

УДК 628.147.2

Современные методы реконструкции Московского водопровода

С. В. ХРАМЕНКОВ¹, Н. С. ГЕНЕРАЛОВ², С. В. БАРАНОВ³, М. В. АРТЮШИН⁴

¹ Храменков Станислав Владимирович, кандидат технических наук, генеральный директор МГУП «Мосводоканал» 107005, Россия, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 763-34-34, e-mail: hramenkov@mosvodokanal.ru

² Генералов Николай Сергеевич, директор ПУ «Мосводопровод», МГУП «Мосводоканал» Тел.: (499) 261-97-12, e-mail: generalov@mosvodokanal.ru

³ Баранов Сергей Вячеславович, заместитель директора, главный инженер ПУ «Мосводопровод», МГУП «Мосводоканал» Тел.: (499) 261-87-49, e-mail: baranov_sv@mosvodokanal.ru

⁴ Артюшин Михаил Викторович, начальник службы реконструкции и капитального строительства, ПУ «Мосводопровод», МГУП «Мосводоканал» E-mail: artushin@mosvodokanal.ru

Представлен обзор современных бестраншейных методов ремонта трубопроводов. Рассмотрены основные способы восстановления поврежденных труб при помощи протяжки полиэтиленовых рукавов специальной U-образной формы, нанесения набрызговых покрытий на основе цементно-песчаных растворов, а также при помощи рукавов из синтетических материалов, пропитанных специальными полимеризующимися составами. Рассказано о методах, основанных на протяжке в ремонтируемый трубопровод полиэтиленовых, стальных и чугунных труб: «труба в трубе без разрушения» и «труба в трубе с разрушением», рассмотрены их преимущества и недостатки, а также актуальность применения в условиях плотной городской инфраструктуры.

Ключевые слова: трубопровод, бестраншейная реконструкция, полиэтилен, сталь, чугун, цементно-песчаное покрытие, полимерный рукав.

A review of the advanced trenchless technologies of pipeline repair is presented. The main methods of damaged pipe rehabilitation with the use of polyethylene U-liner, spraying on cement-sand coatings, synthetic tubes impregnated with special polymerizing compounds are considered. The methods based on installing polyethylene, steel or cast iron pipes in the existing pipeline subject to reconstruction: «pipe in pipe without bursting» and «pipe in pipe with bursting» (pipe bursting) are discussed; their advantages and disadvantages are considered in relation to the conditions of usage in the dense city infrastructure.

Key words: pipeline, trenchless reconstruction, polyethylene, steel, cast iron, cement-sand coating, polymer liner.

При выборе способов восстановления трубопроводов приоритет отдается методам бестраншейной реконструкции, которые в условиях плотной городской застройки Москвы и увеличенных транспортных потоков на сегодняшний день являются наиболее актуальными.

Бестраншейные технологии прокладки, замены, ремонта, инспекции и обнаружения дефектов в подземных коммуникациях различного назначения с минимальным разрытием поверхности земли позволяют снизить техногенное

воздействие на экологическую обстановку в городе и минимизировать неудобства, доставляемые жителям.

С 1999 г. в Москве объем реконструкции водопроводных сетей, выполненных с применением бестраншейных технологий, увеличился более чем в 3 раза. Выбор метода реконструкции осуществляется на основании регулярной комплексной диагностики трубопроводов с помощью специальных технических средств и оценки факторов, дестабилизирующих надежность сетей, а

Наружный диаметр трубы, мм	Минимальная толщина внутренней изоляции, мм*
76	4
89	4
102	4
108	4
114	4
133	4
159	5
219	5
273	5
325	6
377	6
426	7
530	7
630	7
720	7
820	9
920	10
1020	11
1220	12
1420	12
1620	14
2020	16
* Допуск +2 мм.	

также возможности размещения и использования соответствующего оборудования и механизмов для реализации выбранного метода на месте реновации.

Оценке подвергаются следующие параметры: материал труб; наличие и качество изоляционного покрытия; возраст трубопроводов; защита от электрохимической коррозии; диаметр труб; коррозионная активность грунта; наличие блуждающих токов; число зафиксированных повреждений на участке; интенсивность транспортных потоков; величина напоров в сети; наличие и глубина залегания подземных вод; тип грунта; глубина заложения участка сети.

В последнее время наиболее распространенными методами бестраншейного ремонта трубопроводов в практике МГУП «Мосводоканал» являются:

нанесение сплошных набрызговых покрытий на основе цементно-песчаных растворов;

применение сплошных покрытий в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов с разрушением и без разрушения ремонтируемого трубопровода;

применение точечных (местных) защитных покрытий.

Метод нанесения цементно-песчаного покрытия

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.

К достоинствам метода нанесения цементно-песчаных покрытий можно отнести относительную простоту технического исполнения и низкую стоимость ремонтных работ – около 30% стоимости нового строительства. Тонкая и гладкая поверхность облицовки после ее затирки обеспечивает снижение гидравлического сопротивления и потерь напора в трубопроводах при незначительном уменьшении его внутреннего диаметра. После нанесения такого покрытия трубопровод может быть введен в эксплуатацию через 3–5 суток, а срок его службы достигает 50 лет.

Область применения метода нанесения цементно-песчаного покрытия – стальные трубопроводы диаметрами от 150 до 1500 мм, диапазон наружных диаметров стальных труб 76–2020 мм, причем величина давления воды в трубопроводе не ограничена. Минимальная толщина слоя покрытия в зависимости от диаметра труб представлена в таблице.

