистки сети водоотведения, не должны снижать прочностные характеристики сети и ее несущую способность;

- ЛКС, расположенные между смотровыми устройствами (колодцами, камерами), должны быть выполнены без изменения размеров поперечного сечения и выступающих элементов, которые могут привести к сбору твердых компонентов среды канализования с последующим снижением рабочего сечения и закупорке сети водоотведения.

Допускается размещение нескольких ЛКС на внутренних поверхностях сети только в том случае, если подобное размещение не приводит к недопустимому уменьшению поперечного сечения сети, при котором возникает опасность подпора.

Заключение о возможности размещения нескольких ЛКС выдает проектная организация по результатам гидравлического расчета с учетом оценки перспективного развития территории канализования.

Проектные решения по ЛКС следует принимать согласно методикам, инструкциям и руководствам заводов-изготовителей по инсталляции кабеленесущих конструкций.

Прокладка каналов ЛКС осуществляется методом крепления при помощи полимерно-тканевого рукава на участках сети водоотведения, для которых невозможен монтаж вручную или с помощью монтажных платформ с дистанционным управлением из-за плохого фактического состояния трубопровода, включая стыки (устанавливается при телеинспекции). Кабеленесущие конструкции размещаются между внутренней поверхностью трубопровода и поверхностью полимерно-тканевого рукава.

В сетях водоотведения из PE и PP труб со структурированной стенкой покладку каналов гибридной микротрубочной канализации следует производить только методом крепления с помощью полимерно-тканевого рукава.

Срок службы полимерных кабельных каналов – не менее 25 лет при соблюдении правил эксплуатации.

6 Требования к строительству сетей водоснабжения и водоотведения

6.1 Способы прокладки трубопроводов

6.1.1 Траншейная прокладка

Траншейный способ прокладки труб применим для всех типов труб, выполняется согласно СП 31.13330, СП 32.13330, СП 40-102, СП 40-105, СП 45.13330, СП 66.13330, СНиП 3.05.04 и DIN EN 805 [55].

При выполнении строительно-монтажных работ должны соблюдаться меры безопасности:

- стройплощадку необходимо обезопасить с помощью надлежащих мер таким образом, чтобы исключить любую угрозу работающему персоналу, другим лицам, собственности других лиц и движению по стройплощадке (например, с помощью мероприятий по обеспечению безопасности движения, пешеходных мостов, осветительных устройств);
- крепление раскопов, включая траншею под трубы, должно выполняться таким образом, чтобы обеспечить надежные условия работы;
- входные лестницы следует держать наготове и предохранять от повреждения;
- строительные работы не должны служить причиной повреждений имеющихся установок и сетей;
- организовывать хранение и транспортировку труб, фасонных изделий, арматуры и материалов таким образом, чтобы не возникало угрозы безопасности работающего персонала, других лиц или собственности;
- при прокладке труб следует выполнять действующие предписания по предотвращению несчастных случаев и по технике безопасности (например, ношение защитной одежды и использование особого оборудования при резке, сварке и других видах обработки материала).

Обратные засыпки при траншейной прокладке выполняются согласно требованиям 7 СП 45.13330.

Обратная засыпка грунтом, при его химическом или бактериологическом загрязнении (категория загрязнения почв – чрезвычайно опасная), не допускается.

Следует максимально сохранять исходное уплотнение грунта дна траншеи. При его разуплотнении или недостаточной несущей способности необходимо выполнить мероприятия по укреплению дна траншеи (замена грунта, устройство бетонного основания на всю ширину дна траншеи и др.). В случае возникновения проблем с осушением дна траншеи, разуплотнения грунта или наличия грунтов с низкой несущей способностью рекомендуется положить на дно траншеи стабилизирующий слой щебня. Для увеличения эффективности использования инертных материалов щебень укладывается на геотекстиль, который закрывается сверху стабилизирующего слоя внахлест для предотвращения фильтрации материалов основания в стабилизирующий слой.

Расчетная степень уплотнения грунтов выбирается согласно СП 45.13330.

Обратную засыпку штоков запорной арматуры производить песком на всю длину штоков.

Все фланцевые соединения должны выполняться с применением стальных шайб с двух сторон от фланцевого соединения.

Фланцы, болты, гайки и шайбы должны быть с антикоррозионным покрытием.

На фланцевых соединениях следует применять болты и шпильки с классом прочности не менее 8 в соответствии с ГОСТ 15763.

При проведении строительно-монтажных работ при отрицательных температурах нельзя допускать промерзание грунта в зоне прокладки.

При строительстве сетей водоотведения рекомендуется применять колодцы из сборных железобетонных элементов по ГОСТ 8020, ТПР 901-09-11.84 [56], ТПР 901-09-22.84 [57], ТМП 902-09-46.88 [58], Серия 3.900.1-14 [59], а также по СТБ EN 1917 [60], DIN EN 1917 [61], DIN V 4034 [62]. Кроме того, допускается применение колодцев из PE или PP по ГОСТ 32972 с обеспечением их герметичности, с классом по кольцевой жесткости согласно ГОСТ 32972 и 5.5 настоящего документа, в частности при размещении колодца возле фундамента подключенного здания (на расстоянии 3 м и более).

В пластичных и подвижных грунтах с целью исключения подвижек элементов колодцев следует применять канализационные бетонные колодцы, соответствующих требованиям СТБ EN 1917 [60], DIN EN 1917 [61], DIN V 4034 [62] или аналоги с герметизацией стыковых соединений «паз-гребень» с помощью уплотняющих и герметизирующих колец.

Железобетонные кольца колодцев и горловин при монтаже технически соединяют между собой металлическими Н-образными креплениями, которые затем оштукатуривают.

При глубине заложения свыше 3 м диаметр колодца следует принимать не менее 1,5 м.

Для спуска в железобетонные колодцы следует устанавливать металлические лестницы с жестким закреплением в конструкции колодца. Вылет ступенек должен составлять 12 см. Максимальная высота от пола колодцев и камер до первой ступеньки – 500 мм. Расстояние между скобами – не более 400 мм.

Люк, лестницы и скобы в железобетонных колодцах должны устанавливаться со стороны входящей трубы.

Лестницы и скобы в колодцах необходимо изготавливать из арматуры диаметром 25 мм с антикоррозионным покрытием. Следует предусматривать фиксацию концов скоб и креплений лестниц с наружной стороны колодца.

Над запорной арматурой следует предусматривать устройство отверстий в перекрытиях и установку горловин колодцев для управления запорной арматурой без опускания в колодец.

Минимальная высота рабочей части колодцев должна составлять 1,8 м. При установке железобетонных балок под плиты перекрытия балки следует располагать вне рабочей площадки и места спуска в лоток, в противном случае расстояние до балок принимается не менее 1,8 м.

При расстоянии от пола колодца или камеры до запорной арматуры более 1,5 м необходимо предусматривать устройство ходовых трапов из металлоконструкций, а также их защиту от коррозии.

Лотки колодцев в сетях водоотведения следует выполнять из бетона не ниже марки В-15 (М-200).

Гарантированную прочность бетона колодцев из готовых колодезных конструкций применять не ниже В-40 (относится к лоткам, площадкам для обслуживания, изготовленным как единая литая конструкция, с отверстиями для подключения труб).

Лотки колодцев должны иметь диаметр, равный диаметру трубы и высоту до верха трубы. Канализационные трубы должны заходить внутрь колодца на расстояние не более 20 мм от внутренней стенки колодца во избежание их разрушения при устранении засорений.

Минимальный диаметр перепадного колодца со стояками – не менее 1,5 м.

При глубине колодца более 4,0 м и при высоте стояка в перепадном колодце более 1,8 м необходимо предусматривать площадку обслуживания.

Расстояние от низа плиты перекрытия до верха стояка должно быть не менее 1,0 м, при невозможности необходимо над стояком предусмотреть ковер.

При высоте перепада более 5,0 м в колодце следует устанавливать два стояка, диаметр каждого из которых – на 100 мм больше диаметра подводящей трубы, с устройством плиты перекрытия для обслуживания стояка перепада.

В колодцах и камерах, в местах расположения запорной арматуры, необходимо устанавливать опоры для предотвращения передачи крутящих моментов на трубопровод.

Над задвижками, щитовыми затворами и шиберами должны находиться люки.

При глубине заложения трубопровода 4,0 м и более штанги для прокручивания щитовых затворов должны крепиться к стене не реже чем через 3,0 м.

Люки для колодцев и дождеприемников следует применять по ГОСТ 3634 диаметром 60 см, из ВЧШГ (не ниже ВЧ-40 по ГОСТ 7293).

Крышка люка должна иметь устройство статической и динамической фиксации в раме,

предотвращающее самопроизвольное открытие и не влияющее на доступ в колодец. Для ограничения доступа люк должен иметь возможность установки запирающего устройства под ключ. На наружной стороне люка должны иметься рельефные выступающие элементы из того же материала, что и люк, исключающие возможность проскальзывания по поверхности люка соприкасающихся с ней предметов (колеса, обувь и пр.). На люке должен быть нанесен рельефный логотип эксплуатирующей организации, выполненный из того же материала, что и люк. Все остальные конструктивные элементы и обозначения – согласно ГОСТ 3634 для сетей водоснабжения и водоотведения.

Для колодцев в зонах зеленых насаждений, пешеходных зонах, автостоянках, тротуарах и проезжих частях городских парков следует применять люк средний (номинальная нагрузка – 125 кН, класс – B125), на городских автомобильных дорогах с интенсивным движением – люк тяжелый (250 кН, класс – C250), на магистральных автомобильных дорогах – люк тяжелый магистральный (400 кН, класс – D400).

Для дождеприемников в зонах зеленых насаждений, пешеходных зонах, автостоянках, тротуарах и проезжих частях городских парков, на городских автомобильных дорогах с интенсивным движением следует применять люк тяжелый (250 кН, класс – C250).

При строительстве сетей водоотведения в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод следует применять колодцы из PE или PP (с обязательным расчетом на всплытие по ATV-DVWK-A 127 [31]), или железобетонные колодцы с дополнительной футеровкой.

Футеровку железобетонных колодцев полимерными листами следует выполнять при:

- высоком уровне грунтовых вод, определенным на основании инженерно-геологических изысканий;
- близком расположении водоемов, заболоченной местности (в границах менее 50 м от береговой черты) и расположении трубопровода на глубине нулевой отметки уровня воды в водоеме или ниже;
- расположении колодца вблизи промышленного предприятия с вредными выбросами.

В качестве футеровки железобетонных колодцев могут использоваться листы из PE и PP с анкерными профилированными элементами с усилием на отрыв полимерного листа от бетонного основания не менее 40 т/м^2 и модулем упругости полимера 800 МПа и более.

В колодцы и камеры канализационных сетей, подключаемые к общесплавной или хозяйственно-бытовой городской системе водоотведения, рекомендуется устанавливать фильтрующие модули для снижения концентрации запаха в выбросах воздуха из колодцев и камер, прошедшие апробацию в эксплуатирующей организации.

Канализационные насосные станции заглубленного типа должны соответствовать техническим требованиям эксплуатирующей организации [63].

При размещении запорной арматуры, гидрантов, вантузов в газонах, на неблагоустроенной территории следует предусматривать установку колодцев либо стеновых колец с плитой перекрытия.

В качестве запорной арматуры для разных диаметров трубопроводов следует применять:

- в сетях водоснабжения диаметром менее 400 мм – задвижки клинового типа (с обрезиненным клином);
- в сетях водоснабжения диаметром 400 мм и более – задвижки клинового типа или поворотно-дисковые затворы;
- в сетях водоотведения диаметром менее 600 мм – задвижки шиберного типа из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т;
- в сетях водоотведения диаметром 600 мм и более – гидротехнические щитовые затворы.

Для задвижек и затворов диаметром 400 мм и более следует предусматривать установку редукторов.

Степень герметичности запорной арматуры должна соответствовать классу А по ГОСТ Р 54808, ISO 5208 [64], DIN EN 12266 [65, 66].

Запорную арматуру рекомендуется устанавливать с выводом управляющего штока под ковер. Рекомендуемый тип запорной арматуры – усиленная, с обрезиненным клином.

Конструкция задвижек клинового типа должна обеспечивать возможность ремонта без демонтажа с трубопровода, а замену сальникового узла шпинделя – без сброса давления в трубопроводе.

Конструкция поворотно-дисковых затворов должна обеспечивать возможность ремонта, в том числе замену уплотнений без демонтажа с трубопровода при диаметрах 500 мм и более.

Конструкция задвижек шиберного типа должна обеспечивать возможность ремонта без демонтажа с трубопровода.

Серийно выпускаемая запорная арматура должна проходить приемосдаточные, периодические, квалификационные, сертификационные и типовые испытания. Запорная арматура и комплектующие должны сопровождаться паспортом, техническим описанием и инструкцией по эксплуатации на русском языке. Сведения на маркировке должны повторяться и разъясняться в

инструкции. Кроме того, в инструкции должны быть изложены требования к обеспечению сохранности оборудования в процессе перевозки и хранения, к упаковке, к консервации.

Срок службы запорной арматуры должен быть не менее 50 лет, включая привод и редуктор. Гарантийный срок эксплуатации – 10 лет или 5000 циклов (открытие-закрытие) без обслуживания.

На сетях водоснабжения диаметром 400 мм и более следует предусматривать на отключаемых участках устройства для опорожнения (водоспуски). Для возможности ручного управления следует предусматривать задвижки. Применение поворотных затворов в качестве запорной арматуры водоспусков не рекомендуется.

Пожарные гидранты следует устанавливать под ковером (с ПК-10 и люком), с отбором воды через пожарную колонку.

На сетях водоснабжения диаметром 500 мм и менее при наличии на водопроводе запорной арматуры, предусматривающей одновременное отключение не более 3-х пожарных гидрантов, дополнительную отключающую арматуру непосредственно у пожарного гидранта допускается не устанавливать. Пожарный гидрант следует устанавливать с дополнительной отключающей задвижкой непосредственно на врезке в водопровод. Устройство пожарного гидранта на относе (врезке) не допускается.

На сетях водоснабжения диаметром менее 400 мм при наличии в конструкции пожарного гидранта функции двойного запирания дополнительную отключающую арматуру допускается не предусматривать.

На сетях водоснабжения диаметром 600 мм и более следует предусматривать установку вантузов в переломных (наивысших) точках профиля водовода на каждом отключаемом участке. Конструкцию вантуза рекомендуется принять комбинированного действия (для впуска и выпуска воздуха). Вантуз рекомендуется устанавливать под ковером, с отключающей арматурой. На каждом отключаемом участке водопровода следует предусматривать установку воздушника для инструментального контроля давления.

Для транспортирования хозяйственно-бытовых сточных вод от малоэтажных (до трех этажей) жилых зданий до очистных сооружений в районах, где не представляется возможным строительство самотечной канализации (например, при наличии препятствий на пути прохождения трассы канализации, неблагоприятные геологические условия) может применяться вакуумный способ (с разряжением до 25 кПа) в соответствии с DIN EN 1091 / DWA-A 116-1 E [67].

Комплект оборудования для системы наружной вакуумной канализации состоит из приемных камер (колодцев) с блоками вакуумного клапана и резервуарами, к которым присоединяются самотечные канализационные выпуски от жилых зданий, вакуумных трубопроводов и вакуумной насосной станции с вакуумным резервуаром.

Объем откачки неочищенных стоков за один цикл – от 100 до 150 л.

Буферный запас в приемной камере должен быть не менее 35 % от суточной производительности стоков от абонента.

Вакуумный клапан должен иметь возможность установки в любой пластиковый или футерованный колодец.

Механически-пневматический стартер вакуумного клапана, устанавливаемый в интерфейсном блоке должен быть полностью погружной и влагостойкий.

Сборные камеры вакуумной канализации, устанавливаемые на придомовых участках, должны иметь возможность для подключения как минимум двух жилых домов.

В сборных камерах следует предусматривать систему аварийного опорожнения колодца.

Построенная система наружной вакуумной канализации должна проверяться на работоспособность в соответствии с проектом производства работ и рекомендациями DIN EN 1091 / DWA-A 116-1 E [67].

6.1.2 Бестраншейная прокладка

Бестраншейные способы прокладки труб не требуют рытья траншеи, обеспечивают альтернативную прокладку с высокой степенью надежности и экономичности.

Для прокладки бестраншейными способами следует применять трубы из PE 100-RC (тип 3 по PAS 1075 [20], соответствует пункту В.3 Приложения В к ГОСТ 18599) и трубы из ВЧШГ.

При выполнении строительно-монтажных работ должны соблюдаться меры безопасности, указанные в 6.1.1 настоящего документа.

Прокол – способ продавливания грунта из стартового котлована, с последующей протяжкой трубы. При помощи домкратного устройства и штанги с наконечником в форме пики создается подземный туннель. В него протягивается труба. Способ используется при подключении к домам, а также при прокладке (в футляре) под железными дорогами и автомагистралями.

Горизонтально направленное бурение (ГНБ) – способ бурения (с использованием бентонитового раствора), с последующей протяжкой трубы. Сначала выполняется пилотное бурение, которое и определяет местоположение трассы. После этого проводится расширение диаметра до значения, необходимого для протяжки трубы (расширительное бурение). Затем следует про-

тяжка соединенных в плеть труб из PE100-RC (тип 3 по PAS 1075 [20], соответствует пункту В.3 Приложения В к ГОСТ 18599), либо труб из ВЧШГ.

При ГНБ допустимые значения радиуса изгиба и тягового усилия должны быть соблюдены в обязательном порядке.

К способу ГНБ также относится **горизонтально-шнековое бурение (ГШБ)**.

Микротоннелирование – способ бурения из стартового котлована при помощи проходческого микрощита с последующим продавливанием грунта стальными, стеклопластиковыми или железобетонными трубами при помощи домкратной станции.

При выборе труб для прокладки сетей способом микротоннелирования следует учитывать осевое усилие продавливания. При микротоннелировании возникают монтажные продольные нагрузки от усилий домкратных установок проходческого щита, от сил трения по наружной поверхности труб, от лобового сопротивления забоя, адгезии между трубами и грунтом. Величина осевого усилия продавливания для проходческой техники составляет в среднем 600 тс.

Прокол, ГНБ и микротоннеллирование рекомендуется выполнять в соответствии с МГСН 6.01 [68].

Прокладка труб бестраншейными способами должна осуществляться квалифицированным персоналом с помощью специальной строительной техники в соответствии с DVGW GW 322 [69].

При выполнении строительно-монтажных работ должны соблюдаться меры безопасности, указанные в 6.1.1 настоящего документа.

К бестраншейным способам прокладки труб также относится **протяжка (прессование)** с разрушением или без разрушения старой трубы (см. 6.1.3 настоящего документа).

6.1.3 Санация сетей

Протяжка (прессование) с разрушением старой трубы (взламывание) – способ обновления участка сети, при котором старая труба разрушается при помощи тянущей головки, а ее осколки впрессовываются в грунт. В образованное пространство протягивается соединенные в плеть трубы. Диаметр протягиваемой трубы может быть больше, чем диаметр старой.

Протяжка (прессование) без разрушения старой трубы (труба в трубе) – способ обновления участка сети, при котором в очищенный старый трубопровод при помощи специального устройства протягивается очищенная, соединенные в плеть трубы. Пустое пространство между старой трубой и новой впоследствии может быть заполнено.

Допустимые значения радиуса изгиба и тягового усилия должны быть соблюдены в обязательном порядке.

Протянутая труба должна быть подвергнута гидравлическим испытаниям на герметичность.

Протяжка труб должна осуществляться квалифицированным персоналом с помощью специальной строительной техники в соответствии с DVGW GW 322 [69].

Полимерно-тканевый рукав – способ обновления участка сети, при котором протаскивается внутрь участка сети, предварительно очищенного струей высокого давления, специальный полимерно-тканевый рукав. После протаскивания рукав восстанавливается до формы трубы и вулканизируется с помощью теплоносителя (пар, горячая вода) или ультрафиолетового излучения, что обеспечивает образование на внутренней поверхности старой трубы прочного инертного слоя определенной толщины (новой трубы). Время вулканизации составляет несколько часов. Толщина покрытия зависит от диаметра трубы, глубины заложения, внутреннего рабочего давления. Покрытие наносится участками, длина которых зависит от диаметра трубы, условий проведения работ.

Введение в трубопровод полимерно-тканевого рукава достигается путем протаскивания рукава в виде чулка (лайнера) на всю длину восстанавливаемого участка между двумя колодцами либо постепенного выдавливания в восстанавливаемый участок намотанного на бобину полимерно-тканевого рукава.

В отдельных случаях, при диаметре трубопроводов до 400 мм, санацию можно производить через существующие колодцы, демонтировав запорную арматуру или фитинги.

В качестве полимерно-тканевых рукавов следует применять синтетическую ткань из стекловолокна или полиэстера, покрытую полимерной пленкой (из полиэтилена, полиэстера, полиуретана, полипропилена), пропитанную эпоксидной или полиэфирной смолой перед санацией в соответствии с DIN EN ISO 11296-4 [70], DIN EN 1796 [71], DIN EN 14364 [72] и ANSI/ASTM F 1216 [73]. Применение полиэфирной смолы допускается только для санации сетей водоотведения.

Толщина полимерно-тканевых рукавов для санации чугунных, стальных и железобетонных трубопроводов определяется прочностным расчетом по ANSI/ASTM F 1216 [73] и ATV-M 127E Part 2 [74] в зависимости от диаметра трубопровода, степени износа, рабочего давления и уровня грунтовых вод.

В результате санации степень отвержения полимерного связующего должна составлять

не менее 95 %. Твердость покрытия по ГОСТ 9012 – не менее 45 МПа. Разрушающее напряжение на изгиб по ГОСТ 4648, ГОСТ 9550 – не менее 80 Н/мм^2 (при пропитке эпоксидной смолой), не менее 100 Н/мм^2 (при пропитке полиэфирной смолой). Шероховатость поверхности – не более 0,025 мм. Внешний вид покрытия после полимеризации контролируется визуальным осмотром и сравнением с контрольным образцом. При несоответствии внешнего вида покрытия контрольному образцу требуется проведение лабораторных испытаний.

Длина санации с помощью полимерно-тканевого рукава зависит от диаметра трубопровода:

- при диаметре 100-600 мм – длина санации до 250 м;
- при диаметре 700-1500 мм – длина санации до 120 м.

Допускаемый угол поворота трубопровода для нормальной протяжки полимерно-тканевого рукава:

- при диаметре 100-600 мм – допускаемый угол до 15°;
- при диаметре 700-1500 мм – допускаемый угол до 45°.

Устройство сплошного полимерно-тканевого покрытия в полости трубы эффективно при таких повреждениях, как трещины (продольные, поперечные, винтообразные), абразивный износ, свищи (при отсутствии инфильтрации воды в трубу). При повреждениях в виде раскрытых стыков, смещении труб в стыках необходима предварительная подготовка, обеспечивающая соосность труб в местах дефектов.

Перед санацией необходимо очистить трубопровод от всех видов отложений с помощью машины гидравлической очистки высокого давления и полностью высушить внутреннюю поверхность для плотного приклеивания полимерно-тканевого рукава к старой трубе.

До и после санации должна проводиться диагностика внутренней поверхности трубопровода с помощью дистанционно управляемой телекамеры (телеинспекция). Дефекты, обнаруженные по результатам диагностики, должны быть устранены.

При производстве работ по санации на напорных трубопроводах хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения рекомендуется использование полимерно-тканевого рукава с включением армирующего слоя (полиамидные нити, капрон и т.д.) для обеспечения несущей способности (в случае разрушения основного материала трубопровода). Рукавное покрытие должно быть самонесущим. На концах рукавного покрытия необходимо предусматривать установку участков новых труб для обеспечения возможности монтажа герметизирующих манжет, а также выполнения сварочных работ и последующей сборки (сварка катушки, приварка фланца и т.п.).

При санации трубопровода должна предусматриваться замена всех его ответвлений (тройников). Санация ответвлений «сквозным» способом не допускается. Гидравлическим испытаниям на герметичность должно подвергаться рукавное покрытие и герметизирующие устройства, установленные на его торцах.

При санации сетей водоотведения полимерно-тканевым рукавом возможно осуществление прокладки ЛКС (см. 5.7 и Приложение З настоящего документа), при которой кабельные каналы размещаются между внутренней поверхностью санируемого трубопровода и полимерно-тканевым рукавом. Вывод кабельных каналов из-под полимерно-тканевого рукава защищается нержавеющей гофрированной трубой. Минимальный радиус изгиба вывода – 400 мм. Установка гофрированной трубы предусматривается на расстояние не менее 100 мм от края трубопровода. Вывод гофрированной трубы крепится к стенкам камеры или колодца.

Футеровка – специальная отделка внутренних поверхностей участка сети для обеспечения защиты внутренней поверхности от возможных механических, термических, физических и химических повреждений, обеспечивающая герметичность элементов сети.

При футеровке на предварительно очищенную внутреннюю поверхность участка наносится цементно-песчаное покрытие необходимой толщины в соответствии с рекомендациями ВСН 3-94, либо монтируется плотно прилегающая полимерная труба в соответствии с DIN EN ISO 11296-3 [75].

Спиральная навивка экструзионного полимерного профиля (SPR) - способ обновления участка сети, при котором в соответствии с DIN EN ISO 11296-7 [76] внутри восстанавливаемого трубопровода (диаметром 800 мм и более) производится спиральная навивка сматываемой с бобины полимерной ленты заводского изготовления и формируется обсадная труба высокой прочности. Процесс навивки ленты штампованного ребристого профиля из поливинилхлорида или полиэтилена высокой прочности производится специальной навивочной машиной. Края ленты соединяются друг с другом, образуя сплошную водонепроницаемую конструкцию внутри восстанавливаемого трубопровода. По завершении процесса навивки устанавливается крепежная система, обеспечивающая стабильность конструкции, затем заливается цементный раствор в межтрубное пространство между об-

садной полимерной трубой и восстанавливаемым трубопроводом.

Толщина покрытия, состоящего из навивного экструзионного полимерного профиля, определяется прочностным расчетом по ATV-M 127E Part 2 [74] в зависимости от диаметра трубопровода, степени износа, рабочего давления и уровня грунтовых вод.

Кроме указанных способов санации возможно проведение локального ремонта трубы (вручную или с помощью самоходного робота).

При выполнении строительно-монтажных работ должны соблюдаться меры безопасности, указанные в 6.1.1 настоящего документа.

6.2 Сети из PE 100-RC труб

Трубы и фасонные изделия из PE 100-RC, применяемые для строительства и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения, должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Трубы и фасонные изделия должны проходить все необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу).

Монтаж труб и фасонных изделий должен выполняться согласно инструкциям и рекомендациям заводов-изготовителей с учетом требований СП 40-102 и СНиП 3.05.04.

Для напорных сетей следует использовать преимущественно неразъемные соединения, выполненные с помощью сварки. Стыковая сварка рекомендуется для соединения между собой труб и соединительных деталей наружным диаметром более 50 мм и толщиной стенки более 4 мм. Раструбная сварка рекомендуется для труб наружным диаметром до 110 мм и стенками любой толщины.

Требования по технологии и контролю сварки труб следует выполнять в соответствии с разделом 6 СП 42-103 и РД 03-495-02 [77] (см. приложение В к настоящему документу). При сварке труб встык необходимо выполнять требования ГОСТ 16310-80.

Допускается использовать только сертифицированные аппараты для стыковой контактной сварки.

Для выполнения сварных соединений PE 100-RC труб необходимо иметь следующую документацию:

- действующие свидетельства об аттестации сварочного оборудования, аттестации технологии сварки, аттестации сварочных материалов;
- сведения об аттестации специалистов сварочного производства;
- сертификаты на трубы;
- акты входного контроля, паспортов, свидетельств об изготовлении привариваемых фасонных изделий;
- журнал сварочных работ, оформленный согласно приложению В к СП 70.13330.

Сварка труб из PE 100-RC производится сваркой встык или сваркой соединительными деталями с закладными электронагревателями. Для сварки должно применяться сварочное оборудование с автоматическим протоколированием сварочного процесса.

При сварке полиэтиленовых труб следует применять сварочные аппараты, оборудованные печатающим устройством фискального чека (с целью исключения возможности подделки протокола сварки стыка).

При монтаже полиэтиленовых труб диаметром 200 мм и более необходимо предусматривать установку устройств компенсации внутренних продольных напряжений.

Муфтовые электросварные соединения рекомендуется выполнять с использованием центрирующих приспособлений для обеспечения соосности.

При сварке встык труб с защитным PP покрытием перед началом сварочных работ следует удалить защитное покрытие специальным режущим инструментом на участке длиной, рекомендованной инструкцией завода-изготовителя труб. Длина зачищаемого участка должна быть не менее $0{,}02D$ от торца трубы (где D – наружный диаметр трубы).

