



Реконструкция ветхих трубопроводов путём их разрушения и протаскивания в освободившееся пространство новых труб

Рецензия эксперта на статью получена 11.05.2021 [The expert review on the article received on May 11, 2021].

Введение

Старение инженерной инфраструктуры городов, в частности, трубопроводных систем транспортировки питьевых, природных и сточных вод, приводит к необходимости их оперативной реконструкции и модернизации [1]. Нарушение режима работы трубопроводных сетей за счёт появления различного рода дефектов (свищей, трещин, расхождение стыков, коррозионных обрастаний и т.д.) приводит к негативным последствиям в плане ухудшения качественных характеристик транспортируемых питьевых вод, нарушения гидравлического режима течения сточных вод и ухудшения экологической обстановки за счёт явлений инфильтрации и эксфильтрации [2, 3].

Современная стратегия, а также тактические подходы к вопросам реконструкции и модернизации трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения базируются на широком применении бестраншейных технологий реновации, которые позволяют оперативно решать проблемы неудовлетворительного технического состояния трубопроводов [4].

Настоящая работа посвящена одной из наиболее распространённых технологий бестраншейной реновации, а именно: реконструкции ветхих трубопроводов путём их предварительного разрушения и протаскивания в освободившееся пространство новых труб преимущественно из полимерных материалов [5].

Материалы и методы исследований

При реализации технологии бестраншейной реконструкции трубопроводов внутренними защитными покрытиями в основном используются четыре их вида: напыляемые (напыляемые) оболочки, как минерального, так и органического происхождения; сплошные покрытия в виде длинномерных труб, коротких трубных модулей или полимерных рукавов; спирально-навивочные облицовки, формирующие обсадную трубу внутри восстанавливаемого трубопровода; местные (точечные) покрытия в виде профильных резиновых и других бандажей и т.д., предназначенные для устранения крупных дефектов на ограниченном пространстве участка трубопроводной сети [6].

УДК 628.462+625.768. Научная специальность: 05.23.04.

Реконструкция ветхих трубопроводов путём их разрушения и протаскивания в освободившееся пространство новых труб

В.А. Орлов, д.т.н., профессор; **С.П. Зоткин**, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Приведены результаты исследований технологии бестраншейной реновации, заключающейся в предварительном разрушении подземных инженерных коммуникаций и протягивании в освободившееся пространство новых трубопроводов. Представлена классификация методов разрушения, сущность и основные параметры реализации отдельных технологий, в частности, на базе использования пневматических, статических и гидравлических устройств. По результатам исследования констатируется, что применение описанных разновидностей бестраншейной технологии предварительного разрушения трубопроводов возможно рассматривать как весомую альтернативу другим методам санации трубопроводов (рукавным покрытиям, напыляемым оболочкам, ленточным облицовкам). Предполагается, что технологии предварительного разрушения, как наиболее совершенные с технической и экономической точек зрения, найдут в нашей стране широкое применение для успешной и эффективной реализации задач по ремонту и реновации ветхих трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения.

Ключевые слова: реконструкция трубопроводов, бестраншейные технологии, разрушение труб, классификация методов, специфика применения.

UDC 628.462+625.768. The number of scientific specialty: 05.23.04.

Reconstruction of dilapidated pipelines by destroying them and dragging new pipes into the vacant space

V.A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **S.P. Zotkin**, PhD, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

The results of research on the technology of trenchless (no-dig) renovation, which consists in the preliminary destruction of underground utilities and the stretching of new pipelines into the vacant space, are presented. The classification of destruction methods, the essence and main parameters of the implementation of individual technologies, in particular, based on the use of pneumatic, static and hydraulic devices, is presented. According to the results of the study, it is stated that the use of the described varieties of trenchless technology of preliminary destruction of pipelines can be considered as a significant alternative to other methods of pipeline sanitation (sleeve coatings, sprayed shells, tape linings). It is assumed that the technologies of preliminary destruction, as the most advanced from a technical and economic point of view (for the use of machinery, equipment and design solutions), will be widely used in our country for the successful and effective implementation of tasks for the repair and renovation of dilapidated pipelines of water supply and sanitation systems.