Метод используется при любой глубине заложения труб (в грунте или непроходных каналах) и не зависит от типа грунтов, окружающих трубопровод. Нанесение цементно-песчаных покрытий может выполняться методом центрифугирования или центробежного набрызга с использованием разглаживающих устройств. Независимо от метода нанесения покрытия первым этапом процесса является очистка трубы от внутренних отложений и слоя ржавчины. Допускаемый остаточный слой плотной ржавчины перед нанесением цементно-песчаного покрытия не должен превышать 0,05 мм. Эллиптичность труб не должна превышать 0,5% диаметра, а поражение коррозией – не более 10% толщины стенки трубы.



Рис. 1. Скребок для механической очистки

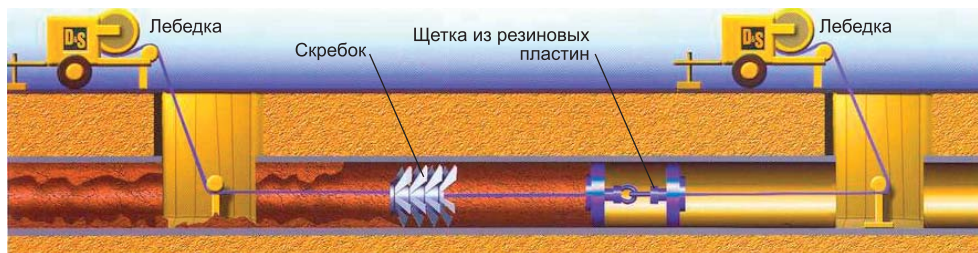


Рис. 2. Схема механической очистки трубопровода

Существует несколько основных способов очистки трубопроводов перед нанесением покрытия. Выбор применяемой технологии очистки зависит от вида, толщины и химического состава отложений, а также диаметра трубопровода и местных условий проведения работ.

Первый метод – механическая очистка специальными приспособлениями («ерши», резиновые пыжи, скребки). Щетки, скребки (рис. 1) или «ерши» при помощи лебедки протягиваются через трубопровод и счищают рыхлую ржавчину и отложения. Специальные щетки, последовательно соединенные с пыжами, перемещаются от одного конца трубы и принимаются на другом, удаляя отложения (рис. 2). При диаметрах трубопровода более 600 мм механическая очистка производится вручную.

Следующий метод очистки основан на протягивании через очищаемый трубопровод вращающейся разбрызгивающей головки, подающей воду под высоким давлением (рис. 3). Необходимое давление воды устанавливается в соответствии с видом и прочностью загрязнений в трубопроводе – около 1000 бар, при этом расход воды, подаваемой на очистку, должен быть не менее 90 л/мин.

Гидравлическая очистка применяется на длинных прямых участках трубопроводов одного диаметра. Помимо щеток и «ершей» предусмотрен поршень, который продавливается водой через трубопровод. После очистки и высушивания



Рис. 3. Устройство для промывки трубопровода водой под давлением

трубопровода на его внутреннюю поверхность наносится цементно-песчаный раствор. Как уже было отмечено, существуют различные способы нанесения данного покрытия на трубопровод.

Метод нанесения покрытия центробежным набрызгом применяется для труб диаметром более 300 мм. Цементно-песчаное покрытие наносится с помощью пневматической или электрической метательной головки облицовочного агрегата (рис. 4), который протаскивают внутри трубопровода тросом и лебедкой. После установки на конце ремонтируемого участка трубопровода разбрызгивающего устройства при помощи лебедки облицовочная головка протягивается с постоянной скоростью в обратном направлении (рис. 5).

Нанесение раствора происходит при помощи разбрызгивающей головки с электрическим или пневматическим приводом. Одновременно покрытие разглаживается специальным конусом (расправляющий клапан). Толщина наносимого слоя раствора зависит от диаметра трубы и составляет от 3 до 12–16 мм. Выбранная толщина защитного слоя достигается определенной скоростью передвижения агрегата в трубе при постоянных значениях производительности насоса, подающего цементный раствор. По окончании работ проводится контрольный осмотр трубопровода. Длина восстанавливаемого участка зависит от диаметра и конфигурации трубопровода и может достигать 240 м. При этом работы производятся из камер или котлованов размером 1,5–2 м.



Рис. 4. Агрегат для нанесения цементно-песчаного покрытия центробежным набрызгом

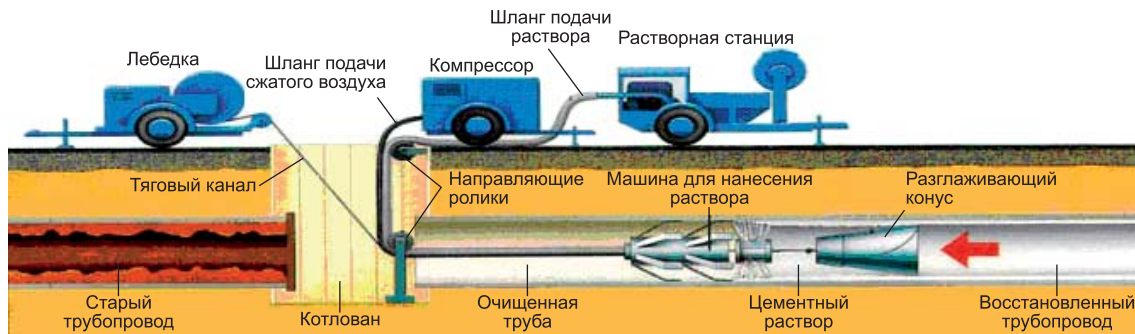


Рис. 5. Схема нанесения покрытия центробежным набрызгом с последующим разглаживанием

Участок, подвергаемый облицовке, и готовый к эксплуатации трубопровод с нанесенным на внутреннюю поверхность цементно-песчаным покрытием, показан на рис. 6. Перед сдачей трубопровода в эксплуатацию проводится его промывка и дезинфекция.

