

Бестраншейные технологии разрушения ветхих инженерных сетей и протаскивание в освободившееся пространство новых труб

Рецензия эксперта на статью получена
07.09.2022 [The expert review of the article
received on September 7, 2022].

Введение

Современное общество оценивает роль и значимость подземных инженерных коммуникаций, транспортирующих жидкости, газообразные продукты и другие вещества, только тогда, когда сталкивается с трудностями, возникающими по причине их неполадок, не получая в достаточном количестве транспортируемый жизненно важный продукт [1, 2].

Подземные системы инженерных коммуникаций имеют установленный нормативный срок службы, зависящий прежде всего от материала их изготовления, однако значительная часть из этих систем может функционировать намного дольше при эффективной эксплуатации и вовремя проводимых профилактических ремонтах, необходимость которых вызывается рядом возможных дефектов (свищей, трещин, расхождений стыков и т.д.), провоцирующих снижение расхода транспортируемого вещества за счёт утечек [3].

Для оперативности проведения данных ремонтно-восстановительных работ на инженерных сетях в течение последних 30 лет активно применяют бестраншейные технологии реконструкции трубопроводов, которые, в отличие от традиционных открытых ремонтных работ на местности, не приводят к негативным влияниям на окружающую среду и социальную обстановку, содействуя снижению материальных затрат на производство строительных работ и повышению эффективности эксплуатации трубопроводов [4].

В последние годы наибольший интерес проявляется к бестраншейным технологиям реконструкции трубопроводов

Для оперативности проведения ремонтно-восстановительных работ на инженерных сетях в течение последних 30 лет во всём мире активно применяют бестраншейные технологии реконструкции трубопроводов

путём их предварительного разрушения и протаскивания в освобождающееся пространство новых труб строго по трассе прокладки [5, 6]. Эти технологии отличаются разнообразием модификаций, и знакомство с ними может обогатить отечественный опыт строительства, реновации и модернизации инженерных сетей.

Материалы и методы исследования

Наиболее распространёнными и подлежащими исследованию методами являются следующие методы разрушения трубопроводов: пневматический, гидравлический и статический. Они базируются на использовании соответствующего типа рабочего органа или разрушающей головки (рис. 1).

В основе работы пневматической головки для разрушения старой трубы используется пневматический молот, создающий 180–580 ударов в минуту и «забивающий» головку внутрь полости трубы. При использовании гидравлической головки, включающей, как правило, четыре раздвижных лепестка, происходит последовательное расширение и сжатие лепестков по мере продвижения внутри трубы, тем самым разрушая её и вдавливая в окружающий грунт.

УДК 628.462. Научная специальность: 05.23.04.

Бестраншейные технологии разрушения ветхих инженерных сетей и протаскивание в освободившееся пространство новых труб

В. А. Орлов, д.т.н., профессор; **С. П. Зоткин**, к.т.н., доцент; **Д. А. Петербургский**, аспирант, Национальный исследовательский [Московский государственный строительный университет \(НИУ МГСУ\)](#)

Отражены базовые положения по использованию бестраншейной технологии реконструкции ветхих инженерных сетей водоснабжения и водоотведения путём их предварительного разрушения и протаскивания в освободившееся пространство новых труб из различных материалов. Рассмотрены некоторые наиболее распространённые модификации данной технологии, в частности, с использованием пневматической, гидравлической и статической систем разрушения труб. Отмечено, что данные модификации зарекомендовали себя в качестве экономически целесообразной альтернативы традиционному открытому методу восстановления пропускной способности инженерных сетей. Описаны подходы к успешной реализации операций по восстановлению работоспособности трубопроводов методом предварительного разрушения старых труб и замены их новыми строго по трассе путём предварительной оценки общих инженерно-геологических условий в зонах эксплуатации инженерных сетей, факта наличия грунтовых вод, определения напряжений протаскивания труб, а также влияния процессов разрушения трубопровода на окружающую природную среду и близлежащие инженерные сети.

Ключевые слова: трубопроводы, бестраншейные технологии, разрушение труб, инженерно-геологические исследования, окружающая среда.

