

Глава 2. Реконструкция инженерных систем и сооружений ВиВ.

Большинство инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения были построены и пущены в эксплуатацию в 70-80 годы XX века, в соответствии с существовавшими в те годы нормативными требованиями и технологиями к строительству этих систем и сооружений. Известные события, произошедшие в нашей стране, резко затормозили развитие систем и сооружений водоснабжения и водоотведения, а применявшиеся ранее нормативные требования, технологии и оборудование морально и физически устарели и, в настоящее время, требуют соответствующей реновации всей отрасли водоснабжения и водоотведения.

Реформирование коммунального хозяйства в РФ не привело к улучшению положения, более того, после передачи большинства очистных сооружений в подчинение муниципальным образованиям, их эксплуатация и состояние значительно ухудшилось по следующим причинам:

- ✓ из-за недостатка квалифицированного персонала по эксплуатации очистных сооружений в муниципальных эксплуатирующих органах;
- ✓ серьезных финансовых трудностей по содержанию сооружений очистки сточных вод и улучшению качества очистки;
- ✓ отсутствие производственной базы для выпуска оборудования для очистных сооружений;
- ✓ отсутствие четко продуманной программы по модернизации систем очистки сточных вод.

Например, на очистные сооружения в Московской области отводится около 3 млн. м³/сут сточных вод. Из них 2,4 млн. м³/сут обрабатывается на 880 комплексах очистных сооружений, расположенных на территории области и около 600 тыс. м³/сут на очистных сооружениях г. Москвы.

Дефицит мощности очистных сооружений в целом по Московской области составляет 110 тыс. м³/сут.

Износ основных фондов систем водоснабжения и водоотведения составляет более 53%, что не может гарантировать подачу потребителям воды питьевого качества и, соответственно, отвод, и очистку сточных вод до проектных показателей. Особое опасение вызывает состояние водопроводных сетей, напорных водоводов и самотечных коллекторов водоотведения, насосных станций и очистных сооружений водоснабжения и водоотведения; износ отдельных сооружений составляет более 63%.

Более чем 50% систем водоснабжения и водоотведения очистных сооружений практически не функционируют, а остальные работают неудовлетворительно.

Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения и очистки сточных вод напрямую связано с системами жизнеобеспечения мегаполисов, крупных, средних и небольших городов и поселков в Российской Федерации, а также с экологической обстановкой водных объектов и водоёмов. Вода необходима как для питьевого, так и промышленного водоснабжения, поэтому сохранение водных источников от загрязнения и истощения путем реконструкции очистных сооружений водоотведения с минимизацией капитальных вложений является в настоящее время весьма важной и актуальной задачей.

2.1 . Методы бестраншейного восстановления (ремонта и реконструкции) участков трубопроводов и сооружений на подземных инженерных сетях.

2.1.1. Классификация и особенности методов бестраншейного восстановления трубопроводов.

Основным способом бестраншейного восстановления структуры подземных трубопроводов различного назначения является нанесение внутренних защитных покрытий (об-

лицовок, оболочек, рубашек, мембран, вставок и т.д.) по всей длине трубопровода или в отдельных его местах, подверженных дефектам.

Согласно современной международной классификации внутренние защитные покрытия могут выполняться в виде: набрызговых оболочек, сплошных покрытий, спиральных оболочек, точечных (местных) покрытий.

Из многообразия существующих методов восстановления водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными способами можно выделить следующие, получившие наибольшее распространение в мировой практике:

- ✓ нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода;
- ✓ протаскивание нового трубопровода в повреждённый старый (с его разрушением и без разрушения) с помощью специальных устройств, например, пневмопробойников;
- ✓ протаскивание гибкой (предварительно сжатой или сложенной U-образной формы) полимерной трубы внутрь старого ремонтируемого трубопровода;
- ✓ протаскивание сплошных защитных покрытий из различных полимерных материалов;
- ✓ использование гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой;
- ✓ использование гибкого комбинированного рукава (чулка), позволяющего формировать новую композитную трубу внутри старой;
- ✓ использование рулонной навивки (бесконечной профильной ленты) на внутреннюю поверхность старого трубопровода;
- ✓ нанесение точечных (местных) покрытий и другие.

Каждый из перечисленных методов восстановления отличается специфическими особенностями и имеет свои преимущества, на основе которых определяется соответствующая область их применения для ремонта водопроводных и водоотводящих сетей. Целесообразность использования того или иного метода определяется после детальных диагностических обследований и заключения технической экспертизы. В каждом конкретном случае рассмотрению подлежат состояние трубопровода, его размеры, вид транспортируемой среды, окружающая подземная инфраструктура, тип грунтов, наличие подземных вод и ряд других факторов, способных повлиять на выбор метода восстановления.

Представим краткое описание некоторых из перечисленных выше методов бестраншейного восстановления водопроводных и водоотводящих сетей.

Нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность трубопроводов (набрызговый метод). Использование набрызгового метода путём нанесения цементно-песчаных покрытий необходимо рассматривать в историческом аспекте и, прежде всего, как антикоррозионную изоляцию внутренней поверхности трубопроводов.

Начало освоения бестраншейных технологий в нашей стране в виде наложения антикоррозионной изоляции на внутреннюю поверхность ветхих трубопроводов в полевых условиях относится к 40-ым годам XX века. Одними из первых защитных материалов трубопроводов были красочные покрытия и битумная изоляция (асфальтировка), которые позволяли продлить срок службы трубопроводов на несколько лет. Однако практика эксплуатации показала, что после 10-12 лет работы трубопровода асфальтировка разрушалась, превращаясь в хрупкую пористую массу, а через 20 лет пористость составляла до 60 %, что более не обеспечивало сохранности стенок трубы.

В 50-60 годах прошлого века были предприняты попытки применения в качестве ремонтных покрытий пластмассовой крошки, напыляемой на внутреннюю поверхность подземных трубопроводов, однако данный метод из-за сложности технологии не нашёл широкого распространения, несмотря на разнообразие предложенных защитных материалов.

В тот же период для защиты находящихся под землёй трубопроводов начали применять асбестоцементные покрытия, наносимые механизированным способом, который обеспечивал высокую плотность и хорошее сцепление с металлом на внутренней поверхности труб. Для уменьшения шероховатости стенок труб одновременно с наложением раствора

производилось заглаживание его вращающимися лопатками. Данный метод и технология нанесения раствора стали своеобразным предвестником применения в нашей стране более совершенного, эффективного и экологичного цементно-песчаного покрытия.

Необходимо отметить, что защитные свойства цементного покрытия по отношению к металлу известны уже более 150 лет. Ещё в 1836 году на основе исследований французской Академии наук было рекомендовано применение цемента в качестве дешёвого и простого средства для защиты стали от коррозии. В США, начиная с 1931 года, облицовка чугунных и стальных труб цементным раствором становится общепринятой практикой.

Особое свойство покрытия на основе цемента состоит в наличии пассивного и активного эффектов. Пассивный достигается за счёт механической изоляции стенок труб прочным защитным слоем, а активный эффект основан образованием на поверхности раздела цементного покрытия и стенки трубы насыщенного раствора гидроокиси кальция с $\text{pH} = 12,6$. При этих условиях низколегированная сталь не подвергается коррозии. Одновременно цементно-песчаное покрытие обладает свойством самолечения. Оно заключается в том, что трещины и щели, которые могут возникнуть в процессе нанесения и схватывания раствора, самозакупориваются как за счёт разбухания материала, так и выделяющимися известковыми отложениями в виде карбоната кальция.

Первый опыт применения цементно-песчаных покрытий в Москве относится к 1968 году, когда были проведены работы по защите участка стального водовода второго подъёма внутренним диаметром 1200 мм и длиной 110 м (3-й Краснопресненский водовод). Проводимые каждые 10 лет со дня пуска в эксплуатацию водовода комплексные эксперименты по определению качества цементно-песчаного покрытия показывали его стабильность, подтверждая долговечность материала и правильность принятия решения по реновации сети цементно-песчаным покрытием.

Оставаясь на сегодняшний день востребованными, цементно-песчаные покрытия, тем не менее, постепенно уступают место новым полимерным материалам, выполняемым в виде тонких полимерных оболочек, плетей труб, отдельных коротких трубных модулей, рулонных навивок и другим типам облицовок.

Нанесение внутренних цементно-песчаных покрытий находит распространение для стальных (реже чугунных) трубопроводов систем водоснабжения (наружным диаметром 76-2020 мм), однако его применение не исключено и в системах водоотведения (в напорных трубопроводах).

Работы по нанесению цементно-песчаных покрытий выполняются методом центрифугирования или центробежного набрызга. Они включают проведение подготовительных технических мероприятий, а также подготовку и приготовление компонентов смеси (см. главу 1). Образующееся на внутренней стенке трубопровода цементно-песчаное покрытие является надёжным средством ликвидации различного рода дефектов, а также антикоррозионным материалом. Однако такие покрытия не могут быть использованы для восстановления сильно разрушенных трубопроводов.

Контроль за процессом нанесения оболочек состоит в измерении толщины защитного слоя и проверки качества шлифования. После нанесения 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 прочностными показателями и гидравлическими характеристиками потока.

Со временем после интенсивной эксплуатации трубопровода может происходить механическое или химическое разрушение защитного слоя. Механическое разрушение покрытия вызывается рядом следующих обстоятельств: избыточной проницаемостью покрытий, для исключения которой необходима его плотность $300\text{--}400 \text{ кг/м}^3$; появлением трещин, в основном, из-за нарушения технологий приготовления и нанесения покрытия (например, несоблюдения водоцементного отношения, отсутствия специальных добавок-

пластификаторов); эрозией, проявляющейся при скоростях течения воды по трубам более 4 м/с или большими температурными перепадами.

