

## Перспективный способ бестраншейной прокладки трубопроводов

*В.В. Лабынцев*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье предлагается способ и эксперимент по имитации реализации процессов, протекающих при его проведении, относящийся к области строительства, который может быть использован для прокладки трубопроводов бестраншейным способом под естественными и искусственными преградами, расположенными преимущественно в монолитных скальных грунтах с одновременным формированием футляра, разработкой и обустройством пилотных скважин. Применение способа позволяет расширить возможности по бестраншейной прокладке трубопроводов, снижая риски, связанные с: профилем формируемого футляра; типом грунта в месте проведения работ; вероятностью отклонения от намеченного пути; использованием дорогостоящего оборудования; необходимостью проведения работ по всей площади участка в его поперечном сечении и его длине, использованием взрывчатых веществ.

**Ключевые слова:** пилотная скважина, алмано-канатный трос, котлован, футляр, рабочий орган, круговой сектор, рольганг.

Сегодня широко известны и применяются в различных отраслях народного хозяйства технологии прокладки трубопроводов под искусственные и естественные препятствия. Многолетнее практическое использование таких способов, как прокол, горизонтальное направленное бурение, продавливание, подтверждает соответствие требованиям надежности и безопасности при их реализации [1, 2].

Бестраншейные технологии выглядят футуристичными по сравнению с классическими технологиями строительства. При этом архаичные методы актуальны и сегодня, а передовые способы, такие, как микротоннелирование и комбинированные способы, получают широкое распространение [3, 4].

Каждый из методов имеет свои преимущества и ограничения. Немногие из существующих способов могут использоваться в монолитных скальных грунтах и в сложных природных условиях строительства [5, 6].

Автором статьи предлагается оригинальный способ, позволяющий расширить возможности и снизить количество вызовов, возникающих в ходе бестраншейной прокладки трубопровода, преимущественно в скальных

грунтах.

Изначально при реализации способа выполняют подготовку стартового 1 и приемного 8 котлованов, монтируют в стартовый 1 котлован оборудование для горизонтально направленного бурения [7].

Размещение оборудования для реализации технологии бестраншейной прокладки трубопроводов, в общем виде, представлено на рисунке 1 [8].

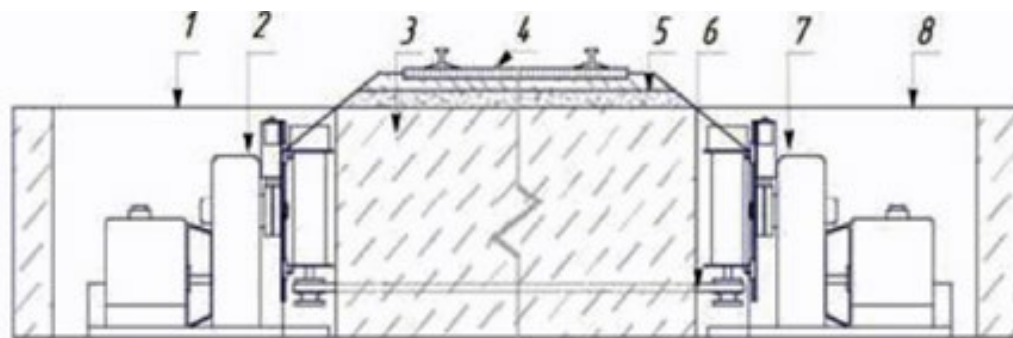


Рис.1. Общий вид расположения оборудования для реализации технологии бестраншейной прокладки трубопроводов [8]:

1 – стартовый котлован; 2 – привод рабочего органа в стартовом котловане; 3 – грунт; 4 – железнодорожное полотно; 5 – основание железнодорожного полотна; 6 – рабочий орган; 7 – привод рабочего органа в приемном котловане; 8 – приемный котлован

Формирование пилотных скважин предполагается под углом 0 и 225 градусов по отношению к оси будущего футляра в его поперечном сечении, в