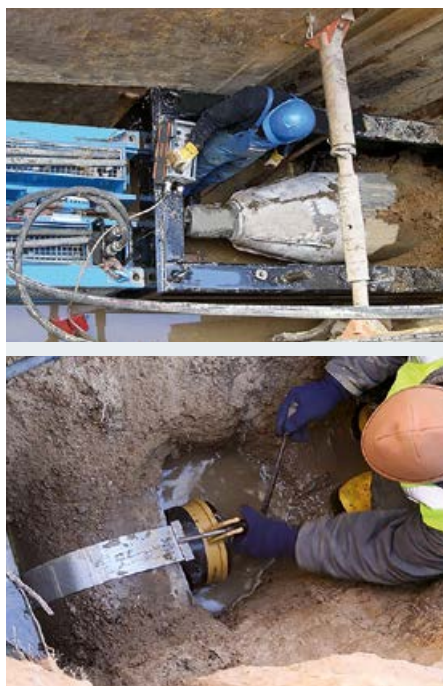
UDC 628.462 The number of scientific specialty: 05.23.04.

Trenchless technologies for the destruction of dilapidated engineering networks and the dragging of new pipelines into the vacated space

V. A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **S. P. Zotkin**, PhD, Associate Professor; **D. A. Peterburgskiy**, postgraduate student, [Moscow State University of Civil Engineering \(MGSU\)](#)

Basic provisions on the use of trenchless technology for reconstruction of dilapidated engineering water supply and water disposal networks by their preliminary destruction and pulling new pipes of different materials into the liberated space are described. Some of the most widespread modifications of this technology of trenchless replacement of pipes are considered, in particular, pneumatic, hydraulic and static systems of destroying pipes. It is noted that these modifications have proved to be an economically expedient alternative to the traditional open method of restoration of the carrying capacity of engineering networks, realized by trenching and laying pipes. Approaches to the successful implementation of operations to restore the serviceability of pipelines by preliminary destruction of old pipes and replacing them with new ones strictly along the route by preliminary assessment of engineering-geological conditions in the areas of operation of engineering networks, in the presence of groundwater, pipe pulling stresses, the impact of pipeline destruction processes on the environment and nearby engineering networks are described.

Key words: pipelines, trenchless technologies, pipe fracture, engineering-geological studies.



При использовании пневматической или гидравлической головок необходимо наличие небольшого вытяжного устройства (лебёдки и троса), которое направляет головку, а также поддерживает её постоянно прижатой к разрушаемой трубе. Статическая головка не имеет подвижных внутренних частей. Головка просто протягивается через трубу мощным тяговым устройством, соединённым с ней буровой штангой или крепкой якорной цепью.

Кроме разрушающего воздействия данных головок может осуществляться также разрезание, дробление и «съедание» материала старого трубопровода за счёт использования иных конструкций рабочих органов, например, специальных резаков (для стальных труб), вариантов машин для микротоннелирования, которые размалывают старую трубу на фрагменты и удаляют их, а не вытесняют в грунт.

Успешная реализация операций по восстановлению работоспособности трубопроводов методом предварительного разрушения старых труб тем или иным методом и замены их новыми строго по трассе обеспечивается результатами предварительной оценки инженерно-геологических условий в зонах эксплуатации инженерных сетей, фактов наличия/отсутствия грунтовых вод, определения напряжений протаскивания труб, а также взаимовлияния окружающей среды и близлежащих инженерных сетей на процессы разрушения трубопровода.

Ниже приводится анализ вышеуказанных условий, направленных на успешную реализацию технологии разрушения старых трубопроводов.

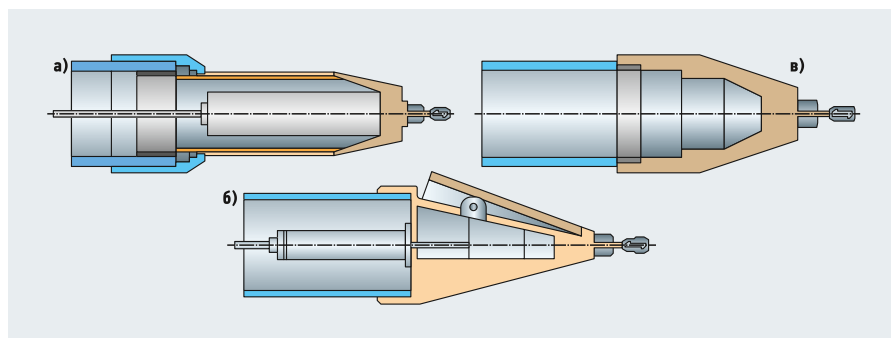


Рис. 1. Разрушающие головки: пневматическая (а), гидравлическая (б) и статическая (в)