Метод восстановления трубопроводов методом нанесения цементно-песчаного покрытия хорошо известен и применяется в мире уже несколько десятилетий. На сегодняшний день в Москве с помощью этого метода восстановлено более 616 км трубопроводов.

Использование сплошных полимерных рукавов или труб из различных материалов

Первый опыт восстановления трубопровода с помощью труб из пластических материалов относится к 1960-м годам, когда в г. Торонто (Канада) проводилась реконструкция газовых, а затем и водоотводящих сетей. Для этих целей были использованы полиэтиленовые и поливинилхлоридные трубы, долговечность которых на тот момент оценивалась в 35 и 20 лет соответственно. В европейских странах этот опыт начал распространяться в начале 1970-х годов, когда для реконструкции водоотводящих трубопроводов впервые применили полимерные трубы. А уже в конце 1970-х годов эти трубы впервые использовали для реконструкции водопровода.

Выбор материалов проводился индивидуально и обуславливался техническими условиями и экологическими факторами. Нанесение на реконструируемые трубопроводы гибких внутренних покрытий из полимерных материалов (оболочек, мембран, рукавов), а также введение в них полимерных труб обеспечивает полную герметичность стенок трубопровода и высокую сопротивляемость динамическим нагрузкам.

Метод реконструкции с помощью сплошных полимерных рукавов

Этот метод заключается в обновлении и укреплении внутренней поверхности трубопровода специальным рукавом, изготовленным из полимерного материала и армированного полиэфирными и нейлоновыми нитями. Полимерный рукав может изготавливаться из полиэстера, полиэтилена и других материалов, которые обеспечивают механическую прочность и герметичность восстанавливаемого трубопровода. Благодаря тому, что внутренняя сторона полимерного рукава гладкая и не подвержена электрохимической коррозии, она обладает низким гидравлическим сопротивлением, вследствие чего на ремонтируемом участке улучшаются гидравлические условия течения жидкости в сравнении со старой трубой. Сформированная поверхность имеет очень высокую, сравнимую со стальными трубами, стойкость к истиранию. Расчетный

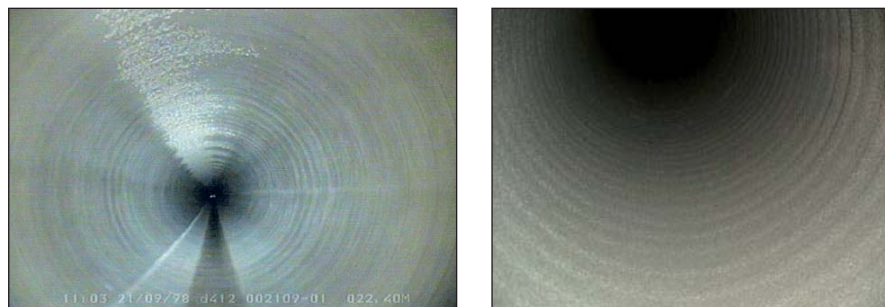


Рис. 6. Внутренняя поверхность трубы после нанесения цементно-песчаного покрытия

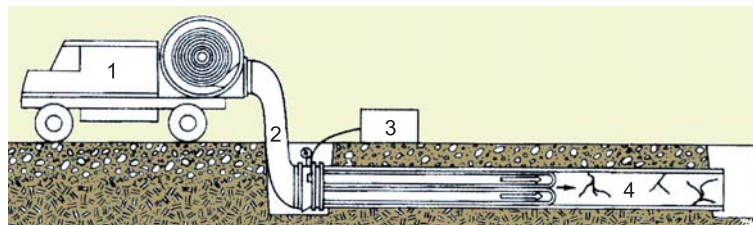


Рис. 7. Метод реконструкции трубопроводов с помощью сплошных полимерных рукавов

1 – автомобиль с необходимым оборудованием; 2 – полимерный рукав; 3 – компрессор; 4 – ремонтируемый трубопровод

срок службы такой трубы, подтвержденный европейскими сертификатами, составляет более 50 лет.

Метод реконструкции с помощью сплошных полимерных рукавов широко распространен в Европе, а первоначально был изобретен в Японии для сейсмоопасных районов.

Метод используется при любой глубине заложения труб (в грунте или непроходных каналах) и не зависит от типа грунтов, окружающих трубопровод. Метод эффективен при таких видах повреждений, как трещины, абразивный износ, свищи (при отсутствии инфильтрации воды в трубу), а при более серьезных повреждениях (раскрытых стыках, смещении труб в стыках) необходима предварительная подготовка, обеспечивающая соосность труб в местах дефектов.

Область применения метода нанесения сплошного полимерного покрытия – стальные, чугунные и железобетонные трубы диаметром 150–900 мм. Длина ремонтируемого участка зависит от диаметра восстанавливаемого трубопровода: при диаметре 150 мм труб – 500 м, при диаметре 300 мм – 300 м, при диаметре 900 мм – 100 м и т. д. Для исключения застревания рукавов на поворотах и образования складок рукава угол поворота восстанавливаемого трубопровода должен быть для труб диаметром 150 мм – менее или равен 15° , для труб большего диаметра – менее или равен 45° .

Метод реконструкции с помощью сплошных полимерных рукавов может применяться при температуре окружающего воздуха не ниже 0°C .