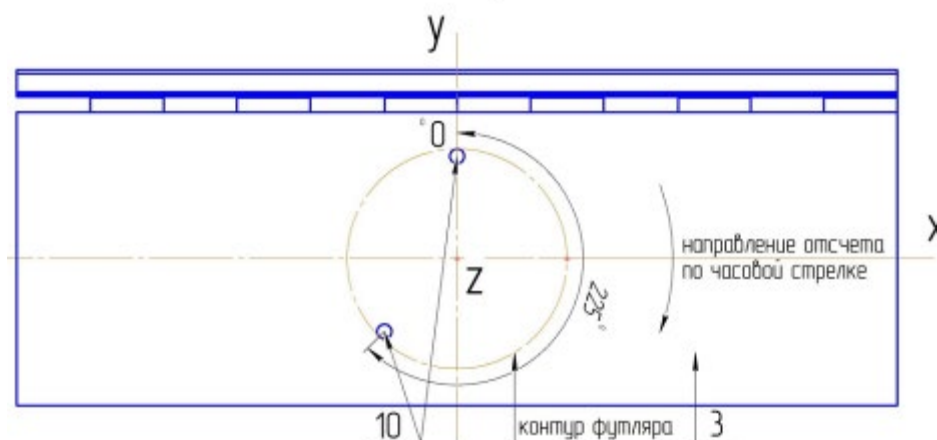


Рис. 2. Схематичное представление футляра в его поперечном сечении [8]:

3 – скальный грунт; 10 – пилотная скважина

соответствии с рисунком 2, с удалением бурового оборудования из стартового 1 котлована и монтажом оборудования для разработки грунта [8].

Возможно формирование пилотных скважин, их разработка и обустройство иными известными методами.

В последствии работы выполняют в стартовом 1 и приемном 8 котлованах. Устанавливают рабочий орган 6 в пилотную скважину в 225 градусов по отношению к оси будущего футляра в его поперечном сечении. Алмазно-канатный трос может быть использован как вариант рабочего органа 6. Возможно применить гибкие рабочие органы с грунтозацепами [8].

Последовательно разрабатывают грунт по нижней образующей кругового сектора от пилотной скважины в 225 градусов до 135 градусов по отношению к оси будущего футляра в его поперечном сечении, проводят фиксацию участка образованного после выработки грунта как указано на рисунке 3 [8].

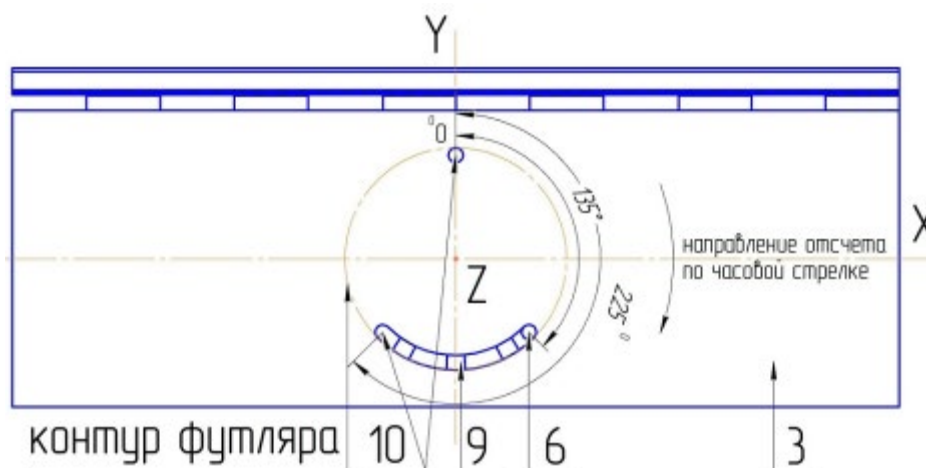


Рис. 3. Схематичное представление разработки грунта в нижнем участке кругового сектора [8]:

3 – скальный грунт; 6 – рабочий орган; 9 – упор; 10 – пилотная скважина

Рабочий орган 6 запасовывают в пилотную скважину в 0 градусов и далее разрабатывают грунт по очереди в двух направлениях на 0 – 135 и

0 – 225 градусов относительно оси будущего футляра в его поперечном сечении как указано на рисунке 4 [8].

