

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Институт архитектуры и строительства
Кафедра инженерных коммуникаций и
систем жизнеобеспечения

СОГЛАСОВАНО

Должность руководителя
(наименование компании)



Директор
С.В.В.В.
0.5 2012 г.

ФИО

2012 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н.А. Бутлов

" 18 "

2012 г.



**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И
ЗАЩИТЫ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ**

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(рабочая учебная программа дисциплины)

Направление подготовки:

270800 «Строительство»

Профиль подготовки:

270800.68 «Инновационные
технологии водоотведения,
очистки сточных вод, обработ-
ки и утилизации осадков»

Квалификация (степень)

ВВм «Магистр»

Форма обучения

Очная

Составитель программы

Макотрина Людмила Викторовна, доцент, к.х.н., доцент кафедры
инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения.

Иркутск 2012 г.

1. Информация из ФГОС, относящаяся к дисциплине

1.1. Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов относящиеся к виду деятельности магистров: проектирование, возведение, эксплуатация, реконструкция зданий и сооружений; инженерное обеспечение и оборудование строительных объектов; разработка машин, оборудования и технологий, необходимых для строительства и производства строительных материалов, изделий и конструкций; проведение научных исследований и образовательной деятельности.

Объектами профессиональной деятельности магистров являются: промышленные, гражданские здания, гидротехнические и природоохранные сооружения; строительные материалы, изделия и конструкции; системы теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения промышленных, гражданских зданий и природоохранных объектов; машины, оборудование, технологические комплексы и системы автоматизации, используемые при строительстве и производстве строительных материалов, изделий и конструкций.

Магистр по направлению подготовки 270800 «Строительство» готовится к следующим видам профессиональной деятельности: инновационная, изыскательская и проектно-расчетная; производственно-технологическая; научно-исследовательская и педагогическая; по управлению проектами; профессиональная экспертиза и нормативно-методическая.

1.2. Задачи профессиональной деятельности выпускника

В дисциплине рассматриваются указанные в ФГОС задачи профессиональной деятельности магистров:

В области инновационной, изыскательской, и проектно-расчетной деятельности: сбор, систематизация и анализ информационных исходных данных для проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.

В области производственно-технологической деятельности: совершенствование и освоение новых технологических процессов строительного производства.

В области научно-исследовательской и педагогической деятельности: изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности; постановка научно-технической задачи, выбор методических способов и средств ее решения, подготовка данных для составления обзоров, отчетов, научных и иных публикаций.

В области деятельности по профессиональной экспертизе и нормативно-методической деятельности: оценка технического состояния зданий, сооружений их частей и инженерного оборудования.

1.3. Перечень компетенций, установленных ФГОС

Освоение программы настоящей дисциплины позволит сформировать у обучающегося следующие компетенции:

способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение (ПК-3);

способность анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию (ПК-10);

способность оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы (ПК-12).

2. Цели и задачи освоения программы дисциплины

Цели учебной дисциплины –

сформировать у магистрантов наиболее полное представление о проблемах в сфере коммунального хозяйства и познакомить с научными подходами к их решению;

сформировать у магистрантов представление о современных методах и технологиях восстановления сетей водоснабжения и водоотведения;

подготовить магистров, умеющих рационально использовать существующие сети и сооружения систем водоснабжения и водоотведения, применять современные и прогрессивные инженерные решения по восстановлению инженерных сетей и сооружений.

Задачами изучения дисциплины является:

поиск и анализ литературных данных по интенсификации, модернизации сооружений, сетей водоснабжения и водоотведения;

анализ работы действующих сетей;

выявление сооружений или их элементов, требующих ремонта, модернизации или строительства новых;

поиск путей модернизации сетей водоснабжения и водоотведения;

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Современные методы восстановления и защиты водотоков сетей» основывается на знаниях, полученных при освоении дисциплин: водоснабжение (водопроводные сети), водоотведение и очистка сточных вод (канализационные сети), реконструкция инженерных систем и сооружений, технология возведения сетей.

Знания и умения, приобретаемые магистрантами после освоения содержания дисциплины, будут использоваться в специальных и профильных дисциплинах.

4. Компетенции обучающегося, формируемые освоения дисциплины (результаты освоения дисциплины)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен научиться использовать углубленные теоретические и практические знания; новые методы исследования; уметь самостоятельно приобретать знания с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение; научиться анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию; уметь оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы.

В результате освоения программы дисциплины магистрант должен:

Знать: основные направления и перспективы развития трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения; современное оборудование для диагностики, прочистки и восстановления сетей водоснабжения и водоотведения; современные технологии восстановления водопроводных и водоотводящих сетей и сооружений на них.

Уметь:

- проектировать реконструкцию трубопроводов водоснабжения и водоотведения;

- проектировать восстановление различных систем водоснабжения и водоотведения;

- рационально использовать существующие сети, разрабатывать планы производства строительных работ на реконструкцию инженерных сетей;

- проектировать комплексы сооружений инженерных сетей и сооружений, отдельных элементов их, предусматривать пути реконструкции инженерных сетей и сооружений и интенсификации их работы;

- применять современные и прогрессивные инженерные решения по реконструкции инженерных сетей и сооружений;

Владеть:

- методами расчета инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения и адаптировать их в условиях реконструкции систем и сооружений водоснабжения и водоотведения,

- последними достижениями науки и техники в области водоснабжения и водоотведения, строительных материалов и конструкций для оптимизации принимаемых технических решений и минимума материальных затрат на реконструкцию.

4. Основная структура дисциплины.

Таблица 1 – Структура дисциплины

Вид учебной работы	Трудоемкость, часов	
	Всего	Семестр
		№ 9 (1)
Общая трудоемкость дисциплины (4 ЗЕ)	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	26	26
лекции	13	17
практические	13	17
Самостоятельная работа	82	82
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен (36)	Экзамен (36)

5. Содержание дисциплины

6.1. Перечень основных разделов и тем дисциплины

1. Введение. Состояние трубопроводных систем. Тема 1. Задачи служб эксплуатации коммунальных объектов. Понятие о бестраншейных технологиях. Старение подземных трубопроводных коммуникаций.

Тема 2. Основные методы восстановления трубопроводов городской водопроводной сети. Основные типы защитных покрытий.

Сплошные набрызговые покрытия

Тема 1. Сплошные набрызговые покрытия на основе цементно-песчаных растворов.

Тема 2. Сплошные набрызговые покрытия из эпоксидной смолы и других веществ.

2. Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов.

Тема 1. Свойства полимерных труб.

Тема 2. Методы введения защитного покрытия в восстанавливаемый трубопровод.

Тема 3. Технологии различных фирм. Точечные (местные) защитные покрытия.

3. Технологические операции, предшествующие и завершающие процессы восстановления подземных трубопроводов. Инспекционный контроль.

Тема 1. Телероботы. Дефекты, обнаруженные в результате телеинспекции. Диапазон применения телеконтроля.

Тема 2. Прочистка трубопроводов. Основные методы чистки трубопроводов.

4. Оборудование, механизмы и приборы для восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами.

Тема 1. Механизмы и оборудование для диагностического телекон-

троля трубопроводов. Отечественные телероботы НПО «ТАРИС». Диагностические комплексы.

Тема 2. Механизмы и оборудование для прочистки трубопроводов перед санацией; нанесения цементно-песчаных покрытий; восстановления трубопроводов с помощью пластмассовых труб.

5. Влияние внутренних защитных покрытий на качество транспортируемой воды и санитарно-гигиеническую надежность трубопроводов.

Тема 1. Регламентация требований к материалу и типам труб систем водоснабжения. Способы обеспечения нормативных показателей качества воды.

Тема 2. Контроль качества воды.

Тема 3. Оценка потенциального воздействия внутренних защитных покрытий трубопроводов на качественные показатели воды

6. Защита подземных трубопроводов от электрохимической коррозии.

Тема 1. Виды коррозии подземных металлических трубопроводов.

Тема 2. Основные методы защиты. Электрохимическая защита. Гальваническая защита.

Тема 3. Параметры оценки коррозионной агрессивности грунтов.

Тема 4. Методы и требования к защите от коррозии подземных трубопроводов из ВЧШГ.

7. Современные подходы к разработке стратегии восстановления городских сетей и выбора приоритетного объекта восстановления.

Тема 1. Причины отказа трубопроводов.

Тема 2. Современный подход к разработке стратегии восстановления городских водопроводных сетей.

Тема 3. Критерии выбора потенциальных объектов восстановления. Факторы, влияющие на уровень надежности трубопровода

Достижения отечественной и зарубежной практики восстановления подземных трубопроводов.

Тема 1. Отечественный опыт (цементно-песчаные покрытия, полимерные покрытия, опыт Московского водопровода).

Тема 2. Зарубежный опыт.

6.2. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем дисциплины

Лекция 1. Введение. Состояние трубопроводных систем

Трубопроводные системы – неотъемлемая часть инфраструктуры современных городов, а городские водопроводные и водоотводящие сети являются не только наиболее функционально-значимым элементом системы водоснабжения и водоотведения, но и, как показывает практика эксплуатации, наиболее уязвимы. При этом от надежной и бесперебойной их работы в значительной степени зависит состояние окружающей среды, комфортность проживания, эффективная работа промышленных и коммунальных

предприятий города. *Причины низкой надежности* трубопроводов городов России известны и сложились не в один день:

- износ трубопроводов;
- неправильный выбор материала труб и класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;
- несоблюдение технологии производства работ по укладке и монтажу трубопроводов;
- отсутствие необходимых мер по защите трубопроводов от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;
- разрушающие давления, воздействие гидравлических ударов, падение долговременной прочности;
- несоответствие качества труб требованиям ГОСТов и т.п.

Долгие годы планирование и осуществление строительства и трубопроводов водопровода и канализации осуществлялось без учета требований надежности по применяемым материалам и организационно-техническими возможностями эксплуатационных организаций. Именно по этим причинам весьма значительное количество трубопроводов водопроводных сетей большинства городов России проложено из стальных труб, изготовленных из наиболее дешевых марок стали, без защиты внутренней и внешней поверхности труб от коррозии. Катастрофические последствия их коррозии проявляются лишь через несколько лет эксплуатации.

В настоящее время срок службы этих стальных трубопроводов 20-25 летней (и более) давности заканчивается и начался их массовый выход из строя.

Основной причиной высокой аварийности трубопроводов подземной прокладки является то, что заводы-изготовители чугунных, асбестоцементных, железобетонных, бетонных и других труб из хрупких материалов не гарантировали их долговременной прочности при совместном воздействии изменений внутреннего гидравлического давления и внешней нагрузки.

Главными задачами служб эксплуатации коммунальных объектов являются:

- повышение надежности работы подземных трубопроводов,
- предупреждение их старения,
- оперативная ликвидация последствий аварий на сетях

В настоящее время она приобретает особую актуальность, так как в коммунальном секторе старение подземных трубопроводных коммуникаций и другого оборудования различного назначения достигло критического уровня.

В связи с этим поддержание высокой надежности и работоспособности трубопроводов городской водопроводной сети (т.е. своевременное и эффективное техническое обслуживание, ремонт и реконструкция трубопроводов и оборудования по причине их старения или преждевременного износа) остается приоритетным для эксплуатирующих предприятий.

Коммунальными службами городов-мегаполисов различных стран все большее внимание уделяется вопросам использования перспективных бестраншейных технологий восстановления (санации) и прокладки водопроводных, водоотводящих и других сетей, что является альтернативой традиционному открытому способу реконструкции и строительству трубопроводов траншейным способом.

В перспективе практика развития инженерных коммуникаций должна ориентироваться на строительство *подземных проходных каналов* общего назначения больших размеров, в которых могли бы разместиться все городские инженерные сети или их большая часть.

Под бестраншейными технологиями понимаются технологии прокладки, замены, ремонта, инспекции и обнаружения дефектов в подземных коммуникациях различного назначения с минимальным разрытием поверхности земли.

Бестраншейные технологии санации и прокладки трубопроводов наряду с оперативностью и экономичностью по сравнению с традиционными методами (проведение земляных работ с раскопкой траншей, ремонтом или заменой трубопровода новым) позволяют сохранять высокое качество транспортируемых вод и не нарушать сложившуюся экологическую обстановку.

Первое широкое ознакомление российской инженерной общественности с многообразными зарубежными технологиями бестраншейного восстановления действующих трубопроводов различного назначения и их прокладки пришлось на конец 80-х и начало 90-х гг. XX в. Появившиеся широкие возможности применения бестраншейных технологий в нашей стране послужили мощным импульсом их пропаганды в последующие годы.

Старение подземных трубопроводных коммуникаций различного назначения приводит к:

- потерям напора и снижению пропускной способности из-за зарастания труб;
- ухудшению физико-химических показателей транспортируемой питьевой воды (например, цветности) по причине коррозии;
- возможности повторного заражения вод (в результате свищей, трещин, нарушения стыковых соединений в случае старения сетей питьевого водоснабжения);
- загрязнению подземных и поверхностных вод, почвы, атмосферы (в случае старения нефтяных и газовых коммуникаций, водоотводящих сетей бытовой, дождевой и производственной канализации).

Утечки воды из трубопроводов, вызванные их старением, являются также причиной подъема уровня грунтовых вод, что может привести к интенсивному разрушению эксплуатируемых зданий и действующих сооружений инженерной инфраструктуры.

Во многих крупных зарубежных городах прокладка инженерных коммуникаций открытым способом уже запрещена.

В большинстве российских городов из-за недостатка или отсутствия соответствующего оборудования и материалов, а также средств для их приобретения ремонт и прокладка коммуникаций производятся преимущественно открытым способом, что ведет к

- резкому увеличению стоимости работ и сроков строительства объектов,
- необходимости разрушения дорожных покрытий,
- загрязнению придорожных полос,
- перекрытию движения транспорта.

Подобные обстоятельства создают в свою очередь автомобильные пробки, неудобства пассажирам, пешеходам и, кроме того, приводят к ухудшению экологической обстановки в городах.

Рост населения в крупных городах мира и переход большинства подземных сооружений на более глубокие горизонты из-за стесненной городской застройки и насыщения предповерхностных уровней сооружениями инженерной инфраструктуры придает еще большую значимость бестраншейным методам реконструкции и прокладки коммунальных сетей водоснабжения и водоотведения.

На ближайшую перспективу развития подземной инженерной инфраструктуры городов должен быть выработан новый подход, максимально ориентированный на использование бестраншейных технологий с научно обоснованной стратегией восстановления и замены выходящих из строя трубопроводов.

Данный подход позволит в значительной мере решить обостряющуюся из года в год проблему последствий аварийных ситуаций, напрямую связанных с состоянием и содержанием подземных инженерных коммуникаций, сохранить существующую экологическую обстановку, значительно снизить техногенное воздействие подземных трубопроводов на геологическую среду и повысить уровень коммунального обслуживания населения. Успешное решение задачи предотвращения старения подземных трубопроводов водоснабжения на базе новых подходов и разработанных на их основе нормативов технического обслуживания и ремонта будет способствовать реализации долгосрочных экономических, социальных и экологических проблем, стоящих перед современным городом.

Основные методы восстановления трубопроводов городской сети

Трубопроводы городской водопроводной сети, находящиеся в эксплуатации, подвергаются как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их восстановления или санации.

Под *санацией* трубопроводов понимается полное восстановление трубопровода путем устранения дефектов всех видов по длине труб и в местах их стыковки с помощью нанесения защитных покрытий (облицовок) при соблюдении (поддержании) исходных гидравлических характеристик течения потока транспортируемой воды

Под *восстановлением* структуры трубопровода понимают ликвидацию: структурных дефектов (свищи — сквозные отверстия, микротрещины и

другие повреждения); функциональных дефектов, вызванных временными факторами, например, старением, и неудовлетворительной эксплуатацией водопроводных сетей; дефектов, вызванных некачественным монтажом труб при их укладке в траншеи или являющихся результатом воздействия природных явлений (деформация грунтов, приток подземных вод и т. д.).

Выбор конкретного метода санации трубопроводов с использованием бестраншейных технологий и обоснование возможности его применения зависят от состояния трубопровода и результатов теледиагностики, возможностей размещения и использования соответствующего оборудования и механизмов для реализации метода на месте санации.

Срок службы водопроводных и водоотводящих трубопроводов в действующих нормативных документах определен в зависимости от их материала. Например, стальные водопроводные трубопроводы должны эффективно эксплуатироваться в течение 20 лет, а чугунные — в течение 60 лет.

Однако, как показывает практика эксплуатации водопроводов, *старение стальных трубопроводов* сетей водоснабжения и снижение их пропускной способности может наступить в более ранние сроки (через 3—10 лет после прокладки) из-за влияния отдельных или совокупности следующих факторов:

- отсутствие внешних и внутренних антикоррозионных покрытий,
- несоответствие материала труб условиям эксплуатации,
- нарушение условий прокладки трубопроводных систем в соответствующих грунтах,
 - агрессивный характер почв и грунтовых вод,
 - коррозия стенок,
 - биообрастания и т.д.

В сетях городского водопровода наиболее характерными загрязнениями, осаждающимися на стенках труб, являются уплотненный осадок, оксиды марганца и железа (в виде бугристых наростов), комплексные соединения на основе оксидов железа и извести, инородные включения (кусочки древесины, мелкий щебень и т.д.). Наличие последних может свидетельствовать, прежде всего, о низком качестве очистки воды (в частности, удаления железа и марганца), а также попадании посторонних предметов в трубопроводы при их прокладке или ремонте запорно-регулирующей арматуры.

Согласно международной и принятой в России классификации, поврежденные подземные трубопроводы подвергаются санации путем нанесения на их внутреннюю поверхность следующих типов защитных покрытий (облицовок):

- сплошные набрызговые (например, цементно-песчаные и другие растворы);
- сплошные (например, протяжка полимерных гибких оболочек или пластиковых труб с сохранением или разрушением старого трубопровода);

- спиральные (например, навивка полимерных профильных лент на внутреннюю поверхность трубопроводов);
- точечные (наложение временных и постоянных бандажей на внутренней поверхности трубопроводов и др.).