В свою очередь химическое разрушение покрытий может быть вызвано следующими причинами: агрессивностью CO_2 , воздействием сильных кислот, высоких концентраций аммиака, сульфатов, сильных щелочей, а также биологической коррозией с образованием сероводорода (H_2S). Перечисленные обстоятельства позволяют сделать вывод, что для водопроводных труб, защищённых цементно-песчаными покрытиями, наиболее характерными факторами разрушения являются механические, а для водоотводящих как механические, так и химические. Последнее во многом предопределяет целесообразность использования защитных цементно-песчаных покрытий в водоотводящих сетях, транспортирующих агрессивные к покрытиям сточные воды.

Как отмечалось выше, метод ремонта трубопроводов с нанесением цементно-песчаных покрытий используется уже несколько десятилетий. Однако применение его не всегда возможно или неэффективно при разветвлённой сети, включающей трубопроводы разного диаметра. В этих случаях при нанесении цементно-песчаных покрытий может произойти закупорка ответвлений (перемычек) с меньшими проходными сечениями.

С другой стороны, если имеется альтернатива использования двух способов реновации сети - прокладки нового трубопровода с ЦПП или ремонта старого с нанесением ЦПП на месте, то чаще предпочтение отдают второму. Объяснением может служить тот факт, что избежать повреждения (в период транспортировки или укладки) новых трубопроводов с предварительно нанесённым ЦПП (т.е. в заводских условиях) очень трудно. Трубопроводы с нанесённым ЦПП могут быть подвергнуты нагрузке с радиусом изгиба не менее 500 - кратного диаметра трубы (германские нормы DIN 2614).

В последнее время альтернативой нанесению цементно-песчаных покрытий на внутреннюю поверхность трубопроводов стало служить напыление быстро затвердевающих на воздухе специальных составов, стойких к агрессивным веществам, например, по методу Трайтон, разработанному фирмой Cues (США). В отличие от цементирования, при котором наносится достаточно толстый слой защитной оболочки и не исключено сползание её под действием силы тяжести, облицовка по технологии Трайтон, использующей свыше 20 различных веществ, имеет толщину 1 мм и застывает в течение 30 мин против 24 ч при нанесении цементно-песчаной оболочки.

Набрызговые методы восстановления водоотводящих трубопроводов имеют ещё одно преимущество. Оно проявилось лишь в последние годы при решении вопросов совмещения обновления водоотводящих коллекторов с прокладкой в них оптоволоконных кабелей. Отверждаемая на месте обделка любого вида способствует надёжному креплению в верхней части внутренней поверхности трубопровода специальных модулей с кабелями различного назначения. Таким образом, достигается двойной эффект: проводится экономичный бестраншейный ремонт трубопроводной сети, и коммерциализация пустого пространства в верхней части трубопроводов.

Протаскивание нового трубопровода в повреждённый старый (с его разрушением и без разрушения). Основным достоинством данного метода является возможность восстановления сильно разрушенных трубопроводов путём прокладки нового, например, полиэтиленового низкого давления (ПНД) на месте старого. Протаскивание нового трубопровода в старый наиболее перспективно в тех случаях, когда необходима полная замена ветхого трубопровода с увеличением диаметра сети.

В отечественной и зарубежной практике нашёл широкое применение метод разрушения старых труб по трассе между двумя колодцами с протаскиванием в освобождающее пространство отдельных трубчатых модулей (рис. 2.1).

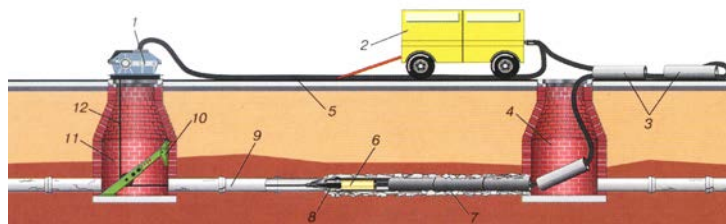


Рис. 2.1 Схема разрушения старого трубопровода и протягивания нового из отдельных модулей с помощью пневмоударной машины.

1- пневматическая лебёдка, 2- компрессор, 3- секции(модули) нового трубопровода, 4- рабочий колодец, 5- воздухоотводной шланг, 6- пневмоударная машина, 7- новый трубопровод, 8- расширитель, 9- заменяемый трубопровод, 10- анкер, 11- приёмный колодец, 12- трос лебёдки.

После разрушения старых трубопроводов их место могут занимать новые из различных материалов, как правило, несколько большего диаметра, чем вышедшие из строя. Бестраншейный метод замены труб путём разрушения и протягивания новых имеет некоторые преимущества по сравнению с другими: увеличение диаметра трубы ведёт к повышению её пропускной способности; при реализации метода может использоваться трубопровод из полимерных материалов, который не имеет стыковых соединений и выдерживает большие нагрузки при сроке эксплуатации 50-100 лет. Кроме того, метод можно использовать в нестабильных грунтах при минимальной разработке последних в период реконструкции.

Протягивание нового трубопровода с параллельным разрушением старого может осуществляться с помощью пневмоударных машин или пневмопробойников, оснащённых спереди разрушающими гильзами с соответствующими ножами (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Комплект пневмопробойника фирмы GRUNDOKRACK с разрушающей гильзой и расширителем.

1- трос лебёдки, 2- направляющая штанга, 3- разрушающая гильза-нож, 4- расширитель, 5- клеммы, 6- шланг высокого давления.

Передвижение устройства по трассе старого трубопровода осуществляется с помощью энергии, получаемой от компрессора. Взламывающий нож разрушает старую трубу и уплотняет осколки в окружающий природный массив. Расширитель создаёт увеличенный профиль для новой трубы, которая затягивается в освобождающееся пространство одновременно с процессом разрушения.

В последние годы в России на ряде объектов использовалась технология замены ветхих неметаллических трубопроводов после их разрушения полиэтиленовыми с помощью раскатчиков. Данная технология предусматривает использование специального рабочего органа - раскатчика с силовым приводом. Раскатчик устанавливается в рабочий котлован при помощи крана или вручную. После обеспечения соосности раскатчика и разрушаемого трубопровода осуществляется ввёртывание раскатчика в трубопровод и вдавливание обломков разрушенной трубы в стенки образуемой скважины. При этом грунт вытесняется в радиальном направлении и вокруг скважины образуется уплотнённая зона грунта. Практика показывает, что поверхностный слой грунта толщиной 10-15 мм в стенках скважины настолько спрессован, что его прочность сопоставима с прочностью бетонной трубы той же толщины. После выхода рабочего органа в приёмный котлован и его отсоединения к концу приводных штанг подсоединяют полиэтиленовую трубу

(целиковую или отдельными секциями), которую затягивают в образовавшуюся скважину обратным ходом штанг.

Необходимо отметить, что основной недостаток двух перечисленных методов протаскивания трубопроводов с помощью пневмопробойников и раскатчиков состоит в том, что в грунте возникают ударные волны, которые могут повредить расположенные в непосредственной близости от восстанавливаемого трубопровода коммуникации или нарушить грунтовый свод вокруг них, что в последствии приводит к различным дефектам, вплоть до разрушения пересекающихся коммуникаций. Для исключения этих явлений должна быть детально изучена геоподоснова и проведено предварительное шурфование, подтверждающее или опровергающее наличие соседствующих коммуникаций на безопасном расстоянии.

На сегодняшний день способы разрушения старых труб из таких материалов как асбестоцемент, чугун, керамика, пластик широко применяются в ряде стран. В последние годы на ряде отечественных и зарубежных объектов реновации проводились работы по разрушению стальных трубопроводов. Для этого использовался разрушающий наконечник, действующий как консервный нож и разрезающий трубопровод на две половины. Средняя скорость передвижения установки с разрушающим наконечником составляет порядка 80 м/ч. Некоторое снижение скорости наблюдается лишь при прохождении наконечника через резьбовые соединения труб.

Бестраншейная замена старых трубопроводов на новые может производиться и без их разрушения: схема протаскивания нового полимерного трубопровода в старый представлена на рис. 2.3.



Рис. 2.3 Восстановление участка ветхой водопроводной сети без разрушения с помощью полимерных труб.

В данном случае используется новый полимерный трубопровод, сматываемый с бухты (бухты, барабана) и протягиваемый с помощью пневмолебёдки и троса через футляр и колодец в ветхий участок водопроводной сети. Учитывая предрасположенность полиэтиленовых труб к порезам случайными твердыми включениями в канале при протягивании, для снижения до минимума возможности повреждения наружной поверхности трубопровода могут применяться специальные короткие пластмассовые сегменты и рейки, которые надеваются на протягиваемый трубопровод через определенный интервал (рис. 2.4).

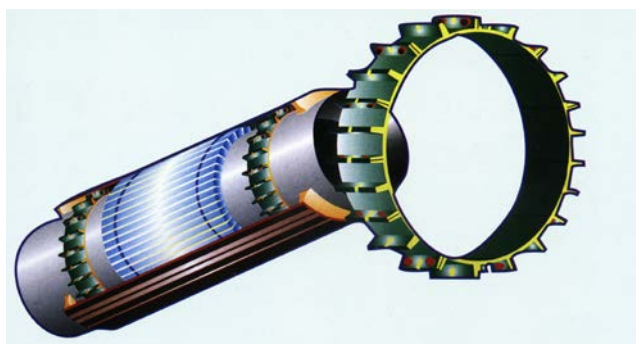


Рис. 2.4 Пластмассовые сегменты и рейки отечественной фирмы ОАО «Метафракс» для защиты трубопроводов при протягивании.

