



**ЖКХ
РАЗВИТИЕ**

СПРАВОЧНИК НАИЛУЧШИХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (Базовые материалы)

РАЗДЕЛ: Водопроводные сети, сооружения и
оборудование

к.т.н. Д.А.Данилович

Москва, 2015 г.



Содержание

1.	Водопроводные трубы	3
1.1.	Железобетонные трубы	6
1.2.	Хризотилцементные трубы	8
1.3.	Чугунные трубы из серого чугуна	11
1.4.	Чугунные напорные из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ)	12
1.5.	Стальные трубы с внутренним цементо-песчаным покрытием и внешним противокоррозийным покрытием	18
1.6.	Полимерные трубы	22
1.7.	Стеклопластиковые трубы	31
2	Сооружения и оборудование на сетях водоснабжения	35
2.1	Колодцы и люки на сетях водоснабжения	35
2.2	Насосные станции водоснабжения	39
2.3	Насосы для водоснабжения	41
2.4	Запасные и регулирующие емкости	47
2.5	Арматура для водопроводных сетей и сооружений	49
3	Технологии и оборудование для восстановления трубопроводов водоснабжения	68
3.1.	Ремонт трубопроводов водоснабжения	72
3.2.	Восстановление трубопроводов водоснабжения	75
4	Оборудование для телеинспекции и дистанционного выполнения работ на сетях водоотведения	98
П1	Приложение. Технические требования в области восстановления трубопроводов водоснабжения (пример)	100

1. Водопроводные трубы

Выбирать материал и класс прочности труб для водоводов и водопроводных сетей следует на основании технико-экономического и статического расчетов, коррозионной агрессивности грунта и транспортируемой воды, а также условий обеспечения надежности и долговечности работы трубопроводов и требований к качеству воды.

По опыту АО «Мосводоканал» рекомендуется требовать, чтобы все трубы и вспомогательные материалы, применяемые для прокладки водопроводных сетей проходили дополнительные испытания на общетоксическое действие составляющих компонентов, которые могут диффундировать в воду в опасных для здоровья населения концентрациях и привести к аллергическим, кожно-раздражающим, мутагенным и другим отрицательным воздействиям на человека.

Табл. 1

Типы труб для сетей водоснабжения

Тип	Характеристика	Преимущества	Недостатки	Оценка
1.1. Напорные железобетонные трубы	Диаметром 500-1600 мм по ГОСТ 12586.0-83 Диаметром 250-600 мм по ГОСТ 26819-86 Железобетонные изделие	Высокая прочность. Длительность сопротивления разрушения в результате коррозии.	Незащищенность к воздействию агрессивных подземных вод. Обязательное использование подъемной техники	A3
1.2. 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 большую пропускную способность по сравнению с чугунными и бетонными Простой монтаж	Для транспортировки и монтажа асбестовых труб большого диаметра требуется обязательное использование подъемной техники. Хрупкость при ударных нагрузках, снижение несущей способности вследствие механических повреждений в процессе погрузки, транспортировки, разгрузки, монтажа и несоблюдение технологии укладки, - небольшой срок эксплуатации (около 20 лет), повышенные	A2

			требования к соблюдению техники безопасности при монтаже	
1.3. Чугунные напорные из серого чугуна с пластинчатым графитом	Диаметром 80-1000 мм по ГОСТ 9583-75*	Высокая прочность к нагрузкам	Пониженная ударная прочность.	A2
1.4. 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
1.5. Стальные с внутренним цементно-песчаным покрытием и внешним противокоррозийным покрытием		Высокая прочность, повышенная коррозионная стойкость	Высокая стоимость	B2
1.6. Полимерные	Производятся из поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП)	Полное отсутствие коррозии и зарастания внутритрубного пространства, малая масса, технологичность монтажа, легкость обработки, значительный срок службы при правильной эксплуатации. Гидравлический удар значительно слабее. Вероятность разрушения пластмассового трубопровода при замерзании в нем воды мала	Чувствительны к повреждениям и к воздействию солнечного излучения. Повышенная уязвимость к нарушениям технологического процесса на этапе производства труб, а также при траншейной укладке. Склонность к развитию трещин Зависимость прочностных показателей от времени У всех полимерных материалов снижается прочность на растяжение при повышении	B2/B1

1.7. 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 Отсутствие коррозионных отложений на внутренней поверхности трубы; исключительно высокая способность выдерживать давление и осевую нагрузку. Высокая осевая гибкость.	температуры. 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 и возможность появления оголенного стекла. Неизбежная неполная полимеризация мономера повышает упругие свойства изделия, но ухудшает химическую стойкость, а также санитарно-гигиеническую	B2
------------------------	--	---	--	----

			безопасность.	
--	--	--	---------------	--

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 (релейнинга);

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.

1.1. 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. Диаметр бетонных труб от 100 мм до 1000мм, 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.

Диапазон диаметров от 250 мм до 600 мм, длина от 5 м до 10 м.

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 водопроницаемым. 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.

Бетонные трубы могут применяться в качестве обойм при прокладке полимерных труб.

1.2. 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 для сетей водоснабжения составляет 20 лет.

При прокладке хризотилцементных труб 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.

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 опоры, 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 патрубков-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 большого типоразмера, 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 муфт 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.

Применимость

Возможному влиянию асбестовых волокон, находящихся в питьевой воде, было уделено много внимания. Были опасения, что у населения, употребляющего воду с высоким содержанием асбестовых волокон, через большой промежуток времени участятся случаи возникновения рака пищеварительного тракта. Асбест часто присутствует в питьевой воде, и известны случаи концентрации в несколько миллионов волокон в литре. Обычно при использовании хризотилцементных труб уровень содержания асбестовых волокон в воде сравнительно невысок. (17) Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ), внимательно наблюдает за эпидемиологическими исследованиями и опытами на животных и пришла к заключению, содержащемуся в отчете, изданном в 1991 году: «Изучение случаев возникновения рака в Коннектикуте, США, в течение 35 лет не выявило связи между использованием хризотилцементных труб и случаями возникновения рака пищеварительного тракта. Предыдущее исследование, результаты которого опубликованы в 1980 г., также дало отрицательный результат. Не выявлено также доказательств при проведении токсикологических исследований животных, что проглоченный асбест является канцерогеном (несмотря на частое применение его в больших дозах). Кроме того, эпидемиологические исследования, проведенные к настоящему моменту, не выявили связи между присутствием асбеста в питьевой воде и раком». ВОЗ считает, что волокна асбеста слишком велики, чтобы всасываться во время процесса пищеварения, поэтому вероятность проникновения асбестовых волокон в ткани чрезвычайно мала. Все свидетельства подтверждают, что современные хризотилцементные изделия не представляют опасности для здоровья населения. Что касается опасности для здоровья рабочих асбестодобывающих и перерабатывающих предприятий, за последние 20 лет в этой области сделан большой прогресс. Существующие уровни запыленности в

Западной Европе снизились с 20 вол./см³ до менее, чем 1 вол./ см³. Во многих развивающихся странах контроль уровня запыленности значительно улучшился, и в настоящее время запыленность поддерживается на минимальном уровне.

Существенным фактором при оценке хризотиласбестовых труб является ненулевой риск для здоровья при использовании ряда альтернативных материалов, прежде всего ПВХ.

Существенными недостатками являются:

- хрупкость при ударных нагрузках,
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.

1.3. 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 водоснабжения из чугунных труб составляет 70 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.

Применимость

Напорные раструбные чугунные трубы из серого чугуна выпускают по ГОСТ 9583-75*.

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.

1.4. 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.

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.

Раструбное соединение («Универсал», «ВРС» и «Тайтон») не является 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 K-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 в России производит ОАО ЛМЗ «Свободный сокол» по ТУ 1461-037-50254094-2004, которые распространяются на трубы чугунные напорные высокопрочные, изготовленные центробежным способом литья из чугуна с шаровидным графитом.

Информация по соединениям труб и фасонных частей из ВЧШГ (по номенклатуре ООО «ЛТК «Свободный сокол» приведена в табл. 2

Таблица 2

Информация по соединениям труб и фасонных частей из ВЧШГ

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
Сопrotивление 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

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, 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 в условиях почвенной коррозии, воздействия блуждающих токов при отсутствии катодной защиты 80–100 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.

Применимость

Предназначены для водонапорных систем, в том числе для хозяйственно-питьевого водоснабжения. 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 к СП 66.13330.2011 регламентирует их использование на слабых и просадочных грунтах а Изменение № 1 к СП 31.133330.2012 расширяет область их применения и направлено на широкое использование этих труб для питьевого водоснабжения.

Опыт эксплуатации и результаты проведенных АО «Мосводоканал» совместно с АО «МосводоканалНИИпроект» статистических исследований подтвердили высокую надежность труб из ВЧШГ и легли в основу выбора для системы питьевого водоснабжения г. Москвы – ВЧШГ как базового материала трубопроводов. По заключению специалистов этих организаций на сегодняшний день для нового строительства систем питьевого водоснабжения Москвы и крупных городов РФ трубы из высокопрочного чугуна являются наиболее перспективными по параметрам «цена-качество-надежность-долговечность».

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 труб из ВЧШГ для водопровода относительно высокая.

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.

1.5. Стальные трубы с внутренним цементо-песчаным покрытием 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, без защитных покрытий, 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.