Сущность метода реконструкции трубопроводов заключается в закреплении у торцов и протягивании бесшовного полимерного рукава в полость трубы на всю длину ремонтируемого участка трубопровода и плотной фиксации его внешней оболочки к внутренней поверхности трубы с помощью предварительно нанесенных клеевых составов под действием давления воздуха или пара. Давление воздуха обеспечивает продвижение оболочки по длине трубопровода,

а термообработка приводит к быстрому затвердению клеевых составов (рис. 7).

Основные требования к полимерному покрытию: оно должно быть сплошным, без видимых дефектов и соответствовать санитарным требованиям на использование в качестве облицовки трубопроводов, транспортирующих питьевую воду, а также иметь сертификат соответствия Госстандарту РФ.

Внутренняя поверхность трубопровода перед протягиванием рукава должна быть очищена от отложений и ржавчины до металла. Дополнительный этап очистки внутренней поверхности перед вводом защитной оболочки – обязательная продувка воздухом с помощью компрессора в течение 4 или более часов для обеспечения сухой внутренней поверхности трубы.

Непосредственно перед установкой рукав пропитывается эпоксидной смолой и, проходя через валцы, наматывается на бобину, расположенную внутри большой металлической емкости, находящейся на транспортном средстве, в котором также смонтированы парогенератор, электрогенератор и компрессор. Соотношение эпоксидной смолы и отвердителя в период производства работ должно составлять 1:1.

Пропитанный рукав доставляется на место установки, далее в емкость с рукавом начинает подаваться сжатый воздух, под воздействием которого рукав, намотанный на бобину, начинает выворачиваться из находящегося на конце емкости фланца так, что пропитанный смолой слой рукава оказывается снаружи, а покрытый полимерной оболочкой – внутри.

Начало рукава заводится в трубу, и он продолжает выворачиваться далее, до самого конца ремонтируемого отрезка. Скорость подачи рукава в трубопровод составляет 2,5 м/мин независимо от диаметра подлежащего восстановлению трубопровода. После протяжки рукава на всю длину ремонтируемого участка подача воздуха прекращается, и в рукав вставляются металлические трубки, соединенные шлангами с приемным резервуаром. Постепенно воздух, которым запол-

нен рукав, начинает прогреваться паром, вырабатываемым парогенератором. Остатки воздуха удаляются через металлические трубки, закрепленные на концах рукава. Происходит прогрев рукава, смола твердеет и крепко приклеивается к старой трубе. Продолжительность этапов отверждения клеевого состава — не менее 5 часов при температуре пара 105 °С. После прогрева рукав медленно остывает. Продолжительность этапа охлаждения не более 6 часов при температуре 50 °С. Через несколько часов концы рукава обрезаются. На этом процесс восстановления трубопровода закончен, остается лишь провести его испытания и подключить к действующей сети.

При использовании данного метода исключается необходимость разрытия траншей, достаточно выкопать котлованы на определенном расстоянии либо воспользоваться имеющимися колодцами. Это очень важно при проведении ремонта трубопроводов в городских условиях, где имеется большая насыщенность подземных коммуникаций, оживленные автомагистрали, железнодорожные и трамвайные пути и линии метрополитена. Значительный экономический эффект данный метод обеспечивает при капитальном ремонте дюкеров.

Наряду с достоинствами данной технологии присущи и некоторые недостатки:

относительно высокая стоимость материалов и смолы;

необходимость тщательной очистки трубопроводов перед вводом рукава при помощи дорогостоящих машин гидравлической очистки высокого давления и полного высушивания внутренней поверхности;

необходимость демонтажа и повторного нанесения полимерного покрытия при выявлении дефектов в процессе монтажа;

в случае неполного приклеивания рукава к старой трубе существует опасность его отслоения и повреждения в процессе эксплуатации.

В Москве с помощью сплошных полимерных рукавов восстановлено более 32 км водопроводных труб.

При реконструкции трубопроводов используются также полимерные рукава компании «Aarsleff». Технология локального ремонта является эффективным решением для восстановления как горизонтальных, так и вертикальных трубопроводов, проложенных под землей и встроенных внутри зданий. Возможности технологии позволяют устанавливать за один раз до 900 м рукава. Существует санитарно-гигиеническое заключение, разрешающее применение полимерного рукава для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения. Данный метод используется для восстановления трубопроводов любой формы сечения (круглой, шатрообразной, прямоугольной и т. д.) как с низкой, так и с высокой степенью износа. Также он может применяться для восстановления дюкеров.

Особенностью метода является то, что тип пропитывающей смолы выбирается на основании технологических характеристик и требований заказчика, в смолы добавляются различные вещества для обеспечения надлежащей полимеризации и длительности службы нового полимерного рукава. Пропитка рукавов производится при помощи вакуума. Эпоксидная смола равномерно распределяется по всему рукаву посредством его выжима через систему валиков. После пропитки полимерные рукава упаковывают в лед для замедления процесса полимеризации при хранении. Срок изготовления рукавов жестко увязывается с транспортировкой и доставкой на объект строительства.