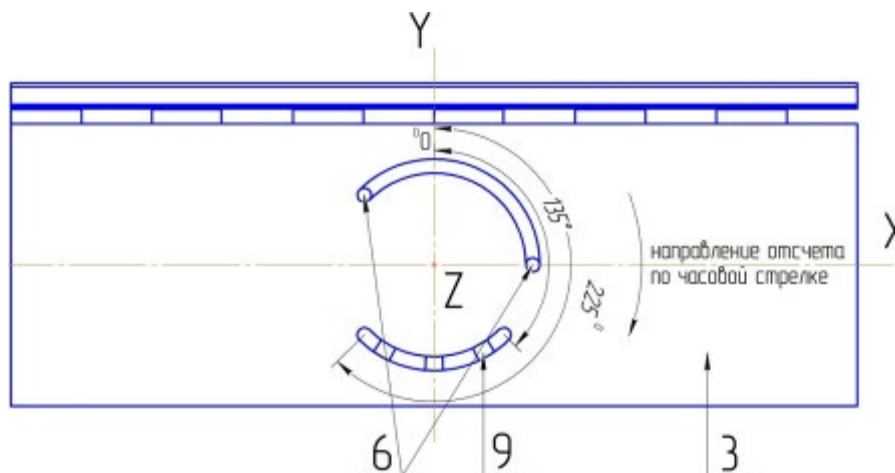


Рис. 4. Схематичное представление разработки грунта в верхнем участке кругового сектора [8]:

3 – скальный грунт; 6 – рабочий орган; 9 – упор

Производят демонтаж оборудования для разработки грунта из стартового 1 и приемного 8 котлованов; далее вынимают грунт [8].

Если грунт обладает высокой несущей способностью, то извлечение грунта производят из образованного тоннеля и далее известным способом осуществляют монтаж футляра [9].

Грунтами с повышенной несущей способностью в данном контексте предполагаются скальные и полускальные грунты с жесткими структурными связями [9].

В грунтах со средней несущей способностью, такими как дисперсные грунты с водноколлоидными и механическими структурными связями, выемка предполагается из футляра [9].

Одним из вариантов машины для разработки грунта может служить алмазно-канатная машина, которую в большинстве случаев используют для добычи блоков натурального камня в открытых карьерах, путем отделения

монолита и разделения добытых блоков (рис. 5) [10].

Каретка алмазно-канатной машины имеет возможность радиального перемещения, позволяя формировать как вертикальные, так и горизонтальные пропилы в массиве породы. В предлагаемом автором статьи способе рассматривается возможность взять за основу принципы работы алмазно-канатной машины, а также её рабочий орган при разработке скальных и полускальных пород. В случае с грунтами менее плотными, дооснастить или заменить на гибкий рабочий орган с ковшами, скребками, зубцами, грунтозацепами и т.д. [10].

Формировать тоннели различных сечений и диаметров, преимущественно круговых, как наиболее часто используемых, возможно путем изменения положения привода рабочего органа по направляющей. Как оборудование для разработки грунта возможно применить также другие модификации и решения, работающие по схожим принципам [8].



Рис. 5. Общий вид Алмазно-канатной машины «Надежда 2» [10]

Зафиксировать нижний участок кругового сектора, образованного после выработки в грунтах с повышенной несущей способностью, возможно с помощью установки опорных пластин 9 [8].

Для формирования будущего футляра, начиная с нижнего участка,

круговые сектора в грунтах со средней несущей способностью после выемки, возможно по участкам, как показано на рисунке 6, армируя, фиксируя и заполняя бетоном [8].