При сварке соединительными деталями с закладными электронагревателями длина зачищаемого участка должна быть не менее ($0{,}5L$+5 мм) от торца трубы (где L – длина привариваемой муфты или фасонного изделия, мм). При этом в обязательном порядке свариваемые поверхности должны очищаться специальными салфетками, пропитанными спиртовым раствором.

Места сварки должны быть защищены от влияния негативных погодных условий (влажность, ветер, прямые солнечные лучи, температура ниже 0 °С), например, с помощью палатки. Если труба нагрелась под действием солнечных лучей, необходимо своевременно накрыть место сварки для восстановления нормального температурного режима воздуха (от 0 до 35 °С).

Свариваемые поверхности не должны быть повреждены и загрязнены (грязь, жир, масло, стружка и так далее). В случае загрязнения, очистка должна осуществляться непосредственно перед сваркой.

Перед сваркой встык свариваемые поверхности труб должны быть обработаны торцующим инструментом.

Перед сваркой соединительными деталями с закладными электронагревателями внешний слой трубы должен быть механически обработан для снятия слоя окислов. После механической обработки должна быть выполнена очистка свариваемых участков. Для очистки следует использовать специальную обезжиривающую жидкость.

Свариваемые концы труб должны быть отцентрованы по оси и зафиксированы с помощью специальных устройств. Допускается несоосность не более $0{,}1S$ (где S – толщина стенки трубы).

Перед сваркой встык необходимо проверить плотности прилегания свариваемых поверхностей. Допустимое значение ширины щели должно быть не более:

- 0,5 мм – для наружных диаметров до 355 мм;
- 1,0 мм – для наружных диаметров от 400 до 630 мм;
- 1,5 мм – для наружных диаметров от 710 до 1400 мм.

Перед сваркой нагревательный элемент (сварочное зеркало) должно быть очищено неворсистой и неокрашенной бумагой.

В процессе сварки встык соединяемые поверхности свариваемых труб или частей труб приравниваются под давлением к нагревательному элементу (приравнивание), после этого при пониженном уже давлении происходит нагрев до температуры сварки (нагрев), а после удаления нагревательного элемента (перестановка) проводится совмещение под давлением.

Рекомендуемые параметры сварочного оборудования при сварке встык:

- температура нагревательного элемента – 220 °С;
- давление оплавления и нагрева – не менее 0,01 Н/мм^2;
- давление соединения / прижатия – 0,15 Н/мм^2.

Свариваемые трубы и фасонные изделия при сварке встык должны быть одинаковыми по ряду *SDR* в соответствии с ГОСТ 18599. Исключение составляют *SDR* 17,6 и *SDR* 17. Для соединения труб с разными *SDR* следует применять электросварные муфты.

При проведении квалифицированной сварки встык происходит сварка только с материалом внутренней, несущей трубы, что подтверждается видимым, полностью черным гратом из материала напорной трубы.

При сварке соединительными деталями с закладными электронагревателями соединяемые поверхности трубы и внутренняя поверхность электросварной муфты (или фасонного изделия) нагреваются до сварочной температуры при помощи интегрированных в муфту электронагревательных проводов, после чего труба и муфта свариваются под действием давления плавления. Сварка должна производиться в автоматизированном режиме соответствующим, специально подобранным сварочным оборудованием.

С помощью стыковой контактной сварки трубу из PE 100-RC можно сваривать с трубой из PE 100-RC или с трубой, изготовленной из PE 100 или PE 80, при условии равенства диаметров и одинаковых толщинах стенок соединяемых труб. Параметры сварки следует принимать по марке PE более высокого класса.

При транспортировке труб в бухтах после их раскрутки может появиться овальность. В этом случае следует выполнить рихтовку концов труб. Допускается овальность не более $0{,}015D$ (где D – наружный диаметр трубы).

Трубы с диаметром до 63 мм разматываются обычно в вертикальном положении, причем начало плети должно быть зафиксировано. При больших диаметрах рекомендуется использование устройства для размотки. Бухты могут быть положены горизонтально на стальные или деревянные крестообразные вертушки и вручную или при помощи медленно движущегося транспорта размотаны. Трубы должны быть размотаны прямо, без изломов. Не допускается спиралевидная размотка.

При размотке должно быть обращено внимание на то, что гибкость полиэтиленовых труб зависит от температуры окружающей среды. При температуре, близкой к температуре замерзания, трубы диаметром от 75 мм, подлежащие размотке, должны быть разогреты.

При траншейном способе прокладки труб из PE 100-RC дно траншеи должно быть выровнено, освобождено от камней, валунов и промерзших участков. При очень рыхлых грунтах может потребоваться укрепление дна траншеи. При проведении земляных работ в местах расположения дорог или в непосредственной близости от них прокладывать траншею следует таким образом, чтобы исключить возможность провала и оседания грунта под дорожным покрытием.

Толщина выравнивающего слоя под трубой должна составлять не менее 50 мм. В качестве материала выравнивающего слоя следует выбирать песок, гравий или щебень. Материал, используемый для выравнивающего слоя и засыпки, согласно СП 45.13330 и DIN EN 805 [55] не должен включать мерзлый грунт, органический материал, крупных камней, куски скальных пород, строительный мусор размером свыше 10 % от диаметра трубы и более.

Если вынутый грунт не годится для заполнения, то для этой цели должен использоваться

песок, гравий или щебень с максимальным размером фракций до 10 % от диаметра трубы.

Если дно траншеи ровное и материал дна отвечает вышеописанным требованиям к гранулометрическому составу выравнивающего слоя, то нет необходимости в отдельном выравнивающем слое, в этом случае трубу кладут прямо на дно траншеи.

Механически уплотнять материал начального заполнения необходимо по мере засыпки после каждого слоя высотой 0,2 м. Для начального заполнения траншеи может быть использован вынутый при раскопке траншеи грунт. Требования к гранулометрическому составу материала в этом случае такие же, как и для материала выравнивающего слоя.

Выбор материала заполнения и степени механического уплотнения под дорожным покрытием зависит от типа дорожного покрытия. Вне движения транспорта для заполнения можно использовать выкопанный из траншеи грунт, если его состав отвечает следующим требованиям:

- в слое толщиной 1 м от верхней части трубы не должно быть камней диаметром больше 300 мм, однако непосредственно над трубой в слое 0,3 м не должно быть камней, с размером, превышающим 60 мм;
- максимальный допустимый размер фракции материала заполнения должен составлять 2/3 от толщины каждого уплотняемого слоя;
- материал должен иметь смешанную структуру во избежание образования пустот и неравномерного промерзания.

Смонтированный трубопровод должен подвергаться предварительным и приемочным испытаниям согласно СНиП 3.05.04. Предельная длина трубопровода для испытания за один прием должна быть не более 1 км.

6.3 Сети из ВЧШГ труб

Трубы и фасонные изделия из ВЧШГ, применяемые для строительства и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения, должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Трубы и фасонные изделия должны проходить все необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу).

Монтаж труб и фасонных изделий должен выполняться согласно инструкциям и рекомендациям заводов-изготовителей с учетом требований СП 66.13330 и СНиП 3.05.04.

При траншейной прокладке засыпка должна осуществляться в два приема – частичная засыпка грунтом, не содержащим включений размером свыше 1/4 диаметра трубы, на высоту 0,2 м над верхом трубы до предварительного испытания и окончательная засыпка после предварительного гидравлического испытания.

Резиновые уплотнительные кольца должны храниться в закрытых помещениях, в условиях, исключающих их деформацию и повреждения, при температуре от 0 до 35 °С.

Прокладку труб из ВЧШГ способом горизонтально направленного бурения следует выполнять в соответствии с разделами 7, 8 СП 66.13330, а также «Рекомендациями по использованию труб ОАО «ЛМЗ «Свободный сокол» [33] и «Руководством по прокладке подземных трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения с применением труб из ВЧШГ» [78].

Для защиты от механических повреждений при прокладке трубы из ВЧШГ следует обеспечить трубу защитным покрытием в соответствии с положениями 5.14 СП 66.13330, DIN 30674 [79] и DIN EN 14628 [80].

Смонтированный трубопровод должен подвергаться предварительным и приемочным испытаниям согласно СНиП 3.05.04. Предельная длина трубопровода для испытания за один прием должна быть не более 1 км.

6.4 Сети из стальных электросварных прямошовных труб

Стальные электросварные прямошовные трубы и фасонные изделия, применяемые для строительства и реконструкции сетей водоснабжения, должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Трубы и фасонные изделия должны проходить все необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу).

Монтаж стальных труб и фасонных изделий должен выполняться согласно СНиП 3.05.04.

Защита внутренней поверхности стальных труб от коррозии должна предусматриваться защитными покрытиями (эпоксидными, полиэтиленовыми, цементно-песчаными).

Работы по защите стальных труб от коррозии выполняются согласно СП 28.13330, СНиП 3.05.04, ГОСТ 12.3.004, ГОСТ 12.3.005, ГОСТ 12.3.008, ГОСТ 12.3.016.

Внешнему осмотру и измерениям подлежат все сварные соединения. Сварные швы должны соответствовать ГОСТ 16037-80.

Проверке качества сварных швов физическими методами контроля подвергаются трубопроводы с расчетным давлением:

- до 1 МПа в объеме не менее 2 % (но не менее одного стыка на каждого сварщика);
- от 1 до 2 МПа в объеме не менее 5 % (но не менее двух стыков на каждого сварщика);

- свыше 2 МПа в объеме не менее 10 % (но не менее трех стыков на каждого сварщика).

Физическими методам контроля следует подвергать 100 % сварных соединений трубопроводов, прокладываемых на участках переходов под и над железнодорожными и трамвайными путями, через водные преграды, под автомобильными дорогами, в городских коллекторах для коммуникаций при совмещенной прокладке с другими инженерными коммуникациями.

Выбор физического метода контроля (ультразвуковой, радиографический) должен производиться исходя из возможностей обеспечения более полного и точного выявления недопустимых дефектов с учетом особенностей физических свойств металла, а также освоенности и совершенства методики контроля для данного вида сварных соединений.

Сварные соединения рекомендуется подвергать ультразвуковой или радиографической дефектоскопии согласно РД 153-34.1-003-01 [81].

Смонтированный трубопровод должен подвергаться предварительным и приемочным испытаниям согласно СНиП 3.05.04. Предельная длина трубопровода для испытания за один прием должна быть не более 1 км.

6.5 Сети из РЕ и РР труб с гофрированной внешней поверхностью

Трубы и фасонные изделия из РЕ и РР труб со структурированной стенкой, применяемые для строительства и реконструкции сетей водоотведения, должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Трубы и фасонные изделия должны проходить все необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу).

Монтаж труб и фасонных изделий должен выполняться согласно инструкциям и рекомендациям заводов-изготовителей.

Трубы должны поставляться в комплекте с соединительными муфтами и уплотнительными резиновыми кольцами, изготовленными в соответствии с нормативными документами.

При строительстве системы водоотведения из РЕ и РР труб со структурированной стенкой целесообразно предусматривать применение полимерных колодцев.

При траншейной прокладке трубы укладываются на песчаное основание. Необходимо производить первичную (с уплотнением) и вторичную засыпку трубопровода. При засыпке над верхом трубы обязательно устройство защитного слоя из песка толщиной не менее 300 мм, не содержащего твердых включений размером более 20 мм. Высота засыпки над верхом трубы должна быть не менее 1,0 м до поверхности (низа конструкции дорожной одежды), за исключением труб от дождеприемных колодцев (не менее 0,5 м).

При раструбных и муфтовых соединениях используются резиновые уплотнительные кольца, при высоком расположении грунтовых вод применяется два кольца.

Требования по технологии сварки труб и аттестации сварщиков следует выполнять в соответствии с разделом 6 СП 42-103. При сварке труб встык необходимо выполнять требования ГОСТ 16310-80.

Смонтированный трубопровод должен подвергаться предварительным и приемочным испытаниям согласно СНиП 3.05.04. Предельная длина трубопровода для испытания за один прием должна быть не более 1 км.

6.6 Сети из стеклопластиковых труб

Стеклопластиковые трубы и фасонные изделия, применяемые для строительства и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения, должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Трубы и фасонные изделия должны проходить все необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу).

Монтаж труб и фасонных изделий должен выполняться согласно инструкциям и рекомендациям заводов-изготовителей с учетом требований СП 40-105 и AWWA Manual M45 [53].

При траншейной прокладке трубы укладываются на песчаное основание. Необходимо производить первичную (с уплотнением) и вторичную засыпку трубопровода. При засыпке над верхом трубы обязательно устройство защитного слоя из песка толщиной не менее 300 мм, не содержащего твердых включений размером более 20 мм. Высота засыпки над верхом трубы должна быть не менее 1,0 м до поверхности (низа конструкции дорожной одежды).

Соединение стеклопластиковых труб на клею должно производиться по специальному технологическому регламенту, учитывающему:

- форму склеиваемых поверхностей; качество подготовки поверхностей под склеивание;
- вид клея (одно-, двухкомпонентный либо другого состава);
- способ нанесения клеевого состава на поверхности;
- время технологической паузы (разрыв между завершением нанесения клея и полным сопряжением склеиваемых поверхностей);
- метод сопряжения (вручную, посредством приспособлений);

- технологию отвердения (с обогревом или без обогрева);
- время отвердения до набирания монтажной прочности клеевым швом, а также время отвердения до набирания прочности, при которой возможно проведение испытаний трубопровода.

В регламенте на склеивание стеклопластиковых труб должен предусматриваться контроль качества выполнения клеевого соединения на всех перечисленных технологических этапах.

Соединения склеиванием труб в раструб или муфтой должны иметь адекватные с концами труб конические поверхности, подготавливаться к склейке. После покрытия соединяемые клеем концы сопрягаются в раструб или через муфту и стягиваются с усилием, обеспечивающим полный контакт покрытых клеем поверхностей, и выдерживаются в стянутом положении до полного отверждения клеевого слоя.

Сборка стыков труб диаметром до 150 мм производится вручную. Стыки труб больших диаметров следует собирать с помощью стягивающих механизмов. Клей должен иметь минимальную прочность на сдвиг 1,75 Н/мм^2 при трехкратной степени защиты.

Смонтированный трубопровод должен подвергаться предварительным и приемочным испытаниям согласно СНиП 3.05.04. Предельная длина трубопровода для испытания за один прием должна быть не более 1 км.

6.7 Сети водоотведения с применением гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи

Элементы ЛКС должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Монтаж кабельных каналов, элементов их крепления и защиты должен выполняться согласно методикам, инструкциям и рекомендациям заводов-изготовителей, а также в соответствии с регламентом взаимодействия, согласованным техническим заказчиком. В регламенте должен быть предусмотрен контроль качества выполнения монтажа на всех технологических этапах (см. Приложение З к настоящему документу).

В камерах и колодцах кабеленесущие конструкции должны быть смонтированы таким образом, чтобы они не мешали обслуживанию, входу и выходу персонала.

Все проемы в сети водоотведения, необходимые для ввода и вывода кабельных каналов, должны выполняться с учетом обеспечения требуемой герметичности и статической несущей способности, а также бесперебойной эксплуатации сети водоотведения.

Трубопровод с инсталлированными кабельными каналами может подвергаться предварительным и приемочным испытаниям согласно СНиП 3.05.04.

По окончании монтажа ЛКС подрядная организация должна предоставить техническому заказчику материалы теледиагностики сети водоотведения с ЛКС.

7 Контроль строительства сетей водоснабжения и водоотведения

7.1 Основные требования по контролю строительства

Порядок проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства осуществляется в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 [18], принятым в соответствии с пунктом 8 статьи 53 Градостроительного кодекса РФ [5].

Строительный контроль должен выполняться в соответствии с требованиями СП 48.13330.2011, с учетом рекомендаций ГОСТ 24297, РД-11-05-2007 [82], «Схем входного и операционного контроля качества строительно-монтажных работ. Часть III. Наружные сети канализации и водоснабжения» [83] и СТО Водоканал СПБ «Организация контроля проектирования, строительства и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения, входного контроля изделий и материалов для сетей водоснабжения и водоотведения» [84].

Все основные элементы сетей водоснабжения и водоотведения (трубы, фасонные изделия, уплотнительные манжеты, компенсационные муфты, запорная арматура, гидранты, вантузы и т.д.) должны иметь все необходимые документы (сертификаты, паспорта, акты и отчеты об испытаниях), подтверждающие соответствие техническим условиям заводов-изготовителей и действующим нормативным требованиям.

Применяемые фасонные изделия и фитинги должны быть заводского изготовления.

Технический заказчик (собственник или балансодержатель сети) и подрядчик, осуществляющий строительство (или реконструкцию) сети, могут проводить входной контроль элементов сети, поступающих на стройплощадку, на соответствие сопроводительным документам. В случае недоверия к сопроводительным документам входной инструментальный контроль обязателен.

В процессе производства элементов сетей водоснабжения и водоотведения (трубы, фасон-

ные изделия, уплотнительные манжеты, компенсационные муфты, запорная арматура, гидранты, вантузы и т.д.) производитель должен выполнять все испытания в соответствии с техническими условиями и действующими стандартами.

Для каждой строящейся (или реконструируемой) сети должны производиться лабораторные испытания элементов сети, включая стыковые соединения, с целью установления их соответствия проектной и исполнительной документации (см. 7.2 и 7.3 настоящего документа).

Отбор образцов и лабораторные испытания должны проводиться (по договору с техническим заказчиком или подрядчиком) аккредитованной испытательной лабораторией (см. приложение Б к настоящему документу).

Технический заказчик может провести проверку технологии изготовления элементов сети на заводе производителя с помощью представителей аккредитованной испытательной лаборатории.

Производителю трубной продукции следует обеспечить на период действия договора поставки беспрепятственный доступ представителей технического заказчика на завод с целью осуществления контроля за изготовлением поставляемой продукции в соответствии с согласованными планами качества производителя.

Все результаты контроля документально фиксируются в виде актов, отчетов о лабораторных испытаниях.

Производитель трубной продукции может осуществлять шефмонтаж при производстве строительно-монтажных работ.

Копии документов сдаются в эксплуатирующую (гарантирующую) организацию (например, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга») для оформления допуска сетей водоснабжения и водоотведения в эксплуатацию.

7.2 Полномочия подрядчика по контролю строительства

Подрядчик несет ответственность за соответствие построенной им сети водоснабжения (или водоотведения) проектной и исполнительной документации.

Подрядчик совместно с представителем аккредитованной испытательной лаборатории производит отбор образцов для выполнения работ по контролю техническим заказчиком в соответствии с 7.3 настоящего документа.

Подрядчик имеет право приступить к монтажу труб до получения от испытательной лаборатории положительного заключения (некоторые испытания носят длительный характер) и получения от завода-изготовителя подтверждения подлинности. В случае получения отрицательного заключения и (или) не подтверждения подлинности продукции подрядчик должен выполнить за свой счет работы по демонтажу смонтированных труб и возместить все затраты технического заказчика на строительство объекта.

Подрядчик выполняет (в присутствии технического заказчика) контрольные испытания на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим или пневматическим способом дважды (предварительное и окончательное) согласно СП 31.13330, СП 32.13330 и СНиП 3.05.04 с внесением записи в «Общий журнал работ».

7.3 Полномочия технического заказчика по контролю строительства

7.3.1 Контроль качества сетей водоснабжения и водоотведения из PE 100-RC труб

Технический заказчик имеет право проводить контроль качества изделий и материалов при строительстве и реконструкции в следующем порядке:

1) Визуальный контроль всех основных элементов сети, выборочный измерительный контроль труб, фасонных изделий и материалов, периодический контроль качества складирования и хранения.

2) Лабораторный контроль на соответствие техническим условиям и проектной документации – один трубный образец на 1000 м труб диаметром до 500 мм, на 600 м труб диаметром от 500 мм (включая) до 1000 мм (не включая), на 400 м труб диаметром 1000 мм и более. Проводятся необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу). На объектах с протяженностью трассы менее 1000 м испытания проводят на одном образце.

Временно, до момента разработки и введения в действие в установленном порядке отечественных методик испытаний по подтверждению характеристик длительной стойкости к распространению трещин напряжения допускается:

- организовать контроль со стороны технического заказчика за соблюдением технологии производства труб из PE 100-RC на заводах-изготовителях трубной продукции.
- принимать сертификаты соответствия или протоколы официальных испытаний независимых лабораторий, аккредитованных в Российской Федерации или в Европейском союзе, с целью подтверждения соответствия конкретной марки композиции PE 100-RC требованиям, указанным в спецификации PAS 1075 [20].

3) Проверка квалификации монтажников и сварщиков согласно РД 03-495-02 [77], технический осмотр сварочных устройств и инструмента, а также операционный и инструментальный контроль качества сборки и сварных соединений (см. приложение В к настоящему документу).

7.3.2 Контроль качества сетей водоснабжения и водоотведения из ВЧШГ труб

Технический заказчик имеет право проводить контроль качества изделий и материалов при строительстве и реконструкции в следующем порядке:

1) Визуальный контроль всех основных элементов сети, выборочный измерительный контроль труб, фасонных изделий и материалов, периодический контроль качества складирования и хранения.

2) Лабораторный контроль на соответствие техническим условиям и проектной документации – один трубный образец на 600 м труб условным диаметром от 500 мм (включая) до 1000 мм (не включая), на 400 м труб условным диаметром 1000 мм и более. Проводятся необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу). На объектах с протяженностью трассы менее 400 м испытания проводят на одном образце.

3) Проверка квалификации монтажников, технический осмотр монтажных устройств и инструмента, а также операционный контроль качества сборки и соединений (с учетом положений 5.16 СП 66.13330).

7.3.3 Контроль качества сетей водоснабжения из стальных электросварных прямошовных труб

Технический заказчик имеет право проводить контроль качества изделий и материалов при строительстве и реконструкции в следующем порядке:

1) Визуальный контроль всех основных элементов сети, выборочный измерительный контроль труб, фасонных изделий и материалов, периодический контроль качества складирования и хранения.

2) Лабораторный контроль на соответствие техническим условиям и проектной документации – один трубный образец на 400 м труб условным диаметром 1000 мм и более. Проводятся необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу). На объектах с протяженностью трассы менее 400 м испытания проводят на одном образце.

3) Проверка квалификации монтажников и сварщиков согласно РД 03-495-02 [77], технический осмотр сварочных устройств и инструмента, а также операционный контроль качества сборки и сварных соединений. Инструментальный контроль поперечных стыковых сварных соединений неразрушающими методами согласно СНиП 3.05.04. Лаборатория неразрушающего контроля должна быть аттестована согласно ПБ 03-372-00 [85].

7.3.4 Контроль качества сетей водоотведения из PE и PP труб со структурированной стенкой

Технический заказчик имеет право проводить контроль качества изделий и материалов при строительстве и реконструкции в следующем порядке:

1) Визуальный контроль всех основных элементов сети, выборочный измерительный контроль труб, фасонных изделий и материалов, периодический контроль качества складирования и хранения.

2) Лабораторный контроль на соответствие техническим условиям и проектной документации – один трубный образец на 1000 м труб диаметром до 500 мм, на 600 м труб диаметром от 500 мм (включительно) до 1000 мм, на 400 м труб диаметром 1000 мм и более. Проводятся необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу). На объектах с протяженностью трассы менее 400 м испытания проводят на одном образце.

3) Проверка квалификации монтажников и сварщиков согласно РД 03-495-02 [77], технический осмотр сварочных устройств и инструмента, а также операционный контроль качества сборки.

7.3.5 Контроль качества сетей водоснабжения и водоотведения из стеклопластиковых труб

Технический заказчик имеет право проводить контроль качества изделий и материалов при строительстве и реконструкции в следующем порядке:

1) Визуальный контроль всех основных элементов сети, выборочный измерительный контроль труб, фасонных изделий и материалов, периодический контроль качества складирования и хранения.

2) Лабораторный контроль на соответствие техническим условиям и проектной документации – один трубный образец на 400 м труб диаметром 1000 мм и более. Проводятся необходимые испытания (см. Приложение Б к настоящему документу), в том числе на кольцевую жесткость, на окружную и осевую прочность и упругость при растяжении. На объектах с протяженностью трассы менее 400 м испытания проводят на одном образце.

3) Проверка квалификации монтажников, технический осмотр монтажных устройств и инструмента, а также операционный контроль качества сборки и соединений (с учетом СП 40-105).

7.3.6 Контроль качества сетей водоотведения с применением гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи

Технический заказчик имеет право проводить контроль качества изделий и материалов при строительстве и реконструкции в следующем порядке (с учетом требований по контролю Приложения 3 к настоящему документу):

1) Визуальный контроль всех основных элементов сети, выборочный измерительный контроль компонентов ЛКС, крепежных изделий и материалов, периодический контроль качества складирования и хранения.

2) Контроль на соответствие техническим условиям, проектной и исполнительной документации.

3) Проверка квалификации монтажников, технический осмотр монтажных устройств и инструмента, а также операционный контроль качества сборки и монтажа в соответствии с регламентом взаимодействия, согласованным техническим заказчиком.

Теледиагностику сетей водоотведения с ЛКС, где монтаж осуществлялся в процессе санации участка методом полимерно-тканевого рукава, следует проводить не реже одного раза в 5 лет, а в остальных случаях в зависимости от диаметра сети водоотведения:

- при диаметре до 400 мм – один раз в год;
- при диаметре от 400 до 1200 мм (включительно) – один раз в два года;
- для сетей водоотведения диаметром более 1200 мм следует проводить визуальный осмотр один раз в год (без теледиагностики).

