



СПРАВОЧНИК НАИЛУЧШИХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (Базовые материалы)

РАЗДЕЛ: Водоотведение

ПОДРАЗДЕЛ: Сети и сооружения для транспортировки
сточных вод

к.т.н. Д.А.Данилович

Москва, 2015 г.



Содержание

№№ пп	Наименование раздела	Стр.
1	Виды систем водоотведения и способы транспортировки сточных вод	3
1.1	Самотечная транспортировка	3
1.2	Вакуумная канализация	3
2	Основные элементы, сооружения и оборудование систем водоотведения	6
2.1	Трубы для самотечных и напорных трубопроводов водоотведения	6
2.1.1	Керамические трубы	9
2.1.2	Железобетонные трубы	10
2.1.3	Хризотилцементные трубы	12
2.1.4	Чугунные трубы из серого чугуна	15
2.1.5	Чугунные напорные из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ)	16
2.1.6	Стальные трубы с внутренним цемента-песчаным покрытием и внешним противокоррозийным покрытием	22
2.1.7	Полимерные трубы	26
2.1.8	Стеклопластиковые трубы	35
2.1.9	Полимерные трубы	39
2.2	Колодцы на сетях водоотведения	41
2.2.1	Материалы для изготовления колодцев	41
2.2.2	Люки колодцев	43
2.3	Сооружения напорной перекачки	46
2.3.1	Канализационные насосные станции	46
2.3.2	Насосы для сточных вод	52
2.3.3	Защита насосов от мусора, поступающего со сточными водами	58
2.4	Арматура для напорных канализационных трубопроводов и каналов	61
2.4.1.	Запорно-регулирующие устройства для самотечных канализационных трубопроводов и каналов	61
2.4.2.	Запорно-регулирующие устройства для напорных трубопроводов	63
2.4.3.	Предохранительная и защитная арматура для напорных канализационных водоводов	65
2.5	Специальные сооружения на сетях водоотведения	70
2.5.1	Резервуары на сетях водоотведения	70
2.5.2	Снегосплавные пункты на сетях водоотведения	71
2.5.3	Технологии и оборудование для предотвращения выделения запахов от сетей водоотведения	75
2.6	Специальное оборудование для эксплуатации систем водоотведения	78
2.6.1	Спецмашины для эксплуатации систем водоотведения	78
2.6.2	Оборудование для телеинспекции и дистанционного выполнения работ	83
3	Технологии и оборудование для ремонта и восстановления трубопроводов водоотведения	86
3.1	Ремонт трубопроводов водоотведения	90
3.2	Восстановление трубопроводов водоотведения	93
3.3	Реконструкция трубопроводов водоотведения	121
4.4	Восстановление проходных каналов	121
П1	Технические требования в области восстановления самотечных и напорных трубопроводов водоотведения (пример)	123

1. Виды систем водоотведения и способы транспортировки сточных вод

Сточные воды могут отводиться с использованием безнапорных и напорных систем, а также (в ряде случаев) - вакуумных систем.

1.1. Самотечная транспортировка

При самотечной транспортировке сточные воды стекают под воздействием силы тяжести по трубопроводам. Это технически простой, традиционный метод, используемый во всех централизованных системах водоотведения в России. Он не требует использования специального оборудования. Не потребляет энергию. Однако, самотечное водоотведение приводит к потере потенциальной энергии воды, что, при большой длине трубопроводов и неблагоприятном рельефе впоследствии требует значительного энергопотребления для напорной перекачки.

К недостаткам метода следует отнести:

- большой диаметр трубопроводов;
- значительную глубину заложения;
- необходимость использования колодцев и КНС;
- ограничения, связанные с рельефом и обходом подземных препятствий;
- возможность эксфильтрации сточных вод в окружающую среду;
- возможность выделения запахов.

1.2. Вакуумная канализация

Общее техническое описание

Движение сточных вод по линиям трубопровода вакуумной канализации обеспечивается перепадом давления. Отрицательное давление (вакуум) в системе трубопроводов автоматически поддерживается с помощью вакуумных насосов, расположенных в центральной вакуумной станции. Система трубопроводов соединяет вакуумную станцию со сборными камерами, которые обычно устанавливаются в непосредственной близости от жилых домов. Сборные камеры, оснащенные блоками вакуумных клапанов, являются переходным звеном от трубопровода самотечной канализации из дома к вакуумной системе.

Сточные воды поступают самотеком из дома в накопительную емкость сборной камеры. Как только в накопительной емкости сборной камеры соберется определенное количество сточных вод (порция), вакуумный клапан автоматически открывается. Источником энергии для работы вакуумного клапана является перепад давления воздуха (перепад между атмосферным давлением и давлением вакуума). Поэтому подключение сборных камер к электрической сети не требуется. Приблизительно через 5 секунд клапан закрывается, и процесс сбора стоков из дома может быть продолжен.

Сточные воды, поступившие на вакуумную станцию, перенаправляются на очистные сооружения или в другую действующую систему канализации (например, в магистральный трубопровод самотечной канализации). Как правило, вакуумная станция состоит из одного или двух вакуумных накопительных резервуаров, нескольких вакуумных насосов, двух напорных насосов для откачки сточных вод и панели управления.

Вакуумная система коллектора находится под отрицательным давлением и герметична. Отрицательное давление означает, что трубы всегда пусты. Как только определенное количество сточных вод входит в отстойник, клапан открывается и сточная вода отправляется через трубу к вакуумной станции. Таким образом, устраняется риск эксфильтрации (просачивания воды в землю).

Технические и экономические преимущества

Очевидные преимущества вакуумных систем проявляются еще на этапе строительства: для прокладки трубопроводов небольшого диаметра необходимы неширокие траншеи, что уменьшает объем земляных работ. Трубопроводы наружных систем вакуумной канализации и водопровод, из-за невозможности протечек в вакуумных системах, могут располагаться в одной траншее.

По сравнению с самотечными или напорными системами, вакуумные системы имеют следующие преимущества:

- сокращение финансовых затрат на сооружение,
- меньшие объемы земляных работ за счет узких и неглубоких траншей,
- малый диаметр труб (90-250 мм),
- гибкость при проектировании и прокладке вакуумных канализационных труб,
- удобство при необходимости обхода препятствий,
- отсутствие необходимости размещения канализационных колодцев вдоль канализационного трубопровода,
- изолированная от атмосферы система не допускает протечек и распространения запаха
- одна центральная вакуумная станция заменяет большое количество насосных станций и может использовать большое количество направлений вакуумной перекачки.

Недостатки:

Вакуумная канализация – новый, нетрадиционный метод. Он полностью зависит от работоспособности насосов и клапанов.

Факторы, влияющие на применение

Идеальные условия для использования наружных систем вакуумной канализации: высокий уровень грунтовых вод, низкая плотность населения, равнинная местность (отсутствие естественных уклонов в направлении трубопровода канализации), неблагоприятные геологические условия, например: песчаные, сыпучие грунты или горы. Вдоль рек, озер или морских берегов, а так же в водоохранных зонах использование наружных систем вакуумной

канализации часто является единственным возможным вариантом. Более того, данные системы имеют огромное преимущество в жилых районах с небольшим объемом сточных вод или в местности, где объем сточных вод варьируется в широком диапазоне (например, сезонные туристические районы)

По имеющимся данным, при использовании наружной вакуумной канализации при условии установки ее на 100 домов и более, наружная вакуумная канализация будет дешевле на 30-50%, чем традиционная система.

В большей степени применим при новом строительстве, а также при комплексной модернизации систем водоотведения

2. Основные элементы, сооружения и оборудование систем водоотведения

2.1. Трубы для самотечных и напорных трубопроводов водоотведения

Выбирать материал и класс прочности труб для самотечных и напорных трубопроводов водоотведения следует на основании технико-экономического и статического расчетов, коррозионной агрессивности грунта, а также условий обеспечения надежности и долговечности работы трубопроводов.

Типы труб для сетей водоотведения

Тип	Характеристика	Преимущества	Недостатки	Оценка
2.1.1. Трубы керамические канализационные	по ГОСТ 286-82 диаметром 150—300 мм Изготавливаются путем обжига тугоплавких огнеупорных глин с добавлением шамота, с последующим покрытием глазурью для водонепроницаемости и гладкости. Применимы только для самотечных сетей	Простая укладка. Коррозионная стойкость. Не теряет прочность со временем. Прочность к внешнему давлению	Хрупкость в отношении ударных воздействий. Неремонтопригодность. Разрушаются при замерзании. Не подлежит механической обработке (резке и т.п.). Более высокая стоимость	A3
2.1.2. Железобетонные трубы	Напорные и безнапорные Диаметром 500-1600 мм по ГОСТ 12586.0-83 Диаметром 250-600 мм по ГОСТ 26819-86 400—3500 мм по ГОСТ 6482-88 (безнапорные). Железобетонные изделия	Высокая прочность.	Незащищенность к газовой коррозии внутри и воздействию агрессивных подземных вод снаружи. Обязательное использование грузоподъемной техники при монтаже	A2
2.1.3. Хризотилцементные трубы	Диаметром 100—500 мм по ГОСТ 31416-2009. Фибробетонное изделие. Соединение производится при помощи асбестовых или полиэтиленовых муфт	Самые дешевые Высокая прочность Практически стопроцентная антикоррозийность. Неподверженность действию блуждающих токов. Гладкая внутренняя поверхность обеспечивает	Для транспортировки и монтажа асбестовых труб большого диаметра требуется обязательное использование подъемной техники. Хрупкость при ударных нагрузках, истирание песком, содержащимся в стоках, снижение	A2

		большую пропускную способность по сравнению с чугунными и бетонными Простой монтаж	несущей способности вследствие механических повреждений в процессе погрузки, транспортировки, разгрузки, монтажа и несоблюдение технологии укладки, - небольшой срок эксплуатации (около 20 лет), повышенные требования к соблюдению техники безопасности при монтаже	
2.1.4. Чугунные напорные из серого чугуна с пластинчатым графитом	Диаметром 80-1000 мм по ГОСТ 9583-75*	Высокая прочность к нагрузкам	Пониженная ударная прочность.	A2
2.1.5. Чугунные напорные из ВЧШГ	Диаметром 80—1000	Высокая упругость и стойкость к деформациям. Ремонтопригодность, повышенная коррозионная стойкость (относительно стальных труб). Может обрабатываться резанием и соединяться сваркой.		B1
2.1.6 Стальные с внутренним цементно-песчаным покрытием и внешним противокоррозийным покрытием		Высокая прочность, повышенная коррозионная стойкость	Высокая стоимость Может обрабатываться резанием и соединяться сваркой. Обоснованы только на дюкерных переходах и других ответственных участках.	B1
2.1.7. Пластмассовые	Производятся поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП)	Полное отсутствие коррозии и зарастания внутритрубного пространства, малая масса, технологичность монтажа, легкость обработки, значительный срок	Чувствительны к повреждениям и к воздействию солнечного излучения. Повышенная уязвимость к нарушениям технологического процесса на этапе производства труб, а	B2/B1

		службы при правильной эксплуатации. Гидравлический удар в напорных трубопроводах значительно слабее. Вероятность разрушения пластмассового трубопровода при замерзании в нем воды мала	также при траншейной укладке. Склонность к развитию трещин Зависимость прочностных показателей от времени У всех полимерных материалов снижается прочность на растяжение при повышении температуры.	
2.1.8.Стеклопластиковые	Д 300 -3000 ГОСТы отсутствуют. Для расчетов используют американский стандарт AWWA C950, а также стандарты JIS, ASTM, BS, и ISO	Низкий вес трубами, что упрощает транспортировку, погрузочно-разгрузочные работы и монтаж трубопровода, и в итоге существенно снижает трудозатраты при его строительстве. Высокая гладкость внутренней поверхности трубы; высокая стойкость к коррозии. Исключительно высокая способность выдерживать давление и осевую нагрузку. Высокая осевая гибкость.	Не допускается промерзание всего сечения трубы (оно приводит к накоплению дефектов и разрастанию микротрещин) Гигроскопичность и влагопоглощение (0,2-0,8%,) что существенно снижает их работоспособность и время эксплуатации трубопроводов, особенно при эксплуатации в зонах с колебаниями температур в отрицательном диапазоне. Для предотвращения образования трещин на поверхности трубопровода из стеклопластика требуется специальная защита внутренних и наружных поверхностей стенки трубы. Недостаточная стойкость стеклопластика к истиранию, что обуславливает износ внутреннего слоя смолы.	B1
2.1.9. Полимербетонные	Полимербетон –	Не подвержены	Довольно массивные	B1

труб	двухкомпонентный композит связующего полимера (высокорепактивной смолы) и минеральных наполнителей	газовой коррозии Надежно воспринимают напряжения при сжатии и изгибе Устойчивы к агрессивным средам Имеют нулевое водопоглощение и отсутствие газовой диффузии. Гладкая поверхность и прочность позволяют использовать при микротоннелировании в качестве как обсадных труб	изделия - обязательное использование подъемной техники	
------	--	---	--	--

Важной характеристикой всех труб является параметр кольцевой жесткости (номинальная жесткость, SN), измеряемый как допустимое усилие на единицу площади, Н/м². Разделяют 4 класса жесткости

2500 Н/м² - применимы для прокладки в футлярах и для восстановления труб по методу труба в трубе (релайнинга);

5000 Н/м² - применяются при небольших нагрузках, например, при прокладке в смешанном грунте на глубине 3 м и с нагрузкой, эквивалентной нагрузке от 60-тонного грузовика;

10000 Н/м² - предназначены для высоких нагрузок, например, для прокладки в смешанных грунтах на глубине 4 м или с нагрузкой от 60-тонного грузовика с небольшой присыпкой;

свыше 10 000 - для специального применения в зонах с высокими механическими нагрузками, например, взлетно-посадочные полосы.

2.1.1. Керамические трубы

Общее техническое описание

Изготавливаются путем обжига тугоплавких огнеупорных глин с добавлением шамота, с последующим покрытием глазурью для водонепроницаемости и гладкости

Получили большое распространение в первой половине XX века, но уже в середине XX века керамические трубы перестали быть популярными.

Керамические трубы используют в основном для сложных производственных стоков, так как они дороже бетонных и хризотилцементных.

ГОСТ 286-82 распространяется на керамические трубы, предназначенные для строительства безнапорных сетей канализации, транспортирующих промышленные, бытовые и дождевые неагрессивные и агрессивные сточные воды. Диапазон диаметров от 150 мм до 600 мм длина 1 м до 1,5м.

Технические и экономические преимущества

- шероховатость минимальная;
- изделия прочные (кроме ударных воздействий), стойкие к воздействию агрессивных сред;
- простая установка;
- повреждения в результате перепадов температур исключаются;
- низкая подверженность внешним воздействиям.

Нормативный срок эксплуатации сетей канализации из керамических труб составляет 50 лет.

Экономических преимуществ нет, т.к. изделия дороже.

Факторы, влияющие на применение

Традиционно применялись для внутридворовых сетей и коллекторов небольшого диаметра.

Хрупкость при перевозке и транспортировке. Также необходимо использование подложки при укладке, воспринимающей давление трубы.

Малая длина стандартных элементов. Из-за этого число соединений увеличивается многократно, а трудоемкость монтажа возрастает. Надежность соединений невысокая.

Не подлежит резке. При попытке она может просто расколоться.

Все эти факторы в совокупности привели к тому, что керамические трубы в настоящее время в ВКХ не находят применения.

2.1.2 Железобетонные трубы

Общее техническое описание

С конструкторско-технологических позиций железобетонные трубы подразделяются на следующие основные типы:

- 1) без предварительного напряжения арматуры;
- 2) со стальным сердечником;
- 3) со стальным сердечником предварительно напряженные спиральной высокопрочной проволокой с последующим цементно-песчаным наружным покрытием;
- 4) предварительно-напряженные, в которых спиральную и продольную арматуру напрягают до твердения бетона;
- 5) самонапряженные, изготавливаемые из напрягающего цемента и др.

Сортамент бетонных, железобетонных и композитных труб определяется ГОСТ 22000-86, который делит подобные изделия на две большие группы:

безнапорные и напорные трубы и распространяется на сборные бетонные и железобетонные трубы, изготавливаемые различными способами и предназначенные для прокладки подземных безнапорных и напорных трубопроводов, транспортирующих жидкости. Стандарт устанавливает типы, основные размеры и параметры труб, которые следует предусматривать в разрабатываемых новых и пересматриваемых действующих стандартах, технических условиях и проектной документации на трубы конкретных типов. Стандарт не распространяется на водопропускные трубы, укладываемые под насыпями автомобильных и железных дорог, и дренажные трубы. Диаметр бетонных труб от 100 мм до 1000 мм, длина до 2500 мм. Диаметр железобетонных труб от 400 мм до 2400 мм, длина 5000 мм

ГОСТ 12586.0-83 распространяется на железобетонные предварительно напряженные напорные раструбные трубы, изготавливаемые из тяжелого бетона методом виброгидропрессования и предназначенные для прокладки напорных трубопроводов, по которым транспортируют жидкости с температурой не выше 40 °С и неагрессивной степенью воздействия на железобетонные конструкции и уплотняющие резиновые кольца стыковых соединений. Если транспортируемая жидкость или грунты являются агрессивными по отношению к трубам или уплотняющим резиновым кольцам, то следует предусматривать их защиту от коррозии. Диапазон диаметров от 500 до 1600 мм, длина 5000 мм.

ГОСТ 26819-86 распространяется на железобетонные предварительно напряженные напорные раструбные трубы со стальным сердечником (типа ТНС) классов Н10 и Н15 по ГОСТ 22000-86, изготавливаемые из мелкозернистого бетона и предназначенные для прокладки напорных трубопроводов, по которым транспортируют жидкости температурой не выше 40 °С и с неагрессивной степенью воздействия на железобетонные конструкции и уплотняющие резиновые кольца стыковых соединений.

Стандарт не распространяется на водопропускные трубы, укладываемые под насыпями железных и автомобильных дорог. Диапазон диаметров от 250 мм до 600 мм, длина от 5 м до 10 м.

ГОСТ 6482-2011 распространяется на железобетонные безнапорные трубы, предназначенные для прокладки подземных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые и производственные жидкости, атмосферные, сточные и подземные воды, в т.ч. при наличии агрессивного воздействия среды. Требования данного стандарта не распространяются на водопропускные трубы, укладываемые под насыпями автомобильных и железных дорог, а также трубы для микротоннелирования. Диапазон диаметров труб от 300 мм до 3000 мм.

Нормативный срок эксплуатации бетонных и железобетонных труб составляет 40 лет.

Технические и экономические преимущества

- устойчивость – соответственно к огню, воде, химическим и физическим воздействиям, температурным перепадам;
- высокая прочность – изделия из железобетона выдерживают линейные нагрузки от 15 до 88 КН/м, и внутреннее давление от 0,1 МПа до 2 МПа;

- широта сортамента – минимальный пропускной диаметр бетонных труб равен 100 мм, а максимальный – 2400 мм.

Факторы, влияющие на возможность применения

Трубы имеют большой вес, требующие при монтаже подъемных механизмов.

Бетон уязвим к разного рода коррозии. Однако, при использовании специальных присадок улучшается сопротивляемость бетона и к щелочам, и к кислотам.

Бетонные трубы, за счет наличия арматурного каркаса, могут подвергаться воздействию блуждающих токов, что требует предусматривать их защиту от коррозии.

Трубы не являются полностью герметичными. Бетон является водпроницаемым. Защита внутренней и внешней поверхности труб с помощью различных материалов (битумных, пластмасс и др.) малоэффективна. Потери воды в железобетонном трубопроводе происходят и через трещины, возникновение которых возможно из-за превышения силовых воздействий внешних нагрузок и внутреннего давления, когда на стадии проектирования, изготовления и испытаний труб допускается появление трещины шириной 0,1-0,2 мм;

Работоспособность труб в ходе эксплуатации резко снижается за счет отслоения бетона, разрыва спиральной и продольной арматуры, появления продольных и кольцевых трещин, что снижает водонепроницаемость труб и приводило к появлению течи воды через тело трубы и раструбные соединения;

Для железобетонных труб решающим фактором является защита от коррозии преднапряженной высокопрочной арматуры. Поэтому должна быть гарантирована сохранность защитного слоя при деформациях труб под воздействием внешней нагрузки и внутреннего давления.

2.1.3. Хризотилцементные трубы

Общее техническое описание

Хризотилцементные трубы изготавливаются путём тщательного перемешивания водной суспензии портландцемента (80-85%) и смеси длинных и средних волокон хризотил-асбеста (15-20%). Смесь обезвоживается в установке с использованием вращающегося ситового цилиндра и сплошного войлока для образования очень тонкого слоя хризотилцемента, который обёртывается вокруг сердечника под давлением, пока не будет достигнута нужная толщина стенок. После этого сердечник убирается, труба высушивается, проходя через туннельную низкотемпературную печь с последующим погружением в воду или напылением воды, или автоклавированием. После высушивания концы труб обрезаются.

Диапазон диаметров от 100 мм до 500 мм, длина 2950 мм до 5000 мм, рабочее давление от 0,3 МПа до 1,6 МПа

Нормативный срок службы хризотилцементных труб составляет 20 лет для напорных сетей и 30 лет – для безнапорных сетей водоотведения.

При прокладке хризотилцементных труб в нормальных сухих грунтах используют полиэтиленовые муфты типа МПТ с внутренней перегородкой для упора соединяемых труб. Перед соединением стыков труб полиэтиленовую муфту выдерживают в воде при температуре 90– 100 °С не менее 10 мин. Разогретую муфту надевают одним концом на ранее уложенную хризотилцементную трубу до упора во внутреннюю перегородку; конец присоединяемой трубы вставляют с противоположной стороны этой муфты до упора в перегородку с другой стороны.

Во всех других грунтах используют безнапорные хризотилцементные муфты. Монтаж их на трубы выполняют с использованием цементно-песчаного раствора, битума, мастики или без связующего раствора. Наиболее надежное соединение выполняется при заливке в муфты горячего битума.

Особенность конструкции хризотилцементных трубопроводов состоит в том, что под действием внутреннего давления в трубопроводе возникает значительное осевое усилие. Именно поэтому в конце каждого прямолинейного участка трубопровода следует предусматривать неподвижные опоры или бетонные упоры, воспринимающие это усилие.

Действующая технология изготовления хризотилцементных труб позволяет получать только прямолинейные изделия. Поэтому в хризотилцементных трубопроводах традиционно применялись металлические фасонные изделия (отводы, тройники, задвижки и т.п.)

В местах перехода хризотилцементных труб на стальные обычно применяют фланцевые соединения, но вместо них можно использовать хризотилцементные муфты. Для этого конец стальной трубы протачивают либо приваривают к нему патрубок-наконечник. Наружный диаметр металлической трубы или патрубка-наконечника должен быть равен наружному диаметру обточенного конца хризотилцементной трубы

Еще одним способом соединения хризотилцементных труб со стальными является применение специальных узлов (переходы с одного диаметра на другой, повороты, отводы, выходы из-под земли), разработанных в ОАО «НИИ тракторосельхозмаш». Специальные узлы – это бетонные коллекторы-«кубики», в которых размещены фасонные элементы, заканчивающиеся на торцевых поверхностях коллектора напорными хризотилцементными муфтами.

Корпус коллектора играет роль неподвижной опоры, бетон защищает сталь от воздействия влаги и снижает потери тепла. В подобном коллекторе можно разместить не стальные, а пластиковые или нержавеющие фасонные части, которые не подвергаются коррозии. Даже при коррозионном разрушении стальных фасонных элементов специальный узел продолжит работать, поскольку канал в бетоне останется неизменным.

Технические и экономические преимущества

Сырьё для производства хризотилцементных труб более доступно и устойчиво в цене, их изготовление создает новые рабочие места в местной экономике; они не энергоёмки. Трубы устойчивы к разрушению и не ржавеют, не крошатся и не поедаются насекомыми, не горят и не замерзают

Трубы не подвергается любым видам коррозии, поэтому не требуется их гидроизоляция, они не проводят электрический ток и не требуют электрозащиты. Контакт с водой не разрушает, а упрочняет хризотилцементные изделия, так как цемент твердеет и набирает прочность при взаимодействии с водой. Не «зарастают» изнутри и в течение всего срока службы не создают дополнительного гидравлического сопротивления. Устойчивы в агрессивных (щелочной и слабокислой) средах.

Конструкция муфтовых соединений позволяет компенсировать и некоторые неточности укладки и просадку грунта.

Стоимость труб существенно ниже, чем стальных, полимерных и чугунных. Сокращение сроков строительства за счет меньшей трудоемкости работ и снижение потребности в строительной технике.

Гидравлические свойства хризотилцементных труб обусловлены способом их производства. Формование труб на стальных скалках обеспечивает им достаточно ровную внутреннюю поверхность, но более шероховатую по сравнению с новыми металлическими или пластиковыми трубами. Однако дешевизна хризотилцементных труб позволяет применять их больший типоразмер, что компенсирует повышение потерь напора по длине. Со временем при коррозии металлических труб и образовании отложений на стенках металлических и пластиковых труб шероховатость их внутренней поверхности возрастает и приводит к повышению гидравлического сопротивления. При эксплуатации хризотилцементных водопроводных труб их шероховатость не увеличивается, поскольку хризотилцемент не способствует образованию и скоплению отложений на стенках трубопровода.

Производство специальных соединительных отрезков и соединительных муфты устраняет необходимость разрезания хризотилцементных труб при монтаже. Снижение в результате этого времени монтажа и исключение использования режущих инструментов ведут к дальнейшему снижению трудозатрат и стоимости оборудования.

Факторы, влияющие на возможность применения

Напорные хризотилцементные трубы применимы для водо- и тепловодных сетей, напорной канализации. Безнапорные хризотилцементные трубы применяют для безнапорной канализации;

Существенными недостатками являются:

- хрупкость при ударных нагрузках и истирание песком, содержащимся в стоках,

снижение несущей способности вследствие механических повреждений в процессе погрузки, транспортировки, разгрузке, монтажа и несоблюдение технологии укладки;

- небольшой срок эксплуатации (около 20 лет);
- повышенные требования к соблюдению техники безопасности при монтаже.

Отечественный опыт применения хризотилцементных труб показал, что их качество резко снизилось в результате применения низкосортных марок асбеста и применения упрощенной технологии изготовления. В этой связи хризотилцементные трубы оказались малопригодными для строительства напорных трубопроводов водоснабжения и водоотведения и для строительства оросительных систем.

Таким образом применение хризотилцементных труб ограничено безнапорной канализацией - во внутридворовых сетях и при строительстве малых коллекторов диаметром до 400 мм.

2.1.4. Чугунные трубы (из серого чугуна)

Общее техническое описание

Чугунные трубы изготавливают из серого чугуна стационарным литьем в песчаные формы, а также центробежным и полунепрерывным литьем. Прочность чугунных труб зависит от толщины их стенки, а также от метода литья. Трубы, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья, прочнее труб, изготовленных литьем в песчаные формы.

Нормативный срок эксплуатации сетей водоотведения (канализации) из чугунных труб составляет 40 лет.

Технические и экономические преимущества

Они стойки к пиковым нагрузкам под давлением, грунтовыми нагрузкам и подвижке грунта при подземной прокладке, ударным нагрузкам при автомобильных и железнодорожных перевозках, выдерживают знакопеременные нагрузки. Трубы хорошо обрабатываются, могут подвергаться автогенной резке, свариваются между собой и со стальными трубами.

Возможна укладка труб из высокопрочного чугуна непосредственно в грунт на глубину 8-10 м без подготовки ложа, допускается ведение работ при отрицательных температурах.

Факторы, влияющие на возможность применения

Чугунные трубы подразделяются на напорные по ГОСТ 9583-75* (применяют для наружных систем водопровода, напорных и самотечных систем водоотведения) и безнапорные по ГОСТ 6942-98 (применяют для внутренних водостоков).

ГОСТ 9583-75*распространяется на чугунные напорные раструбные трубы, предназначенные для водонапорных систем и соответствует рекомендациям ИСО Р 13-55.

Недостатком чугунных труб является их металлоемкость, они толстостенные и тяжелые. Чугунные трубы выполненные из серого чугуна достаточно хрупкие.

В некоторых видах почв чугун подвержен особой форме коррозии, известной под названием «графитизация» или «графитное размягчение».

В связи с наличием труб из ВЧШГ и других альтернатив использование труб из серого чугуна для наружных систем водоснабжения и водоотведения значительно снизилось.

2.1.5. Чугунные напорные из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ)

Общее техническое описание

Отличие между традиционным серым чугуном и ВЧШГ отличается в форме частиц углерода (графита) в материале. В сером чугуне графит находится в виде пластинок, что создает основу для возникновения трещин по их поверхности. В ВЧШГ благодаря добавкам магния, кальция, редкоземельных металлов или комбинацией этих веществ при выплавке частицы графита модифицируются и присутствуют в виде маленьких шариков, исключают возможность образования и последующего распространения трещин.

Трубы из ВЧШГ в России производит ОАО ЛТК «Свободный сокол» по ТУ 1461-037-50254094-2008, которые распространяются на трубы чугунные напорные высокопрочные, изготовленные центробежным способом литья из чугуна с шаровидным графитом. Фасонные части изготавливаются по ТУ 1460-035-50254094-2008. Части соединительные литые из высокопрочного чугуна для напорных трубопроводов.

Ранее чугунные трубы соединялись методом зачеканки, при котором герметичность стыков достигается заделкой раструбной щели пеньковой прядью и затем устройством замка из асбестоцементной смеси, удерживающего прядь от выдавливания гидравлическим давлением. Такое соединение является хрупким: малейшая подвижка почвы способна привести к разгерметизации водовода в месте стыка, что ведет к протечкам и дорогостоящему и технически сложному ремонту. Сам монтаж методом зачеканки трубопровода большого диаметра требует непростого физического труда: нижнюю часть трубы смонтировать очень трудно.

Современные трубы из ВЧШГ имеют раструбные или фланцевые концы и различные типы соединений в трубопроводе.

Информация по соединениям труб и фасонных частей из ВЧШГ (по номенклатуре ООО «ЛТК «Свободный сокол»

Характеристика	Виды соединений
----------------	-----------------

	Раструбное			Фланцевое
	Tyton	RJ	RJC	
Диаметры труб, для которых применяется, мм	80-1000	80-500	600-1000	80-1000
Продольное перемещение конца трубы	Да	Да	Да	Нет
Угловое отклонение	Да	Да	Да	Нет
Сопротивление осевым силам	Нет	Да	Да	Да
Простота сборки	Просто	Просто	Просто	Очень просто
Необходимость приложения силы для стыковки	Да	Да	Да	Нет
Разборка	Просто	Просто	Просто	Очень просто
Рабочее давление, бар	до 64	до 88	до 32	до 25

Раструбные соединения не являются жестким и позволяет отклоняться соединенным трубам на угол до 5 для труб с Ду 100-150 мм и до 4 для труб с Ду 200-300 мм при сохранении полной герметичности стыка. Герметичность достигается за счет введения в раструб трубы уплотнительного кольца. Такое соединение выдерживает рабочее давление до 6,4 МПа. Самый распространенный тип — Tyton.

Соединение ВРС обеспечивает невозможность рассоединения труб при прокладке трубопровода в сложном рельефе местности, в местах опасности осадки грунта и при ударных нагрузках. Сварное нахлесточное соединение, а также раструбное соединение «ВРС» рекомендовано для прокладки трубопроводов в подземных коллекторах, а также для микротоннелирования.

RJ представляет собой раструбно-замковое соединение. Данный вид соединения предназначен для особо сложных условий: при неустойчивых грунтах, в гористой местности и в вертикальном положении труб. Соединение К-типа обеспечивает фиксацию труб при помощи болтов, прижимного блока и специальной резиновой манжеты. Этот тип особенно удобен при монтаже труб большого диаметра, т. к. нет необходимости прикладывать стыковочное осевое усилие при сборке.

Соединение «RJS» - стыковое раструбно-замковое соединение под уплотнительное резиновое кольцо типа «Tyton». Является аналогом соединения RJ. Данное соединение используется при прокладке трубопроводов большого диаметра DN600-1000 мм, обеспечивая кольцевой замок по всей поверхности раструба.

Соединение «RJS» обеспечивает невозможность самопроизвольного рассоединения труб при работе трубопровода в сложном рельефе местности, в местах опасности осадки грунта и при ударных нагрузках.