А. Внутреннее цементно-песчаное покрытие (ЦПП)

Общее техническое описание

Выполняется 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.

Применимость

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) выпускаются диаметрами от 159 мм до 2020 мм, для работы под давлением до 1,2 МПа (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 термостабильной 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 водонепроницаемость, 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.

Применимость

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:

- 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, эстакад и в тоннелях.

Стальные трубы следует принимать экономичных сортаментов 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.

1.6. 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-б: 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-б 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 десятки 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 дешёвых традиционных марок полиэтилена. Реологические и температурные характеристики ПЭ 100-RC позволяют без каких-либо проблем сваривать стыковым или электромuffтовым 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 твёрдого материала — чаще всего для этих целей используются различные композиции полипропилена. Такая оболочка, будучи нанесённой 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.

Конструктивные особенности

По своим конструктивным особенностям все полимерные 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 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.

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 электромужтовую.

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 электромужтовой 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 электромужфтами 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 полимерных материалов, позволяющее не только создавать конструкции труб, с одновременным применением в них этих материалов, но и предоставляющее возможность выбора оптимальной конструкции полимерной 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.

Высокая эластичность ПЭ - важная характеристика трубопроводной системы. Например, просадка дома, к которому подведен трубопровод, вызовет разрушение металлической трубы, в то время как полиэтиленовая способна растягиваться без потери своих качеств до 7%. Поэтому в странах с высокой сейсмической активностью, например в Японии, стальные трубы подземной прокладки заменены на полиэтиленовые в законодательном порядке.

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.

Полное отсутствие коррозии и зарастания внутритрубного пространства, малая масса, технологичность монтажа, легкость обработки, значительный срок службы при правильной эксплуатации.

Отсутствует необходимость в обслуживании и катодной защите.

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).

Полимерные трубы позволяют получить существенную экономию воды при промывке вводимых в строй трубопроводов – их достаточно промыть один раз, тогда как стальные – минимум три раза.

Применимость

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 водоснабжении:

При траншейной прокладке для диаметров 100мм и менее – укладка однослойных труб из полиэтилена ПЭ-100 RC, в бухтах для водопроводных вводов.

Для диаметров 200 мм и менее - укладка полиэтиленовых труб однослойных из ПЭ100 на сварном соединении в железобетонной обойме или стальном футляре.

При бестраншейной прокладке (новой или при реконструкции) - монтаж труб из полиэтилена ПЭ100-RC с дополнительным защитным наружным покрытием от механических повреждений на базе минералонаполненной композиции из полипропилена на сварном соединении

При восстановлении без разрушения существующей трубы рекомендованы практически любые разновидности несущих и ненесущих труб и конструкций, используемых в различных технологиях (см. раздел 2.3).

1.7. Стеклопластиковые трубы

Общее техническое описание

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 терморезистивного 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-компонентного 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°C, 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 °C 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 изготавливаются 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.

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 низкий коэффициент шероховатости (n). В результате пропускная способность их выше по сравнению с чугунными трубами.

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

Применимость

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%), что существенно снижает их работоспособность, особенно при эксплуатации в зонах с колебаниями температур в отрицательном диапазоне. Замерзание воды в теле материала приводит к накоплению дефектов и разрастанию микротрещин (трещина длиной 1 мм снижает прочность в 100 раз).

Трубы из композиционно-волоконистых материалов нельзя испытывать на герметичность без промежуточной термической просушки стенок. Поэтому гидроопрессовку следует осуществлять через эластичный материал, обеспечивающий герметичность внутренней полости трубы, что достаточно проблематично при проведении опрессовки в составе трубопровода.

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. Как правило, избыточное применение отвердителя при получении стеклопластиковых труб в процессе их эксплуатации будет способствовать попаданию в поток воды (под давлением) остатков веществ, вредных для здоровья. Кроме того, недостаточная стойкость стеклопластиков к истиранию обуславливает износ внутреннего слоя смолы, появление оголенного стекла, которое под действием потока воды будет подвергаться гидролизу, обламываться, попадая в воду, поэтому среди специалистов есть весомое мнение, что стеклопластиковые трубы в системах питьевого водоснабжения применять не рекомендуется.

Для предотвращения образования трещин на поверхности трубопровода из стеклопластика требуется специальная защита внутренних и наружных поверхностей стенки трубы. Эта защита также может повысить санитарно-гигиенические качества стеклопластиковых труб, однако требует изучения в условиях длительной эксплуатации.

Возможно применение бипластмассовых труб - стеклопластиковых труб с внутренней полиэтиленовой оболочкой, которая обеспечивает требуемую герметичность, химическую стойкость, низкий коэффициент трения транспортируемой жидкости. Однако, пока такие трубы применяются для перекачки нефтепродуктов.

2. Сооружения и оборудование на сетях водоснабжения

2.1. Колодцы и люки на сетях водоснабжения

Тип колодцев по материалу	Описание	Преимущества	Недостатки	Оценка
2.1.1. Колодцы				
2.1.1.1. Железобетонные	Цельные колодцы, либо поэлементно 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
2.1.1.2. 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
2.1.1.3. Стеклопластиковые	Цельные изделия из композитов на основе стеклонитей и полимерных смол	Коррозионная стойкость. Прочность. Максимальная комплектность, в том числе для различных назначений колодцев. Простота	Риск всплытия. Риск скрытого заводского брака при изготовлении изделия	В1

		монтажа Низкий вес Полная герметичность. Простота дополнительных врезок.		
2.1.2. Люки для колодцев				
2.1.2.1.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
2.1.2.2.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
2.1.2.3.Плава	Изделие из	Долговечные.	Более высокая	B1

ющие ВЧШГ	из	ВЧШГ. Корпус люка устанавливается непосредственно на покрытие и может	Не подвержены разрушениям при ударных нагрузках. Верхняя часть обечайки люка перемещается вместе с дорожным покрытием, не создавая проблем для дорожного движения и не подвергаясь ударам	стоимость. Проблема краж крышек может быть решена с использованием запирающихся крышек	
2.1.2.4.Пластиковые (люки целиком или только крышки)	из	Отливка 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
2.1.2.5.Полимерпесчаные (полимербетонные)	из	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	Относительно новое изделие	В1

		также отвечает современным градостр. требованиям		
--	--	---	--	--

2.2. Насосные станции водоснабжения

Классификация насосных станций (НС) водоснабжения

Тип НС	Назначение
Первого подъема	Забирают воду из источника и подают ее на сооружения водоподготовки, либо сразу в аккумулирующие емкости или в сеть (при соответствующем качестве воды)
Второго подъема	Подают воду в сеть после сооружений водоподготовки из резервуаров чистой воды (РЧВ)
Повысительные (третьего подъема)	Повышают напор на отдельном участке сети

НС 1-го подъема могут быть отдельного типа (НС отдельно от водозаборного сооружения), либо совмещенного. Обычно проектируются заглубленными.

НС 2-го подъема обычно располагаются рядом с РЧВ.

НС 3-го подъема могут быть как при регулирующих емкостях, так и бустерные (насосы устанавливаются непосредственно в трубопроводах, без разрыва струи).

Тип КНС по компоновке

Тип КНС	Описание	Преимущества	Недостатки
1. расположением насосов положительной высотой всасывания	С с Насосы располагаются выше максимального уровня в резервуаре, откуда идет отбор воды. Работа насосов в таких условиях обеспечивается либо типом насоса, либо системой заливки насосов	Нет риска затопления машинного отделения. Возможна более компактная компоновка при расположении насосов над резервуаром	КПД насосов несколько снижается. Более сложная система
2. расположением насосов «под заливом»	С «под заливом» Насосы располагаются ниже минимального уровня в резервуаре, откуда идет отбор	Простое решение, максимальный КПД	Риск затопления при разрывах напорного трубопровода

	воды		
--	------	--	--

Для объектов относительно небольшой производительности (до 1000 м³/ч) производятся станции шахтного типа заводского изготовления, оснащаемые погружными насосами. Конструкции таких станций близки к КНС заводского изготовления (см. 3.3.1).

2.3. Насосы для водоснабжения

По принципу действия все существующие в настоящее время насосы разделяются на два вида: динамические и объемные. В динамических насосах жидкость движется под силовым воздействием в камере постоянного объема, сообщающейся с подводящими и отводящими устройствами. В зависимости от вида силового воздействия на жидкость динамические насосы в свою очередь, делятся на лопастные насосы и насосы трения. Объемные насосы работают по принципу вытеснения жидкости из камеры за счет уменьшения ее объема.

К числу лопастных насосов, нашедших наибольшее распространение при сооружении современных систем водоснабжения, относятся центробежные, осевые и диагональные насосы. Работа этих насосов основана на общем принципе — силовом взаимодействии лопастей рабочего колеса с обтекающим их потоком перекачиваемой жидкости. Однако механизм этого взаимодействия у насосов перечисленных типов различен, что, естественно, приводит к существенным различиям в их конструкциях и эксплуатационных показателях.

1. Центробежные насосы

Основным рабочим органом центробежного насоса является свободно вращающееся внутри корпуса колесо, насаженное на вал. Рабочее колесо состоит из двух дисков (переднего и заднего), отстоящих на некотором расстоянии друг от друга. Между дисками, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Внутренние поверхности дисков и поверхности лопастей образуют так называемые межлопастные каналы колеса, которые при работе насоса заполнены перекачиваемой жидкостью. При вращении колеса на каждую часть жидкости, находящейся в межлопастном канале, будет действовать центробежная сила. Под действием этой силы жидкость выбрасывается из рабочего колеса, в результате чего в центре колеса создается разрежение, а в периферийной его части — повышенное давление.