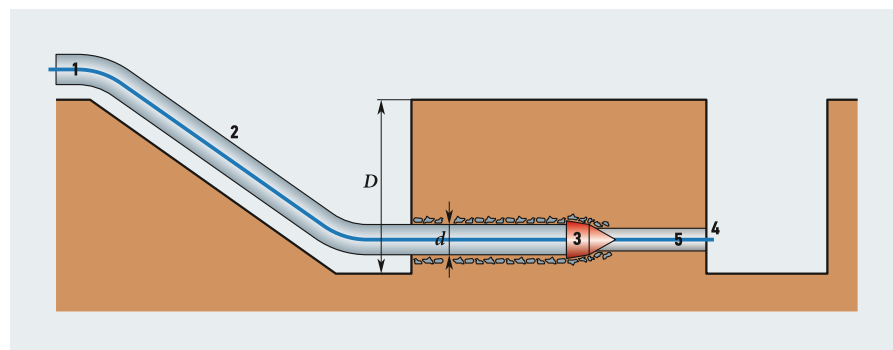
Key words: reconstruction of pipelines, trenchless (no-dig) technologies, destruction of pipes, classification of methods, specifics of application.

Настоящие исследования затрагивают специфические аспекты, связанные с реализацией перспективной технологии разрушения трубопроводов рядом различных модификаций, где базовым материалом послужила нормативно-техническая документация Ассоциации по разрушению трубопроводов (International Pipe Bursting Association, IPBA) [7].

вий, горизонта подземных вод, требуемой степени уплотнения, материала новой трубы, принадлежности существующего трубопровода, его глубины залегания и т.д. Разрушение может быть использовано для замены практически всех типов труб, включая керамические, чугунные, хризотил-цементные, простые бетонные трубы, полимерные — из полиэтилена

высокой плотности [низкого давления] (ПНД) и поливинилхлорида (ПВХ).

Также при определённых конструктивных особенностях разрушающего органа могут быть разрушены (разрезаны) трубы из стали, ковкого и оцинкованного железа. Однако чаще всего используются в качестве протаскиваемых труб трубы из ПНД, ПВХ, ковкого чугуна и керамики. В частности, общеизвестные преимущества полиэтиленовых труб заключаются в длительной стойкости к ухудшению состояния окружающей среды, безотказном монтаже, гибкости и стойкости к воздействию химических веществ. Кроме того, трубы ПНД обладают отличными характеристиками текучести, малыми гидравлическими сопротивлениями по сравнению со стальными, ковкими железными или бетонными трубами. Процесс стыкового сплавления отдельных сегментов полимерных труб вместе в полевых условиях позволяет оперативно производить их непрерывную стыковку.



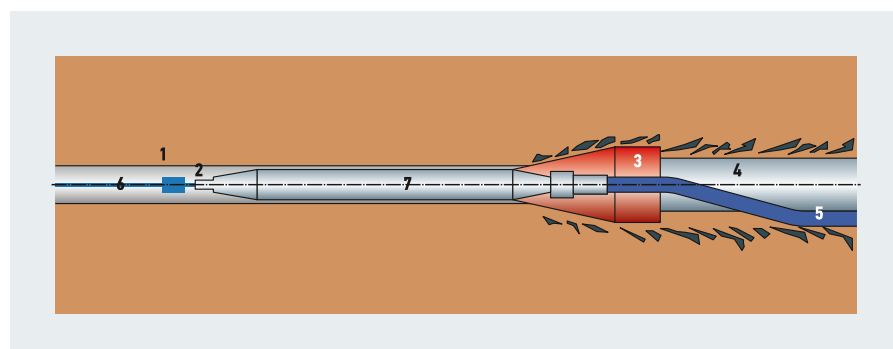
:: Рис. 1. Схема операции по разрушению трубопровода (1 — шланг подачи воздуха под давлением; 2 — новая труба из ПНД; 3 — разрушающая коническая головка; 4 — старый трубопровод; 5 — тяговый трос)

Разрушение трубопроводов перед их реконструкцией можно рассматривать как один из широко распространённых методов замены труб за последние 35 лет в Европе и Соединённых Штатах Америки. При разрушении старой ветхой трубы происходит её замена новой трубой того же или большего диаметра по трассе прокладки. Эта технология экономически эффективна, если существующая труба имеет меньше боковых присоединений и когда требуется дополнительное повышение её пропускной способности.