Качественно проведенная санация трубопроводов позволяет:

- предотвратить коррозию металлических стенок трубопроводов за счет пассивного (изоляции стенок) и активного (образования на стенках субмикроскопического покровного слоя из оксидов железа) защитного эффекта;
- обеспечить требуемый уровень надежности трубопроводов и снизить аварийность на водопроводных сетях;
- сохранить неизменными (для трубопроводов больших диаметров в некоторых случаях даже улучшить) гидравлические характеристики, а также стабилизировать напоры за счет уменьшения коэффициента гидравлического трения до уровня, соответствующего табличным значениям для неновых труб;
- сохранить свойства воды, транспортируемой от станций водоподготовки до потребителей за счет снижения концентраций растворенного кислорода и остаточного хлора.

Отличительной *особенностью* *бестраншейного восстановления* (санации) от бестраншейной прокладки является сохранение старого трубопровода в качестве опоры несущей конструкции.

Сплошные набрызговые покрытия

Сплошные набрызговые покрытия на основе цементно-песчаных растворов

Покрытия из цементно-песчаных растворов широко используются за рубежом уже более 40 лет, а первый опыт их применения в Москве для защиты стального водовода внутренним диаметром 1200 мм (3-й Краснопресненский водовод) относится к 1968 г.

Работы по нанесению цементно-песчаных покрытий могут выполняться методом центрифугирования или центробежного набрызга с использованием разглаживающих устройств.

6 7

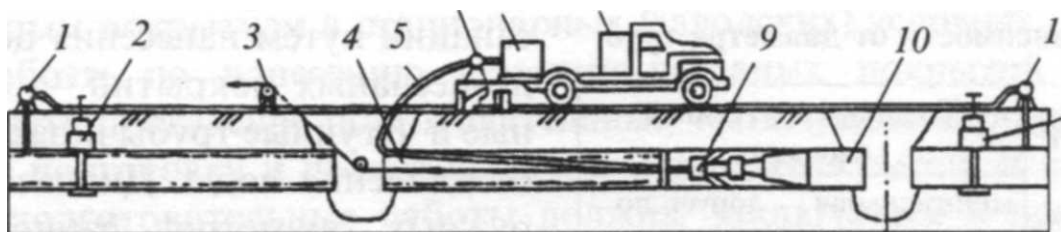


Рис. 1. Нанесение цементно-песчаного покрытия методом центрифугирования на трубопроводы малого диаметра: 1 — насос для временного отвода сточной жидкости; 2 — временный запорный вентиль (задвижка); 3 — лебедка; 4 — подлежащий обработке трубопровод; 5 — трубопровод транспортировки раствора; 6 — дозирующий насос для цементного раствора; 7 — емкость, для цементного раствора; 8 — электрошкаф; 9 — разбрызгивающее устройство; 10 — обработанный участок трубы

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

труб, а также антикоррозионным материалом, однако *не могут быть использованы для восстановления сильно разрушенных трубопроводов.*

В качестве **исходных материалов** для приготовления качественного цементно-песчаного раствора необходимо использовать

- портландцемент марки М500 (ГОСТу 10178-85),
- мелкозернистый кварцевый песок (фракционированный по ГОСТ 8736-93 и ТУ 39-1554-91).

Минимальная толщина защитного слоя должна определяться диаметром и материалом труб, а *требуемая* — возрастом труб, толщиной их стенок и физическим состоянием (износом). Выбранная толщина защитного слоя достигается при определенной скорости передвижения агрегата в трубе, а также при постоянных значениях производительности насоса, подающего цементный раствор, и скорости вращения центробежной головки.

Область применения метода санации путем нанесения цементно-песчаных покрытий — стальные и чугунные трубы независимо от давления воды. *Диапазон наружных диаметров* санируемых стальных труб 76—2020 мм.

Метод используется *при любой глубине заложения труб* (в грунте или непроходных каналах) и *не зависит от типа грунтов*, окружающих трубопровод. Он *целесообразен* при коррозионных обрастаниях и абразивном износе, но *неэффективен* при раскрытых стыках труб, смещении труб в стыках и деформации секций труб.

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.

Требуемая толщина слоя цементно-песчаного покрытия для стальных труб должна соответствовать техническим условиям, согласованным с заказчиком (эксплуатирующей трубопроводы организацией) в установленном порядке (ТУ 5745-001-16341648).

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);
- определение протяженности технологических захваток, которая диктуется длиной стандартных рабочих тросов и рукавов (подачи раствора и воздуха), а также техническими характеристиками растворонасоса и не зависит от диаметра трубопровода.

В случае непреодолимых для прохождения прочистными снарядами и облицовочными агрегатами *препятствий* (вертикальные подъемы и

опуски, местные углы поворота трассы в плане и по вертикали, свищевые клинья, болты и т.д.) необходимо *дополнительное вскрытие трубопроводов* (устройство лазов) независимо от расположения колодцев в пределах установленной ранее технологической захватки и замена их предварительно облицованными элементами, в том числе фасонными частями.

Нанесение защитных покрытий *в труднодоступных местах* должно производиться вручную на месте или в стационарных условиях с последующей перекладкой труб. Возможны и другие методы устранения препятствий, возникающих при облицовке трубопроводов.

Стандартная технология подготовки компонентов смеси должна включать операции *просеивания* песка и цемента через сито и *затаривания* их в специальные емкости с плотно закрывающимися крышками, предотвращающими воздействие влаги и загрязнение посторонними примесями (для цемента согласно ГОСТу 22 237-85).

Портландцемент (вяжущее) должен отвечать следующим требованиям: не содержать комков и химических добавок, иметь густоту цементного теста не более 27 % и период схватывания не ранее 60 мин.

Используемый для приготовления смеси *песок* должен иметь крупность зерен не более 1 мм; фракции с размером зерен 0,315...0,63 мм должны составлять не менее 70 % массы песка, а фракции размером до 0,315 мм — менее 3 %. Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц не должно превышать 3 % по массе, удельная эффективная активность радионуклидов должна соответствовать 1-му классу.

Используемая *вода* должна соответствовать ГОСТу 23732-79 и иметь температуру +10...+30 °С, а оптимальное соотношение твердых компонентов цемент: песок должно быть в пределах: по объему от 1:1 до 1:1,2 и по массе от 1:1,115 до 1:1,338. При этом водоцементное отношение должно составлять 0,3—0,36.

Подготовленная к нанесению на внутреннюю поверхность трубопровода *цементно-песчаная смесь* должна быть хорошо перемешана и однородна. Ее подвижность в течение всего времени использования должна быть в диапазоне 6,5—9 (по глубине погружения конуса согласно ГОСТу 5802-86). Перед нанесением на трубопровод цементно-песчаная смесь должна иметь температуру +10...+25 °С. Работы по нанесению цементно-песчаных покрытий не производятся при среднесуточной температуре наружного воздуха менее 5 °С.

Нанесенные *цементно-песчаные покрытия* должны соответствовать следующим основным *требованиям*:

- покрытие должно быть сплошным, с заглаженной поверхностью (допускаются борозды или гребни с отклонением по глубине до 1 мм при выполнении требований по толщине слоя);
- набор прочности цементно-песчаного покрытия до 70% должен проходить при температуре покрытия +5...+30 °С и влажности 90—100%;
- покрытие на любом участке санированного трубопровода должно иметь среднюю плотность не менее 2200 кг/м³ и прочность на сжатие в

возрасте 3 сут. — 30 МПа (70% R28), 7 сут. — 35 МПа (80% R28) и 28 сут. — 45 МПа (100 % R 28) по ГОСТ 26633-91 и СНиП 82-02-95.

Непосредственно после санации трубопровода должны производиться *маркировка и регистрация выполненных работ* по ТУ, согласованным с заказчиком (эксплуатирующей организацией) в установленном порядке.

После маркировки для равномерного схватывания цемента по всей длине трубопровода он должен подвергаться *герметизации* в пределах захватки путем плотной заделки обоих мест вскрытия полиэтиленовой пленкой. Перед сдачей санированного трубопровода в эксплуатацию производятся его *промывка и дезинфекция*.

Санированный трубопровод должен быть *принят эксплуатирующими организациями* путем проверки соответствия покрытия требованиям ТУ 5745-001-16341648. Данными техническими условиями регламентируются также вопросы безопасности производства работ и охраны окружающей среды.

К *достоинствам* метода нанесения цементно-песчаных покрытий можно отнести: относительную простоту технического исполнения и низкую стоимость ремонтных работ, которая составляет 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. После нанесения цементно-песчаного раствора трубопровод может быть пущен в эксплуатацию через 3—5 сут., т.е. технологический цикл процесса является относительно продолжительным. Покрытие сохраняется стабильным в течение длительного срока эксплуатации (50 лет).

Контроль качества санации при нанесении цементно-песчаных покрытий включает *контроль качества внутренней защитной изоляции и проведение приемо-сдаточных испытаний*, в том числе:

- *визуальный осмотр* (при диаметре трубопровода более 900 мм) и *телеинспекцию* с помощью видеокамер (при диаметре трубопровода менее 800 мм), позволяющих выделить усадочные трещины, отслоения облицовок, вздутия, пустоты и другие дефекты, подлежащие ликвидации ручным или механизированным способом с повторным нанесением покрытия;
- *измерение толщины защитного слоя* путем использования механического способа, т.е. прокола специальным щупом в виде пластины размером 100x5x0,8 мм неотвердевшего покрытия, или ультразвуковых и электромагнитных толщиномеров (допускаемая погрешность + 10 %); покрытие должно быть сплошным и гладким, на поверхности допускаются продольные борозды (гребни) глубиной (высотой) не более 1 мм, образованные заглаживающим устройством;
- *измерение механической прочности покрытия* (через 72 ч после нанесения раствора); прочность образца (кубика) на сжатие (или на изгиб) должна быть не менее 22,5 МПа; проверка прочностных свойств должна производиться как минимум однократно при каждом нанесении покрытия;

- *гидравлические испытания*, т.е. натурные измерения расходов воды и давлений (в том числе, для определения истинного значения коэффициента гидравлического трения).

Сплошные набрызговые покрытия из эпоксидной смолы и других веществ

В состав покрытий входят: органическая смола, волокнистые добавки на основе стекла, которые защищают трубопровод от коррозии и абразивного износа, гарантируя водонепроницаемость стенок.

Нанесение раствора осуществляется, как и в случае использования цементно-песчаного раствора, центрифугированием с помощью вращательных устройств со щетками. Метод нашел применение за рубежом в основном для санации *водоотводящих сетей*.

Его *особенностью* является более тщательная предварительная подготовка (чистка) внутренней поверхности восстанавливаемых трубопроводов.

При напылении на внутреннюю поверхность стальных и чугунных трубопроводов покрытий на основе полиуретана, отверждаемого изоцианатом (например, по технологии фирмы CUES, США), трубопроводы могут быть использованы в системах водоснабжения, так как рекомендуемые по технологии составы сертифицированы Государственной санитарно-эпидемиологической службой РФ в соответствии с требованиями СанПиН.

Лекция № 2. Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов

Данный тип покрытий применяется как для водопроводных, так и водоотводящих труб. Первый опыт использования труб из пластических материалов для восстановления (санации) трубопроводов относится к концу 1960-х гг., когда в г. Торонто (Канада) были восстановлены газовые, а затем и водоотводящие сети. Для этой цели использовались полиэтиленовые и поливинилхлоридные трубы, долговечность которых оценивалась соответственно в 35 и 20 лет. В европейских странах полимерные трубы для санации водоотводящих трубопроводов стали применять в начале 1970-х, а водопроводных — в конце 1970-х гг. При выборе конкретного материала для изготовления труб руководствовались техническими условиями и экологическими факторами.

Свойства полимерных труб

Как известно, полиэтилен имеет уникальные свойства, которые позволяют использовать его при восстановлении трубопроводов:

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

При монтаже плетей трубопроводов из отдельных звеньев труб возможно использование *бесшовной сварки плавлением*. При этом труба может быть соединена с другой полиэтиленовой арматурой, например клапанами, боковыми отводами, задвижками и т. д., обеспечивая полную герметизацию системы.

Другое уникальное свойство полиэтилена заключается в том, что он может *принимать первоначальную форму* благодаря своей специфической молекулярной структуре. Это свойство используется для изготовления складывающихся труб, что весьма целесообразно при транспортировке и прокладке сетей. По завершении прокладки на saniруемых участках сети звеньев труб принимают свою первоначальную форму, создавая герметичную оболочку, вплотную примыкающую к внутренней поверхности практически любых типов трубопроводов.

При нанесении на saniруемые трубопроводы как гибких внутренних покрытий из полимерных материалов (оболочек, мембран, рукавов), так и при введении в них полимерных труб наряду с обеспечением полной герметичности стенок достигается их *высокая сопротивляемость динамическим нагрузкам*.

Введение в трубопровод и закрепление в нем оболочек может производиться различными путями:

либо путем протаскивания бесшовного покрытия на всю длину реабилитируемого участка между двумя колодцами с последующим прижатием ее специальным грузом в форме баллона и подачей под давлением горячего воздуха или водяного пара;

либо постепенным введением на реабилитируемый участок скрученной в рулон оболочки в виде чулка (лайнера) с прижатием ее к стенке давлением жидкости.

В результате процесса полимеризации происходит затвердевание сплошной защитной оболочки, после чего все устройства и жидкость из трубопровода удаляются. Коммуникации могут быть сданы в эксплуатацию через несколько суток после проведения описанных операций.

Технология «Феникс» (Phoenix).

Особого внимания с технической точки зрения заслуживает технология нанесения сплошных полимерных рукавов «Феникс» (Phoenix). Это один из новых эффективных способов восстановления внутренней поверхности изношенных трубопроводов, который позволяет армировать внутреннюю поверхность трубопроводов специальным рукавом, изготовленным из полиэфирных и нейлоновых нитей, пропитанных полиэтиленом. На Московском водопроводе работы по санации подземных трубопроводов данным методом при использовании оборудования германской фирмы «Пройсаг Вассер унд Рортехник ГмбХ» ведутся с 1995 г.

Сущность данного метода санации трубопроводов заключается в закреплении у торцов и протягивании в полость трубы на всю длину ремонтного участка бесшовного полимерного рукава с плотной фиксацией его внутренней оболочки к внутренней поверхности трубопровода с помощью предварительно нанесенных клеевых составов (эпоксидной смолы) и давления воздуха или пара.

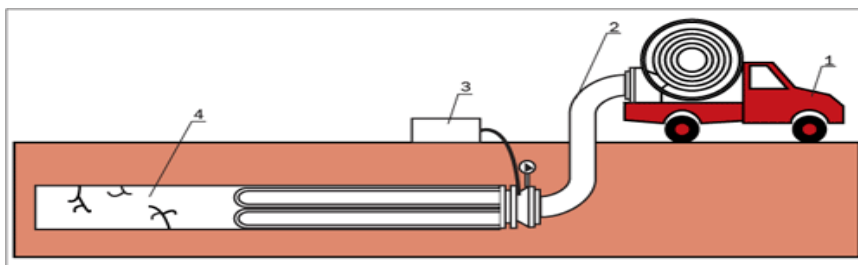


Рис. 2. Технология нанесения сплошных полимерных рукавов «Феникс»:

1 - автомобиль с оборудованием для установки рукава; 2 – полимерный рукав;
3 – компрессор; 4 – санируемый трубопровод

Воздушный поток обеспечивает продвижение оболочки по длине трубопровода, а термообработка приводит к быстрому твердению клеевых составов.

Полимерный рукав может изготавливаться из полиэстра, полиэтилена и других материалов, которые обеспечивают механическую прочность и герметичность восстанавливаемого трубопровода.

Полимерный рукав имеет толщину 2 мм (при эксплуатации трубопровода под давлением воды до 3 МПа) или 3—10 мм при необходимости противодействия значительным внешним нагрузкам, а также достижения необходимой устойчивости и прочности, сравнимой с аналогичными показателями для нового стального или чугунного трубопровода.

Область применения метода нанесения сплошного полимерного покрытия — стальные и чугунные трубы диаметром 150 — 900 мм. Длина ремонтного участка должна определяться в зависимости от диаметра восстанавливаемого трубопровода: при диаметре 150 мм она составляет 500 м, при диаметре 300 мм — 300 м, при диаметре 900 мм — 100 м.

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

Метод *эффективен* при следующих видах повреждений:

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

При других повреждениях (раскрытых стыках, смещении труб в стыках) необходима предварительная подготовка, обеспечивающая соосность труб в местах дефектов.

Внутренняя поверхность трубопровода перед санацией должна быть очищена до металлического блеска в соответствии со степенью А по ГОСТу 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 очистки.

Соотношение эпоксидной смолы и отвердителя в период производства работ по нанесению полимерного рукава должно составлять 1:1, скорость подачи рукава в трубопровод 2,5 м/мин независимо от диаметра, подлежащего восстановлению трубопровода.

Продолжительность этапов затвердевания клеевого состава следует принимать не менее 5 ч при температуре пара 105 °С, а продолжительность этапа охлаждения не более 6 ч при температуре 50 °С. Санация проводится при температуре наружного воздуха не ниже 0 °С.

Основное *требование к нанесенным полимерным покрытиям* — покрытие должно быть сплошным без видимых дефектов. В случае обнаружения любых

видимых дефектов (разрыва рукава, вздутия пленки и т.д.) рукав извлекается из трубы и процесс санации повторяется.

Ограничения метода «Феникс» — длина прочищаемого участка трубопровода не должна превышать 100 м, так как используемые стандартные шланги для гидравлической очистки имеют длину до 100 м. 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° .

Контроль качества работ по санации по методу «Феникс» включает следующие операции:

- визуальный осмотр и телеинспекцию с помощью видеокамер, позволяющих обнаружить разрывы оболочек, их вздутие и отслоение и другие дефекты, подлежащие последующей ликвидации ручным или механизированным способом;
- гидравлические испытания, т.е. натурные измерения расходов и давлений воды (в том числе для определения истинного значения коэффициента гидравлического трения).