Другими способами защиты полиэтиленовых труб от пореза наружной поверхности служат: нанесение в заводских условиях утолщенной внешней оболочки, чтобы возможные повреждения затронули только ее; использование полиэтиленовых труб со стойкой к механическим повреждениям наружной полипропиленовой оболочкой.

В ряде городов России при восстановлении водоотводящей сети без разрушения и с разрушением широко используют короткие трубные полимерные модули. При этом особое внимание при их использовании для бестраншейного восстановления уделяется конструкциям соединительных узлов. Например, соединение труб из поливинилхлорида (ПВХ) выполняется на раструбках с уплотнением резиновыми кольцами, а также склеиванием. Клеевые соединения имеют продолжительную по времени технологическую паузу (время между окончанием процесса и допустимостью приложения монтажных нагрузок для обеспечения соответствующей прочности): от 0,5 часа (при искусственном прогреве клеевого стыка) до суток (при формировании клеевого шва в естественных условиях без подогрева).

Основным способом соединения труб из полиолефинов является контактная сварка встык. Для получения качественного соединения также требуется продолжительная технологическая пауза (20 минут). На рис. 2.5 показана установка для сварки труб диаметром 900 мм в плетъ в полевых условиях.



Рис. 2.5. Фрагмент подготовки полимерных труб для сварки.

Соединения, для которых не требуется технологической паузы, являются раструбные с резиновыми уплотнительными кольцами. Однако существенным недостатком таких соединений являются их внешние размеры. При затягивании нового трубопровода в полость, образованную при разрушении стенок заменяемого трубопровода, требуется мощное оборудование (например, пневмоударные машины), так как используется больший по габаритам и мощности расширитель. Кроме того, наличие на поверхности нового трубопровода раструбных выступов, соразмерных по своей величине с осколками разрушенных труб (например, острых керамических), может способствовать их захвату и неконтролируемому волочению вдоль поверхности пластмассовых труб. Это негативное обстоятельство может привести к появлению порезов на поверхности трубы. Такие дефекты для безнапорных трубопроводов не так опасны, как для напорных. Тем не менее, при расположении глубоких продольных порезов вблизи шельг пластмассовых труб может произойти их овализация под действием грунтовых и транспортных нагрузок. Последнее обстоятельство способно привести к преждевременному выходу трубопровода из строя.

Для бестраншейной сборки труб из полимерных материалов используются замковые и резьбовые соединения. Они также как и раструбные не требуют времени на технологическую паузу. При этом резьбовые соединения могут быть различными как по сечению (треугольные, прямоугольные, трапециевидные, округленные), так и по размерным характеристикам составных элементов резьбы и соединения в целом (высота, длина и шаг, количество витков, наличие сбег и заходной части и место ее расположения).

Основными достоинствами описанных методов восстановления путём протаскивания труб является достаточно высокая их производительность при относительной простоте опе-

раций. Однако недостатком метода протаскивания без разрушения ветхого трубопровода является уменьшение его внутреннего диаметра после ремонта.

Необходимо отметить, что в случае выбора в качестве метода бестраншейной реновации сетей протягивания и закрепления в предварительно разрушаемом трубопроводе полимерных оболочек или труб возникает необходимость тщательной диагностики состояния и структуры грунта вокруг ремонтного участка сети.

Протаскивание деформированных полимерных труб и защитных оболочек внутрь ремонтируемого трубопровода. При нанесении на внутреннюю поверхность трубопровода оболочек в виде деформированных (профилированных, сплюснутых) полимерных труб наряду с обеспечением герметичности стенок достигается их высокая сопротивляемость динамическим нагрузкам. Введение в трубопровод и закрепление в нём защитной оболочки может достигаться двумя путями.

Первый производится путём протаскивания бесшовного полимерного материала, например, пластиковой профилированной трубы, поперечное сечение которой имеет U-образную форму, на всю длину ремонтного участка между двумя колодцами с последующим прижатием её к внутренней стенке путём подачи под давлением теплоносителя (например, водяного пара, горячей воды), в том числе, для принятия покрытием круглой формы (рис. 2.6). Данная технология разработана фирмой Preussag и названа Слиплайнинг.

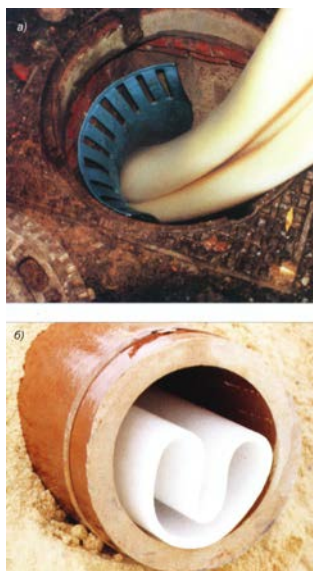


Рис. 2.6 Фрагмент ввода профилированной трубы в колодец (а) и расположения в трубопроводе (б).

С помощью этой технологии и её модификаций восстановлено свыше 800 км трубопроводов в разных странах мира. Преимущество технологии состоит в том, что реновации осуществляется тонкими полиэтиленовыми трубами, которые позволяют восстановить сети практически без уменьшения живого сечения трубопроводов.

Второй путь заключается во введении в старый трубопровод предварительно сжатого по всему сечению (деформированного) нового полимерного трубопровода, имеющего «термическую память» принятия первоначальной формы с течением времени (технология Свейдж лайнинг). Ремонт по данному методу выполняется путем сварки секций полиэтиленовых труб друг с другом и протяжки их через пуансон (специальную сужающую матрицу с меньшим диаметром, чем диаметр полимерной трубы), после чего плетть вводят в старую трубу с помощью троса и лебёдки установленной в следующем по ходу движения трубы колодце (рис. 2.7).

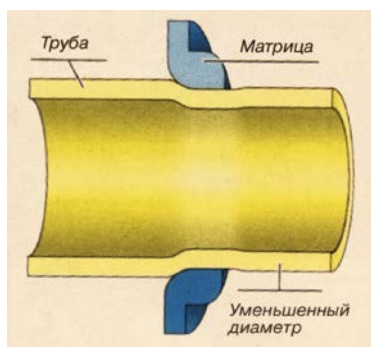


Рис. 2.7. Фрагмент пропуска полимерной трубы через матрицу для временного уменьшения диаметра.

Со временем сжатая труба распрямляется до естественного состояния и прилегает к внутренней поверхности восстанавливаемого трубопровода (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Новая полиэтиленовая труба в старом трубопроводе после принятия первоначальной формы.

Полимерная труба расширяется до тех пор, пока её внешний диаметр не достигнет размера внутреннего диаметра старого трубопровода и не образует с его стенкой плотного соединения. При этом отпадает необходимость в применении цементного раствора или специальных отвердителей.

Протаскивание сплошных защитных покрытий из различных полимерных материалов. На санируемые трубопроводы систем водоснабжения и водоотведения могут наноситься защитные внутренние покрытия (оболочки, мембраны, рукава), которые наряду с обеспечением полной герметичности стенок обеспечивают их высокую сопротивляемость динамическим нагрузкам.

Введение в трубопровод и закрепление в нём оболочек может достигаться либо путём протаскивания бесшовного покрытия на всю длину ремонтного участка между двумя колодцами с последующим прижатием её специальным грузом в форме баллона и подачей под давлением горячего воздуха или водяного пара (рис. 2.9), либо постепенным введением на ремонтный участок скрученной в рулон оболочки в виде чулка (лайнера) с прижатием её к стенке давлением жидкости (рис. 2.10). Ввод оболочки в трубопровод осуществляется через открытый люк колодца.

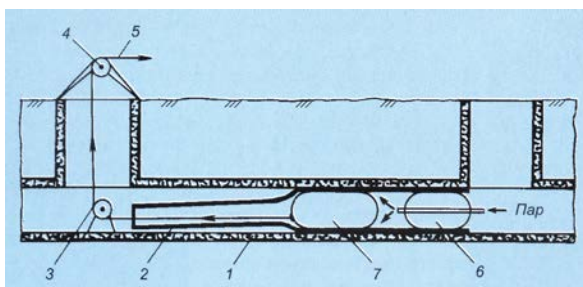


Рис. 2.9. Схема нанесения внутреннего защитного покрытия из гибких пластиковых материалов.

1- восстанавливаемый участок трубопровода, 2- защитное покрытие, 3- направляющий ролик, 4-лебедка, 5-трос, 6-емкость с горячим воздухом (паром), 7-специальный груз.

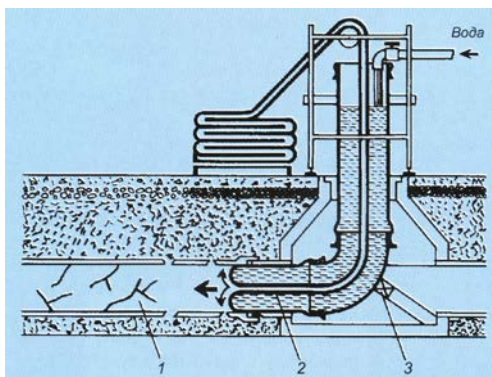


Рис. 2.10 Схема нанесения внутреннего защитного покрытия по технологии фирмы Entrepouse.

1- восстанавливаемый трубопровод 2- защитное покрытие в виде выворачивающегося наружу чулка, 3- направляющие ролики.

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. Данный метод широко используется рядом западно-европейских фирм, в частности: Coca, Entrepouse T. P., Le Joint Interne и т.д.