Результаты исследований

Процесс разрушения старого ветхого трубопровода диаметром d осуществляется специальным конусообразным инструментом (разрушающей головкой) с одновременным протягиванием (толчком или плавом) в освободившееся пространство нового трубопровода (рис. 1). Габариты разрушающей головки подобных установок больше внутреннего диаметра старой трубы, что позволяет не только разрушить трубу, но и сместить обломки старого трубопровода в затрубное пространство, расширить проходное отверстие для размещения новой трубы и уменьшить трение при её протаскивании на место старого трубопровода. При этом глубина залегания D трубопровода не влияет на эффективность работы по их реконструкции.

На практике используются три основных типа разрушения труб: пневматический, механический (статический) и гидравлический [8]. Выбор конкретного способа замены зависит от грунтовых усло-



:: Рис. 2. Процесс разрушения трубопровода пневматической системой (1 — старый трубопровод; 2 — оголовник для крепления троса; 3 — конический расширитель; 4 — новый трубопровод; 5 — шланг подачи воздуха; 6 — трос лебёдки; 7 — пневмомолот)



При разрушении старой трубы происходит её замена новой трубой того же или большего диаметра по трассе прокладки. Эта технология экономически эффективна, если у существующей трубы меньше боковых присоединений и когда требуется дополнительное повышение её пропускной способности

Основным различием между тремя системами разрушения трубопроводов является источник энергии для их реализации [9]. Пневматическая система разрушения трубопроводов является наиболее часто используемой на строительных объектах в виде пневмопробойников. При разрушении с помощью пневматики разрушающая головка представляет собой конусообразный молоток (рис. 2).

Разрушающая головка под действием сжатого воздуха осуществляет от 180 до 580 ударов в минуту. Процесс можно описать по аналогии с забиванием гвоздя в стену: с каждым ударом гвоздь всё больше перемещается внутри стены. Точно так же при каждом ударе головка разрушает трубу и вминает её останки в затрубное пространство. С помощью лебёдки к разрушающей головке прикладывается постоянное натяжение через трос, который протягивается через старую трубу и соединяется с разрушающей головкой.

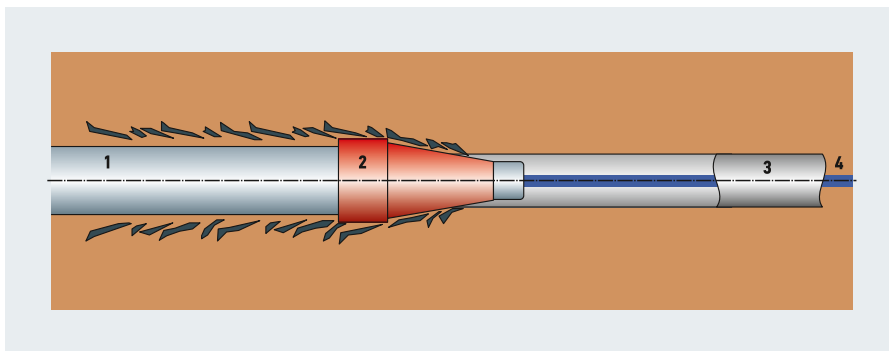


Рис. 3. Процесс разрушения трубопровода с использованием статической тяговой системы (1 — новый трубопровод; 2 — разрушающая коническая головка; 3 — старая труба; 4 — трос к лебёдке)

Метод статической тяги является вторым по распространённости методом разрушения труб. При этом способе усилие прикладывается к разрушающей головке с помощью стержневого узла или троса лебёдки, который вставляется через существующую трубу (рис. 3). Коническая головка переводит горизонтальную тянущую силу в радиальную силу, которая разрушает старую трубу и увеличивает полость, освобождающую место для новой трубы. При производстве работ используется лебёдочный трос, что обеспечивает непрерывность процесса замены старого трубопровода на новый.

Гидравлический способ разрушения старых ветхих трубопроводов, в отличие от представленных выше, реализует процесс разрушения путём использования специальной головки в виде четырёх раздвижных лепестков, например, по методу «берстлайнинг» [10], что позволяет осуществлять процесс разрушения более плавно, без рынков и вибрации, а в случае наличия параллельных коммуникаций в подземном пространстве — не нарушать режим их работы.