На строительной площадке мягкий полимерный рукав, пропитанный смолой в заводских условиях, выворачивается в установке и вводится в изношенную трубу (рис. 8). Затем производится полимеризация (отверждение) рукава с помощью пара или воды. Такой рукав имеет срок

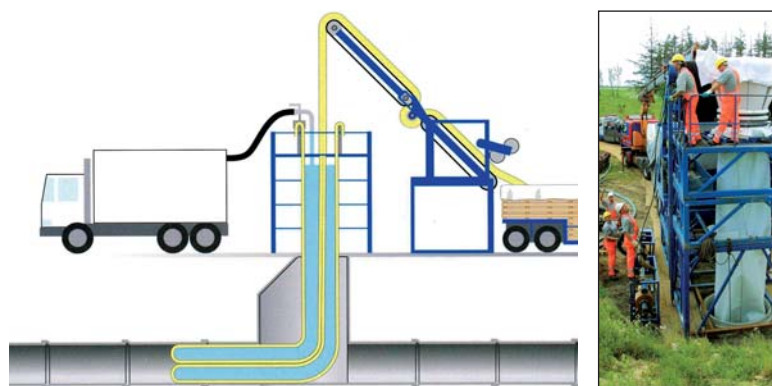


Рис. 8. Восстановление трубопровода полимерным рукавом «Aarsleff»



Рис. 9. Восстановление трубопровода методом протаскивания полиэтиленовой трубы без разрушения существующей трубы

службы до 100 лет, что подтверждается результатами ускоренных лабораторных испытаний.

Преимущества данной технологии:

возможность проведения работ при значительных углах поворота трубы (до 45°) и изменении ее диаметра, для чего полимерный рукав сшивается на заводе таким образом, чтобы участки, имеющие разные диаметры, ремонтировались за один проход;

возможность изменения толщины стенок рукава в конкретной секции при изменении нагрузок на трубопровод;

проход через колодцы с перепадом уровней труб.

Технология «труба в трубе без разрушения»

Наряду с рассмотренными выше методами восстановления трубопроводов нанесением набрызговых покрытий на основе цементно-песчаных растворов и с использованием полимерных рукавов из различных материалов существуют бестраншейные технологии, основанные на протягивании в ремонтируемый трубопровод полиэтиленовых, стальных и чугунных труб. Эти технологии получили названия «труба в трубе без разрушения» и «труба в трубе с разрушением» ремонтируемого трубопровода.

Главными преимуществами технологии «труба в трубе без разрушения» является невысокая стоимость и минимальные технические сложности. При таком ремонте новая труба из полиэтилена протаскивается в старую трубу (рис. 9). Работы по ремонту трубопровода могут проводиться от колодца до колодца, из специально подготовленного рабочего котлована или через наклонную скважину с минимумом земляных работ, а также в нестабильных грунтовых условиях.

Технология «труба в трубе» применяется в основном на прямолинейных участках трубопроводов без вскрытия дорожного покрытия и без ограничения движения транспорта, хорошо подходит для плотной городской застройки. Метод зарекомендовал себя как в плановых рекон-

струкциях коммуникаций, так и в аварийных ситуациях, когда дорога каждая минута.

Преимуществами этой технологии являются ее высокая экономичность, которая проявляется не только в низких затратах на прокладку, но и в технических особенностях:

минимальная продолжительность работ достигается путем реконструкции частичных участков трубопровода длиной до 1000–1600 м без дополнительных узлов соединения;

минимальная поверхностная шероховатость полиэтиленовых труб положительно влияет на их гидравлические характеристики;

новая труба рассчитана таким образом, чтобы несущая способность трубопровода обеспечивалась только полиэтиленовым вкладышем, а старая труба создает дополнительную защиту от давления грунта;

поскольку полиэтиленовая труба имеет срок службы не менее 50 лет, качество восстановленного трубопровода соответствует качеству нового трубопровода.

Использование технологии «труба в трубе» при ремонте трубопровода увеличивает его пропускную способность из-за более высоких гидравлических характеристик затянутой новой трубы из полиэтилена, но приводит к уменьшению рабочего диаметра трубы. Для минимизации уменьшения диаметра трубопроводов разработаны несколько методов реализации этой технологии, каждый из которых можно считать самостоятельным.

Метод «Swagelining» (Свэджлайнинг)

Существует ряд методов, основанных на протягивании полиэтиленовых рукавов специальной U-образной формы в ремонтируемый трубопровод с последующим ее возвратом в первоначальную круглую форму. Эти методы различаются технологией производства работ и используемым оборудованием. Их условно называют методами «U-Liner». Рукав U-образной формы изготавливается из полиэтилена методом термомеханического формирования в заводских



Рис. 10. Матрица «Swagelining»

условиях или на строительной площадке. При этом труба приобретает U-образную форму, а поперечное сечение ее уменьшается, что позволяет транспортировать рукав в бобинах к месту проведения работ и с минимальными техническими затратами прокладывать в ремонтируемые трубопроводы.

Метод «Swagelining» разработан в конце 1980-х годов и с тех пор применяется для бестраншейного ремонта всех типов трубопроводных сетей: напорных, самотечных, подземных, наземных. Реконструкция по методу «Swagelining» выполняется с помощью протяжки внутрь трубопровода секций полиэтиленовых труб, которые предварительно свариваются друг с другом непосредственно на месте установки. Полиэтиленовые трубы предназначены для питьевых водопроводов в большинстве стран мира, способны выдерживать весьма широкий спектр внутреннего давления и подходят для трубопровода с любой глубиной залегания – от морского дна до городского водопровода. Благодаря собственной прочности трубы-вкладыши не зависят от степени изношенности ремонтируемых труб, но если восстанавливаемый трубопровод не сильно изношен, то толщина футеровочных труб может быть уменьшена для увеличения рабочего сечения трубы. Торцы полиэтиленовых труб соединяются сваркой, что исключает возможность возникновения утечек в местах стыков.

Метод «Swagelining» применим для реконструкции трубопроводов диаметром от 100 до 1100 мм при длине ремонтируемого участка до 1000 м.