Отечественными специалистами предложен новый способ изготовления комбинированного рукава, в котором пропитка армирующего материала осуществляется через штуцеры и в специальном «рукаве-емкости». При реализации способа достигается равномерное дозирование связующего как по длине комбинированного рукава, так и по его периметру. Реализация его может осуществляться тремя путями.

Первый — пропитка комбинированного рукава, имеющего внешнюю полиэтиленовую и внутреннюю полипропиленовую оболочки, с помощью заливки связующего между внутренней оболочкой и армирующим материалом с последующим распределением связующего от концов комбинированного рукава к его середине вручную.

Второй — введение связующего через штуцеры, сваренные с интервалом 1 м во внешнюю оболочку. Распределение связующего по длине армирующего рукава также осуществляется валками.

Третий — пропитка комбинированного рукава производится введением связующего внутрь заготовки «рукава-емкости», представляющей собой рукавный армирующий материал с внешней полиэтиленовой оболочкой. Связующее распределяется посредством механического валкования. Ввод внутренней полипропиленовой оболочки в заготовку осуществляется методом пневмовыворота. Формование внутреннего ремонтного покрытия производится горячим водяным паром при давлении $0,5 \text{ кг/см}^2$ и температуре 100°C в течение 3 ч.

Исследования показали, что композитный материал покрытия, изготовленного из комбинированного рукава по третьему варианту, имеет наиболее стабильные свойства по всей длине заготовки.

Перечисленные варианты изготовления комбинированного рукава успешно прошли *апробацию* на Московском водопроводе в 1996 г. при

проведении работ по ремонту водоотводящих трубопроводов. Объем санации трубопроводов диаметром 150—450 мм по данному способу составляет ежегодно около 16—20 км.

При реализации *технологии* сплошного покрытия путем введения в старый трубопровод нового из полимерных материалов происходит значительное уменьшение живого сечения трубопровода (например, в трубе диаметром 400 мм после санации условный проход составляет лишь 315 мм).

Для исключения указанного недостатка немецкой фирмой «Preussag» разработана технология санации, получившая название «Swagelining».

Технология «Swagelining»

С помощью данной технологии и ее модификаций в различных странах мира восстановлено свыше 800 км трубопроводов. Преимуществом технологии является то, что *санация осуществляется* с помощью тонких полиэтиленовых труб, которые позволяют восстановить сети практически без уменьшения сечения трубопроводов. Процесс восстановления трубопроводов состоит в том, что после операций прочистки внутренней поверхности подлежащего обновлению трубопровода в него втягивается полиэтиленовая труба сплюсненной U-образной формы, называемая *улайнером (U-Liner)*.

Под давлением пара труба приобретает круглую форму, плотно прилегая к внутренней поверхности трубопровода без образования кольцевого зазора. Диапазон диаметров санируемых трубопроводов по данной технологии 100—800 мм. Максимальная протяженность реабилитируемого участка до 600 м.

Основными преимуществами описанных методов санации являются достаточно высокая производительность и относительная простота. Однако недостаток последнего метода заключается в том, что после ремонта заметно уменьшается внутренний диаметр трубопровода.

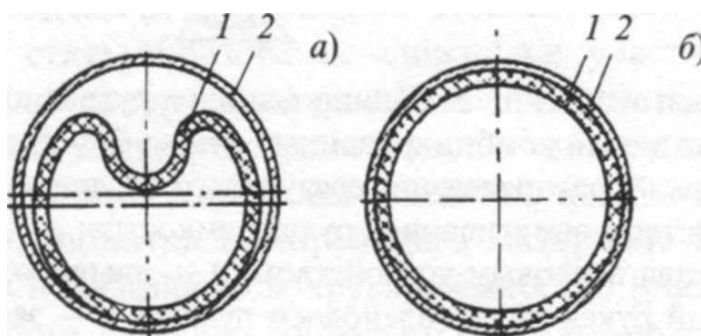


Рис. 3. Форма полиэтиленовой трубы при втягивании в санируемый трубопровод (а) и после расширения внутри него (б): 1 — полиэтиленовая труба; 2 — изношенный трубопровод

Точечные (местные) защитные покрытия.

Данный тип покрытий характерен для ликвидации *одиночных* (точечных) сквозных отверстий, в том числе периферийных трещин для трубопроводов диаметром 150 мм и более.

Данные дефекты трубопроводов могут быть вызваны

- подвижкой грунта (например, при проведении вблизи трасс земляных работ, воздействием на трубопроводы сверхнормативных нагрузок от дорожного движения, размоканием грунта, землетрясений и т.д.),
- местной (очаговой) коррозией стенок трубопроводов как изнутри, так и снаружи.

Покрытия для точечного ремонта могут также использоваться в качестве герметичных соединений отдельных труб при реализации различных способов бестраншейного восстановления сетей.

Местные повреждения, явившиеся причиной химической эрозии стенок трубопроводов, могут развиваться очень быстро и приводить к преждевременному выходу трубопровода из строя. Данные статистики показывают, что такого рода повреждения составляют около 10 % длины трубопровода.

С помощью защитных покрытий для местного ремонта кольматируются со стороны внутренней поверхности трубопроводов сквозные, продольные и круговые трещины.

Точечные защитные покрытия могут быть в виде:

- жидких растворов, твердеющих после нанесения на поврежденные поверхности (акриловые или полиуретановые гели, полиуретановая пена, растворы на основе цемента со стойкими по отношению к сточной воде добавками);
- растворов полужидкой консистенции;
- волокнистых материалов с пропиткой смолами;
- профильных резиновых уплотнителей;
- гильз из нержавеющей стали;
- композиционных составов холодного отверждения и т.д.

Метод «Аtex-10»

Английской фирмой «PMP Ltd.» для ремонта водопроводных сетей разработан метод «Аtex-10», в основу которого положено использование резиновой изоляции, которая прижимается к внутренней поверхности трубопровода расширяющимися кольцами из нержавеющей стали. Для систем водоснабжения (с давлением до 2 МПа) рекомендуется использовать специальную резину типа EPDM. Метод «Аtex-10» позволяет реставрировать трубопроводы с локальными повреждениями в диапазоне диаметров 600—3000 мм.

Широкое применение в области водоснабжения и водоотведения находят ремонтно-восстановительные технологии, основанные на применении композиционных материалов холодного отверждения, производимые зарубежными фирмами «MultiMetal» (ФРГ), «Devco» (США), «Durmetal» (Швейцария), «Belzona» (США), «Diamant» (ФРГ), «Loctite» (США).

На российском рынке технические фирменные услуги по реализации технологий и материалам указанных фирм оказывает Международная московская корпорация «МОСИНТРАСТ».

Качество применяемых материалов гарантируется зарубежными и российскими контролирующими органами: Госгортехнадзором и Госсанэпиднадзором РФ, Морским регистром РФ, Регистром Ллойда (ФРГ, Великобритания), Институтом гигиены и медицины при Рурском институте Бохума и др.

Восстановительные работы могут проводиться как на наружной поверхности объекта, так и на внутренней, причем в некоторых случаях без их опорожнения, если речь идет о трубопроводах большого диаметра или резервуарах для хранения воды.

Одним из основных преимуществ технологий корпорации «МОСИНТРАСТ» является удешевление ремонта в 5—6 раз по сравнению с традиционными методами. При этом сроки ремонта (простоя оборудования) могут сокращаться в 2—10 раз. Выполнение ремонтно-восстановительных работ часто производится без разборки или с частичной разборкой оборудования. Опыт эксплуатации отремонтированных объектов показывает, что срок их службы может увеличиваться в несколько раз.

Лекция 3. Технологические операции, предшествующие и завершающие процессы восстановления подземных трубопроводов.

Инспекционный контроль

Работы по проведению санации независимо от применяемого метода в обязательном порядке должны предваряться комплексным диагностическим инспекционным контролем трубопровода и его эффективной прочисткой. Проведение данных работ является неотъемлемой составной частью технологии санации.

1. Инспекционный контроль. Диагностический контроль проводится до и после санации (для оценки качества работ).

В нашей стране внутренняя инспекция водопроводных труб *больших диаметров* для диагностики их состояния предусматривает визуальный контроль, а *малых* — телеконтроль специальными роботами.

Телероботы представляют собой перемещающиеся внутри трубопровода транспортные модули на колесном или гусеничном ходу, на салазках или плавающие, на них, кроме телекамер, могут располагаться ремонтные головки (например, заделочная или бандажная).

Управляются телероботы по кабелю длиной до 150 м. Аппаратура управления и пост оператора находятся в специальном микроавтобусе. Здесь же располагаются: кабельный барабан, подъемники, устройства очистки и связи, генератор, бортовой компьютер, видеосистема и прочее оборудование.

Телеробот полностью герметичен и способен работать в частично заполненных водой трубопроводах, что дает ему преимущества перед другими средствами диагностики.

Инспекция трубопроводов осуществляется *цветной телекамерой* с высокой разрешающей способностью, которая дает богатую информацию о состоянии сети. Телекамера способна обнаружить даже небольшие трещины и течи, засоры и посторонние предметы, определить точное место-

положение и характер дефекта, состояние трубопровода вокруг дефекта.



Рис. 4. Робот с телекамерой

Видеокамера находится в герметичном корпусе, она оснащена хорошей фокусировкой и устройством наведения. Рядом с ней на транспортном модуле располагается мощный источник света, позволяющий оператору хорошо рассмотреть проверяемый участок трубопровода.



Рис.5. Телеробот в инспектируемой трубе

Видеосъемка может производиться круглосуточно и независимо от погодных условий.

Технология съемки заключается в следующем. Оператор управляет видеосъемкой из студии, размещенной в автомобиле. На монитор выводится четкое и ясное изображение внутренней поверхности трубы. По кромке изображения высвечивается и фиксируется информация о заказчике, а также данные о месте проведения работ и виде трубопроводов. В нижней части кадра записываются время съемок и ход камеры (расстояние от исходной точки движения). В местах обнаружения повреждений (дефектов) внутренней поверхности оператор останавливает камеру и подробно осматривает место путем поворота объектива.



Рис.6. Дефекты трубопровода, обнаруженные телероботами

Комментарий оператора вместе с изображением записывается на видео пленку. Видеокассета передается заказчику по окончании работ и хранится в его видеоархиве. По результатам видеоосмотра должен составляться письменный отчет, в котором представляется полное описание нарушений стыковых соединений, ответвлений и всех дефектов внутренней поверхности: трещин, прогибов, изломов, деформаций, заусениц, зазубрин и т.д. В отчете должны даваться выводы о необходимости проведения соответствующих ремонтных работ и профилактических мероприятий.

Обнаруженные в результате телеинспекции дефекты могут быть сгруппированы в основном в *две категории*:

структурные (микротрещины, вызывающие локальную эксфильтрацию и инфильтрацию, продольные и круговые трещины, нарушение стыковых соединений в результате старения труб и т.д.);

функциональные (деформации, образование ржавчины, биообрастаний и наносов на внутренней поверхности труб, проникновение корней деревьев внутрь трубопроводов, преждевременное разрушение материала труб и защитных оболочек из-за агрессивного воздействия грунтов и т.д.).

На практике в большинстве случаев весьма трудно определить значимость и приоритетность факторов, которые определяют периодичность, последовательность и характер ремонтных работ на сетях. Необходимо отметить, что временной фактор (разрушение труб по причине старения) не всегда является приоритетным при принятии решения по организации работ по восстановлению сетей.

Специальными исследованиями установлено, что появление дефектов зависит от ряда дестабилизирующих надежность труб факторов и обстоятельств

Телеконтроль водопроводных сетей применяется:

- в трубах из любого материала диаметром 80—150 мм с помощью неповоротной и несамohодной (протягиваемой на тросе или проталкиваемой фибер-

гласовым стержнем) телеустановки;

- в трубах диаметром 100—250 мм с помощью самоходного колесного робота с неповоротной широкоугольной телекамерой;
- в трубах большого диаметра (до 1020 мм) с помощью самоходных роботов с поворотной телекамерой, устанавливаемой с помощью пантографического механизма по центру трубы.

В каждом из перечисленных вариантов используется цветная телекамера с разрешением не менее 330—470 линий.

2. Прочистка трубопроводов. Перед санацией трубопроводов должна проводиться их эффективная чистка, исключая повреждение внутренней поверхности трубы и заделку стыковых раструбных соединений (например, при ремонте чугунных и других труб).

В зависимости от степени зарастания живого сечения трубопроводов можно использовать следующие *основные методы чистки трубопроводов*:

- *водяной, или гидромеханический*; применяется для труб диаметром 100 мм и менее при наличии неуплотненных бугристых наносов;
- *водовоздушный*; применяется для трубопроводов диаметром 150—200 мм при наличии неуплотненных бугристых наносов при длине обрабатываемого участка за один цикл (проход) до 2000 м;
- *гидропрочистка* с использованием высоконапорных устройств с вращательными головками; применяется для трубопроводов диаметром до 300 мм и при длине обрабатываемого участка за один цикл (проход) до 1000 м ;
- *очистка с использованием цилиндрических пориновых скребков* из полиуретана, покрытого ворсистым металлическим патроном; применяется для диаметров трубопроводов 80—150 мм. Данный способ прост в применении, не требует высококвалифицированного персонала и сложной техники. Недостатки — необходимость резки трубопровода, значительный расход воды, а также возможное нарушение качества воды в трубопроводе, из которого подается вода для промывки. Кроме того, возможно разрушение или блокировка очистного устройства в трубе, а его обнаружение и извлечение являются сложными и дорогостоящими операциями;
- *очистка с использованием стержневых устройств* или спиралевидных скребков; применяется для трубопроводов диаметром 100 мм и менее при плотных наростах накипи и ржавчины;
- гидравлический метод очистки *на основе использования реактивных головок* или гидрокавитационных сопел; применяется для труб любых диаметров, при этом достигается зеркальный блеск поверхности и одновременно наносится антикоррозийное защитное покрытие;
- *электрогидроимпульсный* метод реализуемый путем создания высоковольтного разряда в жидкости, при этом образуется ударная волна, разрушающая отложения на внутренней поверхности трубопроводов; применяется для трубопроводов диаметром до 400 мм и длиной до 300 м;
- *гидрохимическая промывка* для удаления железоксидных и карбонатных отложений на основе специально приготовленных растворов (разработана в АКХ им. П.Д. Памфилова).

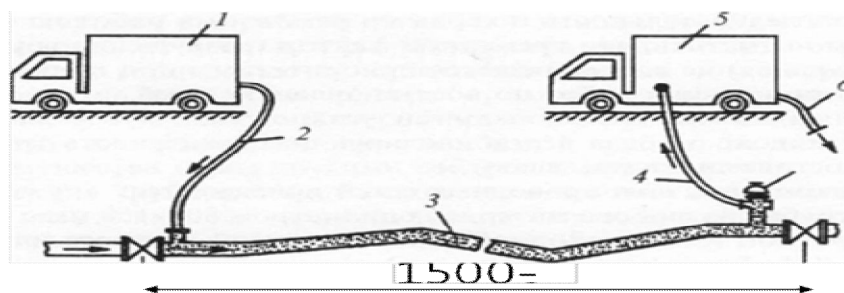


Рис. 7. Водовоздушная прочистка трубопроводов: 1, 5 — соответственно компрессорная установка и цистерна для оттаивания; 2, 4 — шланги (рукава) соответственно для подачи сжатого воздуха и отвода смеси; 3 — обрабатываемый трубопровод; 6 — шланг для удаления отстоя; 7 — водоразборная колонка, или гидрант

Несмотря на большое разнообразие способов прочистки и средств их реализации, выбор наиболее оптимального и эффективного способа для конкретного объекта представляет сложную задачу, так как при этом должны учитываться возраст трубопровода, возможности минимизации работ по демонтажу той или иной арматуры на сети, материально-технические возможности организаций и др. Кроме того, необходимо учитывать появление со временем тех или иных недостатков, в частности относительно быстрого восстановления бугристых или иных отложений, спровоцированных нарушением сложившейся годами структуры внутренней поверхности трубопровода. Последнее обстоятельство не может исключить повторную санацию трубопровода через определенный промежуток времени.

Лекция 4. Оборудование, механизмы и приборы для восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами

Многообразие бестраншейных методов восстановления водопроводных сетей невозможно реализовать без использования современной специальной техники (телевизионных камер, подъемных и тяговых механизмов, различного оборудования, приборов и т.д.). Рассмотрим основные отечественные и зарубежные установки, оборудование, механизмы и приборы, которые позволяют эффективно выполнять возложенные на них функции на этапах, предвещающих санацию, и в период работ по восстановлению трубопроводов.

Механизмы и оборудование для диагностического телеконтроля подлежащих восстановлению трубопроводов.

Для объективной оценки состояния подлежащего восстановлению трубопровода, а также после санации широко используются телевизионные робототехнические комплексы.

Отечественные телероботы НПО «ТАРИС» (например, «РОКОТ-1», Р-100, Р-200, С-200 и др.) имеют следующие технические возможности:

- видеосъемка для обнаружения и фиксации дефектов по длине восстанавливаемого трубопровода;
- локальный ремонт трубопроводов (зачистка места дефекта фрезами, щетками или специальными составами) путем накладки на внутреннюю поверхность трубы кольцевого банджа (полосы специальной ткани, пропитанной полимерным составом);
- устранение выступающих элементов с помощью фрезерной головки и посторонних предметов с помощью накопительного поддона;
- вскрытие боковых отводов при проведении внутренней облицовки трубопроводов сплошным полимерным рукавом;
- временное устранение течи грунтовой воды через свищ в трубопровод перед нанесением цементно-песчаных покрытий или сплошного полимерного рукава (установка временного банджа в виде тонкой полосы из нержавеющей стали со специальным замковым устройством и подслоем из пористой резины).

Робототехнические комплексы можно разделить на классы (первого и второго).