Особого внимания с технической точки зрения заслуживает технология нанесения сплошных полимерных рукавов Феникс (Phoenix), который является одним из эффективных способов восстановления внутренней поверхности изношенных трубопроводов систем водоснабжения и газоснабжения.

Использование гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой. Метод восстановления водоотводящих сетей основан на применении полимерной облицовки из элементов продольного сечения, образующих при скреплении друг с другом внутреннюю защитную оболочку трубопровода. Метод разработан германской фирмой Trolining.

Технология нанесения защитного покрытия состоит в протягивании из колодца через дефектный участок трубопровода гибких и высокопрочных полиэтиленовых заготовок, соединяемых внутри трубопровода с помощью экструзионной сварки. Для плотной фиксации облицовки к внутренней поверхности трубопровода в кольцевую полость между стенкой трубы и облицовкой инъецируется цементирующий материал, а в трубопровод нагнетается вода, которая распрямляет облицовку и прижимает её к стенкам.

Система внутренних гибких сегментов Trolining позволяет применять различные типы секций (рис. 2.11), отличающиеся друг от друга структурой поверхности (однослойной, многослойной и комбинированной с защитными слоями).

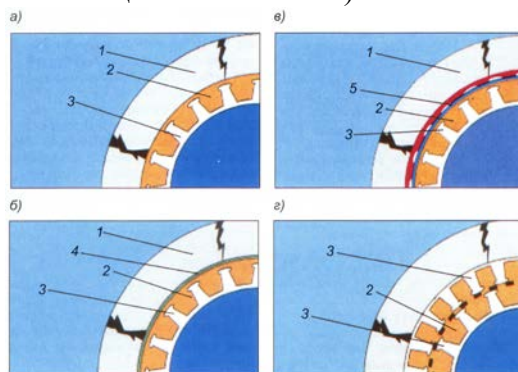


Рис. 2.11. Схема установки листовых полимерных зубчатых секций по технологии Trolining.

а). базисная система установки (с одной зубчатой секцией и заполнением пустот между внутренней поверхностью трубы и зубчатыми элементами), б) то же с использованием промежуточного защитного слоя, в). то же с использованием дополнительного упругого элемента вокруг зубчатой секции г). система установки с двумя зубчатыми секциями:

1- повреждённая труба, 2- инжектор фирмы Trolining, 3- зубчатая секция, 4-защитный слой, 5 – упругий элемент.

Использование гибкого комбинированного рукава (чулка). Сущность метода восстановления состоит в образовании внутри ремонтного участка трубопровода новой композитной тонкостенной трубы, обладающей достаточной самостоятельной несущей способностью при минимальном снижении диаметра действующего трубопровода.

Для реализации метода внутрь ветхого трубопровода через смотровые колодцы пропускают комбинированный рукав, представляющий собой пропитанный термореактивным связующим армирующий материал (стеклоткань, синтетический войлок). Затем во внутреннюю герметичную оболочку комбинированного рукава под давлением подаётся теплоноситель (пар, горячая вода), который расправляет рукав, прижимает его к внутренней поверхности трубопровода и полимеризует связующее, образуя новую композитную трубу.

Выворот и продвижение комбинированного рукава в трубопроводе можно осуществлять при помощи гибкого элемента (троса), давлением жидкой или газовой среды, а также совместным использованием обоих способов.

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

Использование рулонной навивки (бесконечной профильной ленты) на внутреннюю поверхность старого трубопровода. Для реновации безнапорных водоотводящих трубопроводов могут применяться методы Ribloc и Expanda-Pipe. Они позволяют облицовывать внутреннюю поверхность трубопроводов поливинилхлоридной лентой. Для этого в колодце устанавливается специальный станок, осуществляющий несколько функций: нанесение (навивку) бесконечной ленты по внутреннему диаметру трубопровода, её крепление, заливку клеящей смолы, проталкивание образовавшегося каркаса из ПВХ внутрь ремонтного участка трубопровода, расширение каркаса для его фиксации на восстанавливаемом сооружении (рис. 2.12). После процесса наматывания оставшееся кольцевое пространство между восстанавливаемой трубой и новым каркасом заполняется специальным раствором и уплотняется трамбовкой для повышения статической прочности.



Рис. 2.12. Фрагмент нанесения ленточного защитного покрытия по технологии Ribloc из колодца.

По другой технологии, в частности Panel Lok, разработанной фирмой Camit Ltd (Австралия), для наматывания применяется специальная профилированная лента из ПВХ, которая имеет снаружи Т – образные рифления. Рифления увеличивают структурную поверхность и обеспечивают механическое сцепление с цементным раствором, инъектируемым между обделкой и стенкой восстанавливаемого трубопровода. Профилированную ленту можно применять для круглых, овальных и прямоугольных сечений трубопроводов диаметром от 900 мм, обладающих достаточной несущей способностью.

Отдельные модификации метода рулонной навивки являются на сегодняшний день единственными, при которых может не прекращаться функционирование трубопровода.

Точечные (местные) защитные покрытия. Данный тип покрытий характерен для ликвидации одиночных (точечных) сквозных, в том числе, периферийных трещин, вызванных подвижкой грунта (например, при проведении вблизи трасс земляных работ, воздействием на трубопроводы сверхнормативных нагрузок от дорожного движения, землетрясений и т.д.), а также местной коррозией стенок трубопроводов.

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 приводят к преждевременному выходу трубопровода из строя. Данные статистики показывают, что такого рода повреждения составляют порядка 10 % длины трубопровода.

Покрытия для местного ремонта могут поставляться в виде: жидких растворов, твердеющих после операций нанесения на повреждённые поверхности; растворов полужидкой консистенции; волокнистых материалов с пропиткой смолами (полиэфирными, эпоксидными и полиуретановыми); профильных резиновых уплотнителей; гильз из нержавеющей стали; эластичных рукавных заготовок; трубчатых вкладышей и т.д.

Перед реализации любого из перечисленных выше методов ремонта действующих сетей и сооружений водоснабжения или водоотведения необходима прокладка временных наружных обводных трубопроводов. Например, в случаях восстановления водопроводных сетей обводные трубопроводы должны обеспечивать на период ремонта подачу потребителю хозяйственно-питьевой воды в требуемом количестве и соответствующего качества. Кроме того, обводные трубопроводы должны удовлетворять определённым требованиям, изложенным в технических условиях на производство ремонтных работ, а именно: должны быстро монтироваться и демонтироваться и обеспечивать соответствующие санитарно-гигиенические показатели транспортируемой воды. Поскольку эти трубопроводы прокладываются снаружи вдоль тротуарных бортовых камней, они должны выдерживать удары шин транспортных средств, а также быть рассчитаны на восприятие полного гидродинамического давления воды. Весьма важным обстоятельством является адаптация обводных трубопроводов к стандартным фитингам, контрольно-регулирующей и запорной арматуре.

В заключение необходимо отметить, что при многих положительных сторонах современных технологий бестраншейного восстановления трубопроводов, нельзя допускать “эйфории санации”, которая может быть следствием субъективных и не полностью оправданных решений, необоснованных критериев или велением моды на бестраншейные технологии. Абсолютный приоритет применению бестраншейных технологий ремонта может быть отдан только в тех случаях, когда требующие ремонта инженерные коммуникации располагаются ниже других городских подземных сооружений и раскопки их связаны со значительными трудностями. Например, в Гонконге, некоторые водоотводящие коллектора проложены ниже линий метрополитена. Данное обстоятельство однозначно отдаёт предпочтение бестраншейным методам в случае необходимости ремонта или замены сетей.

2.1.2 Инспекционный и диагностический контроль состояния водопроводных и водоотводящих сетей современными техническими средствами.

Ремонтно-восстановительные работы на трубопроводах независимо от применяемого метода в обязательном порядке должны предваряться комплексному диагностическому инспекционному контролю. Проведение данных работ является неотъемлемой составной частью бестраншейных технологий восстановления и реконструкции подземных трубопроводов.

В настоящее время диагностический контроль состояния потенциальных ремонтных участков трубопроводов производится телевизионными роботами.

Телевизионные роботы или системы для телеинспекции коммунальных трубопроводов впервые появились в Европе в середине 50-х годов XX века. В 80-е годы практически во всех развитых в промышленном отношении странах прошёл бум внедрения робототехники в отраслях, обслуживающих городские подземные трубопроводы. С начала 90-х годов началось активное использование телероботов в нескольких крупных городах России. При этом необходимо заметить, что современные системы диагностики являются дорогостоящими как для приобретения, так и аренды, и регулярно применяются коммунальными службами только крупнейших городов. Наиболее продуктивно теледиагностические обследования проводятся в водоканалах Москвы и Санкт-Петербурга, где осуществляется не только выборочная инспекция определённых типов трубопроводов и аварийных участков, но и плановый мониторинг действующих водопроводных и водоотводящих сетей, а также обязательный телеконтроль трубопроводов после строительства или ремонта. Кроме того, необходимо констатировать, что выборочная инспекция позволяет оценить состояние разветвлённых и протяжённых сетей по определённым площадям и прогнозировать изменение этого состояния. Достижимая при этом точность достаточна для выработки стратегии реновации подземных инженерных коммуникаций.

Современные телевизионные роботы могут совмещать функции диагностики технического состояния трубопроводов и локального (местного) ремонта отдельных его участков. В этом случае они называются ремонтными роботами.

