



УДК 622.691.4.07

СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ БЕСТРАНШЕЙНЫХ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ТРАДИЦИОННЫМ ТРАНШЕЙНЫМ МЕТОДОМ И ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА

COMPARISON OF MODERN TRENCHLESS METHODS FOR THE RESTORATION OF PIPELINES WITH THE TRADITIONAL TRENCH METHOD AND THEIR ADVANTAGES

Алероева Лолита Султановна

старший преподаватель
кафедры транспортные системы,
Грозненский государственный
Нефтяной технический университет
имени академика М.Д.Миллионщикова
liza.bonk.85@mail.ru

Aleroeva Lolita Sultanovna

Senior lecturer of the department
of Transport Systems,
Grozny State Oil Company
Technical University
named after Academician
MD Millionshchikov
liza.bonk.85@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальной теме современных методов восстановления трубопроводов и раскрытию основных признаков их эффективности, по-сравнению с траншейным способом.

Annotation. The article is devoted to the actual topic of modern methods of pipeline restoration and revealing the main signs of their effectiveness, in comparison with the trench method.

Ключевые слова: бестраншейные технологии, санация, восстановление, трубопроводы, трубы, метод, буровая головка, траншея, способ, скважина.

Keywords: trenchless technologies, rehabilitation, restoration of pipelines, pipes, method, drilling head, trench, method, well.

Под термином «**бестраншейные технологии**» подразумевают методы прокладки новых трубопроводов различного назначения (водопроводов, газопроводов, нефтепроводов, теплотрасс), при котором нет необходимости в рытье траншеи и можно использовать существующий старый канал. При таком способе восстановления труб существует возможность одновременного устранения всех видов дефектов по длине трубы и поддержания исходных гидравлических характеристик течения потока газа или жидкости. К гидравлическим характеристикам относят: живое сечение, смоченный периметр, гидравлический радиус, среднюю скорость движения потока (жидкости или газа), расход потока.

Иными словами, бестраншейные методы восстановления трубопроводов называют **методами санирования** или **санации**. В дальнейшем будем называть просто, санацией.

О том, кто впервые ввёл данный термин, и кто является основателем бестраншейных технологий, в источниках не упоминается. Однако, известно, что впервые данные методы санации стали применяться в странах Европы (Великобритания, Германия, Австрия) ещё с середины XX века. А в наши дни использование традиционных траншейных способов восстановления труб в Европе даже запрещено. К сожалению, динамика перехода к новым технологиям санирования труб в России, оставляет желать лучшего. Применение методов санации газопроводов, водопроводов, теплотрасс наблюдается лишь в отдельных городах России и несёт всё ещё апробационный характер.

Повсеместное применение бестраншейных технологий в России крайне необходимо, так как оно имеет огромное значение для сохранения природного ландшафта, благоприятной экологической обстановки, сбережения финансовых, материальных ресурсов.

Существуют разновидности методов бестраншейной прокладки труб. Но все они имеют общие признаки и позволяют решать такие проблемы как:

- снижение гидравлических характеристик трубопровода, вызываемое отложениями, образующимися на внутренних стенках;
- утечка транспортируемой жидкой или газообразной сред вследствие коррозии;
- уменьшение пропускной способности трубопровода и падение внутреннего давления;
- разрушение стальных трубопроводов как фактор загрязнения почвы;
- разрушение сетей, срок службы которых истёк;
- смещение отдельных ответвлений трубопроводов корневыми системами деревьев;
- образование трещин и засорений в полостях трубопроводов.

Методы широко применяются при замене стальных, чугунных, железобетонных трубопроводов на полиэтиленовые (далее – ПЭ) с гарантией срока службы более 70 лет [1, с. 13]. Методы санации труб отличаются между собой в некоторой степени. Однако существует и общая методика, объединяющая их по алгоритму выполнения работ по восстановлению. Предлагаем описание этой методики в качестве **реновации** и **релайнинга**.



Реновация – способ восстановления труб, осуществляемый путём их подземного разрушения с последующим протягиванием вместо них новых полиэтиленовых, имеющих больший диаметр [2, с. 35]. Реновация эффективна при сложных гидрогеологических условиях. Существует два способа разрушения труб: *статический* и *динамический*.