Новая полиэтиленовая труба диаметром чуть большим, чем старая труба, протягивается без термической обработки через матрицу «Swagelining» (рис. 10), которая уменьшает внешний диаметр трубы на 10–15%. После этого новая труба с уменьшенным диаметром протягивается в старую трубу при помощи головки для протягивания, закрепленной на новой трубе. Труба протаскивается с помощью тянущей машины до того момента, пока не займет требуемое положение. За счет эффекта «памяти» труба через некоторое время возвращается в первоначальное состояние. Она расширяется до тех пор, пока ее внешний диаметр не сравняется с внутренним диаметром старой трубы, и они не достигнут плотного прилегания. При этом не требуется ни клеевое или цементное наполнение, ни специальные отвердители, так как зазор между старой и новой трубой отсутствует.

Как уже отмечалось, технология позволяет быстро осуществлять плотную установку полиэтиленовой трубы внутри восстанавливаемого трубопровода без значительного сокращения диаметра первичной трубы (рис. 11).

Методом «Swagelining» в Москве реконструировано 3,5 км водопроводных сетей.

Технология «Compact Pipe»

Технология «Compact Pipe» предназначена для бестраншейного восстановления поврежденных водопроводных труб, изготовленных из традиционных материалов – чугуна, стали, бетона, керамики и асбестоцемента. Основные преимущества системы «Compact Pipe» (рис. 12) проявляются в условиях, когда трубопровод недоступен, либо заложен в местах с оживленным дорожным движением, где рытье траншеи весьма затруднительно или невозможно.

Строительные работы ограничены небольшими котлованами в начале и конце трассы, а в некоторых случаях возможна работа из колодцев. Труба «U-Line» изготавливается, как уже было сказано выше, в заводских условиях из полиэтилена методом термомеханического формиро-

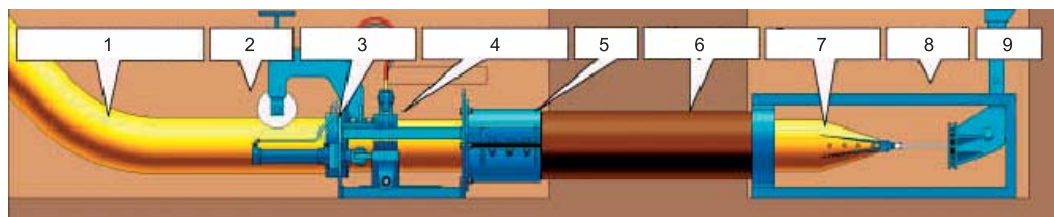


Рис. 11. Восстановление трубопровода по методу «Swagelining»

1 – новая полиэтиленовая труба; 2 – входной котлован; 3 – обжимной штамп; 4 – гидравлический толкатель; 5 – хомут; 6 – исходная труба; 7 – буксирующая головка; 8 – выпускной котлован; 9 – лебедка



Рис. 12. Технология «Compact Pipe»

вания. При этом труба приобретает U-образную форму, а поперечное сечение ее уменьшается на 35%. U-образная труба наматывается на транспортировочный барабан. В зависимости от размера трубы на один барабан можно намотать и доставить к месту проведения работ до 1600 м трубы.

Труба «U-Liner» протаскивается в старый трубопровод на требуемую длину (рис. 13). После установки запорных деталей труба «U-Liner» подвергается обратной деформации при помощи пара, который находится под давлением (рис. 14). При этом труба разогревается, активируется характерная для данного материала способность «вспоминания» формы трубы, и «U-Liner» приобретает свою первоначальную круговую форму. Использование сжатого воздуха во время процесса охлаждения позволяет обеспечить плотный контакт полиэтиленовой трубы с внутренней стенкой существующей трубы без дополнительного клеевого соединения.

После восстановления круглого сечения полиэтиленовой трубы производятся сварочные работы с использованием фитингов с закладными нагревательными элементами. Затем отремонтированный участок присоединяется к действующему трубопроводу.

Уменьшение поперечного сечения в результате установки внутренней полиэтиленовой трубы «Compact Pipe» компенсируется улучшением гидравлических характеристик восстановленного трубопровода, благодаря чему в большинстве случаев повышается его пропускная способность.

Метод «Compact SlimLiner»

Метод «Compact SlimLiner» применяется для бестраншейного восстановления напорных трубопроводов с номинальным диаметром от 100 до 300 мм. Длина ремонтируемого участка достигает при этом 600 м в зависимости от конфигурации трубопровода. Этот метод является оптимальным решением для трубопроводов, которые сохранили свои прочностные характерис-

тики, но имеют незначительные повреждения, например маленькие отверстия, утечки в местах соединения.

Из-за малой толщины стенки, как правило, SDR = 51 трубе «Compact SlimLiner» для обеспечения необходимой прочности требуется существующая труба. Однако некоторые нагрузки, которые воздействуют на трубу через малые дефекты, образовавшиеся в результате коррозии или утечек через соединения, могут восприниматься самой трубой «Compact SlimLiner».