Для отвода жидкости в корпусе насоса имеется расширяющаяся спиральная камера, куда и поступает жидкость, выбрасываемая из рабочего колеса. Спиральная камера (отвод) переходит в короткий диффузор, образующий напорный патрубок, соединяемый обычно с напорным трубопроводом. Центробежная сила, а следовательно, и напор, развиваемый насосом, тем больше, чем больше частота вращения и диаметр рабочего колеса.

В зависимости от требуемых параметров, назначения и условий работы в настоящее время разработано большое число разнообразных конструкций центробежных насосов, которые можно классифицировать по нескольким признакам.

По числу рабочих колес различают одноступенчатые и многоступенчатые насосы. В многоступенчатых насосах перекачиваемая жидкость проходит последовательно через ряд рабочих колес, насаженных на общий вал.

Создаваемый таким насосом напор равен сумме напоров, развиваемых каждым колесом. В зависимости от числа колес (ступеней) насосы могут быть двухступенчатыми, трехступенчатыми и т. д.

По компоновке насосного агрегата (расположению вала) различают насосы горизонтальные и вертикальные.

По способу подвода жидкости к рабочему колесу различают насосы с односторонним подводом и насосы с двусторонним подводом, или так называемые центробежные насосы двустороннего входа

По способу соединения с двигателем центробежные насосы разделяются на приводные (со шкивом или редуктором), соединяемые непосредственно с двигателями с помощью муфты, и моноблочные, рабочее колесо которых устанавливается на удлиненном конце вала электродвигателя.

КПД центробежных насосов, в зависимости от конструктивного исполнения меняется в широких пределах — от 0,85 до 0,9 у крупных одноступенчатых насосов и 0,4—0,45 у высоконапорных многоступенчатых.

2. Осевые насосы

Рабочее колесо осевого насоса состоит из втулки, на которой укреплено несколько лопастей, представляющих собой удобообтекаемое изогнутое крыло с закругленной передней, набегающей на поток кромкой. Рабочее колесо насоса вращается в трубчатой камере заполненной перекачиваемой жидкостью.

При динамическом воздействии лопасти на жидкость за счет изменения скорости течения давления над лопастью повышается, а под ней понижается. Благодаря образующейся при этом подъемной силе основная масса жидкости в пределах колеса движется в осевом направлении, что и определило название насоса. Двигаясь поступательно, перекачиваемая жидкость одновременно несколько закручивается рабочим колесом. Для устранения вращательного движения жидкости служит выправляющий аппарат, через который она проходит перед выходом в коленчатый отвод, соединяемый с напорным трубопроводом.

Жидкость подводится к рабочим колесам небольших осевых насосов с помощью конических патрубков. У крупных насосов для этой цели служат камеры и всасывающие трубы относительно сложной формы. Осевые насосы выпускаются двух модификаций: с жестко закрепленными на втулке лопастями рабочего колеса и с поворотными лопастями. Изменение в определенных пределах угла установки лопастей рабочего колеса позволяет поддерживать высокое значение КПД насоса в широком диапазоне изменения его рабочих параметров.

В качестве привода осевых насосов используются, как правило, электродвигатели синхронного и асинхронного типа, непосредственно соединяемые с насосом муфтой. Насосные агрегаты изготовляют с вертикальным,

горизонтальным или наклонным валом. По сравнению с центробежными осевые насосы имеют значительно большую подачу, но меньший напор. КПД высокопроизводительных осевых насосов достигает 0,9.

3. Диагональные (полуосевые) насосы

Поток жидкости, проходящий через рабочее колесо диагонального насоса, направлен не радиально, как у центробежных насосов, и не параллельно оси, как у осевых, а наклонно, как бы по диагонали прямоугольника, составленного радиальным и осевым направлениями. Это обстоятельство позволяет использовать при создании напора совместное действие подъемной и центробежной сил. Рабочие колеса диагональных насосов могут быть закрытого или открытого типа. В первом случае конструкция колеса приближается к конструкции колеса центробежного насоса, а во втором — осевого.

Лопастей рабочих колес открытого типа у ряда насосов выполняются поворотными, что является их несомненным преимуществом. Жидкость отводится от рабочего колеса диагонального насоса с помощью спиральной камеры, как у центробежных насосов, либо с помощью трубчатого колена, как у осевых. По своим рабочим параметрам (подача, напор) диагональные насосы также занимают промежуточное положение между центробежными и осевыми.

4. Вихревые

Во время работы насос захватывает жидкость лопатками, после чего она подается в межлопаточную полость из которой выбрасывается в кольцевой канал. За один оборот рабочего колеса насоса жидкость несколько раз захватывается лопатками, что обеспечивает многократное приращение энергии жидкости. За счет этого вихревой насос может развить напор в 2 – 3 раза выше, чем обычный центробежный насос. Вихревые насосы обладают самовсасывающей способностью, за счет чего его эксплуатация значительно облегчается.

Вихревой насос единственный из динамических насосов способен обеспечить малую подачу воды (ниже 50 м³) при большом напоре (до 100 м). Недостатком вихревого насоса можно считать невысокий КПД (обычно не превышает 30%). При заборе воды с абразивными примесями рабочие колеса и уплотняющие плоскости быстро изнашиваются.

5. Центробежно-вихревые насосы

Отличительной особенностью центробежно-вихревого насоса является наличие двух рабочих колес – центробежного и вихревого. Центробежное колесо создает небольшое давление, которое увеличивается за счет работы вихревого колеса. Как правило, центробежное колесо располагается впереди вихревого, что позволяет значительно увеличить эффективность работы и увеличить создаваемое рабочими колесами давление. Такое сочетание рабочих колес может создать значительный напор при малой подаче.

Особого внимания заслуживают две отдельных группы центробежных насосов:

- скважинные насосы,
- бустерные повысительные насосы.

Скважинные погружные насосы представляют собой многоступенчатые агрегаты, оборудованные рабочими колесами центробежного или диагонального типа. Насос должен быть установлен таким образом, чтобы при минимальном уровне воды в скважине обеспечивался подпор, величина которого зависит от конструкции насоса. В среднем величина подпора составляет не менее 1 м, а для моделей крупных типоразмеров – 2 – 6 метров. Смазка и охлаждение подшипников и электродвигателя обеспечивается за счет воды. В зависимости от модели погружного скважинного насоса он может иметь рабочие колеса закрытого типа; с цилиндрическими обоймами из труб с дисками; с литыми лопаточными отводами.

Бустерные насосы - это погружные насосы в напорном кожухе. Они позволяют принимать на всасе воду под напором и увеличивать ее напор, т.е. работают как повысительные. Они не боятся затопления машинного зала, вызванного, например стоками воды при тушении пожара, или в случае затопления насосной станции ливнями или паводками. Бустерные насосы устойчивы к чрезмерной запыленности, и к любым другим условиям, не удовлетворяющим санитарным нормам для технических помещений. Кроме того, бустерные насосы отличаются очень низким уровнем шума, компактностью и гибкостью монтажа. Такие насосы можно смонтировать горизонтально или вертикально, при этом подвод всасывающей линии можно осуществить по оси или радиально к корпусу насоса.

Современные тенденции в конструкции насосов для водоснабжения:

- использование только цельнолитых деталей, что обеспечивает отсутствие напряжений и долгий срок службы,
- использование керамических покрытий позволяет снизить шероховатость и повысить КПД на несколько процентов, Эффективная защита от коррозии и абразии,
- двусторонний вход воды, что снижает склонность к кавитации.

Важной современной тенденцией является предложение на рынке комплектных насосных установок, оснащенных контроллерами. В совокупности с оснащением насосов датчиками и частотным регулированием тока специально разработанные программы позволяют управлять работой установки, обеспечивая существенное сокращение расхода электроэнергии при точном поддержании необходимых параметров работы.

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.

2.4. Запасные и регулирующие емкости

Классификация емкостей по функциональному назначению

Тип емкостей	Назначение
Регулирующие	Накопление воды для подачи ее при максимальном водопотреблении. Обеспечивает сравнительно равномерную работу водозаборов, сооружений водоподготовки и насосных станций. К ним относятся резервуары чистой воды (РЧВ)
Запасные (в том числе пожарные)	Накопление воды на случай аварий в системе водоснабжения и/или как противопожарный запас
Запасно-регулирующие	Совмещают обе функции

По способу отвода воды емкости подразделяют на:

- безнапорные, из которых вода подается насосами,
- напорные, из которых вода поступает в сеть под собственным давлением.

Безнапорные резервуары, в зависимости от масштаба, представляют собой бетонные, либо металлические емкости произвольной формы.