Комплексы первого класса — это телевизионные диагностические комплексы, которые осуществляют телевизионную инспекцию внутреннего состояния трубопровода. Такие комплексы выпускаются многими фирмами, среди них и всемирно известные «ИБАК» и «Рауш» (Германия), американская фирма «Кьюз», европейский концерн «Вьетмаскин» и российские НПО «ТАРИС» и СТВС.

Комплексы второго класса — предназначены для ремонта трубопровода — устранения свищевых повреждений, подготовки поверхности трубопровода к санации и проведения других работ внутри трубопровода.

Комплексы **первого класса** комплексов используются для следующих видов диагностики трубопроводов:

- *приемка построенного трубопровода соответствующими службами районов водопроводной сети города.* Осуществляется 100%-ный контроль принимаемого трубопровода. При осмотре оценивается качество цементно-песчаного покрытия трубопровода, фиксируются наличие трещин и отслоений в покрытии, неравномерность покрытия, выход резины из раструбных и фланцевых уплотнений, наличие внутри трубопровода посторонних предметов: песка, гравия и т.д. После удаления посторонних предметов осуществляется повторное обследование;
- *контроль качества подготовки внутренней поверхности трубопровода к санации.* Оценивается как качество прочистки трубопровода, так и наличие свищевых повреждений и посторонних предметов в трубопроводе;
- *контроль качества внутренней поверхности трубопровода после санации.* Оцениваются равномерность покрытия, отсутствие пропусков, оползней цементно-песчаного покрытия;
- *контроль качества внутреннего состояния трубопровода при появлении претензий жителей города к качеству питьевой воды (в основном, на мутность).* Оценивается наличие в трубопроводе песка, грунта. После проведенной промывки осуществляется повторное обследование;

- *поиск места повреждения трубопровода.* Осуществляется в тех случаях, когда определение места повреждения иными способами (с помощью корреляционных и акустических течеискателей) невозможно. При этом производится поиск места перелома чугунного трубопровода или местоположение свища в стальном трубопроводе. Технология поиска: участок сети ставится под напор на некоторое время, затем движущийся модуль комплекса вводится в трубопровод, например, через «подставку» гидранта. Местоположение повреждения определяется по наличию инфильтрации воды внутрь трубы;

- *контроль качества промывки тупиковых линий и участков с малыми скоростями.* Телевизионная диагностика осуществляется до промывки для оценки внутреннего состояния трубопровода и после промывки для оценки качества промывки.

Робототехнические комплексы **второго класса** используются для устранения свищевых повреждений на водопроводной сети города, при этом ремонт выполняется в два этапа:

- 1) *поиск места повреждения.* Для этой цели может быть использован и более мобильный и легкий телевизионный диагностический комплекс. Место повреждения отыскивается по инфильтрации воды из водонасыщенного грунта в трубу;

- 2) *непосредственно сам ремонт,* состоящий из подготовки внутренней поверхности с использованием фрезерной головки робота и установки внутритрубного бандаж на подготовленное место.

Очевидно, что такой достаточно сложный ремонт с использованием дорогостоящей техники должен производиться лишь в том случае, если ремонт трубопровода по раскопчной технологии невозможен или сильно затруднен, например, если свищевое повреждение находится под коллектором теплосети, под загруженной автомагистралью или перекрестком, если рядом проходят кабельные коммуникации.

Робототехническим комплексом «Рокот-1» успешно выполняются работы по подготовке внутренней поверхности трубопровода к проведению санации. Они заключаются в шлифовке сварных швов и удалении «града» сварных швов. По упрощенной бандажной технологии может устраняться инфильтрация воды внутрь трубопровода перед проведением санации цементно-песчаным покрытием.

Примеры комплексов

В последние годы западноевропейскими и американскими фирмами предложено много интересных *новинок*.

- Вращающиеся и панорамные камеры цветного изображения «SlimLine Rap» (Великобритания) с системой транспортировки и слежения на гусеничном ходу,

- «Telespec» (Великобритания) на колесном ходу со встроенной системой освещения и возможностью наезда.

- Микрокамеры HV 25 (Франция) для осмотра трубопроводов малого диаметра с резкими изгибами и затрудненным доступом; эти микро-

камеры позволяют исследовать трубопроводы диаметром 30—150 мм на расстоянии до 50 м.

- «Uemsi», (американской фирмы) подобные французской системы. В частности, малогабаритные камеры «Predator» этой фирмы для труб диаметром 75 мм имеют возможность преодолевать изгибы (повороты) трубопровода до 90°, а миникамеры серии «Chaser» позволяют производить инспектирование трубопроводов диаметром 50 мм и более.

- Локационное устройство «Тгаскег» фирмы «Uemsi» служит для обнаружения трассы и глубины прокладки трубопровода.

Современные системы телеинспекции позволяют не только обнаружить и идентифицировать дефекты, но и прогнозировать их появление. Для этих целей разработаны и используются специальные **диагностические комплексы**, включающие датчик-толщиномер, который позволяет с высокой точностью определять остаточное количество металла в сечении трубопровода, в том числе под слоем отложений, а также обнаруживать микротрещины протяженностью не менее 50 мм.

В настоящее время на зарубежных коммунальных объектах используются технические средства для диагностики состояния сетей и работы сооружений в виде *многопрофильных диагностических комплексов* по типу *мини-лабораторий*, фиксирующих патологии труб и отбирающих пробы воды и твердых отложений на анализ непосредственно из интересующих исследователей мест на внутренней поверхности трубопровода.

Германской фирмой «Optimes» выпускаются профилирующие лазерные измерительные головки 200/KFW с высокой разрешающей способностью и механический профилирующий инструмент DKM-150 для точного измерения размеров и деформаций труб. Данные по диагностике их состояния передаются с помощью электрических сигналов в контрольное регистрирующее устройство, которое может быть удалено на 1500 м. Инструмент DKM-150 используется для труб диаметром 150—450 мм.

Перспективным мероприятием коммунальных служб при проведении ими теледиагностики являются **плановые периодические обследования трубопроводов** с накоплением информации об их состоянии в банке данных. В случае проведения первичного обследования (например, сразу после прокладки трубопровода) пользователь в последующем будет иметь значительно более полную информацию о степени износа труб, поскольку сможет сравнивать текущие результаты обследования с предыдущими.

Механизмы и оборудование для прочистки трубопроводов перед санацией

В зависимости от принятого метода прочистки в качестве механизмов и оборудования используется большая гамма *специальных устройств*:

- высоконапорные установки с вращательными головками,
- поршневые,
- стержневые,
- спиралевидные скребки и др.

В многолетней практике проведения профилактических работ по чистке водопроводных сетей на Московском водопроводе широко применя-

лись специальные *снаряды для гидромеханической прочистки* трубопроводов фирмы «Рейнхард» (Швейцария). Снаряд представляет собой устройство, состоящее из трех частей, шарнирно скрепленных между собой. Два из них (специальные механические скребки) изготавливались из легирующей стали, а движитель — из высококачественной кожи. Движитель со специальными прорезями для пропуска воды создавал пульсирующее движение внутри трубопровода, в результате чего возникало усилие для прохода всего устройства.

Механические скребки в виде плугообразных подпружиненных ножей срезали бугристые отложения в трубопроводе, которые выносились вместе с водой через специально оборудованный водовыпуск. Бугристые отложения в трубопроводах отличались высокой твердостью и состояли из оксидов железа, карбонатов и сульфатов, их толщина не превышала 15—20 мм.

После операций прочистки высота отложений на внутренней поверхности трубы не превышала 3—4 мм. Это позволяло увеличить пропускную способность трубопроводов и сократить затраты электроэнергии на подачу воды на 10—15 %.

Этим способом в 1980-е гг. было прочищено 59 км водопроводных сетей (диаметром 300 и 400 мм), расположенных в зоне влияния Северной и Восточной водопроводных станций г. Москвы. После очистки некоторые участки сети подверглись санации путем нанесения цементно-песчаных покрытий.

Для реализации *электрогидроимпульсного метода* чистки трубопроводов применяются отечественные установки «Зевс», разработанные АО «Зевс-технология».

Особый интерес представляет устройство для гидравлической прочистки с реактивными головками. Устройство разработано Научно-производственным кооперативом «БОС» совместно с Научно-техническим центром (ООО НТЦ). В его основе лежит использование реактивной головки с гидрошлангом. Прочистка осуществляется мощным напором воды, которая подается к соплам реактивной головки. Последняя движется вперед под воздействием реактивной силы струй воды. Шлам выталкивается водой в направлении следующего по ходу движения потока колодца.

После окончания процесса очистки трубопровода на обработанную поверхность с помощью реактивной головки наносится антикоррозийное покрытие. Преимущество данных реактивных головок состоит в более качественной очистке трубопроводов и нанесении защитного покрытия благодаря применению гидрокавитационных сопел. Эти сопла обеспечивают очистку до зеркального блеска внутренней поверхности трубопроводов практически любого диаметра.

Механизмы и оборудование для нанесения цементно-песчаных покрытий

При реализации бестраншейной технологии восстановления трубопроводов путем нанесения на внутреннюю поверхность цементно-песчаных растворов используются *два типа облицовочных агрегатов*:

- для труб большого диаметра, обеспечивающего рабочим доступ внутрь трубопровода,
- для труб малого диаметра, т.е. непроходных.

Облицовочный агрегат, используемый для трубопроводов малых диаметров, имеет в качестве основных элементов метательную головку с центрирующим устройством, заглаживающее устройство, обеспечивающее выравнивание наносимого слоя, а также заглаживание и железнение его поверхности. К метал-

лической головке цементно-песчаный раствор и сжатый воздух подводятся соответствующими рукавами. Протаскивание облицовочного агрегата внутри трубы осуществляется посредством троса и лебедки, расположенных в финишном котловане. Рукава подачи раствора и сжатого воздуха в едином пучке с рабочим тросом вне трубы движутся сначала по роликам, а на определенном расстоянии от колодца (котлована) отделяются от него. Рукав подачи раствора укладывается на поверхность земли змееобразно, а рукав подачи воздуха — кольцами.

Толщина наносимого слоя раствора зависит от диаметра трубы и скорости движения метательной головки внутри трубопровода. Используя стандартную номограмму, можно установить, с какой скоростью должна перемещаться метательная головка в трубе соответствующего диаметра при установленной производительности растворонасоса и обеспечении требуемой толщины слоя. Так, для обеспечения толщины внутреннего цементно-песчаного покрытия 5 мм в трубопроводе диаметром 500 мм при установленной проектом производительности насоса 43,25 кг/мин требуется скорость передвижения агрегата 2,02 м/мин.

Технологическое оборудование для нанесения цементно-песчаного покрытия на внутренние поверхности трубопроводов изготавливается многими зарубежными фирмами («Нидунг», Германия; «Амерон», США и др.).

Впервые нанесение цементно-песчаных оболочек на трубы большого диаметра (1200—1400 мм) с помощью отечественного комплекта оборудования модели МФТ 1200/1400 (разработка НИИ КВОВ) применено к восстановлению пропускной способности нескольких водоводов 1-го и 2-го подъемов (1968—1979).

Механизмы и оборудование для восстановления трубопроводов с помощью пластмассовых труб

При санации трубопроводов малого диаметра основными механизмами являются *лебедки* или *домкраты* устанавливаются как в котловане, так и на поверхности земли. Для проталкивания труб и плетей используются *гидро- и пневмо-домкраты*, перемещающиеся по направляющим. Домкраты устанавливаются непосредственно в рабочем котловане. Независимо от используемых механизмов, протягивание труб и плетей должно осуществляться плавно, без рывков, с небольшой скоростью для исключения возможности разрыва плетей или повреждения поверхности труб. Усилия натяжения плетей контролируются по динамометру.

Механизмы и оборудование для санации трубопроводов по технологии «Феникс»

В состав оборудования для санации по технологии «Феникс» входят:

- установка для гидравлической очистки внутренней поверхности трубопровода с давлением около 1000 МПа;
- установка «Феникс» с реверсивной машиной и парогенератором;
- передвижная мастерская с пескоструйной установкой для очистки внутренней поверхности трубопровода;

- пылепоглотители для удаления загрязнений путем создания вакуумного разряжения;
- компрессор;
- барабан с чулком;
- набор устройств для прочистки трубопровода;
- телевизионное оборудование для контроля качества прочистки трубопровода и качества санации.

Механизмы и оборудование для санации трубопроводов с использованием комплексного предварительно пропитанного рукава

В местах восстановления трубопроводов у стартового котлована устанавливаются:

- паровой котел с паропроводной арматурой (например, ПКУ-500Ж);
- заглушки для трубопроводов;
- компрессор; емкость для воды;
- упаковочный ящик с комплексным предварительно пропитанным рукавом;
- вспомогательные материалы и оборудование;
- трос и лебедки.

С помощью троса и лебедки, через систему специальных блоков рукав транспортируется в трубопровод. Процесс отверждения паром нанесенного на внутреннюю поверхность трубопровода комплексного рукава продолжается не менее 4 ч, после чего в него подается сжатый воздух от компрессора для удаления остатков пара из внутренней полости трубопровода.

Лекция 5. Влияние внутренних защитных покрытий на качество транспортируемой воды и санитарно-гигиеническую надежность трубопроводов

При эксплуатации трубопроводов городской водопроводной сети возникает необходимость поддержания определенного уровня их *пропускной способности*, а также *сохранения высокого качества транспортируемой воды*. Вода в разветвленной и протяженной водопроводной сети, конструкция и размеры которой определяются топографией, месторасположением и размером населенного пункта, может находиться в течение весьма длительного промежутка времени, а так как она не является инертной средой, *неизбежны изменения ее физико-химических и бактериологических свойств*.

Интенсивность изменения параметров качества воды при ее транспортировке по трубопроводам зависит от многих факторов и обстоятельств, влияющих на кинетику химических реакций (температура, солевой состав, pH и т.д.). На изменение показателей качества воды влияют также инженерно-конструктивные особенности водопроводной сети, в частности гидравлический режим течения, материалы труб и внутренних покрытий.

В транспортируемой воде может

- увеличиться концентрация взвешенных веществ,
- периодически возможны неприятные привкусы и запахи, которые могут быть следствием попадания посторонних примесей, развития водных организмов и прохождения коррозионных процессов.

Их присутствие нежелательно, так как приводит к изменению вкусовых свойств воды и ее внешнего вида, к которым особенно чувствителен потребитель. К водным микроорганизмам относятся: циано-бактерии, железобактерии, актиномицеты, бактерии *Aeromonas spp.*, которые могут давать ложные положительные реакции в тестах на наличие колиформ.

Вода в распределительных сетях может также подвергаться *дополнительному загрязнению* в результате *падения давления в системе* (например, в результате аварии), когда не исключается проникновение в трубопровод за счет подсоса загрязнений, присутствующих в грунтовых водах, горизонт которых расположен над трубопроводом. Временное нарушение подачи воды (перебои) также способствуют появлению залповых повышенных концентраций загрязнителей, вымываемых с внутренних стенок трубопроводов.

На качество транспортируемой воды оказывают *косвенное влияние*

- скорость потока,
- наличие газовых (воздушных) пробок,
- повышенная турбулизация потока,
- застаивание воды и другие факторы.

Негативное влияние на качество воды, транспортируемой по водопроводным сетям, оказывает «*повторный рост*» бактерий. Размножение микроорганизмов в воде распределительных сетей происходит за счет потребления органического или неорганического субстратов. Основными источниками питания для гетеротрофных бактерий служат *углерод, азот и фосфор*, которые потребляются в соотношении приблизительно 100:10:1. Поэтому количество содержащегося в воде органического углерода оказывается лимитирующим фактором роста микроорганизмов. Органический углерод используется гетеротрофными бактериями для образования нового клеточного материала (ассимиляция) и в качестве источника энергии (диссимиляция). В поверхностных источниках воды он представлен в основном гуминовыми и фульвокислотами, углеводородами и карбоновыми кислотами.

Микроорганизмами усваивается и используется для роста только малая часть (около 0,1—9 %) общего органического углерода, т.е. так называемый ассимилируемый органический углерод. Его количество может возрастать, например, в результате *озонирования воды*, которое приводит к трансформации части органических загрязнений в биоразлагаемую форму.

Для торможения процесса «повторного роста» необходимо стремиться к получению биологически стабильной воды, под которой понимается вода с очень низким уровнем биоразлагаемого и легкоусвояемого органического углерода, как изначально содержащегося в исходной воде после

ее очистки, так и образующегося впоследствии при воздействии на сложные органоминеральные комплексы сильных окислителей (озона, хлора).

При невозможности сдерживания роста концентраций усвояемого микроорганизмами органического углерода и аммиака происходит интенсивный рост бактерий и других микроорганизмов.

Транспортирование питьевых вод по ветхим городским водопроводным сетям может представлять серьезную эпидемиологическую опасность. При использовании такой воды потребителями не исключается реальный эпидемиологический риск вирусных инфекций, передающихся водным путем. Косвенным показателем вирусного загрязнения воды может служить присутствие *колифагов*.

При использовании избыточных доз дезинфектантов на основе хлора на внутренних стенках ветхих трубопроводов могут происходить реакции обеззараживающих агентов с пленкой биообрастания. Результатом данного явления может стать повышение содержания в воде муравьиного альдегида или формальдегида (газа с резким неприятным запахом), что повышает общую токсичность воды.

Таким образом, *наличие большого и разнообразного количества нежелательных микроорганизмов* в системе водоснабжения и, в частности, в водопроводных сетях косвенно свидетельствует

- либо о недостаточной (неглубокой) обработке воды,
- либо о неудовлетворительном состоянии трубопроводов,
- либо о низком уровне технического обслуживания и ремонта водопроводных сетей.

В задачи эксплуатационных служб коммунальных сетей входит:

- поддержание стабильности качественных характеристик воды,
- своевременное предупреждение или ликвидация нежелательных явлений на внутренних стенках трубопроводов, в частности биообрастаний, наростов ржавчины, бугристых отложений солей,
- предупреждение или ликвидация утечек воды, являющихся следствием повреждения трубопровода.