Инженерно-геологические условия

Как и в случае любого подземного инженерного проекта, для проведения операции восстановления работоспособности трубопровода методом его предварительного разрушения необходимы инженерно-геологические данные о состоянии грунтов. В геотехнике грунты считаются трёхфазными материалом, состоящим из скальных или минеральных частиц, воды и воздуха. Пустоты почвы, пространство между минеральными частицами содержат воду и воздух. На инженерные свойства почв влияют четыре основных фактора: преобладающий размер минеральных частиц, их тип, распределение по размерам и количественное соотношение минералов, воды и воздуха.

Наиболее благоприятными условиями для реализации проектов по разрушению трубопроводов являются такие, при которых окружающий трубу грунт может быть легко уплотнён в ходе проводимых операций перемещения разрушающих головок. Также благоприятным обстоятельством может служить условие, при котором

образующееся расширенное пространство по трассе трубопровода остаётся открытым во время протаскивания новой трубы. Это снижает сопротивление передвижению новой трубы и, таким образом, уменьшает растягивающие напряжения, которым труба неизбежно подвергается во время протаскивания.

Нельзя не отметить, что более сложным вариантом при разрушении старых трубопроводов и протаскивании труб являются уплотнённые грунты и засыпки, в том числе скальные, а также грунты, которые расширяются в объёме по мере их срезания, например пески с угловатыми зёрнами. При наличии данных обстоятельств увеличиваются усилия, необходимые для операции разрушения. Когда грунт создаёт высокое сопротивление трению на трубе, а длина замены достаточно велика для создания высоких растягивающих сил на протягиваемой трубе, в кольцевое пространство за разрывной

головкой могут нагнетаться смеси на основе глиняных растворов (бентонита) или полимеров, позволяющие сохранить проход открытым и уменьшить сопротивление трению трубы о грунт.

В случае эрозии грунта вокруг трубы разрывная головка и следующая за ней труба могут смещаться к области пустот или области более низкой плотности. Если рядом с трубой есть твёрдый грунтовый слой или камень, разрывная головка будет смещаться к более мягкому грунту. При неглубоком заложении трубопровода грунт будет смещаться главным образом вверх по направлению к поверхности, и новая труба будет соприкасаться со старой. Если труба заложена достаточно глубоко относительно её диаметра, грунт будет стремиться смешаться в радиальном направлении вокруг старой трубы, и новая труба будет стремиться к соосности со старой трубой. В случае, когда грунтовые условия существенно изменяются вдоль реконструируемого участка трубопровода, также возможны некоторые изменения уклона или профиля трубы [7].



Наличие грунтовых вод

В случае наличия грунтовых вод любой из процессов разрушения трубопровода может привести к определённым трудностям. Лишь в некоторых почвенных условиях грунтовые воды могут оказывать смазывающее воздействие на протаскиваемую трубу, уменьшая требуемые усилия. При иных условиях подземные воды с включениями грунта заполняют кольцевое пространство за разрушающей головкой, увеличивая силу трения. В связи с этим перед началом проектных и строительных работ проводится геологическое исследование на наличие грунтовых вод. Кроме того, предпочтительно, чтобы во время проведения операции разрушения стартовые и приёмные котлованы оставались сухими, позволяя рабочим эксплуатировать оборудование и проводить работы по подключению восстановленного участка к сети. Для обеспечения этих условий на стадии планирования операции восстановления должны предусматриваться меры по организации водопонижения в зоне проведения работ.

Контроль напряжения при протаскивании новой трубы

Во время процесса разрушения старого трубопровода и протаскивания нового в освобождённое пространство в результате тянущего усилия, приложенного к трубе позади разрывной головки, появляется осевое напряжение. Протаскиваемая труба должна выдерживать это напряжение без разрушения или повреждения. Наилучшим вариантом на предмет выдерживания трубой тянущих напряжений в грунте является проведение предварительных полевых испытаний вблизи объекта реновации по определению сил трения. Сопротивление трению представляет собой произведение коэффициента

трения между трубой и грунтом, среднего давления, перпендикулярного трубе, зависящего от высоты грунтового слоя и единицы его массы, а также площади поперечного сечения трубы.