Приложение А
(справочное)

Нормативные ссылки

1 ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю

2 ГОСТ 15173-70 Пластмассы. Метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения

3 ГОСТ 4648-71 Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб

4 ГОСТ 3845-75 Трубы металлические. Метод испытания гидравлическим давлением

5 ГОСТ 12.3.004-75 Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности

6 ГОСТ 12.3.005-75 Работы окрасочные. Общие требования безопасности

7 ГОСТ 12.3.008-75 Производство покрытий металлических и неметаллических неорганических. Общие требования безопасности

8 ГОСТ 10706-76 Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования

9 ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах

10 ГОСТ 10006-80 (ИСО 6892-84) Трубы металлические. Метод испытания на растяжение

11 ГОСТ 10692-80 «Трубы стальные, чугунные и соединительные части к ним. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение»

12 ГОСТ 11262-80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение

13 ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

14 ГОСТ 16310-80 Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винипласта. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

15 ГОСТ 25.601-80 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах

16 ГОСТ 9550-81 Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе

17 ГОСТ 10708-82 Копры маятниковые. Технические условия

18 ГОСТ 20426-82 Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения

19 ГОСТ 25.604-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах

20 ГОСТ 25.603-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на растяжение кольцевых образцов при нормальной, повышенной и пониженной температурах

21 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

22 ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытаний на растяжение

23 ГОСТ 23667-85 Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров

24 ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия (с Изм. № 1, 2)

25 ГОСТ 7293-85 «Чугун с шаровидным графитом для отливок»

26 ГОСТ 27077-86 Детали соединительные из термопластов. Методы определения изменения внешнего вида после прогрева

27 ГОСТ 27078-86 Трубы из термопластов. Методы определения изменения длины труб после прогрева

28 ГОСТ 12.3.016-87 Строительство. Работы антикоррозионные. Требования безопасности

29 ГОСТ 27208-87 Отливки из чугуна. Методы механических испытаний

30 ГОСТ 5525-88 «Части соединительные чугунные, изготовленные литьем в песчаные формы для трубопроводов. Технические условия»

31 ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия

32 ГОСТ 8020-90 Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Технические условия

33 ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент

34 ГОСТ 21.110-95 Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов

35 ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

36 ГОСТ 3634-99 Люки смотровых колодцев и дождеприемники ливнесточных колодцев. Технические условия

37 ГОСТ 18599-2001 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия (с изм. № 1 от 18.10.2005 и № 2 от 11.04.2013)

38 ГОСТ Р 52134-2003 Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия» (с изм. № 1 от 01.06.2010)

39 ГОСТ 15763-2005 Соединения трубопроводов резьбовые и фланцевые на PN (Ру) до 63 МПа (до около 630 кгс/см кв.). Общие технические условия

40 ГОСТ 9.602-2005 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

41 ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения

42 ГОСТ Р ИСО 3126-2007 Трубопроводы из пластмасс. Пластмассовые элементы трубопровода. Определение размеров

43 ГОСТ Р ИСО 2531-2008 Трубы, фитинги, арматура и их соединения из чугуна с шаровидным графитом для водо- и газоснабжения. Технические условия

44 ГОСТ Р 53201-2008 Трубы стеклопластиковые и фитинги. Технические условия

45 ГОСТ Р 50838-2009 Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия

46 ГОСТ Р 21.1101-2013 Основные требования к проектной и рабочей документации

47 ГОСТ ISO 1167-1-2013 Трубы, соединительные детали и узлы соединений из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Определение стойкости к внутреннему давлению. Часть 1. Общий метод

48 ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

49 ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

50 ГОСТ Р 54560-2011 (ГОСТ Р 54560-2015 с 01.01.2017) Трубы и детали трубопроводов из реактопластов, армированных стекловолокном. Технические условия

51 ГОСТ Р 54475-2011 Трубы полимерные со структурированной стенкой и фасонные части к ним для систем наружной канализации. Технические условия

52 ГОСТ 21.704-2011 Правила выполнения рабочей документации наружных систем водоснабжения и канализации (взамен ГОСТ 21.604-82)

53 ГОСТ Р 54808-2011 Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов

54 ГОСТ Р 54866-2011 (ИСО 9080:2003) Трубы из термопластичных материалов. Определение длительной гидростатической прочности на образцах труб методом экстраполяции

55 ГОСТ Р ИСО 12176-1-2011 Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем. Часть 1. Сварка нагретым инструментом встык

56 ГОСТ Р ИСО 12176-2-2011 Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем. Часть 2. Сварка с закладными нагревателями

57 ГОСТ Р ИСО 10467-2013Трубопроводы из армированных стекловолокном термореактопластов на основе ненасыщенных полиэфирных смол для напорной и безнапорной канализации и дренажа. Общие технические требования

58 ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля

59 ГОСТ 32972-2014 Колодцы полимерные канализационные. Технические условия

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

61 СНиП 23-01-99* Строительная климатология

62 Справочное пособие к СНиП 23-01-99*

63 СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения

64 СанПиН 2.1.4.1175-02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников

65 СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования

66 СП 40-105-2001 Проектирование и монтаж подземных трубопроводов канализации из стеклопластиковых труб

67 СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов

68 СП 34.13330.2010 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*

69 СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85

70 СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*

71 СП 66.13330.2011 Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом

72 СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004

73 СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85

74 СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*

75 СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85

76 СП 33.13330.2012 Расчет на прочность стальных трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 2.04.12-86

77 СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87

78 СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87

79 СП 72.13330.2012 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03-85

80 ТСН 30-305-2002 Санкт-Петербург. Градостроительство. Реконструкция и застройка нецентральных районов Санкт-Петербурга (в ред. 20.01.2005)

81 ТСН 30-306-2002 Санкт-Петербург. Реконструкция и застройка исторически сложившихся районов Санкт-Петербурга

82 ТСН 50-302-2004 Санкт-Петербург. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге

83 РМД 41-11-2012 Санкт-Петербург. Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге

84 РМД 11-22-2013 Санкт-Петербург. Руководство по проектной подготовке капитального строительства в Санкт-Петербурге

85 СН 550-82 Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб. ВНИИМонтажспецстрой – Киевский филиал Минмонтажспецстроя СССР. Утверждена постановлением Госстрой России от 22.04.1982 № 102

86 Пособие к СН 550-82 Пособие по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб. НПО Пластик Минхимпрома СССР. 1983

87 ВСН 3-94 Ведомственные строительные нормы по прокладке подземных трубопроводов холодного водоснабжения из стальных труб с внутренней цементно-песчаной защитой диаметром 300-600 мм (Департамент строительства Москвы, 1997)

Приложение Б
(рекомендуемое)

Испытательная лаборатория, осуществляющая работы в области подтверждения качества труб и фасонных изделий для сетей водоснабжения и водоотведения

Испытательная лаборатория, осуществляющая работы в области подтверждения качества труб и фасонных изделий для сетей водоснабжения и водоотведения, согласно Федеральному закону РФ «О техническом регулировании» [7] должна соответствовать ГОСТ ИСО/МЭК 17025, иметь свидетельство об аккредитации, выданное уполномоченным органом Федеральной службы по аккредитации (Росаккредитация).

Испытательной лаборатории рекомендуется получить аттестат, выдаваемый уполномоченным органом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) для выполнения работ по неразрушающему контролю сварных соединений металлических труб в соответствии с ПБ 03-372-00 [85].

Отбор образцов и испытания, проводимые лабораторией, должны осуществляться в соответствии с действующими стандартами (см. таблицы Б1-Б4).

Таблица Б1 – Испытания для труб и фасонных изделий из PE 100-RC

№ п/п	Наименование испытаний	Нормативный документ, согласно которому проводится испытание
1	Определение прочности при разрыве	ГОСТ 11262
2	Определение относительного удлинения при разрыве	ГОСТ 11262
3	Определение изменения длины после прогрева	ГОСТ 27078
4	Определение стойкости при постоянном внутреннем давлении	ГОСТ ISO 1167-1
7	Испытание на ползучесть материала труб (FNCT-тест)	ISO 16770 [29]
8	Испытание точечной нагрузкой	Приложение А3 к PAS 1075 [20]
9	Пенетрационные испытания	Приложение А4 к PAS 1075 [20]
10	Определение сплошности сварных соединений (УЗК)	ГОСТ Р 55724-2013

Измерительные инструменты и испытательное оборудование:
- рулетка, лекала, нутромер, штангенциркуль, микрометр, толщиномер ультразвуковой и толщиномеры покрытий для проведения визуального контроля;
- оборудование для подготовки образцов;
- универсальная разрывная машина для испытаний образцов на растяжение;
- термокамера для испытаний образцов на изменение длины после прогрева;
- установка для испытаний образцов на стойкость при постоянном внутреннем давлении, обеспечивающую возможность проведения одновременных испытаний при разных температурах;
- ультразвуковой импульсный дефектоскоп, пьезоэлектрические преобразователи, стандартные образцы для ультразвукового контроля сварных соединений.

Таблица Б2 – Испытания для PE и PP труб и фасонных изделий со структурированной стенкой

№ п/п	Наименование испытаний	Нормативный документ, согласно которому проводится испытание
1	Определение кольцевой жесткости	ГОСТ Р 54475
2	Определение кольцевой гибкости при деформации	ГОСТ Р 54475
3	Определение коэффициента ползучести	ГОСТ Р 54475
4	Испытание на герметичность соединений	ГОСТ Р 54475
5	Определение стойкости к удару ступенчатым методом	ГОСТ Р 54475
6	Определение стойкости к прогреву при температуре	ГОСТ 27077, ГОСТ 27078
7	Определение стойкости при постоянном внутреннем давлении	ГОСТ 24157

Измерительные инструменты и испытательное оборудование:
- рулетка, лекала, нутромер, штангенциркуль, микрометр, толщиномер ультразвуковой и толщиномеры покрытий для проведения визуального контроля;
- стенд для испытаний на герметичность;
- оборудование для подготовки образцов;
- машина для обеспечения деформации сжатия поперечного сечения образца;
- стенд с падающим грузом;
- универсальная разрывная машина для испытаний образцов на растяжение;
- термокамера для испытаний образцов на изменение длины после прогрева;
- установка для испытаний образцов на стойкость при постоянном внутреннем давлении, обеспечивающую возможность проведения одновременных испытаний при разных температурах.

Таблица Б3 – Испытания для стеклопластиковых труб и фасонных изделий

№ п/п	Наименование испытаний	Нормативный документ, согласно которому проводится испытание
1	Определение кольцевой жесткости	ГОСТ Р 54560, ISO 10468 [44], [45]
2	Определение показателя твердости по Барколу	ГОСТ Р 54560
3	Испытание на герметичность трубы и муфт	ГОСТ Р 54560, ГОСТ Р ИСО 10467, ISO 10639 [40], [41]
4	Степень отверждения материала труб и муфт	ГОСТ Р 54560
5	Определение окружного предела прочности при растяжении	ГОСТ 25.603
6	Определение осевого предела прочности при растяжении	ГОСТ 25.601
7	Определение окружного модуля упругости при растяжении	ГОСТ 25.603
8	Определение осевого модуля упругости при растяжении	ГОСТ 25.601
9	Определение окружного модуля упругости при изгибе	ГОСТ 25.604
10	Определение коэффициента Пуассона	ГОСТ 25.601
11	Определение коэффициента линейного теплового расширения	ГОСТ 15173
12	Испытания на устойчивость к разрушению в деформированном состоянии	ГОСТ Р ИСО 10467, ISO 10639 [40], [41]
13	Испытание на устойчивость к коррозии в деформированном состоянии	ГОСТ Р ИСО 10467, ISO 10639 [40], [41]

Измерительные инструменты и испытательное оборудование:
- рулетка, лекала, нутромер, штангенциркуль, микрометр, толщиномер ультразвуковой и толщиномеры покрытий для проведения визуального контроля;
- стенд для испытаний на герметичность;
- оборудование для подготовки образцов;
- машина для обеспечения деформации сжатия поперечного сечения образца;
- универсальная разрывная машина для испытаний образцов на растяжение;
- термокамера для испытаний образцов на изменение длины после прогрева.

Таблица Б4 – Испытания для труб и фасонных изделий из ВЧШГ, а также стальных электросварных прямошовных труб и фасонных изделий

№ п/п	Наименование испытаний	Нормативный документ, согласно которому проводится испытание
1	Испытания на растяжение (определения временного сопротивления, предела текучести, относительного удлинения)	ГОСТ 10006, ГОСТ 1497, ГОСТ 27208, ГОСТ Р ИСО 2531
2	Испытания на твердость	ГОСТ 9012, ГОСТ 27208, ГОСТ Р ИСО 2531
3	Испытания на герметичность	ГОСТ 3845, ГОСТ Р ИСО 2531, DIN EN 545 [32]
4	Испытания на ударную вязкость	ГОСТ 9454, ГОСТ 10708
5	Контроль массы цинкового покрытия	ISO 8179-1 [86]
6	Определение сплошности сварных соединений (УЗК)	ГОСТ Р 55724-2013
7	Определение сплошности сварных соединений (РК)	ГОСТ 20426, ГОСТ 7512

Измерительные инструменты и испытательное оборудование:
- рулетка, лекала, нутромер, штангенциркуль, микрометр, толщиномер ультразвуковой и толщиномеры покрытий для проведения визуального контроля;
- стенд для испытаний на герметичность;
- оборудование для подготовки образцов;
- контрольное устройство для определения пластичности металла;
- универсальная разрывная машина для испытаний образцов на растяжение;
- приборы для измерения твердости по Роквеллу и Бринеллю;
- копр маятниковый для определения ударной вязкости металла;
- термостат для нагрева образца;
- ультразвуковой импульсный дефектоскоп, пьезоэлектрические преобразователи, стандартные образцы для ультразвукового контроля сварных соединений;
- радиационные источники излучения, маркировочные знаки размеров, радиографические пленки, металлические и флуоресцирующие усиливающие экраны, кассеты для зарядки пленки, защитные свинцовые экраны, проволочные, канавочные или пластинчатые эталоны для радиографического метода контроля сварных соединений;

Дополнительное оборудование для анализа химического состава и структуры металла:
- оптический спектрометр (ренгеноспектрометр);
- микроскоп металлографический.

Приложение В
(рекомендуемое)

Технические требования к контролю качества сварных соединений РЕ труб

1. При строительстве и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения с применением полиэтиленовых труб для обеспечения требуемого уровня качества производят:

- проверку квалификации сварщиков;
- входной контроль качества применяемых труб, соединительных деталей и материалов;
- технический осмотр сварочных устройств (нагревательного инструмента, сварочного центратора, торцовки, блока питания, программного устройства, вспомогательного инструмента) и другого технологического оборудования;
- систематический операционный контроль качества сборки под сварку и режимов сварки;
- визуальный контроль (внешний осмотр) сварных соединений и инструментальный контроль их геометрических параметров;
- контроль качества выполненных работ при помощи видеокамеры;
- контроль сварных стыковых соединений физическими методами (в объеме не менее 2 %, но не менее одного стыка на каждого сварщика);
- испытания смонтированного трубопровода на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим или пневматическим способом согласно СНиП 3.05.04 при его сдаче в эксплуатацию;
- механические испытания сварных соединений.

Проверку сварочных устройств и технологического оборудования следует производить в соответствии с инструкциями по эксплуатации на соответствие паспортным данным и ГОСТ Р ИСО 12176. Дата технического осмотра и его результаты должны быть отражены в «Общем журнале работ».

2. Перед началом оценки качества сварных соединений полиэтиленовых труб необходимо проверить квалификацию сварщика в соответствии с РД 03-495-02 [77]. Сварщик должен, как правило, сварить в условиях, близких к производственным, допускные сварные соединения. Допускные сварные соединения изготавливаются из отрезков полиэтиленовых труб длиной не менее 300 мм, сваренных между собой при помощи деталей с закладными нагревателями или нагретым инструментом встык.

Количество допускных соединений при сварке деталями с закладными нагревателями должно быть не менее одного. Количество допускных соединений при сварке нагретым инструментом встык должно составлять не менее одного – при использовании сварочной техники с высокой степенью автоматизации, двух – при использовании сварочной техники со средней степенью автоматизации, трех – при использовании сварочной техники с ручным управлением.

Допускные сварные соединения независимо от способа сварки подвергают визуальному контролю (внешнему осмотру) и измерительному контролю геометрических параметров. Если по результатам внешнего осмотра сварные соединения не отвечают установленным требованиям, то сварщик выполняет сварку повторно. Отбор сварных соединений для механических испытаний осуществляют после получения положительных результатов визуального и измерительного контроля.

Допускные стыки, сваренные нагретым инструментом встык, подвергают механическим испытаниям на осевое растяжение, ультразвуковому контролю. Допускные сварные соединения, сваренные соединительными деталями с закладными нагревателями, подвергают механическим испытаниям: на сплющивание (для муфт, переходов, тройников, заглушек), на отрыв (для седловых отводов).

При неудовлетворительных результатах механического или ультразвукового испытания хотя бы одного сварного соединения сварщик выполняет сварку их удвоенного количества. Если при повторном контроле получены неудовлетворительные результаты хотя бы по одному из дополнительно сваренных соединений, то сварщик признается не выдержавшим испытания и должен пройти переаттестацию в установленном порядке.

По результатам механических испытаний и ультразвукового контроля допускных сварных соединений оформляются протоколы установленной формы, на основании которых сварщик допускается (не допускается) к проведению сварочных работ.

3. Проверке подвергаются допускные и контрольные соединения, выполненные сварщиком в соответствии с инструкцией завода-изготовителя полиэтиленовой трубы и ГОСТ 16310. Вырезку контрольных соединений осуществляют в период производства сварочных работ. Контрольные соединения выполняются в случаях обнаружения нарушений технологии сварки.

4. Сварные соединения, забракованные при внешнем осмотре и измерениях, исправлению не подлежат и должны быть удалены. При неудовлетворительных результатах испытаний сварных соединений необходимо произвести проверку удвоенного числа соединений тем же методом контроля, по которому были получены неудовлетворительные результаты. Если при повторной проверке хотя бы одно из проверяемых соединений окажется неудовлетворительного качества, то сварщик отстраняется от работы и направляется для переаттестации или проверяется сварочная техника, которая использовалась для сварки этих стыков.

5. Обязательным методам испытаний (см. таблицу В1) подвергаются сварные соединения, выполняемые перед началом строительства (допускные стыки) и отбираемые из числа стыков, сваренных каждым сварщиком на объекте (контрольные стыки). Перечень специальных методов испытаний, рекомендуемых к проведению при оценке качества сварных соединений, приведен в таблице В2. Результаты испытаний на длительное растяжение являются факультативными.

Таблица В1 – Перечень обязательных методов испытаний

Метод испытаний	Способ сварки
Внешний осмотр	Нагретым инструментом встык. Деталями с закладными нагревателями
Испытание на осевое растяжение	Нагретым инструментом встык
Ультразвуковой контроль	Нагретым инструментом встык
Испытания на герметичность	Нагретым инструментом встык. Деталями с закладными нагревателями
Испытание на сплющивание	Деталями с закладными нагревателями
Испытание на отрыв	Деталями с закладными нагревателями (только для седловых отводов)

Таблица В2 – Перечень специальных методов испытаний

Метод испытаний	Способ сварки
Испытание на статический изгиб	Нагретым инструментом встык
Испытание при постоянном внутреннем давлении	Нагретым инструментом встык. Деталями с закладными нагревателями
Испытание на длительное растяжение	Нагретым инструментом встык
Испытания на стойкость к удару	Деталями с закладными нагревателями (только для седловых отводов)

6. Внешнему осмотру подвергаются соединения, выполненные любым способом сварки. Рекомендуется иметь на предприятии контрольные образцы соединений, по которым можно вести наглядное сравнение внешнего вида сварных соединений.

Контрольный образец представляет собой сварное соединение труб между собой или с соединительной деталью, отвечающее требованиям ГОСТ 16310. Длина контрольного образца должна составлять не менее двух диаметров трубы, при этом сварной шов должен располагаться посередине.

Контрольный образец снабжается опломбированным ярлыком, в котором указывают:

- условное обозначение сваренных труб (соединительных деталей);
- наименование предприятия, выполняющего сварочные работы;
- гриф утверждения образца главным инженером, заверенный печатью, и дата утверждения;
- дату сварки и номер протокола сварочного процесса.

Сварку контрольных образцов производят на сварочном оборудовании, имеющем устройство для автоматического протоколирования сварки и при температуре наружного воздуха, близкой к условиям проведения строительства.

Контрольные образцы хранят на предприятии, выполняющем сварочные работы. Допускается использование типовых контрольных образцов для ряда типоразмеров труб и соединительных деталей.

7. Контрольные значения параметров для сварки встык в соответствии с DVS 2207-1 [87] представлены в таблице В3.

Таблица В3 – Контрольные значения параметров для сварки встык

Номинальное значение толщины стенки, мм	Приравнивание	Нагрев	Перестановка	Соединение	
	Толщина грата после окончания времени выравнивания (min значение), при $P = 0{,}15$ Н/мм^2, мм	Время нагрева 10 с на 1 мм толщины стенки, при $P \leq 0{,}01$ Н/мм^2, с	Время перестановки (max значение), с	Время нарастания усилия прижима, с	Время охлаждения под действием давления прижима (min значение), при $P = 0{,}15$ Н/мм^2, мин.
≤ 4,5	0,5	≤45	5	5	6
4,5-7	1,0	45-70	5-6	5-6	6-10
7-12	1,5	70-120	6-8	6-8	10-16
12-19	2,0	120-190	8-10	8-11	16-24
19-26	2,5	190-260	10-12	11-14	24-32
26-37	3,0	260-370	12-16	14-19	32-45
37-50	3,5	370-500	16-20	19-25	45-60
50-70	3,5	500-700	20-25	25-35	60-80

8. Внешний вид сварных соединений, выполненных сваркой нагретым инструментом встык, должен отвечать следующим требованиям:

- валики сварного шва должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;
- цвет валиков должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;
- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах 0,3-0,7 в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями это отношение допускается в пределах 0,2-0,8;
- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно превышать 10 % толщины стенки трубы (детали);
- впадина между валиками грата (линия сплавления наружных поверхностей валиков грата) не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);
- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5°.

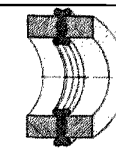
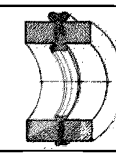
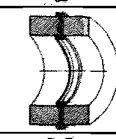
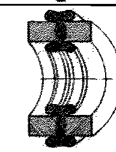
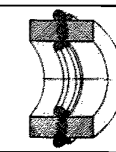
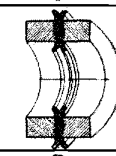
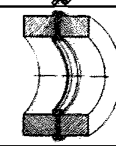
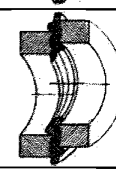
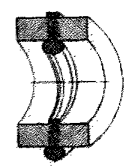
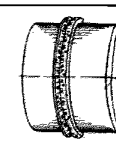
9. Размеры валиков наружного грата швов зависят от толщины стенки и материала свариваемых труб (деталей). В таблице В4 приведены данные, полученные при сварке труб (деталей) из ПЭ 100.

Таблица В4 – Размеры валиков наружного грата швов

Параметры наружного грата	Условное обозначение труб					
	SDR 11 63 x 5,8	*SDR 11 75 x 6,8*	*SDR 17,6 90 x 5,2*	*SDR 11 90 x 8,2*	*SDR 17,6 110 x 6,3*	*SDR 11 110 x 10*
Высота h, мм	1,1-2,3	1,5-2,6	1,1-2,3	1,9-3,4	1,5-2,6	1,9-3,4
Ширина b, мм	3,0-4,5	3,8-5,3	3,0-4,5	4,5-6,4	3,4-4,9	4,9-7,5
	SDR 17,6 125 x 7,1	*SDR 11 125 x 11,4*	*SDR 17,6 140 x 8,0*	*SDR 11 140 x 12,7*	*SDR 17,6 160 x 9,1*	*SDR 11 160 x 14,6*
Высота h, мм	1,5-3,0	2,3-3,8	1,9-3,4	2,3-3,8	1,9-3,4	2,3-3,8
Ширина b, мм	4,1-5,6	6,4-9,0	4,5-6,4	6,8-9,8	4,5-7,1	7,5-11,3
	SDR 17,6 180 x 10,2	*SDR 11 180 x 16,4*	*SDR 17,6 200 x 11,4*	*SDR 11 200 x 18,2*	*SDR 17,6 225 x 12,8*	*SDR 11 225 x 20,5*
Высота h, мм	1,9-3,4	2,6-4,1	2,3-3,8	3,0-4,5	2,3-3,8	3,4-4,9
Ширина b, мм	4,9-7,9	8,3-12,0	6,4-9,0	9,8-13,5	6,8-9,8	10,5-15,8
	SDR 17,6 250 x 14,2	*SDR 11 250 x 22,7*	*SDR 17,6 280 x 15,9*	*SDR 11 280 x 25,4*	*SDR 17,6 315 x 17,9*	*SDR 11 315 x 28,6*
Высота h, мм	2,3-3,8	3,4-5,6	2,6-4,1	3,8-6,0	3,0-4,5	4,1-6,8
Ширина b, мм	7,1-10,9	12,4-17,6	8,3-12,4	12,8-19,5	9,8-13,5	14,3-21,0

10. Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных нагретым инструментом встык, приведены в таблице В5.

Таблица В5 – Критерии оценки внешнего вида сварных стыковых соединений

Оценка внешнего вида			Графическое изображение
краткое описание	критерии оценки	соблюдение параметров сварки	
1. Хороший шов с гладкими и симметричными валиками грата округлой формы	Размеры наружного грата и внешний вид шва соответствуют требованиям качества (см. п. 7)	Соблюдение всех технологических параметров сварки в пределах нормы	
2. Брак. Шов с несимметричными валиками грата одинаковой высоты в одной плоскости, но различной в противоположных точках шва	Различие по высоте более 50 % в противоположных точках шва	Превышение допустимого зазора между торцами труб перед сваркой	
3. Брак. Малый грат округлой формы	Величина наружного грата по высоте и ширине меньше верхних предельных значений, приведенных в таблице Г3	Недостаточное давление при осадке шва или малое время прогрева	
4. Брак. Большой грат округлой формы	Величина наружного грата по высоте и ширине больше верхних предельных значений, приведенных в таблице Г3	Чрезмерное время прогрева или повышенная температура нагревателя	
5. Брак. Несимметричный грат по всей окружности шва	Различие по высоте и ширине валиков грата по всей окружности шва превышает 40 %	Различный материал свариваемых труб или деталей или различная толщина стенки труб	
6. Брак. Высокий и узкий грат, как правило, не касающийся краями трубы	Высота валиков грата больше или равна его ширине	Чрезмерное давление при осадке стыка при пониженной температуре нагревателя	
7. Брак. Малый грат с глубокой впадиной между валиками	Устье впадины расположено ниже наружной и выше внутренней образующих труб	Низкая температура нагревателя при недостаточном времени прогрева	
8. Брак. Неравномерность (асимметричность) валиков грата	Различие по высоте валиков грата в одной плоскости более 40 % с одновременным смещением образующих труб более 10 % толщины стенки	Смещение труб относительно друг друга	
9. Брак. Неравномерное распределение грата по периметру шва	Высота грата в месте неравномерного выхода больше его ширины, впадина между валиками грата нечетко выражена или отсутствует. В противоположной точке шва грат имеет размеры, меньшие на 50 % и более	Смещение нагревателя в процессе прогрева	
10. Брак. Шов с многочисленными наружными раковинами по периметру, с концентрацией по краям грата с возможными следами поперечного растрескивания	Многочисленные раковины, расположенные вплотную друг к другу	Чрезмерная температура нагревателя, значение которой выше температуры деструкции полиэтилена	

Определение размеров валиков производится непосредственно на сварном шве в условиях строительства. Допускается производить определение расположения впадины между валиками грата и замер самих валиков после срезания наружного грата по всему периметру трубы. Срезание наружного грата должно производиться при помощи специальных приспособлений, не наносящих повреждений телу трубы и не выводящих толщину стенки за пределы допускаемых отклонений.

Результаты внешнего осмотра и проверки размеров сварочного грата соединений, выполненных сваркой нагретым инструментом встык, считают положительными, если они отвечают требованиям п. 7 и критериям, приведенным таблицах В4 и В5. Отдельные наружные повреждения валиков сварного шва (срезы, сколы, вдавленности от клеймения стыка) протяженностью не более 20 мм и не затрагивающие основного материала трубы считать браком не следует.

Измерения швов проводят как минимум в двух взаимопротивоположных зонах по периметру шва. Контроль ширины и высоты наружного грата осуществляют штангенциркулем по ГОСТ 166. Допускается использование шаблонов с проходным и непроходным размерами. Для контроля симметричности валиков наружного грата по ширине производится их замер с помощью измерительной лупы ЛИ-3х, рассчитывается отношение замеренных размеров с округлением до целого значения. Расчет симметричности валиков наружного грата по высоте производится аналогично.

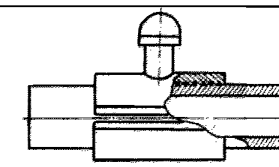
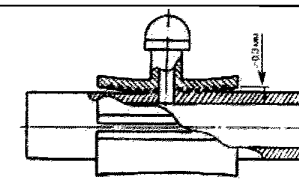
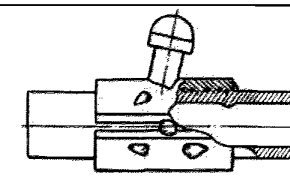
Для измерения смещения кромок может применяться специальный шаблон, который устанавливается по образующей одной из труб, прижимая его к трубе в околошовной зоне. Из-за смещения кромок при этом на другом конце опорной площадки шаблона наблюдается его подъем над поверхностью трубы. С помощью щупа производится замер зазора между поверхностью заготовки и пяткой шаблона. Далее рассчитывается отношение (в процентах) измеренного абсолютного значения смещения кромок к номинальной толщине стенки трубы. Расчет производится с округлением до целого значения процента.

11. Внешний вид сварных соединений, выполненных при помощи деталей с закладными нагревателями, должен отвечать следующим требованиям:

- трубы за пределами соединительной детали должны иметь следы механической обработки;
- индикаторы сварки деталей должны находиться в выдвинутом положении;
- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5°;
- поверхность не должна иметь следов температурной деформации или сгоревшего полиэтилена;
- по периметру детали не должно быть следов расплава полиэтилена, возникшего в процессе сварки.

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи седловых отводов с закладными нагревателями, приведены в таблице В6.

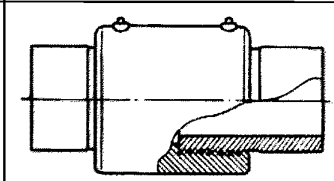
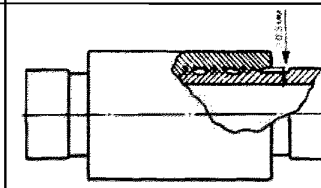
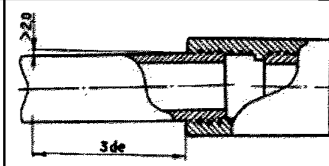
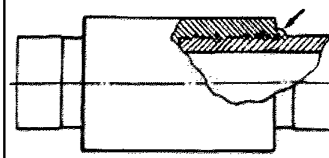
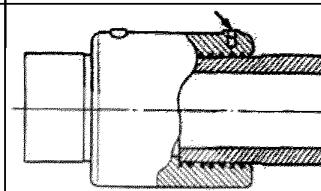
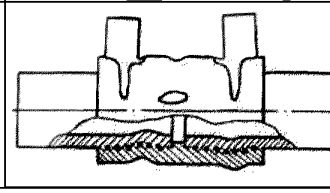
Таблица В6 – Критерии оценки вида седловых отводов с закладными нагревателями

Оценка внешнего вида			Графическое изображение
краткое описание	критерии оценки	соблюдение параметров сварки	
1. Хорошее соединение, отвод плотно облегает поверхность трубы	Гладкая поверхность отвода без искривлений и зазоров	Соблюдение технологических операций и параметров сварки в пределах нормы	
2. Брак. Зазор между охватывающей частью седлового отвода и трубой	Более 0,3 мм	Чрезмерная обработка поверхности трубы или недостаточное усилие прижатия отвода	
3. Брак. Температурная деформация наружной поверхности отвода	Появление гофра на поверхности	Чрезмерное время нагрева или напряжение питания	

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи муфт, тройников, отводов и переходов с закладными нагревателями, приведены в таблице В7.