При использовании метода «Compact SlimLiner» к состоянию восстанавливаемого трубопровода не предъявляются высокие требования. Подготовка трубопровода к протяжке может осуществляться как механическим способом, так и



Рис. 13. Процесс установки полиэтиленового рукава по технологии «Compact Pipe»

1 – парогенераторная установка; 2 – прицеп для барабана; 3 – лебедка; 4 – полиэтиленовый рукав; 5 – ремонтируемый трубопровод

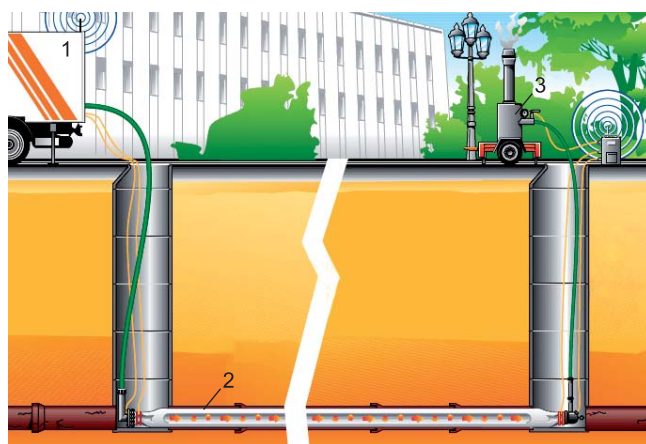


Рис. 14. Процесс обработки паром полиэтиленового рукава U-образной формы для перевода его в первоначальное (круглое) состояние

1 – парогенераторная установка; 2 – рукав, наполненный паром под давлением; 3 – сепаратор конденсата



Рис. 15. Труба «Compact SlimLiner», размещенная в восстанавливаемом трубопроводе

с помощью гидродинамической машины. Самое главное – это убрать острые выступы и отложения, способные повредить тонкий полиэтиленовый трубопровод в процессе его протяжки и последующего раскрытия.

При изготовлении трубы-вкладыша тонкостенный полиэтиленовый рукав складывается так, что сечение принимает U-образную форму и оборачивается защитной пленкой (рис. 15), после чего рукав наматывается на транспортировочный барабан. Во время протяжки пленка защищает трубу от царапин. Труба «Compact SlimLiner» протягивается в существующую трубу со скоростью около 20 м/мин.

«Compact SlimLiner» является относительно простым методом реконструкции трубопровода, который не требует сложного оборудования. При использовании «холодного» процесса, при котором не происходит разогрев рукава, труба «Compact SlimLiner» расширяется под воздействием давления, подаваемого внутрь до тех пор, пока она плотно не совместится с существующей трубой. Кроме стандартного оборудования (лебедка и водяной насос) требуется еще несколько специальных устройств: прицеп для барабана, с которого пластиковая труба протягивается непосредственно в трубопровод, и комплект инструментов для монтажа арматуры, концевых соединений и патрубков для подключения.

Во входном и выходном колодцах (котлованах) труба «Compact SlimLiner» отрезается по длине

таким образом, чтобы ее конец, выходящий за пределы существующей трубы, расширился в процессе раскрытия на максимальную длину и совместился со старой трубой. Затем начинается процесс раскрытия трубы-вкладыша. Для этого труба «Compact SlimLiner» с помощью обычных струбцин пережимается по краям. В трубу через специальный врезной патрубок нагнетается вода с рабочим давлением от 2 до 4 атм в зависимости от диаметра трубы и температуры окружающего воздуха в течение не менее 30 минут.

Пропускная способность восстановленного при помощи такой технологии трубопровода значительно увеличивается благодаря минимальному уменьшению диаметра трубы и малому гидравлическому сопротивлению полиэтилена, а срок эксплуатации достигает 100 лет.

Метод протаскивания полиэтиленовой трубы с разрушением

Метод является дальнейшим развитием технологии протаскивания полиэтиленовых труб и применяется в том случае, если необходимо сохранить или немного увеличить проходное сечение трубопровода. Методом «труба в трубе с разрушением» можно заменять любые старые трубы. Керамические, бетонные, чугунные и асбестоцементные трубы разбиваются на части и выдавливаются в грунт, а трубы из стали или синтетических материалов разрезаются и развальцовываются специальным инструментом. В зависимости от профиля трассы возможно протягивание как коротких, так и длинных участков труб.

На строительной площадке полиэтиленовые трубы свариваются в плетъ, длина которой равна протяженности восстанавливаемого участка, и выкладываются на земле рядом с входным котлованом. К началу плети присоединяется наконечник для разрушения старого трубопровода. Форма наконечника зависит от материала, из которого изготовлен старый трубопровод. При помощи лебедки, мощность которой зависит



Рис. 16. Протяжка полиэтиленовой трубы с разрушением существующего трубопровода

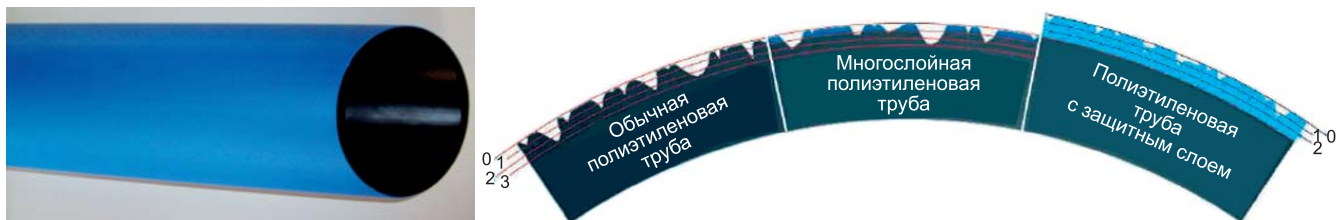


Рис. 17. Полиэтиленовая труба с защитным наружным слоем

от диаметра трубопровода и толщины стенки, плеть затягивается в существующий трубопровод (рис. 16). При этом наконечник разрушает старые трубы, расталкивая их обломки в стороны и создавая за собой кольцевое пространство, по которому протягивается полиэтиленовая труба. Ее диаметр соответствует диаметру старого трубопровода.