В отечественной практике на ряде объектов реновации нашли применение установки гидравлического разрушения трубопроводов, производимые компанией Scandinavian No-Dig Centre, одним из мировых лидеров в данной отрасли [11].

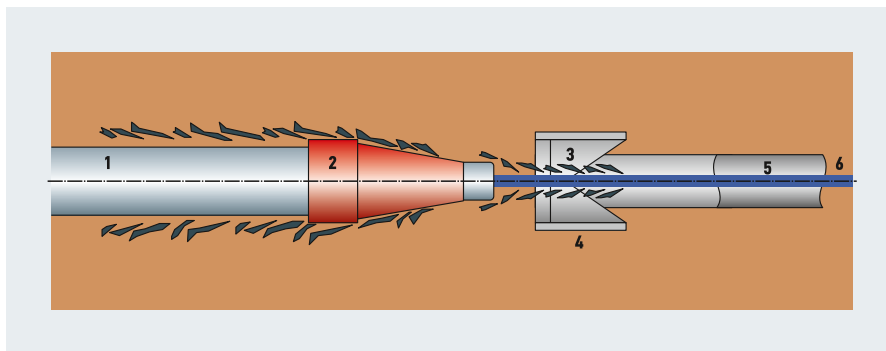


Рис. 4. Модифицированная система дробления старой трубы (1 — новый трубопровод; 2 — коническая головка; 3 — стальные лопасти; 4 — дробильное устройство в цилиндрической обечайке; 5 — подлежащий разрушению старый трубопровод; 6 — трос лебёдки)

В последнее десятилетие стали применяться модифицированные системы с дроблением труб. В этих системах разрушающий инструмент состоит из двух частей: дробящей головки, которая разрушает существующую трубу и выталкивает фрагменты трубы внутрь в полость трубы, и стального конуса, который выталкивает измельчённые фрагменты трубы и грунт наружу, освобождая место для нового трубопровода (рис. 4).

Дробильная головка имеет цилиндрическую форму с диаметром немного больше существующей трубы. Внутри цилиндра находятся стальные лопасти, которые радиально отходят от центра и разрушают старую трубу, когда головка вытягивается вперёд. Вытягивание осуществля-

ется с помощью стержневого узла, как и в статической тяговой системе.

Для разрушения стальных и ковких чугунных труб используются резаки (режущие колеса или «сплиттеры»), с помощью которых труба разрезается по одной линии в нижней или верхней части, а также можно осуществить разрез даже на несколько частей с последующим изъятием их из траншеи (рис. 5). Сплиттер протягивается через существующую трубу проволочным тросом. Он состоит из одной или нескольких частей, например, трёх: пары вращающихся режущих дисков, ко-

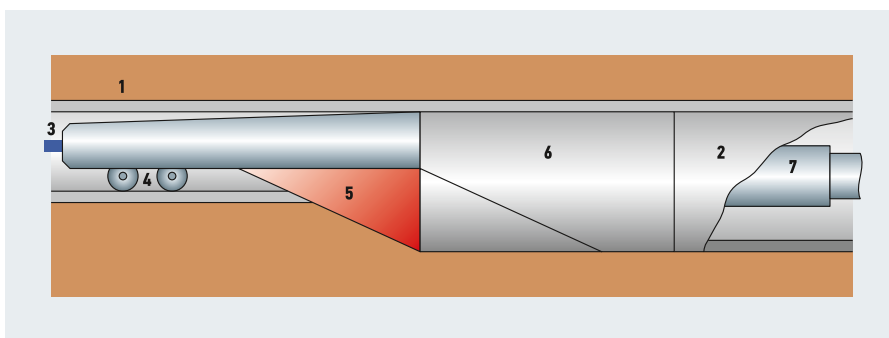


Рис. 5. Система разрезания по технологии ConSplit [1 — пластиковая труба; 2 — новый полимерный трубопровод; 3 — тяговый трос; 4 — разновеликие режущие диски; 5 — стальной нож (резак); 6 — конический расширитель; 7 — пневмомолот]

которые делают первый разрез, закалённого полотна ножа (резака) и расширителя, коническая форма которого и смещённое центрирование заставляют разделённую трубу расширяться и разворачиваться.