Ухудшение качества транспортируемой воды в распределительной сети свойственно практически всем системам водоснабжения. Такая тенденция сохраняется независимо от экологической обстановки, санитарно-гигиенического состояния источников водоснабжения, конструктивной специфики системы водоснабжения или особенностей технологии водоподготовки.

Способы обеспечения нормативных показателей качества воды

Отечественная и зарубежная практика эксплуатации систем и сооружений водоснабжения использует *ряд способов*, позволяющих обеспечивать установленные нормативными документами (Нормы качества, ГОСТ, СНИП, СанПиН и др.) показатели качества воды в пределах допустимых.

- *К первому способу* можно отнести повышение степени очистки природных вод в конце технологической схемы обработки до такой степени, чтобы вода с учетом неизбежно получаемых в период транспортировки

вторичных загрязнений имела качественные характеристики, соответствующие установленным нормам.

- *Ко второму способу* следует отнести *создание условий для снижения проявлений биологической активности в транспортируемой воде* (например, ограничение содержания в ней питательных веществ, в частности легко усваиваемого органического углерода), а также поддержание избыточной дозы стойкого дезинфектанта (например, хлора, имеющего пролонгирующее действие).

- *Третьим способом* может стать совершенствование системы подачи и распределения воды, что выражается уменьшением времени транзита и ликвидации «мертвых» зон, т.е. участков водопроводной сети с малыми скоростями движения воды.

- *Четвертый способ* — систематическая эффективная прочистка трубопроводов, а также нанесение на их внутреннюю поверхность защитных покрытий. Этот способ завоевывает все большее признание как средство поддержания требуемого качества транспортируемой воды и санитарно-гигиенической надежности системы водоснабжения, позволяя одновременно ликвидировать утечки (непроизводительные расходы) и восстановить пропускную способность трубопроводов.

Для предотвращения ухудшения качества транспортируемой воды необходимо стремиться к созданию условий, способствующих эффективному образованию естественных феррокальциевых защитных отложений на внутренних стенках трубопроводов.

Зарубежные исследователи рекомендуют *поддержание следующих характеристик воды* при соблюдении соответствующих мероприятий:

- рН выше 7, что способствует образованию защитного феррокальциевого слоя;
- содержание растворенного кислорода более 6 мг/л (для формирования в осадившемся на стенках гидроксиде железа кристаллов карбоната кальция);
- высокий показатель насыщения воды по карбонату кальция и ограничение контакта воды с атмосферой,
- соотношение показателей щелочности и жесткости в пределах 0,8—1,2;
- электропроводность воды до 650 Ом/см (для обеспечения превышения скорости образования феррокальциевых отложений над скоростью коррозии);
- низкая суммарная концентрация сульфатов и хлоридов по отношению к бикарбонатам (для уменьшения скорости коррозии).

Важным мероприятием по повышению санитарно-гигиенической надежности сети городских водопроводов является ***организация контроля качества воды.***

Согласно установленным требованиям к качеству питьевой воды, поступающей в распределительную сеть, она должна быть:

- безопасной в эпидемиологическом отношении,
- безвредной по химическому составу,
- обладать благоприятными органолептическими свойствами.

Например, качество воды в водопроводной сети Москвы контролируется аттестованной Госстандартом России химико-бактериологической лабораторией МГУП «Мосводоканал» (ХБЛ), ЗАО «Роса» и Московским центром Госсанэпиднадзора (МосЦГСЭН) в соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.4.1074—01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» и другими нормативными материалами.

Метод диагностики качества воды «Aquadiag».

Во Франции в последнее время получила развитие система диагностики качества воды в распределительных водопроводных сетях по методу «Aquadiag». *Сущность метода* диагностики состоит в оперативном проведении с помощью мобильной лаборатории физико-химических и бактериологических анализов воды, а также металлографических исследований поверхности стенок подземного трубопровода, что позволяет определить скорость разрушения материала трубопровода и рекомендовать на перспективу метод его бестраншейной реабилитации.

При проведении диагностики по методу «Aquadiag» предварительно изучается имеющаяся техническая документация, позволяющая установить конкретные места (точки) забора проб воды и частоту их отбора в зависимости от поставленной задачи.

Как правило, подробному изучению подлежат: схема водоснабжения города; геологические карты вдоль трасс сетей; возраст и материал изготовления трубопроводов, производительность системы; давление в сети и время пребывания воды на ее отдельных участках; частота проведения ранее выполненных анализов качества питьевой воды; время и место установки дополнительных очистных модулей на распределительных сетях (например, для обезжелезивания, деманганации, декарбонизации и др.). Для этого составляется специальная *база данных*, представляющая собой своеобразный *паспорт водопроводной сети*.

Весь комплекс анализов производится в основном в местах установки пожарных гидрантов, что не усложняет отбор проб и не отражается на работе распределительных трубопроводов. При реализации метода «Aquadiag» производится *дублирование* измерений.

Металлографический анализ производится после отключения трубопровода и заключается в последовательном проведении следующих этапов: механическая зачистка внешней и внутренней поверхности трубы в одной из точек вблизи повреждения (свища, излома); замер остаточной толщины стенки трубы, плотности наростов с внешней и внутренней стороны трубопровода и средней высоты 30 наибольших бугорков с обеих сторон.

Полученные данные позволяют сделать выводы о состоянии трубопровода на момент осмотра, оценить скорость коррозии и реальный остаточный срок эксплуатации. Динамика изменения качества воды в разных точках распределительной сети и данные металлографических исследований позволяют принять ряд соответствующих практических решений, в частности,

- о повышении степени очистки воды на станциях водоподготовки,
- о проведении внеочередных прочисток водопроводной сети,
- а также выявить первоочередной и потенциальный объект реабилитации, т.е. наиболее ущербный по комплексу показателей участок водопроводной сети.

Оценка потенциального воздействия внутренних защитных цементно-песчаных и пластиковых покрытий трубопроводов на качественные показатели воды

При многообразии способов бестраншейного восстановления водопроводных сетей наиболее распространены в нашей стране внутренние цементно-песчаные покрытия, а также пластиковые тонкостенные оболочки и гибкие полимерные трубы. Нанесение указанных типов внутренних оболочек на восстанавливаемый трубопровод *может приводить к взаимодействию между ними и транспортируемой средой*, вызывая трансформацию показателей качества воды, в том числе и вкусовых, когда предметом исследования становятся питьевые воды.

До настоящего времени вопрос влияния защитных покрытий на характеристики воды *полностью не изучен*. Причиной является относительно небольшой срок эксплуатации защитных покрытий в реальных условиях, различный химический состав материалов, из которых изготавливаются защитные покрытия, специфика технологии их нанесения и многие другие обстоятельства.

Причины, приводящие к разрушению защитных покрытий в период длительной эксплуатации трубопроводов, и провоцирующие трансформацию некоторых качественных показателей транспортируемой воды.

Цементно-песчаные покрытия. После нанесения такого защитного покрытия на внутреннюю поверхность металлического трубопровода последний может рассматриваться в качестве многослойной трубы, внутренняя поверхность которой выполнена из гладкого тонкостенного бетона с присущими ему гидравлическими характеристиками потока.

Со временем после интенсивной эксплуатации трубопровода может происходить *механическое* или *химическое* разрушение защитного слоя. *Механическое* разрушение покрытия вызывается следующими обстоятельствами:

- избыточной проницаемостью покрытий, для исключения которой необходима плотность покрытия 300—400 кг/м³;
- появлением трещин в основном из-за нарушения технологии приготовления и нанесения покрытия (например, несоблюдение водоцементного отношения, отсутствие специальных добавок-пластификаторов);
- эрозией, проявляющейся при скорости течения воды по трубам более 4 м/с или большими температурными перепадами.

Химическое разрушение покрытий может быть вызвано следующими причинами:

- агрессивностью CO₂,
- воздействием сильных кислот,
- высоких концентраций аммиака, сульфатов, сильных щелочей,
- биологической коррозией с образованием H₂S.

Перечисленные обстоятельства позволяют сделать вывод, что

- для *водопроводных труб*, защищенных цементно-песчаными покрытиями, наиболее характерными факторами разрушения являются *механические*,
- для *водоотводящих* — как *механические*, так и *химические*, что во многом предопределяет нецелесообразность использования защитных цементно-песчаных покрытий в водоотводящих сетях.

Пластиковые оболочки и полимерные трубы. Эти защитные покрытия могут быть причиной ухудшения качества питьевой воды как за счет смыва различных органических веществ (пластификаторы, антиоксиданты, смазки, поглотители и т.д.) с их стенок, так и в результате диффузии извне через стенки органических веществ (например, нефти и ее производных), присутствующих в грунтах на местах прокладки трубопроводов.

Трубы и оболочки из поливинилхлорида и твердого полиэтилена поглощают хлор, который длительное время может десорбироваться в воду, повышая в ней содержание растворенного хлора. Последнее не исключает воздействия на вкусовые качества воды и может создавать угрозу повышенного содержания тригалогенметана и других токсичных хлорорганических соединений при наличии соответствующих субстратов.

В качестве **рекомендуемых мероприятий** по поддержанию бактериального качества воды на соответствующем уровне специалистами предлагается:

- осуществлять очистку воды до такой степени, чтобы количество биоразлагаемого углерода в ней было минимальным;
- продолжительность пребывания воды в водопроводных сетях не превышала 40 ч;
- производилась периодическая чистка защитных покрытий трубопроводов от биообрастаний.

Лекция 6. Защита подземных трубопроводов от электрохимической коррозии

Виды коррозии подземных металлических трубопроводов и основные методы защиты

При защите внутренней поверхности металлического трубопровода в период его восстановления (санации) внешняя поверхность трубы остается подверженной электрохимической коррозии. Данное обстоятельство вызывает необходимость решения вопросов восстановления и защиты трубопроводов *комплексно*, т.е. с учетом всех факторов, дестабилизирующих надежность трубопровода в условиях его эксплуатации.

Виды коррозии внешней поверхности подземных металлических трубопроводов. Различают следующие виды коррозии внешней поверхности подземных металлических трубопроводов:

- почвенная коррозия (подземная коррозия),
- биокоррозия,
- коррозия блуждающими токами.

Почвенная коррозия наблюдается в коррозионно-активных почвах и грунтах, биокоррозия возникает под влиянием жизнедеятельности микро-

организмов, а коррозия блуждающими токами — при наличии и воздействии на трубопровод блуждающих токов.

В арсенале методов защиты трубопроводов от коррозии ведущее место занимает защита трубопроводов от коррозии блуждающими токами.

Коррозия блуждающими токами. Основными источниками блуждающих токов в городских условиях являются токи электрифицированного рельсового транспорта (трамвай, метрополитен, электрифицированные железные дороги), работающего на постоянном токе. Несовершенная изоляция рельсов от земляного дорожного полотна вызывает утечку тока в землю. Часть блуждающих токов протекает по подземным трубопроводам, удельное сопротивление которых значительно ниже удельного сопротивления окружающего их грунта. Так как рельсы не полностью изолированы от земли, то часть тягового тока стекает с них в землю.

В местах входа блуждающих токов в трубопровод и выхода из него в грунт протекают электрохимические реакции. Участок, где блуждающие токи входят в подземный трубопровод, является *катодным*, а участок, где они выходят в грунт, — *анодным*.

В анодных зонах подземных сооружений происходит интенсивное разрушение металла, характерным признаком которого является *язвенный характер повреждений*: сначала появляются каверны, а затем сквозные отверстия (свищи).

Критерий коррозионной опасности трубопроводов, вызываемой блуждающими токами, — наличие положительной или знакопеременной разности потенциалов между трубопроводом и грунтом (анодные или знакопеременные зоны).

Защита подземных стальных трубопроводов от коррозии

Защита подземных стальных трубопроводов от почвенной коррозии и коррозии, вызываемой блуждающими токами, регламентирована нормативными документами. В соответствии с ними должны осуществляться

- наружная изоляция трубопровода,
- ограничение проникновения блуждающих токов в трубопроводы из окружающей среды путем катодной поляризации металла трубопровода.

Электрохимическую защиту (ЭХЗ) стальных трубопроводов городской водопроводной сети следует применять в соответствии с требованиями ГОСТа 9.602-89 и «Инструкцией по защите городских подземных трубопроводов от коррозии». Применение ЭХЗ обязательно:

- при прокладке трубопроводов в грунтах с высокой коррозионной агрессивностью (защита от почвенной коррозии);
- при наличии опасного влияния блуждающего постоянного и переменного токов.

Под **катодной защитой** понимается ЭХЗ металлического трубопровода городской водопроводной сети путем подключения его к отрицательному полюсу источника постоянного тока (станции, установки катодной защиты (УКЗ), к положительному полюсу которого подключен анод.

Катодная поляризация подземных трубопроводов с помощью уста-

Новок катодной защиты осуществляется постоянным током от внешнего источника. Основные компоненты УКЗ — выпрямители (катодные станции) и анодные заземлители, служащие для соединения положительного полюса катодной станции с землей. К защищаемому участку трубопровода подключают отрицательный полюс источника тока, а к анодному заземлению — положительный. К одной установке катодной защиты может быть подключено несколько защищаемых сооружений. При необходимости защитная установка может иметь несколько анодных заземлений.

В качестве источников постоянного тока на станциях катодной защиты коммунальных систем водоснабжения городов РФ применяются серийно выпускаемые отечественной промышленностью преобразователи с неавтоматическим и автоматическим управлением режимом работы.

Выбор способа ЭХЗ осуществляется следующим образом.

Катодную защиту применяют при опасности почвенной коррозии, одновременной опасности почвенной коррозии и коррозии блуждающими постоянными токами и переменными токами, опасности коррозии только переменными токами, в зонах опасности только блуждающих постоянных токов, если включением дренажей не удастся обеспечить защиту трубопроводов.

Защиту поляризованными или усиленными дренажами применяют при наличии опасности только блуждающих токов для соответствующих участков сближения защищаемого трубопровода с рельсовой сетью электрифицированных на постоянном токе железных дорог или трамвая при устойчивых отрицательных потенциалах рельсов (или знакопеременных потенциалах рельсов трамвая).

Гальваническая защита - защита гальваническими анодами (протекторами) может применяться:

- в грунтах с удельным сопротивлением не более 50 Ом•м для отдельных участков трубопроводов небольшой протяженности, не имеющих электрических контактов с другими сооружениями, при отсутствии опасности блуждающих токов или при наличии опасности блуждающих токов, если вызываемое ими среднее смещение потенциала от стационарного не превышает +0,3 В (с применением вентильных устройств);
- для участков трубопроводов, электрически отсеченных от общей сети изолирующими соединениями, а также в случаях, если расчетные защитные токи относительно малы (например, < 1 А), или как дополнительное средство, если действующие катодные станции не обеспечивают защиту отдельных участков трубопроводов.

Критерии оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к стали и ВЧШГ

Критерии оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к стали характеризуется тремя показателями:

- удельным электрическим сопротивлением грунта, определяемым в полевых условиях;

- удельным электрическим сопротивлением грунта, определяемым в лабораторных условиях;
- средней плотностью катодного тока, необходимого для смещения потенциала стали в грунте на 100 мВ отрицательнее стационарного потенциала (потенциала коррозии).

Если один из показателей свидетельствует о высокой агрессивности грунта то грунт считается агрессивным и определения остальных показателей не требуется.

Для труб из ВЧШГ в отечественных нормативных документах таких критериев нет. Однако с учетом нормативных документов промышленно развитых стран Запада и отечественного практического опыта применения труб из ВЧШГ, а также результатов научных исследований предлагаются следующие основные критерии оценки коррозионной агрессивности грунтов по отношению к ВЧШГ:

- удельное электрическое сопротивление грунта ρ ;
- уровень грунтовых вод относительно трубопровода из ВЧШГ,
- дополнительный критерий — значение pH грунтовых вод.

Для проектируемых трубопроводов опасным считается наличие блуждающих токов в земле. При выборе метода защиты трубопроводов от электрохимической коррозии и определении первоочередных объектов защиты, прежде всего, выявляется *степень опасности коррозии*. Это требует выполнения большого количества разнообразных электроизмерительных работ на всех стадиях осуществления защиты сооружений от коррозии. Коррозионные измерения должны выполняться одновременно с проектированием и эксплуатацией трубопроводов, а также при проектировании, строительстве, наладке и эксплуатации средств электрохимической защиты.

Коррозионные измерения на трубопроводах. Целью коррозионных измерений при проектировании электрозащиты трубопроводов систем водоснабжения является определение участков трасс, проходящих в коррозионно-активных грунтах и в поле блуждающих токов, а также получение данных для проектирования электрохимической защиты.

Диагностика подземных трубопроводов. Для оценки состояния подземных стальных трубопроводов используются приборы отечественного и зарубежного производства — РАД-256, ПКИ-02 с выводом информации на компьютер, МПЗ10-П12, СКАТ-4000, комплект трассового оборудования «УСПЕХ» АТГ-209, RD-400 (Великобритания). Контроль качества сварных швов осуществляется ультразвуковыми дефектоскопами, контроль сплошности наружного изоляционного покрытия — искровыми дефектоскопами.

Диагностика подземных трубопроводов проводится и в процессе профилактического ремонта, который включает техническое обследование трасс трубопроводов с помощью высокочувствительных приборов-течеискателей, обнаруживающих повреждения труб и изоляции.

Диагностика включает также анализ эксплуатационных сведений по

техническому состоянию подземных трубопроводов за прошедшие годы (повреждение тела трубы и ее изоляционных покрытий), уровень и эффективность защиты трубы от коррозии. Как правило, обследование подземных трубопроводов заключается в осмотре трубы и ее изоляционных покрытий в местах вскрытий трубопровода, отборе проб грунта с последующим определением степени коррозионной активности в местах повреждений, периодическом измерении потенциалов блуждающих токов.

Мероприятия по защите трубопроводов городской водопроводной сети от электрохимической коррозии должны быть предусмотрены *проектом защиты*, который разрабатывается одновременно с проектом строительства или реконструкции трубопровода на основании данных о коррозионной агрессивности грунтов и о наличии блуждающих токов.