При **статическом разрушении** (рис.1) новую трубу протягивают через существующую старую, одновременно разрушая и расщепляя последнюю. Для последующего разрушения и протаскивания трубы используется специальная установка, которая работает от гидросиловой станции. Кроме того, применяются специальные ножи и расширитель, с помощью которых разрушают ветхую трубу. Остатки разрушенной изношенной трубы вдавливаются в грунт. Устройство рабочего стартового котлована необходимо только на одном конце saniруемого участка, где происходит процесс введения новой пластиковой трубы. При санации безнапорных трубопроводов и при использовании труб на замках и резьбе стартовый котлован можно и не обустроить.

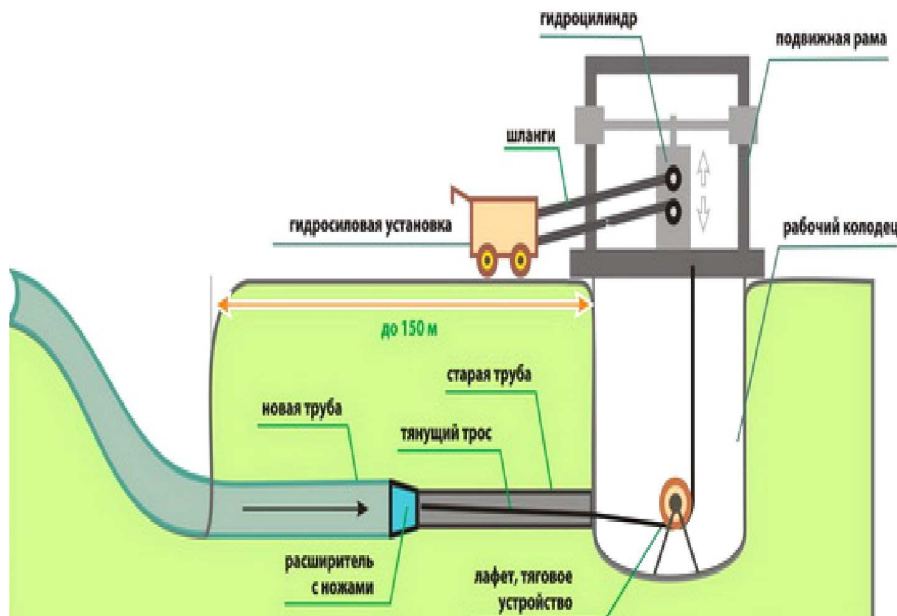


Рисунок 1 – Статическое разрушение старого газопровода

Динамическое разрушение (рис.2) состоит в устройстве пневмопробойника в разрушающую головку специального технического устройства. Смена трубопроводов методом разрушения ведется также обычным протягиванием. При возрастании усилия на гидроцилиндрах до критических значений подключается пневмопробойник для преодоления непроходимого участка. Импульсы, передаваемые пневмопробойником на натянутый трос, суммируется с усилием на гидроцилиндре, и тяговые усилия значительно возрастают [3, с. 2].