Результаты внешнего осмотра сварных соединений, выполненных при помощи деталей с закладными нагревателями, считают положительными, если они отвечают требованиям п. 7 и критериям, приведенным в таблицах В6 и В7.

Таблица В7 – Критерии оценки вида сварных соединений, выполненных при помощи муфт, тройников, отводов и переходов с закладными нагревателями

Оценка внешнего вида			Графическое изображение
краткое описание	критерии оценки	соблюдение параметров сварки	
1. Хорошее соединение, деталь плотно охватывает концы свариваемых труб	Гладкая поверхность детали без видимых зазоров	Соблюдение технологических операций и параметров сварки в пределах нормы	
2. Брак. Зазор между охватывающей частью детали и трубой	Более 0,3 мм	Чрезмерная обработка поверхности трубы или эллипсность трубы	
3. Брак. Непараллельность (искривление осей трубы и детали)	Более 2 мм на длине L = 3de	Недостаточное заглубление концов труб внутрь детали или деформация соединения до его остывания	
4. Брак. Частичное появление расплава полиэтилена по торцам детали	Не допускается	Сдвиг трубы в процессе сварки или смещение спирали	
5. Брак. Индикаторы сварки в исходном положении	Не допускается	Недостаточное время сварки или недостаточное напряжение, подаваемое на спираль детали	
6. Брак. Местное расплавление поверхности детали	Не допускается	Чрезмерное время нагрева или напряжение питания	

12. Испытаниям на осевое растяжение подвергаются соединения, выполненные сваркой нагретым инструментом встык. Критерием определения качества сварного соединения, выполненного сваркой встык, является характер разрушения образцов.

Различают три типа разрушения:

Тип I – наблюдается после формирования «шейки», типичного сужения площади поперечного сечения образца во время растяжения на одной из половин испытываемого образца, разрушение наступает, как правило, не ранее чем при достижении относительного удлинения более 50 % и характеризует высокую пластичность, линия разрыва проходит по основному материалу и не пересекает плоскость сварки;

тип II – отмечается при достижении предела текучести в момент начала формирования «шейки», разрушение наступает при небольших величинах относительного удлинения, как правило, не менее 20 и не более 50 % и характеризует низкую пластичность, линия разрыва пересекает плоскость сварки, но носит вязкий характер;

тип III – происходит до достижения предела текучести и до начала формирования «шейки», разрушение наступает при удлинении образца, как правило, не более 20 % и характеризует хрупкое разрушение, линия разрыва проходит точно по плоскости сварки.

Результаты испытания считаются положительными, если при испытании на осевое растяжение не менее 80 % образцов имеют пластичный характер разрушения I типа. Остальные 20 % образцов могут иметь характер разрушения II типа. Разрушение III типа не допускается. При хрупком разрыве по шву для определения причин разрушения анализируются характер излома и дефекты шва.

При испытании на осевое растяжение определяют также относительное удлинение при разрыве (по ГОСТ 11262, за исключением п. 1.5 и 4.2, последний абзац). Методика проведения испытаний образцов сварных стыковых соединений на осевое растяжение приведена в Приложении П к СП 42-103.

13. Ультразвуковому контролю подвергаются соединения полиэтиленовых труб, выполненные сваркой нагретым инструментом встык и соответствующие требованиям визуального контроля (внешнего осмотра). Количество сварных соединений, подвергаемых ультразвуковому контролю, следует определять по СНиП 3.05.04.

К выполнению работ по ультразвуковому контролю допускаются специалисты, имеющие сертификат установленной формы на право проведения контроля не ниже второго уровня квалификации по акустическим методам контроля, а также удостоверение о дополнительном обучении по контролю сварных стыковых соединений полиэтиленовых трубопроводов.

С помощью ультразвукового контроля должны выявляться внутренние дефекты типа несплавлений, трещин, отдельных или цепочек (скоплений) пор, включений. Критерии оценки качества при помощи ультразвукового контроля сварных стыковых соединений полиэтиленовых труб приведены в Приложении Р к СП 42-103.

Дефекты сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов по результатам ультразвукового контроля относят к одному из следующих видов:

- одиночные (поры, механические включения, примеси);
- протяженные (несплавления, трещины, удлиненные поры и включения, цепочки или скопления пор, включений).

Оценка качества сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов производится по следующим признакам:

- максимально допустимой площади дефекта (амплитудный критерий);
- по условной протяженности дефекта (амплитудно-временной критерий);
- по количеству допустимых дефектов на периметре стыка.

Предельно допустимые размеры и количество дефектов приведены в Приложении С к СП 42-103. В случае определения разных значений условной протяженности дефекта при контроле сварного шва с двух его сторон оценка качества производится по большему из них.

14. Испытаниям на сплющивание подвергают соединения, полученные сваркой при помощи деталей муфтового типа (муфт, переходов, отводов, тройников, заглушек и т.п.) с закладными нагревателями. Испытания проводят на образцах-сегментах путем сжатия труб у торца соединения до величины, равной двойной толщине стенки. Стойкость сварного шва к сплющиванию характеризуется процентом отрыва, который является отношением длины сварного шва, не подвергнувшейся отрыву, к полной длине сварного шва в пределах одной трубы. Результаты испытаний считают положительными, если на всех испытанных образцах отрыв не наблюдался или если отношение длины шва, не подвергнутой отрыву, к общей измеренной длине шва составляет не менее 40 %. Методика проведения испытаний сварных соединений на сплющивание приведена в Приложении Т к СП 42-103.

15. Испытаниям на отрыв подвергают сварные соединения труб и седловых отводов с закладными нагревателями. Сварное соединение подвергается испытанию целиком и продолжается до полного отделения седлового отвода от трубы. В результате испытания соединения излом в месте сварки седлового отвода с трубой должен иметь полностью или частично пластичный характер разрушения по замкнутому периметру сварного шва. Хрупкое разрушение не допускается. В процессе проведения испытаний фиксируется также разрушающая нагрузка. Методика проведения испытания сварных соединений на отрыв приведена в Приложении У к СП 42-103.

16. Испытаниям на статический изгиб подвергаются соединения, выполненные сваркой нагретым инструментом встык. Испытания проводят на образцах-полосках с расположенным по центру сварным швом. При испытании на статический изгиб определяется угол изгиба образца, при котором появляются первые признаки разрушения. Результаты испытания считаются положительными, если испытываемые образцы выдерживают без разрушения и появления трещин изгиб на угол не менее 160°. Методика проведения испытаний приведена в Приложении Ф к СП 42-103.

17. Испытаниям при постоянном внутреннем давлении подвергаются сварные соединения, выполненные как сваркой нагретым инструментом встык, так и сваркой при помощи деталей с закладными нагревателями. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 24157.

При испытании определяется стойкость при постоянном внутреннем давлении в течение заданного промежутка времени при нормальной и повышенной температурах и определенной величине начального напряжения в стенке трубы. Результаты испытаний считаются положительными, если все испытуемые образцы не разрушились до истечения контрольного времени испытания или разрушился один из образцов, но при повторных испытаниях ни один из образцов не разрушился. Методика проведения испытаний на внутреннее давление приведена в Приложении Х к СП 42-103.

18. Испытание сварных соединений на длительное растяжение проводится для определения длительной несущей способности сварных соединений, выполненных сваркой нагретым инструментом встык. Одновременно с испытанием оцениваемых образцов сварных швов при тех же условиях испытывают образцы других сварных соединений, сваренных при оптимальных параметрах сварки (базовые стыки). Образцы оцениваемых сварных соединений и базовые стыки должны быть изготовлены из одной марки материала и одной партии труб.

Испытания проводят до появления трещин не менее чем у 50 % испытываемых образцов. Результаты испытания сравниваются по среднему значению времени до появления трещин. По мере проведения испытаний образцы должны подвергаться периодическому внешнему осмотру с целью выявления хрупкого излома и трещин в зоне шва. Изломы в области зажимов не учитываются. Результаты испытания считаются положительными, если образцы оцениваемых сварных соединений имеют среднее значение времени до появления трещин не ниже значений, полученных для базовых стыковых соединений. Методика проведения испытаний приведена в Приложении Ц к СП 42-103.

19. Испытаниям на стойкость к удару подвергаются соединения, выполненные при помощи крановых седловых отводов. Испытания проводят на образцах в виде патрубков с расположенным посередине седловым отводом. При испытании на стойкость к удару определяется способность образца выдержать внутреннее пневматическое давление (0,6 ± 0,05) МПа в течение 24 ч после нанесения по нему двух ударов падающим грузом массой (5,0 ± 0,05) кг. Результаты испытания считаются положительными, если оцениваемые образцы выдерживают испытание при отсутствии видимых разрушений и разгерметизации. Методика проведения испытаний приведена в Приложении Ш к СП 42-103.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Расчет на прочность трубопровода из PE 100-RC при подземной прокладке

Прочностной расчет трубопроводов из PE 100-RC при подземной прокладке рекомендуется выполнять согласно методике, приведенной в Приложении Д к СП 40-102 (для напорного варианта), с учетом СН 550-82, Пособия к СН 550-82 и ATV-DVWK-A 127 [31].

Выбираем исходные данные для расчета:

- отношение наружного диаметра трубы к толщине стенки SDR – 17;
- наружный диаметр $D_н$ – 315,0 мм;
- кратковременный модуль упругости PE 100-RC E_0 – 1050 МПа;
- долговременный модуль упругости PE 100-RC E_τ – 200 МПа;
- коэффициент Пуассона PE 100-RC μ – 0,32;
- предел текучести PE 100-RC при растяжении σ_0 – 22 МПа;
- глубина заложения от уровня земли до верха трубы $H_{гр1}$ – 2,3 м;
- глубина грунтовых вод от уровня земли $H_{гв}$ – 2,0 м;
- удельный вес грунта засыпки траншеи $\gamma_{гр}$ – 0,018 МН/м^3 (суглинки полутвердые, тугомягкие и текучепластичные, категория грунта Г-IV);
- удельный вес грунтовых вод $\gamma_в$ – 0,01 МН/м^3;
- модуль деформации грунта засыпки $E_{гр}$ – 5,5 МПа (для степени уплотнения 0,95);
- коэффициент, учитывающий качество уплотнения постели грунта K_σ – 1 (при периодическом контроле);
- коэффициент, учитывающий запаздывание овализации сечения трубы во времени K_τ – 1,25;
- коэффициент уплотнения грунта $K_{уг}$ – 1;
- коэффициент прогиба K_w – 0,11 (при периодическом контроле);
- коэффициент, учитывающий влияние кольцевой жесткости на овализацию трубы $K_ж$ – 0,15;
- коэффициент, учитывающий влияние грунта засыпки на овализацию трубы $K_{гр}$ – 0,06;
- коэффициент запаса на овализацию трубы $K_{зψ}$ – 1 (для напорных и безнапорных трубопроводов);
- коэффициент запаса на устойчивость стенки трубы к действию внешних нагрузок $K_{зу}$ – 3;
- коэффициент запаса при растяжении материала стенки трубы, происходящего в условиях релаксации $K_з$ – 2;
- коэффициент, учитывающий процесс округления овализованной трубы под действием внутреннего давления в трубопроводе $K_{ок}$ = 1 (так как $K_{ок} \le 1$, выбираем значение, когда внутренне давление минимально);
- коэффициент, учитывающий глубину заложения n – 1 (для глубины заложения более 1,0 м);
- нагрузка от транспорта q_m – 0,01 МПа (в условиях строительства по поверхности над трубопроводом возможно перемещение тяжелого транспорта).

Определяем толщину стенки трубы, используя исходные данные

$$s = \frac{D_н}{SDR} = \frac{315,0}{17,0} = 18,5 \text{ мм}. \qquad (Г1)$$

Определяем глубину заложения до оси трубы $H_{гр2}$, используя исходные данные

$$H_{гр2} = H_{гр1} + \frac{D_н}{2} = 2,3 + \frac{0,315}{2} = 2,5 \text{ м}. \qquad (Г2)$$

Определяем грунтовую нагрузку, используя исходные данные и формулу (Г2)

$$q_{гр} = \gamma_{гр} H_{гр2} = 0,018 \cdot 2,5 = 0,044 \text{ МПа}. \qquad (Г3)$$

Определяем нагрузку от грунтовых вод (выталкивающей силой пренебрегаем), используя исходные данные и формулу (Г2)

$$q_{гв} = \gamma_{гв}(H_{гр2} - H_{гв}) = 0{,}01 \cdot (2{,}5 - 2{,}0) = 0{,}005 \text{ МПа}. \quad (Г4)$$

Определяем общую нагрузку, используя формулы (Г3) и (Г4)

$$q_c = q_{гр} + q_{гв} + q_т = 0{,}044 + 0{,}005 + 0{,}01 = 0{,}059 \text{ МПа}. \quad (Г5)$$

Определяем момент инерции сечения трубы на единицу длины, используя формулу (Г1)

$$I = \frac{s^3}{12} = \frac{277{,}9^3}{12} = 530{,}2 \text{ мм}^3/\text{мм}. \quad (Г6)$$

Определяем кратковременную кольцевую жесткость трубы, используя исходные данные и формулы (Г1) и (Г6)

$$G_0 = 53{,}7\frac{E_0 I}{(1-\mu^2)(D_н - s)^3} = 53{,}7\frac{1050 \cdot 530{,}2}{(1-0{,}32^2)(315{,}0-18{,}5)^3} = 1{,}278 \text{ МПа}. \quad (Г7)$$

Определяем длительную кольцевую жесткость трубы, используя исходные данные и формулы (1) и (6)

$$G_\tau = 53{,}7\frac{E_\tau I}{(1-\mu^2)(D_н - s)^3} = 53{,}7\frac{200 \cdot 530{,}2}{(1-0{,}32^2)(315{,}0-18{,}5)^3} = 0{,}243 \text{ МПа}. \quad (Г8)$$

Определяем относительное укорочение вертикального диаметра трубы под действием грунтовой нагрузки, используя исходные данные и формулы (Г3) и (Г7)

$$\psi_{гр} = \frac{K_{ок}K_\tau K_w q_{гр}}{K_ж G_0 - K_{гр}E_{гр}} = \frac{1 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}044}{0{,}15 \cdot 1{,}278 - 0{,}06 \cdot 5{,}5} = 0{,}012. \quad (Г9)$$

Определяем укорочение вертикального диаметра трубы под действием транспортной нагрузки, используя исходные данные и формулу (Г7)

$$\psi_т = \frac{K_{ок}K_у K_w q_т}{K_ж G_0 - nK_{гр}E_{гр}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}01}{0{,}15 \cdot 1{,}278 - 1 \cdot 0{,}06 \cdot 5{,}5} = 0{,}002. \quad (Г10)$$

Принимаем укорочение вертикального диаметра трубы в процессе складирования и монтажа $\psi_м = 0{,}02$ (по таблице Д.1 СП 40-102 для $G_0 > 0{,}29$ МПа и степени уплотнения грунта 0,85-0,95) и определяем относительное укорочение вертикального диаметра трубы, используя формулы (Г9) и (Г10)

$$\psi = \psi_{гр} + \psi_т + \psi_м = 0{,}012 + 0{,}002 + 0{,}02 = 0{,}036 \text{ или } 3{,}6\ \% \quad (Г11)$$

Если относительное укорочение вертикального диаметра трубы $\psi > 6$ % (согласно ATV-DVWK-A 127 [31] допустимая деформация не должна превышать 6 %), то рекомендуется выбрать трубу с более высокой кольцевой жесткостью или меньшим *SDR*, или же выбрать грунт засыпки с более высоким модулем деформации.

Определяем коэффициент овальности поперечного сечения трубы, используя формулу (Г11)

$$K_{ов} = 1 - 0{,}7\psi = 1 - 0{,}7 \cdot 0{,}036 = 0{,}975. \quad (Г12)$$

Определяем максимальное значение степени растяжения материала стенки трубы из-за овальности поперечного сечения трубопровода под действием внешних нагрузок, используя исходные данные и формулы (Г1) и (Г11)

$$\varepsilon_р = 4{,}27K_\sigma \frac{s}{D_н}\psi K_{з\psi} = 4{,}27 \cdot 1 \cdot \frac{18{,}5}{315{,}0} \cdot 0{,}036 \cdot 1 = 0{,}009. \quad (Г13)$$

Определяем степень сжатия материала стенки трубы, происходящего под действием внешних нагрузок, используя исходные данные и формулы (Г1) и (Г5)

$$\varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_0} \cdot \frac{D_н}{s} = \frac{0{,}059}{2 \cdot 1050} \cdot \frac{315{,}0}{18{,}5} = 0{,}0005. \quad (Г14)$$

Определяем допустимую степень растяжения материала стенки трубы, происходящего в условиях релаксации, используя исходные данные

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\sigma_0}{E_t K_з} = \frac{22}{200 \cdot 2} = 0{,}055. \qquad (Г15)$$

Определяем допустимую степень растяжения материала в стенке трубы, происходящего в условиях ползучести, используя исходные данные

$$\varepsilon_{pn} = \frac{\sigma_0}{E_0 K_з} = \frac{22}{1050 \cdot 2} = 0{,}01. \qquad (Г16)$$

Проверяем условия прочности трубы, используя формулы (Г13)-(Г16)

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} = \frac{0{,}009}{0{,}055} + \frac{0{,}0005}{0{,}01} = 0{,}21 \le 1{,}0. \qquad (Г17)$$

Проверяем устойчивость трубы против действия сочетания внешних нагрузок, используя исходные данные и формулы (Г5), (Г8) и (Г12)

$$\frac{K_{уг} K_{ов} \sqrt{n E_{гр} G_\tau}}{K_{зу}} = \frac{1 \cdot 0{,}975 \sqrt{1 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}243}}{3} = 0{,}376 \text{ МПа} \ge q_c = 0{,}059 \text{ МПа}. \qquad (Г18)$$

Таким образом, все расчетные показатели трубопровода полностью удовлетворяют проверкам на допустимые деформации и допустимые нагрузки.

Приложение Д
(рекомендуемое)

Расчет на прочность трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке

Прочностной расчет трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке рекомендуется выполнять согласно методике, приведенной в разделах 5.10-5.12 СП 66.13330 (для самотечного варианта), с учетом ГОСТ Р ИСО 2531, "Water mains" [88].

Выбираем исходные данные для расчета:

- наружный диаметр $D_н$ – 635,0 мм;
- толщина стенки трубы h – 9,9 мм;
- модуль упругости Юнга E – $1{,}7 \cdot 10^5$ Па;
- несущая способность трубы на внутреннее гидростатическое давление незасыпанного трубопровода P^0 – 9,7 МПа;
- расчетное сопротивление материала трубы на растяжение R_p – 300 МПа (при доверительной вероятности $p^* \geq 0{,}997$);
- глубина заложения от уровня земли до верха трубы H – 2,2 м;
- глубина грунтовых вод от уровня земли $H_{гв}$ – 2,0 м;
- удельный вес грунтовых вод $\gamma_в$ – 0,01 МН/м^3;
- удельный вес грунта засыпки траншеи $\gamma_{гр}$ – 17,7 кН/м^3 (суглинки, пески пылеватые, категория грунта Г-III);
- модуль деформации грунта засыпки $E_{гр}$ – 2,2 МПа (для нормальной степени уплотнения);
- расчетное внутреннее гидростатическое давление в трубопроводе $P_{раб}$ – 1,6 МПа;
- атмосферное давление при образовании в трубопроводе вакуума $P_{вак}$ – 0,1 МПа;
- безразмерный коэффициент, используемый для обозначения класса труб, k – 9;
- коэффициент, учитывающий заложение откоса, $m_{3,0}$ – 0,5 (при укладке в траншее с наклонными стенками на плоское основание);
- коэффициент, учитывающий выступание трубы, χ – 0,98 (при опирании на плоское грунтовое основание);
- коэффициент, учитывающий перегрузки для внешних нагрузок, n – 1,15 (при вертикальном давлении грунта), n – 1,1 (при вертикальном давлении транспорта, например НГ-60), n – 1,1 (при собственной массе трубопровода), n – 1,0 (при массе наполнителя), n – 1,0 (при горизонтальном давлении транспорта), n – 0,8 (при горизонтальном давлении грунта);
- коэффициент, учитывающий боковое давление грунта, $\lambda_{гр}$ – 0,05 (для нормальной степени уплотнения);
- коэффициент, учитывающий боковое давление грунта, $\lambda_н$ – 0,2 (для нормальной степени уплотнения);
- динамический коэффициент, учитывающий подвижную нагрузку, μ_m – 1 (зависит от глубины заложения трубопровода);
- коэффициент, зависящий от схемы распределения нагрузок и опорной реакции, с учетом активного влияния бокового давления грунта, f – 1;
- коэффициент, учитывающий условия работы материала труб, m – 1 (при доверительной вероятности $p^* \geq 0{,}997$);
- равномерно распределенное давление от транспортной нагрузки q_m – 16,5 кН/м^2 (для НГ-60).

Выполняем вычисление нагрузок от давления грунта засыпки.

Определяем ширину траншеи с наклонными стенками в соответствии с СП 45.13330, используя исходные данные:

$$B_1 = D_н + 0{,}6 = 0{,}635 + 0{,}6 = 1{,}235 \text{ м}. \qquad (Д1)$$

Определяем ширину траншеи по верху трубы, используя исходные данные и формулу (Д1):

$$B = B_1 + 2D_н m_{3,0} = 1{,}235 + 2 \cdot 0{,}635 \cdot 0{,}5 = 1{,}87 \text{ м}. \quad (Д2)$$

Определяем среднюю ширину траншеи на высоте *1/2* от верха трубы, используя исходные данные и формулу (Д1):

$$B_{ср} = B_1 + 2(D_н + \frac{H}{2})m_{3,0} = 1{,}235 + 2 \cdot (0{,}635 + \frac{2{,}2}{2}) \cdot 0{,}5 = 2{,}96 \text{ м}. \quad (Д3)$$

Используя расчетные данные полученные в формуле (Д3) и отношения $H/B_{ср} = 2/2{,}96 = 0{,}7$ в зависимости от категории грунтов, принимаем по таблице 5.6 СП 66.13330 коэффициент $K_{тр}$, учитывающий действие сил трения между засыпкой и стенками трубы, $K_{тр} = 0{,}896$.

Определяем параметр, характеризующий жесткость грунта засыпки, используя исходные данные:

$$P_{гр} = 0{,}125E_{гр} = 0{,}125 \cdot 2{,}2 = 0{,}275 \text{ МПа}. \quad (Д4)$$

Определяем параметр, характеризующий жесткость трубопровода, состоящего из отдельных раструбных труб, используя исходные данные:

$$P_л = 2E\left(\frac{h}{D_н - h}\right)^3 = 2 \cdot 1{,}7 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{9{,}9}{635 - 9{,}9}\right)^3 = 1{,}35 \text{ МПа}. \quad (Д5)$$

Определяем коэффициент, учитывающий разгрузку трубы от бокового давления грунта засыпки, используя исходные данные:

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{2P_{гр}(B - D_н)}{P_л \chi D_н}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0{,}275 \cdot (1{,}87 - 0{,}635)}{1{,}35 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}635}} = 0{,}553 \text{ МПа}. \quad (Д6)$$

Определяем коэффициент концентрации давления грунта засыпки при укладке труб на ненарушенный грунт в насыпи, используя исходные данные:

$$K_н = \frac{3(P_л + P_{гр})}{2(P_л + 2P_{гр})} = \frac{3 \cdot (1{,}35 + 0{,}275)}{2 \cdot (1{,}35 + 2 \cdot 0{,}275)} = 1{,}283. \quad (Д7)$$

Для определения расчетной зависимости по определению вертикальной нагрузки от давления грунта засыпки, сравниваем произведения $BK_{тр}\psi$ и $D_н K_н$, используя исходные данные и формулы (Д2) и (Д7):

$$\begin{aligned} BK_{тр}\psi &= 1{,}87 \cdot 0{,}896 \cdot 0{,}553 = 0{,}927, \\ D_н K_н &= 0{,}635 \cdot 1{,}283 = 0{,}815. \end{aligned} \quad (Д8)$$

Так как $BK_{тр}\psi < D_н K_н$, то определение вертикальной нагрузки от давления грунта засыпки производим по формуле:

$$Q_т = n\gamma BK_{тр}\psi = 1{,}15 \cdot 17{,}7 \cdot 2{,}183 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}635 \cdot 1{,}283 = 35{,}477 \text{ кН/м}. \quad (Д9)$$

Определяем равнодействующую расчетной горизонтальной нагрузки от бокового давления грунта, используя исходные данные:

$$Q_г = n\gamma(H + \frac{D_н}{2})D_н \lambda_н = 0{,}8 \cdot 17{,}7 \cdot (2{,}2 + \frac{0{,}635}{2}) \cdot 0{,}635 \cdot 0{,}2 = 6{,}21 \text{ кН/м}. \quad (Д10)$$

Выполняем вычисление нагрузки от давления наземного транспорта.

Определяем равнодействующую расчетной вертикальной нагрузки от давления наземного транспорта, используя исходные данные и формулу (Д7):

$$Q_{тр}^{в} = nq_{тр}D_н \mu_т K_н = 1{,}1 \cdot 16{,}5 \cdot 0{,}635 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}283 = 14{,}787 \text{ кН/м}. \quad (Д11)$$

Определяем равнодействующую расчетной горизонтальной нагрузки от давления наземного транспорта, используя исходные данные:

$$Q_{тр}^{г} = nq_{тр}\chi D_н \lambda_н = 1 \cdot 16{,}5 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}635 \cdot 0{,}2 = 2{,}054 \text{ кН/м}. \quad (Д12)$$

Определяем равнодействующую расчетной вертикальной нагрузки от собственного веса трубопровода, используя исходные данные:

$$Q_1 = n\pi\gamma_{тр}h(D_н - h) = 1{,}1 \cdot 3{,}14 \cdot 72{,}6 \cdot 0{,}0099 \cdot (0{,}635 - 0{,}0099) = 1{,}552 \text{ кН/м}. \quad (Д13)$$

Определяем равнодействующую расчетной вертикальной нагрузки от веса транспортируемой воды, используя исходные данные:

$$Q_2 = 0{,}25n\pi\gamma_{тр}D_{вн}^2 b = 0{,}25 \cdot 1 \cdot 3{,}14 \cdot 9{,}8 \cdot (0{,}635 - 2 \cdot 0{,}0099)^2 \cdot 1 = 2{,}912 \text{ кН/м}. \quad (Д14)$$

Определяем внешнее гидростатическое давление от грунтовых вод, используя исходные данные:

$$P_г = \gamma_{гв}(H - H_{гв}) = 0{,}01 \cdot (2{,}2 - 2{,}0) = 0{,}002 \text{ МПа}. \quad (Д15)$$

Выполняем вычисление прочности при действии на трубопровод внешних нагрузок.