На сегодняшний день принята следующая классификация телеинспекционных роботов:

- ✓ переносные проталкиваемые телекамеры с чёрно-белым или цветным монитором, углом бокового обзора 63 град. с возможностью фокусировки изображения; они предназначены для оперативной диагностики технического состояния труб диаметром от 40 до 300 мм на расстояние до 100 м;
- ✓ дистанционно-управляемые телекамеры с цветным монитором, углом бокового обзора 75 град. с возможностью фокусировки изображения; они предназначены для диагностики технического состояния труб диаметром от 100 до 1200 мм на расстояние до 1000 м; снабжаются разъёмом для подключения персонального компьютера;
- ✓ дистанционно-управляемые телекамеры с сателлитами, т.е. дополнительными телекамерами; система предназначена для одновременного проведения инспекции основного трубопровода и примыкающих к нему по ходу движения ответвлений диаметром 100-200 мм и длиной от 25 до 50 м.
- ✓ специализированные телекамеры (беспроводные и глубинные для скважин).

Ремонтные роботы применяются для местного ремонта участков подземных трубопроводов диаметром от 150 до 800 мм. Они комплектуются специальным оборудованием (например, фрезерной, заделочной и бандажной головками) и цветной кинокамерой с углом бокового обзора 75 град и возможностью фокусировки. За рубежом широко распространены специальные ремонтные роботы для прокладки оптико-волоконных кабелей в свободном пространстве водоотводящих коллекторов.

Телевизионные роботы представляют собой перемещающиеся внутри трубопровода транспортные модули на колёсном, гусеничном ходу, салазках или плавающие.

На рис. 2.13 представлены отечественные робототехнические комплексы НПО «ТАРИС», предназначенные для телеинспекции водопроводных, водоотводящих и водосточных сетей диаметром от 90 до 1500 мм и различных условий их эксплуатации.

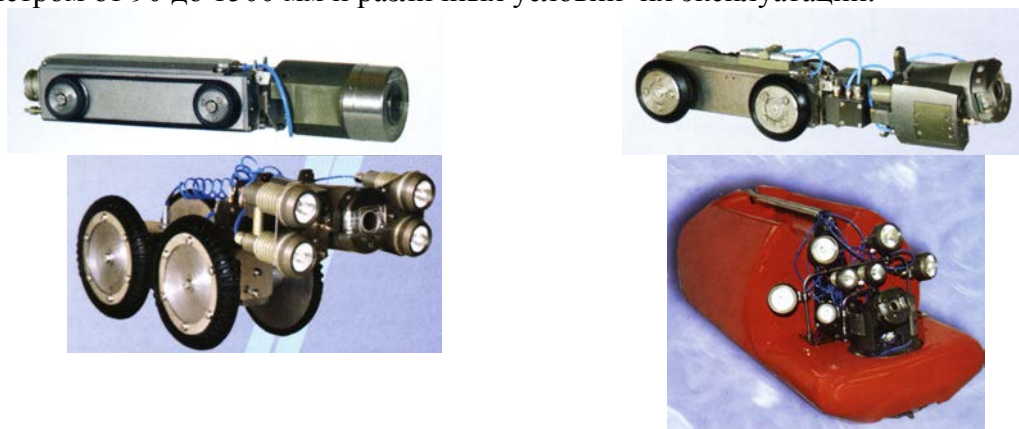


Рис. 2.13 Телероботы НПО «ТАРИС»

а). переносной робот Р-100 для трубопроводов диаметром 90 мм на гусеничном ходу, б). телеробот для трубопроводов диаметром 150- 300 мм на колёсном ходу, в). робот Р-200 для трубопроводов диаметром 150-1500 мм, г). плавающий модуль W-400 для частично заполненных трубопроводов

На рис. 2.14 представлен переносной телеробот с основной поворотной и дополнительной компактной телекамерами для обследования примыкающих трубопроводов на расстоянии до 50 м от места врезки.



Рис. 2.14. Телеробот компании CUES (США)

Телероботы управляются по кабелю длиной до 200 м. Аппаратура управления и пост оператора находятся в специальном микроавтобусе (рис. 2.15). Здесь же располагаются кабельный барабан, подъёмники, устройства очистки и связи, генератор, бортовой компьютер, видеосистема и прочее оборудование.



Рис. 2.15 Многофункциональный телевизионный комплекс Р-200 на автомобиле.

Телероботы полностью герметичны и способны работать в частично заполненных водой трубопроводах, что даёт им преимущества перед другими средствами диагностики. Роботы Р-100 и Р-200 заполнены изнутри сухим азотом для предотвращения конденсации влаги внутри корпусов и на стекле видеокамеры при работе с перепадом температур. Телероботы оборудуют также специальными стеклоочистителями.

Инспекция трубопроводов осуществляется цветной телекамерой с высокой разрешающей способностью и цифровым увеличением изображения, что позволяет получить богатую детализированную информацию о техническом состоянии сети. Телекамера способна обнаружить даже небольшие трещины и течи, засоры и посторонние предметы, определить точное местоположение и характер дефекта, состояние трубопровода вокруг дефекта. Видеосъёмка может производиться круглосуточно и независимо от погодных условий.

Технология съёмки заключается в следующем. Оператор управляет видеосъёмкой из студии, размещённой в автомобиле. На монитор выводится чёткое 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 съёмок и ход камеры (расстояние от исходной точки движения). В местах обнаружения повреждений (дефектов) внутренней поверхности оператор останавливает камеру и подробно осматривает место путём поворота объектива. Комментарий оператора вместе с изображением должен записываться на видеоплётку. Видеокассета передаётся заказчику по окончании работ и хранится в его видеоархиве. По результатам видео-осмотра должен составляться письменный отчёт, в котором представляется полное описание нарушений стыковых соединений, ответвлений и всех дефектов внутренней поверхности: трещин, прогибов, изломов, деформаций, заусениц, зазубрин и т.д. В заключительной части отчёта должны помещаться 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.).

Условия применения телеконтроля для водопроводных, водоотводящих и водосточных сетей следующие:

- ✓ в трубах любого материала диаметром 90-150 мм с помощью неповоротной и несамоходной (протягиваемой на тросе или проталкиваемой фибергласовым стержнем) телеустановки;
- ✓ в трубах диаметром 100-250 мм при помощи самоходного колёсного робота неповоротной широкоугольной телекамерой;
- ✓ в трубах большого диаметра (до 1500 мм) с помощью самоходных роботов с поворотной телекамерой, устанавливаемой при помощи пантографического механизма по центру трубы.

В каждом из перечисленных вариантов используется цветная телекамера с разрешением порядка 330-470 линий.

В МГУП «Мосводоканал» с 1996 году эффективно используются робототехнические комплексы, которые позволяют выполнять как телеинспекцию, так и фрезерно-подрезные и заделочные работы внутри трубопроводов. Непосредственным производителем работ при помощи телероботов является цех Диагностики и контроля аварийного управления «Мосводопровод», в обязанности которого входит также работа по установке бандажей для опера-

тивного устранения свищей и трещин. Используемая технология бандажирования включает следующие этапы:

- ✓ аварийный участок трубопровода перекрывается, из него удаляется вода и в удобном месте на расстоянии не более 100 м от предполагаемого дефекта делается лаз для помещения в трубу робота; последний, перемещаясь по трубе, передаёт оператору подробную информацию о состоянии трубопровода и осуществляет поиск дефекта;
- ✓ повреждённый участок зачищается до металлического блеска с помощью фрезерной головки и металлической щётки; герметичность робота позволяет использовать его даже в частично заполненной водой трубе;
- ✓ фрезерная головка робота заменяется пакером соответствующего диаметра, на котором устанавливается бандаж, представляющий собой сложенный кольцом лист нержавеющей стали со специальным замковым устройством; снаружи на лист накладывается прочная ткань, пропитанная полимерным составом, который должен быть сертифицирован санитарно эпидемиологической службой (СЭС) для контакта с питьевой водой;
- ✓ робот с пакером подводится к месту ремонта и в пневмобаллон подаётся сжатый воздух от компрессора; бандажная головка расширяется до размеров трубы и благодаря замковому устройству бандаж плотно фиксируется на внутренней поверхности трубы; пневмобаллон освобождается от воздуха и принимает первоначальный размер.

На рис. 2.16 схематично представлены операции по бандажированию (слева) и удалению выступающего предмета (справа) на трубопроводе с помощью ремонтного робота.

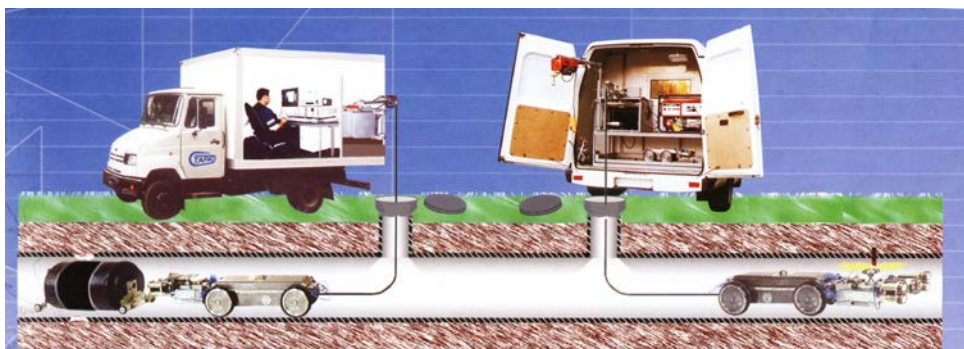


Рис. 2.16 Фрагмент выполнения заделочных (слева) и фрезерных (справа) работ роботами.