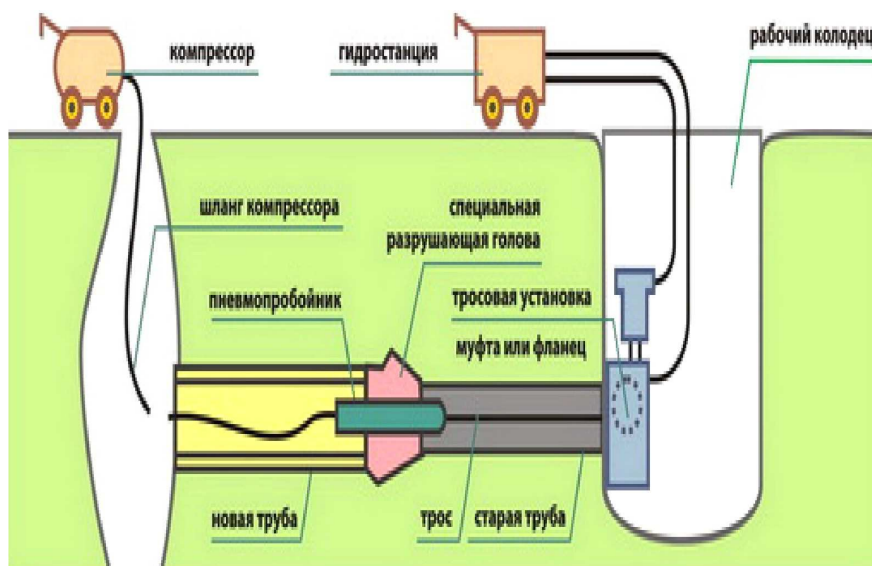


Рисунок 2 – Динамическое разрушение старого газопровода



Существуют различные устройства, предназначенные для разрушения, санации и диагностики вышедшей из эксплуатации трубы. К таким оборудованьям относятся, например, техническое устройство Hammerhead HB 80 (Хаммерхед HB 80), внутритрубные снаряды, технологическое оборудование Grundoburst 400 G (Грундобурст 400 G).

Принцип работы оборудования Hammerhead HB 80 (рис. 3) состоит в следующем. Установка, предназначенная для статического разрушения, переключается в режим проталкивания. Металлические штанги скручиваются попеременно и продвигаются посредством направляющего калибра сквозь saniруемый трубопровод. В приёмном котловане калибр заменяется ножом-разрушителем, к которому присоединена новая ПЭ труба. Затем нож-разрушитель опускается в котлован и подсоединяется к стальной штанге.

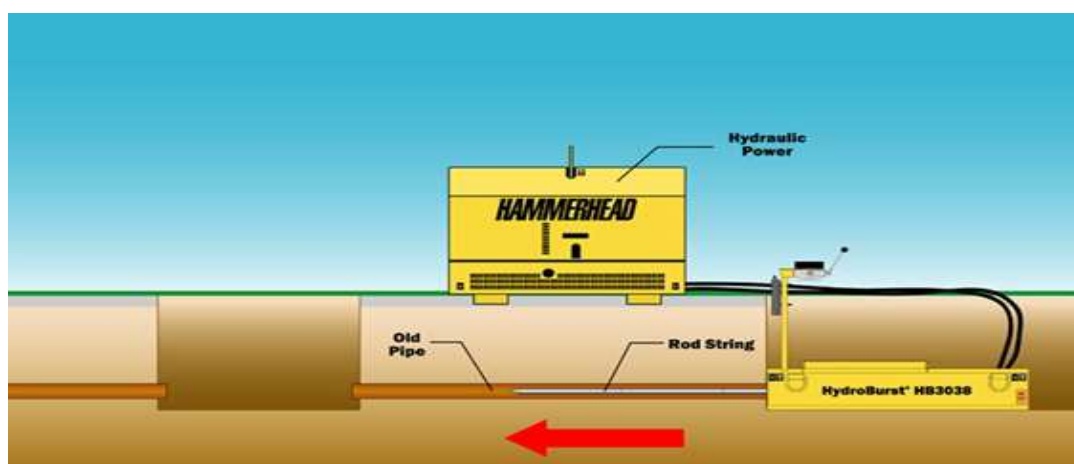


Рисунок 3 – Схема работы оборудования Hammerhead HB 80

Установка переключается в режим разрушения и начинается процесс санации трубопровода, который позволяет увеличить диаметр трубы от 25 до 100 см.

Гидравлическое затягивание во многом предотвращает динамическую нагрузку земли. При обратном ходе буровое отверстие увеличивается расширителем так, что новый трубопровод может быть зятанут беспрепятственно. В конце процесса разрушения нож-разрушитель возвращается к установке [4, с. 5].

Перед санированием трубы сначала выполняется диагностика её внутренней поверхности. Для таких целей и применяют внутритрубные снаряды, имеющие регулируемое байбасное отверстие (рис.4).



Рисунок 4 – Внутритрубный снаряд

С помощью внутритрубных снарядов проводить диагностику без снижения режимов транспортировки газа. Для уменьшения перепада давления, необходимого для преодоления узких участков, на снаряде устанавливают подвижные манжеты. Газ, протекающий через снаряд, способствует вращению ротора, который в свою очередь приводит в действие манжеты. Двигаясь специфическим образом, манжеты активно двигают снаряд через сужение с малой скоростью, при этом не увеличивается величина перепада давления газа. Применение снарядов с подвижными манжетами позволяет повысить качество очистительно - диагностических работ [4, с. 5].