А) При действии на трубопровод давления грунта засыпки, передвижных транспортных средств, собственного веса трубы, внешнего гидростатического давления, веса транспортируемой воды:

Определяем расчетный изгибающий момент от действия грунтовой и транспортной нагрузок при укладке на плоское основание, используя исходные данные и формулы (Д9) и (Д11):

$$M_B^{'} = 0{,}235(Q_т^в + Q_{тр}^в)r_{ср} = 0{,}235 \cdot (35{,}477 + 14{,}787) \cdot 0{,}3175 = 3{,}75 \text{ кН/м}. \quad (Д16)$$

Определяем расчетный изгибающий момент от действия веса воды и собственного веса трубопровода при укладке на плоское основание, используя исходные данные и формулы (Д13) и (Д14):

$$M_B^{''} = 0{,}18(Q_1 + Q_2)r_{ср} = 0{,}18 \cdot (1{,}552 + 2{,}912) \cdot 0{,}3175 = 0{,}255 \text{ кН/м}. \quad (Д17)$$

Определяем расчетный изгибающий момент от действия горизонтальных нагрузок, используя исходные данные и формулы (Д10) и (Д12):

$$M_г = -0{,}125(Q_г + Q_{тр}^г)r_{ср} = -0{,}125 \cdot (6{,}21 + 2{,}054) \cdot 0{,}3175 = -0{,}328 \text{ кН/м}. \quad (Д18)$$

Определяем максимальный изгибающий момент от действия грунтовой и транспортной нагрузок, используя исходные данные и формулы (Д16), (Д17) и (Д18):

$$M = M_B^{'} + M_B^{''} + M_г = 3{,}75 + 0{,}255 - 0{,}328 = 3{,}677 \text{ кН/м}. \quad (Д19)$$

Определяем расчетную линейную приведенную эквивалентную нагрузку, используя исходные данные и формулу (Д19):

$$Q_{пр}^o = \frac{M}{0{,}318r_{ср}} = \frac{3{,}677}{0{,}318 \cdot 0{,}3175} = 36{,}419 \text{ кН/м}. \quad (Д20)$$

Определяем коэффициент, учитывающий влияние поддерживающего действия (отпора) грунта, используя исходные данные и формулы (Д4), (Д5) и (Д15):

$$\xi = \frac{1}{1 + \dfrac{P_{гр}}{P_л + 0{,}413P_г}} = \frac{1}{1 + \dfrac{0{,}275}{1{,}35 + 0{,}413 \cdot 0{,}002}} = 0{,}831 \text{ кН/м}. \quad (Д21)$$

Определяем предельную раздавливающую внешнюю нагрузку, действующую на трубопровод, уложенный в грунте, используя исходные данные и формулу (Д21):

$$Q_г^o = \frac{mRh^2}{0{,}95\xi D_н} = \frac{1{,}0 \cdot 300 \cdot 9{,}9^2}{0{,}95 \cdot 0{,}831 \cdot 635} = 57{,}653 \text{ кН/м}. \quad (Д22)$$

Для труб класса К-9 $Q_г^o$ =47,0 кН/м.

Рассчитываем коэффициенты запаса прочности:

$$K_o^{'} = \frac{58{,}653}{36{,}419} = 1{,}61, \; K_o^{''} = \frac{47{,}0}{36{,}419} = 1{,}29. \quad (Д23)$$

Условие прочности соблюдается.

Б) При действии грунта засыпки, атмосферного давления при образовании в трубопроводе вакуума, собственного веса трубопровода, веса воды:

Суммарный момент от действия этих нагрузок, без учета транспортных нагрузок $M = 2{,}647 + 0{,}255 - 0{,}247 = 2{,}655$ кН/м, тогда расчетная приведенная нагрузка по формуле (Д20) равна 26,296 кН/м.

Определяем коэффициент, учитывающий влияние отпора грунта при образовании в трубопроводе вакуума, используя исходные данные и формулы (Д4), (Д5) и (Д15):

$$\xi_в = \frac{1}{1+\frac{P_{гр}-P_в}{P_л+0{,}413P_г}} = \frac{1}{1+\frac{0{,}275-0{,}1}{1{,}35+0{,}413\cdot 0{,}002}} = 0{,}885 \text{ кН/м}. \quad (Д24)$$

Определяем предельно допустимую раздавливающую внешнюю нагрузку при образовании в трубопроводе вакуума:

$$Q_г^o = \frac{mRh^2}{0{,}95\xi_в D_н} = \frac{1{,}0\cdot 300\cdot 9{,}9^2}{0{,}95\cdot 0{,}885\cdot 635} = 55{,}075 \text{ кН/м}. \quad (Д25)$$

Условие прочности соблюдается: 55,075 кН/м > 36,419 кН/м, коэффициент запаса прочности $K = 55{,}075/26{,}296 = 2{,}094$.

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

Выполняем вычисление устойчивости при воздействии на трубопровод внешних нагрузок.

Определяем критическое внешнее равномерное давление исходя из условия: $P_{гр} < \frac{P_л}{4}$, получаем, что $P_{гр} = 0{,}275$ МПа < 0,338 МПа, тогда $q_{кр} = P_л = 1{,}35$ МПа.

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

а) при действии на трубопровод внешних нагрузок:

$$q_1 = \frac{Q_{экв}}{D_н} = \frac{36{,}419}{63{,}5} = 0{,}574 \text{ МПа} \Rightarrow K_o = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{1{,}35}{0{,}574} = 2{,}352. \quad (Д26)$$

$$q_2 = \frac{Q_{экв}}{D_н} = \frac{26{,}296}{63{,}5} = 0{,}414 \text{ МПа} \Rightarrow K_o = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{1{,}35}{0{,}414} = 3{,}261. \quad (Д27)$$

б) при образовании в трубопроводе вакуума:

$$q_1 = \frac{Q_{экв}}{D_н} + P_в = \frac{36{,}419}{63{,}5} + 0{,}1 = 0{,}674 \text{ МПа} \Rightarrow K_o = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{1{,}35}{0{,}674} = 2{,}003. \quad (Д28)$$

$$q_2 = \frac{Q_{экв}}{D_н} + P_в = \frac{26{,}296}{63{,}5} + 0{,}1 = 0{,}514 \text{ МПа} \Rightarrow K_o = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{1{,}35}{0{,}514} = 2{,}627. \quad (Д29)$$

Условиям устойчивости трубопровод удовлетворяет.

Выполняем вычисление жесткости (по деформации) при внешнем нагружении расчетной приведенной нагрузкой.

Определяем допустимый прогиб труб с цементно-песчаным покрытием в грунте, используя исходные данные и формулы (Д5), (Д20) и (Д21):

$$f = \frac{Q_{пр}^o}{4P_л}\xi = \frac{36{,}419\cdot 0{,}831}{4\cdot 1{,}35} = 5{,}6 \text{ мм}. \quad (Д30)$$

$$5{,}6 \le 0{,}03\cdot 635 = 19{,}05 \text{ мм}. \quad (Д31)$$

Коэффициент запаса прочности в этом случае $K_o = 19{,}05/5{,}6 = 3{,}4$.

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

Производим проверку трубопровода на комбинированную нагрузку для незасыпанного и засыпанного трубопроводов.

Определяем несущую способность трубы на внутреннее гидростатическое давление засыпанного трубопровода, используя исходные данные:

$$P^{o} = \frac{R_p h}{r_o} = \frac{300 \cdot 9{,}9}{307{,}6} = 9{,}655 \text{ МПа}. \quad (Д32)$$

Определяем значение допустимого внутреннего давления для труб класса К-9 соответственно для незасыпанного и засыпанного трубопроводов, используя исходные данные и формулы (Д20) и (Д32):

$$P'_{доп} = P^{o}(1 - \frac{Q^{o}_{пр}}{Q^{o}}) = 9{,}7 \cdot (1 - \frac{36{,}419}{47{,}0}) = 2{,}184 \text{ МПа}. \quad (Д33)$$

$$P''_{доп} = P^{o}(1 - \frac{Q^{o}_{пр}}{Q^{o}}) = 9{,}655 \cdot (1 - \frac{36{,}419}{58{,}79}) = 3{,}674 \text{ МПа}. \quad (Д34)$$

Для трубы диаметром 600 мм по данным таблицы 5.14 СП 66.13330 $P_{доп} = 3{,}6$ МПа, заданное рабочее давление $P_{раб} = 1{,}6$ МПа.

Определяем коэффициенты запаса прочности на внутреннее давление, используя исходные данные и формулы (Д33) и (Д34):

$$K'_{o} = \frac{2{,}184}{1{,}6} = 1{,}365, \; K''_{o} = \frac{3{,}674}{1{,}6} = 2{,}296. \quad (Д35)$$

Определяем значение испытательного давления для трубопровода диаметром 600 мм класса К-9, используя исходные данные:

$$P_{и} = 1{,}25 P_{раб} = 1{,}25 \cdot 1{,}6 = 2{,}0 \text{ МПа}. \quad (Д36)$$

Определяем значение приемочного давления для трубопровода диаметром 600 мм класса К-9, используя исходные данные и формулы (Д36):

$$P_{г} = P_{и} + 0{,}5 = 2{,}0 + 0{,}5 = 2{,}5 \text{ МПа}. \quad (Д37)$$

Для расчетов рекомендуется использовать также график несущей способности труб незасыпанного трубопровода, приведенного на рисунке 5.6 СП 66.13330, который позволяет определить значения внешней приведенной нагрузки от заданных величин внутреннего давления и наоборот. Величина допустимого давления из условия прочности в трубопроводе при $Q_{пр} = 36{,}419$ кН/м для трубы класса К-9 равна 2,4 МПа (по графику рисунка 5.6), $P_{и} = 4{,}5$ МПа, $P_{г} = 5{,}0$ МПа.

Минимальную диаметральная жесткость трубы диаметром 600 мм класса К-9 определяем по Приложению С-1 к ГОСТ Р ИСО 2531, $S = 41$ кН/м^2.

Определяем фактическую диаметральную жесткость трубы 600 мм, используя исходные данные:

$$S_{ф} = 1000 \frac{E}{12} \left(\frac{h}{D_{н} - h} \right)^{3} = 1000 \cdot \frac{170000}{12} \cdot \left(\frac{0{,}0099}{0{,}635 - 0{,}0099} \right)^{3} = 56{,}3 \text{ МПа}. \quad (Д38)$$

Фактическая диаметральная жесткость больше минимальной, то есть 56,3 МПа > 41,0 МПа.

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

Приложение Е
(рекомендуемое)

Расчет на прочность трубопроводов из РЕ и РР со структурированной стенкой при подземной прокладке

Прочностной расчет трубопроводов из полиэтилена и полипропилена со структурированной стенкой при подземной прокладке рекомендуется выполнять согласно методике, приведенной в приложении Д СП 40-102 (для самотечного варианта), с учетом СН 550-82, Пособия к СН 550-82 и ATV-DVWK-A 127 [31].

Расчет выполняем на примере трубы из РР со структурированной стенкой.

Выбираем исходные данные для расчета:

- внутренний диаметр трубы $D_{вн}$ – 27,1 см;
- наружный диаметр $D_н$ – 31,5 см;
- момент инерции стенки трубы на единицу длины I – 0,232 см^4/см;
- кратковременный модуль упругости E_0 – 1150 МПа;
- долговременный модуль упругости E_τ – 300 МПа;
- коэффициент Пуассона μ – 0,4;
- предел текучести растяжении σ_0 – 25 МПа;
- глубина заложения от уровня земли до верха трубы $H_{гр1}$ – 2,3 м;
- глубина грунтовых вод от уровня земли $H_{гв}$ – 2,0 м;
- удельный вес грунта засыпки траншеи $\gamma_{гр}$ – 0,018 МН/м^3 (суглинки полутвердые, тугомягкие и текучепластичные, категория грунта Г-IV);
- удельный вес грунтовых вод $\gamma_в$ – 0,01 МН/м^3;
- модуль деформации грунта засыпки $E_{гр}$ – 5,5 МПа (для степени уплотнения 0,95);
- коэффициент, учитывающий качество уплотнения постели грунта K_σ – 1 (при периодическом контроле);
- коэффициент, учитывающий запас $K_з$ – 1,25;
- коэффициент уплотнения грунта $K_{уг}$ – 1;
- коэффициент прогиба K_w – 0,11 (при периодическом контроле);
- коэффициент, учитывающий влияние кольцевой жесткости на овализацию трубы $K_ж$ – 0,15;
- коэффициент, учитывающий влияние грунта засыпки на овализацию трубы $K_{гр}$ – 0,06;
- коэффициент запаса на овализацию трубы $K_{зψ}$ – 1 (для напорных и безнапорных трубопроводов);
- коэффициент запаса на устойчивость стенки трубы к действию внешних нагрузок $K_{зу}$ – 3;
- коэффициент запаса при растяжении материала стенки трубы, происходящего в условиях релаксации $K_з$ – 1,25;
- коэффициент, учитывающий процесс округления овализованной трубы под действием внутреннего давления в трубопроводе $K_{ок}$ – 1 (для безнапорных трубопроводов);
- коэффициент, учитывающий глубину заложения n – 1 (для глубины заложения более 1,0 м);
- нагрузка от транспорта q_m – 0,01 МПа (в условиях строительства по поверхности над трубопроводом возможно перемещение тяжелого транспорта).

Определяем эквивалентную толщину стенки профилированной трубы, используя исходные данные:

$$s = \sqrt[3]{12 \cdot I} = \sqrt[3]{12 \cdot 0{,}232} = 1{,}41 \text{ см}. \quad \text{(Е1)}$$

Определяем расчетный диаметр, используя исходные данные и формулу (Е1):

$$D = D_{вн} + 2s = 27{,}1 + 2 \cdot 1{,}41 = 29{,}91 \text{ см}. \quad \text{(Е2)}$$

Определяем глубину заложения до оси трубы $H_{гр2}$, используя исходные данные

$$H_{гр2} = H_{гр1} + \frac{D_н}{2} = 2{,}3 + \frac{0{,}315}{2} = 2{,}5 \text{ м}. \quad \text{(Е3)}$$

Определяем грунтовую нагрузку, используя исходные данные и формулы (Е3):

$$q_{гр} = \gamma_{гр} H_{гр2} = 0{,}018 \cdot 2{,}5 = 0{,}044 \text{ МПа}. \quad (Е4)$$

Определяем нагрузку от грунтовых вод (выталкивающей силой пренебрегаем), используя исходные данные и формулы (Е3):

$$q_{гв} = \gamma_{гв}(H_{гр2} - H_{гв}) = 0{,}01 \cdot (2{,}5 - 2{,}0) = 0{,}005 \text{ МПа}. \quad (Е5)$$

Определяем общую нагрузку, используя формулы (Е4) и (Е5)

$$q_c = q_{гр} + q_{гв} + q_m = 0{,}044 + 0{,}005 + 0{,}01 = 0{,}059 \text{ МПа}. \quad (Е6)$$

Определяем кратковременную кольцевую жесткость трубы, используя исходные данные и формулы (Е1) и (Е2)

$$G_0 = 5{,}37 \frac{E_0 I}{(1-\mu^2)\cdot(D-s)^3} = 5{,}37 \frac{1150 \cdot 0{,}232}{(1-0{,}4^2)\cdot(29{,}91-1{,}41)^3} = 0{,}742 \text{ МПа}. \quad (Е7)$$

Определяем длительную кольцевую жесткость трубы, используя исходные данные и формулы (Е1) и (Е2)

$$G_\tau = 53{,}7 \frac{E_\tau I}{(1-\mu^2)(D-s)^3} = 53{,}7 \frac{300 \cdot 0{,}232}{(1-0{,}4^2)(29{,}91-1{,}41)^3} = 0{,}194 \text{ МПа}. \quad (Е8)$$

Определяем относительное укорочение вертикального диаметра трубы под действием грунтовой нагрузки, используя исходные данные и формулы (Е4) и (Е7)

$$\psi_{гр} = \frac{K_{ок} K_\tau K_w q_{гр}}{K_ж G_0 + K_{гр} E_{гр}} = \frac{1 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}044}{0{,}15 \cdot 0{,}742 + 0{,}06 \cdot 5{,}5} = 0{,}014. \quad (Е9)$$

Определяем укорочение вертикального диаметра трубы под действием транспортной нагрузки, используя исходные данные и формулу (Е7)

$$\psi_m = \frac{K_{ок} K_y K_w q_m}{K_ж G_0 + n K_{гр} E_{гр}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}01}{0{,}15 \cdot 0{,}742 + 1 \cdot 0{,}06 \cdot 5{,}5} = 0{,}002. \quad (Е10)$$

Принимаем укорочение вертикального диаметра трубы в процессе складирования и монтажа $\psi_м = 0{,}02$ (по таблице Д.1 СП 40-102 для $G_0 > 0{,}29$ МПа и степени уплотнения грунта 0,85-0,95) и определяем относительное укорочение вертикального диаметра трубы, используя формулы (Е9) и (Е10)

$$\psi = \psi_{гр} + \psi_m + \psi_м = 0{,}014 + 0{,}002 + 0{,}02 = 0{,}036 \text{ или } 3{,}6\ \% \quad (Е11)$$

Если относительное укорочение вертикального диаметра трубы $\psi > 6$ % (согласно ATV-DVWK-A 127 [31] допустимая деформация не должна превышать 6 %), то рекомендуется выбрать трубу с более высокой кольцевой жесткостью или меньшим *SDR*, или же выбрать грунт засыпки с более высоким модулем деформации.

Определяем коэффициент овальности поперечного сечения трубы, используя формулу (Е11)

$$K_{ов} = 1 - 0{,}7\psi = 1 - 0{,}7 \cdot 0{,}036 = 0{,}975. \quad (Е12)$$

Определяем максимальное значение степени растяжения материала стенки трубы из-за овальности поперечного сечения трубопровода под действием внешних нагрузок, используя исходные данные и формулы (Е1) и (Е11)

$$\varepsilon_p = 4{,}27 K_\sigma \frac{s}{D} \psi K_{з\psi} = 4{,}27 \cdot 1 \cdot \frac{1{,}41}{29{,}91} \cdot 0{,}036 \cdot 1 = 0{,}007. \quad (Е13)$$

Определяем степень сжатия материала стенки трубы, происходящего под действием внешних нагрузок, используя исходные данные и формулы (Е1) и (Е6)

$$\varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_0} \cdot \frac{D}{s} = \frac{0{,}059}{2 \cdot 1150} \cdot \frac{29{,}91}{1{,}41} = 0{,}0005. \quad (Е14)$$

Определяем допустимую степень растяжения материала стенки трубы, происходящего в условиях релаксации, используя исходные данные

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\sigma_0}{E_\tau K_з} = \frac{25}{300 \cdot 1{,}25} = 0{,}067. \quad \text{(Е15)}$$

Определяем допустимую степень растяжения материала в стенке трубы, происходящего в условиях ползучести, используя исходные данные

$$\varepsilon_{pn} = \frac{\sigma_0}{E_0 K_з} = \frac{25}{1150 \cdot 1{,}25} = 0{,}017. \quad \text{(Е16)}$$

Проверяем условия прочности трубы, используя формулы (Е13)-(Е16)

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} = \frac{0{,}007}{0{,}067} + \frac{0{,}0005}{0{,}017} = 0{,}14 \le 1{,}0. \quad \text{(Е17)}$$

Проверяем устойчивость трубы против действия сочетания внешних нагрузок, используя исходные данные и формулы (Е6), (Е8) и (Е12)

$$\frac{K_{уг} K_{ов} \sqrt{n E_{гр} G_\tau}}{K_{зу}} = \frac{1 \cdot 0{,}975 \sqrt{1 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}194}}{3} = 0{,}335 \text{ МПа} \ge q_c = 0{,}059 \text{ МПа}. \quad \text{(Е18)}$$

Таким образом, все расчетные показатели трубопровода полностью удовлетворяют проверкам на допустимые деформации и допустимые нагрузки.

При глубине заложения 3 м и более расчет на прочность выполняем по ATV-DVWK-A 127 [31], учитывая требования 5.5 настоящего документа (класс жесткости – SN 16).

Расчет выполняем с помощью программного комплекса IngSoft EasyPipe (версия 2.1.2.0), который включает в себя различные расчетные методики в соответствии с международными стандартами (AWWA), в том числе модули A127, A161 и M45.

IngSoft GmbH
Landgrabenstrabe 94
90443 Nuremberg Germany

gost.e-ecolog.ru

1. Расчёт по ATV-DVWK-A 127 3 ред.

Тип расчета:	Номинальная жёсткость
Эскиз (Прокладка/Трубопровод) в распечатке:	Да

1.1. Ввод данных:

1.1.1. Показатели запаса прочности

Класс надежности:	A (нормальные условия)
Допустимая деформация:	6% (стандарт)
Использование внутреннего давления:	В соответствии с примечанием 39 ATV-DVWK-A 127
Меньший запас прочности на сжатие при изгибе:	нет (ATV-DVWK-A 127)
Доказательство надежности при непреимущественной статической нагрузке:	не требуется
Доказательство минимальной кольцевой жесткости:	Нет

1.1.2. Грунт

E1: Группа (тип) грунта обратной засыпки:	G2		
Расчет E1:	таблица 8 (A127)		
E20: Группа (тип) грунта в зоне трубы:	G1		
Расчет модуля упругости E20:	таблица 8 (A127)		
E3: Группа (тип) естественного грунта:	G4		
Расчет E3:	Плотность по Проктору		
Плотность по Проктору E3:	$D_{Pr,E3}$	95,0	%
E4 = 10 · E1:	Да		
Применить теории Силоса:	автоматически		

1.1.3. Нагрузка

Высота засыпки:	h	4,50	m
Вес грунта:	γ	20,0	kN/m³
Ручной ввод удельной веса грунта с учетом всплытия:	Нет		
Дополнительная поверхностная нагрузка:	p_0	0,0	kN/m²
Дополнительная поверхностная нагрузка - насыпь, обваловка:	Нет		
Максимальный уровень грунтовых вод над основанием трубы:	$h_{W,max}$	3,80	m
Минимальный уровень грунтовых вод над основанием трубы:	$h_{W,min}$	1,20	m
Внутреннее кратковременное давление:	$P_{I,K}$	0,00	bar
Внутреннее долговременное давление:	$P_{I,L}$	0,00	bar
Наполнение водой (напр., напорный водопр.):	Да		
Плотность среды:	γ_F	10,0	kN/m³
Транспортная нагрузка:	SLW 60		
Горизонтальная транспортная нагрузка в доказательстве усталости:	$\alpha_{qhT,dyn}$	0,00	%

1.1.4. Прокладка

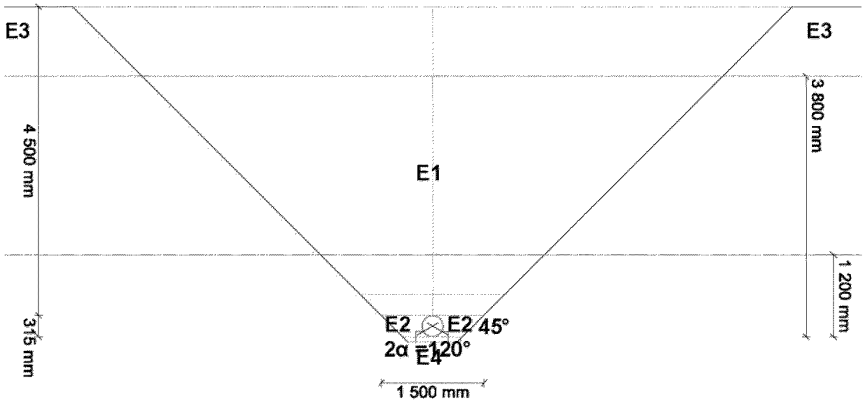
Способ прокладки:	Траншея		
Ширина траншеи:	b	1,50	m
Угол откоса:	ß	45	°
Условия засыпки:	A2		
Условия прокладки:	B2		
Учет забивки крепления ниже основания трубы по отчету рабочей группы 1.5.5. по ATV.:	Нет		
Тип прокладки (устройства основания):	сыпучий		
Угол опирания:	120°		
Рассчитать основание (опирание) автоматически:	Да		

Высота основания:	h_s	0,15	m

1.1.5. Труба с определённой жёсткостью

Выбор трубы из базы данных:	Нет		
Выбор данных:	Da - Di		
Наружный диаметр:	d_a	315	mm
Внутренний диаметр:	d_i	275	mm
Местные деформации:	$\delta_{v,lokal}$	0,0	%
Номинальная жёсткость:	SN	16 000	N/m²
Номинальное давление:	PN	0,0	bar
Дефформация при разрыве в таблице 3 ATV A127:	Да		
Коэффициент ползучести:	f_{Kriech}	4,00	[-]
Коэффициент уменьшения от температурного воздействия:	$A_{1,Temp}$	1,00	[-]
Коэффициент уменьшения от агрессивной среды:	$A_{2,Medium}$	1,00	[-]
Коэффициент уменьшения от динамических нагрузок:	$A_{3,dyn}$	1,00	[-]
Удельная масса материала трубы.:	γ_R	9,00	kN/m³
Коэффициент Poisson:	v	0,38	[-]
Амплитуда с 1·10^6 тестов, как известно:	Нет		
Амплитуда с 1·10^8 тестов, как известно:	Нет		

Транспортная нагрузка: SLW 60



1.2. Результаты:

1.2.1. Промежуточные результаты трубы

Внутренний диаметр:	d_i	275,0	mm
Наружный диаметр:	d_a	315,0	mm
Радиус центральной оси стенки трубы:	r_m	147,50	mm
Толщина стенки:	s	20,00	mm
Отношение радиуса к толщине стены:	r_m/s	7,375	[-]

$$\alpha_{ki} = 1 + \frac{s}{3 \cdot r_m}$$

Корректирующий коэффициент внутренней кривизны:	α_{ki}	1,045	[-]

$$\alpha_{ka} = 1 - \frac{s}{3 \cdot r_m}$$

Корректирующий коэффициент наруж. кривизны:	α_{ka}	0,955	[-]
Локальная предвар. деформация:	δ_{vl}	0,00	%
Предвар. деформация (овализация перед загрузкой):	δ_{vg}	1,00	%
Радиальна поверхность профиля:	A_{rad}	20,00	mm²/mm
Плечо инерции:	e	10,00	mm
Момент инерции:	I	666,67	mm^4/mm
Наружный момент сопротивления:	W_a	66,67	mm³/mm
Внутренний момент сопротивления:	W_i	66,67	mm³/mm
Плечо силы внешнего армирования:	k_Q	1,2	[-]

1.2.1.1. Свойства материала

		краткосрочность	долгосрочность	
Удельный вес материала трубы	γ_R	9,0	9,0	kN/m³
Коэффициент Poisson	v	0,38	0,38	[-]
Расчитанная величина модуля упругости	E_R	616,1	154,0	N/mm²

1.2.1.2. Запасы прочности

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва	erf γ_{RBZ}	2,00	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия	erf γ_{RBD}	2,00	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, потеря устойчивости	erf γ_{stab}	2,00	2,00	[-]

1.2.1.3. Минимальная ширина траншеи в соотв. с DIN 1610

Минимальная ширина в соответствии с таблицей 1:	$min_{b,T1}$	0,82	m
Минимальная ширина в соответствии с таблицей 2:	$min_{b,T2}$	1,00	m
Минимальная ширина траншеи:	min_b	1,00	m
Ширина траншеи:	b	1,50	m

Ширина траншеи соответствует стандарту DIN 1610

1.2.2. Промежуточные результаты для комбинации нагрузок при минимальных грунтовых водах

1.2.2.1. Теория Силоса

Коэффициент нагрузки грунта для нагрузки траншеи (Теория Силоса):	к	0,922	[-]

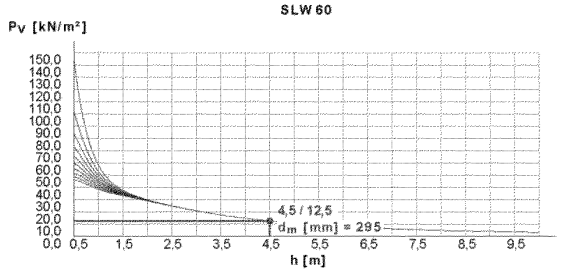
$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan\delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan\delta \cdot \frac{h}{b}}$$

Коэффициент нагрузки грунта к0 для поверхностной нагрузки (Теория Силоса):	κ_0	0,852	[-]

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan\delta \cdot \frac{h}{b}}$$

1.2.2.2. Нагрузка

Уровень грунтовых вод над верхней точкой трубы:	$h_{W,Scheitel}$	0,89	m
Удельный вес засыпки под водой:	γ'	11,00	kN/m³
Вертикальное давление грунта от самого грунта:	P_{Erd}	75,62	kN/m²
Вертикальное напряжение грунта от самого грунта и поверхностной нагрузки:	P_E	75,62	kN/m²
Напряжения от транспортных нагрузок:	P_V	12,50	kN/m²
Включая фактор удара:		1,20	[-]



1.2.2.3. Модуль деформации грунта

Модуль упругости засыпки под нагрузкой:	$E_{1,\sigma}$	3,00	N/mm²
Модуль упругости основания под нагрузкой:	$E_{20,\sigma}$	6,00	N/mm²
Коэффициент уменьшения для ползучести:	f_1	1,000	[-]
Коэффициент уменьшения E20 (грунтовые воды):	f_2	0,750	[-]
Коэффициент уменьшения E20 (узкая траншея):	α_B	1,000	[-]
Модуль упругости основания (уменьшен.):	$E_{2,\sigma}$	4,50	N/mm²

$$E_3 = \frac{40}{4} \cdot e^{-0{,}188(100 - D_{Pr,E3})}$$

Verformungsmodul:	E_3	3,91	N/mm²
Модуль упругости естественного грунта:	$E_{3,\sigma}$	3,91	N/mm²

$$E_4 = \frac{40}{1} \cdot e^{-0{,}188(100 - D_{Pr,E4})}$$

Verformungsmodul:	E_4	0,00	N/mm²
Модуль упругости грунта под трубой:	$E_{4,\sigma}$	30,00	N/mm²

1.2.2.4. Значения жесткости грунта

Корректирующий фактор для горизонтальной жесткости основания: ζ 0,991 [-]

$$\zeta = \frac{1{,}667}{\Delta_f + (1{,}667 - \Delta_f) \cdot \frac{E_2}{E_3}}$$

$$\Delta_f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0{,}982 + 0{,}283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1{,}667$$

Hilfswert für horizontale Bettungssteifigkeit: Δ_f 1,566 [-]

Для наклонных траншей (угол откоса менее 90) устанавливается ширина траншеи в средней точке трубы вместе ширины траншеи на уровне верхней точки трубы.