Классификация напорно-регулирующих сооружений по конструктивным признакам

Тип емкостей	Характеристика	Преимущества	Недостатки	Оценка
2.4.1.Водонапорные башни	Для создания необходимого напора в сети емкость устанавливается на колоннах	Может быть реализована при любом рельефе. Обеспечит подачу воды при аварии на сети.	Сложная дорогостоящая конструкция. Возможность создания определяется геологическими условиями	Б1
2.4.2.Высоко расположенные наземные резервуары	Резервуар располагается на высоких отметках над уровнем поселения	Существенное снижение капитальных вложений	Применим только при соответствующем рельефе, наличии места и необходимых геологических условиях	Б2
2.4.3.Водонапорные колонны (башни-колонны)	Весь высокий резервуар, расположенный на грунте, служит емкостью для воды	Проще в создании и эксплуатации, чем водонапорные башни. Могут использоваться как средство борьбы с гидравлическими ударами. Могут	Возможен застой воды с ухудшением качества	Б1

		использоваться совместно с НС		
2.4.4. Гидропневматические установки (воздушно-водяные котлы)	Необходимое давление в герметичном баке вплоть до его опорожнения создается сжатым воздухом от компрессора	Не зависит от рельефа и геологических условий. Может быть размещена в любом месте. Хорошо подходят для формирования напора в отдельных зданиях, превышающих высоту окружающей застройки	Масштабы применения ограничены возможностями создания герметичного металлического резервуара с соответствующим давлением.	В1

2.5. Арматура для водопроводных сетей и сооружений

Надёжная арматура обеспечивает качественную эксплуатацию современной водопроводной или иной сети. Все водопроводные сети на сегодняшний день комплектуются различной по типу современной водопроводной арматурой, которая подразделяется на запорную, регулировочную, водоразборную, защитную, предохранительную и фазоразделительную.

Тип арматуры	Назначение	Разновидности	Применение
2.5.1. Запорная	Перекрытие потока при необходимости	2.5.1.1. Задвижки	Вода
		2.5.1.2. Шибберные (ножевые) задвижки (затворы)	Осадки водоподготовки
		2.5.1.3. Клапаны запорные	Вода
		2.5.2.3. Шланговая арматура	Вода
		2.5.2.4. Шаровые задвижки	Вода
2.5.2. Регулирующая	Меняющая гидравлические показатели изменения сопротивления трубопровода путем	2.5.2.1. Дисковые затворы (клапаны)	Вода
		2.5.2.2. Регулирующие клапаны	Вода
2.5.3. Водоразборная	Отбор воды из системы водоснабжения	2.5.3.1. Водоразборные колонки	Отпуск воды населению в неканализованных районах
		2.5.3.2. Гидранты	Забор воды непосредственно из водопроводной системы для пожарных целей
2.5.4. Защитно-предохранительная	Предотвращающая возникновение аварийных условий, либо отключающая участок или линию трубопровода при аварийных условиях	2.5.4.1. Обратные клапаны	Вода. Предотвращение движения жидкости в сторону, противоположную направлению перекачки
		2.5.4.2. Клапаны воздушные	Вода. Для выпуска воздуха из трубопровода и для впуска в опорожняемый трубопровод
		2.5.4.3. Гасители гидравлических ударов	Вода. Предохранение труб от разрыва при гидроударах вследствие остановок насосов или резкого закрытия

			задвигек
2.5.5. Фазоразделительная	Удаляющая из потока частицы иного фазового состояния	2.5.5. Фильтры	Вода. Удаление грубодисперсных частиц из потока воды перед устройствами, попадание в которые недопустимо

2.5.1. Запорная арматура

2.5.1.1.Задвижки

Общая техническая информация

К задвижкам относятся запорные устройства, в которых проход перекрывается поступательным перемещением затвора в направлении, перпендикулярном движению потока транспортируемой среды. При открытой задвижке диски расположены в ее верхней части вне габаритов ствола задвижки и не препятствуют движению воды.

В настоящее время задвижки используются преимущественно в качестве запорной арматуры, запирающий элемент которой находится только в крайних положениях «открыто» и «закрыто»; использование их в качестве регулирующего органа приемлемо лишь в незамкнутых гидравлических системах с небольшим номинальным давлением. При фиксации в промежуточных положениях эксплуатация задвижек сопровождается высокочастотными вибрациями, которые приводят к скорому разрушению их рабочих поверхностей, для восстановления которых требуется демонтаж задвижки с последующей разборкой и заменой либо повторной притиркой запорных органов. Задвижки обычно изготавливаются полнопроходными, т.е. диаметр прохода задвижек практически равен диаметру трубопровода. В некоторых случаях, с целью уменьшения массы и габаритов, снижения усилий и моментов, необходимых для управления арматурой, применяются суженные, так называемые «раструбные» задвижки, у которых диаметр прохода в корпусе меньше внутреннего диаметра соединительных фланцев (как правило, на одну ступень параметрического ряда условных диаметров).

Используемые на практике задвижки по своей конструкции разделяются на параллельные (с параллельно расположенными запорными дисками) и клиновые (с одним запорным диском клинообразной формы). В задвижках параллельного типа уплотнительные поверхности седел параллельны друг другу.

Затвор в параллельных задвижках обычно называют «диском», «шибером» или «ножом». Корпус однодискового (шиберного) затвора имеет специальные дополнительные ребра жесткости и другие элементы, которые позволяют выдерживать повышенные нагрузки. Однодисковые задвижки применяют тогда, когда не требуется высокой герметичности. Жесткая конструкция затвора делает возможным их использование для больших рабочих давлений и температур рабочей среды. Двухдисковые параллельные задвижки обеспечивают достаточно хорошее уплотнение в затворе в закрытом положении. Их применяют, когда требуется надежная герметизация.

В водоснабжении применение сейчас находят преимущественно клиновые задвижки (затвор которых имеет вид плоского клина). В таких задвижках седла и их уплотнительные поверхности параллельны уплотнительным поверхностям затвора и расположены под некоторым углом к направлению перемещения затвора. Задвижки с цельным клином (запирающий или регулирующий элемент представляет собой сплошной клин) используются сейчас нечасто по причине ряда недостатков. Среди них — повышенный износ уплотнительных поверхностей, потребность в индивидуальной пригонке седел и клина при сборе для обеспечения герметичности, что полностью исключает взаимозаменяемость клина и седел и усложняет ремонт. Также не исключена возможность заедания клина в закрытом положении в результате износа, коррозии или под действием температуры. В задвижках с упругим клином затвор выполнен в виде разрезанного (или полуразрезанного) клина, обе части которого связаны между собой упругим (пружинящим) элементом. Задвижки с составным клином или двухдисковые (клин выполнен в виде двух сочлененных под углом друг к другу дисков), как правило, применяются тогда, когда требуется весьма высокая степень герметичности затвора при закрытом положении задвижки.

Также задвижки выпускаются с выдвигаемым и невыдвигаемым (неподвижным) шпинделем (штоком). Задвижка с выдвигаемым штоком на трубе диаметром 1000 мм в открытом состоянии требует высоты рабочего пространства в полтора раза большей, чем задвижка с невыдвигаемым штоком.

Чтобы снизить вероятность гидравлических ударов в трубах, устройство всей применяемой на сети запорной арматуры (в т.ч. и задвижек) основывается на принципе постепенного закрывания. Задвижки крупных диаметров снабжены обводными линиями, на которых установлены задвижки меньших диаметров. Эти задвижки надо открывать перед открыванием большой задвижки, чтобы уравнять давление по обе стороны диска и тем самым облегчить ее открытие. Задвижки больших диаметров с ручным управлением изготавливаются с редуктором в виде конической передачи, что значительно облегчает управление ими. На электрифицированных задвижках электродвигатель устанавливается непосредственно на корпусе. Управлять такой задвижкой можно на расстоянии из центрального пункта.

К трубопроводу задвижки крепятся при помощи стандартных фланцев с болтовыми соединениями или при помощи сварки.

Задвижки выпускаются для условных проходов от 40 до 2800 мм. Основные параметры задвижек указаны в ГОСТ 9698–86.

Достоинства и недостатки

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 магистралях.

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 (лучше возникновения) 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.

Применимость

Задвижка — один из самых распространенных типов арматуры.

Задвижки используются там, где габариты арматуры не имеют решающего значения. Задвижки используются только в качестве запорной арматуры. При необходимости частого открывания и закрывания (высокая частота циклов) применять их не рекомендуется. 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.

Задвижки устанавливаются в колодцах и без колодцев. Бесколодезный метод установки арматуры — основной в развитых европейских странах. Он

основан на высоком качестве задвижек, позволяющих обходиться без обслуживания весь срок службы. По этому методу задвижка монтируется на трубу и закапывается, а длинный шток торчит над землей (система получила название «штока через ковер»). При использовании телескопических штоков можно управлять задвижкой на глубине до 3,5 м, фиксированные штоки можно изготовить до 7 м. Для успешной эксплуатации таких задвижек монтаж конструкции должен быть выполнен весьма тщательно.

Бесколодезная установка позволяет экономить ресурсы:

- при проектировании – за счет сокращения объема и сроков работ,
- при строительстве – нет потребности в колодцах, сокращение сроков,
- при монтаже — уменьшение сроков монтажа, нет потребности в тяжелой крановой технике, уменьшение земляных работ;
- при эксплуатации — отсутствие эксплуатационных затрат на ревизию запорной арматуры, отсутствие затрат на обслуживание колодцев камер, отсутствие несчастных случаев и претензий от автомобилистов, связанных с большими и тяжелыми колодезными люками, отсутствие проблем с грунтовыми водами.

Задвижки для бесколодезной установки, включая шток, имеют неразборную и необслуживаемую конструкцию, т.е. являются «одноразовыми», рассчитанными на весь срок службы изделия, который составляет не менее 50 лет конструкция.