Как правило, при этом результатами может быть следующее:

- если грунт вокруг протаскиваемой трубы обрушивается не сразу, напряжение в трубе обусловлено трением, создаваемым весом трубы;
- если грунт обрушивается непосредственно вокруг трубы, трение трубы может быть рассчитано методами, аналогичными тем, которые используются для оценки сил трения в операциях с использованием тоннелепроходческих комплексов.

Во время процесса разрушения старого трубопровода и протаскивания нового в освобождённое пространство в результате тянущего усилия, приложенного к трубе, появляется существенное осевое напряжение

В случае, если условия и протяжённость восстанавливаемого участка вызывают риск высокого напряжения в протаскиваемой трубе, то рекомендуется контролировать приложенное к ней усилие. Мониторинг может осуществляться с использованием датчиков нагрузки или тензодатчиков, установленных вплотную за разрушающей головкой, что позволяет фиксировать и регистрировать любые изменения тягового усилия. Напряжение в протаскиваемой трубе может быть снижено с использованием смазочного раствора, который задерживает обрушение грунта вокруг трубы и снижает коэффициент трения между трубой и грунтом.

Влияние процесса разрушения трубопровода на окружающую среду

Данный вопрос затрагивает два аспекта, где первый связан с расположением протягиваемого трубопровода в освобождённом подземном пространстве, а второй — с наличием вдоль трассы фрагментов разрушенного старого трубопровода различных форм и размеров.

Первый аспект можно охарактеризовать следующими положениями. Практика показывает, что осевая линия протягиваемой трубы редко совпадает с осевой линией трассы после разрушения трубопровода. Положение новой трубы обычно зависит от характеристик грунта, поверхностных условий и процедур монтажа. Кроме того, возникает необходимость ориентироваться на степени увеличения диаметра трассы при реализации процесса разрушения трубопровода соответствующей головкой.

Например, при протягивании в освобождённое пространство трубы большего диаметра, силы, необходимые для преодоления давления проходки, должны быть значительно выше, чем те, которые требуются, когда разрывная головка полностью находится внутри трубопровода. Определённое значение имеет глубина проходки на объектах реконструкции, в особенности, когда трубы протаскиваются на минимальных расстояниях от поверхности земли. В этом случае следует проявлять осторожность, чтобы предвидеть движения грунта и положение новой, прокладываемой трубы.

В частности, протаскиваемая труба может легко отклониться от первоначальной отметки вблизи начальной или конечной точки проведения операции разрушения. Часто подобная проблема возникает, когда новая труба является жёсткой (большой диаметр, толстые стенки), а места стартового котлована слишком малы, чтобы полностью выровнять её с исходным трубопроводом.

Отклонения трубы от заданной трассы (отметки) при проведении операции разрушения трубопровода могут быть уменьшены, если грунтовые условия вокруг существующего трубопровода однородны. Однако, если под ним имеется зона с мягким грунтом (глинистым или песчано-глинистым), новая труба может опуститься в сторону этой зоны, и проседание трубопровода увеличится.

Для поддержания прямолинейного направления при проведении операции разрушения могут использоваться более длинные разрушающие головки (например, пилотные, используемые при направленном горизонтальном бурении).

С другой стороны, твёрдый грунт или скальное основание под существующей трубой может препятствовать разрушению нижней стенки трубопровода и вызывать прорыв разрушающей головкой верхней части, перемещая протягиваемую трубу за пределы трассы трубопровода. Эта проблема в зарубежной практике была решена путём совершенствования разрывной головки и её адаптации к возможности разрушения основания существующего трубопровода [8].

Что касается второго аспекта, то, как правило, после проведения операции разрушения трубопровода в окружающем пространстве остаётся множество фрагментов старой трубы различных форм и размеров. Эти фрагменты имеют тенденцию оседать у боковых стенок или лотковой части протаскиваемой трубы (при залегании в песке) или располагаться по всему периметру сменной трубы при залегании в илистых грунтах или глинах. Фрагменты обычно располагаются в некотором удалении от протягиваемой трубы с расстоянием друг от друга около 6 мм. Другими словами, создаётся некое затрубочное пространство, которое впоследствии заполняется грунтом. При этом обычным явлением после проведения операции восстановления являются царапины на протягиваемой трубе. Но, как правило, эта проблема не является слишком серьёзной и может быть решена путём подбора труб с более толстыми стенками или использования труб с защитным покрытием (полиэтилен как внутренний слой и полипропилен в качестве наружного в соотношении 75/25%). Например, трубы из полипропилена могут выдерживать царапины глубиной до 10% от толщины стенки трубы без влияния на их прочность или внутреннее давление.