Для санации инженерных сетей диаметром от 200 до 315 мм, состоящих из стали, чугуна, бетона, железобетона, керамики, асбестоцемента, пластика используют технологическое оборудование Grundoburst 400 G.

Как было упомянуто ранее, существует способ санации труб, называемый релайнинг или метод «труба в трубе». Релайнинг осуществляется без разрушения старой трубы. Применяется в тех случаях, когда незначительное уменьшение диаметра трубы возможно, либо оно компенсируется лучшей



пропускной способностью новой трубы из полиэтилена. Трубы длиной 10–12 м сначала предварительно свариваются на поверхности, а затем вводятся в восстанавливаемый трубопровод. Величина длины свариваемого участка может достигать до 700 м, а её производительность – до 250 м³/с. в сутки в зависимости от диаметра. Перед санацией изношенная труба тщательно очищается от коррозионных образований. Затем ПЭ труба протаскивается в старый трубопровод через стартовый рабочий колодец (котлован) при помощи сцепного устройства и лебёдки с контролируемым тяговым усилием, установленной в конечном колодце [4, с. 5].

Существуют следующие разновидности релейнинга:

- метод SANFLEX (САНФЛЕКС);
- метод Swagelining (Свэджлайнинг);
- метод Compact-Pipe (Компакт-Пайп);
- метод «чулка»;
- направленное горизонтальное бурение (далее – НГБ);
- способ бестраншейной прокладки ПЭ трубы с помощью экскаватора;
- метод непрерывной прокладки трубы;
- метод «Феникс».

Приведём краткое описание каждого из вышеперечисленных методов релейнинга.

Метод SANFLEX (САНФЛЕКС) – основная суть заключается в протаскивании в очищенный поврежденный трубопровод трубы меньшего сечения. Осуществляется с использованием тканевого рукава.

При санации таким способом в существующий трубопровод втаскивается с плотным прилеганием тканевый рукав, который под давлением прочно приклеивается к внутренней поверхности трубы. При этом сечение трубы сохраняется. Внутренняя поверхность тканевого рукава покрыта полиэтиленовым слоем, предназначенным для питьевой воды. Для газовых трубопроводов тоже используется рукав с полиэтиленовым покрытием. Тканевый рукав обеспечивает защиту внутренней поверхности трубы от коррозии и перекрывает места неплотной изоляции. Он устойчив к воздействию городских и природных газов, агентов набухания, одорантов. Для санации трубопроводов таким методом нужно, чтобы их внутренняя поверхность была тщательно очищена от всех образований и соответствовала всем требованиям. При использовании имеющихся технических устройств методом SANFLEX можно санировать газопроводы, водопроводы питьевого назначения.

Метод Swagelining (Свэджлайнинг) – применяется для ремонта всех типов сетей: напорных, самотёчных, подземных, наземных, газопроводов. Реконструкция по данному методу выполняется с помощью протяжки сварных секций ПЭ труб друг с другом. Процесс позволяет быстро осуществлять плотную установку ПЭ трубы внутри восстанавливаемого трубопровода без значительного сокращения диаметра первичной трубы. Метод был разработан в конце 80-х годов XX века. Протягивание ПЭ трубы осуществляется через матрицу «Swagelining», которая уменьшает внешний диаметр трубы. Затем новую трубу с уменьшенным диаметром затыгивают в старую, с помощью специальной головки, закреплённой на новой трубе. Дальнейшее протаскивание выполняется с помощью тянущей машины. После того, как новую трубу установили в требуемое положение, её диаметр расширяют до тех пор, пока её внешний диаметр не достигнет размера внутреннего диаметра ветхой трубы и не образует с её стенками плотного соединения. При этом не применяют ни цементный раствор, ни специальные отвердители [5, с. 3–5].

Метод Compact-Pipe (Компакт-Пайп) – данная технология не только способствует герметизации трубопроводов всех типов, но также оптимальна по отношению к финансовым, материальным и временным затратам. Санация способом Compact-Pipe осуществляется следующим образом: до начала работ санируемая труба тщательно проверяется телеметрическими приборами. Затем следует вырезка препятствий, механическая чистка или внутренняя промывка трубопровода. Труба устанавливается в область канала через имеющиеся шахты. Посредством нагревания трубы, благодаря эффекту «памяти материала», введенная труба достигает внешнего диаметра удаляемой трубы. Задаётся внутреннее давление, благодаря которому новая труба прижимается к стенке санируемой и после охлаждения укрепляется.