Ещё одним методом, нашедшим широкое распространение для разрушения труб из керамики, хризотил-цемента и других материалов, является метод обратной протяжки, используемый при направленном бурении с адаптацией для замены труб. Его реализация осуществляется с использованием пилотной буровой колонны, которая помещается в существующую трубу. Далее специальный расширительный инструмент крепится к буровой колонне и вытягивается обратно через трубу, одновременно протаскивая новую трубу. Расширитель может иметь режущие зубья, которые измельчают существующую трубу, а не уплотняют осколки (фрагменты) трубы с одновременным транспортом разрушенного материала вместе с буровым раствором (бентонитом) в канализационные люки или приёмные ямы, с последующим извлечением их с помощью вакуумного колёсного транспортного средства или шламового насоса для утилизации.

На практике в качестве альтернативного метода бестраншейного ремонта нашёл применение метод «выброса» или «извлечения» старой трубы.



Выброс осуществляется путём выталкивания старой трубы целиком (без разрушения) из подземного пространства новой трубой, которая при протаскивании выдавливает старую строго по трассе прокладки с помощью усилий, создаваемых домкратной станцией. Таким образом, в результате при извлечении старой трубы заменяющая труба устанавливается на месте старой. Старая труба может быть подвергнута разрушению (если это необходимо) только тогда, когда она полностью выходит из земли на рельеф местности. Этот метод применим только для труб с достаточной высокой остаточной тяговой способностью, чтобы выдерживать толкающие или тянущие силы. Он используется на коротких сменных секциях, чтобы избежать высокого сопротивления трению.

Одной из новых пилотных зарубежных разработок в области разрушения трубопроводов является система Controlled Line and Grade (CLG). Этот метод состоит в замене отдельных участков труб с возможностью исправления провисаний, горбов или перекосов в существующих трубопроводах. Сущность процесса состоит в том, что через существующую трубу по всей её длине вставляется колонна соединённых вместе стальных стержней. После того как стержневая струна точно выровнена в линию и закреплена на рас-

тяжение в стартовой и приёмной камерах, внутрь трубопровода закачивается суспензия лёгкого бетона. Суспензия заполняет в том числе любые открытые пустоты в затрубном пространстве трубопровода. После отверждения строительного раствора (от 4 до 24 ч) разрушающаяся головка и сменная труба прикрепляются к одному концу стержневой колонны. Затем стержень вытягивается, буксируя за собой новую трубу. Для уменьшения тягового усилия, необходимого для выполнения операции, может быть использована бентонитовая смазка. Это позволяет разрушающей головке не сильно отклоняться от своего пути и не подвергаться провисаниям, перекосам и волнистостям в старом трубопроводе. Отверждённый лёгкий бетон обеспечивает опору и защиту от осколков старой лопнувшей трубы, камней и вредных предметов в затрубном пространстве трубопровода.

При замене труб большего размера (более 300 мм) вместо разрывной головки используется расточной инструмент. Если

На практике в качестве альтернативного метода бестраншейного ремонта нашёл применение метод «выброса» или «извлечения» старой трубы



существующая труба отклонена настолько, что прямая ось, проходящая через трубу, частично лежит вне трубы, используются специальные стержни, оснащённые режущими кромками по всей их длине. Стержень может принимать изогнутую форму, чтобы приспособиться к отклонению линии. Когда стержневая колонна закреплена в натяге, стержни с режущими кромками прижимаются к внутренней стенке трубы. Затем колонна начинает вращаться, заставляя режущие кромки осуществлять прорез в существующей стенке трубопровода и окружающем грунте до тех пор, пока он не выпрямится.