Самофиксирующееся соединение TF-типа обеспечивает надежность соединения благодаря сварному наплыву, фиксирующему кольцу, уплотняющему кольцу и болту с крюкообразной захватывающей головкой. TF-тип сохраняет герметичность и прочность при гибком стыке. В основном, этот тип соединения используется в трубопроводах, прокладываемых под водой или в горных районах. Его преимущества — в легкости установки и демонтажа и относительной мобильности (часть трубопровода можно поднимать в собранном виде).

Трубы из ВЧШГ с раструбными замковыми соединениями «RJ» и «RJS» применяют при прокладке:

- на слабых грунтах, в том числе II типа с возможной просадкой более 20 см в соответствии с требованиями СП 66.13330 (с Изменением № 1)
- в сложных рельефах местности, в районах с высокой транспортной нагрузкой (аэропорты, улицы и перекрестки с интенсивным движением);
- в неустойчивых и болотистых грунтах, в гористой местности;
- в условиях вечной мерзлоты;
- в сейсмически опасных районах;
- дюкеров;
- вертикальных трубопроводов;
- под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги;
- в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями канализации;
- трубопроводов по автодорожным и городским мостам, по опорам, эстакадам и в тоннелях;
- бестраншейными методами.

Трубы ВЧШГ с соединениями «TYTON» применяются на слабых грунтах только при устройстве упоров, препятствующих расстыковке трубопровода в соответствии с требованиями Изменения № 1 СП 66.13330.

При строительстве напорных водоводов для компенсации сил осевого давления и предотвращения расстыковки соединений, необходимо предусматривать во всех местах изменения направления (повороты, тройники), во всех местах изменения диаметра (переходы), на каждом конце (глухие фланцы) укрепительные бетонные упоры. Водоводы из труб ВЧШГ с раструбными замковыми соединениями типов «RJ» и «RJS» не требуют установки бетонных упоров.

Чугун из-за высокой шероховатости формирует основу для отложений на поверхности. Чтобы это избежать, на внутреннюю поверхность труб наносят защитные слои из цементно-песчаного раствора или полимеров.

При современных методах монтажа очень важен срок службы манжеты, используемые при монтаже трубопровода из ВЧШГ. Они изготавливаются из эластомеров EPDM, изготовленных из этиленпропиленового каучука. Деформация манжеты, полученная в процессе соединения, остается практически постоянной. По опыту применения таких манжет в США, они могут служить до 100 лет. Это дает основание производителям утверждать, что манжеты служат тот же срок, что и сам трубопровод

Оценка срока работы трубопровода из высокопрочного чугуна самотечных сетях канализационных сточных вод, в условиях сероводородной, а также почвенной, коррозии, воздействия блуждающих токов при отсутствии катодной защиты – 50-60 лет.

Технические и экономические преимущества

Модификация графита придает чугуну повышенную прочность и пластичность, которые у ВЧШГ приближаются к свойствам углеродистой стали, в частности – предел текучести, прочность при растяжении, относительное удлинение. Также немаловажной особенностью ВЧШГ является высокая коррозионная стойкость. Даже в случае серьезных диаметральных прогибов и больших нагрузок в ходе эксплуатации трубы ВЧШГ сохраняют свои характеристики и продолжают исправно выполнять свои функции. Они выдерживают и значительную толщину грунта, и серьезные дорожные нагрузки.

Стойки к пиковым нагрузкам под давлением, грунтовыми нагрузкам и подвижке грунта при подземной прокладке, ударным нагрузкам при автомобильных и железнодорожных перевозках, выдерживают знакопеременные нагрузки.

Склонность трубопроводов к образованию наслоений из-за высокой шероховатости чугуна нивелируют нанесением на внутреннюю поверхность труб защитных слоев из цементно-песчаного раствора или полимеров. Так же к достоинствам труб из ВЧШГ относится удобство и скорость монтажа при траншейной прокладке, а так же возможность бестраншейной прокладки с использованием неразъемных раструбных соединений.

По официальным международным статистическим данным трубопроводы из ВЧШГ имеют одни из самых низких показателей аварийности в сравнении с трубами из других материалов.

Трубопроводы и трубы могут испытывать большие диаметральные прогибы при эксплуатации, сохраняя все функциональные характеристики, что позволяет им выдерживать большую толщину почвенного покрытия и большие дорожные нагрузки.

Имея прочностные характеристики на уровне стали, трубы из ВЧШГ имеют более длительный срок эксплуатации в грунтах по сравнению со стальными.

Трубы хорошо обрабатываются, могут подвергаться автогенной резке, свариваются между собой и со стальными трубами. Более стойки к химически агрессивным средам и коррозии по сравнению со стальными трубами, к истиранию относительно большая стойкость к коррозии. Есть возможность утилизации старых труб, направляя их на переплавку.

Современные методы соединения позволяют отклоняться трубам на угол до 1,5–5° С при сохранении полной герметичности стыка. Благодаря этому возможно укладывать трубы по дуге без применения фитингов. Это облегчает проектирование и укладку трубопроводных систем (в том числе подводных и

горных), позволяет водоводу следовать за движениями почвы, сохраняет его работоспособность при сдвигах почв, на участках с нестабильным основанием и в болотистых грунтах.

Особенность труб из высокопрочного чугуна состоит в том, что по своим свойствам ВЧШГ занимает промежуточное положение между гибкими и жесткими материалами. В определенном смысле это позволяет использовать положительные качества обоих видов. С течением времени трубопровод, уложенный в нестабильный грунт, подвергается оседанию почвы или ее размыву. Эластичность ВЧШГ позволяет трубопроводу выдерживать неизбежные нагрузки или изменения, которым он подвергается, без повреждений и расстыковок.

Трубы из ВЧШГ, уложенные под землей, могут выдерживать существенные продольные усилия, даже если они уложены в траншее с основанием плохого качества или в грунтах с малой несущей способностью, даже когда основание трубы дестабилизировано или даже размывто грунтовыми водами; трубопровод пересекает зоны, подверженные движению грунтов и/или землетрясениям. Проведенные исследования показали, что трубы из ВЧШГ могут выдерживать сильные деформации без отказов благодаря высокой деформационной способности металла.

Трубы из ВЧШГ существенно меньше поражаются электрохимической коррозией. Сам чугун имеет значительно большее сопротивление, чем сталь. К тому же резиновые манжеты, которые соединяют трубы, не позволяют току пойти дальше по сети. В результате электрическое сопротивление трубопровода из ВЧШГ примерно в 300 раз выше стального.

При проектировании трубопроводов из ВЧШГ применение электрохимической защиты от коррозии обязательно в тех случаях, когда имеется металлическая связь между трубами (фланцевые и сварные соединения) и трубопровод из ВЧШГ находится в зоне опасного действия блуждающих токов»

Отгрузочная стоимость трубы из высокопрочного чугуна, как правило, выше стоимости полимерной трубы. Однако, совокупные затраты на трубопроводную систему определяются еще и стоимостью строительства и надежностью и долговечностью труб. Уже на этапе строительства чугунные трубы существенно снижают затраты на монтаж, т.к. для них достаточно плоского ложа и свободной засыпки или засыпки с небольшим уплотнением.

Как правило, монтаж труб из ВЧШГ не требует затрат электроэнергии, привлечения высококвалифицированного персонала и специального оборудования. Соединения раструбного типа требуют всего лишь смазки уплотнительной манжеты и установки гладкого конца трубы в раструб. Трубы из ВЧШГ можно укладывать при любой температуре и при монтаже всеми типами техники и персоналом почти любой квалификации. Тогда как для прокладки трубопровода из поливинилхлорида и полиэтилена необходимо обеспечить песчаную подушку и материал засыпки из частиц минимального размера, чтобы почва была равномерно уплотнена. Любой камень в засыпке способен вызвать возникновение и распространение трещин в стенке трубы (кроме модификаций, устойчивых к растрескиванию). Небольшие дефекты (выбоина более 10% от толщины стенки) делают полимерную трубу непригодным для эксплуатации.

Соблюдение всех этих правил находится в очень большой зависимости от квалификации подрядчика и правильности выполнения им процедур укладки, что в результате для получения высокого качества требует привлечения высокооплачиваемого персонала.

Факторы, влияющие на возможность применения

Предназначены для водонапорных систем. Трубы напорные применимы как для канальной, так и бесканальной подземной прокладки трубопроводов.

Трубы напорные предназначены для эксплуатации в трубопроводах с допустимым рабочим давлением в трубопроводе до 1,6 МПа включительно.

Трубы из чугуна с шаровидным графитом с внешним покрытием могут применяться во всех типах почв. Изменение № 1 СП 66.13330.2011 регламентирует использование труб ВЧШГ в слабых и просадочных грунтах.

Распоряжением Правительства Москвы №935-РП от 14 мая 2009 года предписано применять только трубы из ВЧШГ при проектировании объектов нового строительства, реконструкции и капитального ремонта водопроводных и канализационных сетей. При этом применение труб из полимерных материалов осуществлять при соответствующем обосновании материала труб в зависимости от условий работы трубопроводов.

В странах ЕС чугунные трубы для водопровода активно используются для прокладки наружных сетей в городах с большой нагрузкой инфраструктуры на грунт. Трубы для водопровода из чугуна с шаровидным графитом имеют показательную кольцевую жесткость, условно устойчивы к подземной коррозии, однако при условии правильно выполненной защиты от коррозии блуждающими токами.

Стоимость многослойных композитных чугунных труб для водопровода высока, монтаж трубопровода очень трудоемкий, а сдвиговые деформации из-за внешних нагрузок ограниченно компенсируются только в местах соединений, что значительно повышает риски протечек.

К недостаткам данных труб также относятся:

- большой вес труб, который требует применения специальной техники
- большое внимание надо уделять обеспечению герметичности раструбных соединений труб (все сварные изделия отводы, тройники и прочее требуют очень внимательного входного контроля ввиду большого влияния человеческого фактора);
- возможность разрушения трубы при замерзании в ней жидкости.

2.1.6 Стальные трубы с внутренним цементно-песчаным покрытием (ЦПП) и внешним противокоррозийным покрытием

Стальные трубы традиционно использовались в СССР как основной материал для напорных трубопроводов. Это было вызвано их высокой прочностью, а также доступностью стали.

Недостатки стальных труб при этом не принимались во внимание и во многом заложили основу высокой аварийности в ЖКХ и высоких затрат. Основные их них:

- коррозия, обеспечивающая небольшой срок эксплуатации – максимум 10–15 лет (без защиты от внешней и внутренней коррозии). Продукты коррозии ухудшают качество воды и засоряют внутреннюю полость труб, уменьшая их пропускную способность и ухудшая работу арматуры и устройств системы автоматического регулирования. Заращение внутренней поверхности труб приводит к увеличению стоимости подачи воды до 30-50%.

Монтаж сетей из стальных труб осуществляется с помощью сварки. Сварной стык – самый уязвимый для коррозии участок. Высокая электропроводность стали делает ее максимально уязвимой при электрохимической коррозии.

Все эти недостатки привели к тому, что стальные трубы в традиционном виде в настоящее время не могут рассматриваться как материал для строительства подземных трубопроводов в ВКХ.

Данный раздел посвящен использованию стальных труб, защищенных от коррозии как изнутри, так и снаружи. В водоотведении такие трубы могут находить применение при строительстве напорных трубопроводов, а также дюкеров.

А. Внутреннее цементно-песчаное покрытие

Общее техническое описание

Выполняется по ТУ 1390-003-86695843-2010 толщиной (в зависимости от диаметра трубы) - от 4 до 16 мм. Толщина покрытия над сварными швами, мм - не менее 3. Покрытие представляет собой цементно-песчаный раствор, нанесенный под высоким давлением специальным насосом с центробежной головкой на внутреннюю поверхность труб и фасонных частей.

Особое свойство покрытий на основе цемента состоит в наличии как активного, так и пассивного защитного эффекта. Пассивный достигается за счет чисто механической изоляции металлических стенок труб слоем раствора. Разумеется, эффективность защиты тем лучше, чем плотнее структура покрытия. При центробежном методе нанесения это достигается, с одной стороны, за счет очень низкого водоцементного соотношения (0,30-0,36) в исходной смеси и, с другой стороны, за счет большой скорости центробежного набрызга раствора, обеспечивающего высокую степень уплотнения покрытия на внутренних стенках труб.

Слой цементно-песчаного покрытия не является абсолютно непроницаемым для воды, небольшое количество которой с течением времени проникает на поверхность внутренних стенок труб. Здесь и вступает в действие активная защита от коррозии, и, несмотря на просачивание небольшого количества воды, не происходит коррозии низколегированного железа вследствие щелочной реакции цементного раствора. При гидратации цемента в порах возникает насыщенный раствор гидроокиси кальция, кислотность которого (pH) составляет 12,6. При этих условиях железо пассивируется за счет образования субмикроскопического слоя из окислов железа. Этот чрезвычайно тонкий пассивный слой механически изолирован цементным покрытием от протекающей

воды и тем самым удерживается на месте. Таким образом, при постоянном наличии воды обеспечивается долговременная защита трубопровода. Трещины и щели цементного покрытия, находясь в контакте с водой, самозакупориваются выделяющимся карбонатом кальция. Этот активный защитный процесс и называется самолечением цементного покрытия.

Тонкие несквозные трещины, которые возникают при схватывании цементного раствора, совершенно безвредны, поскольку они затягиваются под водой за счет разбухания материала. Трещины, которые достигают поверхности металла и остаются открытыми, могут затягиваться известняковыми отложениями в любой воде, которая содержит ионы кальция и водопроводные карбонаты. Этот практический опыт подтверждается результатами лабораторных исследований, при которых с помощью микроскопа установлено, что трещины по краям зарастают кристаллами карбоната кальция. В некоторых случаях результаты измерений показали наличие существенной величины прочности на разрыв в зоне трещин.

Технические и экономические преимущества

Создание прочного внутреннего покрытия прекращает доступ кислорода к стенкам трубы. Избыточное содержание цемента в покрытии поддерживает щелочную реакцию, препятствующую развитию коррозии. Уменьшение проходного сечения трубопровода компенсируется отсутствием наростов и гладкой внутренней поверхностью изоляции. Внутренняя цементно-песчаная изоляция позволяет снизить количество растворенных окислов железа в транспортированной питьевой воде и увеличивает сроки службы трубопроводов.

Наряду с антикоррозионным защитным эффектом цементно-песчаная облицовка улучшает также гидравлические свойства трубопроводов. Причиной этого является отсутствие наростообразований и отложений, а также возникновение на поверхности покрытия гидрофильного скользкого слоя (гелиевого слоя), образованного мельчайшими частичками глины и железомарганцевыми соединениями. Есть подтверждения, что после 40 лет эксплуатации труб с цементно-песчаным покрытием, коэффициент их гидравлического сопротивления имел лучшие параметры, чем у новых стальных труб без защитного покрытия. Поэтому в пользу данного метода свидетельствует и фактор экономичности, несмотря на некоторое уменьшение сечения трубы.

Продолжительный период эксплуатации металлических труб с внутренней цементно-песчаной облицовкой на Московском водопроводе подтвердил прекращение аварий по причине коррозии, трубопроводы имеют стабильную пропускную способность, обеспечивается существенная экономия энергозатрат на подачу воды и сохраняется ее качество при транспортировке по трубам. Главным преимуществом данного метода защиты труб, по сравнению с другими известными технологиями, является отсутствие дефицита и низкая стоимость исходных материалов (цемент, песок), а также практически не ограниченный диапазон диаметров обрабатываемых труб.

Факторы, влияющие на возможность применения

Из существующих методов борьбы с внутренней коррозией для систем питьевого и промышленного назначения наибольшее распространение получили покрытия на основе цемента, гарантирующие стабильную пропускную способность трубопроводов в течение требуемого периода безаварийной эксплуатации, составляющего по действующим мировым нормативам не менее 50 лет.

Стальные трубы с цементно-песчаным покрытием (ЦПП) от Ø159мм до Ø2020мм предназначены для строительства подземных трубопроводов напорной канализации под давлением до 1,2МПа (12 кг/см²). Подземные трубопроводы с внутренним покрытием рассчитаны на эксплуатацию при температуре воздуха от - 50°C до +50°C.

Б. Внешнее антикоррозионное покрытие

Условия эксплуатации городских, межпоселковых, магистральных газопроводов, а также нефтепроводов и водопроводных сетей определяют целый ряд жестких требований по защите металла трубы от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами. Как свидетельствует мировой опыт, а также практика отечественного строительства и эксплуатации подземных газопроводов, городских водоводов, наилучшим комплексом защитных свойств обладают трехслойные покрытия на основе экструдированного полиэтилена.

Трубы изолированные Ø 57-1420 мм с двухслойным и трехслойным покрытием из экструдированного полиэтилена весьма усиленного типа (ВУС) выпускаются по техническим условиям соответствующим ГОСТ 9.602-2005 «Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии» и ГОСТ 51164-98 «Газопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии».

Труба ВУС покрывается изоляционным слоем методом боковой («плоскощелевой») экструзии. С целью обеспечения высоких адгезионных свойств покрытия применяется высококачественная дробеструйная очистка, нанесение промежуточного клеящего слоя (адгезионно-активная композиция толщиной 300-400 мкм - "сэвилен") и далее нанесение наружного защитного слоя на основе термостойкостабилизированной композиции полиэтилена.

Технические и экономические преимущества

Полиэтиленовое покрытие имеет высокий показатель адгезии к стали (не менее 35 Н/см), высокие диэлектрические характеристики (более 5 кВ) и устойчивость к внешним механическим повреждениям.

Трубы с покрытием из экструдированного полиэтилена, обладают рядом существенных преимуществ:

- покрытие экологически безопасно,
- повышает безремонтный срок службы и культуру строительства,
- обладает повышенной механической прочностью,

- качество покрытия не зависит от температуры окружающей среды и т.д.

По сравнению с изоляцией битумом, полимерными лентами и другими покрытиями, применяемыми в настоящее время, сама технология нанесения экструдированного полиэтилена с твердым адгезионным подслоем, а также возможность пооперационного контроля при изоляции в заводских условиях, позволяют достичь значительно более высоких качественных показателей покрытия, особенно таких, как устойчивость к внешним механическим повреждениям, высокая адгезия к поверхности трубы, низкое водопоглощение и водопроницаемость, что способствует долгой (40 - 50 лет) и безаварийной эксплуатации трубопроводов. Это покрытие удовлетворяет жесткие требования по защите металла трубы от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами.

Факторы, влияющие на возможность применения

В настоящее время направление заводской изоляции труб экструдированным полиэтиленом является приоритетным в практике защиты трубопроводов от коррозии.

Трубы изолированные могут длительно эксплуатироваться при температурном режиме от минус 20°C до плюс 60°C. Хранить без ущерба для качества трубы изолированные можно при температуре окружающей среды от минус 50°C до плюс 60°C. Срок службы покрытия - не менее нормативного срока службы трубопроводов.

Стальные трубы с антикоррозионной изоляцией должны применяться для напорных трубопроводов водоотведения:

- на участках с расчетным внутренним давлением более 1,5 МПа (15 кгс/см²);
- под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги;
- в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями канализации;
- при прокладке трубопроводов по автодорожным и городским мостам, по опорам, эстакадам и в тоннелях.

Стальные трубы следует принимать экономичных сортов со стенкой, толщину которой должны определять расчетом, с учетом условий работы трубопроводов, но не менее 3 мм для труб и соединительных деталей номинальным диаметром 200 мм и менее, и не менее 4 мм - номинальным диаметром свыше 200 мм.

2.1.7. Полимерные трубы

Общее техническое описание

Классификация по материалам

около 90% в объеме производства всех полимерных труб занимают три группы материалов:

- поливинилхлорид (ПВХ),
- полиэтилен (ПЭ), в основном ПНД,
- полипропилена (ПП).

Марки полиэтилена, используемые для производства труб: ПЭ 63, ПЭ 80, ПЭ 100, ПЭ-ВД.

Более прочные (по возрастанию индекса) материалы позволяют создать ПЭ трубы с меньшей толщиной стенок, благодаря чему увеличивается пропускная способность, уменьшается время сварки и снижается вес. По своим свойствам материал ПЭ 100 более пригоден для изделий больших размеров, а ПЭ 80 – для меньших. Очень гибкие трубы из ПЭ 80 обладает особыми преимуществами при укладке в сложных условиях, например, по дну.

Развивая прогресс, некоторые производители полимеров начали изготавливать полиэтилен четвертого поколения ПЭ 125, позволяющий выпускать трубы с меньшей толщиной стенки.

Сшитый полиэтилен РЕХ является перспективным материалом для теплоснабжения – без ущерба для своих физических качеств он выдерживает принятую в России температуру теплоносителя 95 °С. Под сшивкой понимается процесс связки звеньев молекул в широкоячеистую трехмерную сетку за счет образования поперечных связей. Оптимальными прочностными и теплофизическими свойствами обладают трубы из РЕХ-b: затраты на их производство сравнительно низки, материал самостоятельно через 4–6 месяцев после экструзии приобретает необходимые по ГОСТу 65% сшивки. Для этого не требуется сложного вспомогательного оборудования – на выходе из экструдера материал имеет уже 20% сшивки. Высокой однородности степени сшивки по всей толщине стенки можно добиться и ускоренным методом в течение 2–8 часов под воздействием пароводяной ванны. Прочностные свойства РЕХ-b позволяют производить трубы с большим наружным диаметром – до 500 мм.

Однако, трубы из сшитого ПЭ (РЕХ), полибутена (ПБ), полиамида (ПА) в силу заданных требований (высокие рабочие температура, давление, устойчивость к химическим средам) и затратной технологии синтеза сырья сравнительно дороги и в наружных сетях ВКХ пока не находят применения.

Важный недостаток полиэтиленовых труб – нестойкость к точечным воздействиям и процарапыванию побудил к разработке специальных решений по их защите, призванных, прежде всего, упростить и удешевить работы по прокладке, исключив из них процедуры по созданию песчаной подушки.

Для защиты от точечных воздействий трубы изготавливают из специальных марок полиэтилена — ПЭ 100-RC. Данные марки, аббревиатура которых содержит сокращение от словосочетания «стойкий к растрескиванию» (англ. — resistant to crack), являются модифицированными полиэтиленами класса ПЭ 100, отличающимися от традиционных марок значительно меньшей скоростью роста и распространения трещин — в различных испытаниях ПЭ 100-RC показывает в

десяtkи раз меньшую скорость распространения трещины, чем традиционные марки ПЭ 100 и ПЭ 80. Применение ПЭ 100-RC при изготовлении напорных труб для водоснабжения позволяет получить продукт, скорость возникновения и распространения трещин в котором настолько низка, что трещины под действием внешних точечных нагрузок не возникают либо растут настолько медленно, что не успевают достичь опасных размеров за заложенный в нормативе срок эксплуатации трубы — 50 лет.

При этом, учитывая, что растрескиванию наиболее подвержен внутренний слой, целесообразно изготавливать многослойные конструкции, у которых внутренний слой изготовлен из ПЭ 100-RC, а наружный — в целях экономии — из более дешевых традиционных марок полиэтилена. Реологические и температурные характеристики ПЭ 100-RC позволяют без каких-либо проблем сваривать стыковым или электромужфтовым методом трубы, изготовленные из этого материала, с трубами ПЭ 100, а также применять всю номенклатуру стандартных фитингов из ПЭ 100. Кроме того, все марки ПЭ 100-RC подходят для изготовления труб для транспортировки питьевой воды, что подтверждается соответствующими российскими сертификатами.

Для защиты от процарапывания изготавливаются трубы с наружной защитной оболочкой из более твердого материала — чаще всего для этих целей используются различные композиции полипропилена. Такая оболочка, будучи нанесенной на трубу, плотно облегает её в процессе транспортировки, хранения и монтажа, и предотвращает процарапывание основной трубы. Необходимо заметить, что номинальный диаметр такой трубы и номинальная толщина её стенки, которые используются проектировщиком при расчёте рабочего давления трубопровода, указаны без учёта наружного защитного покрытия. Таким образом, любые повреждения покрытия не оказывают негативного влияния на несущую способность труб. Кроме того, наружное покрытие этих труб имеет достаточную толщину, чтобы полностью поглощать ультрафиолетовое излучение, поэтому не происходит деструкции основной трубы при хранении труб с покрытием на открытом воздухе.

Оба метода защиты — использование ПЭ 100-RC и нанесение наружной защитной оболочки — можно комбинировать, получая трубу, защищённую как от точечных нагрузок, так и от процарапывания.

Классификация полиэтиленовых труб представлена в спецификации европейского нормативного документа PAS 1075 «Полиэтиленовые трубы для альтернативных способов укладки: размеры, технические требования и испытания». Согласно PAS 1075 (PAS - Publicly Available Specification). Различают три типа труб RC.

Тип 1: Сплошные однослойные трубы из PE 100-RC.

Тип 2: Трубы с индикаторной цветной оболочкой из PE 100-RC.

Тип 3: Трубы с наружной защитной оболочкой из минералонаполненного полиэтилена (полипропилена) и внутренней трубой из PE 100-RC.

ПВХ трубы, изготавливаемые из непластифицированного поливинилхлорида (нПВХ) обладают прекрасными гидравлическими характеристиками, герметичностью соединений. Кроме того, ПВХ трубам свойственны гибкость, прочность, малый вес, коррозионная устойчивость, сопротивляемость износу и минимальная потребность в уходе.

Полипропиленовые трубы обладают наибольшими преимуществами из крупнотоннажных пластиковых труб:

- не выделяют токсичных веществ, не оказывает вредное влияние на организм человека;
- высокая химическая стойкость полипропиленовых труб позволяет применять их в сильно загрязненной почве для водоснабжения;
- высокая теплоустойчивость (до 60 градусов Цельсия при непрерывном течении и 95 градусов Цельсия при кратковременном течении);
- высокая ударопрочность.

С учетом механических свойств полипропилена, как сказано выше, его используют для упрочнения труб в двухслойных конструкциях.

Классификация по назначению

Напорные трубы для транспортировки воды в России выпускаются из ПЭ и ПП диаметром от 10 до 1200 мм. Стандартное давление, на которое они рассчитаны, – 10 бар, но производят и на 16, и на 25 бар. Увеличение диаметра (с сохранением толщины стенки) снижает параметр давления, на которое рассчитана труба.

Самая широкая область применения безнапорных полимерных труб – внутренняя канализация зданий. Используются трубы из ПВХ и ПП, реже – из ПЭ (в силу меньшей пригодности).

Для наружной канализации и сливных стоков – безнапорных и напорных канализаций малого давления – применяют трубы из ПЭ и ПВХ большего диаметра, чем трубы для водоснабжения и отопления.

Конструктивные особенности

По своим конструктивным особенностям все пластиковые трубы подразделяются на:

- тип А - с гладкой наружной и внутренней поверхностью (в том числе многослойные со вспененным средним слоем, трубы с продольными полыми секциями и трубы с кольцевыми или спиральными полыми секциями),

- тип В - с гладкой внутренней и профилированной наружной поверхностью (трубы с кольцевыми ребрами и сплошным профилем, трубы со спиральным или кольцевым полым профилем и трубы с кольцевым полым профилем)

Нормативная документация

Многообразие полимерных труб определяет наличие нескольких документов, стандартизирующих их производство:

ГОСТ 18599-2001 - напорные гладкие труб по ГОСТ 18599-2001 из ПЭ-80 и ПЭ-100 диаметром от 10 до 1200 мм на рабочее давление до 1,6 МПа, кроме того, возможен выпуск трубы ПЭ-100 диаметром до 2000 мм SDR 17 на рабочее давление 1,0 МПа и SDR 13,6 на рабочее давление 1,25 МПа. в базовом стандарте DIN 8074/75 – «Трубы и полиэтилен (PE) PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD» в основе обозначений материала и классификация труб лежит минимальная прочность - способность выдерживать внутреннее давление на протяжении 50 лет при температуре 20°C. Значения MRS для PE 63 – 6,3 Н/мм², для PE 80 – 8,0 Н/мм² и для PE 100 – 10,0 Н/мм².

ГОСТ 32415- 2013 (взамен ГОСТ Р52134-2003) - требования к трубам и соединительным деталям из полипропилена и сополимера пропилен, сшитого полиэтилена, хлорированного поливинилхлорида, полибутена, полиэтилена повышенной термостойкости, непластифицированного поливинилхлорида и полиэтилена. В стандарте регламентируются параметры, определяющие сроки службы трубопровода в системах холодного и горячего водоснабжения, отопления диаметром от 10 мм до 1600 мм.

- ГОСТ 28117-89, который распространяется на трубы круглого сечения, изготавливаемые методом шнековой экструзии из непластифицированного поливинилхлорида (НПВХ), диаметром от 40 мм до 630 мм;

- ГОСТ Р 51613-2000, который распространяется на напорные трубы из непластифицированного поливинилхлорида без раструба и с раструбом, предназначенные для трубопроводов, транспортирующих воду, в том числе для хозяйственно-питьевого водоснабжения, при температуре от 0 до 45 °С, а также другие жидкие и газообразные вещества. Диаметр труб от 10 до 315 мм, длиной от 4 до 12 м.

- ГОСТ Р 54475-2011, который распространяется на производство труб со структурированной стенкой и фасонные части к ним из полимерных материалов для систем безнапорной подземной наружной канализации: хозяйственно-бытовой канализации, дренажа и водоотведения, ливневой канализации, отведения промышленных стоков, к которым материал трубопровода является химически стойким.

Нормативных документов для труб внешней канализации не существует. Исключение составляет ГОСТ на трубы и соединительные детали для внутренних канализаций зданий.

В целом нормативные документы, регламентирующие проектирование и строительство трубопроводов из пластмассовых труб значительно отстали от современных требований:

- СП 40-102-2000 распространяется на проектирование и монтаж строящихся и реконструируемых систем внутренних и наружных сетей водоснабжения и канализации из труб и соединительных деталей (далее - трубы) из полимерных материалов

- СН 550-82 и пособие к нему содержит требования проектирования технологических трубопроводов из пластмассовых труб диаметром до 1200 мм, предназначенных для транспортирования жидких и газообразных веществ с различными физико-химическими свойствами (сырье, полуфабрикаты, реагенты,

промежуточные и конечные продукты, полученные или использованные в технологическом процессе и др.), к которым материал труб химически стоек или относительно стоек.

- ВСН 440-83 содержит требования к обработке, сварке и монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб наружным диаметром до 1200 мм,

Все эти документы не в полной мере учитывают разнообразие и конструктивные и технологические особенности современных пластмассовых труб и возможности их применения в сетях водоснабжения и водоотведения.

Соединение полимерных труб при строительстве трубопровода

В настоящее время сварка является наиболее популярным способом соединения ПЭ труб. Этот способ позволяет соединять трубы непосредственно друг с другом или с фасонными частями. Кроме того, ПЭ трубы можно соединять с помощью подвижных фланцев. Трубы, соединенные сваркой, имеют не меньшую прочность, чем до выполнения соединения; таким образом сваренный трубопровод можно сравнить с одной очень длинной трубой.

Техника сварки гарантирует, что по всей длине трубопровода сохранится присущая полиэтиленовым трубам гибкость. Можно соединить длинный трубопровод на поверхности земли, а затем уложить его в траншею. При такой процедуре не возникает никаких проблем, независимо от того, предусматривается ли проектом традиционная укладка труб открытым способом или бестраншейная реновация.

Чаще всего для ПЭ напорных труб используют два метода сварки: стыковую и электромуфтовую.

Стыковая сварка многие годы применяется для соединения полиэтиленовых труб диаметром более 50 мм. Концы труб устанавливаются и соединяются в специальной машине для стыковой сварки. После выравнивания и фиксации края труб гладко зачищаются при помощи специального электрического приспособления, обеспечивая их взаимную параллельность. Затем концы труб разогреваются нагревательной плитой с фторопластовым покрытием. Нагревательная плита помещается между подлежащими соединению концами труб. Когда края труб достаточно расплавятся, плита убирается, а концы труб прижимают друг к другу для остывания. Качество соединения быстро и надежно устанавливается визуальным контролем шва снаружи.

При электромуфтовой сварке разогрев труб обеспечивается за счет применения полиэтиленовых фасонных частей с заделанными в них нагревательными элементами. Выпускаются оборудованные с вмонтированными электроспиралью, ответвительные седла, отводы, тройники, заглушки. Важно обеспечить полную неподвижность трубы и фасонной части как в процессе нагрева при прохождении электрического тока, так и при остывании. В случае приваривания ответвительного седла должны применяться правильно подобранные зажимы.