2.5.1.2. Шибберные (ножевые) задвижки (затворы)

Конструктивно это разновидность задвижек с одним мощным дисковым или прямоугольным ножом, шиббером. 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. В ВКХ применяется на высокозагрязненных средах (сточные воды, осадки природных и сточных вод).

2.5.1.3. 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:

2.5.1.3.1. 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.

2.5.1.3.2. 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.

2.5.1.4. Шаровые затворы (краны)

Запорным элементом в шаровом кране является собственно шар (пробка, выполненная в виде шара), имеющий сквозное отверстие для прохода рабочей среды и изготовленная из нержавеющей стали.

Существуют два базовых исполнения шаровых кранов — краны с плавающей пробкой, когда шар поддерживается уплотнительными кольцами, и краны с пробкой (шаром) в опорах. Последние более приемлемы для высоких давлений и больших диаметров. В этих кранах нагрузка от перепада давлений в закрытом положении воспринимается подшипниками опор, а не уплотнительными седлами. Шаровые краны с плавающей пробкой используются при низких давлениях и температурах.

Перекрытие трубопровода происходит при переводе рычага крана в крайнее закрытое положение (без остановки в промежуточных положениях). При этом шар внутри крана поворачивается вокруг своей оси стороной, в которой нет сквозного отверстия для прохода рабочей среды. При установке крана в открытое положение пробка принимает такое положение, при котором отверстие в шаре совпадает с осью трубопровода, тем самым, обеспечивая проход рабочей среды.

Преимущества шаровых кранов:

- высокая степень герметичности (как правило, класс герметичности «А»);
- низкое гидравлическое сопротивление;
- небольшая масса и габариты;
- малое время открытия и закрытия;
- не требуется технического обслуживания в процессе эксплуатации (подтягивания, смазки и т.д.);
- большая «линейка» кранов по рабочим параметрам (условному диаметру прохода, давлению, температуре), по способу монтажа («фланцевое», «муфтовое», «под приварку»), по виду исполнения (цельносварной корпус или разборный корпус).

Наряду с достоинствами шаровые краны обладают и рядом недостатков, которые необходимо учитывать при выборе арматуры. Недостатки шаровых кранов:

- невозможность использования стандартных шаровых кранов в качестве регулирующей и дроссельной арматуры;
- повышенные требования к чистоте рабочей среды, проходящей через кран, особенно к наличию твердых частиц;
- возможно «прикипание» шара при длительной эксплуатации в закрытом или открытом положении.

2.5.2. Регулирующая арматура

2.5.2.1. Затворы

Общая техническая информация

Дисковые поворотные затворы — это тип арматуры, в котором запорный элемент в виде диска, диаметром приблизительно равным внутреннему диаметру трубопровода, открывается и закрывается вращением этого диска вокруг оси, перпендикулярной оси трубопровода. В положении «открыто» плоскость диска установлена вдоль оси проходного отверстия. Дисковые поворотные затворы позволяют соединить в одной конструкции две основные функции трубопроводной арматуры — регулирование и запираение потока.

Из-за специфической формы диска, разделенного пополам валом, дисковый поворотный затвор называют «затвор-бабочка» (англ. — butterfly valve).

Диск может быть плоским или сложной формы.

В затворах традиционной конструкции ось управления диском совпадает с осью самого диска в закрытом положении (т.е. шток расположен по центру диска). При эксплуатации таких затворов, в особенности больших диаметров могут наблюдаться трудноустраняемые протечки в местах посадки штоков в корпус затвора. Именно поэтому ведущие мировые производители запорнорегулирующей арматуры начали выпускать затворы, в которых ось диска и ось штока эксцентрично разнесены по длине заслонки. Такой способ позволил уплотнять шток только в направлении внешней среды в месте, где шток выходит для соединения с приводом. Несмотря на кажущуюся простоту указанного решения, реализация его потребовала использования компьютерного проектирования и моделирования и применения упругих уплотнений для надежной герметизации диска в уплотнении. Для обеспечения необходимого класса герметичности затворов требуется сдвиг оси штока от центральной оси корпуса затвора, наклон плоскости диска относительно плоскости, перпендикулярной центральной оси корпуса затвора, профилирование манжеты по окружности уплотнения и угловое смещение осей конусов манжеты диска и упругого уплотнения. Такая трехмерная эксцентричность в сочетании с упругим уплотнением обеспечивает равномерное прилегание диска к уплотнению и обеспечивает полную герметичность затвора во всем диапазоне допустимых температур. Дополнительным преимуществом данной конструкции является более низкий крутящий момент при открытии/закрытии диска.

Перекрывающий поток рабочей среды диск закреплен в корпусе при помощи цельного или раздельного вала. Обе эти конструкции обладают как достоинствами, так и недостатками. Единый сквозной вал защищен от смещения в вертикальном направлении. Зато вал, состоящий из двух частей, позволяет минимизировать турбулентность протока и уменьшить коэффициент потери давления.

Седловое уплотнение (вкладыш)— одна из важнейших деталей затвора, от которой зависит герметичность затвора. Затворы выпускаются с различными видами уплотнения запорного элемента: с эластичным уплотнением на диске; с эластичным уплотнением в корпусе; с эластичной рубашкой в корпусе; с металлическим уплотнением. Основное преимущество затворов с уплотнением в корпусе по сравнению с затворами с уплотнениями на диске — значительно меньше воздействие среды на уплотнение, что существенно повышает долговечность последнего. Эластичное уплотнение обеспечивает большую герметичность по сравнению с металлическим, но это достигается за счет снижения долговечности затвора.

Использование эластичных уплотнений в дисковых затворах надежно исключает протечки во время эксплуатации затвора, обеспечивая герметичность

класса А в соответствии с ГОСТ 9544–93 (без видимых протечек) и одновременно выполняя функции защитного покрытия для элементов корпуса и диска. Износостойкость используемой резины при соблюдении условий эксплуатации гарантируется в течение 5–10 лет или до 100 тыс. закрытий и открытий. После этого может потребоваться замена уплотнения, что предполагает несложную операцию, не требующую особой квалификации. Использование же уплотнения «металл по металлу» требует очень внимательного отношения к рабочей среде, т.к. любое попадание в среду твердых фракций выводит его из строя. Потеря герметичности в затворе с резиновыми уплотнениями происходит постепенно, по мере выработки, а не лавинообразно, как у других уплотнений. Применение защитных покрытий на основе эластомерных и полимерных материалов для деталей, непосредственно контактирующих с рабочей средой, обеспечивает стойкость арматуры к воздействию агрессивных сред. Эластомерный или металло-резиновый вкладыш исключает контакт рабочей среды с корпусом затвора, а эластомерное или полимерное покрытие защищает диск.

По конструкции затворы бывают разборные или неразборные. Сборно-разборная конструкция дискового поворотного затвора позволяет производить замену его элементов — дискового седлового уплотнения, штока и диска — в условиях неспециализированной мастерской. Зато цельносварная конструкция обеспечивает повышенную герметичность из-за отсутствия лишних соединений. С рабочей средой контактирует только две детали: седловое уплотнение и диск; с корпусом вода не соприкасается.

Достоинства и недостатки

Дисковый затвор выгодно отличается от задвижки по таким показателям как малое время открытия и закрытия и возможность плавного регулирования расхода среды. Правда, точность регулирования у затворов все же невысока. Открытие/закрытие затвора производится простым поворотом диска на 90°. Для использования в качестве регулирующей арматуры предусмотрено несколько фиксированных промежуточных положений. Затвор должен выбираться под определенный расход рабочей среды, который должен укладываться в поворот диска приблизительно от 15° до 75°. В этом диапазоне поворота диска затвор обладает пропорциональной характеристикой расхода, а поток рабочей среды не наносит вреда затвору. Регулирование расхода рабочей среды в узкой щели приводит к интенсивной кавитации, которая разрушает седловое уплотнение и покрытие диска.

Поворотные затворы могут устанавливаться в любом положении, однако затворы больших диаметров рекомендуется устанавливать в горизонтальном положении штока, т.к. при вертикальной установке не исключена вероятность заклинивания, связанная с попаданием твердых частиц в область штока. Простота и удобство монтажа затворов, особенно в стесненных условиях, обусловлены малой монтажной длиной (в 4,5 раза меньше, чем у традиционной задвижки). Помимо компактных размеров, дисковый затвор отличается малыми весогабаритными характеристиками. Так, вес одного затвора может быть до

восьми раз меньше веса задвижки того же условного прохода. Это уменьшает весовую нагрузку на трубопровод и упрощает монтажные работы, т.к. не требуется мощного грузоподъемного оборудования и специальных монтажных площадок. Дисковый затвор не имеет резьбовых рабочих пар. Резьбовая пара втулка-шпindel задвижки подвергается коррозии из-за воздействия внешней среды и выходит из строя, особенно в колодцах теплотрасс, имеющих теплую и влажную окружающую среду, а также при установке задвижек на открытых площадках. Дисковый затвор, в отличие от задвижки, не имеет застойных зон в проточной части, а, значит, рабочая среда не застаивается в корпусе затвора даже при длительной остановке системы. Скапливающиеся в застойных зонах задвижки различные механические примеси, присутствующие в проводимой среде, рано или поздно приводят к невозможности герметичного перекрытия потока. Наружный диаметр корпуса затвора не превышает наружного диаметра фланца трубопровода, а органы управления затвора расположены выше габаритного размера теплоизоляции. Для дискового затвора возможна любая автоматизация. Он может управляться как ручными средствами — рукояткой или редуктором, так и пневмо или электроприводом отечественного либо зарубежного производства.