Продолжительность бандажирования составляет порядка 10 - 30 минут и определяется расстоянием от места введения робота в трубопровод (т.е. колодца или специального лаза) до дефекта на трубопроводе. В технологии бандажирования используется процесс полимеризации без дополнительной температурной обработки, который продолжается несколько часов. По истечению суток трубопровод может быть принят в эксплуатацию (после традиционной санитарной обработки).

Для решения задачи измерения толщины стенки трубопровода применяются фрезерные телероботы НПО «ТАРИС» марки С-200 D, которые оснащены контактным ультразвуковым датчиком (рис. 2.17). Определение степени износа стенок стальных, чугунных и других трубопроводов диаметром от 200 до 600 мм, а также поиска каверн на наружной и внутренней стенках труб производится путём выдвижения датчика-толщиномера до плотного контакта со стенкой трубы. Привод ротации робота позволяет производить измерение в любой точке по окружности трубы. При наличии на внутренней стенке трубопровода отложений (ржавчины, биообрастаний и т.д.) производится предварительная чистка места измерения при помощи фрезерной головки.

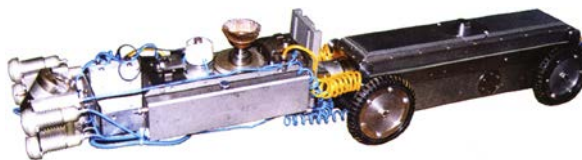


Рис. 2.17. Диагностический робот С-200 D

С помощью робототехнических комплексов Рокот-1 НПО «ТАРИС» МГУП «Мосводоканал» в 1999-2003 году ликвидированы свищи в трубопроводах диаметром 300 мм под Боровским и Каширским шоссе, в трубопроводах диаметром 400 мм, расположенных в районе Ленинского проспекта, Профсоюзной улицы и на других объектах. Работы по бандажированию исключили трудоёмкий и дорогостоящий ремонт открытым способом с вскрытием дорожного полотна и приостановкой движения транспорта. Анализ, проведённый в МГУП «Мосводоканал», показал, что расходы на проведения аварийных работ с помощью ремонтных робототехнических комплексов НПО «ТАРИС» Рокот-1 соответственно на 10 и 70 % меньше по сравнению с расходами на раскопку котлована в 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 растрескиваний соединений трубопроводов.

В последние годы в области телеинспекции западно-европейскими и американскими фирмами предложено ряд интересных новинок. В их числе вращающиеся и панорамные камеры цветного изображения - SlimLine Pan (Великобритания) с системой транспортировки и слежения на гусеничном ходу, Telespec (Великобритания) на колёсном ходу со встроенной системой освещения и возможностью наезда. Сюда можно отнести также микрокамеры HV 25 (Франция) для осмотра трубопроводов малого диаметра с резкими изгибами и затруднённым доступом для исследования трубопроводов диаметром 30-150 мм на расстоянии до 50 м. Подобные системы производятся также американской фирмой Uemsi, английской Telespec и другими. В частности, малогабаритные камеры Predator американской фирмы Uemsi для труб диаметром 75 мм имеют возможность преодолевать изгибы (повороты) трубопровода до 90 градусов, а минителекамеры серии Shaser позволяют производить инспектирование трубопроводов диаметром 50 мм и более (рис. 2.18).

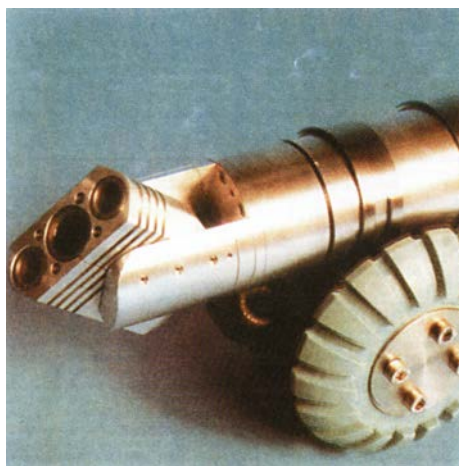


Рис. 2.18. Мини камера Chaser фирмы UEMSI

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 протяжённостью не менее 50 мм. При разработке таких диагностических комплексов основной задачей являлось создание устройства, аналогичного по функциям снарядам-

дефектоскопам, используемым в магистральных нефте-газопроводах, однако способного в отличие от снарядов работать в трубопроводах с неравномерным внутренним проходным сечением и без специальных камер запуска.

В последнее 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 дефекты труб и отбирающих пробы воды и твердых отложений на анализ непосредственно из интересующих исследователей мест на внутренней поверхности трубопровода.

За рубежом (в частности, 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 (рис. 2.19). Данные по диагностике 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.



Рис. 2.19. Профилирующий инструмент DKM 150 фирмы Optimes

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.

В настоящее время систематизация и анализ повреждений на водопроводных и водоотводящих сетях становится неотъемлемой составной частью работы служб эксплуатации, помогающей принять оптимальные решения о необходимости прочистки сетей, выборе метода восстановления или реконструкции действующих трубопроводов.

В последнее десятилетие в МГУП «Мосводоканал» проводится постоянный мониторинг состояния подземных трубопроводов с фиксацией дефектов трубопроводов и составления кадастра повреждений. Наиболее богатая информация о техническом состоянии трубопроводов собрана в видеоархивах Производственного эксплуатационного управления канализационных сетей (ПЭУКС) МГУП «Мосводоканал».

Детальный анализ получаемых видеоматериалов позволяет специалистам с большей точностью и наименьшими материальными и денежными затратами предлагать соответствующий метод реновации безнапорных водоотводящих сетей. Однако для принятия окончательного решения наряду с телевизионным диагностическим контролем важную роль играет измерение уклона обследуемого на предмет реновации участка трубопровода, характера и агрессивности грунта и подземных вод вблизи трубопровода, а также состояние материала трубопровода, т.е. степень его старения.

Уклон может быть зарегистрирован с помощью гидростатического клинометра. Например, фирмой Aarsleff Pipe Technologies (Дания) для данных целей используется

клинометр Consoil, состоящий из регистратора, катушки, зонда со встроенным передатчиком и наполненного жидкостью шланга. Шланг протягивается на всю длину трубопровода, а к концу шланга подсоединяется зонд со встроенным передатчиком. Последний указывает глубину, на которой находится зонд по отношению к определённой нулевой точке на приборе-регистраторе. После считывания значений глубины на каждом метре участка реабилитируемого трубопровода зонд извлекается. Реальный уклон трубопровода можно зарегистрировать с точностью в 1 см. Измерение уклона с помощью устройства Consoil позволяет выявить причину и степень возможной блокировки в процессе восстановления при реализации какого-либо метода бестраншейной реконструкции трубопроводов.

Для выявления степени плотности и однородности (гомогенности) грунта вблизи ветхого трубопровода могут применяться радиоактивные (например, гамма-излучение) или импульсные (например, электромагнитный радиосигнал) методы.

Радиоактивные методы анализа структуры грунта предполагают использование источника нейтронного или гамма-излучения, а также детектора, регистрирующего потери излучаемой энергии. Для этого могут использоваться измерительные гамма-зонды и нейтрон-гамма-зонды, которые вводятся в трубопроводы и размещаются на передвижном лафете у внутренних стенок. Перемещение измерительных зондов по трубопроводу для непрерывного комплексного анализа грунта по трассе осуществляется с помощью лебёдки и троса, который крепится к лафету.

Импульсный метод анализа структуры грунта предусматривает использование георадаров с антеннами. Преимущество метода заключается в том, что антенна не должна находиться внутри трубопровода в непосредственном контакте с его стенкой. Это позволяет производить анализ состояния грунта с поверхности земли над трассой. Импульсная эхолотация позволяет обнаружить препятствия как большого, так и малого размера.

Радиоактивный и импульсный методы позволяют произвести картирование участка местности и трубопровода, т.е. получить исчерпывающую информацию не только об условиях залегания в грунте подлежащих обновлению водоотводящих трубопроводов, но и об их техническом состоянии (в частности, степени износа стенок). При использовании данных методов значительно сокращается риск встречи с неопознанным ранее препятствием, которое способно вывести из работы устройства для разрушения трубопровода в период его бестраншейной реновации, например при протаскивании новых полимерных покрытий.

Необходимо отметить некоторую специфику проведения диагностических исследований по отбору проб грунта и материала трубопровода в отрываемой траншее. Пробы грунта (в количестве не менее 1 кг) отбираются вблизи трубопровода в трёх местах: над трубой, под трубой и рядом с ней. При этом допускается относительная свобода действий по отбору материала, т.е. без строгого соблюдения послойной стратификации. Отобранные пробы грунта перед отправкой в лабораторию помещаются в специальные прочные пластиковые пакеты, исключающие попадание в них атмосферного воздуха во избежание обезвоживания. В случае присутствия в открытой траншее грунтовых вод производится их отбор с последующим анализом в специализированной лаборатории.

Забор и выемка для анализа материала трубопровода в виде образца определённой длины осуществляется со стороны верхней образующей трубы путём поперечного распила стенки на всю толщину. Длина образца не должна быть более 50 см, чтобы не создавать трудностей для последующей эксплуатации сети. Перед отправкой в лабораторию образец помещается в полиэтиленовую упаковку для поддержания естественной влажности наружного и внутреннего налётов. При этом не должна производиться очистка образца от налипшего грунта, слой которого порядка 2-3 см желательно сохранить для лабораторных исследований. В сопровождаемой анкете указывается первоначальный цвет внешней поверхности образца трубопровода, так как со временем он может измениться. При отборе проб также производится фотографирование места участка трубы в открытой траншее, где произведены забор грунта, воды и образца трубопровода.