При сооружении ПЭ сетей, когда отсутствует возможность соединения элементов контактной сваркой или электромуфтами либо это экономически нецелесообразно, применяют соответствующие механические соединения.

Достоинством этой системы является простой и быстрый монтаж, возможность многократного использования, устойчивость к коррозии и ультрафиолетовым лучам. Популярность способа возрастает в связи с тем, что для монтажа не требуется специального оборудования.

Технические и экономические преимущества

Разнообразие пластмассовых материалов, позволяющее не только создавать конструкции труб, с одновременным применением в них этих материалов, но и предоставляющее возможность выбора оптимальной конструкции пластмассовой трубы для использования на конкретном объекте с учетом всех особенностей жизненного цикла этого объекта.

Масса полиэтиленовой трубы для водопровода более чем в 8 раз меньше массы металлических аналогов. Затраты на транспортировку пластмассовых труб для водоснабжения в 2 раза меньше, чем на транспортировку стальных.

Стоимость выполнения строительно-монтажных работ даже при использовании традиционных открытых траншейных методов сокращается до 2—2,5 раз. Также пластиковые трубы обеспечивают значительное сокращение сроков ведения работ — скорость прокладки полиэтиленовых сетей может превышать скорость прокладки стального эквивалента в несколько раз.

Большая эластичность позволяет легко вписывать их в повороты трассы, при применении длинномерных труб.

Обладают высокой антикоррозийной стойкостью ко всем минеральным кислотам, стойкость к щелочам, что позволяет отказаться от изоляции.

Обладают большей пропускной способностью (до 10—15% выше, чем у стальных) вследствие гладкой внутренней поверхности. Для сравнения: коэффициент шероховатости ($K_{ш}$) стали равен 0,2, чугуна — около 0,5, $K_{ш}$ полимерной трубы равен 0,01.

Полиэтиленовые трубы обладают способностью восстанавливать свою первоначальную форму после кратковременной деформации, которую используют при проведении врезок в действующие трубопроводы без снижения давления в нем и ряде технологий бестраншейной реконструкции или восстановления старых трубопроводов;

Низкая вероятность физического разрушения трубопровода при замерзании жидкости, так как при этом труба увеличивается в диаметре, затем, при оттаивании жидкости, приобретает прежний размер; практически отсутствует опасность физического разрушения трубопровода от гидроударов вследствие сравнительно низкого модуля упругости.

Отсутствует необходимость в обслуживании и катодной защите. Малая масса, технологичность монтажа, легкость обработки, значительный срок службы при правильной эксплуатации.

Существует возможность поставки длинномерными отрезками (бухтами), что сокращает сроки и стоимость монтажа и прокладки трубопровода (на 1 км трубопровода диаметром 110 мм может приходиться всего два стыка), гибкость некоторых видов труб позволяет проходить повороты трассы трубопровода без использования фасонных деталей.

Стыковая сварка полиэтиленовых труб дешевле, проще, занимает меньше времени, не требует дополнительных расходных материалов; есть возможность многократного монтажа и демонтажа при низких затратах. Имеет место высокая надежность сварных швов соединений в течение всего срока эксплуатации трубопроводов. Отменная ремонтпригодность труб позволяет быстро ликвидировать механические повреждения.

Полимерные (ПЭ) трубы позволяют использовать разнообразные способы соединения труб от сварки встык или при помощи деталей с закладными нагревателями до соединения при помощи полимерных (резиновых) колец. Для сварки возможно применение машин с высокой степенью автоматизации либо полностью в автоматическом режиме (при помощи деталей с закладными электронагревателями). Нет необходимости применять дорогостоящие методов проверки и контроля качества сварных соединений.

Выпускается широкий диапазон муфт, отводов, тройников и других соединительных деталей.

Большая широта сортамента – минимальный пропускной диаметр пластмассовых труб равен 10 мм, а максимальный – 2400 мм.

Возможна утилизация заменяемых труб с переработкой в другие изделия (вторичное сырье).

Факторы, влияющие на возможность применения

Помимо широко известных положительных у полиэтилена присутствуют также особенности, которые могут спровоцировать аварийные ситуации на трубопроводе уже через 5-7 лет эксплуатации. Одними из главных проблем, с которыми приходится сталкиваться при использовании продукции из ПНД, является повышенная уязвимость к нарушениям технологического процесса на этапе производства труб. Производить трубы ПНД в соответствии с российскими и мировыми стандартами необходимо из так называемого трубного полиэтилена – гранул заранее окрашенного сырья с хорошо диспергированным красителем (сажей). Недобросовестные производители используют неокрашенный полиэтилен или добавляют его определенное количество на стадии производства трубы. Окрашивающий концентрат при этом вводят перед экструдером. Сажа плохо диспергируется, остаются агломераты, которые являются концентраторами напряжений. Разрыв трубы при действии внутреннего давления происходит, как правило, именно в месте сажевого агломерата.

Другая серьезная проблема для пластмассовых вообще, и полиэтиленовых труб, в частности заключается в том, что для качественной прокладки полиэтиленовых труб в условиях загруженного подземного пространства крупных городов требуется высокая культура их монтажа, необходим квалифицированный контроль за технологией сварки. Следует неукоснительно выполнять требования по устройству траншей, уплотнению подушки и обратной засыпки труб. Трубы из полиэтилена необходимо укладывать на специально подготовленную песчаную подушку, чтобы предотвратить возможные механические повреждения. Дальнейшую обсыпку трубопровода следует выполнять немерзлым грунтом определенного гранулометрического состава, не содержащим твердых

включений. На практике же зачастую, в нарушение всех строительных норм и правил, обратная засыпка осуществляется изъятим грунтом, в том числе и мерзлым, содержащим в себе крупные камни, битый кирпич и другой строительный мусор. Это приводит к образованию локальных зон концентрации напряжений на стенке трубы и негативным образом сказывается на дальнейшей эксплуатационной надежности проложенного трубопровода. Возникновение аварийных ситуаций происходит из-за того, что долговременные постоянные локальные нагрузки приводят к потере полиэтиленом пластичности, что в свою очередь вызывает хрупкое разрушение трубопровода. При этом трещина может практически «перерубить» трубу или распространиться вдоль трубы на несколько метров. Кроме того, для условий эксплуатации трубопроводов в большинстве городов России характерна необходимость выполнения строительно-монтажных работ по прокладке и перекладке труб в зимнее время. Это требует особых подходов и технологий. Полимерные трубы не обладают жесткостью (высокой сопротивляемостью раздавливанию) и имеют большой коэффициент линейного расширения, со временем их прочность уменьшается.

В России проблемой для надежного применения пластмассовых труб является недостаток полноценной нормативной базы, особенно в части методик прочностных расчетов несущей способности пластмассовых труб, рекомендаций по выбору того или иного типа полимерных труб, регламентов эксплуатации, методов их монтажа и ремонта, учитывающих условия прокладки и эксплуатации. Следовательно, для полимерных труб большая доля конечной ответственности за уложенный трубопровод перекладывается на работу подрядчика и требует строгого технадзора со стороны заказчика.

К другим недостаткам, которые должны учитываться при применении пластиковых труб, относятся:

- старение при длительном воздействии солнечного света(ультрафиолетовых лучей) и кислорода воздуха. Это необходимо учитывать, прежде всего, при хранении;
- низкая теплостойкость (при повышении температуры более 60⁰С снижается прочность труб);
- низкая жесткость (сопротивляемость раздавливанию),
- большой коэффициент линейного расширения. Для труб с раструбными соединениями обычно не требуется специальных мер в части расширения, вызываемого изменениями температуры, поскольку каждое раструбное соединение выполняет функции компенсатора. Однако в случае длинных секций из ПВХ труб с клеевыми соединениями или сваренных ПЭ труб вся секция ведет себя как одна длинная труба. Удлинения или сокращения суммируются, и вся секция удлиняется или сокращается.

При прокладке полиэтиленовых труб без ж/б обоймы или стального футляра на урбанизированных и промышленных территориях должна быть подтверждена экологическая безопасность окружающего грунта по трассе проектирования. В случае наличия недопустимых загрязнений в грунте и

грунтовых водах (ароматических углеводородов, органических химикалий и пр.) выполняется рекультивация грунта.

Для нейтрализации такого недостатка, как низкая кольцевая жесткость, разработаны и выпускаются двухслойные профилированные (гофрированные) снаружи и гладкие внутри трубы.

Для комбинированно защищенных труб из ПЭ-РС с внешней защитной оболочкой (из ПП или минералонаполненной) становятся возможны все альтернативные (то есть не подразумевающие создание песчаной подушки) способы укладки или протяжки: протяжка внутри существующих трубопроводов с зазором или с плотным прилеганием, в том числе с временным уменьшением диаметра; протяжка с разрушением существующего трубопровода; бестраншейные методы укладки — ГНБ, прокол, в том числе в подвижных грунтах, в сейсмоактивных зонах; траншейная укладка без создания песчаной подушки и с засыпкой обратным грунтом в любых грунтах, включая каменистые, щебенистые, галечные.

При введении ПЭ трубы в существующий трубопровод наружная поверхность ПЭ трубы может получить повреждения, если не принять специальных мер. К этим мерам относятся удаление заусенцев и острых кромок со старых труб, осмотр (при помощи телевизионной системы) и защита новой трубы в зоне введения, в частности, при прохождении обрезанного края старой трубы. Глубина царапин не должна превосходить 10% от толщины стенки. Поэтому рекомендуется применять ПЭ трубы с толщиной стенки не менее 5 мм.

С учетом вышеизложенных свойств рекомендуются следующие виды полимерных труб по сферам их применения в водоотведении:

1. Для безнапорных сетей в открытой (траншейной) прокладке, без обойм (футляров):
 - двухслойные трубы из полиэтилена ПЭ 100-РС (стойкого к растрескиванию) с наружным соэкструзионным идентификационным слоем;
 - трубы из полиэтилена ПЭ100-РС с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе минералонаполненной композиции из полипропилена
2. Для безнапорных сетей в бестраншейной реконструкции с использованием пневмопробойника:
 - безнапорные модули кольцевого сечения из ПНД (ПЭ63, ПЭ80, ПЭ100) – только до диаметра 400 мм включительно. Этому способствуют условия прокладки, сопровождающиеся упрочнением и спрессовыванием грунта вокруг вновь прокладываемой трубы;
 - трубы из полиэтилена ПЭ100-РС с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе минералонаполненной композиции из полипропилена.
3. При прокладке дюкеров: также трубы из полиэтилена ПЭ100-РС с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе минералонаполненной композиции из полипропилена.
4. При прокладке напорных сетей:

- двухслойные трубы из полиэтилена ПЭ 100-RC (стойкого к растрескиванию) с наружным соэкструзионным идентификационным слоем;

5. При бестраншейной реконструкции напорных сетей:

трубы из полиэтилена ПЭ100-RC (стойкого к растрескиванию) с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе минералонаполненной композиции из полипропилена на сварном соединении.

Для всех бестраншейных прокладок новых труб рекомендуется применять трубы типа ПЭ и профилированные (гофрированные) в футлярах.

При реставрации (восстановлении) трубопроводов, без их разрушения, при сохранении им прочности, могут применяться любые виды пластмассовых труб, а также несущие пластмассовые пленки, закрепляемые на растворе. Для данного применения основную роль играют хорошая защита от истираемости и герметичность, а жесткость не имеет значения.

Одним важных применений полиэтиленовых труб является строительство подводных трубопроводов. В отличие от работы с металлическими трубами, в данном случае весь комплекс монтажных работ проводится на берегу, что несравнимо облегчает и удешевляет строительство. Затем производится постепенное затопление уже готового трубопровода из полиэтиленовых труб, снабженного балластными грузами. В СП 32.13330-2012 (п. 6.8.3) для русловых и глубоководных выпусков предусмотрено, как правило, применение стальных труб. Это не препятствует использованию для этих целей пластмассовых труб, тем не менее ведущие специалисты строительной отрасли признали ошибочным решением сделанный акцент на применение стальных труб, который будет исправлен при корректировке свода правил.

2.1.8. Стеклопластиковые трубы

Общее техническое описание

Для трубопроводов канализации применяются стеклопластиковые трубы, изготавливаемые методом спиральной или непрерывной намотки наполнителя из стеклянных комплексных нитей, пропитанных связующим составом, и методом намотки армирующего материала из стеклянных нитепрошивных тканей, пропитанных связующим термореактивного типа, на металлическую оправку с последующей полимеризацией. Используют также кварцевый песок и карбонат кальция (мраморная мука) как наполнители. Армирующее стекловолокно и наполнители в процессе производства полностью покрываются оболочкой из полимерного связующего.

Типы стеклопластиковых труб различных производителей можно разделить на три группы по следующим признакам:

- тип связующего (матрицы): эпоксидное или полиэфирное;
- тип соединения труб: клеевое или механическое (раструбно-шиповое);
- конструкция стенки трубы: чистый стеклопластик (без футеровки), стеклопластик с пленочным слоем (футерованные трубы), многослойные конструкции.

При использовании комбинированного способа монтажа с применением клеевых составов и механических соединений прочность конструкций повышается до монолитного состояния.

Однослойные трубы из стеклопластика производятся методом «мокрой» намотки. Внутренняя поверхность выполнена из 2-хкомпонентного композитного материала, который включает стеклянную низкоплотную основу (ровинг) и эпоксидное связующее (60 -70% от общего объема).

Двухслойные трубы имеют дополнительный защитный слой, выполненный из полиэтилена. Толщина 1-3 мм позволяет защитному слою выдерживать внешние нагрузки и внутренние химические воздействия.

Трехслойные трубы универсальны в применении в разных климатических условиях, благодаря независимой защитной оболочке, которая принимает перепады давления при разгазировании или растворении газов в содержимом труб.

Стеклопластиковые трубы соединяются методом стыковых соединений нескольких типов:

- Раструбные соединения с последовательным набором. Особенность – наличие одностороннего расширения трубы;
- Фланцевые соединения предполагают дополнительные обода на трубах с отверстиями под стягивающий крепеж;
- Муфтовые соединения предназначены для любых труб путем установки разборных/неразборных муфт в местах их скреплений. Одной из разновидностей муфтовых креплений является закрепление муфты на специальные клеевые составы;
- Резьбовые соединения

ГОСТ Р 53201-2008 распространяется на стеклопластиковые трубы внутренним диаметром от 50 до 200 мм (далее - трубы) и фитинги к ним (далее - фитинги), предназначенные для напорных и безнапорных трубопроводов, формируемых на основе резьбовых соединений. Номинальная длина труб равна 9140 мм, допустимая температура транспортируемого вещества - до плюс 110°С, номинальное рабочее давление - от 3,5 до 27,6 МПа.

Изготовление труб и деталей трубопроводов из ненасыщенных полиэфирных и винилэфирных смол, армированных волокном, различного назначения регламентировано ГОСТ Р 54560-2011. В стандарт включены трубы, изготавливаемые на автоматизированных технологических линиях методом непрерывной намотки. Данный стандарт распространяется на трубы и детали трубопроводов из реактопластов на основе ненасыщенных полиэфирных и винилэфирных смол, армированных стекловолокном, номинальным диаметром DN от 300 до 3000, предназначенные для использования в напорных и безнапорных трубопроводных системах водоснабжения и водоотведения. Допустимое рабочее давление - до 3,2 МПа, допустимая жесткость труб - до 10000 Па, допустимая постоянная температура рабочей среды - до плюс 35 °С при рабочем давлении, не превышающем допустимое.

Стандарт не распространяется на трубы и фитинги, предназначенные для систем внутреннего водоснабжения и водоотведения, а также на трубы и фитинги, изготавливаемые методами:

- непрерывной намотки с углами намотки стекловолоконных нитей и лент менее 90°;
- периодической намотки;
- центробежного формования.

Указания по проектированию и монтажу подземных трубопроводов водоснабжения из стеклопластиковых труб содержатся в СП 40-104-2001. Свод правил предполагает использование стеклопластиковых труб, изготавливаемых методом радиально-перекрестной (РПН), косослойной продольно-поперечной (КППН) и непрерывной продольно-поперечной намотки (НППН), армирующего наполнителя из ровинга или стеклянных комплексных нитей, пропитанных связующим составом, на металлическую оправку с последующей полимеризацией. Трубы диаметром от 50 мм до 400 мм изготавливают методом РПН и КППН длиной до 8 м и методом НППН до 10 м и применяются для монтажа подземных трубопроводов холодного водоснабжения с максимальным давлением воды до 1,6 МПа включительно при траншейной прокладке, а также для напорных и безнапорных трубопроводных систем водоотведения.

Стандартная длина стеклопластиковых изделий обычно составляет 12 м, номинальный диаметр (DN) – в диапазоне от 300 до 2600 миллиметров. Класс жесткости (SN) трубы, то есть ее поперечная жесткость, может иметь следующие значения – 1250, 2500, 5000 и 10000 Паскалей.

Стеклопластиковые трубы могут выпускаться в исполнении для микротоннелирования. Трубы при таком способе прокладки подвергаются высоким механическим нагрузкам. Качество наружной поверхности трубы, соединительных элементов трубопровода, а также высокая механическая прочность трубы, особенно при передаче осевых нагрузок, являются необходимым условием успешного использования для прокладки методом микротоннелирования. После установки трубы должны отвечать строгим требованиям по устойчивости к коррозии, абразивному износу, герметичности самой трубы и соединительных элементов, в том числе при отрицательном давлении со стороны грунтовых вод, высокие гидравлические характеристики и способность воспринимать значительные нагрузки при усадке грунта в течение всего периода эксплуатации (не менее 50 лет).

Стеклопластиковые трубы оптимально подходят для метод монтажа «труба в трубе» или релайнинга с последующим заполнением межтрубного пространства является безусловным решением проблемы. Монтаж проводится без вывода из эксплуатации или с минимальным ограничением объема стоков. Монтируемая труба имеет собственную несущую способность и может служить опорой для разрушенного трубопровода.

Технические и экономические преимущества

Из-за термореактивной природы самого материала и наличия стекловолоконного армирования, стеклопластиковые трубы обладают механической прочностью, которая от 3 до 5 раз выше, чем у обычно используемых термопластичных труб и в 1,5-2 раза выше, чем у железобетонных труб.

Более того, расходы по транспортировке и монтажу стеклопластиковых трубопроводов крайне низки (вне зависимости от их установки под землей или на поверхности) по причине их малого веса, который в 3-5 раз меньше, чем у стальных труб, (а в случае с железобетонными трубами - в 10 раз), что обеспечивает легкость в работе с данными трубами. Во многих случаях исключается применение грузоподъемной техники

Благодаря очень гладкой внутренней поверхности, трубы имеют высокий коэффициент скорости прохождения жидкости по трубе и низкий коэффициент шероховатости. В результате

- скорость прохождения жидкости по трубе на 15% выше, чем у железобетонных и др. типов труб при таком же угле наклона,
- при неизменном угле наклона можно использовать стеклопластиковые трубы меньшего диаметра по сравнению с железобетонными и др. трубами.
- угол наклона может быть уменьшен на 23% от угла наклона железобетонных и др. труб без изменения скорости прохождения воды.

Качественные стеклопластиковые трубы не подвержены химическому воздействию кислот, щелочей и солей. Стойкость труб напрямую связана с классом используемой полиэфирной смолы. Стандартные смолы гарантируют то, что трубопровод подходит для качества сточных вод, значение pH которых колеблется от 1 до 10 и максимальную постоянную температуру 35°C. Согласно теста ASTM 3681/3262 (American Society of Testing Materials — Американское общество по испытанию материалов) испытываемые образцы подвергаются одновременно физическим и химическим нагрузкам одновременно, т.е. труба в масштабе 1:1 удерживается в деформируемом (статическом) состоянии в растворе серной кислоты (в среде).

Стандартный класс также защищен от воздействия серной кислоты биологического происхождения, которое возникает в больших коллекторах при длительной эксплуатации.

Стеклопластиковые трубы не проводят электричество и не нуждаются в защите от блуждающих токов.

Качественные трубы демонстрируют прекрасную абразивную стойкость благодаря очень упругому и гладкому внутреннему слою. В Дармштадтском Институте Гидравлической Инженерии и Гидрологии был разработан метод для испытания абразивной надежности. Это испытание, известное как Дармштадтский метод, сейчас используется в различных стандартах. Оно проводится таким образом: полукруглый участок трубы, содержащий смесь песка, гравия и воды помещается на установку, совершающую качающие движения вверх и вниз для моделирования потока смеси. Стандартное требование к внутреннему слою составляет устойчивость от полного износа внутреннего защитного слоя к примерно 100 тыс. циклам данного испытания. Абразивный износ посередине испытанного образца одного из производителей длиной 470 мм, в среднем составил 0,2 мм после 100 тыс. циклов. Серия испытаний, проведенных в

институте испытаний материалов подтвердили этот результат. Следовательно, поскольку толщина внутреннего слоя труб, производимых методом центробежного литья, составляет 1 мм, запас абразивной устойчивости превышает стандартные требования в 5 раз.

Факторы, влияющие на возможность применения

Вышеописанные свойства позволяют производителям заявлять срок службы – более 50 лет. Опыт применения в мировой практике данных труб составляет более 50 лет.

Использование соединительных муфт, имеющих допуск по углу соединения с сохранением герметичности системы, может позволить адаптироваться к рельефу, минимизировать резкие повороты и число колодцев.

Сам по себе стеклопластиковый материал обладает ненулевой гигроскопичностью и влагопоглощением (0,2-0,8%). Замерзание воды в теле материала приводит к накоплению дефектов и разрастанию микротрещин (трещина длиной 1 мм снижает прочность в 100 раз). Этого недостатка можно избежать используя специальный защитный слой внутренних и наружных поверхностей стенки трубы. Однако, этот недостаток менее существенен для трубопроводов канализации, укладываемых на достаточных глубинах, а также подогреваемых сточной водой.

При изготовлении стеклопластиковых труб, даже при соблюдении всех требований технологического процесса, степень полимеризации различных связующих составляет от 94 до 98% (обычно до 80%). Неполная полимеризация повышает упругие свойства изделия, но ухудшает химическую стойкость.

2.1.9. Полимербетонные трубы

Общее техническое описание

Полимербетон – двухкомпонентный композит связующего полимера (высокорективной смолы и минеральных наполнителей). служит для производства различных изделий для сетей водоотведения: труб, облицовочных элементов, колодцев.

Трубы выпускают внутренним диаметром 700-2600 мм и обладают следующими свойствами:

- химическая стойкость – в диапазоне pH 1-12,
- водонепроницаемость – 2,4 бар,
- водопоглощение 0,05-0,1% (в несколько раз ниже, чем у гранита),
- морозостойкость - 300 циклов (3-10 раз выше, чем у гранита),
- истираемость 0,02-0,03 г/см³ (в несколько раз ниже, чем у гранита).

Технические и экономические преимущества

Не подвержены газовой коррозии. Надежно воспринимают напряжения при сжатии и изгибе. Устойчивы к агрессивным средам. Имеют нулевое водопоглощение и отсутствие газовой диффузии.

Срок службы – не менее 100 лет

Применимость

Всюду в самотечных системах. Гладкая поверхность и прочность также позволяют использовать при микротоннелировании в качестве обсадных труб. Поверхность полимербетонных труб очень гладкая, поэтому поверхностное трение во время продавливания крайне незначительно. Восприятие высоких нагрузок в сочетании с гладкой внешней поверхностью труб дают возможность выполнять микротоннелирование на большие расстояния без дополнительных разрывов.

Довольно массивные изделия - обязательное использование подъемной техники

2.2. Колодцы на сетях водоотведения

Колодцы используются как для обеспечения работы сети, так и целей ее контроля и эксплуатации. При использовании колодцев на напорных водоводах водоотведения в них устанавливаются задвижки, расходомеры и другое оборудование.

В связи с возможностью взаимозаменяемости отдельно рассматриваются собственно колодцы и люки для них.

2.2.1. Материалы для изготовления колодцев

Сравнение колодцев на сетях водоотведения по материалам

Тип колодцев по материалу	Описание	Преимущества	Недостатки	Оценка
2.2.1.1. Кирпичные	Выкладывается из кирпича на раствор	Максимальная простота. Универсальность форм. Высокая коррозионная стойкость.	Низкая технологичность, особенно в условиях необходимости водопонижения. Высокие трудозатраты и стоимость	Б1
2.2.1.2. Железобетонные	Цельные колодцы, либо позлементно собираемые из плиты основания, колец, плиты перекрытия	Простое традиционное решение. Прочность, высокая жесткость, меньше проблем со всплытием в грунте. Элементы производятся многими заводами ЖБИ	Относительно высокая стоимость. Высокий вес. Низкая герметичность и коррозионная стойкость. Невысокий срок службы. Высокие затраты на ремонты	Б2
2.2.1.3. Пластмассовые	Выполняются из ПЭ, ПП и ПВХ, как правило, круглого сечения	Легкость, герметичность. Высокая комплектность. Невысокая стоимость. Коррозионная устойчивость	Невысокая кольцевая жесткость. Риск всплытия (устраняется благодаря форме изделия). Риск наличия скрытых дефектов при нарушении технологии производства. Необходимость тщательной установки и засыпки. Могут разрушиться при замерзании воды в них	В1
2.2.1.4. Стеклопластиковые	Цельные изделия из композитов на основе стеклонитей и полимерных смол	Коррозионная стойкость. Прочность. Максимальная комплектность, в том числе для различных назначений колодцев. Простота монтажа	Риск всплытия. Риск скрытого заводского брака при изготовлении изделия	В1

		Низкий вес Полная герметичность. Простота дополнительных врезок.		
2.2.1.5.Полимербетонные	Цельные изделия из композитов на основе минеральных наполнителей и полимерных смол	Коррозионная стойкость. Прочность. Максимальная комплектность. Полная герметичность (водонепроницаемы). Меньше риск всплытия	Относительно высокая стоимость. Высокий вес.	B1

Дополнительная информация по современным колодцам.

Способность к всплытию под воздействием грунтовых вод всей конструкции (или отдельных частей) является потенциальным риском для всех колодцев. Для пластиковых колодцев этому препятствует гофрированная наружная поверхность. Она не только обеспечивает необходимую кольцевую жесткость, но и при тщательной обсыпке и утрамбовке материала обратной засыпки вокруг тела колодца препятствует всплытию. При монтаже в тяжелых и водонасыщенных грунтах предусматривается приваривание проушин, с помощью которых пластиковый колодец дополнительно крепится к бетонной балластной плите основания.

Другое решение по предотвращению всплытия - организация герметичной камеры под лотковой частью колодца, которая заполняется бетоном (или другим утяжелителем) для противодействия выталкивающей силе.

Полиэтиленовые колодцы по конструкции разделяются на:

- сборные, состоящие из литой горловины, литой лотковой части и рабочей камеры, изготовленной из полиэтиленовой двухслойной гофрированной трубы;
- сварные, состоящие из рабочей камеры, изготовленной из полиэтиленовой двухслойной гофрированной трубы, и приваренных к ней патрубков

Возможности стеклопластика позволяют изготавливать из него готовые колодцы для канализации для всех необходимых назначений: линейные смотровые, поворотные, узловые, контрольные, промывные, перепадные и специальные колодцы

Стеклопластиковые колодцы изготавливаются в виде следующих элементов:

- собственно колодец с вклеенными патрубками,
- надставка,

- стеклопластиковая крышка или переходник под чугунный люк

Все современные материалы (пластмассы, стеклопластик, полимербетон) не поддаются коррозии и гниению что исключает необходимость профилактических работ по коррозионной защите корпуса, текущих ремонтов и обеспечивает эксплуатационный срок сооружений не менее 50 лет.

Отдельного внимания заслуживают конструкции и материалы для изготовления люков для колодцев, т.к. от них зависят не только затрат на эксплуатацию сетей, но и на ремонт дорог, а также безопасность дорожного движения и жителей.

2.2.2. Люки колодцев

Материал/тип	Описание	Преимущества	Недостатки	Оценка
2.2.2.1.Чугунные	Отливка из серого чугуна. Люк с крышкой монтируется на горловину шахты колодца	Традиционная конструкция	Подвержены расколу при механическом воздействии. Уровень люка часто не соответствует асфальту из-за проседания полотна, также происходит разрушение асфальта и конструкций колодца. Крышки подвержены кражам, что создает опасные ситуации. Тяжелые (вес одной только крышки составляет около 40-45 кг). Корродируют под действием влаги и испарения. Зимой с трудом поддаются открытию. Могут быть только одного цвета в объеме.	A2/A3
2.2.2.2.Железобетонные	Производятся из тяжелых марок бетона, армированы арматурной сталью класса А. Люк с крышкой монтируется на горловину шахты колодца	Высокая прочность, морозоустойчивость и водонепроницаемость, долговечность	Подвержены выкрашиванию при механическом воздействии. Аналогичные проблемы на дорогах как у обычных чугунных люков.	A2/A3
2.2.2.3.Плавающие из ВЧШГ	Изделие из ВЧШГ. Корпус люка устанавливается непосредственно на покрытие и может	Долговечные. Не подвержены разрушениям при ударных нагрузках. Верхняя часть обечайки люка перемещается	Более высокая стоимость. Проблема краж крышек может быть решена с использованием запирающихся крышек	B1

		вместе с дорожным покрытием, не создавая проблем для дорожного движения и не подвергаясь ударам		
2.2.2.4.Пластиковые (люки целиком или только крышки)	Отливка из ПЭ или ПП	Легкие, не интересуют сборщиков металлолома. Взаимозаменяемые: могут быть использованы в корпусах, изготовленных из металла или чугуна	Не выдерживают значительных нагрузок, могут устанавливаться только вне проезжих зон. Используются только как легкие люки	В1
2.2.2.5.Полимерпесчаные (полимербетонные)	Комозитное изделие из полимерной смолы, песка и других минеральных наполнителей	В два раза легче чугунного аналога, что облегчает доступ. Не интересуют сборщиков металлолома. Могут быть изготовлены разного цвета (в объеме), что позволяет различать назначения колодцев, а также отвечает современным градостр. требованиям	Относительно новое изделие	В1

Дополнительная информация по плавающим люкам

Разрушение асфальта вокруг смотрового колодца – одна из главных проблем дорожных служб. Кроме того, уровень люка, как правило, не соответствует уровню дорожного покрытия. Возникает нагрузка на шахту колодца и ее постепенное разрушение в верхней части, требующего ремонта люков. Это существенно увеличивает эксплуатационные расходы как предприятию ВКХ, так и дорожному хозяйству.

Главным фактором разрушения является изменение уровня асфальтового покрытия при том, что уровень обычного люка не меняется. Ремонт отрезка дороги является дорогим и трудоемким мероприятием, необходимо:

1. Перекрывать движение автомобилей
2. Производить демонтаж люка и обечайки
3. Выравнивать высоту бетонного колодца
4. Устанавливать люк на новом уровне

При использовании плавающих люков на бетонное основание смотрового колодца устанавливается нижняя часть обечайки плавающего люка, а верхняя, свободная часть устанавливается на дорожное полотно. За счет того, что люк опирается не на бетонный колодец (как обычные люки), а на конструкцию дороги, не допускается разрушение бетонных колец смотрового колодца, не происходит выпирание люка при просадках асфальтового покрытия.

При проседании дорожного покрытия уровень плавающего люка будет «плавать-опускаться» вместе с уровнем дорожного полотна. При укладке нового слоя асфальта вместо трудоемких работ для выравнивания уровня плавающего люка с асфальтом необходимо «приподнять» верхнюю, свободную часть люка с помощью ремонтной вставки.

Люки чугунные плавающие (с ремонтной вставкой) конструктивно состоит из трех частей:

- корпус (нижняя часть);
- ремонтная вставка;
- крышка (верхняя часть)

Монтаж плавающего канализационного люка проще по сравнению со стандартным, а срок службы значительно дольше.

Чугунные люки плавающие выпускаются двух типов: тяжелые Т(С250) и магистральные ТМ(Д400). Это связано с тем, что дорожное покрытие на автомобильных дорогах ремонтируют гораздо чаще и применение данного типа люков позволит упростить эту задачу.

Новый вид плавающего люка состоит из двух (а не трех) деталей: крышки и корпуса, 55 кг меньше обычного плавающего, при этом оба люка выдерживают одинаковую нагрузку в 25 тонн (по классу тяжелые). Также эта модель значительно дешевле обычного плавающего люка.