Лекция 7.

Современные подходы к разработке стратегии восстановления городских водопроводных сетей и выбора приоритетного объекта восстановления

Практика эксплуатации городских водопроводных сетей, как в РФ, так и за рубежом показывает, что нарушения нормального уровня водоснабжения различных потребителей связаны в основном с авариями (отказами) на участках трубопроводов, которые являются наиболее функционально значимыми и уязвимыми элементами системы водоснабжения города.

Отказы трубопроводов возникают из-за ряда *причин*:

- неправильного выбора материала труб для конкретных условий строительства, класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;
- несоблюдения технологии производства работ по укладке и монтажу трубопроводов;
- отсутствия необходимых мер по их защите от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;
- неправильного выбора типа трубопроводной арматуры и других факторов.

Современный подход к разработке стратегии восстановления городских водопроводных сетей должен быть основан на использовании *информационных технологий* в управлении их эксплуатацией и применении *математических методов* ранжирования объектов восстановления, например, по балльной системе на основе распределения дестабилизирующих надежность трубопроводов факторов по рангам значимости.

Для этого требуется создание и использование соответствующего автоматизированного информационно-технического обеспечения стратегии восстановления городской водопроводной сети, которое должно включать:

- компьютерную базу данных (БД) по эксплуатации городской водопроводной сети;

- автоматизированную систему сбора, регистрации, хранения и обработки информации по авариям участков трубопроводов со сведениями по содержанию и стоимости выполненных работ (капитальный, текущий, планово-профилактический и аварийный ремонты);
- информационно-поисковую систему (комплекс компьютерных программ для оценки и прогноза показателей надежности участков трубопроводов и сроков их полезной службы);
- электронные планшетные карты аварийности трубопроводов городской водопроводной сети;
- паспортные и инвентаризационные (архив эксплуатации) данные по всем участкам трубопроводов городской водопроводной сети.

Функционирование БД должно позволять на практике проводить обширные статистические исследования, оценивать надежность трубопроводов городской водопроводной сети и являться информационной основой для принятия решения по стратегии планирования восстановления трубопроводов.

Пользователям БД необходимо владеть *основными терминами и определениями* из теории надежности, по которым может быть правильно интерпретирована и оценена эффективность работы водопроводной сети.

Под *надежностью* участка трубопровода должно пониматься его свойство выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях эксплуатации.

Функцией городской водопроводной сети является бесперебойное снабжение потребителей водой требуемого количества и качества под требуемым напором, а также недопущение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

Нарушения работы трубопроводов городской водопроводной сети, препятствующие нормальному выполнению заданных функций, обуславливаются различными случайными событиями. Единственным путем оценки возможности появления таких событий, закономерностей их возникновения и повторения являются сбор и обработка статистических сведений по эксплуатации сети. Эти сведения позволяют установить численно вероятность возникновения случайных событий, которые могут привести к отказу участка трубопровода и нарушению нормального функционирования сети в целом.

Под *отказом* участка трубопровода понимается событие, заключающееся в нарушении его работоспособности, при котором необходимо отключение трубопровода на ремонт с выполнением раскопочных работ.

Показатель надежности участка трубопровода — количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих его надежность.

К *основным показателям надежности* участков трубопроводов относятся:

- интенсивность отказов (риск возникновения отказов аварий с раскопкой), 1 год/км;

- среднее время восстановления (ликвидации аварии), ч;
- наработка на отказ (среднее время работы участка трубопровода между отказами), г;
- вероятность безотказной работы в пределах заданного времени эксплуатации.

Решение о необходимости восстановления (санации) или обновления (перекладки) конкретного участка трубопровода должно приниматься на основании оценки технической и экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации участка трубопровода и с учетом опыта эксплуатации.

Техническая целесообразность эксплуатации участка трубопровода в его существующем состоянии определяется окончанием технического срока службы, при котором уровень его надежности, гидравлические параметры функционирования и показатели качества транспортируемой воды являются недостаточными и не соответствуют требуемым нормативам. Технический срок службы трубопровода определяется на основании анализа аварийности трубопроводов путем оценки и прогноза показателей надежности и по результатам обследования (технической диагностики) участков трубопроводов.

Экономическая целесообразность эксплуатации участка трубопровода определяется окончанием экономического (полезного) срока службы, за пределами которого расходы на эксплуатацию участка трубопровода превышают возможные расходы на его реновацию (перекладку или санацию), а уровень надежности не соответствует требуемому или принятому за норматив.

В этой связи к критериям, определяющим стратегию выбора потенциальных объектов восстановления (санации) трубопроводов, относятся:

- показатели надежности участков трубопроводов и прогноз их изменения;
- дестабилизирующие надежность трубопроводов факторы;
- срок эксплуатации и техническое состояние трубопроводов;
- ремонтпригодность трубопроводов;
- остаточные ожидаемые сроки полезной эксплуатации;
- прошлые расходы на восстановление;
- реальная стоимость существующих трубопроводов и стоимость их восстановления;
- ограничения по финансовым расходам.

Информационно-техническое обеспечение стратегии восстановления трубопроводов позволяет путем запросов по БД оценить эти критерии и выбрать район водопроводной сети (РВС) города с наибольшей аварийностью трубопроводов (по выбранным для анализа диаметрам, материалам и срокам эксплуатации трубопроводов).

Анализ электронной планшетной карты аварийности трубопроводов городской водопроводной сети позволяет выбрать планшет с максимальной аварийностью трубопроводов.

В пределах планшета функционирование БД позволяет выполнить ранжирование участков трубопроводов по приоритетности их восстановления и сформировать списки и паспорта потенциальных объектов восстановления, т.е. участков трубопроводов городской водопроводной сети от колодца до колодца.

Как показывает анализ статистических данных, более 25% водоотводящих самотечных сетей в России отслужили свой нормативный срок или находятся в аварийном состоянии. Ежегодно этот показатель возрастает на 1,5%. В этих условиях обеспечение приемлемой надежности работы сетей возможно лишь при достижении максимальной адресности профилактических прочисток, ремонта аварийных участков и реконструкции трубопроводов с недостаточной пропускной способностью.

Решение этой задачи базируется на основе использования *современных информационных технологий*. С этой целью в производственно-аварийном управлении водоотводящих сетей (ПАУКС) «Мосводоканала» создана информационно-аналитическая программа, содержащая все паспортные данные участков сети, количество устраненных засоров на них и блок динамического ранжирования сетей по количеству засоров на них.

Анализ данных показал, что из 2000 засоров, имевших место за 2 года в одном из районов, 91% приходится на трубопроводы диаметром 250 мм и менее, причем 63% засоров происходит на керамических трубах диаметром 125 и 150 мм. Ранее была установлена зависимость количества повреждений трубопроводов от глубины их заложения, не установлена зависимость от года прокладки трубопроводов.

В результате динамического ранжирования были выявлены участки сети, «лидирующие» по количеству засоров на них. По этим участкам сети был произведен технический осмотр и выполнена адресная прочистка, в ходе которой выяснилась необходимость ремонта отдельных участков. Решение о выполнении ремонта принималось на основе теледиагностики этих участков, после проведенных прочисток частота возникновения засоров снижалась обычно в 1,5-2 раза.

В перспективе, при распространении разработанных информационных технологий на все эксплуатационные районы, возможно сокращение затрат на эксплуатацию сетей водоотведения за счет переориентации работ от аварийного режима прочисток и ремонтов к профилактике и обеспечению за счет этого требуемой надежности функционирования водоотводящих систем.

Существенное повышение надежности работы сетей возможно также за счет постепенного целенаправленного *изменения структуры диаметров труб*. Трубопроводы диаметром 125-150 мм (преимущественно из керамических труб), составляя 27,5% общей протяженности, дают до 63% общего количества засоров. Таким образом, используя имеющиеся бестраншейные технологии, возможно, при соответствующем технико-экономическом обосновании, планомерно заменять участки с малыми диаметрами на большие.

Одновременно надежность функционирования водоотводящих систем крупных городов и мегаполисов существенно зависит от сохранности железобетонных коллекторов и очистных сооружений станций аэрации. Используемый во многих странах дистанционный контроль за состоянием водоотводящих коллекторов с помощью телекамер не позволяет вести наблюдения за скрытыми процессами коррозии внутри железобетона, приводящими к разрушению конструкций.

По заданию ПАУКС «Мосводоканала» разработан и запатентован прибор дистанционного контроля за скоростью коррозии железобетонных конструкций в коллекторах. С помощью прибора ведется мониторинг процесса коррозии по 7 датчикам, установленным в подводящем коллекторе Ново-Люберецкой станции аэрации, что позволяет своевременно проводить ремонтно-восстановительные работы и поддерживать работоспособность сооружения.

Достижения отечественной и зарубежной практики восстановления подземных трубопроводов

Отечественный опыт

Цементно-песчаные покрытия. Длительная эксплуатация трубопроводов Московского водопровода показывает, что цементно-песчаная изоляция внутренней поверхности труб практически полностью предохраняет их от коррозионного действия воды.

Опыт эксплуатации 3-го Краснопресненского водовода второго подъема диаметром 1200 мм в течение 30-летнего срока подтверждает многочисленные прогнозы зарубежных и отечественных специалистов о стойкости цементно-песчаных покрытий и их долговечности.

При эксплуатации трубопроводов с *цементно-песчаным покрытием*

- не происходит выщелачивание цементного камня;
- резко уменьшается возможность проявления побочных нежелательных бактериальных процессов (как на стенках труб, так и в потоке транспортируемой воды);
- практически неизменным остается гидравлическое сопротивление.

Последнее обстоятельство разрешает ряд проблем при проектировании насосных станций и фактически снимает с повестки дня вопросы необходимости оценки роста гидравлических потерь при многолетней эксплуатации сетей и принимаемых при этом контрмерах.

Полимерные покрытия. Полимерные покрытия так же, как цементно-песчаные, обладают значительной химической стойкостью, однако судить об их долговечности и положительном влиянии на качество транспортируемой питьевой воды после многолетней эксплуатации водопроводных сетей пока не представляется возможным из-за относительно малого срока их использования в зарубежных системах водоснабжения. Необходимо отметить также, что стоимость полимерных покрытий и производства работ по их нанесению значительно дороже, чем цементно-

песчаных.

Отечественный опыт использования полимерных защитных покрытий на Московском и других водопроводах некоторых городов РФ пока невелик. Сроки эксплуатации облицованных такими покрытиями трубопроводов пока весьма незначительны. Данное обстоятельство пока не позволяет оценить характер и степень возможного потенциального биологического обрастания полимерных оболочек при длительной эксплуатации труб, нарушения жесткого крепления их к внутренней поверхности труб, развития, размножения и роста бактерий в местах нарушений (дефектов) облицовок и, наконец, последствий для различных категорий потребителей питьевой воды.

Хлорирование воды. Нанесение покрытий позволяет снизить дозу остаточного хлора. Как известно, наиболее эффективным методом уничтожения микроорганизмов, поселившихся на внутренних стенках водопроводных сетей, является *хлорирование*. Хлор обладает высокими окислительными возможностями и относительно дешев, что и обуславливает его широкое применение как дезинфектанта, способствующего поддержанию высокого качества питьевой воды, проходящей до потребителя через разветвленную, протяженную и нередко находящуюся в неудовлетворительном санитарном состоянии городскую водопроводную сеть.

При проектировании хлораторных установок весьма важно назначение оптимальной дозы хлора, достаточной для уничтожения тех или иных микроорганизмов.

Вопрос решается в каждом случае в зависимости от

- хлоропоглощаемости воды,
- продолжительности ее контакта с хлором,
- состояния водопроводной сети, оборудования,
- устойчивости отдельных микроорганизмов к окислителю.

Так, для уничтожения железобактерий на стенках трубопроводов доза хлора должна составлять не менее 0,5 мг/л, причем при транспортировке воды питьевого качества для достижения требуемого бактерицидного эффекта должно осуществляться не периодическое, а постоянное хлорирование соответствующими дозами.

Таким образом, *наличие защитных цементно-песчаных покрытий или полимерных оболочек на внутренней поверхности труб позволяет значительно снизить остаточную концентрацию хлора в транспортируемой питьевой воде* (т.е. уменьшить денежные затраты на обеззараживание) за счет сокращения потерь на сорбцию окислителя пористыми коррозионными образованиями по причине их незрелости или полного отсутствия.

Разовое нанесение облицовок, предотвращая процесс старения, позволяет успешно эксплуатировать трубы в течение нескольких лет (даже десятилетий) практически без риска ухудшения качественных показателей воды (в первую очередь органолептических), без необходимости использования химических веществ, чистящих внутреннюю поверхность от осадков коррозионного, карбонатного и органического происхождения, а также без

применения механической очистки внутренней поверхности трубопроводов скребковыми механизмами и швабрами.

Перечисленные обстоятельства отдают явное предпочтение цементно-песчаной облицовке перед другими способами сохранения пропускной способности трубопроводов водопроводной сети.

Опыт Московского водопровода. Основным достоинством санации трубопроводов путем нанесения различных типов защитных покрытий является *повышение надежности* работы водопроводных сетей и системы водоснабжения города в целом.

На Московском водопроводе защищена внутренняя поверхность около 1200 км трубопроводов, что составляет более 9% общей протяженности водопроводных сетей. При этом протяженность участков saniрованных трубопроводов составляет более 2% от всей протяженности стальных трубопроводов.

Например, до восстановления трубопроводов аварийность на частично saniрованных водопроводных сетях составляла 68%, а после санации — 27%. В то же время на saniрованных участках аварийность не превышала 5%.

Опыт эксплуатации Московского водопровода свидетельствует, что *наибольший эффект от санации по снижению аварийности наблюдается на трубопроводах диаметром 300 и 400 мм*, что может являться одним из приоритетов при выборе объекта реабилитации на водопроводных сетях.

Санация наряду со снижением аварийности значительно *увеличивает пропускную способность* трубопроводов, что является весомым фактором в условиях увеличивающейся плотности застройки в центральных районах Москвы.

Процессу восстановления пропускной способности водопроводных и водоотводящих сетей, а также выбору конкретного способа его реализации предшествует *детальное обследование трубопроводов*, которое включает *диагностический осмотр* с общей оценкой технического состояния. Для этого используется соответствующее оборудование, перевозимое специальным транспортом.

Одним из наиболее перспективных способов устранения локальных (местных) повреждений водопроводной сети в условиях крупного города является *бандажирование внутренней поверхности трубопровода с помощью пакеров*.

На Московском водопроводе с 1996 г. эффективно применяются робототехнические комплексы, которые позволяют выполнять как телеинспекцию, так и фрезерно-подрезные и заделочные работы (бандаж) внутри трубопроводов.

С помощью робототехнических комплексов «Рокот-1» НПО ТАРИС» успешно ликвидируются свищи в трубопроводах диаметром 300—400 мм.

Работы по бандажированию исключили трудоемкий и дорогостоящий ремонт открытым способом с вскрытием дорожного полотна и остановкой движения транспорта. Расходы на проведение аварийных работ с

помощью ремонтных робототехнических комплексов «Рокот-1» соответственно на 10 и 70% меньше по сравнению с расходами на раскопку котлована на грунте и на асфальте.

При многих достоинствах робототехнического комплекса «Рокот-1» его *недостаток* состоит в том, что он не приспособлен восстанавливать повреждения сварных швов и раструбных соединений.

Зарубежный опыт

Метод бестраншейного ремонта «*Phoenix*» («*Феникс*») нашел применение на ряде французских объектов. Первым из них был чугунный трубопровод питьевой воды длиной 400 м и диаметром 150 мм в г. Нанси. В настоящее время во Франции и других европейских странах по технологии «Феникс» обработано свыше 200 км труб сетей водо- и газоснабжения, водоотведения.

Показательно использование данной технологии при ремонте промышленного нефтепровода диаметром 350 мм и длиной 12 км, эксплуатация которого была возобновлена через 21 день.

Имеется также опыт нанесения внутренней оболочки на *стояки и магистрали в системе горячего водоснабжения и отопления* г. Эбес-Жанк. В частности, обработке по технологии «Phoenix» подлежали четыре стояка диаметром 150 и 200 мм, высотой 52 м. Каждый из стояков имел шесть отводов по 45° и четыре поворота на 90°. К стоякам примыкала магистраль общей длиной 100 м, содержащая восемь поворотов на 90°. Предварительная экспертиза показала, что замена трубопроводов сопряжена с большими трудностями демонтажа. Поэтому ремонт произвели по технологии «Phoenix». Эксплуатация системы водоснабжения была возобновлена через 1 сутки.

Определенный интерес представляет опыт восстановления пропускной способности *дюкеров* без демонтажа системы и земляных работ. Во французском городе Сане в распределительную водопроводную сеть входили два стальных дюкера диаметром 400 мм, пересекающие р. Ионна и транспортирующие воду под давлением 0,6 МПа. Длина каждого дюкера составляла 120 м с учетом двух отводов по 45° вблизи берегов. Трубопроводы были проложены по дну реки, что не исключало их частых повреждений корпусами или якорями проходящих судов. Кроме того, внутренняя сторона трубопроводов была подвержена коррозии. Утечки требовали замены дюкеров или восстановления их начальной пропускной способности.

Разгерметизация трубопроводов была нежелательна, их опорожнение в водоем — невозможно. Поэтому после механической прочистки внутренней поверхности труб ковшом с раскрывающимися створками было проведено предварительное постепенное вытеснение воды под давлением воздуха, а затем нанесение оболочки. По завершении процесса полимеризации эпоксидной смолы (около 3 суток) трубопроводы были приняты в эксплуатацию.

В 1997 г. в шотландском городе Данди были проведены работы по *восстановлению двух чугунных водоводов* диаметром 675 мм, проложенных под центром древнего поселения. В качестве метода бестраншейной ре-

конструкции трубопроводов, эксплуатирующихся в течение 120 лет, была выбрана технология «*Swagelining*», с помощью которой было восстановлено свыше 800 км трубопроводов в разных странах мира.