Достоинствами дисковых затворов также являются малые размеры и вес и небольшая стоимость.

К недостаткам дисковых затворов можно отнести несколько большие потери напора, так как коэффициент местного сопротивления затвора больше, чем у задвижек. Кроме того, дисковые затворы должны открываться при уравновешенном с обеих сторон затвора давлении, что вызывает необходимость устройства обводных труб (байпасов).

Применимость

По отношению к задвижкам дисковые поворотные затворы имеют более высокий гарантированный ресурс циклов срабатывания: от 10 000 до 50 000 и более. Такой ресурс позволяет использовать дисковые затворы как исполнительный механизм в системах автоматизированного управления технологическими процессами.

Высокий ресурс относится к конструкциям, в которых используются только металлические уплотнения из стали и сплавов (уплотнение "металл по металлу") между корпусом и диском или графитовые кольца в диске. Значительное снижение трения и износа уплотнительных поверхностей до минимума и при этом обеспечение герметичности по классу "А" даже при жестком металлическом уплотнении в современных изделиях достигается за счет эксцентриситета (смещение оси диска по отношению к его точке пересечения с осью потока), вплоть до тройного (описано выше).

Область применения дисковых затворов ограничена по сравнению с другими типами из-за того, что их конструкция плохо приспособлена для работы при средних и высоких давлениях рабочей среды. Допустимый интервал давлений для дисковых затворов обычно не превышает 2,5 МПа.

2.5.2.2. Регулирующие клапаны

Клапан (или вентиль) способен перекрывать поток рабочей среды за счет того, что устройство перемещается параллельно оси его движения, в итоге прижимаясь к седлу. Он, в отличие от задвижек, может быть применен не только как перекрывающее устройство, но и как регулирующее ввиду того, что его конструкция позволяет перекрыть поток не полностью, а частично.

В настоящее время под термином «регулирующие клапаны» подразумевается целое семейство устройств, которые при близкой конструкции могут выполнять множество различных функций.

Регулирующие клапаны могут применяться как в качестве только регулирующего элемента, в комплекте с отдельно установленным отсечным клапаном, так и как универсальное запорно-регулирующее устройство.

По типу самого запорно-регулирующего устройства для разных условий применения выпускают седельные, дисковые и сегментные регулирующие клапаны. Регулирующие клапаны седельного типа имеют ряд преимуществ перед дисковыми и сегментными: линейную характеристику регулирования, большую точность регулирования с минимальным дискретным шагом регулирования. Сегментные клапаны сконструированы для сред с большим содержанием абразивных твердых частиц и выпадением кристаллизирующегося осадка, что в ВКХ актуально только для осадков.

Большинство этих клапанов относятся к регуляторам прямого действия, независимыми от электропитания. Они предназначены для работы без дополнительных приводов, от энергии самой гидравлической системы. Это значительно повышает надежность управления водными системами. Для небольших давлений клапаны могут выполняться на основе пружин с регулируемым прижатием.

У ряда производителей регулирующие клапаны, которые применимы для любых диаметров, состоят из 2 основных частей:

- основной клапан имеет одинаковую конструкцию для всех применений (один из вышеназванных вариантов);
- пилотный (управляющий) контур, включающий в себя также клапан меньшего размера, и, возможно, другие приспособления, отличается конструкцией для каждого варианта применения. Данный контур связывает трубками, передающими давление, обе части системы – до и после клапана. Эти трубки перекрываются пилотным клапаном.

В одном из вариантов работы в результате изменения перепада давления до и после пилотного клапана происходит изменение его положения, приводящее к изменению давления после основного клапана и изменению его положения.

Основные виды регулирующих клапанов

Регулирующий клапан	Функция	Основные преимущества применения
---------------------	---------	----------------------------------

2.2.5.2.2.1. Стабилизатор давления «после себя» (редуктор давления)	Уменьшает и поддерживает постоянное пониженное давление «после себя» независимо от изменения давления до регулятора и водоразбора после него	Сокращение аварий и утечек (потерь воды). Сокращение расхода в сети. Уменьшение нагрузки на насосное оборудование.
2.2.5.2.2.2. Стабилизатор давления «до себя» (перепускной клапан)	Регулирование и поддержание давления «до себя» на постоянной установленной величине независимо от колебаний давления и расхода	Обеспечение стабильного требуемого давления в зоне до клапана.
2.2.5.2.2.3. Ограничитель расхода	Ограничение максимального расхода независимо от изменений давлений до и после него.	Ограничивает значения пиковых расходов потребления воды абонентами.
2.2.5.2.2.4. Регулятор перепада давления	Поддержание перепада давления на гидравлическом сопротивлении	Предохранение арматуры объекта от резких перепадов давления

Кроме основной функции, все эти клапаны обеспечивают также стабилизацию гидравлического режима сети и уменьшение нагрузки на насосное оборудование.

Другие разновидности регулирующих клапанов обеспечивают самые широкие функции по управлению не только с сети, но и насосами и резервуарами.

Группа функций клапанов	Функция клапана
1. Управление параметрами в сети	Поддержание необходимого давления «до себя» при водоснабжении зон низкого давления
	Снижение давления от источника воды перед низкорасположенными потребителями
2. Защита и оптимизация работы насосов	Предохранение насосов от слишком низкого давления во всасывающем патрубке
	Предохранение от избыточного разрежения глубинные и повысительные насосы при их недостаточной мощности
	Устранение колебаний давления при пуске или остановке насосов
	Поддержание постоянного перепада давления на насосе для поддержания постоянного расхода
	Снижение давление при большой производительности насосов
3. Защита сети	Защита от неконтролируемого роста давления (гидравлического удара)
	Предохранение системы от избыточного давления, вызванного, например, неисправностями других клапанов или быстрым закрытием обратных клапанов
4. Регулирование уровня в резервуарах, подачи в резервуары	Поддержание заданного уровня в резервуаре
	Переключение подачи воды между 2 системами (например, заполнение резервуара для пикового водопотребления)

Все разновидности клапанов относятся к современному эффективному оборудованию, обеспечивающему управление всеми элементами водопроводной сети без использования сложных систем управления и наличия персонала, только за счет энергии самой сети и тщательно продуманных конструкций.

2.5.3. Водоразборная арматура

2.5.3.1. Водоразборные колонки

Водоснабжение поселков и зданий, не оборудованных внутренним водопроводом, осуществляется через водоразборные колонки. Это оборудование, разработанное десятки лет назад. Его применение вызвано не столько отсутствием водоснабжения в частных домах, сколько отсутствием в поселении централизованной системы водоотведения. Колонки, таким образом, относятся к вынужденным решениям.

2.5.3.2. Гидранты

Пожарные гидранты являются важнейшим элементом противопожарных систем. Это устройство предназначено для оперативного создания возможности забора воды из систем водопроводов для пожарных нужд. Гидрант задействует путем одевания на него пожарной колонки, к которой подключаются рукава. Гидрант оснащается специальным клапаном, который открывает или закрывает спускное отверстие гидранта. При закрытии клапана, спускное отверстие открывается, и вода из гидранта выводится наружу.

Подразделяются на

- подземные гидранты. Они устанавливаются ниже уровня земли в специальном колодце. В обычное время подземный гидрант закрыт люком, при необходимости к нему обеспечивается доступ. Гидрант также может устанавливаться бесколодезным способом.

- надземные (Гидрант Дорошевского)

2.5.4. Предохранительная и защитная арматура

2.5.4.1. Обратные клапаны

2.5.4.1.1. Обратные клапаны для защиты насосов и водоводов

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.);

для защиты сетей от загрязнения при обратном токе со стороны потребителя.

Обратные клапаны бывают, в том числе, 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. В простейшем исполнении такие обратные клапаны могут быть межфланцевыми, имея очень малую толщину;

- 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. В водоснабжении целесообразно применять только для исходной воды и осадков. Бывают с плавающим шаром и с тонущим шаром;

- обратные затворы (аналогично дисковому затвору), они же аксиальные (осевые), либо поворотные. Плавность работы в них обеспечивается пружиной. Также могут быть межфланцевыми;

- пружинные (подъемные). В них открытие клапана происходит путем сжатия пружины потоком воды в направлении его движения, а при обратном потоке происходит разжатие пружины и ее примыкание к седлу. Могут быть бесфланцевыми и фланцевыми;

- с эластичным затвором Затвор в виде гибкой мембраны, закрепленной в центре седла в виде металлической сетки. Толщина и упругость мембраны обеспечивают плавное открытие и закрытие, что особенно важно при применении в системах с насосами с переменным расходом и пульсирующим режимом работы. Эффективны в системах, где есть риск возникновения гидравлических ударов. Работают в любом монтажном положении.

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.