2.3. Сооружения напорной перекачки

2.3.1. Канализационные насосные станции

Канализационные насосные станции (КНС) работают как правило совместно с самотечными сетями. Их функции различаются в зависимости от типа:

локальные - предназначены для транспортировки сточных вод от отдельно стоящих зданий, административно-хозяйственных помещений, домов индивидуальной застройки и т.п. в самотечные коллекторы (если в такой подкачке есть необходимость;

районные – осуществляют транспортировку сточных вод от жилых микрорайонов из лежащих ниже коллекторов в лежащие выше (позволяет избежать большого заглубления самотечных коллекторов, если рельеф местности к этому приводит);

главные – перекачивают сточную жидкость, отводимую со всей территории города на очистные сооружения (если рельеф местности не позволяет отводить эти воды самотеком).

Ни один из типов КНС не является обязательным, в системе водоотведения могут использоваться как все три типа, так и любые из них по отдельности, либо ни одного. Необходимость или целесообразность использования КНС определяется рельефом местности и топографией сети и очистных сооружений. Использование КНС позволяет уменьшить диаметры трубопроводов и сократить стоимость их прокладки. Однако, негативной стороной этого является увеличение эксплуатационных затрат и снижение надежности (аварийность напорных систем выше). В крупных населенных пунктах в настоящее время, в условиях развитой техники бестраншейных методов прокладки трубопроводов, безнапорная самотечная транспортировка по коллекторам и каналам глубокого заложения с последующей перекачкой главной КНС непосредственно на очистные сооружения предпочтительна системе с многими районными КНС и несколькими последовательными перекачками.

По напряжению, подаваемому от источников энергоснабжения, КНС подразделяются на 2 типа:

- низковольтные - до 1000 В (0,4 кВ),
- высоковольтные - свыше 1000 В (6 ÷ 10 кВ).

Благодаря широкой номенклатуре погружных насосов, возможны несколько типов КНС по оборудованию и компоновке

Тип КНС	Описание	Преимущества	Недостатки
2.3.1.1.Традиционная КНС	«Сухое» и «мокрое» отделения, с насосами сухой установки в «сухом» отделении	Недорогие насосы, удобно эксплуатировать	Низкая надежность: при разрыве напорных трубопроводов существенный риск

			затопления «сухого отделения». Значительный подземный объем, также надземная постройка. Необходимо установить не только рабочие, но все резервные насосы
2.3.1.2. КНС без «сухого» отделения	Погружные насосы установлены непосредственно в резервуаре КНС	Сокращение подземного строительного объема, либо увеличение объема резервуара (при необходимости). Один из резервных насосов может храниться на складе. Максимальная надежность – станция не может быть выведена из строя при затоплении. При минимизации капитальных вложений возможно отказаться от наземной постройки, разместив электрооборудование в контейнере, либо другом здании. Расходы снижаются до 40-50%.	Техническое обслуживание насосов сложнее, требует подъема из резервуара со сточной водой, обмыва и т.п. Ухудшение условий труда. Выше затраты на погружные насосы. Мощность погружных насосов большинства производителей ограничена 500-600 кВт.
2.3.1.3. КНС с сухим отделением и погружными насосами	«Сухое» и «мокрое» отделения, с насосами в погружном исполнении с установкой их в «сухом» отделении	Улучшение условий труда персонала при сохранении уровня надежности	Наиболее затратный вариант: стоимость сооружения максимальная, как по традиционной схеме, а насосы дороже. Необходима установка в машинном зале всех резервных насосов

Основные направления повышения технологической и экономической эффективности КНС при реконструкции:

- оптимальный подбор насосных агрегатов для условий работы, использование агрегатов с более высокими значениями КПД;
- установка оборудования «плавного пуска» и регулирования работы насосных агрегатов (частотные преобразователи);
- изменение технологической схемы работы насосной станции с полной перепланировкой подземной части (вся подземная часть, включая машинное отделение) переделывается в приёмный резервуара, с установкой погружных насосов;

- устройство дополнительного регулирующего резервуара.

- установлены резервные источники питания (дизель-генераторы);
- установлены устройства быстродействующего автоматического ввода резерва (БАВР), что обеспечивает непрерывное снабжение потребителя посредством автоматического переключения на резервный фидер;
- ведется работа по замене вертикальных насосов на погружные в варианте "сухой" установки с целью обеспечения возможности работы КНС в условиях полного или частичного затопления;
- проводится установка современной запорно-регулирующей арматуры, предотвращающей гидроудары.

Использование комплектных КНС

Традиционные канализационные насосные станции из монолитного или сборного железобетона, имеют ряд конструктивных недостатков, устранение которых резко повышает их стоимость и эксплуатационные затраты:

- высокая себестоимость строительно-монтажных работ, сопровождаемая большим числом специальных мероприятий по обеспечению строительного цикла;
- необходимость в специальных дополнительных решениях по гидроизоляции, выполнение которых резко увеличивает стоимость сооружения и требует постоянного мониторинга состояния гидроизоляции;
- в случае неравномерных просадок сооружения или при внешних воздействиях, имеется риск возникновения трещин в конструкции, нарушении гидроизоляции и герметичности всей конструкции, что ведёт к дополнительным затратам у эксплуатирующей организации.

Канализационные насосные станции, выполненные из железобетона, находятся в чрезвычайно агрессивных для них условиях эксплуатации: содержание H_2S в воздухе часто превышает 50 мг/м³. Без специальной защиты скорость биологической сероводородной/сернокислотной коррозии достигает 25-40 мм/год и более.

С учетом этих недостатков, важное направление сокращения затрат и сроков нового строительства, а также реконструкции КНС малой и средней производительности – использование комплектных КНС из современных коррозионно-стойких материалов. В большинстве случаев при производительности станции до 1500 м³/ч это экономически выгоднее. КНС из железобетона экономически оправданы при строительстве насосных станций диаметром более 6,0 м и глубиной больше 12,0 м.

Комплектные станции могут поставляться в различных вариантах, аналогичных вышеописанным для КНС традиционного исполнения:

А. С «мокрым» колодцем.

Наиболее простая и распространенная модель КНС, в которой погружные насосы могут опускаться или подниматься по направляющим трубам и крепятся с помощью ответной части на стационарно смонтированных напорных патрубках. Станция оснащается одним или несколькими насосными агрегатами, запорно-регулирующей арматурой, рабочей площадкой обслуживания и жестко закреплённой лестницей по всей длине резервуара. Наземный пульт управления с наружным шкафом управления насосами может располагаться как непосредственно над насосной станцией на металлической стойке, так и в отдалении от неё в закрытом помещении.

Б. С отдельной приёмной камерой и перекрытием

КНС этого типа сочетает преимущества погружного исполнения насосов с удобством обслуживания насосов «сухой установки». В данной модели приёмный резервуар выполнен отдельно от помещения для обслуживания. Погружные насосы «сухой установки» герметичны и способны выдерживать возможные протечки или паводки. Запорно-регулирующая арматура и пульт управления расположены в сухом помещении и легкодоступны для осмотра. Поскольку всё оборудование данного типа КНС находится под землёй, эта модель является наиболее подходящей для установки в местах, где невозможна установка наземных сооружений. В случае оснащения станции бетонным кожухом с люком возможен её монтаж под автомобильной дорогой.

В. Сухого исполнения с насосами под заливом

КНС этого типа выполняется в виде двух резервуаров, соединённых между собой всасывающими трубопроводами с эластичными соединительными элементами, предотвращающими напряжения от деформации и вибрации. Достоинством такой установки является простота обслуживания насосного оборудования и запорно-регулирующей арматуры. Сухой резервуар, в котором установлены насосы под залив, может быть разделён промежуточной перегородкой, что при строительстве станции позволяет обойтись без наземных сооружений. Данная модель хорошо приспособлена для объектов капитального ремонта, где уже имеется приёмный колодец.

Г. Сухого исполнения с самовсасывающими насосами

КНС этого типа обладая преимуществами станции сухого исполнения, может обеспечивать более высокую надёжность, т.к. как при невысоких глубинах заложения самовсасывающие насосы могут размещаться на поверхности земли в отдельном павильоне. Данный тип оптимален для перекачивания сточных вод с большим содержанием промстоков, выделяющих токсичные вещества.

Возможности комплектных КНС не исчерпываются габаритными ограничениями по размеру резервуара. Возможно использование двух станций, соединяющихся друг с другом переливной трубе, расположенной между емкостями, с

отдельными независимыми задвижками у каждой емкости. В этом случае половина мощности КНС может быть выведена на ремонтные мероприятия.

КНС с горизонтальным корпусом устанавливается на объектах с неравномерным поступлением стоков в КНС или на очистные сооружения. Резервуар станции аккумулирует максимальные притоки и КНС перекачивает накопленный объем в часы наименьшего потребления электричества (см. выше резервуарах – вариант размещения на притоке).

Исполнение комплектных КНС

Корпус КНС в общей стоимости станции составляет 30-60% в зависимости от размеров, используемых материалов и предполагаемого к монтажу оборудования.

Канализационная насосная станция должна соответствовать определенным технологическим требованиям:

- механическая прочность: корпус КНС подвергается воздействию окружающего грунта в связи с его сезонными подвижками, проседанию и т.д. канализационная насосная станция должна выдерживать все естественные механические нагрузки сохраняя собственную форму, герметичность и положение по вертикали в грунте;

- устойчивость материала корпуса канализационной насосной станции к химическому и биологическому воздействию в агрессивной среде сточных вод;

- устойчивость материала корпуса КНС к старению и саморазрушению: это имеет важное значение для пластиковых КНС;

- устойчивость материала корпуса к коррозии: для металлических КНС.

Материал из которого изготавливают корпус:

- наиболее дешевый материал – металл. Металл на 10-15% дешевле стеклопластика. Однако с учетом срока службы и затрат на антикоррозийную обработку за весь срок эксплуатации металл может оказаться на 30% дороже стеклопластика и пластиковых аналогов;

- пластик (ПНД, полипропилен) в среднем на 10% дешевле стеклопластика;

- тем не менее, стеклопластик - один из лидирующих материалов для производства корпуса КНС. Удорожание на 10-15% от аналогов в данном случае оправдано опытом производства и эксплуатации.

Композитный стеклопластик, полимерные материалы и сталь (нержавеющая), применяемые при изготовлении КНС, не поддаются коррозии и гниению что исключает необходимость профилактических работ

по коррозионной защите корпуса и обеспечивает эксплуатационный срок сооружений не менее 50 лет.

Трубопроводная обвязка выполняется из нержавеющей стали или полимерных материалов, лестницы и ограждения – из нержавеющей стали или алюминия.

Для предотвращения деформации и всплытия корпуса применяют:

- сферическое днище (не деформируется при повышении уровня грунтовых вод),
- расширение в нижней части резервуара, препятствующее всплытию.

Также может быть использована тяжелая бетонная плита основания.

Максимальная глубина резервуара составляет около 12 м.

Канализационные насосы обычно не входят в стандартный комплект резервуара КНС в связи с разнообразием возможных вариантов для местных условий. Насосы могут составлять 30-70% стоимости комплектной КНС в зависимости от требуемых параметров, типа насоса и марки производителя

Шкаф управления составляет обычно остальные 10-25% стоимости КНС, что зависит от производителя автоматики и электроники, требуемых параметров защиты насоса, мощности насоса, уровня мониторинга и управления КНС и наличия системы диспетчеризации сетей

2.3.2. Насосы для сточных вод

Канализационные (фекальные) насосы служат для перекачки сточных вод, канализационной жидкости и шлама.

Любые насосы подразделяются на динамические и объемные. Величина мощности насоса находится в прямой зависимости от величины напора и подачи и обратно пропорциональна его коэффициенту полезного действия (КПД). Разброс КПД насосных агрегатов велик (от 20 до 98%). Столь существенный разброс определяется разным характером взаимодействия рабочего органа с жидкостью. Общая закономерность: динамические насосы значительно уступают по этому параметру насосам объемного типа. Значимость этого параметра для больших насосов велика.

Основной разновидностью динамических насосов являются центробежные насосы - в них рабочим органом насоса является рабочее колесо, при прохождении через которое увеличиваются кинетическая энергия жидкости (увеличивается скорость) и потенциальная энергия давления.

Преимущества центробежных насосов по сравнению с насосами других типов обеспечили им почти повсеместное применение в сфере перекачки сточных вод:

- пологие характеристики зависимостей напора и КПД от расхода, в результате чего высокие значения напоров и высокие значения КПД сохраняются в широком диапазоне подач;

- большая частота вращения, что позволяет в качестве привода для насосов использовать электродвигатели без редукторов;

- плавное изменение мощности, что позволяет выполнить пуск насоса при закрытой выходной задвижке (или при закрытом обратном клапане);

устойчивость в работе насосов и расширение технических показателей при последовательном и параллельном соединении насосов при работе на один трубопровод;

- возможность расположения насоса выше уровня жидкости в расходной емкости;

- возможность существенного изменения показателей насосов за счет различных факторов: обточки диаметра рабочего колеса, изменения частоты вращения, изменения частоты электроснабжения и др.;

- невысокая стоимость насоса из-за использования в конструкции насоса сравнительно дешевых конструкционных материалов: сталь, чугун, полимерные материалы;

- простота технического обслуживания и эксплуатации; высокая надежность в работе;

- возможность подачи больших расходов подачи жидкости;
- равномерный с малыми пульсациями давления поток жидкости;
- возможность успешной работы на загрязненных жидкостях.

Но центробежные насосы обладают и рядом недостатков: имеют склонность к кавитации; имеют небольшое значение КПД при малой подаче жидкости и большое значение напора и др.

Для предохранения канализационных насосов от засорения используют решетки, однако они не могут предотвратить попадания в него твердых и волокнистых веществ. В связи с этим в конструкции канализационных насосов используют отличия, не применяемые в водопроводных насосах: минимальное число лопастей, использование (как вариант) открытого колеса, применение иных принципов формирования потока, обеспечение быстрого доступа для прочистки.

В зависимости от условий работы в канализационных насосах используют открытые или закрытые рабочие колеса, в которых могут быть использованы одна или две лопасти. Чем более насос приспособлен для перекачки твердых и волокнистых включений, тем ниже его КПД, а также напор.

Рабочее колесо открытого типа имеет больший свободный проход, чем рабочее колесо закрытого типа однако рабочее колесо закрытого типа имеет больший КПД и напор.

Насосы с одноканальным рабочим колесом обладают уникальной особенностью не засоряться при перекачке жидкостей с твердыми и волокнистыми включениями, обеспечивают широкий и свободный проход жидкости.

Насосы с двухканальными рабочими колесами отличаются от одноканальных более высоким КПД при одинаковых условиях работы, и поэтому являются более экономичными. Однако величина свободного прохода в данном случае ниже.

Существенными отличиями обладают вихревые рабочие колеса. Они, в отличие от традиционных колес, не передают жидкость от всасывающего патрубка к напорному, а передают энергию за счет вращения жидкости, находящейся в корпусе насоса. Создаваемый вихрь передает энергию жидкости без необходимости ее проведения по узким каналам, задаваемым лопаткой рабочего колеса, а также обеспечивает прохождение твердых частиц во взвешенном состоянии с присутствием удлиненных волокнистых тел, без опасности закупорки и засорения рабочего колеса. Такая система обеспечивает лёгкий и даже полностью свободный проход жидкости. Как было отмечено выше, КПД незасоряемых конструкций существенно ниже. Вихревые насосы обладают максимальной незасоряемостью и минимальным КПД.

Отдельной разновидностью канализационных насосов является использование рабочих колес с режущим механизмом. Это позволяет

измельчать различные отбросы, которые транспортируются со сточными водами – куски ткани, шнуры и т. д. Режущий механизм устанавливается на входе насоса и включает неподвижную режущую пластину, закрепленную на корпусе насоса и подвижный нож, который вращается на одной оси с рабочим колесом. Такое исполнение насоса позволяет измельчать различные включения до поступления их в насос и обеспечивает возможность подачи сточной воды с измельченными примесями по напорным трубопроводам небольших диаметров. При выборе такого типа насоса нежелательно наличие в воде песка и других абразивных примесей

При среднем содержании волокон, характерном в большинстве случаев для коммунальных сточных вод, оптимальны закрытые однолопастные и двухканальные рабочие колеса вследствие оптимального сочетания эксплуатационной надежности и экономичности. При экстремальной загрязненности промышленными отходами или бытовым мусором оптимальны свободновихревые рабочие колеса, несмотря на неудовлетворительную эффективность использования энергии.

Применимость различных типов рабочих колес насосов

Тип рабочего колеса	Характеристика перекачиваемой среды				
	Газосодержание, %	Содержание волокон	Размер твердых частиц	Сухой остаток, %	Содержание песка, г/л
С режущим устройством	-	Среднее	-	2	-
Свободновихревое	8	Высокое	Большой	6	6-10
Закрытое однолопастное	2	Среднее	Большой	6	4
Открытое однолопастное	4	Высокое	Большой	6	6
Закрытое двухканальное	-	Низкое	Средний	4	4
Открытое двухканальное	4	Высокое	Средний	6	6

Разработки последних лет направлены на создание новых форм рабочих колес (например, колеса SOLID), специально предназначенных для сточных вод. Эти разработки, благодаря особой форме рабочего колеса, сочетает в себе высокую стойкость к засорению, подобно вихревым колесам, с высоким коэффициентом полезного действия, который примерно соответствует показателям закрытых однолопастных рабочих колес.

Наряду с конструкцией проточной части, большое влияние на условия и результаты применения насосов оказывает конструкция корпуса и электромотора. С этой точки зрения разделяют два основных типа насосов:

- сухой установки,
- погружные насосы.

Насосы сухой установки – традиционная конструкция. Их подразделяют на насосы, работающие под заливом и самовсасывающие. Возможности установки последних существенно шире. Основной недостаток насосов сухой установки - риск их залива при нарушениях работы КНС, сопровождающихся (по тем или иным причинам) затоплением машинного зала. Использование самовсасывающих насосов при неглубоком заложении КНС способно устранить этот риск.

Следует отметить, что залив насосов может быть обеспечен не только перекачиваемой водой, но и с помощью специальной системы залива водопроводной (технической) водой.

Погружные фекальные насосы исполнены в одном моноблочном корпусе вместе с электродвигателем. Надёжность уплотнительных элементов погружного фекального насоса полностью изолирует электродвигатель от контакта с перекачиваемой жидкостью, защищают от избыточного тепла и влаги. Наличие таких особенностей, как двойное торцевое уплотнение вала в маслonaполненной камере и маслonaполненный электродвигатель, гарантируют охлаждение насоса даже в случае погружения его в жидкость менее, чем наполовину.

Основными достоинствами погружных насосов является возможность размещения их непосредственно в емкости канализационной насосной станции, что экономит затраты на создание КНС. Для обеспечения эксплуатации в таких условиях погружные насосы рассчитаны на редкое техническое обслуживание, а также большую роль шкафов управления с системой полной защиты по различным параметрам. Работа в перекачиваемой жидкости обеспечивает охлаждение за ее счет. Также неактуальна проблема обеспечения залива.

Главный недостаток погружных насосов – сложность обслуживания, связанная с необходимостью извлечения их из сточной жидкости и обмыва. В связи с этим популярно использование погружных насосов для сухой установки (они могут использоваться как погружные, так и для сухой установки). Однако, это скорее вызвано желанием службы эксплуатации облегчить условия труда, нежели оптимизацией затрат.

Канализационные насосы имеют довольно большой разброс в стоимости. Конкуренция производителей на отечественном рынке определяет следующие приоритеты выбора:

- надежность моторной части
- надежность насосной части
- качество используемого металла
- гарантированный срок работы насосного оборудования
- гарантийный срок эксплуатации
- реальная ремонтпригодность оборудования и удобство выполнения обслуживания и ремонта

- наличие разветвленной сети официальных сервисных центров производителя
- наличие склада запчастей в России
- качество поставок запчастей из-за страны производителя
- возможность послегарантийного ремонта и послегарантийная поддержка производителем своего оборудования

Регулирование работы насосов

Любая современная система оперативного регулирования насосной установки представляет собой совокупность аппаратных и программных средств. В принципе существуют три принципиально разных метода оперативного регулирования:

- каскадный (последовательное включение или выключение насосов). При этом степень регулирования установки определяется числом работающих в ней насосов (без учёта резервных насосов);
- изменение числа оборотов рабочего колеса насоса, в результате чего происходит плавное регулирование подачи,
- задвижкой на напорном трубопроводе,
- подачей воздуха во всасывающий патрубок.

Как известно, при изменении оборотов:

- подача насоса изменяется пропорционально числу оборотов,
- напор насоса изменяется пропорционально квадрату числа оборотов,
- мощность насоса изменяется пропорционально частоте вращения в третьей степени.

Таким образом, при уменьшении числа оборотов в 2 раза расход уменьшится на ту же величину, напор – в 4 раза, потребляемая мощность насоса – в 8 раз.

Следует отметить, что, поскольку динамические потери напора в трубопроводах пропорциональны квадрату скорости жидкости, т.е. снижение расхода в два раза приведет к двукратному снижению скорости и четырехкратному снижению потери напора.

Т.е. результаты регулирования числа оборотов рабочего колеса насоса хорошо соответствуют закону работы напорных водоводов, что предопределило широкое распространение этого принципа. При таком методе регулирования не происходит дополнительных потерь энергии.

Важно отметить, что частотное регулирование тем более эффективно, чем выше доля динамической составляющей (потери напора по длине и в местных сопротивлениях) и ниже доля статической составляющей (разница геодезических отметок).

Только каскадный метод, очевидно, даже при значительном количестве рабочих насосов обеспечивает весьма грубое регулирование.

Только частотное регулирование ввиду вышеуказанных зависимостей имеет ограниченный диапазон применения.

Поэтому оба метода, как правило, применяются комбинированно. При этом большая роль отводится АСУ, которая, в частности, назначает оптимальные условия по числу работающих насосов и подаче каждого.

Регулирование задвижкой на напорном трубопроводе в большинстве случаев экономически неэффективно.

Подача воздуха во всасывающий патрубок ускоряет износ рабочего колеса насоса в результате процессов кавитации.

Методы регулирования насосов изменением числа оборотов рабочего колеса:

- на стадии передачи энергии вращения: механические редукторы с регулируемым числом передачи, гидромуфты, электромагнитные муфты, индукторные муфты;
- на стадии формирования механической энергии в электродвигателе: электродвигатели с изменяемым числом оборотов, преобразование частоты электрического тока.

2.3.3. Технологии и оборудование для защиты насосов от мусора, поступающего со сточными водами

Насосы, установленные в КНС, нуждаются в защите от отбросов, содержащегося в сточных водах. Чем меньше отбросов и волокнистых частиц содержит сточная вода на входе в насос, тем реже насосы нуждаются в прочистке. Также могут применены насосы с менее защищенным от засорения рабочим колесом, характеризующиеся более высоким КПД.

Применимы три различных принципа уменьшения количества отбросов на входе в насосы.

- удаление отбросов,
- измельчение отбросов непосредственно в сточных водах,
- недопущение попадания крупных отбросов в насос путем прямой передачи их из всасывающего в напорный трубопровод.

Сравнение методов защиты насосов от отбросов

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
2.3.3.1. Извлечение отбросов из сточных вод	Сточная вода перед входом в резервуар КНС проходит через решетки, установленные в канале. В случае малых расходов вместо решеток применяются сетчатые корзины	Традиционное решение. Надежность части конструкций при попадании со сточной водой особо крупных конструкций	Необходим регулярный вывоз отбросов, либо их измельчение Санитарно-гигиенические проблемы Значительная площадь для установки решеток в приемном резервуаре
2.3.3.2. Измельчение отбросов непосредственно в сточных водах	Сточная вода проходит через измельчитель (решетку-дробилку). Отбросы измельчаются до размеров меньше расстояний между фрезами и проходят с потоком	Не требуется регулярное удаление отбросов: сокращение потребности в обслуживающем персонале насосных станций и расходов на вывоз отходов. Сохранение органических соединений в сточных водах, способствующее процессу их дальнейшей биологической очистки. Компактность оборудования. Универсальность применения для разных типов КНС	Конструкции 20-летней давности отечественного производства обладали низкой надежностью как измельчающих элементов, так и электромеханической части. К современному оборудованию эти проблемы не относятся
2.3.3.3.	Использование системы	Позволяют	

Недопущение попадания крупных отбросов в насос путем прямой передачи их из всасывающего в напорный трубопровод	сепарации крупных отбросов перед насосами с последующим смывом их в напорный трубопровод за счет изменения направления перекачки с помощью клапанов (см. ниже)	использовать насосы со свободным проходом < 80 мм, за счет этого обеспечивается более высокий КПД, а также снижаются эксплуатационные расходы. Гигиенические условия для технического обслуживания и выполнения монтажных работ. Снижение износа, т.к. не происходит перекачивания твердых веществ через гидравлическую часть	
--	--	---	--

Сравнение типов решеток, применяемых на КНС

Тип решеток	Производительность	Глубина подводящих каналов	Тип процеживания и диапазон прозоров
2.3.3.1.1. Реечные (стержневые) решетки:			1D (одномерное)
2.3.3.1.1.1. Грубой очистки с возвратно-поступательным движением граблин	Средняя и большая	Средняя и большая	
2.3.3.1.1.2. Стержневые цепные	Любая	Любая	
2.3.3.1.1.3. Дуговые	Средняя	Малая и средняя	
2.3.3.1.2. Ленточные с крючками, реечного типа и перфорированные	Любая	Любая	Реечные – переходные от 1D к 2D. Перфорированные - 2D (двумерное)

Измельчение во всех конструкциях решеток-дробилок происходит наборными фрезами, выполненными из особо прочных материалов, способных дробить камни, доски и т.п. прочные включения. Различные варианты конструкций измельчителей подразделяются по следующим особенностям:

- использование двух вращающихся навстречу наборов фрез, либо одного вращающегося и одного жестко закрепленного,

- весь расход воды проходит через ножи, либо часть – через два вращающихся фильтрующих барабана, выполненных из кольцевых стержней, отбрасывающих задержанные отбросы к центральной части, где находятся фрезы,

- с исполнением для каналов (канальные), либо на фланцах (ин-лайн),
- с наличием сборника для крупных прочных отбросов (они отбрасываются туда вращением ножа), или без него.

Измельчители могут быть установлены:

- непосредственно на трубопроводе: на выходе из коллектора в приемный резервуар, либо на всасывающих трубопроводах насосов,
- в каналах.

Принцип работы системы сепарации отходов

В системе сепарации твердых отходов поступающие сточные воды попадают в распределительный резервуар а затем текут в соответствующий открытый резервуар для сбора твердых отходов. Здесь твердые вещества задерживаются. Затем предварительно очищенные сточные воды поступают в более крупный общий накопительный резервуар. При заполнении накопительного резервуара уровень воды в резервуаре для сбора твердых отходов также поднимается. Запирающий шар автоматически блокирует приток. Теперь в зависимости от уровня запускается процесс перекачивания. Насос перекачивает сточные воды в обратном направлении. Сточные воды протекают через резервуар для сбора твердых отходов и перекачивают отфильтрованные там твердые вещества в напорный трубопровод. Происходит промывка и очистка всей системы сепарации твердых отходов. Процесс перекачивания завершается также в зависимости от уровня воды. Запирающий шар падает и высвобождает путь для нового процесса наполнения. Во время данного процесса перекачивания сточные воды направляются в другой резервуар для сбора твердых отходов.

2.4. Арматура и запорно-регулирующие устройства для канализационных трубопроводов и каналов

2.4.1. Запорно-регулирующие устройства для самотечных канализационных трубопроводов и каналов

Для самотечных коллекторов и каналов, как в водоотводящей сети, так и на территории очистных сооружений для перекрытия и/или регулирования потока используются затворы.

По эксплуатационному назначению затворы подразделяют на:

- основные (рабочие) затворы — постоянно работают при эксплуатации сооружений и служат для поддержания необходимого уровня и регулирования расхода воды. Эти затворы обеспечивают на сооружениях частичное или полное открытие отверстий, каналов, а также любое маневрирование затвором в условиях текущей воды.

- ремонтные и аварийно-ремонтные щитовые затворы – применяются для временного закрытия отверстий гидротехнических сооружений при проведении ремонта основного затвора или части гидротехнического сооружения (шахта, тоннель, коллектор).

2.4.1.1. Шиберные затворы

Затворы шиберные (шиберы) предназначены для установки в камерах канализационных самотечных сетей, а также в открытых каналах очистных сооружений канализации и водопровода в качестве запорного устройства. Их конструкция не предусматривает возможности фиксации положения шибера (ножа, пластины) и не дает возможности использовать их для регулирования. Они предназначены для редкого использования (перекрытия каналов на ремонт, в случае аварии) и не предусматривают стационарного электропривода.

Шиберные затворы состоят из рамы и запорного элемента (шибера), который перемещается в направляющих рамы перпендикулярно потоку рабочей среды. При закрытии шибер опускается под действием собственного веса и поджимается к уплотняемой поверхности потоком рабочей среды, подъем щита при открытии осуществляется вручную или при помощи вспомогательного подъемного устройства - тельфера, крана и т.п.

Шиберы имеют два типа исполнения:

- без уплотнения. Они имеют симметричный запорный элемент и могут быть расположены произвольно по отношению к направлению потока рабочей среды. Степень герметичности невысокая

- оснащенные резиновым уплотнительным элементом, благодаря чему обеспечивают более высокую степень герметичности. Рабочее положение такого шибера определяется направлением потока рабочей среды: уплотнение щита должно прижиматься потоком к корпусу шибера.

Шиберные (шандорные) затворы, как правило, используются как ремонтные и аварийно-ремонтные

2.4.1.2. Щитовые затворы

По назначению они могут частично или полностью перекрывать поток рабочей жидкости.

Щитовой затвор состоит из следующих частей:

- Металлическая рама предназначена для создания прочности конструкции и движения щита;
- Сам щит, который выполнен из большой стальной пластины и имеет сбоку, внизу или со всех сторон прокладки для герметизации устройства. Щит может быть как прямоугольным, так и иной формы, соответствующей сечению;
- Механизм управления, при помощи которого устройство приходит в движение. В зависимости от назначения затвора его перемещение может производиться электродвигателем или вручную с помощью винтового механизма.

Отличают конструкции для временного перекрытия каналов с помощью грузоподъемной техники – шандорные затворы, имеющими для открытия-закрытия только проушину в верхней части.

По конструкции различают:

2.4.1.2.1. Затворы с вертикальным движением запирающей пластины

2.4.1.2.1.1. Плоские обычной конструкции – с ножевым затвором,

2.4.1.2.1.2. Плоские скользящие (со специальными приспособлениями, облегчающими скольжение по направляющим),

2.4.1.2.1.3. Плоские колесные. Применяются для перекрытия каналов или отверстий большого сечения. Благодаря применению колёс уменьшается подъемное усилие, что позволяет уменьшить стоимость строительства и эксплуатации сооружения.

Конструкцию любого затвора можно выполнить с перепускным устройством (байпас). Байпас предназначен для выравнивания уровней воды с обеих сторон затвора. Подъем затвора осуществляется в безнапорном состоянии, при такой схеме привод подбирается с расчетом только на вес щитового затвора и трения в опорно-ходовых частях.

2.4.1.2.2. Затворы прижимного действия (с прижимным щитом). В этой конструкции запирающий щит движется на некотором расстоянии от рамы, что облегчает нагрузку, т.к. уплотнитель не соприкасается с рамой. После окончания полного закрытия щит прижимается к раме, обеспечивая герметичность.

2.4.1.2.3. Затворы поворотного действия, предназначенные для установки в камерах малой глубины заложения, где затворы обычной конструкции, имеющие тот же условный диаметр проходного сечения, не могут быть размещены из-за большего габарита по высоте.

По назначению для места размещения различают конструкции:

А. Глубинный щитовой затвор

Глубинные щитовые затворы устанавливаются: в камерах канализационных самотечных сетей, шахтах тоннельных канализационных коллекторов, а также в приемных камерах канализационных насосных станций.

Уплотнение глубинных затворов обеспечивается по четырем сторонам (по порогу, вертикальным направляющим и забральной балке). Конструкцию затвора можно выполнить с перепускным устройством (байпас). Байпас предназначен для

выравнивания уровней воды с обеих сторон затвора. При этом подъем затвора осуществляется в безнапорном состоянии.

Нижняя кромка глубинного затвора может быть заглублена от максимального уровня воды перед щитом затвора не более чем на 6 м.

Б. Поверхностные щитовые затворы.