Данным методом можно переложить трубопровод с небольшим увеличением диаметра. Для этого вначале протаскивают наконечник, разрушающий старый трубопровод и вдавливающий его обломки в грунт, при этом в земле образуется канал диаметром, равным диаметру старого трубопровода. Затем при протяжке каната в обратном направлении протягивают расширительный наконечник, задача которого состоит в увеличении диаметра канала в земле. К наконечнику присоединена плеть из полиэтиленовых труб, она затягивается вслед за наконечником в расширенный канал.

Таким образом, для работы по данной технологии требуется как стандартное оборудование (машина для сварки встык, оборудование для прочистки и телевизионной инспекции трубопроводов), так и специализированное (мощная лебедка, разные наконечники для разрушения в зависимости от различных материалов труб и их размеров). Недостатком являются большие размеры рабочей площадки для выкладки плети перед затягиванием и входного котлована. Технология успешно используется на прямых участках, но не может быть реализована на участках трубопровода, где есть резкие повороты

или тройники. Поскольку при протяжке наружный слой трубы получает повреждения в виде продольных царапин, а также возможно возникновение значительных точечных нагрузок из-за воздействия обломков старого трубопровода, могут применяться полиэтиленовые трубы с защитным покрытием и повышенной устойчивостью к точечным нагрузкам (рис. 17). При протяжке такой трубы именно наружный защитный слой воспринимает механические повреждения, не допуская повреждения основной стенки трубы.

Преимущества технологии реконструкции трубопроводных сетей:

- высокая производительность – более 150 м трубопровода в день;

- применим при любых видах повреждений ремонтируемого трубопровода;

- значительная экономия времени и средств за счет минимального объема земляных работ;

- не затрагивается городская инфраструктура во время проведения работ;

- возможность использования в нестабильных грунтах;

- меньший риск повреждения коммуникаций по сравнению с открытыми способами прокладки трубопроводов;

- экологичность.

Метод «труба в трубе с разрушением» с использованием чугунных или стальных трубопроводов

Используются чугунные или стальные трубы с внутренним защитным слоем из цементно-



Рис. 18. Схема разрушения старого трубопровода с протягиванием новой стальной или чугунной трубы



Рис. 19. Инструменты для вскрытия ремонтируемого трубопровода

песчаной смеси, а с внешней стороны они защищены цинком, битумом или цементно-песчаным покрытием. С помощью этих труб можно заменить любые старые трубы новыми чугунными диаметром от 100 до 400 мм и стальными от 100 до 630 мм. При протяжке новых трубопроводов старые керамические, бетонные, чугунные или асбестоцементные трубы разбиваются на части и выдавливаются в грунт, а трубы из стали или синтетических материалов разрезаются и развальцовываются (рис. 18). Разрушение существующего трубопровода происходит с помощью специального инструмента с ножами (рис. 19).

Преимущества данного метода:

- высокая производительность — более 100 м трубопровода в день;
- применим при любых видах повреждений;
- возможность использования в нестабильных грунтах;
- сниженный риск повреждения коммуникаций по сравнению с открытыми способами прокладки трубопроводов.

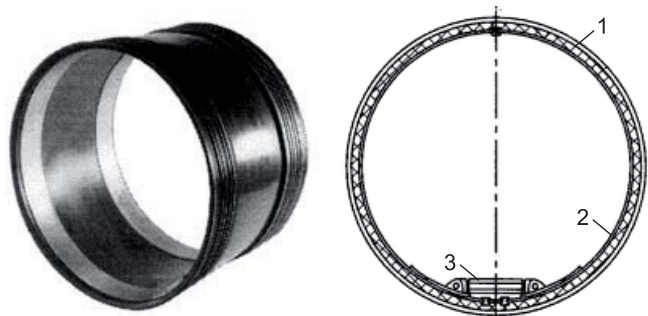


Рис. 20. Распорная муфта для внутреннего бандажирования трубопровода
1 — резиновая манжета; 2 — составной бандаж; 3 — домкрат

Метод внутреннего бандажирования

В случае, когда нет возможности или необходимости полностью восстанавливать внутреннюю поверхность трубопровода, применяют метод внутреннего бандажирования (рис. 20). Метод используется при проведении локального ремонта участков чугунного трубопровода путем установки на место повреждения (раструба) внутреннего распирающего кольца с резиновым уплотнителем. Диаметр восстанавливаемого трубопровода при этом составляет от 900 до 1200 мм. Основным достоинством данного метода является возможность производить ремонт чугунной трубы изнутри без раскопочных работ. Достаточно обеспечить доступ со стороны ближайшей камеры.

Выводы

На нашем предприятии постоянно внедряются новые методы реконструкции трубопроводов, а также передовое оборудование и технологии, разрабатываемые как в России, так и за рубежом. При этом используется дифференцированный подход в выборе метода замены ветхих трубопроводов, в котором предпочтение отдается современным бестраншейным технологиям. Это позволило на основе системного подхода снизить на 30% количество повреждений водопроводной сети. Нашей главной задачей является применение всех известных в настоящее время бестраншейных методов реконструкции трубопроводов, которые позволят в условиях интенсивного движения автотранспорта, а также массового благоустройства городской территории и сокращения числа разрывов повысить надежность водопроводной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храменков С. В., Примин О. Г. Регламент эксплуатации водопроводной сети г. Москвы. — М.: Миклош, 2007.
2. Храменков С. В. Стратегия модернизации водопроводной сети. — М.: Стройиздат, 2005.
3. Храменков С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей: Учеб. пособие для вузов. — М.: ТИМР, 2000.
4. Храменков С. В., Орлов В. А., Харьков В. А. Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами: Учеб. пособие. — М.: Издательство АСВ, 2004.
5. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика): Технический учебник-справочник. — М.: ПрессБюро № 1, 2005.