Выводы

1. Проведён анализ существующих технологий бестраншейного ремонта трубопроводов с использованием ряда модификаций метода по предварительному разрушению и протаскиванию в освободившееся подземное пространство новых трубопроводов.
2. Представлена сущность альтернативных технологий бестраншейной реконструкции, реализуемых в последние годы на примере системы Controlled Line and Grade (CLG) и др.
3. Информация по методу разрушения трубопроводов может использоваться проектировщиками, строителями и специалистами для разработки экономических и оперативных решений по реконструкции ветхих трубопроводных сетей из различных материалов бестраншейными методами. •

1. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных систем. — М.: Изд-во АСВ, 2008. 215 с.
2. Rameil M. Handbook of pipe-bursting practice. Vulkan-Verlag, 2007. 351 p.
3. Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Kielce. Politechniki Świętokrzyskiej. 2006. 180 p.
4. Шлычков Д.И. Проблемы технического состояния действующих трубопроводных систем // Инновации и инвестиции, 2020. №4. С. 207–209.
5. Юдина А.Ф., Кобелев Е.А. Инновационные технологии бестраншейной прокладки новых и ремонта старых инженерных сетей // Вестник гражданских инженеров, 2017. №3. С. 101–108.
6. Kuliczowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. i in. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. 2010. 735 p.
7. Mohanraj M. Developed pipe bursting specifications using high density poly ethylene (HDPE). Bowling Green State University. 2015. No. 30. 53 p.
8. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий. — М.: ПрессБюро №1, 2005. 304 с.
9. Wei G., Xu R., Huang B. Analysis of stability failure for pipeline during long distance pipejacking. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005. Vol. 24. Issue 8. Pp. 1427–1432.
10. Орлов В.А., Хантаев И.С., Орлов Е.В. Бестраншейные технологии. — М.: Изд-во АСВ, 2016. 223 с.
11. Гумен Е.С. Опыт эксплуатации гидравлических разрушителей на трубопроводах больших диаметров // Журнал РОБТ, 2008. №9. С. 49–50.

References — see page 80.

Reconstruction of dilapidated pipelines by destroying them and dragging new pipes into the vacant space. Pp. 24–27.

Vladimir A. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Sergey P. Zotkin**, PhD, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

1. S.V. Hramenkov, O.G. Primin, V.A. Orlov. *Rekonstrukcija truboprovodnyh sistem* [Reconstruction of pipeline systems]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2008. 215 p. [In Russian]
2. M. Rameil. Handbook of pipe bursting practice. Vulkan-Verlag. 2007. 351 p.
3. A. Zwierzchowska. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Kielce. Politechniki Świętokrzyskiej. 2006. 180 p. [In Polish]
4. D.I. Shlychkov. *Problemy tekhnicheskogo sostojanija dejstvujushih truboprovodnyh sistem* [Problems of the technical condition of the existing pipeline systems]. *Innovacii i investicii* ["Innovation and investment" Magazine]. 2020. No. 4. Pp. 207–209. [In Russian]
5. A.F. Judina, E.A. Kobelev. *Innovacionnye tekhnologii bestranshejnoj prokladki novyh i remonta staryh inzhenernyh setej* [Innovative technologies for trenchless (no-dig) laying of new and repair of old engineering networks]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2017. No. 3. Pp. 101–108. [In Russian]
6. A. Kuliczkowski, E. Kuliczowska, A. Zwierzchowska i in. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. 2010. 735 p. [In Polish]
7. M. Mohanraj. Developed pipe bursting specifications using high density poly ethylene (HDPE). Bowling Green State University. 2015. No. 30. 53 p.
8. A.P. Rybakov. *Osnovy bestranshejnyh tekhnologij* [Fundamentals of trenchless (no-dig) technologies]. Moscow. *PressBjuro №1* [Press Bureau No. 1]. 2005. 304 p. [In Russian]
9. G. Wei, R. Xu, B. Huang. Analysis of stability failure for pipeline during long distance pipejacking. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2005. Vol. 24. Issue 8. Pp. 1427–1432.
10. V.A. Orlov, I.S. Hantaev, E.V. Orlov. *Bestranshejnye tekhnologii* [Trenchless (no-dig) technologies]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2016. 223 p. [In Russian]
11. E.S. Gumen. *Opyt jekspluatacii gidravlicheskih razrushitelej na truboprovodah bol'shih diametrov* [Experience in operating hydraulic breakers on large pipelines]. *Zhurnal Rossijskogo obshhestva bestranshejnyh tekhnologij* [Journal of the Russian Society of Trenchless (No-Dig) Technologies]. 2008. No. 9. Pp. 49–50. [In Russian]