Детальный анализ отобранных проб грунта вдоль трассы и подземной воды проводится на предмет их коррозионной активности по отношению к материалу трубопровода. В пробах воды определяется pH, общее солесодержание, электропроводимость, концентрация хлоридов и сульфатов. Пробы грунта, находящегося в непосредственной близости от трубопровода, могут представлять различные смеси из частиц растительного слоя, местного грунта, камней, субпродуктов промышленной переработки твёрдых отходов и т.д. По результатам анализа на основании действующих технических норм устанавливается потенциальная опасность грунтов и подземных вод при их возможном контакте с соответствующими металлическими подземными инженерными сооружениями, к которым относятся стальные и чугунные трубы. Анализ грунтов, в частности, состоит в описании составляющих элементов, определения плотности, пористости, влажности, сопротивляемости нагрузкам, оценки запаса кислотности или щёлочности. По результатам экспериментов грунтам присваивается соответствующая классификация по риску воздействия на подземные инженерные металлические объекты. Важным элементом исследований образцов трубопроводов является определение окраски их наружной поверхности, которая на протяжении всего срока эксплуатации сетей контактирует с грунтом и подземными водами. Степень окраски может служить своеобразным индикатором типа коррозии как в нейтральной аэрируемой среде, так и в анаэробных условиях.

В период длительной эксплуатации подземного трубопровода на его внешней поверхности происходят различные химические реакции, приводящие к разрушению защитного покрытия, образованию наростов в виде уплотнённых бугорков гидроксида железа и сернистого железа. На внутренней поверхности образуются очаги коррозии, что приводит к постепенному зарастанию живого сечения трубопровода и снижению его пропускной способности. Поэтому целью лабораторных анализов является определение степени их скученности, глубины проникновения очагов ржавчины в стенку трубы как с наружной, так и с внутренней стороны.

В лабораторных условиях проводятся химические и металлографические анализы обеих поверхностей доставляемых образцов. Они подвергаются микроскопическим исследованиям и микрозондированию для изучения динамики изменения структуры материала трубопровода во времени, в частности, для чугунных труб изменение чешуйчатой структуры графита и степени ковкости. При этом выявляется приоритетность факторов, которые воздействуют снаружи и изнутри. Такая информация позволяет оценить остаточный срок эксплуатации трубопровода и методы, позволяющие продлить срок его жизни. Для этого образцы подвергаются распилу в продольном направлении с последующей пескоструйной обработкой и фотографированием. В результате экспериментов определяется глубина проникновения очагов коррозии и её характер (например, мелкий, глубокий, широкий кратер и т.д.).

Конечным результатом исследований по диагностике трубопроводов выполненных из различных материалов является заключение о влиянии временного и других факторов на старение трубопровода, надёжности его последующей работы, а также составление прогноза использования старого трубопровода с рекомендациями по его восстановлению, в том числе бестраншейными методами.

2.1.4. Прочистка трубопроводов перед операциями восстановления.

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 методы чистки трубопроводов:

водяной или гидромеханический; условия применения: для труб диаметром 100 мм и менее при наличии неуплотнённых бугристых наносов,

- ✓ водо-воздушный; условия применения: для трубопроводов диаметром 150 - 200 мм при наличии неуплотнённых бугристых наносов и длиной гидропрочистка с исполь-

зованием высоконапорных устройств с вращательными головками; условия применения: для трубопроводов диаметром до 300 мм и длиной обрабатываемого участка за один цикл (проход) до 1000 м, а также для очистки водоотводящих трубопроводов диаметром до 750 мм от корней деревьев и кустарников,

- ✓ с использованием цилиндрических поршневых скребков из полиуретана, покрытого ворсистым металлическим патроном; условия применения: для диаметров трубопроводов 80-150мм,
- ✓ с использованием стержневых устройств или спиралевидных скребков; условия применения: для трубопроводов диаметром 100 мм и менее при плотных наростах накипи и ржавчины,
- ✓ гидравлический на основе использования реактивных головок или гидрокавитационных сопел; условия применения: для любого диаметра трубы с достижением зеркального блеска и с одновременным нанесением антикоррозийного защитного покрытия,
- ✓ электрогидроимпульсный, реализуемый путём создания высоковольтного разряда в жидкости, при котором образуется ударная волна, разрушающая отложения на внутренней поверхности трубопроводов; условия применения: для трубопроводов диаметром до 400 мм и длиной до 300 м,
- ✓ гидрохимическая промывка для удаления железистых и карбонатных отложений на основе специально приготовленных растворов (разработана в АКХ им. П.Д. Памфилова),
- ✓ прочистка с помощью пенных гербицидов, нагнетаемых в опорожнённый водоотводящий трубопровод; метод используется для удаления корней деревьев и кустарников; при контакте гербицида с корнями, проникшими в полость трубы, происходит их омертвление (по завершению процесса пена вместе с отмершими корнями выводится из трубы с помощью прочистного снаряда).

Технология прочистки трубопроводов по некоторым из указанных выше методов достаточно полно изложена в технической литературе.

Необходимо отметить, что, несмотря на большое разнообразие отмеченных выше способов прочистки и средств их реализации, выбор наиболее оптимального и эффективного для конкретного объекта представляет сложную задачу, так как при выборе способа должны учитываться возраст трубопровода, возможности минимизации работ по демонтажу той или иной арматуры на сети, материально-технические возможности организаций и другие. 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 повторной санации трубопровода через определённый промежуток времени.

Основным технологическим способом прочистки водоотводящих трубопроводов на сегодняшний день следует выделить гидродинамическую мойку внутренней поверхности. В результате мойки под давлением струи воды смываемые со стенок труб загрязнения транспортируются потоком до ближайшего смотрового колодца. Из колодцев загрязнения отсасываются с помощью вакуумного оборудования.

Работы по прочистке водоотводящих сетей выполняются различными каналоочистительными машинами. В зависимости от применяемого рабочего оборудования они могут быть разделены на четыре типа:

- ✓ каналопромывочные, включающие ёмкости с водой, насос и рукав высокого давления, комплект реактивных каналопромывочных насадок,
- ✓ илососные, оборудованные цистерной с разгрузочной крышкой, вакуумным насосом и всасывающим рукавом,
- ✓ комбинированные каналоочистительные, включающие каналопромывочное и илососное рабочее оборудование, позволяющее одновременно промывать трубопроводы и всасывать загрязнения из колодца вакуумным способом,

- ✓ комбинированные каналоочистительные с регенерацией, имеющие каналопромывочное и илососное оборудование и оснащённые многоступенчатой системой очистки засасываемой илососным оборудованием пульпы для повторного использования очищенной воды для промывки трубопроводов струями высокого давления.

Отечественной промышленностью освоено производство машин только трёх первых типов, однако с 1995 года в РФ начали эксплуатацию нескольких зарубежных комбинированных машин с регенерацией.

В отечественной практике наибольшее применение нашли илососные машины малой вместимости КО-510, средней вместимости КО – 519, КО – 524 и КО – 507 А и большой вместимости КО – 507 А2 и КО – 530, а также каналопромывочные машины малой вместимости ДКТ-240 (на дизельном шасси ЗИЛ 5301 НС), средней вместимости типа КО- 502Б2 (на шасси ЗИЛ-433362), КО – 514 и КО – 514 М (на двухосном шасси КамАЗ-4925) и большой вместимости КО – 512 и КО – 512 М.

Рабочее оборудование илососных машин включает напорно-всасывающий рукав внутренним диаметром 80-100 мм на стреле-манипуляторе с всасывающим мундштуком в виде стальной трубы. По сроку службы и массе отечественные рукава уступают рукавам ведущих западных фирм, но их сравнительно низкая цена отчасти компенсирует эти недостатки.

Всасывание слежавшихся уплотнённых иловых отложений требует их дополнительного рыхления в зоне всасывания и разбавления водой. Эффективное решение этой проблемы обеспечивает система высоконапорного струйного рыхления отложений с помощью гидравлического пистолета с удлинённым стволом. Такое оборудование установлено на иловых машинах КО-507А2 и КО-530, имеющих дополнительные водяные баки.

Забор загрязнений с больших глубин, превышающих критическую глубину вакуумного всасывания (5-8 м для различных илососных машин), возможен при совместном использовании вакуумного оборудования и эжекторных насосов ДКТ 220, монтируемых на конце всасывающего рукава. При этом илосос должен работать в паре с любой каналопромывочной машиной, подающей воду под высоким давлением в эжекторный насос.

Оборудование каналопромывочных машин включает каналопромывочные насадки (рис. 2.20) и эжекторные насосы.



Рис. 2.20. Классификация и общий вид каналопромывочных насадок

1- «пуля», 2- «граната», 3- «бомба», 4- 2копье», 5- двухрежимная реверсивная насадка с передними и задними струями, 6- двухрежимный насадок с мощной мониторной передней струей, 7 и 8 - трёхрежимные реверсивные насадки для жировых отложений с двадцатью струями, 9- малогабаритная ротационная насадка, 10- насадка с различной направленностью боковых струй, 11- комбинированная ротационная насадка с фрезерной шарошкой и цепью, 12, 13 – соответственно, круглая и плоская насадки, 14- насадка для неровных поверхностей.

Каналопромывочные насадки создают высоконапорные струи для рыхления загрязнений в трубе, смыва и транспортирования наносов к колодцу, а в некоторых случаях и для привода механических чистящих или режущих рабочих органов. Насадки перемещаются

вдоль трубы вместе с рукавом высокого давления под действием реактивных сил водяной струи.