Перемещения грунта

Каждая процедура разрушения трубопровода связана с перемещениями грунта. Даже при выполнении операций по замене новой трубой старого трубопровода после его разрушения размер в размер создаётся подвижность грунта, поскольку разрывная головка имеет больший диаметр, чем старая труба. Перемещения грунта, как правило, направлены от источника через почву в сторону наи-

меньшего сопротивления. Наибольшие смещения наблюдаются непосредственно при проведении операции разрушения. Обычно перемещения локализуются и быстро рассеиваются с увеличением расстояния от источника.

Перемещения грунта зависят главным образом от степени увеличения диаметра, типа и уровня уплотнения существующего грунта вокруг трубы и глубины проведения операции.

Например, в относительно однородном грунте на небольших глубинах (рис. 2а) перемещения направлены к поверхности земли (вверх), а на больших глубинах они направлены более равномерно во все стороны от периметра трубы (рис. 2б). В рыхлых грунтах и для труб малого диаметра равномерное расширение возможно уже на глубине 0,6 м, в то время как в относительно плотных грунтах перемещение на этой глубине всё ещё будет направлено преимущественно вверх.

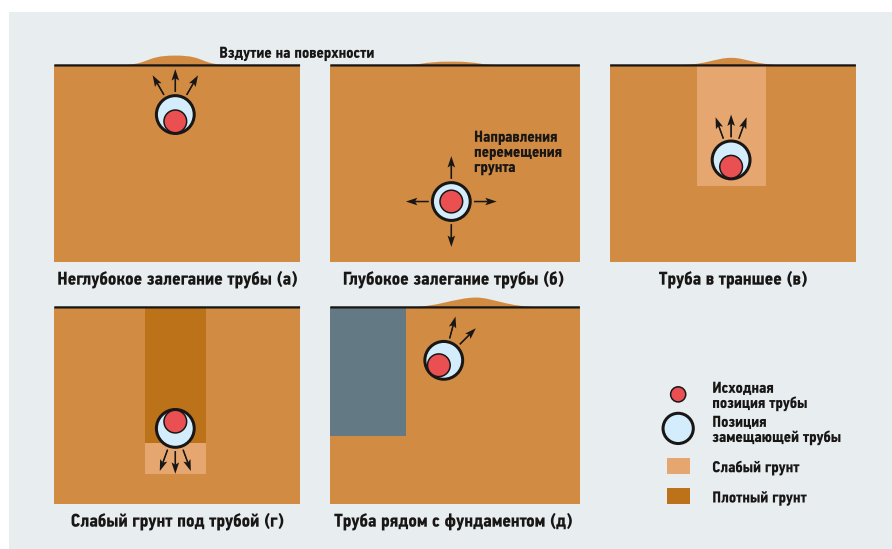


Рис. 2. Возможные перемещения грунта при разрушении трубопровода



Почвенные условия в траншеях обычно неоднородны. Материал обратной засыпки часто более рыхлый, чем исходный окружающий грунт, и смещения, вероятно, будут ограничены пределами существующей траншеи (рис. 2в). Если рыхлым является ещё и основание трубы, то смещение может быть направлено вниз, а не вверх (рис. 2г).

Если движения грунта не ослабевают до того, как они достигают поверхности, они приводят либо к вспучиванию поверхности, либо к её оседанию. Как правило, вспучивание или оседание грунта происходит непосредственно над трубой, однако возможны и исключения. Близость жёсткой границы может нарушить вертикальную симметрию и сместить движение грунта в сторону (рис. 2д).

Кроме того, иногда может возникать одновременно вспучивание и оседание. Это наблюдается, когда протягиваемая труба имеет диаметр больший, чем разрушаемая. Увеличение диаметра компенсируется уплотнением грунта на небольшом расстоянии от трубы, а за пределами этой зоны может произойти оседание.

Существует множество сочетаний различных факторов, которые определяют, будет ли поверхность вспучиваться или оседать. Если существующий грунт представляет собой рыхлый песок или относительно новую засыпку траншеи, которая всё ещё оседает, процесс разрушения может привести к дальнейшему оседанию существующего грунта. В обратном случае, если грунт хорошо уплотнён, а труба залегает не очень глубоко, процесс разрушения создаст бугристость на поверхности, особенно при значительном увеличении размера протягиваемой трубы.