Устанавливаются: в каналах, канализационных насосных станциях, очистных сооружениях, водопроводных станциях.

Основное отличие поверхностного затвора от глубинного – это отсутствие верхнего горизонтального уплотнения, а также отсутствие верхней забральной балки. Уплотнение такого вида затворов обеспечивается по трем сторонам (по порогу и вертикальным направляющим).

2.4.2. Запорно-регулирующие устройства для напорных трубопроводов

2.4.2.1. Задвижки

2.4.2.1.1. Клиновые задвижки

На напорных трубопроводах традиционно устанавливались клиновые задвижки, затвор которых имеет вид плоского клина.

К достоинствам следует отнести:

- конструктивную простоту, что кроме прочего снижает риск поломки;
- небольшую длину, облегчающая монтаж;
- универсальность — задвижки можно использовать в самых разнообразных условиях, возможность подачи среды в любом направлении;
- низкое гидравлическое сопротивление при полностью открытом проходе; отсутствие поворотов потока рабочей среды, что позволяет избежать дополнительной потери давления в трубопроводе, что особенно важно на магистральных.

К недостаткам задвижек следует отнести:

сравнительно небольшой допустимый перепад давления;

невысокая скорость срабатывания. Задвижка не позволяет быстро перекрыть поток, так как для перемещения из одного крайнего положения в другое требуется существенное время;

- небольшая длина арматуры компенсируется ее значительной высотой, что может быть критично в некоторых случаях;

возможность получения гидравлического удара в конце хода; трудности ремонта изношенных уплотнительных поверхностей при эксплуатации.

Самый главный недостаток — сложность и даже невозможность ремонта конструкции на работающем трубопроводе. В сочетании с изнашиваемостью

уплотнительных накладок это является весомым аргументом в пользу других типов запорной арматуры.

Качественная задвижка должна позволять осуществлять 2500 циклов открытия/закрытия (для арматуры с электроприводом, гидроприводом, пневмоприводом) и 250 циклов открытия/закрытия (для арматуры с ручным управлением) без обслуживания.

Таким образом, задвижки используются только в качестве запорной арматуры. При необходимости частого открывания и закрывания (высокая частота циклов) применять их не рекомендуется.

2.4.2.1.2. Шиберные (ножевые) затворы

В этой конструкции перекрытие потока осуществляется одним мощным дисковым или прямоугольным ножом - шибером. Это более простая и дешевая конструкция. Она способна обеспечивать не слишком плотное перекрытие потока только в одном направлении. Ее можно использовать в трубопроводе со строгим направлением потока и при нежестких требованиях к плотности перекрытия. Благодаря наличию острой кромки ножа шиберные затворы могут применяться на высокозагрязненных средах: не только на сточных водах, но и на осадках сточных вод.

Конструкция шиберных затворов позволяет использовать их для регулирования, включая работу в схемах полной автоматизации с регулированием расхода.

2.4.2.1.3. Шланговая арматура

В этом виде арматуры перекрытие (регулирование) сечения осуществляется путем пережатия эластичного патрубка, расположенного внутри корпуса. Основным материалом для производства эластичных патрубков служат разные виды резины.

По способу пережатия различают два типа шланговой арматуры:

2.4.2.1.3.1. Шланговые пережимные клапаны

В них пережатие осуществляется с помощью управляющей среды (жидкость или воздух). Для работы пережимного клапана необходимо развить давление управляющей среды минимум на 2 бара выше, чем давление воды в трубопроводе. При подаче управляющей среды внутрь корпуса пережимного клапана, эластичный патрубок сжимается, тем самым полностью перекрывая поток рабочей среды. При снятии управляющего сигнала, патрубок возвращается в свое изначальное состояние, обеспечивая полный проход рабочей среды без сопротивления. Существенная длина перекрываемой зоны обеспечивает 100% герметичность закрытия даже при попадании крупных твердых предметов.

2.4.2.1.3.2. Шланговый затвор (шланговая задвижка)

В данном устройстве пережимание патрубка осуществляется при помощи одной или двух пластин внутри корпуса шлангового затвора, которые, перемещаясь по направляющим, приводятся в движение различным типом приводов (ручной привод, пневмопривод, электропривод).

При необходимости можно использовать шланговый затвор в качестве регулирующего клапана, так как механический привод дает возможность точной остановки пластин, пережимающих эластичный шланг, в промежуточном положении.

Основные преимущества шланговой арматуры:

- полная герметичность,
- отсутствие сопротивления в положении «открыто».

Из недостатков шланговых задвижек для водоснабжения следует указать:

1. Относительно малое время эксплуатации гибкого патрубка (по причине износа).
2. Необходимость значительного усилия для создания зажима гибкого патрубка.
3. Большие габариты и вес.
4. Для конструкций без принудительного разжимания патрубка существует необходимость иметь в линии регулируемой среды постоянное противодействие не ниже 0,5 кгс / см² - иначе эластичный патрубок не разжимается.

2.4.3 Предохранительная и защитная арматура для напорных канализационных водоводов

2.4.3.1. Обратные клапаны

Для предотвращения обратного движения воды по водоводам к насосам насосных станций применяют обратные клапаны. Их устанавливают между напорным патрубком насоса и задвижкой, что позволяет во время ремонта клапанов отключать их от водоводов.

Обратные клапаны применяют также в качестве отсекающей арматуры для разделения водоводов на отдельные участки как мера, локализирующая гидравлический удар (повышение давления вследствие резкой остановки движения воды при быстром закрытии задвижки или остановке насоса с открытой задвижкой на напорном патрубке и др.);

В напорных трубопроводах водоотведения используются обратные клапаны следующих разновидностей:

- поворотные (откидные). В них под действием движущейся воды тарелка поворачивается вместе с шарнирным рычагом относительно оси, и вода проходит через клапан. При движении воды в обратном направлении тарелка опускается вначале под действием собственного веса, а затем под давлением воды, и клапан закрывается;

- шаровые. В них закрытие происходит благодаря энергии обратного потока, прижимающего самоочищающийся шар с резиновым покрытием шар к его посадочному месту. При обычном направлении потока шар отжимается им в сторону, что обеспечивает воде полный проход. Такой клапан больше подходит для сточных вод, вязких и шламовых жидкостей. Бывают с плавающим шаром и с тонущим шаром;

Наиболее распространенные – откидные однодисковые обратные клапаны выпускаются двух модификаций:

- с верхней подвеской тарели
- с эксцентричной подвеской тарели.

Обратные клапаны с эксцентричной подвеской тарели, выпускаемые для трубопроводов диаметром до 1200 мм, по своим габаритам меньше клапанов с верхней подвеской и практически не выходят за пределы наружного диаметра трубопровода; длина их не больше диаметра, поэтому они легче и дешевле клапанов с верхней подвеской. Однако обратные клапаны с эксцентричной подвеской характеризуются большими потерями напора по сравнению с клапанами с верхней подвеской, поэтому экономия электроэнергии при применении клапанов с верхней подвеской может оказаться более существенной, чем экономия от снижения металлоемкости при применении клапанов с эксцентричной подвеской.

Для уменьшения величины гидравлического удара в напорном трубопроводе период закрытия клапана может быть увеличен путем оснащения оси диска клапана противовесом или гидравлическим тормозом.

Обратные многодисковые поворотные клапаны изготавливают для трубопроводов диаметром свыше 1000-1200 мм. Они имеют по несколько тарелок. Благодаря меньшему весу каждой тарелки и одновременному их закрытию сила общего удара при обратном движении воды значительно меньше, чем у однодискового клапана.

2.4.3.2. Гасители гидравлических ударов

Гидроудар – это резкое изменение давления в трубопроводе в результате быстрого изменения скорости.

Быстрая остановка потока, который движется с высокой скоростью, может создать опасные скачки давления, которые разрушительно действуют на трубопроводы, фитинги, корпуса насосов и т.д. Если давление падает ниже атмосферного, это может привести к повреждению трубопроводов из-за высокой кавитации или к "схлопыванию" труб.

Чаще всего гидравлические удары возникают при внезапной остановке или при прямом пуске насоса, то есть при мгновенном изменении давления в напорных коммуникациях.

Возникновение гидравлического удара при пуске насосных агрегатов может возникнуть:

- при несоблюдении оперативным персоналом регламента обслуживания НС;
- при неисправности системы автоматизированного управления НС;
- при наличии ошибок в проекте НС.

Значительно больше вероятность возникновения гидравлических ударов при внезапной остановке насосных агрегатов или агрегата.

Чаще всего он возникает в результате аварийных ситуаций в системе энергоснабжения НС, а также неисправности самого насосного агрегата (короткое замыкание в электродвигателе или питающем кабеле и т.д.). Вполне вероятно отключение преобразователей РЭП из-за посадок напряжения в системе электроснабжения.

Для предотвращения гидроударов используют, в частности, следующие виды арматуры:

- предохранительные сбросные клапаны для воды;
- воздушных «котлов».

Предохранительный сбросной клапан для воды устанавливается на отводном отрезке центрального трубопровода. Когда насос останавливается, он сразу же открывается и сбрасывает высокое давление от обратной волны в дренажный трубопровод. После возвращения давления на исходный (до ударный) уровень происходит медленное закрытие. Либо могут быть последовательные циклы открытия-закрытия

Предохранительные сбросные клапаны разделяют на две группы: 1) пружинные предохранительные клапаны и диафрагмы, применяемые при гидравлических ударах, начинающихся с повышения давления; 2) гасители удара, применяемые при гидравлических ударах, начинающихся с понижения давления. Клапаны первой группы устанавливают в любой точке водопроводной сети и водоводов, а также на насосных станциях. Клапаны второй группы (гасители удара) устанавливают лишь на насосных станциях.

Гашение гидравлических ударов с помощью воздушных котлов, устанавливаемых на станциях сразу же за обратными клапанами, происходит за счет того, что воздух, имеющийся в котле, при понижении давления расширяется и выдавливает воду из котла в водовод, а при подъеме давления вода входит в котел, сжимая имеющийся в нем воздух. В результате колебания давления смягчаются. Недостатком их является громоздкость и необходимость тщательно следить за наличием воздуха в котле.

Однако, основным направлением борьбы с последствиями гидроударов следует считать предотвращение их возникновения, прежде всего путем повышения надежности электроснабжения. Рекомендуется, в частности, следующий комплекс мер:

1. Повышение надёжности внешнего энергоснабжения НС путём создания подлинно независимых источников энергоснабжения (такowymi не являются разные секции одной подстанции, разные линии на одной ЛЭП и расположенные близко друг к другу кабельные линии !)

2. Создание комбинированных схем электроснабжения ответственных НС от централизованных систем электроснабжения и автономных источников питания (дизельных, газотурбинных и газопоршневых электростанций).

3. Применение регулируемого электропривода (РЭП) в системах автоматического управления насосными станциями (САУ НС) не только как инструмента энергосбережения, но и как средства предотвращения гидравлических ударов. Если экономия энергии от применения РЭП не окупает его использования в разумные сроки, то для предотвращения гидравлического удара (если в этом есть необходимость) целесообразно использовать устройства плавного пуска (УПП).

4. Использование быстродействующих устройств автоматического включения резерва (БАВР) в распределительных устройствах 6÷10 кВ крупных КНС.

5. Напорные водоводы от НС второго подъема, имеющие с сложный профиль, где вероятен разрыв сплошного потока воды, кроме возможности сброса воды на насосной станции, должны оснащаться в промежуточных точках устройствами для впуска и выпуска воздуха (вантузов, клапанов срыва вакуума и т.п.).

6. Для устранения возникновения гидравлических ударов при плановом заполнении трубопроводов и при сжатии воздуха в аварийных ситуациях следует устанавливать арматуру, обеспечивающую ограничение расхода воздуха при его выпуске.

Выбор и разработка технических решений из числа выше названных для конкретных НС и водоводов должны приниматься на основании анализа режима их работы с учётом местных условий.

2.4.3.3. Воздушные клапаны

В возвышенных точках водоводов и водопроводной сети может скапливаться воздух (оставшийся в трубопроводе в период его заполнения, попавший с водой из источника, выделившийся из воды и др.). Наличие воздуха в трубопроводах уменьшает их пропускную способность и может быть причиной возникновения гидравлических ударов (соударение разорвавшихся частей потока в результате накопления воздуха).

В некоторых случаях возникает необходимость впуска воздуха в трубопроводы.

Вантузы или воздушные клапаны применяют и устанавливают в наивысших точках водопровода для выпуска воздуха в автоматическом режиме, равно как и для его впуска при наполнении либо опорожнении трубопровода.

Различают кинетические и автоматические воздушные клапаны.

Кинетические клапаны предназначены для выпуска большого объема воздуха из пустого трубопровода при заполнении его водой или же для впуска воздуха при опорожнении трубопровода. Когда водовод заполнен водой кинетический клапан полностью герметично закрыт. Если водовод осушается или осушен клапан полностью открыт. Основное его отличие – это работа при низком давлении в водоводе и с большим объемом воздуха ввиду большого проходного сечения, обычно равного входному. Клапан остается открытым даже при очень высокой скорости воздушного потока (А). Закрытие происходит, когда жидкость достигает поплавка.

Автоматические воздушные клапаны предназначены для выпуска небольшого количества воздуха при высоком рабочем давлении. Обычно он стравливает тот воздух, который не может выпустить кинетический клапан при заполненном водоводе (так как он герметично закрыт). Основное его отличие – это работа при высоком давлении с малыми объемами растворенного в воде или скопившегося воздуха ввиду маленького проходного сечения по сравнению со входным. Собравшийся воздух вытесняет воду из рабочей камеры, уменьшается плавучесть нижней части поплавка. Нижняя часть поплавка опускается, позволяя сброс воздуха через небольшое отверстие в верхней его части. При поднятии жидкости, нижняя часть поплавка поднимается и перекрывает отверстие. Автоматические воздушные клапаны устанавливаются только в вертикальном положении, в верхних точках трубопроводной системы и воздухоотборников, а также после редукторов давления (регуляторов давления).

Могут применяться также комбинированные клапаны, совмещающие обе необходимые функции.

2.5. Специальные сооружения на сетях водоотведения

2.5.1. Резервуары на сетях водоотведения

По технологическому назначению резервуары на сетях водоотведения разделяются на :

- усреднители концентрации. Такие резервуары работают в заполненном состоянии, их функция заключается только в предотвращении пиковых увеличений концентрации. В коммунальном водоотведении такая цель неактуальна;

Типы резервуаров:

- на самотечной сети. Применяются, как правило, в ливневых системах, для накопления первой (наиболее загрязненной) порции осадков и сбросом последующего объема в водный объект. Накопленный объем потом перекачивается на очистные сооружения. Преимущества данного варианта: минимальные энергозатраты (сток перекачивается один раз и в оптимальных условиях), а также полная независимость от наличия электроснабжения (т.е. оптимален как аварийный). Недостаток – резервуар приходится строить ниже отметки лотка коллектора, т.е. возрастают капитальные вложения. Однако в условиях современной городской застройки этот недостаток оборачивается преимуществом, т.к. данная особенность позволяет не задействовать надземное пространство, т.е. резервуар может быть построен под городской площадью, дорогами и т.п. Этот тип резервуаров получил распространение за рубежом;

- с подкачкой. Данный тип резервуаров получил распространение в России с 90-х годов прошлого века, будучи разработанным в Мосводоканале. Такие резервуары (так называемые аварийно-регулирующие резервуары – АРР) располагаются выше уровня приемного резервуара КНС, непосредственно рядом с ней. В период максимальных часовых расходов сточные воды закачиваются в резервуар с небольшим требуемым напором. Это позволяет снижать в этот период расход по основным водоводам, существенно сокращая потери напора и энергозатраты. В часы минимального притока объем резервуара опорожняется в подводящий канал и перекачивается по напорным трубопроводам. Таким образом, наряду с экономией электроэнергии на основной перекачке очевиден и ее дополнительный расход. Соотношение этих величин зависит не только от высотных отметок КНС и точки перекачки, скоростей в напорных трубопроводах, но и от того, какими насосами осуществляется перекачка в КНС. При использовании штатных насосов очевидна неизбежна их работа в точках, далеких от оптимальных, при невысоких КПД. Энергетически более выгодна перекачка специальными насосами, с низким напором, однако это требует дублирования насосов в КНС. Серьезным недостатком резервуаров надземного типа является потребность в значительной площади для его размещения. Конструкция сооружения усложняется, а стоимость увеличивается за счет необходимости обеспечивать полное опорожнение резервуара, а также смыв поверхности дна, что важно для предотвращения распространения неприятных запахов. Использование АРР как аварийного сооружения ограничено выходом из строя

напорных резервуаров, либо части насосов, в условиях аварийного отключения энергоснабжения он может помочь только при наличии на КНС дизель-генератора. В настоящее время уровень использования АРР в системе московской канализации невысок, регулярная эксплуатация осуществляется только там, где необходимо регулировать расход, поступающий на очистные сооружения одного из районов.

Тип	Описание	Преимущества	Недостатки
2.5.1.1 Резервуар «на притоке»	Резервуар располагается с возможностью самотечного заполнения (через перелив) сточной водой при повышении ее уровня в трубопроводе (канале). Накопительный резервуар используется для усреднения расхода сточных вод и в периоды минимального притока срабатывается (опорожняется)	Заполнение резервуара происходит самопроизвольно при превышении заданного расхода (уровня в канале, камере). Надземная поверхность может быть использована для нужд города	Большой объем СМР, т.к. резервуар располагается на уровне ниже лотка самотечного канала.
2.5.1.2. Резервуар «на напоре»	Резервуар располагается при КНС близко к отметке земли, на оптимальной для строительства отметке. В часы максимального притока часть расхода сточных вод, подаваемого КНС, закачивается в резервуар	Уменьшение затрат на СМР.	Увеличение расхода электроэнергии. Отчуждение территории резервуара

2.5.2. Снегосплавные пункты на сетях водоотведения

В большинстве крупных городов России остро стоит проблема очистки улиц от снега и его последующей утилизации. Снег, вывозимый с городской территории, сильно загрязнен. Характерными загрязнителями являются грубодисперсные вещества (в основном, уличный мусор - компоненты твердых бытовых отходов), взвешенные вещества (в основном, глинистые частицы), нефтепродукты и хлориды. Высокое содержание песка и гравийной фракции объясняется разрушением дорожных покрытий. Талая вода от убираемого снега не только не соответствует нормативам по сбросу в водоемы, но и часто не соответствует нормам приема стоков в канализацию.

Оценка тепловых ресурсов, пригодных для таяния снега показала, что наибольшим резервом тепловой мощности обладает сеть хозяйственно-фекальной канализации. Широкое использование канализации для таяния снега, собираемого с дорог, вполне оправдано и может быть ограничено лишь местными

конкретными особенностями, затрудняющими реализацию этого решения. Потенциальная возможность устройства снегосплавных пунктов на коллекторах канализации определяется исходя из того, что

- практически неограниченный тепловой поток сточных вод без ущерба для дальнейших процессов может быть частично использован для расплавления снега,

- имеющиеся резервы мощности городских очистных сооружений заведомо достаточны для приема и очистки стока от растаявшего в снегосплавных пунктах снега.

Отечественная практика выработала несколько способов использования возможностей системы водоотведения для утилизации снега.

Таблица

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
2.5.2.1. Сброс снега в каналы	Сброс производится в камеру на канале, оборудованную для сброса снега	Простота решения.	Сброс снега, содержащего большое количество грубодисперсных примесей и мусора, приводит к забиванию ими каналов и необходимости через несколько лет крайне дорогостоящих работ по расчистке с использованием ручного труда и вагонеток. Устаревшее, неприемлемое решение
2.5.2.2. Обработка и плавление снега на снегосплавных пунктах	Снег и лед обрабатываются (измельчаются с отделением крупных предметов) на решетках-дробилках и расплавляется в снегосплавных камерах, куда подается сточная вода. Грубодисперсные примеси и другие загрязнения в значительной степени отделяются: вначале при обработке на решетках дробилках, а затем в результате плавления снега, отстаивания и всплытия. Для задержания последних используются полупогружные доски. Сточная вода (включая	Отделение грубодисперсных примесей и мусора. (эффективность удержания всплывающего мусора зависит от действий службы эксплуатации)	Трудоемкая процедура выгрузки мусора и осадка. Необходимость вывоза на полигоны необработанной массы мусора и осадка

	талую) сбрасывается в канал (коллектор) Периодически производится очистка с использованием грейферов.		
2.5.2.2.1. Подача сточных вод в снегоплавильную камеру из самотечного коллектора	Сточная вода подается в снегоплавильную камеру, расположенную (отметка жидкости) близко к уровню земли, погружным насосом, размещаемом в том самотечном канале, куда (ниже по течению) самотеком производится сброс сточной воды	Минимум строительных работ как по камере, так и по подводящим трубопроводам. Работа пункта не мешает работе других сооружений.	Сложности эксплуатации погружного насоса в канале без какого-либо выделения крупных примесей из воды. Сложность подбора площадок на крупных коллекторах и каналах, где может быть организован пункт (много дорожных, градостроительных и санитарно-экологических ограничений)
2.5.2.2.2. Плавление снега в камере, представляющей собой байпасную линию крупного коллектора (канала)	Камера, созданная на байпасной линии перекрывается затворами, с возможностью перелива. В эту камеру самотеком поступает часть сточной воды из основной линии	Минимальные затраты на подачу сточных вод	Высокие затраты на создание снегоплавильной камеры на глубине залегания канала (как правило, свыше 6 м). Максимальный риск нарушения службой эксплуатации режима работы и превращения снегоплавильной камеры в канала, работающий на протоке (вариант 1). Сложность и более высокие затраты на очистку глубокой камеры от осадка и мусора
2.5.2.2.3. Подача сточных вод в снегоплавильную камеру от напорного трубопровода	Сточная вод отбирается из напорного трубопровода, расположенного в относительной близости. После плавления снега сточная вода сбрасывается в близрасположенный коллектор. Снегоплавильная камера – незаглубленная (подповерхностная).	Минимум строительных работ по камере. Не требуется устройство КНС для подачи воды. Позволяет располагать снегоплавильные пункты при коллекторах небольшого диаметра, там, где выполняются дорожные, градостроительные и санитарно-экологические условия. Нет необходимости	Необходимость прокладки напорного трубопровода. Необходимость увязки работы КНС с работой снегоплавильного пункта. Возможно некоторое увеличение удельных затрат электроэнергии на КНС

		устанавливать насосную станцию с погружными насосами на самотечном коллекторе	
--	--	---	--

При использовании группы технологий 3.6.2.2. смешение снега с плавящей сточной водой осуществляется в первом, приемном, отделении - снегоплавильной камере, куда поступает сточная вода от погружных насосов через систему подающих трубопроводов. Там же начинается процесс плавления снега, продолжающийся в следующем, основном по объему отделении - в песколовке, в которой отделяются оседающие и всплывающие примеси. Количество подаваемой (поступающей) плавящей сточной воды определено теплотехническим расчетом и составляет около 6 м³ на 1 м³ снега. Образовавшаяся смесь талой и сточной вод отводится в самотечном режиме в канализационные каналы и коллекторы и далее по системе городской канализации поступает на городские очистные сооружения, где проходит полный комплекс механической и биологической очистки. Накопленный в песколовках грубодисперсный осадок периодически извлекается и вывозится на полигон.

Эксплуатацию снегосплавных и снегоплавильных пунктов отличает чрезвычайно высокая неравномерность завоза снега, возрастающая в период сильных снегопадов и после них.

2.5.3. Технологии и оборудование для предотвращения выделения запахов от сетей водоотведения

Сточные воды обладают характерным запахом, который определяется летучими жирными кислотами, сероводородом, меркаптаном и другими летучими дурнопахнущими веществами. Выделение запахов вне пределов сооружений системы транспортировки сточных вод происходит через вентиляционные киоски (трубы) и неплотности люков, а также от снегосплавных пунктов и с вентиляционными выбросами КНС. Наиболее интенсивно выделение запахов происходит в местах перепадных колодцев и разгрузки напорных трубопроводов в коллектора.

В общесплавных сетях каждый ливнесток является потенциальным источником выделения запахов, в отдельных системах этой проблемы с ливневыми стоками нет.

В ряде случаев пытаются решить проблему запахов ликвидацией вентиляционных киосков на сети и засыпкой колодцев. Однако, такие действия не допустимы, т.к. запахи – лишь внешняя сторона более существенной проблемы сероводородной коррозии коллекторов и каналов. Чем лучше воздухообмен в каналах – тем медленнее развивается коррозия, и наоборот.

В результате практически двукратного падения водопотребления время нахождения сточных вод в коллекторах существенно возросло, увеличилось количество отложений. Это интенсифицировало образование и выделение дурнопахнущих веществ.

Поэтому в современных условиях стоит задача обеспечить одновременно хорошую вентиляцию сетей и сооружений для обеспечения их нормативного срока службы, и не допустить дискомфорта населения в местах локализации вентвыбросов.

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
2.5.3.1. Дозирование химических реагентов в сточную воду	В сточную воду добавляются реагенты, окисляющие сероводород и снижающие скорость его дальнейшего выделения	Не требует сооружений на сетях	Высокие затраты на реагенты. Метод находит ограниченное применение только в странах ЕС.
2.5.3.2. Очистка газовых выбросов из сооружений			
2.5.3.2.1. Очистка выбросов из самотечных трубопроводов	Как правило, должна проводиться в местах, где затруднено подключение к электросети. Это обуславливает применение сорбционных		

	и биосорбционных фильтров, не требующих электропитания.		
2.5.3.2.1.1. Фильтрующие вставки в колодцы			
2.5.3.2.1.1.1. Сорбционные и биосорбционные фильтры	Пластмассовая конструкция, заполненная сорбирующим материалом (ГАУ), либо загрузкой для развития бактерий, окисляющих загрязнения в выбросах (обработанная кора, торф и т.п.), либо их смесь. Над фильтром размещена крышка с отверстиями.	Размещаются в колодцах, не требуя изменения их конструкции. Могут работать в течении нескольких лет, потом требуется замена загрузки	Риск нарушения проницаемости в результате роста биопленки и накопления конденсата, особенно при его замерзании в зимнее время. Данного недостатка можно избежать, применяя конструкции, созданные с учетом данной потенциальной проблемы.
2.5.3.2.1.1.2. Дезодорирующие вставки	Внутри колодца размещается вставка с гелем, содержащим окисляющие запаховые вещества соединениями (см. п. 2.2), очень медленно выделяющиеся в воздух	Эффективность не зависит от обмерзания, накопления конденсата и др. факторов. Интенсивность выделения веществ из вставки увеличивается при увеличении температуры, так же как и выделение запахов из канализации	Необходимость замены дезодорирующих вставок через несколько месяцев
2.5.3.2.1.2. Фильтры на вентвытяжках на сети	Конструкция из пластика или нерж. стали, заполненная ГАУ или загрузкой биофильтра. Может быть в надземном или наземном исполнении	Могут быть хорошо адаптированы к городскому пространству и размещены в многолюдных местах. Могут работать в течении нескольких лет, потом требуется замена загрузки	Риск нарушения проницаемости в результате роста биопленки и накопления конденсата, особенно при его замерзании в зимнее время. Данного недостатка можно избежать, применяя конструкции, созданные с учетом данной потенциальной проблемы.
2.5.3.2.2. Очистка выбросов от открытых поверхностей снегосплавных пунктов	Опрыскивание периметра сооружения веществами, окисляющими в воздухе выделяющиеся загрязнения (альдегиды и кетоны природного происхождения и идентичные им)	Не требует значительных капитальных вложений. Может использоваться только при неблагоприятном направлении ветра	Затраты на специфические реагенты, не производимые в России. Применение может вызывать аллергические реакции
2.5.3.2.3. Очистка вентвыбросов от КНС	Условия применения, технологии и оборудование		

	аналогичны применяемым на ОСК – см. раздел		
--	---	--	--

2.6. Специальное оборудование для эксплуатации систем водоотведения

2.6.1. Спецмашины для эксплуатации систем водоотведения

Важнейшую роль в эксплуатации систем водоотведения играют спецмашины для откачки и перевозки жидких сред, устранения засоров и прочистки трубопроводов. Стоимость этого оборудования весьма существенна и развитие его парка должно планироваться уже на уровне схем водоотведения и инвестиционных программ. Эти спецмашины подразделяются на 4 типа:

- вакуумные,
- илососные,
- каналоочистительные,
- комбинированные.

Все типы машин выпускаются как современное оборудование, отличаясь по своим возможностям, назначению.

2.6.1.1. Вакуумные машины

Предназначены для вакуумного забора, транспортировки и слива жидких отходов, не содержащих взрывчатых и горючих веществ. Специальное оборудование состоит из цистерны, вакуумного насоса с приводом, сигнально-предохранительного устройства, приёмного лючка с всасывающим шлангом, кранов управления с трубопроводом, дополнительного электрооборудования. Заполнение цистерны осуществляется под действием вакуума, создаваемого вакуумным насосом, опорожнение цистерны самотёком или давлением воздуха от вакуумного насоса.

2.6.1.2. Илососные машины

Предназначены для вакуумной очистки колодцев, ливневой и канализационной сетей от ила и транспортировки его к месту выгрузки. В состав специального оборудования входят цистерна, вакуумный насос с приводом, всасывающая стрела. Управление всасывающей стрелой ведётся с дистанционного пульта управления. Выгрузка ила производится опрокидыванием цистерны.

Механизм разгрузки илового отсека цистерны по конструкции может быть выполнен в следующих вариантах:

- в виде рычажного механизма с поршнем для выдавливания ила за счет движения крышки при ее открытии;
- самосвальным от гидропривода с использованием системы смыва струями воды высокого давления

К основным параметрам илососных машин относятся:

- производительность вакуумного насоса, м³/ч,

- максимальная глубина всасывания иловых отложений , м,
- наибольшее разрежение создаваемое вакуумным насосом в цистерне, МПа,
- производительность водяного насоса размывочного оборудования , м³/ч,
- емкость цистерны для ила, м³
- глубина очищаемого колодца,

Илососы изготавливаются в различных вариантах исполнения: с открытым оборудованием, и всесезонный вариант с размещением оборудования в отапливаемом фургоне с термозащитными стенками. Возможность работы при температуре окружающего воздуха до –25 градусов С обеспечивается с помощью теплозащитной облицовки и отопительной установки в центральном отсеке.

Важным элементом всех машин с вакуумной загрузкой является система защиты вакуумного насоса от попадания в него из цистерны загрязнений вместе с воздухом.

Цистерны могут комплектоваться форсунками с системой подвода воды для смыва отложений при разгрузке.

Машины имеют различную конструкцию укладки всасывающего рукава: на поворотном манипуляторе с механизмом выдвижения стрелы; в кассете, расположенной на цистерне; на вертикальном барабане между кабиной и цистерной, на горизонтальном барабане, закрепленном на цистерне.

Оборудование машины позволяет производить отделение ила от иловой воды, при этом иловая вода может сливаться под давлением обратно в колодец и размывать слежавшийся ил

Илососы подразделяют на три типоразмера, используемые для различных целей:

1. Малой вместимости (цистерна объемом до 4 м³) могут использоваться при обслуживании жилого сектора, промышленных сетей водоотведения, торговых центров, автостоянок, автомоек, станций технического обслуживания автомобилей, тоннелей и прочих подобных объектов.

2. Средней вместимости (цистерна объемом 4-8 м³) предназначены для эксплуатации на предприятиях, обслуживающих городские ливневые канализационные сети и используются для очистки колодцев ливневой канализации, отстойников от слежавшегося осадка. Машины могут использоваться для забора, транспортировки и выгрузки жидких неагрессивных и невзрывоопасных отходов.

3. Большой вместимости (цистерна свыше 8 м³) предназначены для очистки от многолетних накопленных загрязнений городских канализационных и водосточных труб и коллекторов, в т.ч. с подпором, отстойников большого объема

2.6.1.3. Каналопромывочные машины

Основное оснащение каналоочистительных машин: насос с приводом, позволяющий подавать воду под высоким давлением (до 15-18 МПа и выше), гидродинамическое оборудование (насадки ротационного, реверсивного, проходного, донного типа); барабан и рукав высокого давления; цистерна большой вместимости.

Предназначены для профилактической и аварийной очистки канализационных и водосточных труб, колодцев, отстойников, ливневой канализации и ликвидации засоров в канализационных системах. При оборудовании эжекторным насосом каналопромывочные машины можно использовать для перекачки воды с глубины до 10-15 метров и последующей передачи ее на расстояние до 60 метров.