Горизонтальная жёсткость основания: S_{Bh} 2,675 N/mm²

$$S_{Bh} = 0{,}6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

Вертикальная жёсткость основания: S_{Bv} 3,670 N/mm²

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

1.2.2.5. Угол опирания, эффективная относительная проекция и угол трения

Угол опирания (на основание): 2α 120 °

$$t_r = r_a - \cos(2\alpha/2) \cdot r_a$$

Высота основания: t_r 0,079 m

$$a = \frac{(h_s + d_a - t_r)}{d_a}$$

Расчитанная относительная проекция: a 1,23 [-]
Повышенная относительная проекция в случае разуплотненного грунта: a_S 1,23 [-]
Эффективная относительная проекция: a' 0,817 [-]

$$a' = a \cdot \frac{E_1}{E_2} \geq 0{,}26$$

Угол внутреннего трения: φ' 20,000 °
Угол трения стены траншеи: δ 6,667 °

		Краткосрочное	Долгосрочное	Долгосрочное	
		Все нагрузки	Нагрузка грунта Verkehrslast	прочее Нагрузки	

1.2.2.6. Значения характеристик материала трубы и кольцевая жёсткость

Жёсткость трубы	S_R	128 000	45 623	32 000	N/m²

$$S0 = \frac{p_e \cdot S_{0L} + p_v \cdot S_{0K}}{p_e + p_v}$$

$$S_R = 8 \cdot S0$$

Расчитанная величина критической деформации волокна при растяжении	ε_R	3,742	2,458	2,245	%

Расчитанная величина модуля упругости	E_R	616,1	219,6	154,0	N/mm²

1.2.2.7. Соотношение жесткости

Жёсткость системы	V_{RB}	0,0478	0,0171	0,0120	[-]

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}}$$

Соотношение жёсткости	V_S	0,8400	0,5369	---	[-]

$$V_S = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{Bv}}$$

Коэффициент для силы реакции основания	c_v^*	-0,042	-0,023	---	[-]

1.2.2.8. Коэффициенты

Соотношение давления грунта (основание)	K_2	0,400	0,400	---	[-]
Коэффициент для давления сопротивления основания	K^*	0,781	1,064	---	[-]

$$K^* = \frac{c'_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh^*}}$$

Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	0,0904	---	[-]
Результирующий коэффициент деформации	c'_{h,qh^*}	-0,0679	-0,0679	---	[-]
Коэффициент для силы реакции основания	c_v^*	-0,042	-0,023	---	[-]

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*$$

1.2.2.9. Коэффициент концентрации λR и λB

Максимальный фактор концентрации	max λ	1,731	1,731	---	[-]

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0,25)}\right] \cdot \frac{h}{d_a}}$$

Коэффициент для максимального фактора концентрации	K'	0,860	0,788	---	[-]

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*}$$

Соотношение:			I/(A·rm²)	0,00153	[-]
Соотношение 'I/(A·rm²)·κq':			I/(A·rm²)·κQ	0,00184	[-]

		q_v	q_h	q_h^*	
Коэффициент деформации для момента изгиба	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]
Коэффициент деформации для нормального усилия	c^N_v	-0,6830	-0,6810	-0,2470	[-]
Коэффициент деформации для поперечных сил	c^Q_v	-0,3590	0,3350	0,2430	[-]

$$c' = c + \frac{I}{A \cdot r_{m^2}} \cdot [c^N + 2(1 + v) \cdot \kappa_Q \cdot c^Q]$$

Результирующий коэффициент деформации	c'_v	-0,0922	0,0840	0,0649	[-]
Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	-0,0860	-0,0679	[-]
Фактор концентрации над трубой, начальное значение	λ_R	0,962	0,807	---	[-]

$$\lambda_R = \frac{\max\lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max\lambda - 1}{a' - 0{,}25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max\lambda - 1}{a' - 0{,}25}}$$

Фактор концентрации над трубой, эффект траншеи	λ_{RG}	0,962	0,807	---	[-]

$\lambda_{RG} = \lambda_R$ = const.

Фактор концентрации над трубой, верхний предел	λ_{fo}	3,325	3,325	---	[-]
Фактор концентрации над трубой, нижний предел	λ_{fu}	0,191	0,191	---	[-]
Фактор концентрации над трубой, конечное значение	λ_{RG}	0,962	0,807	---	[-]
Фактор концентрации грунта	λ_B	1,013	1,064	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3}$$

1.2.2.10. Распределение давления по окружности трубы

		Краткосрочное Все нагрузки	Долгосрочное Нагрузка грунта Verkehrslast	Долгосрочное прочее Нагрузки	
Суммарная вертикальная нагрузка	q_v	85,24	73,49	---	kN/m²

$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v$

Боковое давление	q_h	31,32	32,89	---	kN/m²

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right)$$

Давление сопротивления основания (нагрузка грунта)	q^*_h	43,28	44,88	---	kN/m²

$$q^*_h = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh}^*}$$

Давление сопротивления основания (наполнение водой)	q^*_{hw}	0,83	1,20	---	kN/m²

$$q^*_{hw} = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh}^*}$$

1.2.3. Промежуточные результаты для комбинации нагрузок при максимальном уровне грунтовых вод

1.2.3.1. Теория Силоса

Коэффициент нагрузки грунта для нагрузки траншеи (Теория Силоса):	κ	0,922	[-]

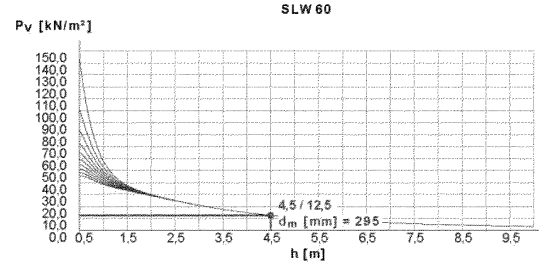
$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan\delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan\delta \cdot \frac{h}{b}}$$

Коэффициент нагрузки грунта к0 для поверхностной нагрузки (Теория Силоса):	κ_0	0,852	[-]

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan\delta \cdot \frac{h}{b}}$$

1.2.3.2. Нагрузка

Уровень грунтовых вод над верхней точкой трубы:	$h_{W,Scheitel}$	3,49	m
Удельный вес засыпки под водой:	γ'	11,00	kN/m³
Вертикальное давление грунта от самого грунта:	P_{Erd}	54,05	kN/m²
Вертикальное напряжение грунта от самого грунта и поверхностной нагрузки:	P_E	54,05	kN/m²
Напряжения от транспортных нагрузок:	P_V	12,50	kN/m²
Включая фактор удара:		1,20	[-]



1.2.3.3. Модуль деформации грунта

Модуль упругости засыпки под нагрузкой:	$E_{1,\sigma}$	3,00	N/mm²
Модуль упругости основания под нагрузкой:	$E_{20,\sigma}$	6,00	N/mm²
Коэффициент уменьшения для ползучести:	f_1	1,000	[-]
Коэффициент уменьшения E20 (грунтовые воды):	f_2	0,750	[-]
Коэффициент уменьшения E20 (узкая траншея):	α_B	1,000	[-]
Модуль упругости основания (уменьшен.):	$E_{2,\sigma}$	4,50	N/mm²

$$E_3 = \frac{40}{4} \cdot e^{-0,188(100 - D_{Pr,E3})}$$

Verformungsmodul:	E_3	3,91	N/mm²
Модуль упругости естественного грунта:	$E_{3,\sigma}$	3,91	N/mm²

$$E_4 = \frac{40}{1} \cdot e^{-0,188(100 - D_{Pr,E4})}$$

Verformungsmodul:	E_4	0,00	N/mm²
Модуль упругости грунта под трубой:	$E_{4,\sigma}$	30,00	N/mm²

1.2.3.4. Значения жесткости грунта

Корректирующий фактор для горизонтальной жесткости основания: ζ 0,991 [-]

$$\zeta = \frac{1{,}667}{\Delta_f + (1{,}667 - \Delta_f) \cdot \frac{E_2}{E_3}}$$

$$\Delta_f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0{,}982 + 0{,}283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1{,}667$$

Hilfswert für horizontale Bettungssteifigkeit: Δ_f 1,566 [-]

Для наклонных траншей (угол откоса менее 90) устанавливается ширина траншеи в средней точке трубы вместе ширины траншеи на уровне верхней точки трубы.

Горизонтальная жёсткость основания: S_{Bh} 2,675 N/mm²

$$S_{Bh} = 0{,}6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

Вертикальная жёсткость основания: S_{Bv} 3,670 N/mm²

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

1.2.3.5. Угол опирания, эффективная относительная проекция и угол трения

Угол опирания (на основание): 2α 120 °

$$t_r = r_a - \cos(2\alpha/2) \cdot r_a$$

Высота основания: t_r 0,079 m

$$a = \frac{(h_s + d_a - t_r)}{d_a}$$

Расчитанная относительная проекция:	a	1,23	[-]
Повышенная относительная проекция в случае разуплотненного грунта:	a_S	1,23	[-]
Эффективная относительная проекция:	a'	0,817	[-]

$$a' = a \cdot \frac{E_1}{E_2} \geq 0{,}26$$

Угол внутреннего трения:	φ'	20,000	°
Угол трения стены траншеи:	δ	6,667	°

		Краткосрочное Все нагрузки	Долгосрочное Нагрузка грунта Verkehrslast	Долгосрочное прочее Нагрузки	
1.2.3.6. Значения характеристик материала трубы и кольцевая жёсткость					
Жёсткость трубы	S_R	128 000	50 038	32 000	N/m²

$$S0 = \frac{p_e \cdot S_{0L} + p_v \cdot S_{0K}}{p_e + p_v}$$

$S_R = 8 \cdot S0$

Расчитанная величина критической деформации волокна при растяжении	ε_R	3,742	2,527	2,245	%
Расчитанная величина модуля упругости	E_R	616,1	240,9	154,0	N/mm²

1.2.3.7. Соотношение жесткости

Жёсткость системы	V_{RB}	0,0478	0,0187	0,0120	[-]

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}}$$

Соотношение жёсткости	V_S	0,8400	0,5572	---	[-]

$$V_S = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{Bv}}$$

Коэффициент для силы реакции основания	c_v^*	-0,042	-0,024	---	[-]

1.2.3.8. Коэффициенты

Соотношение давления грунта (основание)	K_2	0,400	0,400	---	[-]
Коэффициент для давления сопротивления основания	K^*	0,781	1,044	---	[-]

$$K^* = \frac{c'_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh^*}}$$

Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	0,0904	---	[-]
Результирующий коэффициент деформации	c'_{h,qh^*}	-0,0679	-0,0679	---	[-]
Коэффициент для силы реакции основания	c_v^*	-0,042	-0,024	---	[-]

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*$$

1.2.3.9. Коэффициент концентрации λR и λB

Максимальный фактор концентрации	max λ	1,731	1,731	---	[-]

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0,25)}\right] \cdot \frac{h}{d_a}}$$

Коэффициент для максимального фактора концентрации	K'	0,860	0,796	---	[-]

$$K' = -\frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*}$$

Соотношение:			I/(A·rm²)	0,00153	[-]
Соотношение 'I/(A·rm²)·kq':			I/(A·rm²)·k_Q	0,00184	[-]

		q_v	q_h	q_h^*	
Коэффициент деформации для момента изгиба	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]
Коэффициент деформации для нормального усилия	c^N_v	-0,6830	-0,6810	-0,2470	[-]

Коэффициент деформации для поперечных сил	c^Q_v	-0,3590	0,3350	0,2430	[-]

$$c' = c + \frac{1}{A \cdot r_m^2} \cdot [c^N + 2(1 + v) \cdot \kappa_Q \cdot c^Q]$$

Результирующий коэффициент деформации	c'_v	-0,0922	0,0840	0,0649	[-]
Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	-0,0860	-0,0679	[-]
Фактор концентрации над трубой, начальное значение	λ_R	0,962	0,820	---	[-]

$$\lambda_R = \frac{\max\lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max\lambda - 1}{a' - 0{,}25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max\lambda - 1}{a' - 0{,}25}}$$

Фактор концентрации над трубой, эффект траншеи	λ_{RG}	0,962	0,820	---	[-]

$\lambda_{RG} = \lambda_R$ = const.

Фактор концентрации над трубой, верхний предел	λ_{fo}	3,325	3,325	---	[-]
Фактор концентрации над трубой, нижний предел	λ_{fu}	0,191	0,191	---	[-]
Фактор концентрации над трубой, конечное значение	λ_{RG}	0,962	0,820	---	[-]
Фактор концентрации грунта	λ_B	1,013	1,060	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3}$$

1.2.3.10. Распределение давления по окружности трубы

		Краткосрочное Все нагрузки	Долгосрочное Нагрузка грунта Verkehrslast	Долгосрочное прочее Нагрузки	
Суммарная вертикальная нагрузка	q_v	64,50	56,81	---	kN/m²

$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v$

Боковое давление	q_h	22,59	23,61	---	kN/m²

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right)$$

Давление сопротивления основания (нагрузка грунта)	q^*_h	33,57	35,83	---	kN/m²

$$q^*_h = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh}^*}$$

Давление сопротивления основания (наполнение водой)	q^*_{hw}	0,83	1,20	---	kN/m²

$$q^*_{hw} = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh}^*}$$

1.2.4. Schnittkräfte

1.2.4.1. Силы резания (поперечные) при минимальных грунтовых водах, Краткосрочное

		вершина	Ось симметрии	основание	
	m_{qv}	0,261	-0,265	0,275	[-]
Момент от суммарной вертикальной нагрузки	M_{qv}	0,484	-0,491	0,510	kNm/m
	m_{qh}	-0,250	0,250	-0,250	[-]
Момент бокового давления	M_{qh}	-0,170	0,170	-0,170	kNm/m
	m_{qh}^*	-0,181	0,208	-0,181	[-]
Момент от горизонтального давления сопротивления основания	M^*_{qh}	-0,170	0,196	-0,170	kNm/m
Момент от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	M^*_{qw}	-0,003	0,004	-0,003	kNm/m
	m_g	0,381	-0,440	0,520	[-]
Момент от собственного веса	M_g	0,001	-0,002	0,002	kNm/m
	m_w	0,190	-0,220	0,260	[-]
Момент от заполнения водой	M_w	0,006	-0,007	0,008	kNm/m
	m_{pw}	0,000	0,000	0,000	[-]
Момент из-за давления воды	M_{pw}	0,000	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов	ΣM	0,147	-0,131	0,176	kNm/m
$\Sigma_{Mqv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$					
Сумма моментов от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Mqv,qh,qh^*}	0,143	-0,125	0,169	kNm/m
$\Sigma_{Msonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов от других нагрузок	Σ_{Msonst}	0,004	-0,005	0,007	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$					
Сумма моментов без заполн. водой и гидростат. давления	$\Sigma M'$	0,145	-0,127	0,171	kNm/m
	n_{pv}	0,027	-1,000	-0,027	[-]
Нормальная сила от общей вертик. нагрузки	N_{qv}	0,339	-12,574	-0,339	kN/m
	n_{qh}	-1,000	0,000	-1,000	[-]
Нормальная сила бокового давления	N_{qh}	-4,620	0,000	-4,620	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания	N^*_{qh}	-3,683	0,000	-3,683	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	N^*_{qw}	-0,070	0,000	-0,070	kN/m
	n_g	0,250	-1,571	-0,250	[-]
Нормальная сила от собственного веса	N_g	0,007	-0,042	-0,007	kN/m
	n_w	0,625	0,215	1,375	[-]
Нормальная сила от заполнения водой	N_w	0,136	0,047	0,299	kN/m
Нормальная сила от давления воды	N_{pw}	-1,890	-1,890	-1,890	kN/m
Сумма нормальных сил	ΣN	-9,782	-14,458	-10,311	kN/m

Общая нормальная сила от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Nqv,qh,qh^*}	-7,964	-12,574	-8,643	kN/m
Общая нормальная сила от других нагрузок	Σ_{Nsonst}	-1,818	-1,885	-1,668	kN/m
Сумма без заполнение водой и давления	$\Sigma N'$	-7,957	-12,615	-8,649	kN/m

1.2.4.2. Силы резания (поперечные) при минимальных грунтовых водах, Долгосрочное

		вершина	Ось симметрии	основание	
	m_{qv}	0,261	-0,265	0,275	[-]
Момент от суммарной вертикальной нагрузки	M_{qv}	0,417	-0,424	0,440	kNm/m
	m_{qh}	-0,250	0,250	-0,250	[-]
Момент бокового давления	M_{qh}	-0,179	0,179	-0,179	kNm/m
	m_{qh}^*	-0,181	0,208	-0,181	[-]
Момент от горизонтального давления сопротивления основания	M^*_{qh}	-0,177	0,203	-0,177	kNm/m
Момент от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	M^*_{qw}	-0,005	0,005	-0,005	kNm/m
	m_g	0,381	-0,440	0,520	[-]
Момент от собственного веса	M_g	0,001	-0,002	0,002	kNm/m
	m_w	0,190	-0,220	0,260	[-]
Момент от заполнения водой	M_w	0,006	-0,007	0,008	kNm/m
	m_{pw}	0,000	0,000	0,000	[-]
Момент из-за давления воды	M_{pw}	0,000	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов	ΣM	0,064	-0,046	0,089	kNm/m
$\Sigma_{Mqv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$					
Сумма моментов от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Mqv,qh,qh^*}	0,062	-0,042	0,084	kNm/m
$\Sigma_{Msonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов от других нагрузок	Σ_{Msonst}	0,002	-0,004	0,005	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$					
Сумма моментов без заполн. водой и гидростат. давления	$\Sigma M'$	0,063	-0,043	0,086	kNm/m
	n_{pv}	0,027	-1,000	-0,027	[-]
Нормальная сила от общей вертик. нагрузки	N_{qv}	0,293	-10,840	-0,293	kN/m
	n_{qh}	-1,000	0,000	-1,000	[-]
Нормальная сила бокового давления	N_{qh}	-4,851	0,000	-4,851	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания	N^*_{qh}	-3,819	0,000	-3,819	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	N^*_{qw}	-0,102	0,000	-0,102	kN/m
	n_g	0,250	-1,571	-0,250	[-]
Нормальная сила от собственного веса	N_g	0,007	-0,042	-0,007	kN/m
	n_w	0,625	0,215	1,375	[-]
Нормальная сила от заполнения водой	N_w	0,136	0,047	0,299	kN/m
Нормальная сила от давления воды	N_{pw}	-1,890	-1,890	-1,890	kN/m
Сумма нормальных сил	ΣN	-10,227	-12,725	-10,663	kN/m
Общая нормальная сила от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Nqv,qh,qh^*}	-8,378	-10,840	-8,963	kN/m
Общая нормальная сила от других нагрузок	Σ_{Nsonst}	-1,850	-1,885	-1,700	kN/m
Сумма без заполнение водой и давления	$\Sigma N'$	-8,371	-10,882	-8,970	kN/m

1.2.4.3. Силы резания (поперечные) при максимальном уровне грунтовых вод. Краткосрочное

		вершина	Ось симметрии	основание	
	m_{qv}	0,261	-0,265	0,275	[-]
Момент от суммарной вертикальной нагрузки	M_{qv}	0,366	-0,372	0,386	kNm/m
	m_{qh}	-0,250	0,250	-0,250	[-]
Момент бокового давления	M_{qh}	-0,123	0,123	-0,123	kNm/m
	m_{qh}^*	-0,181	0,208	-0,181	[-]
Момент от горизонтального давления сопротивления основания	M^*_{qh}	-0,132	0,152	-0,132	kNm/m
Момент от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	M^*_{qw}	-0,003	0,004	-0,003	kNm/m
	m_g	0,381	-0,440	0,520	[-]
Момент от собственного веса	M_g	0,001	-0,002	0,002	kNm/m
	m_w	0,190	-0,220	0,260	[-]
Момент от заполнения водой	M_w	0,006	-0,007	0,008	kNm/m
	m_{pw}	0,000	0,000	0,000	[-]
Момент из-за давления воды	M_{pw}	-0,001	-0,001	-0,001	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов	ΣM	0,114	-0,103	0,137	kNm/m
$\Sigma_{Mqv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$					
Сумма моментов от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Mqv,qh,qh^*}	0,111	-0,097	0,131	kNm/m
$\Sigma_{Msonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов от других нагрузок	Σ_{Msonst}	0,003	-0,006	0,006	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$					
Сумма моментов без заполн. водой и гидростат. давления	$\Sigma M'$	0,113	-0,099	0,133	kNm/m
	n_{pv}	0,027	-1,000	-0,027	[-]
Нормальная сила от общей вертик. нагрузки	N_{qv}	0,257	-9,513	-0,257	kN/m
	n_{qh}	-1,000	0,000	-1,000	[-]
Нормальная сила бокового давления	N_{qh}	-3,331	0,000	-3,331	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания	N^*_{qh}	-2,857	0,000	-2,857	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	N^*_{qw}	-0,070	0,000	-0,070	kN/m
	n_g	0,250	-1,571	-0,250	[-]
Нормальная сила от собственного веса	N_g	0,007	-0,042	-0,007	kN/m
	n_w	0,625	0,215	1,375	[-]
Нормальная сила от заполнения водой	N_w	0,136	0,047	0,299	kN/m
Нормальная сила от давления воды	N_{pw}	-5,985	-5,985	-5,985	kN/m
Сумма нормальных сил	ΣN	-11,844	-15,493	-12,208	kN/m
Общая нормальная сила от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Nqv,qh,qh^*}	-5,932	-9,513	-6,445	kN/m
Общая нормальная сила от других нагрузок	Σ_{Nsonst}	-5,913	-5,980	-5,763	kN/m
Сумма без заполнение водой и давления	$\Sigma N'$	-5,925	-9,555	-6,452	kN/m

1.2.4.4. Силы резания (поперечные) при максимальном уровне грунтовых вод. Долгосрочное

		вершина	Ось симметрии	основание	

	m_{qv}	0,261	-0,265	0,275	[-]
Момент от суммарной вертикальной нагрузки	M_{qv}	0,323	-0,328	0,340	kNm/m
	m_{qh}	-0,250	0,250	-0,250	[-]
Момент бокового давления	M_{qh}	-0,128	0,128	-0,128	kNm/m
	m_{qh}^*	-0,181	0,208	-0,181	[-]
Момент от горизонтального давления сопротивления основания	M^*_{qh}	-0,141	0,162	-0,141	kNm/m
Момент от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	M^*_{qw}	-0,005	0,005	-0,005	kNm/m
	m_g	0,381	-0,440	0,520	[-]
Момент от собственного веса	M_g	0,001	-0,002	0,002	kNm/m
	m_w	0,190	-0,220	0,260	[-]
Момент от заполнения водой	M_w	0,006	-0,007	0,008	kNm/m
	m_{pw}	0,000	0,000	0,000	[-]
Момент из-за давления воды	M_{pw}	-0,001	-0,001	-0,001	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов	ΣM	0,055	-0,042	0,075	kNm/m
$\Sigma_{Mqv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$					
Сумма моментов от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Mqv,qh,qh^*}	0,053	-0,037	0,070	kNm/m
$\Sigma_{Msonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Сумма моментов от других нагрузок	Σ_{Msonst}	0,002	-0,005	0,004	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$					
Сумма моментов без заполн. водой и гидростат. давления	$\Sigma M'$	0,055	-0,039	0,072	kNm/m
	n_{pv}	0,027	-1,000	-0,027	[-]
Нормальная сила от общей вертик. нагрузки	N_{qv}	0,226	-8,380	-0,226	kN/m
	n_{qh}	-1,000	0,000	-1,000	[-]
Нормальная сила бокового давления	N_{qh}	-3,483	0,000	-3,483	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания	N^*_{qh}	-3,049	0,000	-3,049	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Нормальная сила от горизонтального давления сопротивления основания (заполн.водой)	N^*_{qw}	-0,102	0,000	-0,102	kN/m
	n_g	0,250	-1,571	-0,250	[-]
Нормальная сила от собственного веса	N_g	0,007	-0,042	-0,007	kN/m
	n_w	0,625	0,215	1,375	[-]
Нормальная сила от заполнения водой	N_w	0,136	0,047	0,299	kN/m
Нормальная сила от давления воды	N_{pw}	-5,985	-5,985	-5,985	kN/m
Сумма нормальных сил	ΣN	-12,250	-14,359	-12,553	kN/m
Общая нормальная сила от грунта и транспортных нагрузок	Σ_{Nqv,qh,qh^*}	-6,306	-8,380	-6,758	kN/m
Общая нормальная сила от других нагрузок	Σ_{Nsonst}	-5,945	-5,980	-5,795	kN/m
Сумма без заполнение водой и давления	$\Sigma N'$	-6,299	-8,421	-6,765	kN/m

1.2.5. Доказательство краткосрочных нагрузок

1.2.5.1. Доказательство растяжения (при минимальных грунтовых водах)

$$\varepsilon_{R,res} = \frac{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}| \cdot \bar{\varepsilon}_R + |\varepsilon_{sonst}| \cdot \varepsilon_{R,L}}{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}| + |\varepsilon_{sonst}|}$$

Корректирующий коэффициент внутренней кривизны: α_{ki} 1,045 [-]

Внутри:		вершина	Ось симметрии	основание	
$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \left(\frac{s \cdot \Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6} + \Sigma_{Mqv,qh,qh^*} \cdot \alpha_{ki} \right)$					
Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	0,300	-0,421	0,360	%
$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \left(\frac{s \cdot \Sigma_{Nsonst}}{6} + \Sigma_{Msonst} \cdot \alpha_{ki} \right)$					
Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,005	-0,029	0,004	%
$\varepsilon = \varepsilon_{sonst} + \varepsilon_{qv,qh,qh^*}$					
Суммарное растяжение	ε	0,295	-0,450	0,364	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	3,74	3,74	3,74	%
Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	12,679	---	10,280	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	---	8,318	---	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва: erf γ_{RBZ} 2,00 [-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия: erf γ_{RBD} 2,00 [-]

Корректирующий коэффициент наруж. кривизны: α_{ka} 0,955 [-]

Снаружи:		вершина	Ось симметрии	основание	
$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \left(\frac{s \cdot \Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6} - \Sigma_{Mqv,qh,qh^*} \cdot \alpha_{ka} \right)$					
Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	-0,398	0,189	-0,464	%

$$\varepsilon_{sonst}=\frac{\sigma_{sonst}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\cdot\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nsonst}}{6}-\Sigma_{Msonst}\cdot\alpha_{ka}\right)$$

Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,024	-0,003	-0,029	%

$$\varepsilon = \varepsilon_{sonst}+\varepsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Суммарное растяжение	ε	-0,422	0,186	-0,493	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	3,74	3,74	3,74	%
Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	---	20,070	---	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	8,878	---	7,596	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:	erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:	erf γ_{RBD}	2,00	[-]

Все рассчитанные коэффициенты надежности доказательства растяжения достаточны.