Критическими условиями при значительных перемещениях грунта являются случаи, когда существующая труба заложена неглубоко, а перемещения грунта направлены вверх, когда значительно увеличен размер замещающей трубы и происходит изменение диаметров существующего и протаскиваемого трубопровода в пределах двух-трёх раз. Перемещения грунта становятся оптимальными, если процесс разрушения выполняется на определённой минимальной глубине от поверхности земли и на определённом расстоянии от подземных инженерных сетей [8].

Влияние на близлежащие инженерные сети

Подвижность грунта во время проведения операции разрушения трубопровода может привести к повреждению близлежащих труб или конструкций. При этом относительно хрупкие трубы наиболее подвержены серьёзным повреждениям. Из-за подвижности грунта может нарушаться и герметичность стыковки отдельных труб соседствующих трубопроводов. Реакция соседней трубы на воздействие от операции разрушения зависит от положения трубы относительно направления разрушения. Параллельно расположенная смежная труба подвержена переходному продольному воздействию, поскольку операция разрушения продвигается вдоль неё. Если соседняя труба пересекает линию проведения операции разрушения, она подвергается поперечному изгибу. Поэтому очень важно, чтобы до операции разрушения трубы для всех трубопроводов в пределах пути проведения операции были определены точные места расположения инженерных сетей.

Степень ущерба соседним коммуникациям зависит от типа грунта. Если трубы расположены в рыхлом грунте (засыпка, которая не была уплотнена до уровня плотности соседнего грунта), перенос нагрузки менее значителен, чем через прочный несжимаемый грунт. Чтобы избежать индивидуальных исследований в каждом проекте по разрушению трубопровода, необходимо следовать некоторым общим указаниям по безопасности, чтобы обеспечить защиту труб вблизи проведения операции. Как правило, как горизонтальное, так и вертикальное расстояние между подлежащей разрушению трубой и существующей смежной трубой должно составлять по меньшей мере двух диаметров протаскиваемой трубы. Предпосылкой для предотвращения повреждения смежных инженерных сетей является знание об их существовании и конкретном местоположении до момента проведения операции.



Вибрации грунта

Все операции реконструкции ветхих трубопроводов методом разрушения в некоторой степени создают колебания частиц грунта. Американским Центром бестраншейных технологий (Trenchless Technology Center, TTC), входящим в состав Технологического университета Луизианы (Louisiana Tech University), было проведено обширное исследование скорости вибрационного движения грунта для трёх различных способов замены труб: пневматического, гидравлического и статического.

Исследование показало, что ни один из протестированных методов разрушения труб не может повредить близлежащие коммуникации, если они находятся на расстоянии более одного метра от разрушающей головки.

Уровни вибрации из-за разрушения трубопроводов зависят от мощности разрушающей головки (ударной мощности),

применяемой в процессе разрушения, а также от размера и материала существующей трубы и от степени увеличения диаметра для протаскивания нового трубопровода.

Вибрации, вызванные разрушением труб, не наносят ущерба близлежащим зданиям. Максимальная скорость движения частиц грунта обычно не превышает пороговых критериев косметических трещин в зданиях для соответствующих частот колебаний грунта. Кроме того, вибрации в земле быстро ослабевают с увеличением расстояния от их источника. Скорости частиц грунта 0,13 м/с, принятые как повреждающие уровни вибрации грунта по отношению к заглублённым конструкциям, могут быть достигнуты на расстоянии до 0,8 м от разрушающей головки. В диапазоне частот от 30 до 100 Гц уровень 0,05 м/с, определяемый как порог повреждения чувствительных поверхностных структур, может

быть достигнут на расстоянии 2,5 м от разрывной головки. Однако наличие зданий, располагающихся настолько близко к месту проведения операции разрушения, — очень редкое явление. Если же расстояния составляют менее указанных выше, следует принять специальные меры для защиты прилегающих сооружений, например, раскопать места пересечения для снятия грунтовых напряжений с существующих инженерных коммуникаций.

Также следует отметить, что, хотя наземные колебания могут быть заметны для человека, стоящего на поверхности вблизи проведения операции разрушения, уровни вибраций, зафиксированные при разрушении труб диаметром от 150 до 400 мм в испытаниях TTC, вряд ли будут иметь повреждающий эффект, за исключением очень близких расстояний до места проведения операции разрушения [9].