По функциональному признаку различают следующие насадки:

- ✓ проходные (для чистки труб различного диаметра и первоначального прохода в сильно загрязнённых трубах),
- ✓ реверсивные (для ликвидации засоров и жировых отложений, профилактической прочистки труб диаметром до 600 мм),
- ✓ ротационные (для удаления твёрдых отложений на стенках труб, а также растительных образований),
- ✓ донные (для удаления донных загрязнений в трубах диаметром более 500 мм).

Большинство отечественных насадков для прочистки водоотводящих и водосточных сетей выпускается фирмой «Доркомтехника».

2.1.5. Трубы для восстановления и реконструкции инженерных сетей.

При реализации технологий бестраншейного восстановления и прокладки подземных инженерных сетей широко используются новые материалы, в частности полимерные (полиэтиленовые, поливинилхлоридные, полипропиленовые трубы). Ниже приведены сведения о полимерных трубах, которые имеют широкую перспективу применения в некоторых технологиях бестраншейного восстановления.

На сегодняшний день наибольшее распространение в качестве материала для изготовления трубопроводов для традиционной траншейной и бестраншейной технологий реновации инженерных сетей получил полиэтилен. Полиэтиленовые трубопроводы повсеместно распространены во всех странах, прежде всего благодаря экономическим преимуществам: относительно низкой стоимости, гибкости, возможности образование плетей путём соединения в стык с помощью сварки или муфт, устойчивости к долговременным гидравлическим нагрузкам, коррозии и т.д.

Полиэтилен представляет собой искусственное вещество, состоящее из цепи молекул. В зависимости от расположения, места положения и длины цепей достигаются требуемые свойства материала. Исходным пунктом для коассификации труб из полиэтилена принято состояние напряжения при 20 °С и необходимости службы 50 лет. По данной классификации полиэтиленовые трубы ПЭ-63 относятся к первому поколению, ПЭ-80 второму и ПЭ-100 к третьему. С каждым поколением улучшаются такие показатели труб как сопротивление внутреннему давлению и давлению грунта, противодействие разрастанию трещин и т.д.

Полиэтилен обладает одним существенным отличительным свойством: он в отличие от стали в 10 раз более растяжим, поэтому при расчете длины трубопровода и оборудования мест сопряжения необходимо учитывать линейные удлинения материала и по мере возможности противодействовать им.

Полиэтиленовые трубы малого диаметра (до 315 мм) начали выпускаться в нашей стране несколько десятилетий назад, а первая в России линия производства полиэтиленовых труб большого диаметра (от 315 до 1200 мм) методом вакуумкалибрования создана и освоена в 2003 году на Климовском трубном заводе (холдинг «Евротрубпласт»). В период подготовительных работ по созданию линии изучались многочисленные технические и коммерческие предложения ведущих западноевропейских и азиатских производителей оборудования для изготовления полиэтиленовых труб. В результате у европейских производителей было приобретено лишь некоторое оборудование (экструдер, экструзионная головка, тянущее и отрезное устройства), а благодаря новаторским предложениям специалистов «Евротрубпласт» была разработана собственная технологическая линия, значительная часть оборудования которой является отечественными разработками (в частности, калибры, вакуумные и охлаждающие ванны). В настоящее время на линии освоен выпуск всех видов труб из ПЭ-80 и ПЭ-100 диаметром от 630 до 1200 мм (в том числе, труб ПЭ-100 диаметром 1200 мм SDR 17,6). Производительность линии по трубам составляет 900-1100 кг/ч.

Производство труб из полиэтилена представляет собой непрерывный процесс, состоящий из следующих операций: получение расплава полиэтилена в экструдере, формование трубной заготовки в экструзионной трубной головке, калибрование заготовки об охлаждающую поверхность калибра, охлаждение калиброванной трубы в охлаждающих (вакуумных) ваннах и резка трубы на мерные отрезки. На рис. 2.21 представлен фрагмент выхода готовых труб из заводского цеха.



Рис. 2.21 Готовые трубы холдинга «Евротрубпласт»

ЗАО «Завод АНД Газтрубпласт», входящим в холдинг «Евротрубпласт», в соответствии с технологией SLM освоен выпуск нового типа напорных полиэтиленовых труб различных диаметров, наружная поверхность которых покрыта защитным слоем из специального минералонаполненного полиолефина. Такие трубы обладают повышенными механическими свойствами и предназначены для протягивания в сложных условиях, например таких как, санация изношенного участка металлического трубопровода в случае невозможности качественной подготовки его внутренней поверхности перед протягиванием полимерной трубы. При использовании данных труб в период протягивания внутрь старых на их внешней поверхности не остаётся сколько-нибудь заметных повреждений, в то время как при использовании обычных труб изготовленных даже из полиэтилена ПЭ-100 зачастую могут наблюдаться повреждения поверхности не совместимые с их дальнейшим использованием.

Зарубежные производители труб из полимерных материалов выпускают весьма разнообразную продукцию, удовлетворяющую строгим запросам эксплуатационных служб коммунальных сетей различного назначения. Наиболее востребованной продукцией в отечественной практике являются трубы фирм «Wavin», «Спиро», «ВипЛайнер» и «Upronog».

Полиэтиленовые трубы «Спиро» и «ВипЛайнер» концерна KWH PIPE (Финляндия) Отличительной особенностью труб «Спиро» (диаметром от 40 до 3000 мм) является специальная кольцевая слоевая структурированная форма, которая издавна используется в строительных конструкциях, обеспечивая прочность и жёсткость при малой массе. При использовании полиэтиленовых труб для протягивания в ветхие стальные трубопроводы наиболее распространённым способом соединения стыков является сварное (на больших диаметрах) и резьбовое (рис. 2.22).



Рис. 2.22. Фрагмент трубы «Спиро» с резьбой на торцевой части.

Преимуществом сварного и резьбового соединений является отсутствие фасонных деталей, что не увеличивает диаметр трубы в месте стыка, а также быстрота монтажа отдельных отрезков труб, образующих протяжённую трубную плетъ, вводимую в восстанавливаемый трубопровод (рис. 2.23 и 2.24).



Рис. 2.23. Фрагмент бестраншейного ремонта с использованием трубной плети «Спиро» диаметром 1100 мм



Рис. 2.24 Фрагмент ремонта традиционным способом с рытьем траншеи с использованием трубной плети «Спиро» диаметром 1200 мм

Полиэтиленовые трубы «ВипЛайнер» выпускаются в виде модулей длиной 0,5 м и диаметром от 110 до 560 мм. Это позволяет беспрепятственно опускать их в смотровые колодцы без какого-либо демонтажа последних. Узкий раструб с герметичной уплотнительной прокладкой обеспечивают надёжное и оперативное соединение труб при проведении монтажных работ (рис. 2.25).



Рис. 2.25 Модульные трубы «ВипЛайнер»

Двухслойные гибкие трубы «Уропор» (Финляндия.) Полимерные трубы «Уропор» находят распространение при восстановлении водоотводящих сетей диаметром до 300 мм. Трубы представляют собой двухслойную конструкцию, состоящую из наружной гофриро-

ванной и внутренней гладкой составляющей. Специальные муфтовые соединения либо встроенный заводской нагревательный элемент, которым снабжён один из концов труб, позволяют соединять или сваривать отдельные секции в плетё необходимой длины прямо на месте производства работ.

Характеристика труб «Uropog» приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Характеристика двухслойных труб «Uropog»

Номинальные размеры сечения, мм $d_{\text{наруж.}} / d_{\text{внутр.}}$	Длина трубы, М	Диаметры восстанавливаемых труб, мм
117 / 100	6	125-150
175 / 150	10	200
200 / 175	10	225
233 / 200	10	250
270 / 240	10	300

Преимуществом труб «Uropog» перед другими является высокая механическая прочность одновременно с большим допустимым радиусом изгиба, составляющим $3d_{\text{наруж.}}$. Это позволяет при восстановлении сетей методом протягивания в них нового трубопровода производить монтаж труб с поверхности земли через люк смотрового колодца, не прибегая к дополнительным операциям уширения горловины, боковой поверхности и дна колодца. После протягивания гибкой двухслойной трубы в подлежащий восстановлению участок трубопровода межтрубный зазор заделывается цементно-песчаным раствором. Нельзя не отметить, что одним из недостатков метода, ограничивающим его широкое применение в технологии бестраншейного восстановления сетей без их разрушения, является заметное уменьшение (до 15 %) внутреннего диаметра трубопровода после ремонта.

Полипропиленовые раструбные трубы «Pragma» группы компаний «Рос-Пайп». Данный тип труб, выполненных из полипропилена блок-сополимера, применяется при бестраншейной прокладке водоотводящих сетей. Эти трубы отличаются малым весом (на 30 % легче обычных гладких труб из ПВХ), высокой ударной вязкостью даже при низких (до -20°C) температурах, выдерживают как высокую (кратковременную до 100°C температуру), так и низкую (до -60°C), что выгодно отличает их от полиэтиленовых труб.

Полипропиленовые трубы «Pragma» (рис. 2.26) имеют раструбное соединение, поэтому они наиболее целесообразны для бестраншейных технологий протягивания в старый трубопровод. Кроме того, общеизвестна высокая стойкость полипропиленовых труб к истираемости (абразивному износу) при протягивании.



Рис. 2.26 Общий вид полипропиленовых раструбных труб «Pragma»

Усилия протягивания труб «Pragma» минимальны (например, 6-ти метровая труба диаметром 630 мм имеет массу всего 100 кг). Труба эффективна для забутовки (заполнения цементным раствором пространства между ней и старой трубой), благодаря плотному заполнению цементным раствором пустот между ребристой поверхностью трубы и внутренней поверхностью старой трубы.