Использование совместно с обеспечивающим высокое давление воды насосом различных насадок дает возможность:

- производить первоначальный проход в полностью заиленной трубе;
- ликвидировать аварийные засоры реверсивным насадком, размывая и вынося загрязнения в сторону колодца путём попеременного дистанционного переключения с мониторной на боковые или задние струи;
- удалять жировые отложения со стенок труб;
- с помощью донных насадков прочищать коллекторы диаметром до 1200 мм ;
- с использованием корнерезов на ротационном насадке разрушать проросшие в трубу корни и другие препятствия.

Укомплектованная водо-жидкостным эжектором установка откачивает жидкости с глубины до 15м. Использование дополнительных отопителей позволяет использовать технику при температурах до -20 градусов.

Важная особенность – исполнение цистерны. Возможны металлические (единый объем) и пластиковые (наборные). Преимущество пластиковых – неподверженность коррозии. Это весьма важно, т.к. существует проблема попадания продуктов коррозии в насосы высокого давления.

Основными технологическими параметрами каналоочистительных машин являются:

- производительность водяного насоса размывочного оборудования, м³/ч
- давление водяного насоса, МПа,
- давление на размывочном пистолете, МПа,
- емкость цистерны для воды, м³,
- диаметр очищаемых труб, мм,

- диаметр рукава высокого давления, мм,
- длина рукава высокого давления, м

Большое значение имеет хорошая маневренность в стеснённых в стесненных условиях дворов и узких улиц: это обеспечивается компактная конструкция на короткобазовом шасси для машин, которые должны работать в таких условиях. Также малые габариты обеспечивают возможность проезда под низкими арками и при работе в тоннелях, умеренный вес - ограниченную нагрузку на дорожное покрытие.

Наличие размывочного пистолета позволяет разрушать плотные иловые отложения в колодцах при работе машины в паре с илососом

2.6.1.4. Комбинированные машины

Созданы для совмещения в одной машине функций вакуумной машины, илососа и каналоочистительной машины. Выполняют широкий спектр задач: очистка канализационных колодцев, отстойников и выгребных ям от жидких фекальных отходов (как вакуумная машина); разрыв плотных иловых отложений городских ливневых канализаций и транспортировка их к месту выгрузки (как илососная машина); профилактическая санитарная очистка водосточных и канализационных сетей и ликвидация аварийных засоров (как каналопромывочная машина).

Отличительной особенностью этих машин является сочетание каналопромывочного и илососного оборудования. Гидродинамическая прочистка труб и удаление смываемых загрязнений из колодцев выполняется одной машиной в отличие от традиционной технологии с одновременным использованием каналопромывочной и илососной машины. В результате достигается существенная экономия времени и затрат. Работу выполняет одна бригада рабочих вместо двух.

В современных конструкциях внутри цистерны установлена подвижная перегородка с уплотнением, отделяющая передний отсек для воды от заднего отсека для ила, что позволяет рационально использовать весь объем цистерны, так как по мере расхода воды оператор имеет возможность передвинуть перегородку вперед и тем самым увеличить объем илового отсека цистерны. При заполнении иловой цистерны водой может использоваться как каналопромывочная с увеличенным объёмом перевозимой воды.

Применяются два способа выгрузки содержимого цистерны:

- самосвальная разгрузка ила. Осуществляется методом подъема цистерны за счет переднего телескопического гидроцилиндра,

- без подъема цистерны за счет движения перегородки назад методом выдавливания ила из цистерны при открытой задней крышке. При этом в переднюю часть цистерны поступает сжатый воздух от компрессора.

Современные машины могут с помощью донного насадка прочищать коллекторы диаметром до 2000 мм, удалять подтопления колодцев и откачивать иловую воду из колодцев глубиной до 15 метров.

Другая важная опция – возможность очищать собранную грязную воду, пропуская через систему фильтров, и повторно использовать для промывки. При этом процессы промывки, всасывания и регенерации воды происходят одновременно и непрерывно в замкнутом цикле. Нет необходимости дозаправки чистой водой. Преимущества такой опции очевидны:

- Уменьшает потребление топлива за счет значительного сокращения поездок на дозаправку водой и на разгрузку;
- Сокращает потребление воды;
- Снижает себестоимость работ;
- Увеличивает производительность труда.

В отношении климатического исполнения возможны два варианта:

— с подогревателем воды, циркулирующей через водяной насос и рукав высокого давления при транспортных переездах в холодное время года

- с размещением оборудования в отапливаемом фургоне с термозащитными стенками.

В первом варианте эксплуатация машины ограничена температурой -10°C , во втором -25°C .

2.6.2. Оборудование для телеинспекции и дистанционного выполнения работ на сетях водоотведения

Оборудование для телеинспекции трубопроводов применяется:

- при приемке сетей после строительства и ремонта для контроля качества строительства и ремонта, наличия посторонних предметов, качества заделки стыков, качества бестраншейной реновации и прочее;
- перед бестраншейной реновацией;
- для выявления проблемных участков (с разрушенным верхним сводом и т.п.) для первоочередного ремонта с целью предотвращения провалов, а также для сокращения затрат на ремонты путем исключения труб с малым износом из планируемого ремонта;
- для выявления мест формирующегося засора коллекторов для своевременной прочистки и предотвращение выброса канализационных стоков на улицы, в том числе для определения причин возникновения засоров (контруклоны и т.п.);
- после прочистки для определения качества прочистки;
- для выявления расстыковки и разрушений труб канализации для предотвращения попадания ливневых стоков в канализацию и перегрузки очистных сооружений;
- для поиска утерянных колодцев.

Разновидности систем телеинспекции определяются, в основном, двумя факторами:

- условиями применения (диаметры трубопроводов, работа в сухом трубопроводе, либо по работающему),
- уровнем исполнения установок и их функциями.

Все системы телеинспекции позволяют выполнять функции записи, распечатки и передачи цифровой видео- и фотоинформации. Мощные системы позволяют проводить работу с информацией, в том числе осуществлять измерения дефектов (ширина трещин, площадь участков и т.д.), расчет уклонов и другие функции.

Все системы, кроме простейшей, используются совместно с автомобильной диагностической лабораторией, где расположено наружное оборудование для управления, имеются возможности для обслуживания и транспортировки устройств для телеинспекции.

Правильнее говорить не о преимуществах и недостатках этих систем, а об их возможностях, предусмотренных при разработке. Наиболее многофункциональные системы телеинспекции, по сути, уже не являются таковыми, а представляют собой робота для работы в трубопроводах, оснащенного системами телеинспекции.

Тип системы	Описание	Возможности	Сфера применения
2.6.2.1. Телескопическая система	Камера устанавливается на конце раздвижной штанги, опускаемой в колодец	Осмотр осуществляется с уровня земли. Освещение. Возможность лазерного измерения Взрывобезопасное исполнение	Быстрый осмотр состояния труб, люков, шахт, канализационных коллекторов, резервуаров
2.6.2.2. Проталкиваемые системы	Камера, расположенная на центраторе (устройство, позиционирующее камеру в центре трубопровода) и на салазках, продвигается с помощью протяжки	Водонепроницаемость при давлении. Система самовыравнивания изображения Система фиксации положения и датчик метража Система управления светом и фокусировки. Взрывобезопасное исполнение	От минимальных диаметров до Д400. Требуется снятия расхода с трубопровода Может применяться как в канализации, так на водопроводных сетях
2.6.2.3. Самоходная управляемая тележка (робот, вездеход, «трактор»)	Камера продвигается по трубопроводу на управляемом самоходном шасси	Все возможности по п. 2. Дополнительно: Управляемое позиционирование камеры по сечению трубопровода, а также изменение наклона Защита от опрокидывания. Мощные колеса и двигатели Опционально: - камера-сателлит для обследования домовых отводов, - система промывки домовых отводов, - пневматический пакер для установки ремонтных бандажей	От 100 до 3000 мм. Требуется снятия расхода с трубопровода. Наряду с телеинспекцией – ряд работ по эксплуатации и восстановлению трубопроводов.
2.6.2.4. Плавающий модуль	Оборудование, аналогичное тележке	Дополнительно: Самостабилизация – (возвращается в вертикальное положение при опрокидывании) Защита корпуса металлоконструкциями со всех сторон. Заполняется изнутри сухим азотом для предотвращения конденсации влаги внутри корпусов при работе с перепадом температур	От Д600 мм без ограничений. Предназначен для телеинспекции в функционирующих частично наполненных трубопроводах

2.6.2.5. Многофункциональный роботехнический комплекс	Самодвижущийся комплекс, оснащен фрезерным оборудованием	В дополнение к п 3 - комплекс для выполнения работ в трубопроводах: фрезерно-подрезных и шлифовальных работ в трубопроводах, например, для обработки свищей или трещин с целью их последующей заделки или перед санацией трубопровода с применением полиэтиленового рукава для зачистки сварных швов и обрезки выступающих острых частей в трубах	200-800 мм. Может применяться как в канализации, так на водопроводных сетях
--	---	--	--

3. Технологии и оборудование для ремонта и восстановления трубопроводов водоотведения

Общие понятия

Трубопровод, имеющий отдельные дефекты, подлежит ремонту (т.е. частичному восстановлению на отдельных участках). Ремонт может быть как с разрытием котлована, так и бестраншейный.

В случае, если количество дефектов трубопровода значительное, может быть проведено восстановление (санация) с сохранением существующей конструкции. Восстановление может быть только бестраншейным, кроме отрытия (для некоторых методов) котлованов в начале и конце участка.

Отличительной особенностью бестраншейного восстановления (санации) от бестраншейной реконструкции с прокладкой нового трубопровода по трассе старого является сохранение старого трубопровода в качестве основы конструкции.

Под восстановлением (санацией) понимается устранение всех видов дефектов по длине труб и в местах их стыковки путем нанесения защитных покрытий (облицовок), по возможности при соблюдении (поддержании) исходных гидравлических характеристик течения потока транспортируемой воды.

Важный аспект проведения работ по восстановлению и реконструкции: большинство методов требуют полного снятия нагрузки с трубопровода, т.е. его осушения, с последующей очисткой дна и стен. Это требование само по себе представляет серьезные трудности, а также несет за собой дополнительные затраты. Если напорные трубопроводы, как правило, имеют две и более нитки, то коллекторы, как правило, не дублируются.

Существуют два принципиально возможных способа вывода из строя самотечного коллектора для проведения работ:

- новое строительство коллектора, параллельно вышедшему из строя;
- устройство байпаса и перекачки стоков в обход ремонтируемого участка.

По понятным причинам применяется устройство байпаса. Это старая конструкция, проверенная годами, однако имеющая свои недостатки:

- Необходимость подвода силовых кабелей большой мощности;
- Очень высокое и постоянное потребление электроэнергии напорными насосами;
- Низкая надёжность из-за перекачки непроцеженных стоков;
- Большие сложности при работе с трубопроводами больших диаметров. 1- 1,5 м . и более.

Современное решение для перекачки жидкостей по байпасным трубопроводам – вакуумная перекачка, основанная на том, что движение

жидкости по канализационным трубопроводам осуществляется с уклоном и для подачи воды из вышележащей точки коллектора в нижележащую не требуется прикладывать энергию для преодоления статического напора.

Метод и оборудование для вакуумной перекачки предоставляют следующие возможности:

- Снятие воды с трубопроводов любых диаметров с глубины до 8 метров и более (при условии возможности создания «подпора» столба жидкости в коллекторе до уровня 7- 8 м .)
- Перекачка с контруклоном
- Минимальное энергопотребление (от 5 до 15 кВт, при перекачке практически любых объемов стоков)
- Не требует подвода силовых кабелей большой мощности
- Высокая надёжность (нет контакта насоса со сточной жидкостью)

Дефекты металлических и неметаллических труб относят к двум основным категориям: механические и коррозионные.

К механическим следует отнести: трещины раструбов труб; кольцевые или круглые трещины и свищи, более характерные для труб малого диаметра; щели и продольные трещины, либо спиральные трещины; спиральные дефекты на трубах среднего диаметра; сколы на трубах большого диаметра; свищи вызванные внешней коррозией; разрыв резьбы или соединения, смятия труб.

Внешняя и внутренняя коррозия металлических труб может вести к структурным повреждениям труб, соединений, защитных покрытий и арматуры, что позволяет загрязняющим веществам проникать в водопроводную сеть через утечки или разрывы труб. Повреждения могут быть вызваны слишком высоким давлением, избыточной нагрузкой на трубы или явиться следствием природных катастроф (ураганы, землетрясения, наводнения и т.д.). На срок службы трубы влияет также качество стали, наличие коррозионной защиты, толщина стенки трубы, наличие защитной внешней облицовки или покрытия, использование соответствующих материалов и технологий засыпки траншеи. На внутреннюю коррозию влияют pH, щелочность, окислительно-восстановительный потенциал сточной воды, интенсивность образования сероводорода.

Дефектами труб из полимерных материалов (например, поливинилхлоридных (ПВХ), полиэтиленовых (ПЭ)) являются следующие: значительные прогибы, превышающие допустимые; расхождение стыков с утечками; продольные разрывы вследствие внешних нагрузок; воздействия солнечного света, высокого внутреннего давления воды или частых перепадов давления; воздействия растворителей; влияния сильного смещения при засыпке и неправильная засыпка.

Основные дефекты асбестоцементных труб можно свести к следующим: внутренняя коррозия; сколы и расхождение стыков с утечками; смещения при закапывании и монтаже.

К дефектам бетонных труб следует, прежде всего, отнести следующее: внутреннюю сернокислотную (сероводородную коррозию) вследствие образования сероводорода, кислотную коррозию в результате низких pH, внешнюю коррозию вследствие контакта с грунтовыми водами, содержащими сульфаты и хлориды в высоких концентрациях; оседание под действием собственного веса; невидимые дефекты заводского изготовления и т.д.

Технология проведения восстановления должна обеспечивать трубопроводу механическую прочность для выдерживания им постоянных нагрузок (насыпного грунта, покрытий и др.) и временных (транспортных средств). При этом восстановление структуры трубопровода не должно сопровождаться ухудшением функционирования трубопровода, появлением дополнительных проблем, которые ранее не наблюдались (например, ухудшением гидравлических параметров течения воды и других).

Качественно проведенное восстановление подземных трубопроводов позволяет достичь следующих результатов:

- предотвратить коррозию металлических стенок трубопроводов за счет пассивного (изоляции стенок) и активного (образования на стенках субмикроскопического покровного слоя из оксидов железа) защитных эффектов;
- обеспечить требуемый уровень надежности трубопроводов и снизить аварийность на подземных сетях;
- сохранить неизменными (в некоторых случаях для трубопроводов больших диаметров даже улучшить) гидравлические характеристики (например, за счет уменьшения коэффициента гидравлического трения при использовании внутренних защитных оболочек из полимерных материалов).

Материал труб, защитных покрытий и арматуры, используемых при реконструкции трубопроводных систем, должен быть стоек к коррозии, инфильтрации и эксфильтрации, смещению грунта, воздействию ультрафиолетового излучения, колебаниям температуры, замерзанию и т.д. Кроме того, должен быть обеспечен правильный монтаж трубопроводной системы в целом независимо от материала изготовления и исключен открытый доступ к хранящимся материалам или неправильное обращение с ними.

На сегодняшний день зарубежная и отечественная практика насчитывает свыше двадцати основных методов бестраншейного восстановления трубопроводов, однако из многообразия методов наибольшее распространение получили следующие:

- нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода;
- протаскивание нового трубопровода в повреждённый старый;
- протаскивание гибкой (предварительно сжатой или сложенной U-образной формы) полимерной трубы внутрь старого трубопровода;

- использование гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой,
- использование гибкого комбинированного рукава (чулка), позволяющего формировать новую композитную трубу внутри старой;
- использование рулонной навивки (бесконечной профильной ленты) на внутреннюю поверхность старого трубопровода,
- нанесение точечных (местных) покрытий.

Перечисленные и другие методы бестраншейного восстановления достаточно полно описаны в специальной технической литературе. Каждый из используемых методов отличается специфическими особенностями и имеет свои преимущества, на основе которых определяется соответствующая область их применения для проведения ремонтно-восстановительных работ на коммунальных сетях водоснабжения и водоотведения, а также газо и теплоснабжения и других.

Обоснование целесообразности использования того или иного метода определяется после детальных диагностических обследований трубопровода и заключения технической экспертизы по состоянию старого трубопровода. В каждом конкретном случае рассмотрению подлежат материал изготовления трубопровода и степень его износа, протяженность ремонтного участка, его диаметр, вид транспортируемой среды, окружающая наземная и подземная инфраструктура (в частности, степень ее скученности), тип грунтов, наличие подземных вод и ряд других факторов, способных повлиять на выбор метода бестраншейной реновации.

Выбор материала, класса прочности и диаметров труб для систем водоснабжения осуществляется на основании технико-экономического и статического расчетов, учитывающих: воздействие внутреннего гидравлического давления и внешней нагрузки; сведения об агрессивности грунтов и свойствах транспортируемой воды; условия работы трубопроводов при последующей эксплуатации и требования к качеству воды. Выбор материала труб должен проводиться в комплексе с решением вопроса о противокоррозионных мероприятиях: типах изоляционного защитного наружного и внутреннего покрытий и необходимости применения электрохимической защиты (в случае применения металлических труб).

При выборе метода восстановления трубопроводов одним из основных критериев должен быть срок службы «нового» трубопровода.

Для канализационных трубопроводов, а также устанавливаемой на них трубопроводной арматуры (задвижек, поворотных-дисковых затворов и т.д.) при правильном проектировании и эксплуатации срок службы их без замены для обеспечения высокоэффективной работы должен составлять 50 - 100 лет.

Если же имеются разрушения стенок труб, сдвиги, разрывы и т.п. дефекты, не позволяющие восстановить трубопровод, а также необходимо увеличение диаметра трубопровода, проводится его реконструкция, т.е. замена на новую конструкцию. Реконструкция может проводиться как бестраншейным способом, так и открытым. Последний вариант тождественен новой прокладке (с дополнительными работами по разборке старого трубопровода) и целесообразен только при наличии целого ряда условий:

- возможности открытой прокладки,
- необходимости существенного увеличения диаметра трубопровода, которое не может быть достигнуто путем бестраншейной реконструкции.

Принятие того или иного решения должна основываться на технико-экономическом обосновании

В настоящее время в передовых в технологическом отношении странах значительная часть требующих восстановления трубопроводов ремонтируется непосредственно под землей. Преимущества ремонта и восстановления трубопроводов бестраншейным методом очевидны: затраты на ремонт и восстановление снижаются многократно, производительность работ возрастает в десятки раз, сводятся к минимуму воздействия на окружающую и городскую застройку, снижение риска повреждения соседних коммуникаций; уменьшаются общественные затраты, практически исключается нарушения дорожного движения.

3.1. Ремонт трубопроводов водоотведения

Ремонт трубопровода назначается после проведения соответствующих плановых или внеплановых диагностических исследований с помощью современных телевизионных роботов, определяющих места повреждений (дефектов) на трубопроводе или в колодце, и после заключения экспертизы о наиболее оптимальном методе реновации.

Материалами для точечного (местного) ремонта трубопроводов (в частности, единичных свищей, коротких трещин, расхождений в стыках труб и т.д.) могут служить: жидкие растворы, твердеющие после операций нанесения на повреждённые поверхности; растворы полужидкой консистенции; волокнистые материалы с пропиткой смолами (полиэфирными, эпоксидными и полиуретановыми); профильные резиновые уплотнители; гильзы из нержавеющей стали; эластичные рукавные заготовки; трубчатые вкладыши и т.д. Технология местного ремонта трубопроводов с помощью бестраншейных технологий изобилует множеством решений.

3.1. Водно-эпоксидная облицовка

В основе технологии водно-эпоксидной облицовки внутренней поверхности труб лежит использование эпоксидных смол с добавлением к ним заполнителя или стекловолокна, которые накладываются на стенки путем разбрызгивания. Технология нанесения защитного покрытия состоит в проходе через трубопровод

специального разбрызгивающего устройства. За один проход толщина защитной облицовки в месте повреждения трубы может достигать 0,5 - 7,5 мм.

3.2. Заделка щелей отвердевающими смолами

Для кольматации щелей в стенках трубопроводов и в местах их стыковки используются различные растворы (например, акриловая смола, полиуретановая мастика и другие). В состав смолы могут входить волокнистые добавки на основе стекла. Введение раствора в щели осуществляется специальными устройствами, а процесс контролируется телевизионными установками.

3.3.Способ холодного оцинковывания

Для точечного ремонта стальных труб и их долгосрочной антикоррозионной защиты можно применять, который реализуется посредством нанесения на внутреннюю поверхность трубопровода однокомпонентного цинкового состава. Цинковое покрытие обеспечивает сочетание активной (катодной) защиты стали от коррозии как при горячей оцинковке, так и пассивной (барьерной), как у лучших цинкосодержащих красок. Покрытие является тонкоплёночным с высокой чистотой (порядка 99,95 %) используемой цинковой пудры и с малыми размерами частиц цинка (3-5 мкм). При многократном нанесении цинковых слоев и независимо от времени их нанесения на трубопровод слои образуют единое защитное покрытие, что позволяет увеличивать срок службы трубопровода на требуемый промежуток времени в диапазоне pH транспортируемой воды 5-10.

В подземных трубопроводах малого диаметра цинковое покрытие наносится обычным распылением в широком диапазоне температур (от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$) и высокой влажности. Перед нанесением покрытия производится специальная подготовка внутренней поверхности стальной трубы для обеспечения непосредственного электрохимического взаимодействия металлов. Кроме того, должна быть обеспечена шероховатость внутренней поверхности 15 мкм для хорошего сцепления покрытия со сталью. Пуск трубопровода в эксплуатацию может производиться через 48 ч после нанесения покрытия.

3.4.Метод бандажирования

Для устранения локальных повреждений на трубопроводах может использоваться метод бандажирования, в основе которого лежит применение коротких ремонтных модулей, вводимых в трубопровод в местах его повреждения. Для точечного ремонта разработана эластичная рукавная заготовка в виде трубчатого вкладыша слоистой структуры соответствующего диаметра. Заготовка подводится к ремонтному участку (месту локального повреждения) с помощью пакера и после операций разжима и отверждения связующего жестко закрепляется на внутренней поверхности трубопровода, образуя монолитное и герметичное ремонтное покрытие. Для бандажирования могут использоваться профильные резиновые манжеты, которые прижимаются к внутренней поверхности трубопровода расширяющимися кольцами из нержавеющей стали. Разжим колец осуществляется гидроцилиндром с ручным насосом до усилия 2-5 т. Перед установкой профильной манжеты на поврежденный раструб места ее контакта с трубой тщательно зачищаются с помощью ремонтных роботов или

вручную, а раструбные щели заделываются смоляным канатом. В случае наличия на поверхности трубы, контактирующей с манжетой, глубоких раковин производится нанесение специальной мастики. Данная технология позволяет реставрировать трубопроводы в диапазоне диаметров 600 - 2500 мм.

Основные преимущества метода бандажной технологии состоят в следующем: удешевляется ремонта по сравнению с традиционными методами; повышается оперативность проведения ремонтных работ и создается возможность применения при любых локальных видах повреждений (разгерметизация соединений, трещины, пробоины и т.д.).

3.5. Использование роботов (манипуляторов)

Благодаря возможности подключения к ним различных приспособлений роботы могут выполнять множество операций – фрезерование, сверление, шлифование, удаление осадка, инъектирование или нагнетание композитных растворов, выравнивание поверхности, полирование и укрепление конструкции покрытиями, которые робот доставляет к месту их нанесения. Роботы вводятся в полость трубопровода через колодцы, либо через иные отверстия. За их работой наблюдает размещаемая поблизости камера.

Выбор конкретного метода точечного восстановления трубопроводов и обоснование возможности его применения зависят от состояния трубопровода после прочистки и результатов теледиагностики, а также возможностей размещения и использования соответствующего оборудования и механизмов для реализации метода на месте производства работ.

3.6. Кордовые пневмозаглушки

Основным условием эффективного проведения ремонтно-восстановительных работ на безнапорной водоотводящей сети и на ее сооружениях (колодцах) описанными выше методами или другими является временное отключение из работы соответствующего участка или участков трубопровода, т.е. полное или частичное их перекрытие на период проведения всего комплекса мероприятий по восстановлению сети.

Перекрытие потока сточной воды, поступающей на ремонтный участок с вышележащих участков, достигается установкой на них специальных кордовых пневмозаглушек диаметрами от 100 до 1200 мм. Заглушки втягиваются в перекрываемый трубопровод с помощью троса через соседний колодец. Затем они накачиваются сжатым воздухом, раздуваются, плотно прилегая к внутренней поверхности трубы и перекрывая её живое сечение, и удерживаются в трубе за счёт силы трения на период производства ремонтных работ.

3.2. Восстановление трубопроводов водоотведения

Это методы восстановления технического состояния поврежденного трубопровода путем внедрения определенных конструктивных изменений с сохранением конструкции в целом. Их используют для реставрации трубопроводов, которые характеризуются линейными повреждениями (например, в виде продольных трещин, коррозии, абразивного истирания лотковой части), которые образовались по большой протяженности длины трубопровода.

Восстановление приводит к сокращению диаметра восстановленного трубопровода. Для некоторых разновидностей это свойство выражено минимально, для некоторых – весьма существенно. Но, как правило, это сокращение в значительной степени компенсируется увеличением пропускной способности за счет снижения шероховатости восстановленной трубы.

Не могут быть восстановлены трубопроводы, имеющие серьезные разрушения, с провалами, значительными расхождениями труб, сдвигами.

В целом технологии восстановления подразделяются на

- разбрызгивающие (путем напыления покрытия),
- монтажные.

Метод	Описание	Диаметры труб	Достоинства	Недостатки
3.2.1. Методы с нанесением покрытий				
3.2.1.1. Нанесение цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность труб	Разбрызгивание цементно-песчаного раствора с помощью специального оборудования	До 2000 мм	Простой и относительно недорогой метод	Применение ограничено для стальных и чугунных трубопроводов. Не применим при нарушении несущей способности трубы
3.2.1.2. Нанесение полимерных покрытий	Формирование новой трубы внутри старой путем напыления полиуретана с последующим его отверждением	150-600 мм	Высокое сцепление покрытия с трубой.	Применим только для бетонных и железобетонных труб
3.2.2. Монтажные методы				
3.2.2.1. <i>Метод рукава</i> Группа методов с использованием гибкого рукава (детально – см. ниже)	Формирование с помощью рулонной заготовки новой композитной трубы внутри старой	от 75 до 3000 мм	Один из самых универсальных методов -применим для любых труб. Высокая скорость проведения работ. До 600 мм не требуются котлованы. Формируется самонесущая труба	Достаточно дорогостоящее оборудование и материалы. Необходимо опорожнение и тщательная очистка трубопровода, с последующим полными опорожнением и

				высушиванием. Обязательно наличие уклона
<i>3.2.2.2. С помощью гибких или соединяемых полимерных труб</i>				
3.2.2.2.1. Протягивание сваренных плетей пластмассовых труб с их сжатием термообработкой	Протаскивание относительно гибкой полимерной трубы, предварительно сжатой в процессе термообработки. Расширение происходит после остывания	до 500 мм	Практически не уменьшается сечение. Не требуется заполнение межтрубного пространства раствором. Не требуются специальные комплектующие. Несложное оборудование.	Ограничение по диаметру труб. Значительное место для производства работ со сваренной плетью. При остановке работ из-за неполадок труба может расшириться до окончания ее затягивания
3.2.2.2.2. Протягивание сваренных плетей пластмассовых труб с их механическим сжатием	Протаскивание относительно гибкой полимерной трубы, предварительно механически сжатой. Расширение производится напором воды	100-1000 мм	То же. Процесс расширения полностью контролируем и не зависит от остановок протягивания трубы	Ограничение по диаметру труб. Значительное место для производства работ со сваренной плетью. Необходима герметизация при подаче воды под давлением
3.2.2.2.3. Протягивание сваренных плетей труб меньшего калибра (метод «труба в трубу»)	Протаскивание относительно гибкой полимерной трубы меньшего диаметра	До 1000 мм	Более простой метод, пригоден для широкого диапазона диаметров. Не требуются специальные комплектующие	Необходимость заполнения межтрубного пространства и уменьшение поперечного сечения восстанавливаемо го трубопровода. Значительное место для производства работ со сваренной плетью
3.2.2.2.4. С использованием цельных гибких труб	Используют двухслойные трубы, состоящие из наружной гофрированной и внутренней - гладкой составляющей. Труба	До 400 мм	Простой метод. Не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Высокая скорость	Ощутимое сужение диаметра. Необходимость заделки зазора раствора. Ограниченность

	монтируется с барабана. Межтрубный зазор заделывается цементно-песчаным раствором			применения небольшими диаметрами
3.2.2.2.5. Формирование нового трубопровода из мерных труб, либо отрезков, соединяемых в котловане	Затягивается или проталкивается формируемая на входе в трубу плетть из ПЭ или стеклопластиковых труб	Ограничены номенклатурой труб. Соединение на резьбе – до 600 мм	Один из самых простых и долговечных методов. При использовании стеклопластика можно не снимать расход с коллектора (достаточно уменьшить)	Диаметр трубопровода уменьшается на 100 мм. Необходимость заделки зазора раствором. При использовании коротких отрезков, соединяющихся на резьбе - максимальное уменьшение диаметра и высокая трудоемкость
3.2.2.3. Формирование новой трубы из рулонной пластмассовой бесконечной профильной ленты	Лента с барабана вращающимся механизмом непосредственно в колодце или в трубе соединяется в спиральное замковое герметичное соединение. В ряде случаев межтрубное пространство заполняется спец. раствором на основе полимерной смолы	До 2500 мм	Компактность оборудования и стройплощадки. Все работы ведутся из колодца. Минимальные потери поперечного сечения. Может использоваться в трубах в очень плохом состоянии и при наличии структурных дефектов. Процесс санации может производиться при уровне жидкости до 30% от сечения трубы и скорости потока до 5 м/сек. Оборудование для навивки относительно простое, не требует существенных энергозатрат, давления и т.п. сложностей	Необходима специальная лента, закупаемая у производителя
<i>3.2.2.4. Восстановление с помощью сложенных труб и пленок</i>				
3.2.2.4.1. С помощью полиэтиленового гибкого	Заводится и расправляется давлением рукав с	от 250 мм до 2000 мм	Компактность оборудования и стройплощадки. Все	Метод требует предварительной очистки и

облицовочного материала с анкерными ребрами	анкерными выступами снаружи. Зазор заполняется цементным раствором		работы ведутся из колодца (для всех методов этой группы). Для любых форм поперечного сечения. Легкость монтажа. Небольшая материалоемкость. Незначительное уменьшение поперечного сечения. Может использоваться на трубопроводах с разрушениями	удаления всех острых предметов в старой трубе, которые могут повредить материал пленки (для всех методов этой группы).
3.2.2.4.2. С помощью сложенных U-образных и Ω - полиэтиленовых труб	Термомеханически сложенная ПЭ, зафиксированная бандажами труба заводится в трубопровод. Расправляется паровоздушной смесью, при этом бандажи рвутся	От 100 до 450 мм	Минимальные потери поперечного сечения	
3.2.2.4.3. С помощью сложенных многослойных рукавов	Сложенный герметичный рукав на тканевой основе с ПЭ внутри и снаружи затягивается и расправляется давлением	До 1200 мм	Минимальные потери поперечного сечения. Очень простой метод	Применим только в напорных системах.
3.2.3. Методы эксфильтрации				
3.2.3.1. Герметизация путем эксфильтрации уплотняющих компонентов	В трубопровод последовательно (с опорожнением) нагнетаются субстанции, образующие при соединении водостойкий гель. может повторятьсякратно	Нет ограничений	Применим к сильно разрушенным трубопроводам, с пустотами вокруг мест разрушений.	Высокая стоимость реакционных субстанций

3.2.1. Восстановление путем напыления покрытия

3.2.1.1. Цементно-песчаное покрытие

Общее техническое описание

Цементно-песчаная смесь наносится методом центробежного набрызга посредством воздушной турбины на очищенную внутреннюю поверхности труб.

Защитный слой цементно-песчаного покрытия, наносимый методом центробежного набрызга с помощью пневморотационных облицовочных машин с одновременным последующим заглаживанием, имеет гладкую поверхность и равномерную толщину, которая в зависимости от диаметра труб составляет 4-16 мм.