Экологичность процесса

С глобальной точки зрения человечество борется с последствиями выбросов углерода и стремится к тому, чтобы строительная промышленность применяла методы, которые позволят сократить расход ископаемого топлива, затрачиваемого на строительные работы, и снизить вредные выбросы. В последнее время наметилась тенденция к активному внедрению применения малоинвазивных (менее затратных во всех отношениях — временных, денежных, экологических и т.д.) бестраншейных методов и оборудования для замены подземных коммуникаций, особенно в условиях насыщенности городской застройки. Подходы к количественной оценке выбросов углерода сосредоточены главным образом на воздействии дополнительных выбросов, обусловленных задержкой движения транспорта во время перекрытия дорог из-за открытого строительства трубопроводных сетей. В данной ситуации бестраншейные методы имеют значительное преимущество, так как способствуют обеспечению соответствующих благоприятных экологических условий.

Исследование, проведённое Североамериканским обществом по бестраншейным технологиям (North American Society for Trenchless Technology, NASTT), а также Университетом Ватерлоо (University of Waterloo), расположенным в городе Онтарио (Канада), выявило два аспекта, в которых бестраншейный подход является экологически более безопасным.

Во-первых, при использовании бестраншейной технологии снижается расход топлива при движении машин. Избегая перебоев в движении, бестраншейные проекты предотвращают пробки и объезды, связанные с обычными проектами реконструкции подземной инфраструктуры. Это уменьшает количество потребляемого бензина и впоследствии снижает выбросы углерода. Меньшие задержки в движении транспорта также являются социально выгодными для жизни человека, сводя к минимуму неудобства, связанные со строительными работами.

Во-вторых, как указывалось ранее, непосредственно сами бестраншейные работы производят меньше выбросов. Они требуют минимального оборудования, так как нет необходимости в выемке грунта, уплотнении, обратной засыпке и повторном мощении, что резко снижает расход топлива, необходимого для работы строительной техники.

Кроме того, бестраншейные работы по сравнению с открытыми, как правило, более оперативны с точки зрения экономики времени. Зарубежными исследовате-

При использовании бестраншейной технологии снижается расход топлива при движении машин. Это впоследствии снижает и выбросы углерода. Помимо этого, сами бестраншейные работы производят меньше выбросов и требуют минимального оборудования

лями было проведено сравнение использования метода разрушения трубопровода с открытым способом для типичного проекта реконструкции городской канализации и обнаружено, что реконструкция методом разрушения заняла три дня, в то время как ремонт открытым способом потребовал семь дней.

Таким образом, бестраншейный подход оказался более чем на 50 % эффективен во времени. Благодаря этим совокупным экологическим выгодам исследования показали, что бестраншейные методы привели к снижению выбросов парниковых газов на 79 % и обеспечили общую экономию от 25 до 50 % по сравнению с открытой заменой труб [10].

Выводы

1. Проведён анализ и рассмотрены аспекты технического и технологического характера, направленные на широкое применение бестраншейных технологий реновации трубопроводов с предварительным их разрушением и протаскива-

нием труб в освобождающееся пространство, в частности, влияние на эффективность процессов инженерно-геологических условий, наличия грунтовых вод, необходимости контроля напряжения при протаскивании новой трубы и возможных перемещений и вибрации грунта, в том числе при наличии близлежащих инженерных сетей, а также учёта влияния окружающей среды на процесс разрушения трубопровода.

2. Выявлены преимущества бестраншейных технологий реконструкции трубопроводов в экологическом аспекте, в частности: уменьшение карбонового следа (выбросов углекислого и угарного газов) и снижение выбросов оксида азота, окиси серы и дыма, а также твёрдых частиц; возможность использовать пространство существующей инженерной сети, не прокладывая дополнительные инженерные коммуникации в перегруженную подземную систему; уменьшение влияния на дорожное движение и сохранении корневой системы деревьев, сохранение хрупких экосистем, таких как прибрежные районы и водно-болотные угодья, как следствие исключения ущерба, причиняемого открытыми раскопками; уменьшение количества выкопанного грунта, что отражается на снижении стоимости земляных работ и плату за вывоз грунта, поскольку почва часто загрязнена, что требует специального дорогостоящего удаления. ●