2.5.4.1.2. Обратные клапаны для защиты сетей от загрязнения от потребителей

Они предохраняют внешнюю сеть водоснабжения от поступления обратного потока от потребителей, в том числе сифонирования химических продуктов или загрязненных вод из резервуаров. Защита осуществляется автоматическим прерыванием водоснабжения абонента и удалением в дренаж поступающей от абонента воды с возможными загрязнениями. Такие обратные клапаны состоят из объединенных в одном корпусе двух обратных клапанов, между которыми находится средняя зона с конт-ролируемым дренажным устройством. Дренаж клапана открывается в случае резкого падения давления в питающей сети водоснабжения либо при нарушениях герметичности какого-либо из обратных клапанов защитного устройства.

2.5.4.2. Клапаны воздушные

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.

2.5.4.3. 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.

2.5.5. Фазоразделительная арматура

В водоснабжении используется для предотвращения попадания механических примесей (грязи, ржавчины, стружки и т. п.) в устройства с повышенными требованиями к чистоте. проходящей через них воды (регулирующие клапаны, расходомеры, насосы с “мокрым” ротором электродвигателя)

Для отделения механических примесей применяют:

- фильтры магнитные
- фильтры сетчатые,
- их комбинацию.

3. Технологии и оборудование для ремонта и восстановления трубопроводов водоснабжения

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 открытия (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.

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 влияет величина pH, щелочность, тип и доза дезинфицирующего средства, тип бактерий, присутствующих в биологической пленке на внутренней поверхности трубопровода, скорость течения воды, использование ингибиторов и многие другие факторы.

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: 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 (изоляция 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. Все это свидетельствует о том, что изначально материал должен выполняться из качественных компонентов сырья, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям. Кроме того, должен быть обеспечен правильный монтаж трубопроводной системы в целом независимо от материала изготовления и исключены антисанитарные методы ремонта и замены труб и арматуры, открытый доступ к хранящимся материалам или неправильное обращение с ними.

Специалисты АО «Мосводоканал» рекомендуют требовать, чтобы все материалы, применяемые для восстановления и реконструкции водопроводных сетей (трубы, тонкостенные лайнеры, рукава и внутренние набрызговые покрытия) проходили дополнительные испытания на общетоксическое действие составляющих компонентов, которые могут диффундировать в воду в опасных для здоровья населения концентрациях и привести к аллергическим, кожно-раздражающим, мутагенным и другим отрицательным воздействиям на человека.

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 водоводов и магистралей городской водопроводной сети, 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 водоснабжения

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.

3.1.1. 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.

3.1.2. 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.

3.1.3. 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 рН 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.

3.1.4. 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 ремонт 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.).

3.1.5. Использование роботов (манипуляторов)

Благодаря возможности подключения к ним различных приспособлений роботы могут выполнять множество операций – фрезерование, сверление, шлифование, удаление осадка, инъекцирование или нагнетание композитных растворов, выравнивание поверхности, полирование и укрепление конструкции покрытиями, которые робот доставляет к месту их нанесения. Роботы вводятся в полость трубопровода через водопроводные колодцы при снятых задвижках, 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.

3.2. Восстановление трубопроводов водоснабжения

Методы восстановления технического состояния поврежденного трубопровода путем внедрения определенных конструктивных изменений с сохранением конструкции в целом.

Метод характеризуется сокращением 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.

Метод имеет ограничение, связанное с состоянием трубопровода. Не могут быть восстановлены трубопроводы, имеющие серьезные разрушения.

В целом технологии восстановления подразделяются на
 -разбрызгивающие (путем напыления покрытия),
 - сплошные (монтажные).

Метод	Описание	Диаметры труб	Достоинства	Недостатки
Метод нанесения покрытий				
3.2.1. Нанесение цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность труб	Разбрызгивание цементно-песчаного раствора с помощью специального оборудования	80- 2200 мм	Простой и относительно недорогой метод	Применение ограничено для стальных и чугунных трубопроводов. Не применим при нарушении несущей способности трубы
3.2.2. Нанесение полимерных покрытий	Формирование новой трубы внутри старой путем центробежного разбрызгивания полимерного компаунда последующим его самопроизвольным отверждением. Для санации используют слой до 8 мм («труба в трубе»)	150-600 мм	Высокое сцепление покрытия с трубой. Может быть использована не только для восстановления неплотностей (ширина щелей до 6 мм), но и для покрытия трубопровода в целях предотвращения обрастаний	Высокая стоимость материала. Неэффективен при поступлении в трубопровод воды через свищи.
Монтажные методы				
3.2.3. Метод рукава				
Группа методов с использованием гибкого рукава (детально – см .)	Формирование с помощью рулонной заготовки новой композитной трубы внутри старой	от 150-1000 мм	Один из самых универсальных методов -применим для любых труб. Высокая скорость	Достаточно дорогостоящее оборудование и материалы. Необходимо

			проведения работ. До 600 мм не требуются котлованы. Формируется самонесущая труба	опорожнение и тщательная очистка трубопровода, с последующим полными опорожнением и высушиванием. Обязательно наличие уклона
<i>3.2.4. Восстановление с помощью гибких или соединяемых труб</i>				
3.2.4.1. Протягивание сваренных плетей пластмассовых труб с их сжатием с 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 расширяться до окончания ее затягивания
3.2.4.2. 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
3.2.4.3. 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 восстанавливаемого трубопровода. Значительное место для производства работ со сваренной плетью
3.2.4.4. С использованием цельных гибких труб	Используют двухслойные трубы, состоящие из наружной гофрированной и	До 400 мм	Простой метод. Не требует сложного и дорогостоящего оборудования.	Ощутимое сужение диаметра. Необходимость заделки зазора

	внутренней - гладкой составляющей. Труба монтируется с барабана. Межтрубный зазор заделывается цементно-песчаным раствором		Высокая скорость	раствора. Ограниченность применения небольшими диаметрами
3.2.4.5. Формирование нового трубопровода из мерных труб, либо отрезков, соединяемых в котловане				
3.2.4.5.1. С использованием полимерных труб	Затягивается или проталкивается формируемая на входе в трубу плетть из ПЭ труб	Ограничены номенклатурой труб. Соединение на резьбе – до 600 мм	Один из самых простых и долговечных методов.	Диаметр трубопровода уменьшается на 100 мм. Необходимость заделки зазора раствором. При использовании коротких отрезков, соединяющихся на резьбе - максимальное уменьшение диаметра и высокая трудоемкость
3.2.4.5.2. С использованием труб из ВЧШГ	В восстанавливаемую трубу протягивается трубопровод, собираемый из труб ВЧШГ со специальным покрытием	100-1200 мм	Один из самых простых и, вероятно, наиболее долговечный метод. Санитарно-гигиенические и конструктивные преимущества трубы из ВЧШГ	Относительно высокая стоимость труб со специальными покрытиями. Негибкие трубы требуют отрывки котлованов. Тяжелые трубы из ВЧШГ удорожают перевозку, грузоподъемные работы и монтаж
<i>3.2.5. Восстановление с помощью сложенных труб и пленок</i>				
3.2.5.1. С помощью сложенных U-образных и Ω - полиэтиленовых труб	Термомеханически сложенная ПЭ, зафиксированная бандажами труба заводится в трубопровод. Расправляется паровоздушной смесью, при	От 100 до 450 мм	Минимальные потери поперечного сечения	

	этом бандажи рвутся			
3.2.5.2. 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	

3.2.1. 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;
- резинотканевые 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.

Применимость

Цементно-песчаные покрытия являются надежным средством ликвидации различного рода дефектов на внутренней поверхности стальных и чугунных труб, 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).

3.2.2. Нанесение полимерных покрытий

Общее техническое описание

Путем напыления отверждаемой смолы на внутреннюю поверхность трубы 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 pulverизатор вводят в ремонтируемый трубопровод через колодец.

В pulverизаторе смола смешивается с отвердителем, после чего под давлением наносится на внутреннюю поверхность трубопровода и очень быстро приобретает высокую прочность. К pulverизатору 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 (при нанесении на чистую сухую поверхность) 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.

Может быть использована не только для восстановления неплотностей, но и для покрытия трубопровода в целях предотвращения обрастаний.

Применимость

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.

К недостаткам метода следует отнести:

- высокую стоимость материала,
- неэффективность при поступлении в трубопровод воды через свищи.

Покрытие способно перекрывать щели до 6 мм.

3.2.3. 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, PAN, PET, PP 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».

Тип	Характеристика	Преимущества	Недостатки	Оценка
По способу размещения рукава в трубопроводе				
3.2.3.1. 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
3.2.3.2. Выворотом 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
3.2.3.3. Выворотом давлением воды (гидровыворот)	Внутри чулка 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
3.2.3.4. Метод выворота давлением воздуха	Внутри чулка подается воздух под давлением	Нет проблем из-за контакта полимерной смолы с водой	Сложный метод, требующий специального оборудования (барокамера)	
3.2.3.5. Протаскивание лебедкой с гидровыворотом	Вначале осуществляется гидровыворот	Возможность размещения в ремонтируемой	Дополнительные затраты на вспомогательный рукав.	

вспомогательного рукава	легкого герметичного вспомогательного рукава. Затем через воду лебедкой протаскивается основной рукав	трубе жестких комбинированных рукавов повышенной прочности	Другие недостатки гидровыворота	
3.2.3.6. Комбинированный (выворот лебедкой в гидросреде)	Выворот лебедкой осуществляется в трубопроводе, наполненном водой	Нагрузки на рукав значительно снижаются. Достаточно давления воды на уровне колодца	Технически более сложный метод	Ограничения, связанные с применением воды
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 эффективный 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 диаметров (более 400 мм).