Комплект оборудования для санирования трубопроводов с помощью цементно-песчаной облицовки включает:

- агрегат для приготовления и подачи цементно-песчаного раствора, в составе которого имеются растворосмеситель и растворонасос производительностью 20-80 (160) л/мин, и рабочим давлением до 60 кг/см²;
- резиноканевые рукава диаметром 38 или 50 мм на давление 40 (60) кг/см² с быстроразъемными соединениями;
- лебедку с тяговым усилием до 2,2 т, которая имеет одну передачу с бесступенчатым регулированием скоростей в диапазоне 0,6 - 6,0 м/мин. для перемещения облицовочных машин и вторую передачу со скоростью намотки каната 18 м/мин для выполнения работ по очистке;
- технологическую лебедку для возврата каната при очистке трубопровода;
- устройство для первоначального прохода ремонтных участков труб;
- облицовочные пневморотационные машины в комплекте с заглаживающими конусами для труб диаметром 100 - 700 мм, а также с заглаживающими лопатками для труб диаметром 800 - 2000 мм;
- скребки для механической очистки внутренней поверхности труб и обрезиненные поршни для извлечения из них загрязнений;
- направляющие блоки, ролики и другую технологическую оснастку.

Работы по нанесению цементно-песчаных покрытий должны включать проведение подготовительных технических мероприятий, а также подготовку и приготовление компонентов смеси. В свою очередь подготовительные работы должны заключаться в проведении следующих операций:

- раскопка двух котлованов (стартового и финишного) с вырезкой лазов (при необходимости) или использованием колодцев со снятием гидрантов, фасонных частей и установкой (снятием) заглушек; технологические операции должны заканчиваться обязательным водоотливом (откачкой воды из трубопровода);

Внутренняя поверхность трубопровода перед санацией должна быть очищена. Допускается на поверхности стальных труб слой плотной ржавчины толщиной не более 0,05 мм (измеряется магнитным толщиномером). Наличие воды в трубопроводе не допускается.

Технические и экономические преимущества

Метод используется при любой глубине заложения труб (в грунте или непроходных каналах) и не зависит от типа грунтов, окружающих трубопровод.

При облицовке трубопроводов со значительной степенью износа достигается нормативная герметизация свищей и неплотных стыковых соединений, что позволяет отказаться от необходимости перекладки ветхих труб и в кратчайшие сроки восстановить их работоспособность.

К достоинствам метода следует отнести его технологическую простоту и относительно низкую стоимость ремонтных работ (около 30 % стоимости нового строительства).

Тонкая и гладкая поверхность облицовки после ее затирки обеспечивает снижение гидравлического сопротивления и потерь напора в трубопроводах при незначительном уменьшении его внутреннего диаметра.

Сроки сохранения покрытия (по разным данным) – от 20 до 50 лет.

Факторы, влияющие на возможность применения

Цементно-песчаные покрытия являются надежным средством ликвидации различного рода дефектов на внутренней поверхности стальных и чугунных труб (т.е. применительно к водоотведению применимы для напорных трубопроводов), а также антикоррозионным материалом.

Оборудование позволяет производить обработку труб с длиной ремонтных участков до 180 м в широком диапазоне диаметров: от 80 до 2200 мм.

Такие покрытия, а также технология и оборудование для их нанесения одинаково успешно применяются как при новом строительстве (в полевых и базовых условиях), так и на действующих трубопроводах.

Из недостатков метода можно отметить, прежде всего, сравнительно продолжительный (от 3 до 5 суток) технологический цикл.

Цементно-песчаные покрытия целесообразны при коррозионных обрастаниях и абразивном износе, но неэффективны для восстановления сильно разрушенных трубопроводов (при раскрытых стыках труб, смещении труб в стыках и деформации секций труб).

3.2.1.2. Нанесение полимерных покрытий

Общее техническое описание

Путем напыления покрытия внутреннюю поверхность канала образуется новая труба толщиной от 5 до 14 мм (в зависимости от размера поперечного сечения реставрируемого трубопровода). Напыление осуществляется с помощью пульверизатора, к которому по двум трубопроводам подаются смола и отвердитель. С помощью лебедки пульверизатор вводят в ремонтируемый трубопровод через колодец.

В пульверизаторе смола смешивается с отвердителем, после чего под давлением наносится на внутреннюю поверхность трубопровода. Уже приблизительно через 60 секунд пленка покрытия приобретает 90% своей конечной прочности. К пульверизатору прикрепляется резиновый баллон, который при перемещении последнего выравнивает и выглаживает поверхность. За выполнением работ можно наблюдать с помощью видеокамеры.

Технические и экономические преимущества

Из-за высокой сцепляемости с металлическими и минеральными материалами полимерное напыляемое покрытие можно применять практически на всех трубах. Сцепление с трубой больше чем внутренняя прочность полимерного покрытия, в связи с чем покрытие не может отслаиваться в целом, а отрывается только с разрушением. Даже при значительных колебаниях температуры (характерных только для сетей теплоснабжения материал не отслаивается от внутренней стенки трубы).

В состав покрытий, кроме смолы, могут входить волокнистые добавки на основе стекла, которые защищают трубопровод от коррозии и абразивного износа, гарантируя водонепроницаемость стенок.

Факторы, влияющие на возможность применения

Технология применяется в самотечных и напорных трубопроводах круглого поперечного сечения диаметром 150-600 мм из бетона и железобетона, частично поврежденных изнутри коррозией и позволяет выполнить восстановление сразу 100-метрового участка трубопровода.

3.2.2. Монтажные методы восстановления трубопроводов

3.2.2.1. Реставрация с помощью отвердевающих рукавов

Общее техническое описание

В трубопровод вводится гибкий композитный рукав, который после отверждения представляет собой новую трубу, полностью перенимающую все функции (в том числе и несущую функцию) старой.

Материал полимерных рукавов (по зарубежной терминологии - тканевых чулков) должен иметь как минимум два компонента: несущий элемент, например, полимерные волокна (РА, РАН, РЕТ, РР или их комбинации в соответствующих пропорциях), стекловолокно; реактивную смолу, например, ненасыщенные полиэфирные смолы (UP) или эпоксидные смолы (EP).

В особых случаях для достижения специальных свойств полимерных рукавов в них добавляются присадки и наполнители, например, для заполнения объема или повышения жесткости, а также создается пленочное покрытие (внутренняя и внешняя мембрана, например из полиэтилена). Смолы подбираются в зависимости от их химического состава, который способен противодействовать термическим, механическим и химическим нагрузкам, которые должны соответствовать полимерному рукаву. Данные условия определяются заказчиком. Различие химического состава смол обуславливает различные механизмы отверждения полимерного рукава. В нормальном состоянии смолы твердые или вязкие и перед использованием смешиваются с растворителем; чаще всего для этого используется стирол. Свойства усиленных волокнами смол существенным образом зависят от исходных материалов. Варьироваться могут кислотные компоненты, спиртовые реагенты, а также мономеры. Оптимальные свойства достигаются путем подбора наиболее удачных компонент.

Для реализации метода внутрь ветхого трубопровода через смотровые колодцы пропускают рукав, представляющий собой пропитанный термореактивным связующим армирующий материал (стеклоткань, синтетический войлок). Затем во внутреннюю герметичную оболочку рукава под давлением подаётся теплоноситель (пар, горячая вода), который расправляет рукав, прижимает его к внутренней поверхности трубопровода и полимеризует связующее, образуя новую композитную трубу. Выворот и продвижение комбинированного рукава в трубопроводе можно осуществлять при помощи гибкого элемента (троса), давлением жидкой или газовой среды, а также совместным использованием обоих способов.

Основное преимущество метода протаскивания рукава состоит в простоте и доступности технологии и оборудования для её реализации, в высоком качестве и долговечности защитного покрытия, возможности ремонта достаточно изношенных трубопроводов (независимо от материала изготовления) в широком диапазоне их диаметров и длин. С помощью полимерного рукава можно восстанавливать круглые, овальные и специальные профили труб.

Метод используется для санации трубопроводов из различных материалов при любой глубине заложения труб (в грунте или непроходных каналах) и не зависит от типа грунтов, окружающих трубопровод. Он эффективен при следующих видах повреждений труб: трещины (продольные, поперечные, винтообразные и т.д.), абразивный износ, свищи (при отсутствии инфильтрации воды в трубу). При других повреждениях (раскрытых стыках, смещении труб в стыках) необходима предварительная подготовка, обеспечивающая соосность труб в местах дефектов. Комплексные пластиковые рукава обеспечивают требования эксплуатации водоотводящих трубопроводов, а именно: водо и химическую стойкость, физико-механическую устойчивость, гладкую внутреннюю поверхность, гарантирующую высокую пропускную способность и долговечность трубопроводов. Комплексными полимерными рукавами могут восстанавливаться трубопроводы диаметром от 150 до 1400 мм. В зависимости от назначения, состояния и размеров ветхого трубопровода толщина рукавной заготовки варьируется от 5 до 50 мм.

В зависимости от диаметра трубопроводов, для которых предназначены ремонтные покрытия, используются два типа комплексных рукавов: трёхкомпонентный - из плёночного (защитного), армирующего (из синтетического войлока) и раздувочного (из полимерной плёнки), трёхкомпонентный рукав предназначен для труб диаметром 150 – 200 мм; четырёхкомпонентный – из плёночного (защитного), комбинированного стеклоармирующего полотна, армирующего (из синтетического войлока) и раздувочного (из полимерной плёнки); четырёхкомпонентный рукав предназначен для труб диаметром от 300 до 450 мм.

Для определения качества защитного покрытия после завершения всех восстановительных работ на трубопроводной сети должен производиться осмотр внутренней поверхности отремонтированного участка телеустановкой. В большинстве случаев только с помощью современной видеотехники можно определить состояние нанесенного защитного покрытия. В случае видимых

дефектов (разрыв рукава, вздутие и отслоение защитной плёнки, наличие сборок и т.д.) защитное покрытие извлекается из трубы и процесс повторяется.

На сегодняшний день существует множество разновидностей технологии, которые отличаются друг от друга способами введения рукава, его отверждения, диапазоном применения в зависимости от поперечного сечения ремонтируемых трубопроводов, возможностями использования максимальной длины рукава и видом материала пленки «чулка».

Метод восстановления	Характеристика	Преимущества	Недостатки	Оценка
По способу размещения рукава в трубопроводе				
3.2.2.1.1. С протягиванием лебедкой	Рукав тянется из нижележащего колодца лебедкой	Наиболее технически простой и доступный метод	Применение ограничено усилиями на разрыв	Неуниверсальный метод, применим для небольших диаметров и участков
3.2.2.1.2. Выворот лебедкой	Рукав тянется из нижележащего колодца лебедкой на выворот	Простой и доступный метод	Вывернуть с помощью лебедки можно относительно короткие и достаточно мягкие рукава	Не нашел широкого применения из своих ограничений
3.2.2.1.3. Выворот давлением воды (гидровыворот)	Внутри рукава подается вода под давлением	Достаточно простой метод	Расход воды. При требуемом давлении выше глубины колодца необходимо создавать сооружения, их наращивающие, для поддержания необходимого давления	Неприменим при санации напорных трубопроводов с использованием рукава из стеклоткани
3.2.2.1.4. Выворот давлением воздуха (пневмовыворот)	Внутри рукава подается воздух под давлением	Нет проблем из-за контакта полимерной смолы с водой	Сложный метод, требующий специального оборудования (барокамера)	
3.2.2.1.5. Протаскивание лебедкой с гидровыворотом вспомогательного рукава	Вначале осуществляется гидровыворот легкого герметичного вспомогательного рукава. Затем через воду лебедкой протаскивается основной рукав	Возможность размещения в ремонтируемой трубе жестких комбинированных рукавов повышенной прочности	Дополнительные затраты на вспомогательный рукав. Другие недостатки гидровыворота	
3.2.2.1.6. Комбинированный (выворот лебедкой в гидросреде)	Выворот лебедкой осуществляется в трубопроводе, наполненном водой	Нагрузки на рукав значительно снижаются. Достаточно давления воды на уровне	Технически более сложный метод	Ограничения, связанные с применением воды

		колодца		
По способу отверждения полимерной смолы				
А. Горячей водой	Рукав расправляется, прижимается и отверждается горячей водой	Относительно простой метод, не требующий сложного оборудования	Большие потери тепла и расход энергии. При холодных грунтах – сложность обеспечения нужного температурного режима. Существенные ограничения по срокам хранения рукава (для всех термоотверждаемых смол), меньшая прочность рукава	Без ограничений по диаметрам
Б. Паром	Рукав расправляется, прижимается и отверждается горячей водой	Более сложный метод, требующий использования передвижных парогенераторов	Примерно те же недостатки, что у гидротермоотверждения, однако, с учетом возможности поддержания более высокой температуры	Без ограничений по диаметрам
В. УФ облучением	Внутри рукава протаскивается УФ облучатель. Для этого могут применяться как газоразрядные лампы, так и УФ-светодиоды (новейшая разработка)	Наиболее технически простой метод, почти не требует затрат энергии. Использование УФ-отверждаемых смол позволяет повысить качество работ		Наиболее перспективный метод

Размещение рукава в трубопроводе является одной из наиболее ответственных операций технологического процесса реконструкции трубопроводов данным методом. Технологическая операция особенно осложняется при ремонте длинных (более 100 м) участков трубопроводов больших диаметром (более 400 мм).

Внутренняя поверхность трубопровода перед операцией восстановления должна быть очищена в соответствии со степенью А ГОСТ 9.402-80 «Изоляция подземных трубопроводов», что обеспечивается многократным протаскиванием скребкового снаряда с металлическими гребенчатыми и радиальными скребками, специального манжетного снаряда для сбора отложений и поролонового поршня для удаления остатков отложений, а также использованием гидравлической чистки.

3.2.2.1.1. Прямое протаскивание рукава в ремонтируемый трубопровод при помощи лебедки

Наиболее простым и доступным методом размещения рукавной заготовки является ее прямое протаскивание в ремонтируемый трубопровод при помощи лебедки. В этом случае армирующий материал, пропитанный полимерным связующим, должен быть защищен герметичной оболочкой от контакта с внутренней поверхностью ремонтируемого трубопровода. Внешняя пленочная оболочка рукава, во-первых, предотвращает прямой контакт рабочего персонала с полимерным связующим в процессе работы с рукавной заготовкой, а во-вторых, значительно снижает усилия протягивания комбинированного рукава при его размещении.

Однако, "протаскивание" имеет ряд ограничений, которые определяются, прежде всего, массой рукава. Например, масса рукавной заготовки для ремонта канализационного трубопровода диаметром 600 мм и длиной 100 м составляет около 3500 кг, и при протаскивании тяжелого рукава в нем возникают напряжения, сопоставимые с пределом разрывной прочности армирующего материала. Поэтому метод "протаскивания" используют при ремонте относительно коротких (не более 70 м) участков канализационных трубопроводов диаметром не более 400 мм.

Группа методов протаскивания с выворотом

Для размещения тяжелых длинных комбинированных рукавов больших диаметров, а также для обеспечения надежного клеевого соединения рукава с внутренней поверхностью трубопровода (это особенно важно для напорных трубопроводов) используется метод выворота двухслойной рукавной заготовки в ремонтируемый трубопровод. Комбинированный рукав в этом случае представляет собой двухслойную структуру, состоящую из пропитанного связующим компонентом армирующего материала с внешним пленочным термопластичным покрытием. При вывороте такого рукава происходит его продвижение внутрь ремонтируемого трубопровода. Армирующий материал вступает в непосредственный контакт с внутренней поверхностью трубопровода, а внешнее герметичное покрытие оказывается внутри заготовки, предотвращая прямой контакт связующего с теплоносителем.

Более перспективным оказалось размещение рукавной заготовки в трубопроводе методом выворота давлением газовой или жидкой среды.

3.2.2.1.3.. Выворот давлением воды (гидровыворот)

Технологически осуществить гидровыворот комбинированного рукава значительно проще, чем вывернуть его сжатым воздухом. При ремонте самотечных канализационных трубопроводов используют сравнительно мягкие, на основе синтетического войлока, комбинированные рукава. Поэтому для выворота такой заготовки достаточно небольшого гидростатического давления (в пределах 7 м водного столба).

3.2.2.1.4. Выворот давлением воздуха (пневмовыворот)

При ремонте напорных трубопроводов применяются армирующие материалы на основе стеклотканей, пропитанных термопластичным материалом.

Рукава такой структуры более жесткие и для их выворота требуется большее давление. Кроме того, необходимо тщательное обезвоживание их внутренней поверхности, поэтому применение гидровыворота в данном случае противопоказано. При ремонте трубопроводов, работающих под давлением, размещение комбинированного рукава осуществляют пневмовыворотом. Для его осуществления требуется более сложное технологическое оборудование, главным из которых является барокамера, в которой размещается комбинированный рукав. Такое оборудование не только дорогостоящее, но и требующее специального лицензирования.

Метод размещения рукавной заготовки "выворотом" имеет ограничения. При ремонте сильно разрушенных трубопроводов требуются комбинированные рукава специальной структуры. Жесткость таких рукавов может быть очень высокой и вывернуть их даже большим давлением удается не всегда.

3.2.2.1.5. Протаскивание лебедкой с гидровыворотом вспомогательного рукава

С целью расширения области применения метода рукава предложен новый способ размещения комбинированного рукава в ремонтируемом трубопроводе. Способ, объединяющий в себе традиционное протаскивание и выворот, заключается в следующем. Основной комбинированный рукав соединяется с предоблицовочным (вспомогательным) рукавом, изготовленным из герметичного материала - специально обработанной синтетической ткани. При гидровывороте такого рукава внутри него образуется полость, заполненная водой, в которую с помощью вспомогательного рукава за счет действующего на него гидростатического давления протаскивается основной комбинированный рукав.

Движение последнего осуществляется в водной среде, и рукавная заготовка как бы плавает в трубопроводе, не подвергаясь механическим нагрузкам. Главным преимуществом данного способа является возможность размещения в ремонтируемой трубе жестких комбинированных рукавов повышенной прочности.

Вспомогательный рукав необходим лишь на стадии размещения рукавной заготовки в трубопроводе, поэтому его стоимость должна быть минимальной. В то же время рукав для выворота должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать не только действие сравнительно большого гидростатического давления, но и усилие, необходимое для протягивания заготовки ремонтируемого покрытия.

3.2.2.1.6. Комбинированный метод: протягивание или выворот лебедкой в гидросреде

Другой вариант размещения комбинированного рукава протягиванием в жидкой среде отличается тем, что усилие протягивания создается не гидростатическим давлением, выворачивающим вспомогательный рукав, а лебедкой при помощи капронового троса. В этом случае вспомогательный рукав выполняет только функции выворачиваемой оболочки, создающей жидкую среду, обеспечивающую легкое скольжение рукавной заготовки. Применение лебедки не только разгружает вспомогательный рукав на величину усилия протягивания, но и облегчает его выворот, для которого в этом случае требуется меньшее

гидростатическое давление, а, следовательно, отпадает необходимость в громоздких сооружениях, создающих необходимую высоту водяного столба. Для осуществления этого способа размещения рукавной заготовки достаточно высоты столба жидкости, не превышающего глубину смотрового колодца, а сами вспомогательные рукава можно изготавливать из более дешевых материалов.

В одной из первоначальных версий технологии одновременно со своим продвижением по трубопроводу рукав протягивает термостойкий шланг диаметром 80-100 мм, необходимый для циркуляции горячей воды по всей длине ремонтируемого трубопровода. После установки рукава в нужное положение его присоединяют к напорному патрубку бойлерной установки или теплогенератора и начинают нагрев рукава горячей водой до температуры 60-80⁰С. Процесс полимеризации рукава длится от 8 до 16 часов, в зависимости от длины и диаметра восстанавливаемого участка. Заключительной операцией восстановления канализационного коллектора является изготовление лотковой части смотровых колодцев и окончательный контроль качества выполненных работ с помощью видеосъемки.

Наиболее широкое распространение в России получил способ ремонта трубопроводов с использованием гибкого комбинированного рукава, представляющего собой трехслойную структуру, состоящую из армирующего материала (два слоя ровинговой стеклоткани ТР-0,7 и одного слоя синтетического войлока), пропитанного полимерным связующим и заключенного между оболочками из термопластичных пленок. Одной из наиболее ответственных операций технологического процесса изготовления комбинированного рукава является пропитка армирующего материала термореактивным связующим (полиэфирным, эпоксидным и др.). Для равномерной пропитки армирующего материала как по длине, так и по периметру покрытия, а минимизации расхода связующего в заготовке комбинированного рукава, представляющего собой рукавный армирующий материал и внешнюю термопластичную оболочку, по всей ее длине размещают "рукав-емкость". После заполнения "рукава-ёмкости" на заданную длину заглушенный его конец открывают и производят вытягивание с одновременным выдавливанием связующего. В процессе извлечения "рукава-ёмкости" произойдет равномерное распределение связующего внутри армирующего рукава по всей длине заготовки. Для полной пропитки армирующего материала осуществляется отжим заготовки специальным механизированным приспособлением, представляющим собой обрезиненные прижимные валки с приводом, размещенным на раме с колесами. Вращаясь, валки пропускают между собой заготовку, одновременно обеспечивая движение всего приспособления по длине пропитываемого рукава.

После прохождения заготовки через валковое устройство в случае ремонта канализационных трубопроводов необходимо ввести внутрь пропитанного армирующего материала термопластичный плёночный рукав. Последний предотвращает контакт пропитанного армирующего материала с теплоносителем (пар, горячая вода), если рукав размещается в ремонтируемом трубопроводе методом "протаскивания" или с влагой на поверхности трубопровода - в "случае размещения комбинированного рукава в нем методом "выворота".

При размещении внутреннего термопластичного рукава внутри заготовки методом пневматического "выворота" происходит дополнительное выравнивание содержания связующего материала и окончательная пропитка на всю глубину армирующего материала.

Полимеризация внутреннего ремонтного покрытия осуществляется горячим водяным паром при давлении 0,5 кг/см² и температуре 1000С в течение 3 часов.

Однако, термический метод отверждения, используемый при санации паром и водой, неизбежно связан с ростом затрат энергии при понижении окружающей температуры. В условиях сильного падения температуры грунта обеспечить требуемую для полимеризации температуру становится сложно, что ведет к проблемам с качеством конечного продукта

Наиболее перспективной является созданная в Германии в конце 90-х годов и усовершенствованная в дальнейшем технология санации методом «чулка», основанная на применение ультрафиолетового излучения для отверждения полимерного рукава. Наиболее широкое применение данный метод нашел в санации труб от 150 до 1500 мм.

Использование УФ излучения позволяет отказаться от термореактивных смол, которыми до этого пропитывались композитного рукава и, как следствие, в значительной степени снизить чувствительность технологии к влиянию внешних факторов. Результатом применения фотореактивных смол, используемых в санации с помощью ультрафиолетового излучения, явилось, прежде всего, увеличение сроков хранения полимерных рукавов до 6 месяцев без ограничений по температуре хранения, а также устойчивость к изменениям температуры окружающей среды. В свою очередь, указанные выше преимущества позволяют реализовать пропитку композитных рукавов в производственных условиях, что значительно повысило ее качество и сократило время проведения санации, в то время как пропитку термореактивными смолами приходилось обычно осуществлять своими силами непосредственно на строительном объекте.

С целью увеличения скорости отверждения и качества конечного продукта санации параллельно с внедрением УФ излучения в качестве катализатора процесса полимеризации были предприняты значительные изменения в конструкции самого композитного рукава. На смену иглопробивным стеклотканям пришла стеклоткань, имеющая более высокие прочностные характеристики, что позволило в значительной степени снизить толщину стенки рукава и, как следствие, свести потерю рабочего сечения трубы в результате санации практически к нулю. Использование при производстве рукавов современных композитных материалов имеющих значительно более высокий модуль упругости, чем, например, ПЭ-80 или даже иглопробивные стекломаты (10000 Н/мм² против 800 Н/мм² и 2800 Н/мм² соответственно) обеспечивает – более низкую потребную толщину стенки. Это влечет за собой снижение веса рукава, что заметно облегчило сам процесс санации.

При УФ-отверждении раздувка обычно выполняется с помощью компрессора. Гибкий стеклопластиковый рукав раздувается воздухом, после чего он принимает форму восстанавливаемого трубопровода, прилекая к его стенкам и

образуя новую трубу внутри старой. Процесс контролируется оператором с помощью специальных камер, которыми оснащены УФ-излучатели.

После выполнения калибровки (раздувки) УФ-излучатели, предварительно вставленные в рукав, протягиваются с одного конца в другой с заданной скоростью, контролируемой системой.

Процесс санации с УФ отверждением характеризуется наименьшими затратами энергии и низким уровнем шума, отличается минимальным воздействием на окружающую среду. гарантирует высокое качество практически не зависимо от окружающей температуры. Обеспечивает наиболее высокую скорость санации.

Технические и экономические преимущества

Обеспечивает высокую скорость проведения работ (производительность реконструкции методом рукава достигает 300 м/сут).

Отсутствует необходимость создания котлованов и расширения канализационных колодцев.

Позволяет проводить реконструкцию участков большой протяженности, причем непрерывно.

Формируемая композитным материалом новая труба имеет высокую степень адаптации под изменяющееся сечение старой.

Факторы, влияющие на возможность применения

Метод рукава является оптимальным для реконструкции всех типов трубопроводов с диаметрами от 75 до 3000 мм, круглого, овального или квадратного сечения.

При реконструкции трубопроводов диаметром до 600 мм не требуется устройство стартовых котлованов, работы выполняются с использованием существующих канализационных колодцев.

Могут быть реставрированы напорные трубопроводы и дюкеры диаметром до 1400 мм и построенных из различных материалов.

Обеспечивает высокую скорость проведения работ, возможность их осуществления независимо от глубины заложения, среды, в которой находится труба, подлежащая реконструкции (бетон, грунт, камень и т.д.) и независимо от материала, из которого изготовлена труба, подлежащая восстановлению.

Метод эффективен при следующих видах повреждений:

- трещины (продольные, поперечные, винтообразные),
- абразивный износ, свищи (при отсутствии инфильтрации воды в трубу).

При других повреждениях (раскрытых стыках, смещении труб в стыках)

необходима предварительная подготовка, обеспечивающая соосность труб в местах дефектов.

Метод может иметь ограничения, не связанные с ним – по ограничении длины прочищаемого участка трубопровода длиной используемых шлангов для гидравлической очистки (стандартные имеют длину до 100 м).

Существенным условием является необходимость опорожнения и очистки трубопровода, что ограничивает использование метода при отсутствии возможности снятия нагрузки с коллектора. До определенных расходов эта возможность обеспечивается с помощью перекачки (вакуумной перекачки) по временному наземному байпасу. Однако, это обстоятельство во многом снижает преимущества, связанные с минимизацией воздействия на уличное движение.

Профиль прочищаемого участка должен иметь постоянный уклон, обеспечивающий сток воды из трубопровода.

Для исключения застревания рукава на поворотах и образования складок рукава угол поворота трубопровода при санации должен быть следующим: для труб диаметром 150 мм — менее или равен 15° , для труб диаметром 300—900 мм — менее или равен 45° .

К недостаткам метода можно отнести относительно высокую стоимость материалов и смолы, а также необходимость тщательной очистки трубопроводов перед санацией при помощи дорогостоящих машин гидравлической очистки высокого давления и полного высушивания внутренней поверхности. Так, в случае неполного приклеивания рукава к старой трубе существует опасность его отслоения в дальнейшем, если в этом месте появится или уже существует свищ, через который возможно проникновение грунтовых вод.

3.2.2.2. Восстановление с помощью гибких или соединяемых полимерных труб

Группа методов заключается во введении в поврежденный трубопровод (либо формировании в нем) новых труб, как правило, из полиэтилена.

В зависимости от условий может выполняться с помощью длинных труб (так называемый «длинный релайнинг») и коротких отрезков труб («короткий релайнинг»).

По конструктивным отличиям сплошные покрытия условно делятся на четыре вида: обычная круглая длиномерная труба; профилированная труба, поперечное сечение которой временно уменьшено и которая восстанавливает свою первоначальную форму, обеспечивая при плотном прилегании к внутренней поверхности изношенного трубопровода незначительное уменьшение его диаметра; предварительно деформированный (уменьшенный в диаметре) полимерный трубопровод, имеющий «термическую память» принятия первоначальной формы с течением времени; трубные модули в виде коротких труб со штекерными разъемами или резьбовыми соединениями.

Метод наиболее перспективен в тех случаях, когда необходима полная замена участка трубопровода с увеличением его диаметра, что ведёт к повышению его пропускной способности. Длина полимерного модуля в большей степени определяется размерами смотровых колодцев на ремонтном участке сети, в которых предполагается производить сборочные работы, и в меньшей степени наружным диаметром самих модулей. Особое внимание в процессе проталкивания модулей должно уделяться обеспечению и сохранению их герметичного соединения при относительно малых усилиях сборки, осуществляемых вручную или с использованием подручных средств малой механизации. Замковые соединения модулей должны выдерживать осевые растягивающую и сжимающую нагрузки при проталкивании труб.

Метод восстановления сетей полимерными модулями используется для санации трубопроводов из различных материалов при любой глубине заложения труб в грунте и не зависит от типа грунтов, окружающих трубопровод. Он наиболее эффективен при следующих видах повреждений: трещины (продольные, поперечные, винтообразные и т.д.), абразивный износ, свищи, раскрытые стыки, смещение труб в стыках и т.д.).

В основе многих технологий этой группы лежат свойства полиэтилена, которые позволяют эффективно использовать его при восстановлении трубопроводов:

- принимать первоначальную форму,
- возможно использование бесшовной сварки плавлением,
- высокая сопротивляемость динамическим нагрузкам.

При бесшовной сварке плавлением труба может быть соединена с другой полиэтиленовой арматурой, например клапанами, боковыми отводами, задвижками и т. д., обеспечивая полную герметизацию системы.

Важное свойство полиэтилена принимать первоначальную форму благодаря своей специфической молекулярной структуре используется для изготовления складывающихся труб и дает не только экономию при перевозке, но большие возможности при реставрации сетей. По завершении прокладки на saniруемых участках сети звеньев труб принимают свою первоначальную форму, создавая герметичную обделку, вплотную примыкающую к внутренней поверхности практически любых типов трубопроводов.

Бестраншейные технологии укладки предполагают значительные нагрузки на стенки полиэтиленовых труб в момент производства работ, поэтому требуются еще более надежные полиэтиленовые трубы, усиленные наружным защитным слоем. В трубах с защитным покрытием механические повреждения принимает на себя наружное покрытие, а внутренняя рабочая труба сохраняет первоначальные характеристики и полную работоспособность после протяжки, даже при максимальном рабочем давлении.

При проведении работ по замене существующих трубопроводов с их

разрушением, существенно снижается вероятность повреждения новой полиэтиленовой плети острыми металлическими частицами. Еще одним преимуществом защитного слоя является светоизоляция полиэтиленовой трубы, в которой материал оболочки стоек к ультрафиолетовым лучам. Этот факт снижает риск потери эксплуатационных характеристик напорных труб при хранении под открытым небом.

В утвержденных «Технических требованиях к трубам, применяемым в системах наружного водоснабжения и канализации на объектах МГУП «Мосводоканал», начиная с 01.01.2009 г. предусмотрено применение при протяжке полиэтиленовых труб только с усиленным защитным покрытием.

Группа методов с предварительным сжатием труб

Основная задача этих технологий заключается в протяжке в трубопровод новой трубы практически такого же диаметра. Эта задача решается путем предварительной обработки плети труб с учетом свойств полиэтилена к восстановлению формы.

3.2.2.2.1. С термообработкой полиэтиленовой плети

Общее техническое описание

Предварительно собранная плеть из полиэтиленовых труб пропускается через калибр, нагреваемый до температуры 100-120⁰С, где труба уменьшается на несколько сантиметров в диаметре, что облегчает процесс протяжки. Когда труба установлена в старом трубопроводе, в течение примерно 24 часов происходит восстановление её первоначального диаметра и полное прижатие к внутренней поверхности трубопровода, при этом не образуется межтрубный зазор.

Продолжительность восстановления первоначальной формы трубы зависит от диаметра и протяжённости реконструируемого участка трубопровода и может составлять 3-5 часов. После восстановления первоначальной формы полиэтиленовой трубы ремонтный участок охлаждается подачей в трубопровод воздуха с давлением не выше 0,3 МПа. Время охлаждения зависит от диаметра трубопровода, температуры окружающей среды и может составлять от 2 до 6 часов. Окончание процесса охлаждения определяется достижением температуры 30⁰С, измеренной на дальнем конце реконструированного участка сети.