1. Юдина А.Ф., Кобелев Е.А. Инновационные технологии бестраншейной прокладки новых и ремонта старых инженерных сетей // Вестник гражданских инженеров, 2017. №3. С. 101–108.
2. Орлов В.А. Трубопроводы систем транспорта жидкостей. — М.: Изд-во АСВ, 2022. 237 с.
3. Kuliczowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. 2019. 735 p. [На польск.]
4. Храменков С.В. Время управлять водой. — М.: ЗАО «Московские учебники и картолитография», 2008. 280 с.
5. Manoj M. Developed pipe bursting specifications using high density polyethylene (HDPE). Master of Technology Management Plan II Graduate Projects. College of Technology, Architecture and Applied Engineering: Bowling Green State University. Bowling Green, Ohio, US. 2015. 62 p.
6. Atalah A. The effect of pipe bursting on nearby utilities, pavements and structures. The Doctoral Thesis. Trenchless Technology Center (TTC): Louisiana Tech University. Ruston, LA, US. 1998. 220 p.
7. Simicevic J., Sterling R. Guidelines for pipe bursting. TTC Technical Report No. 2001.02. US Army Corps of Engineers. Engineering and Research Development Center (ERDC). Vicksburg, Mississippi, US. 2001. 20 p.
8. Atalah A. The safe distance between large-diameter rock pipe bursting and nearby buildings and buried structures. ASCE Journal of Transportation Engineering. 2006. Vol. 132. Issue 4. Pp. 34–38.
9. Atalah A., Hadala P., Sterling R. Ground vibrations associated with pipe bursting. Louisiana Tech University. Ruston, LA, US. 2004. 24 p.
10. Guideline for pipe bursting. The International Pipe Bursting Association (IPBA). Owings Mills, Maryland, US. 2012. 34 p.

[References — see page 80.](#)

Trenchless technologies for the destruction of dilapidated engineering networks and the dragging of new pipelines into the vacated space. Pp. 28–33.

Vladimir A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Sergey P. Zotkin**, PhD, Associate Professor; **Dmitry A. Peterburgskiy**, postgraduate student, [Moscow State University of Civil Engineering \(MGSU\)](#)

1. A.F. Judina, E.A. Kobelev. *Innovatsionnye tehnologii bestranshejnoj prokladki novyh i remonta staryh inzhenernyh setej* [Innovative technologies for trenchless laying of new and repair of old engineering networks]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2017. No. 3. Pp. 101–108. [In Russian]
2. V.A. Orlov. *Truboprovody sistem transporta zhidkostej* [Pipelines of liquid transport systems]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2022. 237 p. [In Russian]
3. A. Kuliczkowski, E. Kuliczowska, A. Zwierzchowska. *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. 2019. 735 p. [In Polish]
4. S.V. Hramenkov. *Vremja upravljat' vodoj* [Time to manage water]. Moscow. ZAO "Moskovskie uchebniki i kartolitografiya" ["Moscow textbooks and cartolithography", CJSC]. 2008. 280 p. [In Russian]
5. M. Manoj. Developed pipe bursting specifications using high density polyethylene (HDPE). Master of Technology Management Plan II Graduate Projects. College of Technology, Architecture and Applied Engineering. Bowling Green State University. Bowling Green, Ohio, US. 2015. 62 p.
6. A. Atalah. The effect of pipe bursting on nearby utilities, pavements and structures. The Doctoral Thesis. Trenchless Technology Center (TTC); Louisiana Tech University. Ruston, LA, US. 1998. 220 p.
7. J. Simicevic, R. Sterling. Guidelines for pipe bursting. TTC Technical Report No. 2001.02. US Army Corps of Engineers. Engineering and Research Development Center (ERDC). Vicksburg, Mississippi, US. 2001. 20 p.
8. A. Atalah. The safe distance between large-diameter rock pipe bursting and nearby buildings and buried structures. *ASCE Journal of Transportation Engineering*. 2006. Vol. 132. Issue 4. Pp. 34–38.
9. A. Atalah, P. Hadala, R. Sterling. Ground vibrations associated with pipe bursting. Louisiana Tech University. Ruston, LA, US. 2004. 24 p.
10. Guideline for pipe bursting. International Pipe Bursting Association (IPBA). Owings Mills, Maryland, US. 2012. 34 p.