Внутренняя поверхность трубопровода перед операцией восстановления должна быть очищена до металлического блеска 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.

3.2.3.1. 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 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 трубопроводов диаметром не более 400 мм.

3.2.3.2. 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.

3.2.3.3. 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).

3.2.3.4. 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 удастся не всегда.

3.2.3.5. Гидровыворот со вспомогательным рукавом

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.

3.2.3.6. 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 TP-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 терморезактивным 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 100°C 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 применении 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 стекломатам 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 N/mm^2 против 800 N/mm^2 и 2800 N/mm^2 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, прилегая 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 колодцев. Позволяет проводить реконструкцию участков большой протяженности, причем непрерывно.

Применимость

Метод рукава является оптимальным для реконструкции трубопроводов из чугуна, стали и железобетона с диаметрами от 150 до 1400 мм.

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 наличии свищей, крупных трещин, сколов, малых деформаций по сечению.

Длины saniруемых участков – до 500 м в зависимости от диаметра – обусловлены техническими ограничениями самой машины для установки рукава и возможностями оборудования для прочистки трубопровода перед санацией

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 и полного высушивания внутренней поверхности. Так, в случае неполного приклеивания рукава к старой трубе существует опасность его отслоения в дальнейшем.

3.2.4. 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 длинномерная 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.

Применимы для трубопроводов диаметром до 500 мм

3.2.4.1. 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, 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.

Протяжка 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.

Применимость

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 плеть может расширяться до окончания ее протаскивания.

3.2.4.2. 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 подачу 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 лебёдки возобновление работ, когда полиэтиленовая труба частично находится в первичной, не представляет проблемы.

Применимость

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

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

Пластмассовые (полиэтиленовые, полипропиленовые, поливинилхлоридные) трубы длиной 10-12 м, которые свариваются в плетёнку, она либо втягивается, либо вталкивается в поврежденный трубопровод. Для введения плетёнки 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 плетёнку 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° и большого числа ответвлений.

3.2.4.4. 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 плетёнку 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 лебёдки 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.

Применимость

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

3.2.4.5. Восстановление с использованием мерных или коротких труб

Общее техническое описание

Формируемая непосредственно перед введением в поврежденный трубопровод плеть труб размещается в восстанавливаемом трубопроводе. Трубопровод с помощью троса перетягивается, либо с помощью домкрата проталкивается в сторону следующего колодца.

Для восстановления могут быть использованы как полиэтиленовые трубы, так и трубы с ВЧШГ со специальными покрытиями

Подсоединять отрезки полиэтиленовых 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.

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 бетононасоса.

Одни из самых долговечных методов (наряду с методом рукава)

Применимость

Основной недостаток метода короткого релайнинга - значительное (наибольшее среди всех методов реставрации) 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 полиэтиленовых труб диаметр saniруемого трубопровода уменьшается на 100 мм.

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

3.2.5. Восстановление с помощью сложенных труб и пленок

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

3.2.5.1. С помощью сложенных U-образных и Ω -полиэтиленовых труб

Общее техническое описание

Полиэтиленовую трубу экструдируют 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 saniруемый участок. 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 105оС. 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.

Применимость

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

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.

3.2.5.2. С помощью сложенных многослойных рукавов

3.2.5.2.1. С использованием несущих армированных 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

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.

3.2.5.2.2. С использованием несущих рукавов с фольгой из нержавеющей стали

Защитный рукав представляет собой конструкцию из нержавеющей стали в виде двухслойной фольги толщиной 0,2-0,4 мм, сваренной по краям с наружным покрытием из специального термопластичного клеевого состава и ворсистого синтетического материала (полиэфирного иглопробивного волокна), предотвращающего слипание прилегающих слоёв во время хранения и перевозки. Наличие ворсистого материала обеспечивает дополнительную несущую способность восстановленной трубопроводной системы после операций протягивания рукава внутрь подлежащего реновации трубопровода, тепловой диффузии клея через него к внутренней стенке старой трубы и последующего затвердевания.

Технология работ по реализации метода не требует разработки котлованов или траншей благодаря относительно малым габаритам (ширине) рукава, обеспечивающим свободный проход через люк смотрового колодца, и заключается в проведении нескольких последовательных этапов. Начальными этапами являются очистка внутренней поверхности восстанавливаемой трубы с помощью специальных устройств и нанесение на неё тонкого слоя клея. Затем осуществляют протягивание рукава в восстанавливаемый трубопровод из стартового колодца в финишный с помощью лебёдки. Непосредственно перед операцией протягивания рукава с помощью формующего устройства ему придают сплюснутый U-образный профиль. При достижении торцом рукава финишного колодца и установки там герметизирующего зажима (штуцера) и заглушки в стартовом колодце подключают компрессор и раздувают рукав сжатым воздухом при давлении 0,2 МПа. В результате данной операции сплюснутый рукав распрямляется и плотно прилегает к внутренней поверхности восстанавливаемого трубопровода. Следующим этапом технологии является приклеивание рукава к стенке восстанавливаемой трубы. Эта операция производится с помощью автоматически продвигающегося внутри рукава со скоростью 0,5-1,0 м/мин расширяющего дорна с газовой горелкой, обеспечивающей температуру в месте контакта около 180⁰С. Последним этапом производства работы является сварка торцов рукава в стартовом и финишном колодцах с промежуточными муфтами, присоединяемыми противоположным концом с фланцами трубопроводной арматуры (задвижками). Используемые для протягивания рукава механизмы и оборудование позволяют за одну проходку проводить восстановление стальных трубопроводов длиной до 200 м.

В зависимости от диаметра восстанавливаемой трубы применяются рукава с соответствующей толщиной нержавеющей стальной ленты (фольги) и определённым количеством клеевого состава:

- от 0,2 мм стальной ленты и 2-3 мм клеевого состава для трубопроводов диаметром 100 м,

- до 0,4 мм стальной ленты и 4-5 мм клеевого состава для трубопроводов диаметром 600 м

Преимуществом технологии протяжки рукава из нержавеющей стали является возможность проведения восстановительных работ при любых, в том числе, низких температурах окружающего воздуха и при практически полном износе трубопровода, что существенно отличает технологию от других. Нержавеющая сталь обеспечивает поддержание высокого качества транспортируемой питьевой воды, полностью исключая коррозионные процессы на внутренней поверхности трубы.

Недостатком технологии является ограниченная эластичность рукава, что может привести к образованию складок в изгибах трубопровода, поэтому допустимый изгиб для восстанавливаемых труб по данной технологии не должен превышать 30 градусов.

4. Оборудование для телеинспекции и дистанционного выполнения работ на сетях водоснабжения

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 поиска утерянных колодцев.

Разновидности систем телеинспекции применительно к трубопроводам водоснабжения определяются, в основном, 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.) 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
3.7.1. Проталкиваемые системы	Камера, расположенная на центраторе (устройство, позиционирующее камеру в центре трубопровода) и на салазках, продвигается	Водонепроницаемость при давлении. Система самовыравнивания изображения Система фиксации положения и датчик метража	От минимальных диаметров до Д400.

	с помощью протяжки	Система управления светом и фокусировки. Взрывобезопасное исполнение	
3.7.2. 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 мм и без ограничения. Наряду с телеинспекцией – ряд работ по эксплуатации и восстановлению трубопроводов.
3.7.3 Многофункциональный роботехнический комплекс	Самодвижущийся комплекс, оснащенный 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.

Технические требования в области восстановления трубопроводов водоснабжения (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 трубопроводов питьевого водоснабжения

<p>Монтаж труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) на неразъемном соединении с наружным цинковым покрытием и внутренним цементно-песчаным покрытием с центровкой трубы. ГОСТ Р ИСО 2531-2008, СП 66.133330.2011 (с изменением № 1) МГСН 6.01-03</p>
<p>Монтаж стальных прямошовных труб с внутренним цементно-песчаным покрытием и наружной изоляцией весьма усиленного типа по ГОСТ 9.602-2005 с центровкой трубы с одновременным устройством электрозащиты. 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</p>
<p>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. ГОСТ18599-2001, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000</p>
<p>Монтаж однослойных труб из полиэтилена ПЭ100 или ПЭ100-RC (стойкого к растрескиванию) с формированием U-образного поперечного сечения в заводских условиях (трубы поставляются намотанные на барабан), трубы несущие или ненесущие ГОСТ18599-2001, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000</p>
<p>Монтаж однослойных труб из полиэтилена ПЭ100 или ПЭ100-RC (стойкого к растрескиванию) с концентрическим уменьшением диаметра на строительной площадке (трубы поставляются в отрезках и свариваются в плеть). Диаметры от</p>

100 мм до 1000мм, труба несущая. ГОСТ18599-2001, МГСН 6.01-03, СП 40-102-2000
--

Примечания (АО «Мосводоканал»):

Все материалы, применяемые для прокладки водопроводных сетей (трубы, тонкостенных лайнеров, рукава и внутренние набрызговые покрытия) должны проходить дополнительные испытания на общетоксическое действие составляющих компонентов, которые могут диффундировать в воду в опасных для здоровья населения концентрациях и привести к аллергическим, кожно-раздражающим, мутагенным и другим отрицательным воздействиям на человека

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.) должна выполняться рекультивация грунта.