Данную технологию санации труб применяют для ремонта бытовых и промышленных трубопроводов, газопроводов, систем водоснабжения и водоотведения, состоящих из стали, керамики или бетона труб и имеющих диаметр от 100 до 500 мм [5, с. 3–5].

Метод «чулка» (рис. 5) – суть данного метода заключается в формировании новой полимерной трубы внутри существующей.

В старую трубу вводят гибкий чулок, пропитанный эпоксидным клеем. Под давлением воды чулок расправляется и плотно прилегает к поверхности ремонтируемой трубы. При повышении температуры воды клей затвердевает, создавая прочную гладкую поверхность и обеспечивая полную герметизацию.

Метод «чулка» наиболее часто применяется для ремонта трубопроводов диаметром свыше 400 мм или для санации участков, имеющих изгибы, где невозможна протяжка новой пластиковой трубы.

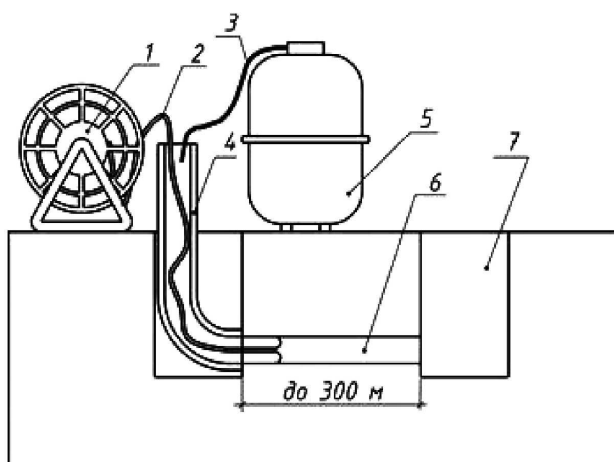


Рисунок 5 – Графическая схема проведения работ:

1 – катушка с чулком; 2 – чулок; 3 – подача воды; 4 – направляющая чулка;
5 – бойлер; 6 – ремонтируемая труба; 7 – колодец

Направленное горизонтальное бурение (далее – НГБ) – данная технология применяется как при реконструкции, так и при прокладке новых трубопроводов. Принцип данной технологии заключается в бурении пилотной скважины с последующим обратным ее расширением и протаскиванием трубопровода вслед за расширителем. Установки, предназначенные для бурения, позволяют вести работы по прокладке ПЭ труб диаметром до 500 мм на длину ремонтируемого участка до 600 м.

Прокладка ПЭ трубопроводных линий методом направленного горизонтального бурения выполняется в три этапа:

- 1) бурение экспериментальной пилотной скважины;
- 2) расширение скважины под проектный диаметр;
- 3) протягивание плети полиэтиленового трубопровода.

Бурение *пилотной скважины* – особо ответственный этап санации, от которого зависит окончательный результат. Оно осуществляется посредством буровой головки (далее – головки), имеющей скос в передней части и встроенный излучатель. Головку соединяют с помощью полого корпуса с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной скважины и обходить встречающиеся на пути препятствия в любом направлении. Она также имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, уменьшающего силы трения на ней и на штанге, тем самым предохраняя пилотную скважину от обвалов и охлаждая головку, разрушая при этом породу и очищая скважину от ее обломков, путём их выноса. Контроль над местонахождением головки осуществляется с помощью локатора, который принимает и обрабатывает сигналы, поступающие от передатчика, встроенного в буровую головку. На мониторе отображается информация о месте нахождения, угле, глубине, буровой головки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории прокладываемой трубы с проектной, и уменьшает риск нарушения рабочей нити. При отклонении головки от проектной траектории оператор останавливает вращательное движение буровых штанг и устанавливает её скос в нужное положение. Затем осуществляют продавливание буровых штанг. Такой приём обеспечивает коррекцию направления строительства пилотной скважины, а операция заканчивается выходом головки в заданной проектной точке [5, с. 3–5].

При помощи буровой штанги (далее – БШ) расширяют пилотную скважину под проектный диаметр. БШ представляет собой трубу длиной 2–5 м., имеющую диаметр равный приблизительно 50–80 мм.