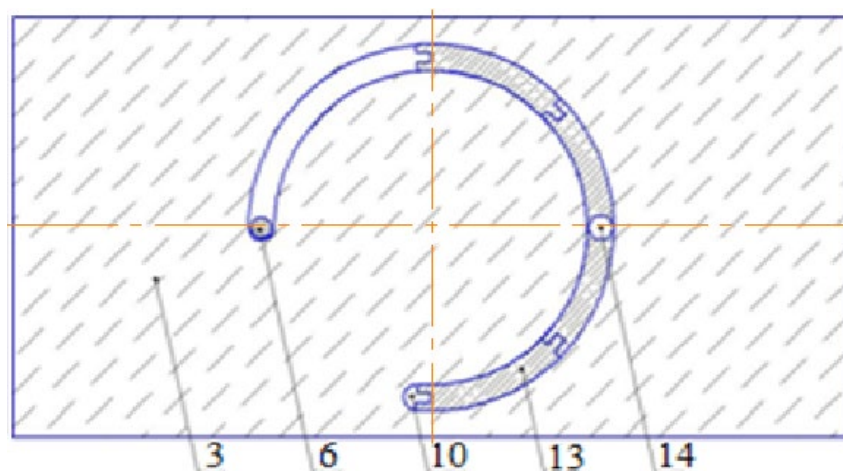


Рис. 6. Схематичное представление формирования футляра [8]:

3 – скальный грунт; 6 – рабочий орган; 10 – пилотная скважина;  
13 – сегмент футляра; 14 – фиксатор

При условии повышенной несущей способности грунта, в месте проведения работ, его извлечение возможно при выполнении следующих операций: анкерного соединения, монтируемого по оси вынимаемого грунта, и тягово-цепного устройства, на монтируемые в стартовый котлован рольганги. Обеспечение тягового усилия реализуется при использовании лебёдки или подобного оборудования. В пилотную скважину в 0 градусов относительно оси образованного тоннеля, как указано на рисунке 7, монтируют перфорированную трубу 11 на длину пилотной скважины и нагнетают антифрикционное вещество, при этом в месте монтажа опорных пластин 9 предусматривают ёмкость для сбора антифрикционного вещества [8].

Предполагается частичная выемка грунта на рольганг и его отделение при помощи алмазно-канатного троса с последующим удалением отделенной

части из стартового 1 котлована, операцию повторяют до полного удаления выработки грунта [8].

Грунты со средней несущей способностью возможно извлечь из футляра путем вымывания, продавливания, механизированным способом [8].

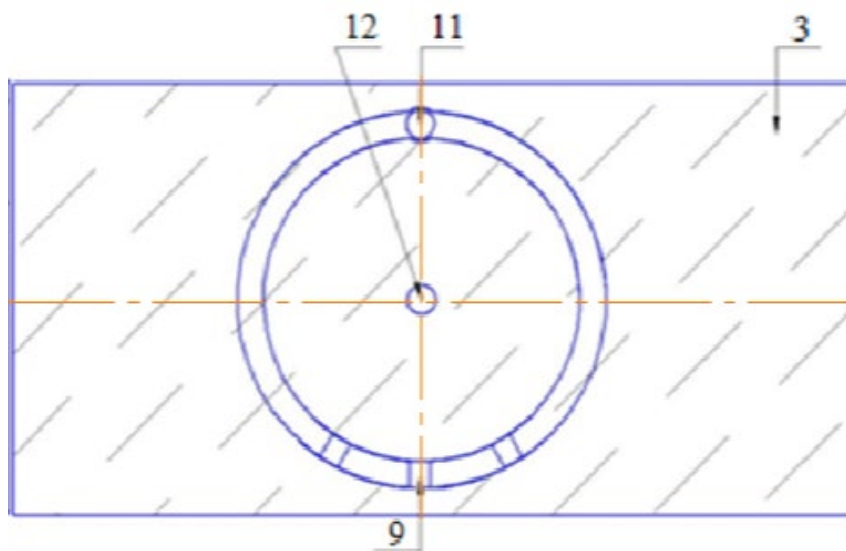


Рис. 7. Схематичное представление анкерного соединения и перфорированной трубы [8]:

3 – скальный грунт; 9 – упор; 11 – перфорированная труба; 12 – анкер

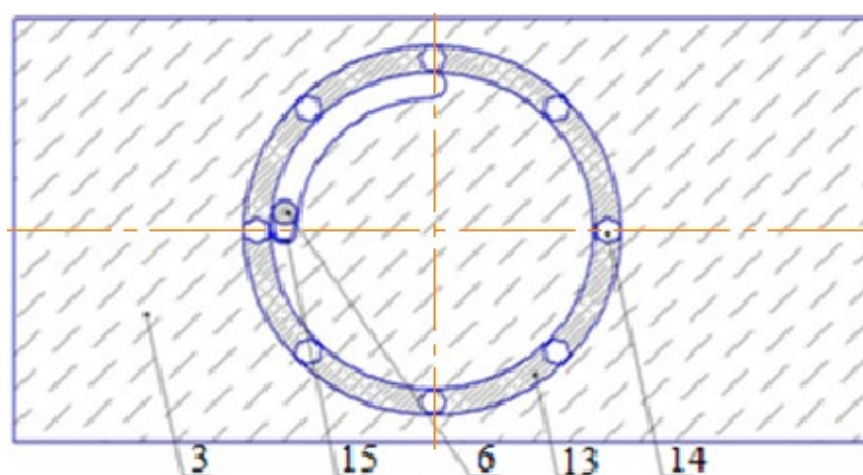


Рис. 8. Схематичное представление выемки грунта из футляра [8]:

3 – скальный грунт; 6 – рабочий орган; 13 – сегмент футляра; 14 – фиксатор;  
15 – вспомогательное устройство

Грунты со средней несущей способностью из футляра могут быть извлечены путем использования вспомогательных устройств 15, дополняемых к рабочим органам 6, как указано на рисунке 8. Как вспомогательное устройство можно использовать ковш, скребок, зубец, грунтозацеп [8].

При задании соответствующего алгоритма работы приводных механизмов расширяются возможности в части профиля формируемого тоннеля как указано на рисунке 9а – 9г [8].

Расширяются также и возможности в части формирования наклонных тоннелей в грунтах повышенной плотности; удаление грунта из места разработки; формирование усеченных и расширяемых тоннелей и т.д. [8].

Протяженность участка подлежащего разработке для прокладки трубопроводов имеет ограничения по длине, из-за возможностей, связанных с рабочим органом, оборудованием, а также несущей способностью грунта.

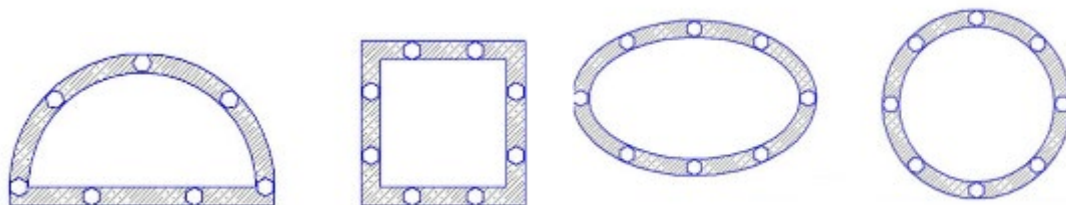


Рис. 9. Возможные формы сечения футляров [8]:

а – полукруговой; б – квадратный; в – эллипсовидный; г – круговой.

Анализируя существующие способы и сравнивая с предложенным автором статьи способом, мы выяснили что по общим признакам в уровне техники не было выявлено совпадений, и это подтверждается проведенными экспертизой и патентным поиском.

Поскольку исследование с использованием цифровых двойников со сложным мультидисциплинарным производственным циклом, могут себе позволить немногие исследовательские и экспериментальные площадки,

наряду с необходимостью поиска достоверных сведений для исходных данных к проведению эксперимента, возникает потребность в проведении масштабного исследования по направлениям изысканий. Достоверные результаты исследований, с использованием имитаторов исполнительных механизмов, позволяют оценить опытным путем протекающие процессы при реализации поставленных задач, уйти от сложных мультидисциплинарных производственных и расчетных циклов.