1.2.5.2. Доказательство растяжения (при максимальном уровне грунтовых вод)

$$\varepsilon_{R,res}=\frac{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}|\cdot\bar{\varepsilon}_R+|\varepsilon_{sonst}|\cdot\varepsilon_{R,L}}{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}|+|\varepsilon_{sonst}|}$$

Корректирующий коэффициент внутренней кривизны:	α_{ki}		1,045	[-]
Внутри:		вершина	Ось симметрии	основание

$$\varepsilon_{qv,qh,qh^*}=\frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\cdot\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6}+\Sigma_{Mqv,qh,qh^*}\cdot\alpha_{ki}\right)$$

Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	0,235	-0,324	0,281	%

$$\varepsilon_{sonst}=\frac{\sigma_{sonst}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\cdot\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nsonst}}{6}+\Sigma_{Msonst}\cdot\alpha_{ki}\right)$$

Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,040	-0,065	-0,032	%

$$\varepsilon = \varepsilon_{sonst}+\varepsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Суммарное растяжение	ε	0,195	-0,389	0,249	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	3,74	3,74	3,74	%

Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	19,230	---	15,045	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	---	9,626	---	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:	erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:	erf γ_{RBD}	2,00	[-]

Корректирующий коэффициент наруж. кривизны:	α_{ka}	0,955	[-]

Снаружи:		вершина	Ось симметрии	основание	
$\varepsilon_{qv,qh,qh^*}=\frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\cdot\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6}-\Sigma_{Mqv,qh,qh^*}\cdot\alpha_{ka}\right)$					
Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	-0,307	0,148	-0,356	%
$\varepsilon_{sonst}=\frac{\sigma_{sonst}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\cdot\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nsonst}}{6}-\Sigma_{Msonst}\cdot\alpha_{ka}\right)$					
Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,055	-0,034	-0,060	%
$\varepsilon = \varepsilon_{sonst}+\varepsilon_{qv,qh,qh^*}$					
Суммарное растяжение	ε	-0,362	0,115	-0,417	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	3,74	3,74	3,74	%
Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	---	32,663	---	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	10,347	---	8,979	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:	erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:	erf γ_{RBD}	2,00	[-]

Все рассчитанные коэффициенты надежности доказательства растяжения достаточны.

1.2.5.3. Доказательство деформации (при минимальных грунтовых водах)

Режим расчета:		линейный	
Соотношение:		I/(A·rm²)	0,00153 [-]
Соотношение 'I/(A·rm²)·κq':		I/(A·rm²)·κ_Q	0,00184 [-]

		q_v	q_h	q_h^*	
Коэффициент деформации для момента изгиба	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]
Коэффициент деформации для нормального усилия	c^N_v	-0,6830	-0,6810	-0,2470	[-]

Коэффициент деформации для поперечных сил	c^Q_v	-0,3590	0,3350	0,2430	[-]

$$c' = c + \frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot [c^N + 2(1 + v) \cdot \kappa_Q \cdot c^Q]$$

Результирующий коэффициент деформации	c'_v	-0,0922	0,0840	0,0649	[-]
Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	-0,0860	-0,0679	[-]

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{v,qv} \cdot q_v + c_{v,qh} \cdot q_h + c_{v,qh^*} \cdot q_h^*)$$

$$\Delta d_h = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h + c_{h,qh^*} \cdot q_h^*)$$

Вертикальное изменение диаметра:	Δd_v	5,58	mm
Горизонтальное изменение диаметра:	Δd_h	4,77	mm

$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Относительная вертикальная деформация:	δ_v	1,89	%
Допустимая деформация:	zul δ_v	6,00	%

Рассчитанная деформация меньше допустимой.

1.2.5.4. Доказательство деформации (при максимальном уровне грунтовых вод)

Режим расчета:	линейный		
Соотношение:	$I/(A \cdot rm^2)$	0,00153	[-]
Соотношение 'I/(A·rm²)·κq':	$I/(A \cdot rm^2) \cdot \kappa_Q$	0,00184	[-]

		q_v	q_h	q_h^*		
Коэффициент деформации для момента изгиба	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]	
Коэффициент деформации для нормального усилия	c^N_v	-0,6830	-0,6810	-0,2470	[-]	
Коэффициент деформации для поперечных сил	c^Q_v	-0,3590	0,3350	0,2430	[-]	

$$c' = c + \frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot [c^N + 2(1 + v) \cdot \kappa_Q \cdot c^Q]$$

Результирующий коэффициент деформации	c'_v	-0,0922	0,0840	0,0649	[-]
Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	-0,0860	-0,0679	[-]

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{v,qv} \cdot q_v + c_{v,qh} \cdot q_h + c_{v,qh^*} \cdot q_h^*)$$

$$\Delta d_h = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h + c_{h,qh^*} \cdot q_h^*)$$

Вертикальное изменение диаметра:	Δd_v	4,31	mm
Горизонтальное изменение диаметра:	Δd_h	3,70	mm

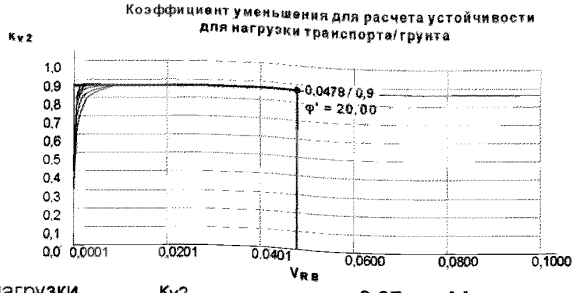
$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Относительная вертикальная деформация:	δ_v	1,46	%
Допустимая деформация:	zul δ_v	6,00	%

Рассчитанная деформация меньше допустимой.

1.2.5.5. Доказательство устойчивости (линейное) (при максимальном уровне грунтовых вод)

Суммарная вертикальная нагрузка: q_v 64,50 kN/m²



Коэффициент уменьшения для расчета устойчивости для нагрузки транспорта/грунта:	κ_{v2}	0,87	[-]
Критическая вертикальная суммарная нагрузка:	krit q_v	1 013,7	kN/m²

$$krit\ q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$$

Коэффициент надежности (вертикальная суммарная нагрузка):	γ_{qv}	15,72	[-]

$$\gamma = \frac{krit\ q_v}{q_v}$$

Внешнее давление воды:	p_a	38,00	kN/m²

$$p_a = h_W \cdot \gamma_W$$

Вкл. пониженное давление (вакуум) в трубе:	p_{l-}	0,00	kN/m²
Жёсткость системы:	V_{RB}	0,0478	[-]
Входная величина δv2 для определения κa2:	δ_{v2}	2,46	%
Уменьшающий коэффициент предварительной деформации для пробивных нагрузок при внешнем давлении воды:	κ_{a2}	0,79	[-]
Уменьшающий коэффициент локальной предварительной деформации для "пробивных" нагрузок при внешнем давлении воды:	κ_{a1}	1,00	[-]
Заменительная величина для rm/s:	k*	7,375	[-]
Коэффициент пробоя:	α_D	6,067	[-]
Критическое внешнее давление воды:	krit p_a	616,443	kN/m²

$$krit\ p_a = \kappa_a \cdot \alpha_D \cdot 8S_0$$

$$\kappa_a = \kappa_{a2} \cdot \kappa_{a1}$$

Коэффициент надежности для устойчивости (внешнее давление воды):	γ_{pa}	16,222	[-]

$$\gamma_{pa} = \frac{krit\ p_a}{p_a}$$

Коэффициент надежности для устойчивости:	γ	7,98	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, потеря устойчивости:	erf γ_{stab}	2,00	[-]

Расчитанные коэффициенты надежности доказательства устойчивости достаточны.

1.2.5.6. Нелинейное доказательство стабильности

Нелинейное доказательство стабильности не применяется, т.к. VRB > 1.0 (жёсткая труба).

1.2.6. Доказательство долгосрочных нагрузок

1.2.6.1. Доказательство растяжения (при минимальных грунтовых водах)

$$\varepsilon_{R,res}=\frac{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}|\cdot\bar{\varepsilon}_R+|\varepsilon_{sonst}|\cdot\varepsilon_{R,L}}{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}|+|\varepsilon_{sonst}|}$$

Корректирующий коэффициент внутренней кривизны:			α_{ki}	1,045	[-]
Внутри:		вершина	Ось симметрии	основание	
$\varepsilon_{qv,qh,qh^*}=\frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6}+\Sigma_{Mqv,qh,qh^*}\cdot\alpha_{ki}\right)$					
Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	0,250	-0,545	0,396	%
$\varepsilon_{sonst}=\frac{\sigma_{sonst}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nsonst}}{6}+\Sigma_{Msonst}\cdot\alpha_{ki}\right)$					
Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,035	-0,099	-0,002	%
$\varepsilon=\varepsilon_{sonst}+\varepsilon_{qv,qh,qh^*}$					
Суммарное растяжение	ε	0,215	-0,644	0,395	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	2,44	2,43	2,46	%
Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	11,350	---	6,227	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	---	3,778	---	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:			erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:			erf γ_{RBD}	2,00	[-]
Корректирующий коэффициент наруж. кривизны:			α_{ka}	0,955	[-]
Снаружи:		вершина	Ось симметрии	основание	
$\varepsilon_{qv,qh,qh^*}=\frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R}=\frac{s}{2r_m^3\cdot 8S_0}\left(\frac{s\cdot\Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6}-\Sigma_{Mqv,qh,qh^*}\cdot\alpha_{ka}\right)$					
Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	-0,593	0,025	-0,753	%

$$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \left(\frac{s \cdot \Sigma N_{sonst}}{6} - \Sigma M_{sonst} \cdot \alpha_{ka} \right)$$

Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,083	-0,026	-0,104	%

$$\varepsilon = \varepsilon_{sonst} + \varepsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Суммарное растяжение	ε	-0,676	-0,001	-0,857	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	2,44	2,37	2,44	%
Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	---	---	---	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	3,607	2 790,502	2,848	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:	erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:	erf γ_{RBD}	2,00	[-]

Все рассчитанные коэффициенты надежности доказательства растяжения достаточны.

1.2.6.2. Доказательство растяжения (при максимальном уровне грунтовых вод)

$$\varepsilon_{R,res} = \frac{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}| \cdot \bar{\varepsilon}_R + |\varepsilon_{sonst}| \cdot \varepsilon_{R,L}}{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}| + |\varepsilon_{sonst}|}$$

Корректирующий коэффициент внутренней кривизны:			α_{ki}	1,045	[-]
Внутри:		вершина	Ось симметрии	основание	

$$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \left(\frac{s \cdot \Sigma N_{qv,qh,qh^*}}{6} + \Sigma M_{qv,qh,qh^*} \cdot \alpha_{ki} \right)$$

Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	0,215	-0,415	0,318	%

$$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \left(\frac{s \cdot \Sigma N_{sonst}}{6} + \Sigma M_{sonst} \cdot \alpha_{ki} \right)$$

Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,177	-0,241	-0,143	%

$$\varepsilon = \varepsilon_{sonst} + \varepsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Суммарное растяжение	ε	0,038	-0,656	0,174	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	2,43	2,45	2,46	%

Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	64,113	---	14,127	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	---	3,738	---	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:	erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:	erf γ_{RBD}	2,00	[-]

Корректирующий коэффициент наруж. кривизны:	α_{ka}	0,955	[-]

Снаружи:		вершина	Ось симметрии	основание	
$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \Sigma_{Nqv,qh,qh^*}}{6} - \Sigma_{Mqv,qh,qh^*} \cdot \alpha_{ka} \right)$					
Растяжение от нагрузки грунта и транспорта	ε_{qv,qh,qh^*}	-0,447	0,046	-0,559	%
$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \Sigma_{Nsonst}}{6} - \Sigma_{Msonst} \cdot \alpha_{ka} \right)$					
Растяжение от других нагрузок	ε_{sonst}	-0,208	-0,151	-0,229	%
$\varepsilon = \varepsilon_{sonst} + \varepsilon_{qv,qh,qh^*}$					
Суммарное растяжение	ε	-0,654	-0,105	-0,788	%
С учетом предельного растяжения внешних волокон	$\varepsilon_{R,res}$	2,46	2,34	2,47	%

Коэффициент надежности на растяжение при изгибе:	γ_{BZ}	---	---	---	[-]
Коэффициент надежности на сдавливание при изгибе:	γ_{BD}	3,763	22,178	3,134	[-]

Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждение посредством разрыва:	erf γ_{RBZ}	2,00	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, трещины, повреждения посредством сжатия:	erf γ_{RBD}	2,00	[-]

Все рассчитанные коэффициенты надежности доказательства растяжения достаточны.

1.2.6.3. Доказательство деформации (при минимальных грунтовых водах)

Режим расчета:		линейный	
Соотношение:		I/(A·rm²)	0,00153 [-]
Соотношение 'I/(A·rm²)·kq':		I/(A·rm²)·kQ	0,00184 [-]

		q_v	q_h	q_h^*	
Коэффициент деформации для момента изгиба	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]
Коэффициент деформации для нормального усилия	c^N_v	-0,6830	-0,6810	-0,2470	[-]

Коэффициент деформации для поперечных сил	c^Q_v	-0,3590	0,3350	0,2430	[-]

$$c' = c + \frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot [c^N + 2(1 + v) \cdot \kappa_Q \cdot c^Q]$$

Результирующий коэффициент деформации	c'_v	-0,0922	0,0840	0,0649	[-]
Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	-0,0860	-0,0679	[-]

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{v,qv} \cdot q_v + c_{v,qh} \cdot q_h + c_{v,qh^*} \cdot q_h^*)$$

$$\Delta d_h = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h + c_{h,qh^*} \cdot q_h^*)$$

Вертикальное изменение диаметра:	Δd_v	7,13	mm
Горизонтальное изменение диаметра:	Δd_h	4,95	mm

$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Относительная вертикальная деформация:	δ_v	2,42	%
Допустимая деформация:	zul δ_v	6,00	%

Рассчитанная деформация меньше допустимой.

1.2.6.4. Доказательство деформации (при максимальном уровне грунтовых вод)

Режим расчета:	линейный		
Соотношение:	$I/(A \cdot rm^2)$	0,00153	[-]
Соотношение 'I/(A·rm²)·κq':	$I/(A \cdot rm^2) \cdot \kappa_Q$	0,00184	[-]

		q_v	q_h	q_h^*		
Коэффициент деформации для момента изгиба	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]	
Коэффициент деформации для нормального усилия	c^N_v	-0,6830	-0,6810	-0,2470	[-]	
Коэффициент деформации для поперечных сил	c^Q_v	-0,3590	0,3350	0,2430	[-]	

$$c' = c + \frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot [c^N + 2(1 + v) \cdot \kappa_Q \cdot c^Q]$$

Результирующий коэффициент деформации	c'_v	-0,0922	0,0840	0,0649	[-]
Результирующий коэффициент деформации	$c'_{h,qv}$	0,0904	-0,0860	-0,0679	[-]

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{v,qv} \cdot q_v + c_{v,qh} \cdot q_h + c_{v,qh^*} \cdot q_h^*)$$

$$\Delta d_h = \frac{2 \cdot r_m}{8 S_0} \cdot (c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h + c_{h,qh^*} \cdot q_h^*)$$

Вертикальное изменение диаметра:	Δd_v	5,48	mm
Горизонтальное изменение диаметра:	Δd_h	3,95	mm

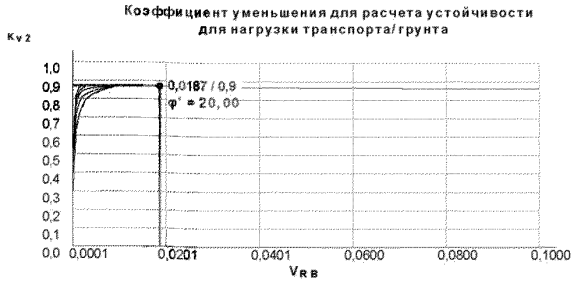
$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Относительная вертикальная деформация:	δ_v	1,86	%
Допустимая деформация:	zul δ_v	6,00	%

Рассчитанная деформация меньше допустимой.

1.2.6.5. Доказательство устойчивости (линейное) (при максимальном уровне грунтовых вод)

Суммарная вертикальная нагрузка:	q_v	56,81	kN/m²



Коэффициент уменьшения для расчета устойчивости для нагрузки транспорта/грунта:	κ_{v2}	0,87	[-]
Критическая вертикальная суммарная нагрузка:	krit q_v	636,6	kN/m²

$$krit\ q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$$

Коэффициент надежности (вертикальная суммарная нагрузка):	γ_{qv}	11,21	[-]

$$\gamma = \frac{krit\ q_v}{q_v}$$

Внешнее давление воды:	p_a	38,00	kN/m²

$$p_a = h_W \cdot \gamma_W$$

Вкл. пониженное давление (вакуум) в трубе:	p_i-	0,00	kN/m²
Жёсткость системы:	V_{RB}	0,0187	[-]
Входная величина δv2 для определения κa2:	δ_{v2}	2,86	%
Уменьшающий коэффициент предварительной деформации для пробивных нагрузок при внешнем давлении воды:	κ_{a2}	0,83	[-]
Уменьшающий коэффициент локальной предварительной деформации для "пробивных" нагрузок при внешнем давлении воды:	κ_{a1}	1,00	[-]
Заменительная величина для rm/s:	k*	7,375	[-]
Коэффициент пробоя:	α_D	8,788	[-]
Критическое внешнее давление воды:	krit p_a	232,016	kN/m²

$$krit\ p_a = \kappa_a \cdot \alpha_D \cdot 8S_0$$

$$\kappa_a = \kappa_{a2} \cdot \kappa_{a1}$$

Коэффициент надежности для устойчивости (внешнее давление воды):	γ_{pa}	6,106	[-]

$$\gamma_{pa} = \frac{krit\ p_a}{p_a}$$

Коэффициент надежности для устойчивости:	γ	3,95	[-]
Требуемый общий коэффициент безопасности, потеря устойчивости:	erf γ_{stab}	2,00	[-]

Расчитанные коэффициенты надежности доказательства устойчивости достаточны.

1.2.6.6. Нелинейное доказательство стабильности

Нелинейное доказательство стабильности не применяется, т.к. VRB > 1.0 (жёсткая труба).

Результаты всех необходимых испытаний удовлетворительные.

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Расчет на прочность трубопровода из стеклопластика при подземной прокладке

Прочностной расчет трубопроводов из стеклопластика при подземной прокладке рекомендуется выполнять согласно методике, приведенной в AWWA Manual M45 [53], а также в Технических рекомендациях «Проектирование подземных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения из стеклопластиковых труб, изготовленных методом непрерывной намотки. Часть I. Методические положения» [54] (для самотечного варианта), с учетом ATV-DVWK-A 127 [31].

Выбираем исходные данные для расчета:

- номинальный диаметр трубы ND – 1000 мм;
- толщина структурной стенки δ_{cc} – 14,5 мм;
- толщина лайнера (защитный внутренний слой из смолы) $\delta_{лс}$ – 1,02 мм;
- общая толщина стенки δ_o – 15,52 мм;
- жесткость трубы SN – 10000 Па;
- окружной модуль на растяжение E_H – 12411 МПа;
- максимально допустимая деформация $\delta d/d_{ср}$ – 0,05 мм/мм;
- коэффициент безопасности по устойчивости FS – 2,5;
- долговременная кольцевая изгибная деформация S_b – 0,0115;
- средний диаметр трубы $d_{ср}$ – 1024,5 мм;
- вакуум $P_{вак}$ – 0,56 ати (0,06 МПа);
- глубина прокладки H – 1,22÷2,43 м (от уровня земли до внешней поверхности трубы);
- удельный вес воды $\gamma_в$ – 9810 кгс/м^3 (96138 $Н/м^3$);
- удельный вес естественного грунта (плотный илистый песок) $\gamma_{гр}$ – 2018 кгс/м^3 (19776 $Н/м^3$);
- модуль естественного грунта E'_n – 69 МПа;
- модуль грунта обратной засыпки (слабо уплотненный глинистый песок) E'_b – 6,9 МПа;
- высота столба грунтовых вод над внешней поверхностью трубы $H_в$ – 1,52÷0,3 м;
- ширина траншеи $B_{тр}$ – 1,5 м;
- коэффициент комбинированной реакции грунта S_c – 2,0 (в зависимости от E'_n/E'_b и $B_{тр}/d_н$);
- коэффициент формы D_f – 4,5 (в зависимости от жесткости трубы, материала засыпки и степени уплотнения материала засыпки);
- коэффициент постели K_X – 0,103;
- нагрузка колеса G – 7257 кгс (71172 Н);
- длина следа от колеса (длина грузовой площадки) в направлении движения l_1 – 0,25 м;
- коэффициент динамической нагрузки I_F – 1,0 (при $H \geq 0{,}9$ м);
- коэффициент запаздывания прогиба D_L – 1,1.

Значение максимально допустимого прогиба необходимо для последующей проверки расчетного прогиба, который должен быть меньше максимально допустимого.

Определяем максимально допустимый долговременный вертикальный прогиб трубы:

$$\Delta y_a = \frac{S_b}{FS} \cdot \frac{d_{ср}}{\delta_o} \cdot \frac{d_{ср}}{D_f} = \frac{0{,}0115}{1{,}5} \cdot \frac{1024{,}5}{15{,}52} \cdot \frac{1024{,}5}{4{,}5} = 115{,}2 \text{ мм.} \qquad (Ж1)$$

$$\frac{\Delta y_a}{d_{ср}} = \frac{115{,}2}{1024{,}5} = 0{,}11 \geq \delta d/d_{ср} = 0{,}05. \qquad (Ж2)$$

Принимаемое в пределах 5 % уменьшение диаметра трубы по вертикали от внешних нагрузок и установленная допустимая деформация (6 % по ATV-DVWK-A 127 [31]) меньше рассчитанного максимально допустимого долговременного прогиба, т.е. результат этой проверки положительный.

Определяем нагрузки от грунта (точнее, давления, оказываемого грунтом на единицу площади) для максимальной и минимальной глубин прокладки трубопровода:

$$W_{гр\max} = \gamma_{гр} H_{\max} = 19776 \cdot 2{,}43 = 48056 \text{ Па}, \quad (Ж3)$$

$$W_{гр\min} = \gamma_{гр} H_{\min} = 19776 \cdot 1{,}22 = 24127 \text{ Па}.$$

Определяем максимальную и минимальную ширину зоны действия нагрузки от транспортных средств параллельно (Ж4) и перпендикулярно (Ж5) направлению движения:

$$L_{1\max} = l_1 + 1{,}75 H_{\max} = 0{,}25 + 1{,}75 \cdot 2{,}43 = 4{,}50 \text{ м}, \quad (Ж4)$$

$$L_{1\min} = l_1 + 1{,}75 H_{\min} = 0{,}25 + 1{,}75 \cdot 1{,}22 = 2{,}39 \text{ м}.$$

$$L_{2\max} = \frac{1{,}31 + 1{,}75 H_{\max}}{8} = \frac{1{,}31 + 1{,}75 \cdot 2{,}43}{8} = 0{,}7 \text{ м}, \quad (Ж5)$$

$$L_{2\min} = \frac{1{,}31 + 1{,}75 H_{\min}}{8} = \frac{1{,}31 + 1{,}75 \cdot 1{,}22}{8} = 0{,}43 \text{ м}.$$

Определяем минимальную и максимальную динамические нагрузки:

$$W_{Д\min} = \frac{GI_F}{L_{1\max} L_{2\max}} = \frac{71172 \cdot 1{,}0}{4{,}5 \cdot 0{,}7} = 22594 \text{ Па}, \quad (Ж6)$$

$$W_{Д\max} = \frac{GI_F}{L_{1\min} L_{2\min}} = \frac{71172 \cdot 1{,}0}{2{,}39 \cdot 0{,}43} = 69254 \text{ Па}.$$

Определяем комбинированный модуль реакции грунта:

$$E' = S_c E'_b = 2{,}0 \cdot 6{,}9 = 13{,}8 \text{ МПа}. \quad (Ж7)$$

Определяем расчетную деформацию трубы для максимальной и минимальной глубин прокладки трубопровода:

$$\frac{\Delta y_{\max}}{d_{ср}} = \frac{(D_L W_{гр\max} + W_{Д\min}) K_X}{0{,}149 SN + 0{,}061 E'} \cdot 100\% = \frac{(1{,}1 \cdot 48056 + 22594) \cdot 0{,}103}{0{,}149 \cdot 10000 + 0{,}061 \cdot 13800000} \cdot 100\% = 0{,}91\%, \quad (Ж8)$$

$$\frac{\Delta y_{\min}}{d_{ср}} = \frac{(D_L W_{гр\min} + W_{Д\max}) K_X}{0{,}149 SN + 0{,}061 E'} \cdot 100\% = \frac{(1{,}1 \cdot 24127 + 69254) \cdot 0{,}103}{0{,}149 \cdot 10000 + 0{,}061 \cdot 13800000} \cdot 100\% = 1{,}16\%.$$

Проверка расчетной деформации по допустимым деформациям для обоих вариантов глубины прокладки трубопровода дает положительный результат:

$$0{,}91\% \le \delta d/d_{ср} = 5\% \le \frac{\Delta y_a}{d_{ср}} = 11\% \quad (Ж9)$$

$$1{,}16\% \le \delta d/d_{ср} = 5\% \le \frac{\Delta y_a}{d_{ср}} = 11\%$$

Определяем коэффициент плавучести для двух вариантов по глубине прокладки:

$$R_{B\min} = 1 - 0{,}33 \frac{H_{B\max}}{H_{\max}} = 1 - 0{,}33 \frac{1{,}52}{2{,}43} = 0{,}794, \quad (Ж10)$$

$$R_{B\max} = 1 - 0{,}33 \frac{H_{B\min}}{H_{\min}} = 1 - 0{,}33 \frac{0{,}3}{1{,}22} = 0{,}919.$$

Определяем эмпирический коэффициент упругой опоры для двух вариантов по глубине прокладки:

$$B'_{\max} = \frac{1}{1 + 4e^{-0{,}213 H_{\max}}} = \frac{1}{1 + 4 \cdot 2{,}718^{-0{,}2132{,}43}} = 0{,}296, \quad (Ж11)$$

$$B'_{\min} = \frac{1}{1 + 4e^{-0{,}213 H_{\min}}} = \frac{1}{1 + 4 \cdot 2{,}718^{-0{,}2131{,}22}} = 0{,}245.$$

Определяем допустимое давление, вызывающее вдавливание (потерю устойчивости):

$$q_{доп\max} = \frac{\sqrt{32R_{B\min}B'_{\max}E'SN}}{FS} = \frac{\sqrt{32 \cdot 0{,}794 \cdot 0{,}296 \cdot 13800000 \cdot 10000}}{2{,}5} = 407503 \text{ Па}, \quad (Ж12)$$

$$q_{доп\min} = \frac{\sqrt{32R_{B\max}B'_{\min}E'SN}}{FS} = \frac{\sqrt{32 \cdot 0{,}919 \cdot 0{,}245 \cdot 13800000 \cdot 10000}}{2{,}5} = 398855 \text{ Па}.$$

Общее расчетное значение внешних нагрузок должно быть меньше или равным допустимому давлению, вызывающему вдавливание (потерю устойчивости).

Определяем расчетное давление при двух глубинах прокладки трубы:

$$q_{1p\max} = \gamma_в H_{в\max} + R_{в\min}W_{гр\max} + P_{вак} = 99138 \cdot 1{,}52 + 0{,}794 \cdot 48056 + 55168 = 244016 \text{ Па}, \quad (Ж13)$$

$$q_{1p\min} = \gamma_в H_{в\min} + R_{в\max}W_{гр\min} + P_{вак} = 99138 \cdot 0{,}3 + 0{,}919 \cdot 24127 + 55168 = 107082 \text{ Па}.$$

Определяем расчетное давление при действии нагрузки от грунта и динамической нагрузки при двух глубинах прокладки трубы:

$$q_{2p\max} = \gamma_в H_{в\max} + R_{в\min}W_{гр\max} + W_{Д\min} = 99138 \cdot 1{,}52 + 0{,}794 \cdot 48056 + 22594 = 214440 \text{ Па}, \quad (Ж14)$$

$$q_{2p\min} = \gamma_в H_{в\min} + R_{в\max}W_{гр\min} + W_{Д\max} = 99138 \cdot 0{,}3 + 0{,}919 \cdot 24127 + 69254 = 124168 \text{ Па}.$$

Так как при сравнении результатов по формулам (Ж12) и (Ж13), (Ж12) и (Ж14) получаем, что $q_{1p} < q_{доп}$ и $q_{2p} < q_{доп}$, то проверка устойчивости дает положительный результат.

Таким образом, все расчетные показатели трубопровода полностью удовлетворяют проверкам на допустимые деформации и допустимые нагрузки.

Приложение З
(рекомендуемое)

Гибридная микротрубочная канализация для волоконно-оптических линий связи в безнапорных сетях водоотведения

1. Размещение гибридной микротрубочной канализации производится на внутренней поверхности трубопроводов, камер и колодцев, выполненных из стали, чугуна, пластика, керамики, железобетона и бетона соответственно.

Технологический доступ к сетям водоотведения (объекту городской коммунальной инфраструктуры) со стороны владельца инфраструктуры должен осуществляться на основании «Правил недискриминационного доступа к инфраструктуре для размещения сетей электросвязи» [89].

При проектировании гибридной микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи рекомендуется учитывать РД 45.120-2000 (НТП 112-2000) [90], при монтаже и вводе в эксплуатацию следует соблюдать требования Приказа Минкомсвязи России от 26.08.2014 № 258 [91].