Расширение скважины осуществляется после завершения пилотного бурения. Буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется риммер – расширитель обратного действия. С помощью тягового усилия и при одновременном вращении, риммер протягивается через проём скважины в направлении буровой установки, расширяя её до необходимого для протаскиваемого трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубы через расширенную скважину ее диаметр должен на 25–30 % превышать диаметр трубопровода. Протаскивание плети полиэтиленового трубопровода осуществляется следующим образом. На противоположной от буровой установки стороне располагается готовая к протягиванию полиэтиленовая плеть. К её переднему концу и риммеру крепится оголовок с вертлюгом, воспринимающим тяговое усилие. Таким образом, буровая установка затягивает плеть в скважину по проектной траектории. [5, с. 3–5].

Способ бестраншейной прокладки ПЭ трубы с помощью экскаватора тоже представляет собой обновление старых трубопроводных систем. Предварительно сваренная плеть из ПЭ труб укладывается на подвижные ролики. На один конец трубы либо приваривается, либо при помощи болтового соединения, крепится носовой конус. Конец трубы с носовым конусом заводится в старый трубопро-



вод. На ПЭ трубопровод закрепляется один конец капроновой эластичной чалки, другой конец крепится на зуб ковша экскаватора. Плавно, без рывков, постепенно плеть затягивается в старый трубопровод.

При введении ПЭ трубы в существующий трубопровод наружная поверхность полиэтилена может получить повреждения в виде царапин. Чтобы это не происходило, удаляют заусенцы и острые кромки с существующих труб и проводят осмотр при помощи замкнутой телевизионной системы. Нужно следить за тем, чтобы глубина царапин не превосходила 10 % от толщины стенки. Поэтому рекомендуется применять ПЭ трубы с толщиной стенки не менее 5 мм [5, с. 3–5].

Метод непрерывной прокладки трубы заключается в протаскивании труб ПЭ в ремонтируемый трубопровод при помощи лебедки. Перед прокладкой из труб ПЭ сваривается плеть, которая протягивается через специально подготовленный для реконструкционных целей колодец. Этот метод требует использования мощных лебедок, при помощи которых новая труба протаскивается внутри старой. Такой метод целесообразно использовать для реконструкции водопроводов с номинальным давлением в пределах 10–16 кг/см² и канализационных коллекторов давлением от 4 до 6 кг/см [5, с. 3–5].

Метод «Феникс» заключается в облицовке внутренней поверхности старого трубопровода синтетическим тканевым шлангом на специальном двухкомпонентном клее. В отличие от технологий протяжки, при которых старый трубопровод играет роль каркаса, эта технология предусматривает дальнейшее функционирование обновлённой трубы, как рабочей. Облицовочный шланг представляет собой сотканное вкруговую из полиэфирных и нейлоновых нитей полотно, на которое наносится специальное покрытие, приспособленное к подаваемой среде (газ) и рабочему давлению. Шланг заполняется двухкомпонентным эпоксидным клеем, а затем с помощью сжатого воздуха подается в восстанавливаемую трубу. Происходит выворачивание наизнанку шланга и одновременное его приклеивание к внутренним стенкам старого трубопровода, предварительно обследованным и тщательно очищенным. После прохождения шланга через восстанавливаемый участок в трубу подается сухой пар высокой температуры для затвердевания двухкомпонентного клея.

Технология «Феникс» наиболее эффективна в условиях плотной, стесненной застройки для трубопроводов, находящихся в длительной эксплуатации и в значительной мере подверженных воздействию коррозии. Диаметр saniруемых труб принимает значения от 100 до 1000 мм. За одну операцию может быть облицован участок до 500 мм, при этом легко преодолеваются изгибы до 45°. Рабочее давление восстановленной трубы может принимать значения до 1,2 МПа.

Метод «Феникс» позволяет облицовывать внутреннюю поверхность трубы поливинилхлоридной (ПВХ) лентой. Для этого в колодце устанавливается специальный станок, осуществляющий навивку бесконечной ленты по внутреннему диаметру трубопровода, её крепление, заливку клеящей смолы или эпоксидного клея, проталкивание образовавшегося каркаса из ПВХ внутрь возрождаемого трубопровода, расширение каркаса для его фиксации на восстанавливаемом сооружении. После процесса наматывания оставшееся свободное кольцевое пространство между реабилитируемой трубой и новым каркасом заливается специальной трамбовкой для повышения статической прочности [5, с. 3–5].