Метод «*Swagelining*» был использован на *Московском водопроводе* для восстановления 3,4 км ветхих трубопроводов диаметрами 200— 400 мм. Работы проводились российскими и датскими специалистами компании «*Peg Aarsleff A/S*» при поддержке субпоставщика полиэтиленовых труб компании «*Nordis Wavin A/S*». Проект осуществлялся в несколько этапов, включающих: подготовительные работы (организацию временного водоснабжения, рытье стартовых и финишных колодцев и т.д.); прочистку старых труб под высоким давлением воды и протяжку в них плетей полиэтиленовых труб с предварительным пропуском их через специальную матрицу с меньшим диаметром; контроль давления в системе водоснабжения, демонтаж временных устройств для подачи воды, асфальтирование покрытия и т.д.

МУП «Водоканал» г. Сыктывкара (Коми) проводились работы по санированию водопроводной сети диаметром 300 мм и протяженностью более 1,5 км методом «*Феникс*». Использование данной бестраншейной технологии в условиях Севера является наиболее оптимальным и рациональным решением при реконструкции существующей водопроводной сети.

6.3. Краткое описание практических занятий

6.3.1. Перечень практических занятий (наименования, темы)

1. Критерии обеспечения надежной работы самотечной водоотводящей сети
2. Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов без разрушения трубопровода. Полимерное покрытие «*Феникс*»
3. Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов с разрушением трубопровода
4. Диагностика состояния подземных трубопроводов с помощью инспекционных телероботов. Технология нанесения сплошных металлических покрытий в виде рукавов из нержавеющей стали
5. Требования к восстанавливаемому и восстановленному трубопроводам при использовании полимерного рукава.
6. Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей (полиэтиленовые, полипропиленовые). Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей из чугуна.
7. Научный семинар по рефератам.

6.3.2. Методические указания по выполнению заданий на практических занятиях

Цель практических занятий: овладеть методами расчета инженерных сетей водоснабжения и водоотведения и адаптировать их в условиях реконструкции сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения; научиться проектировать восстановление различных систем водоснабжения и водоотведения; применять современные и прогрессивные инженерные решения по восстановлению инженерных сетей.

На практических занятиях студент должен иметь:

- справочную литературу (СНиП, справочники, таблицы),
- раздаточный материал, предоставленный преподавателем.

Для успешного выполнения работы студент должен иметь с собой ручку, карандаш, линейку, микрокалькулятор.

Необходимо ознакомиться с соответствующей литературой по теме занятия. До занятия необходимо выполнить подготовительную работу дома в соответствии с темой занятия.

Практическое занятие № 1. Критерии обеспечения надежной работы самотечной водоотводящей сети

Цель занятия: научиться анализировать работу действующих сетей; выявлять сооружения или их элементы, требующих ремонта, модернизации или строительства новых.

Задание на занятие: научиться определять первоочередной объект реабилитации трубопроводов водоотводящей сети; составить граф связности факторов, влияющих на аварийность водоотводящей сети

Порядок действий:

- прочитать соответствующие разделы раздаточного материала
- составить ряд из 11 косвенных факторов влияния на риск возникновения отказа в произвольной форме без учета ранжирования
- составить граф связности факторов
- проанализировать таблицу перечня основных нарушений, оказывающих влияние на надежность работы самотечных водоотводящих сетей
- объяснить, как осуществляют ранжирование сетей по количеству засоров.

Требования к отчетным материалам: предоставить описание работы.

Практическое занятие № 2. Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов без разрушения трубопровода. Полимерное покрытие «Феникс»

Цель занятия: научиться применять современные и прогрессивные инженерные решения по реконструкции инженерных сетей и сооружений в частности инновационные технологии восстановления трубопроводов.

Задание на занятие: изучить технологию процесса восстановления трубопроводов по методу «Феникс».

Порядок действий:

- изучить сущность метода полимерного покрытия «Феникс»;
- ознакомиться с оборудованием, применяемым для данной технологии;

- ознакомиться с технологией процесса;
- ознакомиться с основными требованиями к нанесенным покрытиям;

- оценить достоинства и ограничения указанного метода.

Требования к отчетным материалам:

Предоставить краткое сообщение с описанием технологий, схемы.

Практическое занятие № 3. Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов с разрушением трубопровода

Цель занятия: ознакомиться с инновационными технологиями восстановления водопроводных и водоотводящих сетей и сооружений на них.

Задание на занятие: сравнить методы разрушения старых труб.

Порядок действий:

- ознакомиться с методом разрушения старых труб с помощью пневмоударной машины;
- ознакомиться с методом разрушения старых труб с помощью пневмопробойников;
- оценить достоинства и недостатки методов;

Требования к отчетным материалам:

Предоставить краткое сообщение схемами, рисунками.

Практическое занятие № 4. Диагностика состояния подземных трубопроводов с помощью инспекционных телероботов.

Цель задания: изучить различные методы и современное оборудование диагностики сетей водоснабжения и водоотведения.

Порядок выполнения задания:

- изучить характеристики телеоборудования;
- ознакомиться с возможностями диагностики состояния действующих трубопроводов;
- ознакомиться с информацией, получаемой с помощью телероботов;
- ознакомиться с устройством телеустановки «Филин»;
- ознакомиться с устройством оборудования компании «Кьюз».
- ознакомиться с устройством установок для телеосмотра трубопроводов малого диаметра.

Требование к отчетным материалам

Предоставить краткое сообщение с описанием и рисунками.

Практическое занятие № 5. Технология нанесения сплошных металлических покрытий в виде рукавов из нержавеющей стали

Цель занятия: ознакомиться с инновационными технологиями восстановления трубопроводов.

Задание на занятие: изучить технологию нанесения сплошных металлических покрытий в виде рукавов из нержавеющей стали.

Порядок действий:

- прочитать соответствующие разделы раздаточного материала;
- изучить, что представляет собой защитный рукав;

- изучить этапы технологии работ по реализации метода;
- оценить преимущества и недостатки указанной технологии

Требования к отчетным материалам:

Предоставить краткое сообщение с таблицей.

Практическое занятие № 6.

Требования к восстанавливаемому и восстановленному трубопроводам при использовании полимерного рукава.

Цель задания: научиться применять современные и прогрессивные инженерные решения по реконструкции инженерных сетей

Порядок действий:

- изучить показатели восстанавливаемой сети напорных стальных трубопроводов;
- изучить показатели восстанавливаемой сети из напорных и безнапорных чугунных, асбестоцементных, железобетонных и других материалов;
- изучить требования к восстановленному полимерным рукавом участку трубопровода
- проанализировать и сделать заключение о целесообразности применения полимерного рукава

Требование к отчетным материалам

Предоставить краткое сообщение с описанием требований и показателей, сделать выводы.

Практическое занятие № 7. Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей (полиэтиленовые, полипропиленовые). Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей из чугуна.

Цель задания: уметь анализировать достоинства и недостатки труб из различных материалов, оценить возможность их применения в различных случаях.

Порядок действий:

- ознакомиться со свойствами полиэтиленовых труб, их особенностями;
- ознакомиться с технологий изготовления полиэтиленовых труб;
- сравнить свойства полиэтиленовых труб различных производителей;
- оценить свойства полипропиленовых труб;
- изучить свойства чугунных (серых) труб различных производителей, их особенности, сортамент;
- изучить особенности труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ).
- ознакомиться с основными требованиями к трубам;
- проанализировать, сравнить свойства труб в различных условиях;
- оценить достоинства и недостатки труб из различных материалов;
- проанализировать, в каких случаях применять те или иные трубы.

Требование к отчетным материалам

Предоставить краткое сообщение с таблицей сравнения свойств ма-

териалов труб.

**Список литературы, необходимый для выполнения
практических занятий**

Макотрина Л.В. Современные методы восстановления и защиты водоотводящих сетей: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012.

Макотрина Л.В., Пельменева Н.Д. Реконструкция инженерных систем и сооружений: Проблемы систем внутреннего водоснабжения, водоотведения и пути их решения: Учеб. пособие.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005.- 176 с. (39 экз).

*Саломеев В.П. Реконструкция инженерных систем и сооружений /Монография. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 192 с. (2 экз)

*Орлов В.А. Защитные покрытия трубопроводов/ научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2009. -128 с.

Орлов В.А. Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей : учеб. пособие [для вузов по направлению подгот. дипломированных специалистов 653500 "Стр-во"] / В. А. Орлов. - М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2001. - 95 с. : а-ил (13 экз.)

Примечание: материалы из литературы, помеченной значком (*), выдаются преподавателем магистрантам в бумажном или электронном виде на занятиях в виде раздаточного материала.

6.4. Краткое описание видов самостоятельной работы

6.4.1. Общий перечень видов самостоятельной работы

Самостоятельное изучение разделов дисциплины.

Рефераты.

Самостоятельный контроль знаний (ответы на контрольные вопросы или тестирование).

Подготовка к экзамену.

6.4.2. Методические рекомендации для выполнения задания самостоятельной работы

Цель выполнения самостоятельной работы: научиться самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, расширять и углублять свое научное мировоззрение; анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию; оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы.

Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Итогом самостоятельного изучения разделов дисциплины является конспект. Конспектирование один из сложных видов самостоятельной работы студентов, поскольку требует анализа текста, выделения главного положения от доказательств, пояснений, иллюстрирующего материала.

Цель работы: Привить магистрантам способность анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию; изучить основные направления и перспективы развития трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения, научить проектировать восстановление различных систем водоснабжения и водоотведения; рационально использо-

вать существующие сети и сооружения; применять современные и прогрессивные инженерные решения по реконструкции инженерных сетей и сооружений.

Темы самостоятельного изучения разделов дисциплины

- 1 Основные типы защитных покрытий
- 2 Сплошные набрызговые покрытия из эпоксидной смолы и других веществ
- 3 Технология «Феникс» (Phoenix)
- 4 Метод полимерного покрытия в виде гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой Trollining
- 5 Полимерное покрытие в виде двухслойных бесшовных рукавов, отверждаемых ультрафиолетовыми лучами
- 6 Комплексный полимерный рукав
- 7 Технология нанесения сплошных металлических покрытий в виде рукавов из нержавеющей стали
- 8 Отечественные телероботы НПО «ТАРИС»
- 9 Оборудование компании «Кьюз». Установки для телеосмотра трубопроводов малого диаметра
- 10 Технология точечного ремонта трубопроводов
- 11 Способы обеспечения нормативных показателей качества воды.
- 12 Защита городских подземных трубопроводов от коррозии
- 13 Требования к защите от коррозии подземных трубопроводов из ВЧШГ.
- 14 Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей
- 15 Физико-химические и механические свойства компонентов полимерных рукавов
- 16 Требования к восстанавливаемому и восстановленному трубопроводу при использовании полимерного рукава.
- 17 Базовые положения по прочностному расчету двухслойных трубных конструкций «материал трубопровода +полимерный рукав».

Основные рекомендации по выполнению заданий

Самостоятельное изучение разделов дисциплины «Современные методы восстановления и защиты водоотводящих сетей» студент осуществляет по литературным источникам, указанным выше (для практических занятий), в соответствии с наименованием темы. Материал следует внимательно прочитать, проанализировать, кратко законспектировать, сделать выводы, зарисовать схемы и ответить на контрольные вопросы по теме.

Требования к отчетным материалам и документам: предоставить краткий конспект, схемы, рисунки, таблицы.

Порядок самостоятельного изучения тем дисциплины

Тема 1:

Основные типы защитных покрытий

План изучения материала:

Нанесение покрытий на основе цемента на внутреннюю поверхность ремонтируемого трубопровода.

Протаскивание нового относительно твердого трубопровода в поврежденный старый (с его разрушением и без разрушения) с помощью специальных устройств, например, пневмопробойников.

Протаскивание относительно гибкой (предварительно сжатой или сложенной U-образной формы) полимерной трубы внутрь старого ремонтируемого 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.

Точечные (местные) покрытия.

Тема 2:

Сплошные набрызговые покрытия из эпоксидной смолы и других веществ

План изучения материала:

Условия применения метода.

Состав покрытий (смолы, волокнистые добавки и тд).

Предварительная подготовка поверхности трубопровода

Технология нанесения покрытий.

Быстроотверждаемое покрытие Scotchcot на основе двухкомпонентного полимера Сорон Нусот. Технология покрытия. Особенности метода.

Тема 3:

Технология «Феникс» (Phoenix).

План изучения материала:

Материал покрытий (полиэфирные, нейлоновые нити, полиэтилен).

Требования к полимерным покрытиям.

Сущность метода (протягивание полимерной оболочки, подача воздуха, термообработка, твердение).

Оборудование для проведения санации.

Предварительная подготовка перед нанесением покрытия.

Область применения метода нанесения покрытия.

Ограничения применения метода «Феникс»

Тема 4:

Метод полимерного покрытия в виде гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой Trollining

План изучения материала:

Технология нанесения защитного покрытия.

Инъектирование цементирующего материала.

Нагнетание воды в трубопровод.

Система установки с одной зубчатой секцией и заполнением пустот между внутренней поверхностью трубы и зубчатыми элементами.

Система установки с использованием промежуточного защитного слоя.

Система установки с использованием дополнительного упругого элемента вокруг зубчатой секции.

Система установки с двумя зубчатыми секциями.

Тема 5:

Полимерное покрытие в виде двухслойных бесшовных рукавов, отверждаемых ультрафиолетовыми лучами.

План изучения материала:

Технология нанесения защитного покрытия.

Особенности применения метода.

Область применения метода нанесения покрытия.

Тема 6:

Комплексный полимерный рукав

План изучения материала:

Сущность метода «Комплексный полимерный рукав».

Армирующий материал (стеклоткань, синтетический войлок).

Теплоноситель (пар, горячая вода под давлением).

Типы комплексных рукавов (трехкомпонентный, четырехкомпонентный)

Технология изготовления рукава.

Операции процесса ремонтно-восстановительных работ.

Оборудование для ремонтно-восстановительных работ.

Основные преимущества метода.

Примеры реализации рассматриваемого метода.

Область применения метода «Комплексный полимерный рукав».

Определение качества защитного покрытия.

Тема 7:

Технология нанесения сплошных металлических покрытий в виде рукавов из нержавеющей стали

План изучения материала:

Устройство защитного рукава (фольга, ворсистый материал, термоплавкий клей).

Этапы реализации метода (очистка, нанесение клея, придание рукаву U-образной формы, протягивание рукава, продувка сжатым воздухом, распрямление рукава, приклеивание рукава к стенке трубы, сварка торцов рукава).

Область применения метода (в зависимости от диаметра трубы).

Преимущества технологии протяжки рукава из нержавеющей стали.

Недостатки технологии протяжки рукава из нержавеющей стали.

Тема 8:

Отечественные телероботы НПО «ТАРИС».

План изучения материала:

Устройство современного телеинспекционного робота Р-200.

Бандажирование внутренней поверхности трубопровода при помощи пакера.

Этапы технологии бандажирования (помещение робота в трубу, поиск дефекта, зачистка поврежденного участка, подведение робота с пакером к месту ремонта, ремонт).

Примеры использования робототехнических комплексов.

Недостатки использования робототехнических комплексов.

Тема 9:

Оборудование компании «Кьюз». Установки для телеосмотра трубопроводов малого диаметра.

План изучения материала:

Особенности устройства телекамер с оптическим зумингом.
Устройство переносной системы телеинспекции «Кьюз».
Область применения Оборудования компании «Кьюз».
Разновидность установок в зависимости от условий применения.
Установки для осмотра труб малого диаметра.

Тема 10:

Технология точечного ремонта трубопроводов

План изучения материала:

Материалы для точечного ремонта.
Водно-эпоксидная облицовка внутренней поверхности труб.
Технология локального ремонта Foam Bag.
Технология французской фирмы Ergana.
Технология холодного оцинкования Zinga.
Отечественная технология фирмы «Комстек».
Технология с использованием двухслойной ремонтной гильзы.
Метод внутреннего бандажирования «Мосводоканал».
Способы ремонта смотровых колодцев.

Тема 11:

Способы обеспечения нормативных показателей качества воды.

План изучения материала:

Повышение степени очистки природных вод в конце технологической схемы очистки.

Создание условий для снижения проявлений биологической активности в транспортируемой воде.

Совершенствование системы подачи и распределения воды.

Систематическая эффективная прочистка трубопроводов, а также нанесение на их внутреннюю поверхность защитных покрытий.

Рекомендуемые характеристики воды после обработки.

Тема 12:

Защита городских подземных трубопроводов от коррозии

План изучения материала:

Критерии опасности коррозии подземных стальных трубопроводов.
Выбор способов защиты от коррозии.

Измерения на подземных стальных трубопроводах.

Изоляция трубопроводов и резервуаров.

Покрытия из экструдированного полиэтилена.

Покрытия из экструдированного полипропилена.

Покрытия из полимерных липких лент.

Комбинированное ленточно-полиэтиленовое покрытие.

Покрытия на основе битумных мастик.

Комбинированные мастично-ленточные покрытия.

Требования к применяемым материалам и структуре покрытия.

Тема 13:

Требования к защите от коррозии подземных трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ).

План изучения материала:

Защита от коррозии подземных трубопроводов из ВЧШГ по международному стандарту.

Защита от коррозии подземных трубопроводов из ВЧШГ по европейскому стандарту.

Защиты от коррозии подземных трубопроводов из ВЧШГ по немецкому стандарту.

Нормативно-технической базы по противокоррозионной защите трубопроводов из ВЧШГ (Российская).

Рекомендации по типам защитных покрытий для труб из ВЧШГ.

Основные требования к защитным покрытиям усиленного типа.

Требования к электрохимической защите трубопроводов из ВЧШГ.

Тема 14:

Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей

План изучения материала:

Экономические преимущества полиэтиленовых труб.

Существенное отличительное свойство полиэтилена.

Полиэтиленовые трубы Климовского трубного завода (Россия).

Процесс изготовления полиэтиленовых труб.