Протаскивание трубы выполняется с помощью головки для протягивания, которая закрепляется в начале новой трубы. Труба протаскивается вперед с помощью троса. Направляющий ролик в начале старой трубы контролирует введение новой трубы.

Технические и экономические преимущества

Новая труба имеет тот же размер, что и старая, за вычетом толщины используемого материала.

Используется несложное оборудование.

Факторы, влияющие на возможность применения

Метод применяется для восстановления стальных, чугунных и асбестоцементных труб, поврежденных внешней и внутренней коррозией и имеющих дефекты в стыковых соединениях.

Метод чувствителен к остановкам процесса (например, поломка лебедки), в результате которых плетть может расширяться до окончания ее протаскивания.

Применим для трубопроводов диаметром до 500 мм

3.2.2.2.2. С механической обработкой полиэтиленовой плети

Общее техническое описание

Отличается от предыдущей тем, что полиэтиленовый трубопровод подвергается только механической обработке в специально сконструированном устройстве, которое имеет валики для сжатия труб. После введения трубопровода в канал старого коллектора в его подают воду под давлением (необходима герметизация), благодаря чему труба возвращается к своему первоначальному диаметру.

Технические и экономические преимущества

Восстановление размера полиэтиленовой трубы является контролируемой операцией, что позволяет продолжить работы после задержек. Даже при поломке лебедки возобновление работ, когда полиэтиленовая труба частично находится в первичной, не представляет проблемы.

Факторы, влияющие на возможность применения

Полиэтиленовая труба может монтироваться от диаметра 100 мм до 1000 мм.

3.2.2.2.3.. С использованием труб меньшего калибра (метод «труба в трубу»)

Пластмассовые (полиэтиленовые, полипропиленовые, поливинилхлоридные) трубы длиной 10-12 м, которые свариваются в плетть, она либо втягивается, либо вталкивается в поврежденный трубопровод. Для введения плети в старый трубопровод на начальном участке разрабатывается котлован. Перед ним на поверхности земли производится термическая сварка труб с усилением, а затем обработка стыков (снятие стружки). В предварительно очищенный коллектор способом протяжки можно ввести плетть труб диаметром до 1 м и длиной до 800 м. Межтрубный зазор заполняется цементно-песчаным раствором при помощи бетононасоса.

Желательно, чтобы поврежденный трубопровод не имел колен с углом более 10^0 и большого числа ответвлений.

3.2.2.2.4. С использованием цельных гибких труб

Как правило, для его реализации используют двухслойные трубы, состоящие из наружной гофрированной и внутренней - гладкой составляющей. Специальные муфтовые соединения либо заводской нагревательный элемент, которым снабжен один из концов трубы, позволяют соединять или сваривать

отдельные секции в плетъ необходимой длины прямо на месте производства работ.

Подобные трубы обладают высокой механической прочностью и имеют радиус изгиба 3Д, что позволяет монтировать их с поверхности земли через люк колодца.

В старую, предварительно очищенную трубу, с помощью лебедки протаскивают полимерную трубу. Межтрубный зазор заделывается цементно-песчаным раствором.

Технические и экономические преимущества

Метод достаточно прост, не требует сложного и дорогостоящего оборудования, а темпы восстановления высоки.

Основные недостатки метода:

- заметное уменьшение (на 10-15%) внутреннего диаметра трубопровода после ремонта;
- необходимость заделки межтрубного зазора.

Факторы, влияющие на возможность применения

Метод с использованием гибких труб получил широкое применение среди прочих способов восстановления канализационных трубопроводов небольшого диаметра (до 300 мм),

3.2.2.2.5. Реставрация с использованием мерных или коротких труб

Общее техническое описание

Формируемая непосредственно перед введением в поврежденный трубопровод плетъ полиэтиленовых («короткий релайнинг», ВИП-лайн), либо стеклопластиковых труб размещается в восстанавливаемом трубопроводе. Полиэтиленовый трубопровод с помощью троса перетягивается, либо с помощью домкрата проталкивается в сторону следующего канализационного колодца. Стеклопластиковые трубы размещаются:

- методом протаскивания (проталкивания) на центраторах (спейсерах);
- с использованием тележки.

Подсоединять отрезки труб возможно:

- путем сварки, либо посредством раструбного или муфтового соединения в предварительно выкопанной траншее,
- соединением на резьбе (либо на муфтах) коротких отрезков полиэтиленовых труб непосредственно на дне существующего канализационного колодца.

Для восстановления коллекторов большого диаметра обычно применяют стеклопластиковые трубы длиной 6 м.

В напорных трубопроводах могут также быть применены трубы из ВЧШГ со специальными покрытиями

Трубы из ВЧШГ защищают двухслойным покрытием. Для труб DN до 700 мм используется оцинкование, с вторым слоем в виде полиэтиленового усиленного покрытия, для труб DN 800-1200 рекомендуется наружное покрытие PUX (полиуретан толщиной 900 мкм, защищенным эпоксидным покрытием толщиной 300 мкм). Трубы должны иметь усиленное соединение (замок).

После введения труб свободный промежуток между новым трубопроводом и существующим каналом заполняется либо специальным наполнителем, либо цементно-песчаным раствором. Он предохраняет от обвалов поврежденный трубопровод и вместе с вновь установленным трубопроводом и старым каналом создает единый трехслойный элемент, который обеспечивает равномерное окружение трубопровода, защищает его от проникновения в межтрубный зазор грунтовых вод, компенсирует возможные температурные влияния, заполняет полости и пустоты вокруг старого трубопровода, которые часто возникают вследствие вымывания грунта при протечках.

Технические и экономические преимущества

Максимальная простота из всех методов, практически не требуется оборудование, за исключением лебедки и бетонасоса.

Соединение стеклопластиковых труб в плетъ и протяжка осуществляется в потоке сточной жидкости без осушения ремонтируемого коллектора и устройства перекачки стоков в обход ремонтируемого участка. Это один из двух методов реставрации, который позволяет такой монтаж.

Одни из самых долговечных методов (наряду с методом рукава)

Факторы, влияющие на возможность применения

Основной недостаток этого метода с применением труб с резьбой - значительное (наибольшее среди всех методов восстановления) уменьшение внутреннего диаметра существующего трубопровода, поскольку для него требуются трубы с толстыми стенками, чтобы на их концах можно было нарезать резьбу для соединения. Использование для соединений муфт не избавляет от этой проблемы.

При использовании стеклопластиковых и полиэтиленовых труб диаметр saniруемого трубопровода уменьшается на 100 мм.

Аналогично другим подобным методам – к недостаткам можно отнести необходимость заделки межтрубного зазора.

Использование стеклопластиковых труб особенно целесообразно в ситуациях, когда нельзя снять расход сточных вод с коллектора.

3.2.2.3. Формирование трубы из профильных пластиковых лент

Общее техническое описание

Заготовки для спирально-навивных технологий выполняются в виде лент из высокопрочных материалов - ПВХ (поливинилхлорида) или ПЭВП (полиэтилен высокой плотности), усиленного стальной арматурой- Конфигурация стенки трубы из профиля – двойное замковое соединение полосок профиля, включающее полимерную прокладку в области соединения охватываемого паза-защелки.

Для создания большей прочности, применяют профиль, армированный стальными полосками. Каждая полоска профиля имеет двойной запорный

механизм для спиральной навивки. Скрепление совмещенных краев последовательно идущих полосок профиля образует механический замок.

Герметичность создается за счет соединения главного замка и второстепенного, таким образом, предупреждая попадание воды в места соединения полосок профиля. Спирально-навивной профиль перевозится на объект на шпулях длиной до 5000 пог. м ленты

Процесс наматывания трубы осуществляется с помощью устройства, устанавливаемого по оси трубопровода внутри колодца. Процесс намотки с помощью специального станка, размещаемого в трубопроводе, происходит непрерывно от одного колодца к другому.

При благоприятных условиях скорость образования трубы из профилей составляет около 1 м/мин. За одну операцию санирования может быть пройден отрезок трубопровода длиной до 200 м.

После процесса наматывания оставшееся свободное кольцевое пространство между дефектной канализационной трубой и полихлорвиниловой спиральной трубой может заполняться специальным составом для повышения статической прочности. Для труб круглого сечения, не сильно разрушенных и не проходящих под дорогами заливка может не производиться.

По другому варианту метода в дефектный трубопровод заводится труба, выполненная из профильной ленты диаметром около 70% от диаметра коллектора. после этого труба расширяется за счет сдвигания витков ленты до диаметра коллектора так, чтобы лента касалась ребрами профилей поверхности старого трубопровода. После этого производится заделка межреберного пространства. В этом варианте заливка межтрубного пространства цементным раствором не требуется.

Раствор для заливки межтрубного пространства содержит эмульсию смолы и неорганический сжимающийся поглотитель, сцепление раствора с основной трубой чрезвычайно высоко. Так как раствор имеет превосходные характеристики текучести и его объем увеличивается после вулканизации в процессе заливки от 2 до 3%, он проникает в трещины и неровности внутренней поверхности главной трубы и практически не образует пузырьков и пустот.

Заливка производится с производительностью до 700 метров в неделю

Технические и экономические преимущества

Плотно прилегает к стенкам существующей трубы, за счет чего обеспечиваются лишь минимальные потери поперечного сечения. Отсутствие волнистости и морщин, даже если стыки с основной трубой видны.

Может использоваться в трубах в очень плохом состоянии и при наличии структурных дефектов.

Технология не связана с воздействиями на материал: отсутствуют сдавливание, растяжение и нагрев (в случае, если работы проводятся в холодное время года, может требоваться предварительный подогрев профиля для обеспечения необходимой его эластичности).

При любых диаметрах может производиться через колодцы. Нет необходимости хранить трубы вблизи проведения работ. Небольшие вспомогательные транспортные средства, не нарушающие движение на дорогах.

Материал и прочность сформированной трубы не изменяются даже в сложных условиях эксплуатации.

При проведении работ не нужно прекращать функционирование трубопроводов (этим преимуществом обладают очень немногие методы реставрации). Процесс санации может производиться при уровне жидкости до 30% от сечения трубы и скорости потока до 5 м/сек.

Факторы, влияющие на возможность применения

Может применяться практически любой формы: круглых, овальных и прямоугольных. Навивочная машина включает направляющую раму, изготавливаемую для каждого проекта в соответствии с формой ремонтируемой трубы.

Не требуется проведение земляные работы, требуется минимальная площадь.

Отремонтированная по спирально-навивной технологии труба работает как составная, поэтому при приложении нагрузки эти три элемента не будут деформироваться по отдельности, а будут вести себя, как одно целое. Таким образом, прочностные характеристики существующего трубопровода не восстанавливаются, а увеличиваются.

Оборудование для навивки относительно простое, не требует существенных энергозатрат, давления и т.п. сложностей.

Технология, практически универсальная для самотечных трубопроводов: диаметры от 350 мм до 5500 мм (т.е. кроме малых диаметров) и любые формы поперечного сечения.

К недостатку метода можно отнести его очевидную привязку к производителю ленты.

3.2.2.4. Восстановление с помощью сложенных труб и пленок

В основе этой группы технологий также лежат уникальные свойства полиэтилена, в том числе к восстановлению своей формы.

3.2.2.4.1. Восстановление с помощью полиэтиленового гибкого облицовочного материала с анкерными ребрами

Общее техническое описание

Эта технология позволяет реставрировать канализационные трубопроводы диаметром 400-3000 мм, в том числе те, которые имеют специфический профиль, например, шатровый или овальный канал.

Облицовочным материалом обычно является полиэтиленовая или пропиленовая пленка толщиной 2-5 мм с анкерными выступами, которые образуются в процессе изготовления этого материала таким образом, что между

пленкой и анкерами нет сварного соединения, которое ослабляло бы прочность облицовочного материала. В заводских условиях пленка сваривается в виде рукава длиной до 100 м, наматывается на барабаны многоразового использования и в таком виде поставляется потребителям.

Установке облицовочного материала может предшествовать установка двусторонне гладкой пленки (прелайнера) которая протягивается в трубу до начала монтажа. Это позволяет, после монтажа анкерной пленки, создать межслойное пространство, которое герметизировано по внутренней и внешней поверхности, и тем самым, предотвратить засорение или закупорку боковых труб цементным раствором. Также если труба, подлежащая ремонту, находится вблизи или ниже уровня грунтовых вод, прелайнер используется для того, чтобы не допустить разжижения ими цементного раствора.

В конструкциях с повышенной нагрузкой по несущей способности вместо прелайнера может быть использована аналогичная пленка с анкерами. Монтаж каждого слоя системы производится отдельно. Внешнее цементирование вокруг каждого слоя надежно соединяет его с прилегающим внутренним слоем, что в результате приводит к усилению конструкции и созданию композитной структуры Полиэтилен/Цемент.

При облицовке эластично деформированный рукав с помощью втягивающего устройства на месте ремонтных работ вводят через существующие канализационные колодцы в поврежденный трубопровод. После этого рукав закрывают с двух сторон (между колодцами) резиновыми пробками и наполняют водой. Под действием давления воды форма рукава восстанавливается до формы поперечного сечения канала трубопровода.

Давление воды при облицовке поддерживается в рукаве не менее 24 часов. Все это время контролируется герметичность рукава (чтобы удостовериться, что рукав не получил повреждений во время транспортировки, намотки и размотки с барабана), и только после этого полость между облицовочной пленкой и старым трубопроводом заполняют специальной инъекционной композицией, слой которой должен соответствовать высоте анкерных выступов. После отвердения инъекционная масса имеет прочность, которая соответствует прочности бетона марки 400.

Технические и экономические преимущества

Легкость монтажа. Небольшая материалоемкость. Благодаря незначительной толщине облицовочного материала по периметру между стенкой трубопровода и облицовочной пленкой образуется узкий промежуток шириной 2-3 см и получается незначительное уменьшение поперечного сечения.

Может использоваться на трубопроводах с разрушениями.

Факторы, влияющие на возможность применения

Система пригодна для санации труб, имеющих внутренний диаметр от 250 мм до 2000 мм, вне зависимости от того, является ли поперечное сечение восстановленной трубы круглым, овальным или имеющим другую конфигурацию.

Метод требует предварительной очистки и удаления всех острых предметов в старой трубе, которые могут повредить материал пленки. Иногда этот процесс занимает достаточно много времени и требует материальных затрат, поскольку, особенно если старая труба сварена из стальных труб, в них могут попадаться концы электродов, оставшихся от сварочных работ, или острые наплывы сварки.

Для восстановления труб с внутренним диаметром более 2000 мм и коленчатых патрубков и поворотов в трубах большого диаметра предлагаются специальные сегментные облицовочные листы.

3.2.2.4.2. С помощью сложенных U-образных и Ω -полиэтиленовых труб *Общее техническое описание*

Полиэтиленовую трубу ekstrудируют из высокопрочного полиэтилена большой длиной, термомеханическим путем приводят её в U-образную или Ω -образную форму, сильно сокращающую поперечное сечение полиэтиленовой трубы, и наматывают последнюю на барабаны для транспортировки, с которых они разматываются и непосредственно подаются в восстанавливаемый трубопровод со скоростью до 15 м/мин. Изменение поперечного сечения стандартных круглых полиэтиленовых труб может производиться как в заводских условиях, так и непосредственно на строительной площадке в специальной формовочной машине без разогрева трубопровода.

Деформации такого эластичного материала как полиэтилен требуют закрепления полученного профиля удерживающими бандажами. Эти ленты-бандажы выполняются из полипропилена, поэтому они не могут повредить внешнюю поверхность новой полиэтиленовой трубы. Крепление бандажей производится таким образом, чтобы усилие на разрыв в замке было строго определённым.

После ввода в санируемый участок деформированная труба обрезается до нужной длины и глушится специальными заглушками. При подаче в трубу сжатой паровоздушной смеси она принимает свою первоначальную круговую форму (эффект памяти) таким образом, что происходит плотное прилегание к стенкам старой трубы.

После протаскивания в восстанавливаемый трубопровод полиэтиленовая профильная труба обрезается до нужной длины и глушится специальными заглушками подвергается обратной деформации, сопровождающейся прогревом трубы при помощи пара под давлением 0,1-0,3 МПа с температурой 105°C. В результате этого активизируется специфическая для данного материала способность «воспоминания формы» и деформированная полиэтиленовая труба приобретает первоначальное круглое сечение, плотно прилегая к стенкам

восстанавливаемого трубопровода. Старый трубопровод используется, таким образом, как направляющий каркас и может служить дополнительной защитой (футляром).

Технические и экономические преимущества

На протяжении многих лет этот метод зарекомендовал себя как недорогой и достаточно быстрый способ санирования дефектных трубопроводов. За одну проходку может быть восстановлен трубопровод длиной до 600 м.

Основной отличительной особенностью протягивания полиэтиленовых профильных труб от круглых является использование меньшего тягового усилия на лебедке по причине сложенной формы и меньшего трения профильной трубы о стенки подлежащего восстановлению трубопровода.

При санировании самотечных канализационных трубопроводов производить земляные работы не надо, так как в этом случае для ввода трубы могут быть использованы канализационные колодцы, либо с незначительными земляными работами.

Факторы, влияющие на возможность применения

Диапазон использования - безнапорные и напорные (с рабочим давлением до 10 атм) трубопроводы с условным диаметром от Ду = 100-150 мм до Ду = 450 мм.

Метод требует предварительной очистки и удаления всех острых предметов в старой трубе, которые могут повредить материал трубы. Иногда этот процесс занимает достаточно много времени и требует материальных затрат, поскольку, особенно если старая труба сварена из стальных труб, в них могут попадаться концы электродов, оставшихся от сварочных работ, или острые наплывы сварки.

3.2.2.4.3. С помощью сложенных многослойных рукавов

Общее техническое описание

Сложенный и намотанный на барабан рукав втягивается в трубопровод лебедкой и впоследствии расправляется давлением транспортируемой воды. Рукава могут иметь различную конструкцию, сочетающую в себе герметичный, гигиеничный и гладкий внутренний слой, несущий армирующий слой и внешний защитный слой, стойкий к истиранию и разрезу.

В одном из исполнений внешний и внутренний слои выполняется из устойчивого к истиранию и гладкого ПЭ, а внутренний несущий слой - из бесшовной арамидной ткани (кевлар). Толщина такого рукава – менее 1 см.

На концах рукав закрепляется к существующей трубе при помощи герметичных соединителей, способных выдерживать большое давление. В зависимости от предъявляемых требований соединитель может быть оснащён или фланцем или привариваемым концом.

Технические и экономические преимущества

Простой и быстрый метод. За один раз возможна доставка к месту работ до 4000 м на транспортном барабане. Высокая гибкость позволяет втягивать также через дуговые участки до 30°.

Обеспечивает минимальные потери в диаметре благодаря малой толщине стенок (до 1 см).

Ремонт гарантирует срок службы не менее 50 лет

Факторы, влияющие на возможность применения

Метод может быть использован как для ремонта повреждённых линий, так и для усиления существующих линий для повышения давления. Возможно также применение в качестве обводной трубы или для аварийной подачи по временной схеме.

3.2.3. Методы эксфильтрации

3.2.3.1.. Герметизация путем эксфильтрации уплотняющих компонентов

Общее техническое описание

Основной процесс герметизации поврежденного трубопровода и грунта вокруг него в местах повреждений осуществляется в два этапа. Сначала участок трубопровода заполняется субстанцией "А" и в зависимости от местных условий в нем поддерживается высокое давление 10-40 КПа. Вследствие этого субстанция "А" проникает в неплотности и в грунт вокруг трубопровода. Падение давления компенсируется постоянным добавлением субстанции в трубопровод до момента прекращения падения давления.

Приблизительно через 30 минут осуществляется второй этап - остатки субстанции "А" откачивают и в опорожненный трубопровод нагнетается субстанция "Б". Вследствие реакции между компонентами "А" и "Б" образуется водонепроницаемая желеобразная субстанция. Процесс инъекции завершается, после чего производится откачка субстанции "Б".

Если в трубопроводе имеются значительные неплотности или грунт вокруг трубопровода имеет большой коэффициент фильтрации, то поддерживать достаточный уровень давления невозможно. В этом случае процесс нагнетания и уплотнения приходится выполнять еще раз или даже многократно. Откачивание субстанций "А" и "Б" в этом случае осуществляется с более короткими интервалами времени. Оставшиеся неплотности и пустоты постепенно заполняются образующимся водоупорным веществом. Субстанции "А" и "Б" после очистки можно использовать вторично. Процесс инъектирования и уплотнения сопровождается ТВ-контролем.

Одновременно с трубопроводом герметизируются и колодцы.

Технические и экономические преимущества

Не требуется тщательная очистка трубопровода. Не применяются земляные работы. Происходит герметизация не только трубопровода, но и пространства вокруг неплотностей.

Факторы, влияющие на возможность применения

Целесообразен на участках, на которых затруднено использование других методов.

3.3. Реконструкция трубопроводов водоотведения

Бестраншейные технологии реконструкции – это технологии, дающие возможность без вскрытия существующего канала заменить его на этом же месте новым с одинаковым или большим поперечным сечением.

Общими преимуществами реконструкции являются отсутствие необходимости подготовки трубопровода (промывка, прочистка, высушивание), нечувствительность к разрушениям трубопровода (кроме меняющих его трассу).

В связи с одинаковыми подходами к выполнению работ по реконструкции трубопроводов водоснабжения и водоотведения данная информация приведена в разделе «Новое строительство и реконструкция сетей водоснабжения и водоотведения»

3.4. Восстановление проходных каналов

В проходных каналах имеется возможность передвижения рабочих, поэтому многие из технологий восстановления трубопроводов не находят применения в основном из экономических соображений. К ним относятся технологии с применением канализационных роботов, уплотнения с помощью дистанционно управляемых пакеров, методы со сложенными (U-лайнинг) и предварительно сжатыми трубами. Исходя из масштаба и конструктивных соображений также не применяются технологии с разрушением существующего канала.

Некоторые из вышеприведенных реставрационных технологий, например короткий релейинг, метод рукава могут быть использованы в проходных каналах.

Кроме того, для них разработаны специфические технологии для больших сечений каналов. Их также можно использовать и для восстановления канализационных колодцев. Эти технологии сводятся к облицовке канала элементами заводского изготовления, стойкими к коррозии и истиранию. Как правило, элементы изготавливаются по индивидуальному заказу после точного определения размеров поперечного сечения канала.

При проведении облицовочных работ, прежде всего, необходимо подготовить внутреннюю поверхность тоннельных коллекторов. Подготовка включает в себя очистку стен от продуктов коррозии, торкретирование поверхности канала и выравнивание.

Существует два варианта крепления облицовочных листов:

- прямой, непосредственно на конструкцию тоннеля (в заводских условиях при новом строительстве);
- побочный - на несущий поперечный разрез коллектора с помощью цементного раствора (при ремонте).

Для облицовки используются:

- крупноразмерные элементы из стеклопластика (после монтажа элементов в канале производится нагнетание цементно-песчаного раствора в кольцевое пространство между вновь установленными панелями и внутренней поверхностью трубопровода);
- пленки и плитки, изготовленные из стеклотекстильного полотна, пропитанного полиэфировыми смолами. Такие покрытия прикрепляются к бетону с помощью дюбелей;
- стеклянные покрытия (применяется специальное стекло, стойкое к ударам, изгибу и перепаду температур);

- листы пластика (толстой пленки) с анкерными выступами;
- керамические плитки. В заводских условиях из отдельных керамических плиток с помощью эпоксидной смолы формируются большеформатные листы общей площадью до 1 м² и более (с учетом возможности подачи их в тоннель к месту установки через смотровые шахты). Шов между облицовочными листами заполняется эпоксидной смолой, что обеспечивает однородность облицовки. Разработанная система не относится к самонесущим облицовкам, т.е. облицовочные плиты должны быть прочно соединены на цементном растворе с несущими элементами тоннельных коллекторов;

- поликварцитные модули. Поликварцит – полимербетон, двухкомпонентный композитный материал, состоящий из связующего полимера (высокореактивной ортофосфатной смолы) и минерального наполнителя (кварцевой муки, песка и щебня). Поликварцит обладает сравнимыми характеристиками по прочности на сжатие как с бетоном так и с гранитом, но в отличие от них также воспринимает нагрузки на растяжение.

3.4.1. Облицовка крупноразмерными элементами из стеклопластика.

Они подразделяются на :

- традиционные - однослойные, состоящие из слоев стекловолокна и насыщенных смол. Жесткость таких панелей достигается за счет увеличения толщины стенки;

- многослойные, обеспечивающие высокую жесткость при меньшей толщине.

Один из вариантов многослойных сборных элементов реализован следующим образом: панель, толщиной около 1,5 мм, изготавливается из высококачественной сетки, пропитанной изофталевой или винилэстеровой смолой, затем следуют несколько слоев тщательно пропитанного, многоосного материала и рубленого стекловолокна, которые и формируют внутренний слой «сэндвич-панели». Центральный слой состоит из смеси кварца и смолы. Слой, прилегающий к существующей поверхности, состоит из многоосного материала, рубленого стекловолокна и смолы. Для наилучшего сцепления с цементной заливкой (во время монтажа) поверхность выполняется рифленой.

Элементы для санации каналов стандартных сечений могут поставляться как типовые. Для нестандартных размеров сегменты трубопровода для каждого проекта выполняются на заказ, чтобы соответствовать требуемым размерам и форме. Необходимая информация собирается во время детального обследования, по результатам которого изготавливается трафарет.

При использовании стандартных сечений могут применяться цельные отрезки стеклопластиковых труб длиной 1–5 м с расчетной толщиной стенки. Для облегчения доставки на объект и снижения транспортных издержек труба может быть предварительно разрезана на заводе в продольном направлении на две полутрубы, которые будут склеены непосредственно перед установкой. Стенка

трубы работает как двутавровая балка, т.е. нагрузка приходится на наружный и внутренний слой. Средний слой является связующим, поэтому для его изготовления используется минеральный наполнитель. Трубопровод, построенный из композитных элементов, является самонесущим и может применяться как для прокладки в уже существующих коллекторах, так и для новой прокладки в грунтах любой сложности на любых глубинах.

Ожидаемый срок службы восстановленного трубопровода – минимум 50 лет (производители рассчитывают до 100 лет).

Все секции устанавливаются строго по центру существующей трубы. Зазор между «старой» и «новой» трубами заполняется низко вязким быстро твердеющим и высокопрочным цементным раствором.

3.4.2. Метод вставок

В заводских условиях изготавливаются вставки - отдельные короткие секции комбинированных тонкостенных труб. Их внутренняя часть футеруется либо керамическими плитками на эпоксидной смоле, либо пластиковыми листами. Для создания жесткости эти коррозионно-стойкие оболочки армируются каркасами, которые заполняются бетоном. Полученная двухслойная короткая труба - вставка вводится в поврежденный тоннель и играет роль несъемной опалубки. Зазор между этой опалубкой и старым каналом заполняется цементно-песчаным раствором.

Технологическая схема возведения монолитной отделки состоит из двух технологических циклов: протягивание в трубопровод несъемной опалубки-футеровки с армокаркасами или без них и нагнетание раствора. При вводе в трубопровод колец или труб опалубки-футеровки с армокаркасами осуществляется протягивание армокаркасов, которые при необходимости последовательно зацепляются. В середине армокаркасов размещается опалубка-футеровка, которая стыкуется и перемещается вместе с армокаркасами.

Технические требования в области восстановления самотечных и напорных трубопроводов водоотведения (пример)

Данная информация представляет собой адаптированные для размещения в справочнике выдержки из документа «Технические требования ОАО «Мосводоканал» к проектированию объектов водоснабжения и водоотведения в г.Москве при новом строительстве и реконструкции», размещенного на сайте этой организации в открытом доступе.

Не следует рассматривать эти требования как определенную рекомендацию использовать только перечисленные в них методы и не использовать отсутствующие, но только как информативное обобщение многолетнего опыта одного из наиболее передовых и самого крупного предприятий ВКХ России.

Трубы, технологии строительства и нормативная документация, применяемые при восстановлении самотечных и напорных канализационных трубопроводов

Самотечные трубопроводы
Диаметр до 1200 мм
Монтаж труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) на неразъемном соединении с наружным цинковым покрытием и внутренним химически стойким покрытием с центровкой трубы. ГОСТ Р ИСО 2531-2008, СП 66.133330.2011, МГСН 6.01-03
Монтаж труб из полиэтилена ПЭ100 на сварном соединении ГОСТ18599-2001 с центровкой трубы. МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Монтаж стеклопластиковых труб, предназначенных для релайнинга, изготовленных методом цен-трифугирования, имеющих внутренний лайнер на основе винилэфирного связующего толщиной не менее 1,0 мм на муфтовом соединении с центровкой трубы. Жесткость не менее SN 5000 Н/м2. ИСО 10467, СП 40-105-2001, СК 2418-09, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Монтаж полимерных двухслойных профилированных (гофрированных) труб для безнапорных трубопроводов из полипропилена с классом жесткости не ниже 16 кН/м2 с центровкой трубы. Соединение муфтовое или раструбное. ТУ 2248-001-73011750-2005, ГОСТ Р 54475-2011 СП 40-102-2000, МГСН 6.01-03
Инвертирование термоотверждаемого композитного армированного рукава, выполняемого по МГСН 6.01-03
Инвертирование комплексного рукава, изготовленного по ТУ 2256-001-59785315-2009, МГСН 6.01-03
Инвертирование полимерного рукава, выполняемого по МГСН 6.01-03
Диаметр от 1200 до 3000 мм
Монтаж труб из полиэтилена ПЭ100 на сварном соединении с центровкой трубы. ГОСТ18599-2001 МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Монтаж стеклопластиковых труб, предназначенных для релайнинга,

изготовленных методом центрифугирования, имеющих внутренний лайнер на основе винилэфирного связующего толщиной не менее 1,0 мм на муфтовом соединении с центровкой трубы. Жесткость не менее SN 5000 Н/м ² . ИСО 10467, СП 40-105-2001, СК 2418-09, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Монтаж стеклопластиковых сегментов трубопроводов, изготовленных на основе полиэфирного связующего на муфтовом соединении с центровкой трубы. Диаметр внутренний номинальный от 1200 мм до 3000 мм. Жесткость не менее SN 5000 Н/м ² .
Монтаж полимерных профилированных (гофрированных) труб, на муфтовом или электросварном соединении с центровкой трубы. ТУ 2248-005-73011750-2008 СП 40-102-2000, МГСН 6.01-03
Инвертирование полимерного рукава, выполняемого по МГСН 6.01-03
Диаметр более 3000 мм
Монтаж стеклопластиковых труб, предназначенных для релайнинга, изготовленных методом центрифугирования, имеющих внутренний лайнер на основе винилэфирного связующего толщиной не менее 1,0 мм на муфтовом соединении с центровкой трубы. Жесткость не менее SN 5000 Н/м ² . ИСО 10467, СП 40-105-2001, СК 2418-09, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Напорные трубопроводы
Монтаж труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) на неразъемном соединении с наружным цинковым покрытием и внутренним химически стойким покрытием с центровкой трубы. ГОСТ Р ИСО 2531-2008, СП 66.133330.2011, МГСН 6.01-03
Монтаж стальных прямошовных труб с внутренним химически стойким покрытием и наружной изоляцией весьма усиленного типа по ГОСТ 9.602-2005 с одновременным устройством электрозащиты с центровкой трубы. Диаметр до 500мм – сталь марки Ст20. Диаметр 500мм и более – сталь марки 17Г1С ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80, ГОСТ 20295-85, МГСН 6.01-03
Монтаж труб из полиэтилена ПЭ100-RC (стойкого к растрескиванию) с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе минералонаполненной композиции из полипропилена на сварном соединении. СТО 73011750-004-2009, ГОСТ 18599-2001, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Монтаж стеклопластиковых труб, предназначенных для релайнинга, изготовленных методом центрифугирования, имеющих внутренний лайнер на основе винилэфирного связующего толщиной не менее 1,0 мм на муфтовом соединении с центровкой трубы. Жесткость не менее SN 10000 Н/м ² . ИСО 10467, СП 40-105-2001, СК 2418-09, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
Инвертирование термоотверждаемого композитного армированного рукава выполняемого по МГСН 6.01-03.
Инвертирование полимерного рукава, выполняемого по МГСН 6.01-03