Традиционный метод восстановления подземных трубопроводов – при таком способе выполнения восстановительных работ выкапывают траншею, глубина, длина и ширина которой вычисляются путём сложных инженерных расчётов. Для рытья траншеи может применяться как ручной, так и механизированный способ. В зависимости от природных условий и вида грунта. При проектировании траншеи механическим способом используют бару (траншекопатель или грунторез), мотоблок, экскаватор (крупный или мини-экскаватор), бульдозер, самосвал, грузовые машины.

Чтобы осуществить правильный подкоп, нужно использовать мини-экскаватор с бульдозером. Однако чем крупнее техника, тем выше производительность выполняемых работ. Но хуже маневренность. Для того, чтобы разработать подкоп, нужно правильно определить уровень промерзания грунта. Чтобы выкопать траншею используют окопы трёх видов: *прямоугольного сечения с отвесами; в форме трапеции с наклонными стенками; смешанные*. Окоп прямоугольного сечения с отвесами предполагает минимальный объём земляных работ и малую ширину выемки. В данном случае требуются устройства крепления стенок, для цели сохранения безопасности рабочих. Окоп в форме трапеции с наклонными стенками – в данном случае можно обойтись без крепления. Но требуется много пространства для маневренности, которая по мере разработки большей части грунта усложняется. Смешанный тип окопа эффективен, когда глубина траншеи граничит с подземными водами. В таком случае окоп укрепляют сверху с помощью откосов, а с нижней стороны – посредством отвесных стенок. Чтобы определить тип необходимой техники, нужно вычислить: длину водопровода, условия его пролегания, ежедневный объём работ. Количество применяемой техники зависит от длины ремонтируемого участка. Как видно, традиционный метод восстановления трубопроводов влечет за собой большой объём земляных работ, низкие темпы строительства, высокую себестоимость проводимых работ, объёмные инженерные расчёты, способствует нарушению природного ландшафта, материалоёмким, трудоёмким и имеет ряд других недостатков. Всё это является фактором огромных финансовых расходов. Исходя из описания новых методов санации труб и традиционного метода, можно заполнить их сравнение в виде таблицы 1.



Таблица 1 – Сравнение бестраншейных методов санации труб (на примере одного из них) с траншейным методом

Традиционный (траншейный) метод	Бестраншейный метод – например, релайнинг
Значительный объем земляных работ, с использованием большого количества техники и рабочей силы;	Малое количество используемого рабочего оборудования и не более двух рабочих бригад, мизерный объем земляных работ;
Крупные финансовые издержки;	Уменьшение денежных расходов до 30–50 %;
Длительные периоды процесса восстановления;	Сокращение сроков длительности процесса восстановления трубопроводной линии – от 2 до 20 раз;
Расходы на устранение аварийных ситуаций и их следствий;	Вероятность появления аварий сведена к нулевому значению;
Эксплуатационные затраты на диагностические и ремонтные работы;	Гарантия длительности срока службы трубопроводов;
Сооружение запасной нити трубопроводов (например, водопроводов);	Отсутствие эксплуатационных затрат и необходимости строительства дополнительной нити трубопровода;
Причиняется некомпенсируемый вред природной среде;	Сохранение целостности природного ландшафта;
Нарушение режима движения транспортного и пешеходного потоков;	Непрерывность движения пешеходов и автомобильного, железнодорожного, речного и других видов транспорта (за исключением воздушного);
Нарушение сложившейся экологической обстановки и жизненного тонуса людей	Сохранность дорожного покрытия и отсутствие факта причинения неудобств населению

Литература:

1. Орлов В.А. Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей. – М. : АСВ, 2001. – 96 с.
2. Черненко В.К-К. Технология и организация монтажа строительных конструкций. – М. : 2004.
3. URL : www.truba-da.ru
4. URL : www.uso.com
5. URL : www.tehsovet.ru

References:

1. Orlov V.A. The strategy of restoration of the water and water taking away networks. – М. : DIA, 2001. – 96 p.
2. Chernenko V.K-K. Technology and organization of installation of building constructions. – М. : 2004.
3. URL : www.truba-da.ru
4. URL : www.uso.com
5. URL : www.tehsovet.ru