2. Гибридная микротрубочная канализация это герметичная кабельная канализация для волоконно-оптических линий связи, представляющая собой систему полых каналов, предназначенных для размещения в них волоконно-оптического кабеля методом пневматической прокладки. Микротрубочная канализация состоит из совокупности отдельных микротрубочных каналов или специализированных сборок (модулей) микротрубочных каналов, а также муфт для их герметичной коммутации. Конструктивные особенности микротрубочной канализации позволяют размещать кабельные каналы в подземных сооружениях коммунальных систем города, включая каналы сетей водоотведения, работающих в самотечном режиме, без негативного влияния на их функциональные свойства.

Кабельные каналы это пластиковые трубки для размещения кабеля методом пневматической инсталляции. Могут быть отдельным элементом или входящими в состав сборок (модулей).

Волоконно-оптическая линия связи это оптический кабель в комплексе с линейными сооружениями и устройствами для их обслуживания, по которому передаются все виды сигналов.

Волоконно-оптический кабель это кабельное изделие, содержащее оптические волокна, объединенные в единую конструкцию, обеспечивающую передачу световых сигналов в заданных условиях эксплуатации.

Оптическое волокно это двухслойная цилиндрическая кварцевая нить, состоящая из оболочки и сердцевины. Свет распространяется в сердцевине волокна, испытывая полное внутренне отражение.

Волоконно-оптический кабель применяется для реализации передачи оптических сигналов, включая предоставление услуг связи. Ввод волоконно-оптического кабеля в здание осуществляется по каналу микротрубочной кабельной канализации методом пневматической задувки. Конечной точкой ввода является кроссовое объектовое устройство. Конструктивно представляет собой шкаф, закрепленный на вертикальной поверхности и имеющий конструктивные элементы для защиты от несанкционированного доступа, рекомендуемый уровень защиты от внешних воздействий – не менее IP64 (IEC-952).

3. Технология размещения герметичных микротрубочных каналов для волоконно-оптического кабеля в подземных сооружениях сети водоотведения, работающей в самотечном режиме [92-96], не влияет на функциональные свойства сети, что отражено на рисунках З1-З3.

Инсталляция внутри сооружений производится специализированными монтажными бригадами.

Ниже перечислены основные технологические конструкционные элементы.

Защитная полиэтиленовая труба с размещенными внутри микротрубочными каналами (для инсталляции кабеля соответствующего диаметра пневматическим способом) предназначена для обеспечения физической защиты кабельных каналов.

Защитный кожух – пластиковый конструктивный элемент для защиты полиэтиленовой трубы с микротрубочными каналами от внешнего воздействия, а также для предотвращения образования сбора элементов стока на поверхности кабельных каналов.

Защитный короб – составной пластиковый конструктивный элемент для защиты микротрубочных каналов от внешнего воздействия и для предотвращения образования сбора элементов стока на поверхности кабельных каналов.



Рисунок 31 – Прокладка микротрубочной канализации с помощью полимерно-тканевого рукава при санации

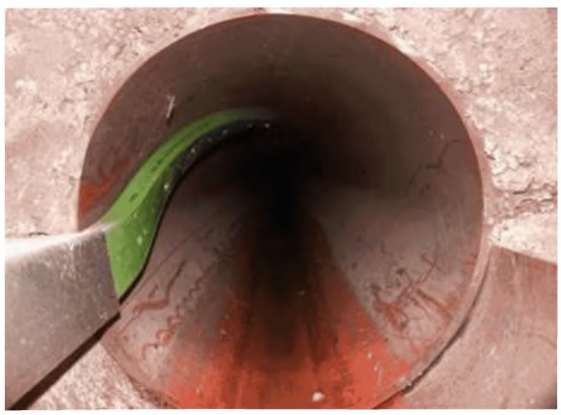


Рисунок 32 – Прокладка микротрубочной канализации с помощью крепежа



Рисунок 33 – Вывод кабельных каналов в колодце

Мобильный комплекс – специализированный унитарный монтажный комплекс на передвижной платформе, предназначенный и укомплектованный для инсталляции кабельных каналов и методом крепления полимерно-тканевым рукавом. В состав комплекса входит устройства сборки защитного короба кабеленесущих конструкций, монтажные платформы с интегрированным в мобильный комплекс системой для их управления и конфигурирования, а также требуемым комплектом снаряжения, оборудования и инструментов.

Клипса для защитной полиэтиленовой трубы – пластиковый конструктивный элемент для закрепления защитной полиэтиленовой трубы на поверхности и фиксации внешнего защитного кожуха кабельного канала.

Нержавеющая гофротруба – металлический герметичный гофрированный рукав из нержавеющей стали для обеспечения защиты защитной полиэтиленовой трубы и отдельных кабельных каналов при необходимости монтажа на участках, не обеспечивающих корректный монтаж кабельных каналов.

Скоба для гофротрубы – скоба из нержавеющей стали для закрепления нержавеющей гофротрубы. Крепление к несущей поверхности осуществляется одним анкером из нержавеющей стали диаметром не менее 10 мм или саморезом для бетона.

Скоба «Ω» – обхватывающая скоба из нержавеющей стали для усиления фиксации защитного кожуха на несущей поверхности, крепление к которой осуществляется двумя анкерами из нержавеющей стали диаметром не менее 10 мм.

Скоба «С» – силовой элемент, предназначенный для усиления крепления вывода кабеленесущих конструкций, монтируемых мобильным комплексом, а также для защиты от повреждений от внешнего воздействия и для предотвращения образования сбора стока на поверхности кабельных каналов.

Муфта – пластиковый защитный короб для размещения в нем мест коммутации кабельных каналов микротрубочной канализации.

Металлический короб – прочная защитная конструкция, блокирующая физическое воздействие на место коммутации каналов, предназначенная для размещения в смотровых устройствах. Ввод в металлический короб защитной полиэтиленовой трубы и микротрубочных каналов осуществляется в нержавеющей гофротрубе.

Анкер 10х100 – крепежный элемент из нержавеющей стали, который при помощи пластиковой шпонки (дюбеля) закрепляется в несущем основании и удерживает клипсу для защитной полиэтиленовой трубы или прочие крепежные элементы технологии.

Саморез для бетона (ударный анкер 6х60 мм) – крепежный элемент из нержавеющей стали, который при помощи конструктивных элементов формирует бороздки для закрепления в бетоне. Монтаж осуществляется инструментом для резьбовых соединений ударного действия с предварительным формированием посадочного отверстия. Применяется для закрепления в тело несущего основания кабеленесущих конструкций, монтируемых мобильным комплексом.

Неблокирующий соединитель кабельных каналов предназначен для коммутации кабельных каналов и обеспечивает прочное физическое и герметичное соединение двух кабельных каналов одинаковых или разных диаметров, а также свободное прохождение кабеля и воздуха при инсталляции пневматическим способом.

Блокирующий соединитель кабельных каналов предназначен для коммутации кабельных каналов и обеспечивает прочное физическое и герметичное соединение двух кабельных каналов одинаковых или разных диаметров, а также разъединение сред двух участков кабельного канала и блокировку проникновения воздуха или жидкостей между ними после инсталляции кабеля.

Заглушка кабельного канала предназначена для блокирования проникновения воздуха, жидкостей или посторонних предметов внутрь незанятого кабельного канала.

4. Требования для специализированных организаций при проектировании и строительстве микротрубочной канализации для волоконно-оптических линий связи следующие:

- согласовать точки присоединения микротрубочной канализации к традиционной кабельной канализации;

- согласовать количество и тип (сечение) каналов микротрубочной канализации для каждого здания из адресного перечня объектов для присоединения, но не менее четырех каналов для кабеля диаметром 6,5 мм и не менее четырех каналов для кабеля диаметром 2,5 мм;
- согласовать топологию участка сети микротрубочной канализации в соответствии с предоставленным адресным перечнем объектов для присоединения;
- получить технические условия для монтажа компонентов микротрубочной канализации внутри сети водоотведения;
- согласовать места размещения оконечных устройств микротрубочной канализации в подвалах зданий;
- выполнить проектно-изыскательские работы для участка микротрубочной канализации в сети водоотведения;
- выполнить проектно-изыскательские работы для смотровых устройств микротрубочной канализации при необходимости их применения;
- выполнить строительно-монтажные работы в соответствии с утвержденным проектом;
- обеспечить внесение участков микротрубочной канализации, построенных в соответствии с проектом, в сводный план подземных коммуникаций и сооружений Санкт-Петербурга;
- выполнить работы по сдаче-приёмке участка микротрубочной канализации с подписанием акта.

5. Условия размещения ЛКС в сетях водоотведения

На территории Санкт-Петербурга организацией, эксплуатирующей сети водоотведения, является ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Порядок рассмотрения обращений и выдачи заключения о возможности использования технологии крепления ЛКС для размещения в сетях водоотведения

Для определения возможности использования сетей водоотведения для размещения в них ЛКС специализированная организация (заявитель) должна направить в адрес эксплуатирующей организации письменное обращение о возможности использования конкретной технологии крепления ЛКС в сетях водоотведения. К обращению необходимо приложить документы, содержащие подробное описание предлагаемой технологии крепления, технические условия, паспорта и сертификаты соответствия на материалы или оборудование.

Срок рассмотрения обращения должен составлять не более 30-ти дней с момента его получения.

После рассмотрения обращения эксплуатирующая организация должна направить заявителю уведомление о необходимости проведения тестирования предлагаемой технологии крепления ЛКС либо мотивированный отказ использования сети водоотведения для размещения ЛКС с применением предлагаемой технологии крепления ЛКС.

Уведомление о необходимости проведения тестирования технологии крепления ЛКС должно содержать порядок и условия проведения тестирования.

Срок проведения тестирования технологии крепления ЛКС должен быть не менее 12-ти месяцев. Допускается досрочное прекращение проведения тестирования в случаях, когда в ходе тестирования становится очевидным, что предлагаемая технология не может быть применена.

После окончания тестирования технологии крепления ЛКС, в том числе в случае досрочного прекращения тестирования, эксплуатирующая организация должна выдать заявителю заключение о возможности использования сети водоотведения для размещения ЛКС с применением предлагаемой технологии крепления ЛКС.

Заключение о возможности использования сети водоотведения должно содержать информацию об итогах проведенного тестирования и о возможности или невозможности применения предлагаемой технологии.

Заключение должно быть выдано заявителю в течение семи дней с момента окончания тестирования технологии крепления ЛКС (подготовку и выдачу заключения в Санкт-Петербурге осуществляет Дирекция водоотведения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»).

6. Требования к размещению ЛКС в сетях водоотведения

Размещение ЛКС в сетях водоотведения осуществляется в соответствии с проектом, который должен быть согласован с эксплуатирующей организацией до начала работ по размещению ЛКС.

Работы по размещению ЛКС не должны приводить к ограничению функционирования сетей водоотведения.

Порядок допуска к сетям водоотведения, порядок согласования сроков работ по размещению, а также выполнение необходимых работ со стороны эксплуатирующей организации (например, работы по снижению уровня стоков, иное управление сетью, перенаправление стоков, очистка каналов и т.д.) должно определяться условиями договора на предоставление доступа к инфраструктуре, заключаемого в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Технология крепления ЛКС в сетях водоотведения должна иметь положительное заключение, предусмотренное в пункте 5 настоящего Приложения.

ЛКС должны соответствовать техническим условиям заводов-изготовителей и действующей нормативно-технической документации.

Работы по размещению ЛКС должны выполняться согласно инструкциям и рекомендациям заводов-изготовителей ЛКС по их размещению.

Монтаж крепежных элементов ЛКС следует производить на внутреннюю поверхность смотрового устройства (колодца, камеры) некорродируемыми крепежами в местах, не препятствующих штатной эксплуатации и обслуживанию сети водоотведения.

ЛКС, размещенные в смотровых устройства (колодцах, камерах), не должны мешать их обслуживанию, входу и выходу эксплуатирующего персонала.

ЛКС должны иметь надежное крепление к поверхности сети водоотведения и иметь техническую возможность отсоединения без ущерба для сети.

Все проемы в сети водоотведения, необходимые для ввода и вывода внутриканального оборудования, должны выполняться с учетом обеспечения герметичности и статической несущей способности, а также бесперебойной эксплуатации сети.

Для ЛКС, размещение которых осуществляется мобильными комплексами, необходимо выбирать участки сети водоотведения, работающей в самотечном режиме, диаметром от 300 до 1200 мм.

Для ЛКС, размещение которых осуществляется вручную, необходимо выбирать участки сети водоотведения, работающей в самотечном режиме, диаметром 1200 мм и более.

Для участков сети водоотведения, фактическое состояние которых (включая технические параметры, состояние стыков труб и состояние тела трубопровода) не позволяет производить монтаж ЛКС вручную или мобильным комплексом, необходимо производить размещение ЛКС одновременно с процедурой санации участка методом полимерно-тканевого рукава (см. 5.7 и 6.1.3 настоящего документа). Выводы ЛКС из-под рукава следует защитить от повреждений при эксплуатации сети. Необходимость санации конкретного участка методом полимерно-тканевого рукава указывается в технических условиях размещения ЛКС (см. пункт 5.7 настоящего документа). Материал полимерно-тканевого рукава должен быть согласован с эксплуатирующей организацией.

Перенос линии размещения ЛКС на противоположную стену внутри сети водоотведения должен производиться строго через верхнюю часть трубы.

В местах расположения запорной арматуры сети водоотведения необходимо осуществлять обход запорной арматуры без нарушения функционирования сети и запорной арматуры.

Контроль за работами по размещению ЛКС должен выполняться в соответствии с СП 48.13330.2011, ГОСТ 24297 и РД-11-05-2007 [82] и определяться в условиях договора на обеспечение доступа к инфраструктуре.

Назначенный приказом ответственный работник эксплуатирующей организации имеет право производить контроль за качеством ЛКС, качеством работ по их размещению и соответствием техническим условиям размещения и проектным решениям.

По окончании работ по размещению ЛКС заявитель уведомляет эксплуатирующую организацию об окончании работ.

Участки сети водоотведения с установленными ЛКС должны подвергаться приемочным испытаниям согласно программе приемосдаточных испытаний, представленной заявителем и согласованной с эксплуатирующей организацией.

По результатам приемосдаточных испытаний необходимо оформить акт и исполнительную документацию. Процедура приемки участков сети водоотведения с установленными ЛКС должна включать в себя анализ материалов визуального контроля сети с ЛКС при выполнении теледиагностики.

7. Техническая эксплуатация сети водоотведения с ЛКС

Техническая эксплуатация сети водоотведения с ЛКС осуществляется эксплуатирующей организацией в соответствии с условиями договора на предоставление доступа к инфраструктуре.

Техническая эксплуатация сети водоотведения с ЛКС включает в себя мероприятия по техническому обслуживанию и прочистке сети, предусмотренные Правилами технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации (МДК 3-02.2001) [97] и СТО МЦ ЖКХ 008-2013 [98].

К работам по техническому обслуживанию и ремонту сети водоотведения с ЛКС допускаются работники эксплуатирующей организации и специализированных организаций, прошедшие обучение и проверку знаний в соответствии с ПОТ РМ-025-2002 [99] и ознакомленные с инструкцией проведения работ в сетях водоотведения с ЛКС, разработанной и утвержденной эксплуатирующей организацией.

При ремонте или реконструкции сети водоотведения с ЛКС заявителю должна предоставляться возможность демонтировать ЛКС из ремонтируемого или реконструируемого участка сети.

Заявитель имеет право доступа к участку сети водоотведения с ЛКС с целью выполнения монтажных, контрольно-измерительных и сервисных работ специально уполномоченным персоналом.

Доступ к участкам сети водоотведения с ЛКС и проведение в них работ может осуществляться только при соблюдении ПОТ РМ-025-2002 [99] под надзором и в присутствии работников эксплуатирующей организации.

Порядок взаимодействия подразделений эксплуатирующей организации и заявителя, в том числе при ликвидации аварий на сетях водоотведения с ЛКС, определяется договором на предоставление доступа к инфраструктуре, заключаемым в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Библиография

[1] Рекомендации совместного совещания Комитета по промышленной политике Совета Федерации, Комитета по науке, образованию, здравоохранению и экологии Совета Федерации, Комитета по экологии Государственной Думы на тему: «О законодательном обеспечении экологической безопасности трубопроводных систем питьевого водоснабжения» от 08.10.2007

[2] Решения Федерального собрания РФ Государственной думы «О проблемах обеспечения экологической безопасности сетей водоснабжения» от 22.02.2006 № 70-1

[3] Решения Федерального собрания РФ Государственной думы «О проблемах обеспечения экологической безопасности сетей водоснабжения» от 15.11.2007 № 125-5

[4] Федеральный закон РФ «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[5] Федеральный закон РФ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[6] Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[7] Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[8] Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[9] Федеральный закон РФ «О теплоснабжении» от 27.07.2010 № 190-ФЗ (в ред. от 29.12.2014, с изм. от 03.03.2015)

[10] Федеральный закон РФ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[11] Федеральный закон РФ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ (в ред. от 02.07.2013)

[12] Федеральный закон РФ «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ (в ред. от 13.07.2015)

[13]	Постановление Правительства РФ от 22.12.2010 № 1092 (в ред. от 02.05.2013)	О федеральной целевой программе «Чистая вода» на 2011-2017 годы
[14]	Решение Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 823 (в ред. от 19.05.2015)	О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования»
[15]	Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11.12.2013 № 989 (в ред. от 25.09.2015)	Об утверждении схемы водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга на период до 2025 года с учетом перспективы до 2030 года
[16]	Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 21.10.2008 № 1270 (в ред. от 22.12.2014)	О программе комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры Санкт-Петербурга до 2015 года
[17]	Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 24.05.2011 № 625 (в ред. от 14.06.2011)	Об утверждении Программы «Региональная программа «Чистая вода Санкт-Петербурга» на 2011-2025 годы»
[18]	Постановление Правительства РФ от 21.06.2010 № 468	О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства

[19] Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (в ред. от 28.07.2015) О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию

[20] PAS 1075:2009 Pipes made from Polyethylene for alternative installation Techniques – Dimensions, technical requirements and testing

[21] DIN 8074-2011 Polyethylene (PE) – Pipes PE 80, PE 100 – Dimensions

[22] DIN 8075-2011 Polyethylene (PE) pipes – PE 80, PE 100 – General quality requirements, testing

[23] DIN EN 12201-1-2011 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 1: General

[24] DIN EN 12201-2-2011 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 2: Pipes

[25] DIN EN 12201-3-2013 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 3: Fittings

[26] DIN EN 12201-4-2012 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 4: Valves

[27] DIN EN 12201-5-2011 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 5: Fitness for purpose of the system

[28] ISO 9080:2003 Plastics piping and ducting systems – Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation

[29] ISO 16770:2004 Plastics – Determination of environmental stress cracking (ESC) of polyethylene – Full-notch creep test (FNCT)

[30] DIN EN ISO 13760:1998 Plastics pipes for the conveyance of fluids under pressure – Miner's rule – Calculation method for cumulative damage

[31] ATV-DVWK-A 127 Statische Berechnung von Abwasserkanälen und – leitungen. August 2000

[32] DIN EN 545-2011 Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods

[33] Рекомендации по использованию труб ОАО «ЛМЗ «Свободный сокол». 2011

[34] Приказ Минэнерго России от 29.12.2002 № 375 Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии (РД 153-39.4-091-01)

[35] DIN EN 13476-3-2009 Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and profiled external surface and the system, Type B

[36] DIN EN 1277-2004 Plastics piping systems – Thermoplastics piping systems for buried non-pressure applications – Test methods for leaktightness of elastomeric sealing ring type joints

[37] ТР 170-05 Технические рекомендации на проектирование и строительство подземных сетей водоотведения из безнапорных полиэтиленовых труб с двухслойной стенкой. ГУП «НИИМОССТРОЙ». 2005

[38] ТР 171-05 Технические рекомендации на проектирование и строительство подземных сетей водоотведения из безнапорных полипропиленовых труб с двухслойной стенкой. ГУП «НИИМОССТРОЙ». 2005

[39] СК 2416-06 Конструкции безнапорных трубопроводов хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением полипропиленовых гофрированных с двухслойной стенкой труб «Прагма». ГУП «МОСИНЖПРОЕКТ». 2006

[40] ISO 10639:2004 Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin

[41] ISO 10639:2004/Amd.1:2011 Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply – Glassreinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin – Amendment 1

[42] ISO 10467:2004 Plastics piping systems for pressure and non-pressure drainage and sewerage – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin

[43] ISO 10467:2004/Amd.1:2012 Plastics piping systems for pressure and non-pressure drainage and sewerage – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin – Amendment 1

[44] ISO 10468:2003 Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes – Determination of the longterm specific ring creep stiffness under wet conditions and calculation of the wet creep factor

[45] ISO 10468:2003/Amd.1:2010 Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes – Determination of the long-term specific ring creep stiffness under wet conditions and calculation of the wet creep factor – Amendment 1

[46] ANSI/AWWA C950-01 Fiberglass Pressure Pipe

[47] DIN 16868-1-1994 Glass fibre reinforced unsaturated polyester resin (UP-GF) pipes – Part 1: Wound, filled; dimensions

[48] DIN 16868-2-1994 Glass fibre reinforced unsaturated polyester resin (UP-GF) pipes – Part 2: Wound, filled; General quality requirements, testing

[49] DIN EN 1796-2013 Plastics piping systems for water supply with or without pressure – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) based on unsaturated polyester resin (UP)

[50] DIN EN 14364-2009 Plastics piping systems for drainage and sewerage with or without pressure – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) based on unsaturated polyester resin (UP) – Specifications for pipes, fittings and joints

[51] DIN 16870-1-1987 Wound glass fibre reinforced epoxy resin pipes; Dimensions

[52] DIN 16871-1982 Centrifugally cast glass fibre reinforced epoxy resin (EP-GF) pipes; Dimensions

[53] AWWA Manual M45 Fiberglass Pipe Design

[54] Технические рекомендации. Проектирование подземных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения из стеклопластиковых труб, изготовленных методом непрерывной намотки. Часть I. Методические положения. Часть II. Таблицы гидравлических расчетов. ООО «Новые Трубные Технологии». 2007

[55] DIN EN 805-2000 Water supply – Requirements for systems and components outside building

[56] ТПР 901-09-11.84 Колодцы водопроводные, ЦНИИЭП Инженерного оборудования, 1983

[57] ТПР 901-09-22.84 Колодцы канализационные, ЦНИИЭП Инженерного оборудования, 1983

[58] ТМП 902-09-46.88 Камеры и колодцы дождевой канализации, Гипрокоммундортранс, 1989

[59] Серия 3.900.1-14 Изделия железобетонные для круглых колодцев водопровода и канализации», Союзводоканалпроект, 1990

[60] СТБ EN 1917-2009 Колодцы смотровые и шахты контрольные из бетона, железобетона и сталефибробетона

[61] DIN EN 1917-2003 Concrete manholes and inspection chambers, unreinforced, steel fibre and reinforced

[62] DIN V 4034-1-2004 Prefabricated concrete manholes, unreinforced, steel fibre and reinforced for drains and sewers - Type 1 and Type 2 - Part 1: Requirements, test methods and evaluation of conformity

[63] Типовые технические требования на проектирование КНС (заглубленная станция). ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». 2015

[64] ISO 5208:2015 Industrial valves -- Pressure testing of metallic valves

[65] DIN EN 12266-1-2012 Industrial valves – Testing of metallic valves – Part 1: Pressure tests, test procedures and acceptance criteria – Mandatory requirements

[66] DIN EN 12266-2-2012 Industrial valves – Testing of metallic valves – Part 2: Tests, test procedures and acceptance criteria – Supplementary requirements

[67] DIN EN 1091 / DWA-A 116-1 E Vacuum sewerage systems outside buildings (April 2005)

[68] МГСН 6.01-03 (ТСН 40-303-2003) Бестраншейная прокладка коммуникаций с применением микротоннелепроходческих комплексов и реконструкция трубопроводов с применением специального оборудования

[69] DVGW GW 322:2001 No-dig Replacement Of Gas And Water Pipework Using Pushing Or Pulling Procedures – Requirements, Quality And Testing

[70] DIN EN ISO 11296-4-2011 Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 4: Lining with cured-in-place pipes (ISO 11296-4:2009, corrected version 2010-06-01)

[71] DIN EN 1796-2013 Plastics piping systems for water supply with or without pressure – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) based on unsaturated polyester resin (UP)

[72] DIN EN 14364-2013 Plastics piping systems for drainage and sewerage with or without pressure – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) based on unsaturated polyester resin (UP)

[73] ANSI/ASTM F 1216 Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube, revised 2009

[74] ATV-M 127E Part 2: Static Calculation for the Rehabilitation of Drains and Sewer Using Lining and Assembly Procedures. January 2000

[75] DIN EN ISO 11296-3-2011 Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 3: Lining with close-fit pipes (ISO 11296-3:2009+Cor.1:2011)

[76] DIN EN ISO 11296-7-2013 Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 7: Lining with spirally-wound pipes (ISO 11296-7:2011)

[77] Приказ Госгортехнадзора России от 25.06.2002 № 36 (в ред. от 17.10.2012) Об утверждении новой редакции «Технологического регламента проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» (РД 03-495-02)

[78] Руководство по прокладке подземных трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения с применением труб из ВЧШГ. ООО «Аквадизайн – А». 2007

[79] DIN 30674-3-2001 Sheathing ductile cast iron pipes – Part 3: Zinc coating with protective sheathing

[80] DIN EN 14628-2006 Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyethylene coating for pipes – Requirements and test methods

[81] Приказ Минэнерго России от 02.07.2001 № 197 Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования (РД 153-34.1-003-01, РТМ-1с, СО 153-34.003-01)

[82] Приказ Ростехнадзора от 12.01.2007 № 7 Об утверждении и введении в действие «Порядка ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства» (РД-11-05-2007)

[83] Схемы входного и операционного контроля качества строительно-монтажных работ. Часть III. Наружные сети канализации и водоснабжения. ФГУП ЦУФС МИНАТОМА РОССИИ (б. трест «ОРГТЕХСТРОЙ-11»). 2002

[84] Организация контроля проектирования, строительства и реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения, входного контроля изделий и материалов для сетей водоснабжения и водоотведения. Стандарт ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». ФГБОУ ВПО «СПбГПУ». 2013

[85] Постановление Госгортехнадзора России от 02.06.2000 № 29 — Об утверждении Правил аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля (ПБ 03-372-00)

[86] ISO 8179-1:2004 Ductile iron pipes – External zinc-based coating – Part 1: Metallic zinc with finishing layer

[87] DVS 2207-1 Welding of thermoplastics – Heated tool welding of pipes made of PE-Xa with pipeline components made of PE-HD, revised 2012

[88] Water mains: Ductile iron pipes and fittings for raw and potable water supplied and irrigation. Saint-Gobain PAM. 2001

[89] Постановление Правительства Российской Федерации от 29.11.2014 № 1284 — Об утверждении «Правил недискриминационного доступа к инфраструктуре для размещения сетей электросвязи»

[90] Информационное Письмо Минсвязи России от 26.10.2000 № 6906 (утв. 12.10.2000) — Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети (РД 45.120-2000 [НТП 112-2000])

[91] Приказ Минкомсвязи России от 26.08.2014 № 258 — Об утверждении «Требований к порядку ввода сетей электросвязи в эксплуатацию»

[92] Laboratory Report 19.12.2003 № MA 39-VFA 2003-1332.03, CableRunner Austria GmbH & Co KG, Institute of Municipal Department 39 of Vienna

[93] Laboratory Report 02.12.2005 № MA 39-VFA 2003-1332.02, CableRunner Austria GmbH & Co KG, Institute of Municipal Department 39 of Vienna

[94] Laboratory Report 11.02.2008 № MA 39-VFA 2007-0877.02, CableRunner Austria GmbH & Co KG, Institute of Municipal Department 39 of Vienna

[95] Laboratory Report 08.09.2009 № MA 39-VFA 2009-1025.02, CableRunner Austria GmbH & Co KG, Institute of Municipal Department 39 of Vienna

[96] Laboratory Report 14.06.2011 № MA 39-VFA 2011-0744.01, CableRunner Austria GmbH & Co KG, Institute of Municipal Department 39 of Vienna

[97] Приказ Госстроя России от 30.12.1999 № 168 — Об утверждении «Правил технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации» (МДК 3-02.2001)

[98] СТО МЦ ЖКХ 008-2013 Регламент по техническому обслуживанию и ремонту объектов эксплуатации наружной канализационной сети. НП «Центр Эксперт ЖКХ»

[99] Постановление Минтруда России от 16.08.2002 № 61 (в ред. от 20.02.2014) — Об утверждении «Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства» (ПОТ РМ-025-2002)

gost.e-ecolog.ru