Полиэтиленовые трубы предприятия «Завод АНД Газтрубпласт».

Полиэтиленовые трубы зарубежных фирм Wavin, «Спиро» и «Вип-Лайнер», Уропог двухслойные гибкие трубы). Их отличительные свойства.

Полипропиленовые раструбные трубы Pragma.

Тема 15:

Физико-химические и механические свойства компонентов полимерных рукавов.

План изучения материала:

Материалы для изготовления полимерных рукавов.

Свойства ненасыщенных полиэфирных смол (UP) для изготовления полимерного рукава.

Свойства эпоксидных смол (EP) для изготовления полимерного рукава.

Условия полимеризации смол.

Преимущества и недостатки UP и EP смол.

Типы формовочных материалов на основе UP и EP смол.

Тема 16:

Требования к восстанавливаемому и восстановленному трубопроводам при использовании полимерного рукава.

План изучения материала:

Показатели восстанавливаемой сети из напорных стальных труб.

Показатели восстанавливаемой сети из напорных чугунных, железобетонных, асбестоцементных труб.

Показатели восстанавливаемой сети из безнапорных трубопроводов чугунных, железобетонных, асбестоцементных, из керамики и кирпича.

Заключение о возможности и целесообразности применения полимерного рукава для восстановления трубопровода.

Оптимальные варианты применения полимерного рукава для восста-

новления напорных и безнапорных сетей.

Требования к восстановленному полимерным рукавом участку трубопровода.

Тема 17:

Базовые положения по прочностному расчету двухслойных трубных конструкций «материал трубопровода +полимерный рукав».

План изучения материала:

Влияние различных нагрузок на трубопровод в процессе эксплуатации.

Положения по выявлению степени восприятия нагрузок на защитные покрытия трубопроводов.

Необходимость повышения жесткости окружающего грунтового свода и использования менее жестких труб (защитных покрытий).

Исключение кольцевых зазоров между старой трубой и покрытием.

Типы состояний эксплуатируемой трубопроводной системы с внутренним полимерным покрытием.

Степень повреждения структуры ремонтного участка трубопровода.

Рефераты

Цель работы: научиться самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения, научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по профилю деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение; анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию; оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; уметь логически верно, аргументировано и ясно строить письменную речь;

Общие методические указания

Для подготовки реферата необходимо найти в библиотеке указанные ниже материалы (журналы по специальности, учебные пособия, учебники, интернет-сайты). Внимательно изучить литературу, разобраться в описаниях технологии, схемах, расчетах. Журналы следует просмотреть за последние пять лет. Если будет мало информации, то просмотреть еще несколько лет. Можно также пользоваться любой литературой, соответствующей теме доклада, в том числе материалами Интернета.

Реферат *должен содержать:*

- Титульный лист, оформленный по стандарту;
- Оглавления разделов и подразделов;
- Цели и задачи решения указанной проблемы;
- Основной материал, примеры, схемы,
- Заключение или выводы;
- Список использованной литературы.

Примерная тематика рефератов

1. Состояние трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения.
2. Выбор метода восстановления трубопроводов систем водоснабжения

и водоотведения.

3. Анализ реализации энергосберегающих бестраншейных технологий восстановления трубопроводов.

4. Старение стальных трубопроводов сетей водоснабжения.

5. Сплошные набрызговые покрытия из эпоксидной смолы и других веществ.

6. Особенности и свойства полимерных труб

7. Восстановительные технологии «Феникс» (Phoenix).

8. Восстановительные технологии «Swagelining».

9. Точечные (местные) защитные покрытия.

10. Восстановительные технологии по методу «Атех-10».

11. Ремонтно-восстановительные технологии, основанные на применении композиционных материалов холодного отверждения, производимые *фирмами* «MultiMetal», «Diamant» (ФРГ).

12. Ремонтно-восстановительные технологии, основанные на применении композиционных материалов холодного отверждения, производимые *фирмами* «Devco», «Belzona», «Loctite» (США).

13. Ремонтно-восстановительные технологии, производимые *фирмами* «Dug-metal» (Швейцария).

14. Ремонтно-восстановительные технологии, производимые *фирмами* «МОСИНТРАСТ».

15. Механизмы и оборудование для диагностического телеконтроля подлежащих восстановлению трубопроводов.

16. Телеконтроль канализационных и водопроводных сетей.

17. Механизмы и оборудование для прочистки трубопроводов перед восстановлением.

18. Гидромеханическая прочистка трубопроводов фирмы «Рейнхард» (Швейцария)

19. Отечественные установки прочистки трубопроводов, разработанные АО «Зевс-технология».

20. Механизмы и оборудование для восстановления трубопроводов с помощью пластмассовых труб

21. Механизмы и оборудование для восстановления трубопроводов с использованием комплексного предварительно пропитанного рукава.

22. Метод диагностики качества воды «Aquadiag».

23. Виды коррозии внешней поверхности подземных металлических трубопроводов.

24. Коррозия трубопроводов блуждающими токами.

25. Защита подземных стальных трубопроводов от коррозии.

26. Использование информационных технологий для трубопроводных объектов восстановления.

27. Применение *математических методов* ранжирования трубопроводных объектов восстановления.

Оформление реферата

Реферат должен быть оформлен на 12-15 (не менее) листах белой бумаги формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми к

оформлению письменных работ: СТО ИрГТУ 005-2007. Система менеджмента качества: учебно-методическая деятельность. Общие требования к оформлению текстовых и графических работ студентов.

Реферат должен быть представлен преподавателю в сроки, назначенные при выдаче задания.

Подготовка к докладу по реферату

Цель работы: научиться логически верно, аргументировано и ясно строить устную речь.

Доклад является кратким изложением написанного реферата. Доклад должен быть доложен преподавателю и студентам в четкой форме, в соответствии с заданной темой, в назначенное время. Продолжительность доклада 10-15 мин.

Подготовка к практическим занятиям

Подготовка к практическим занятиям осуществляется по тематике практических занятий в соответствии с методическими указаниями по проведению практических занятий.

До занятий студент должен ознакомиться с темой занятия, проанализировать исходные данные, прочитать соответствующие разделы конспекта лекций, методических указаний по практическим занятиям, раздаточный материал по теме занятия. Конспект лекций и раздаточный материал выдается магистрантам преподавателем (т.к. в библиотеке нет литературы, точно соответствующей дисциплине).

Для успешной работы студент должен приготовить на занятие ручку, карандаш, линейку, микрокалькулятор (или ПК).

6.4.3. Учебно-методическое обеспечение СРС

Учебные пособия, имеющиеся в библиотеке

Макотрина Л.В. Современные методы восстановления и защиты водоотводящих сетей: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012 электронный ресурс).

Макотрина Л.В., Пельменева Н.Д. Реконструкция инженерных систем и сооружений: Проблемы систем внутреннего водоснабжения, водоотведения и пути их решения: Учеб. пособие.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005.- 176 с. (39)экз.

Орлов В.А. Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей: учеб. пособие [для вузов по направлению подгот. дипломированных специалистов 653500 "Стр-во"] / В. А. Орлов. - М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2001. - 95 с. : а-ил (13 экз.).

Саломеев В.П. Реконструкция инженерных систем и сооружений /Монография. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 192 с. (3 экз)

Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета «Водоснабжение и водоотведение». Раздел «Реконструкция инженерных систем и сооружений ВиВ»: Учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. - 488 с. (20 экз).

Список рекомендуемых журналов

1. Водоснабжение и санитарная техника,

2. Жилищно-коммунальное хозяйство,
3. Жилищное строительство,
4. Строительные материалы,
5. Известия вузов. Строительство,
6. Городское хозяйство и экология,
7. Строительные материалы, оборудование, технология 21 века,
8. Строительная техника и технологии.

7. Применяемые образовательные технологии

При реализации данной программы применяются образовательные технологии, описанные в табл. 2.

Таблица 2 - Применяемые образовательные технологии

Технологии	Виды занятий		
	Лекции	Практ./Сем.	СРС
Слайд – материалы, лекции-презентации	+	+	
Видеофильмы	+	+	

8. Контрольно-измерительные материалы и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

8.1. Краткое описание контрольных мероприятий

При изучении дисциплины студент должен выполнить следующие задания:

- Изучить теоретический материал по предоставленным источникам (конспект лекций, раздаточный материал, литература, соответствующая содержанию дисциплины, рекомендуемый список журналов, интернет);
- Ответить на вопросы по каждой главе.
- Выбрать тему реферата, согласовать ее с преподавателем, подобрать материал к реферату по указанной литературе, написать реферат.
- Написать доклад (сообщение по реферату).
- Доложить его в письменной форме или на встрече с преподавателем.
- Сдать экзамен.

8.2. Описание критериев оценки уровня освоения учебной программы.

Студент получает допуск к экзамену, если набрал 70-80 баллов по следующей шкале:

	Количество баллов	
	Максимальное	Минимальное
Выполнение заданий на практическое занятие	30	20
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	30	20

Реферат	15	10
Доклад	5	5
Контрольные вопросы по разделам	20	15
Всего:	100	70

По контрольным вопросам:

- 20 баллов – все ответы верные
- 15 баллов – 70% верных ответов

Реферат:

- 15 баллов – реферат полностью отражает поставленную тему, хорошо оформлен, отвечает требованиям, предъявляемым к рефератам;
- 10 баллов - реферат полностью отражает поставленную тему, плохо оформлен.

Доклад:

- 5 баллов – написан четко, ясно, хорошо доложен, правильные ответы на вопросы.

При получении 90-100 баллов студент может получить оценку без сдачи экзамена.

8.3. Контрольно измерительные материалы для итоговой аттестации по дисциплине

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются задачи служб эксплуатации коммунальных объектов?
2. Что понимают под бестраншейными технологиями?
3. К чему приводит старение подземных трубопроводных коммуникаций различного назначения?
4. В чем видится решение проблемы восстановления и прокладки трубопроводов?
5. Что такое санация?
6. Что такое восстановление?
7. Что влияет на срок службы водопроводных и водоотводящих трубопроводов?
8. От чего зависит выбор конкретного метода санации?
9. Каковы наиболее характерные загрязнения, осаждающиеся на стенках труб?
10. Назовите основные типы защитных покрытий.
11. К чему приводит качественно проведенная санация трубопроводов?
12. Что является отличительной особенностью бестраншейного восстановления (санации) от бестраншейной прокладки?
13. Какими методами могут выполняться работы по нанесению цементно-песчаных покрытий?
14. Для каких трубопроводов не могут быть использованы методы цементно-песчаных покрытий?

15. Что используют в качестве исходных материалов для цементно-песчаных покрытий?
16. Область применения метода цементно-песчаного покрытия?
17. Каковы виды работ по нанесению цементно-песчаных покрытий?
18. Каковы требования к нанесению цементно-песчаных покрытий?
19. Как осуществляют контроль качества санации?
20. Что входит в состав покрытий из эпоксидной смолы?
21. Как осуществляется нанесение раствора из эпоксидной смолы?
22. Каковы особенности свойств полимерных труб?
23. Каковы методы введения защитного покрытия в восстанавливаемый трубопровод?
24. В чем заключается сущность метода «Феникс»?
25. Какова область применения метода «Феникс»?
26. Каковы ограничения метода «Феникс»?
27. Как осуществляется контроль качества работ по методу «Феникс»?
28. Каковы способ улучшения равномерности пропитки защитных покрытий?
29. В чем заключается преимущество технологии «Swagelining»?
30. В чем заключается сущность технологии «Swagelining»?
31. Виды точечных защитных покрытий?
32. Сущность метода «Атех-10»?
33. Сущность метода «МОСИНТРАСТ». Каковы преимущества технологии корпорации «МОСИНТРАСТ»?
34. Что представляют собой телероботы?
35. Какова технология съемки с помощью телероботов?
36. Дефекты, обнаруженные в результате телеинспекции?
37. Диапазон применения телеконтроля?
38. Основные методы прочистки трубопроводов?
39. Каковы технические возможности отечественных телероботов НПО «ТАРИС»?
40. Опишите классы робототехнических комплексов.
41. Робототехнические комплексы первого класса, их особенности.
42. Робототехнические комплексы второго класса, их особенности.
43. Приведите примеры комплексов.
44. Для чего применяются диагностические комплексы?
45. Оборудование компании «Кьюз», для чего применяется?
46. Что представляют собой установки для телеосмотра трубопроводов малого диаметра?
47. Как осуществляется гидромеханическая прочистка трубопроводов с помощью оборудования фирмы «Рейнхард»?
48. Какой метод используется в установках «Зевс»?
49. Как работает облицовочный агрегат для трубопроводов малых диаметров?
50. Что представляют собой механизмы и оборудование для санации трубопроводов с использованием комплексного предварительно пропитанного рукава?

51. Каковы причины отказа трубопроводов?
52. Что означает «автоматизированное информационно-техническое обеспечение стратегии восстановления сетей»?
53. Что такое: надежность, отказ, показатель надежности?
54. Что означает: техническая и экономическая целесообразность эксплуатации участка трубопровода?
55. Каковы критерии, определяющие стратегию выбора потенциальных объектов восстановления?
56. Как влияют изменения физико-химических и бактериологических свойств транспортируемой воды по трубопроводам на качество транспортируемой воды?
57. Что необходимо предпринять для торможения процесса «повторного роста» бактерий?
58. Перечислите задачи эксплуатационных служб коммунальных сетей.
59. Назовите способы обеспечения нормативных показателей качества воды.
60. Каковы оптимальные характеристики воды?
61. Как должен осуществляться контроль качества воды на городских сетях?
62. Что означает «паспорт водопроводной сети»?
63. Опишите сущность метода диагностики качества воды «Aquadiag».
64. Как воздействуют внутренние защитные цементно-песчаные покрытия трубопроводов на качественные показатели воды?
65. Как воздействуют внутренние защитные пластиковые покрытия трубопроводов на качественные показатели воды?
66. Что означает механическое и химическое разрушение покрытия?
67. Целесообразно ли использовать защитные цементно-песчаные покрытия в водоотводящих сетях?
68. Виды коррозии внешней поверхности подземных металлических трубопроводов?
69. За счет чего происходит коррозия блуждающими токами?
70. Что означает анодные и катодные зоны?
71. Способы защиты подземных стальных трубопроводов от коррозии
72. Когда следует применять электрохимическую защиту?
73. Что понимается под катодной защитой?
74. Что такое гальваническая защита и где применяется?
75. Что означает коррозионная агрессивность грунта?
76. Каковы критерии оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к стали?
77. Каковы критерии оценки коррозионной агрессивности грунта по отношению к ВЧШГ?
78. Что такое «графитизация»?
79. От чего зависит коррозионная стойкость труб из ВЧШГ?
80. Каковы критерии биокоррозионной агрессивности грунтов?

81. Каковы критерии опасного влияния блуждающего постоянного тока?
82. Каковы критерии опасного влияния переменного тока промышленной частоты?
83. Для чего необходима диагностика подземных трубопроводов?
84. Как организуется работа по электрохимической защите трубопроводов?
85. Приведите примеры восстановления трубопроводов в России (Москва).
86. Приведите примеры восстановления трубопроводов в России (Санкт-Петербург).
87. Приведите примеры восстановления трубопроводов в России (Иркутск).
88. Приведите примеры восстановления трубопроводов в других странах.

9. Рекомендуемое информационное обеспечение дисциплины

9.1. Основная литература

Макотрина Л.В. Современные методы восстановления и защиты водоотводящих сетей: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012 (электронный ресурс).

9.2. Дополнительная литература

Макотрина Л.В., Пельменева Н.Д. Реконструкция инженерных систем и сооружений: проблемы систем внутреннего водоснабжения, водоотведения и пути их решения: учеб. пособие.- Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2005.- 176 с. (39)экз.

Орлов В.А. Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей : учеб. пособие [для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов 653500 "стр-во"] / В. А. Орлов. - М. : изд-во ассоц. строит. вузов, 2001. - 95 с. : а-ил (13 экз.)

Саломеев В.П. Реконструкция инженерных систем и сооружений /Монография. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 192 с. (3 экз)

Учебное пособие для студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение». Раздел «Реконструкция инженерных систем и сооружений ВиВ»: Учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. - 488 с. (20 экз).

9.3. Рекомендуемые специализированные программные средства Программа AUTOCAD

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

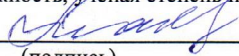
- Лекционная аудитория (Г108), оснащенная современными техническими средствами обучения (ТСО) для демонстрации учебных видео фильмов и сайтов.
- Видео техника.

- Видео фильмы по современным технологиям восстановления трубопроводных систем, оборудованию для прочистки, телеинспекции трубопроводов.
- Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

Программа составлена в соответствии с ФЕДЕРАЛЬНЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ СТАНДАРТОМ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ по направлению подготовки 270800 «Строительство»; профиль подготовки: 270800.68 «Инновационные технологии водоотведения, очистки сточных вод, обработки и утилизации осадков»; квалификация (степень) - ВВМ «Магистр».

Программу составил:

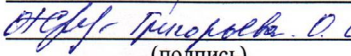
Макотрина Людмила Викторовна, доцент, к.х.н., доцент кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения
ФИО, должность, ученая степень и ученое звание разработчика

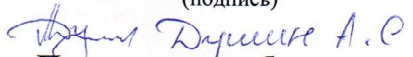
 "28" 04 2012г.
(подпись)

Программа согласована
с сотрудниками компании

«Наименование предприятия»

Должность работника,
ответственного за согласования программы

инженер ООО «Сетевая компания "Иркутск"»
 /ФИО/ "04" 05 2012 г.
(подпись)

 Душина А.С.

Программа одобрена на заседании кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения

Протокол № 11 от "04" 05 2012 г.

Зав. кафедрой  /ФИО/ "04" 05 2012 г.

(подпись)
Руководитель ООП  /ФИО/ "04" 05 2012 г.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии института архитектуры и строительства

Протокол № 7 от "04" 05 2012г.

Директор  /ФИО/ "04" 05 2012 г.