Для исследования процессов, протекающих при реализации предложенного автором статьи способа бестраншейной прокладки трубопроводов, была создана модель-имитатор, позволяющая моделировать рабочие условия. Модель-имитатор представляет собой конструктивное решение рабочего оборудования для реализации бестраншейного способа прокладки трубопроводов, представленная на рисунке 10 [8], включающая параллельно расположенную систему приводов, предполагаемых к установке в стартовом и приемном котлованах (приямках) соответственно, платформу 16, на которой установлены механизм поворота и привода, состоящие из электрического двигателя 17 и редуктора 18.

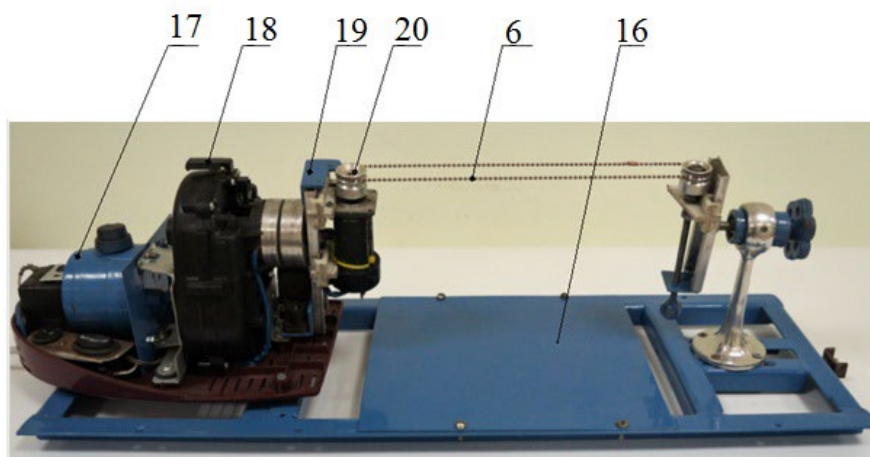


Рис. 10. Фотография модели-имитатора оборудования для реализации бестраншейного способа прокладки трубопроводов [8]  
(размеры установки – длина 60 см, ширина 25 см, высота 25 см)

Выходной вал редуктора 18 приводного механизма, приводит во вращение направляющий орган 19, с установленным на нем приводом 20 рабочего органа 6. Привод 20 рабочего органа 6 имеет возможность перемещения по направляющему органу. Поступательным движением осуществляется разработка породы по траектории, задаваемой вращающимся направляющим органом. Существует возможность сонаправленного движения работы приводных механизмов, тем самым обеспечивается заданный режим их работы [8].

К плюсам подобного конструктивного решения можно отнести: возможность унификации приводных механизмов; простоту конструкции; экологичность выполнения работ при использовании оборудования; адаптивность к различным климатическим условиям; применение типовой номенклатуры используемых деталей и узлов; регулирование параметров работы в широком диапазоне; низкую стоимость производства и т.д. [8].

Модель-имитатор является опытно-конструкторской разработкой и используется для проведения испытаний имитаторов исполнительных органов, реализующих технологию бестраншейных прокладки трубопроводов предложенную автором статьи [8].

На базе модели-имитатора оборудования был проведён эксперимент, на начальном этапе которого были подготовлены материалы для исследования. В качестве рабочего органа модели-имитатора использовалась цепь, имеющая в своем составе элементы с возможностью резания грунта. В качестве имитации скального грунта, подлежащего разработке, использовался образец камня, изготовленный из гипса – разновидность природного камня с добавлением минералов, полуводный состав  $\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  (алебастр). В качестве оборудования для формирования образца и отверстий с целью имитации пилотных скважин в грунте, использовался

---

шуруповёрт строительный с насадкой миксер 60мм х 300мм и сверлом по бетону диаметром 6мм. Емкость 20см х 20см х 20см. Для разметки образца использовался транспортир 10см, линейка 30см, карандаш.

На первом этапе осуществляется заполнение емкости, для формирования камня, водой на 25% от объема. Устанавливается насадка миксер на шуруповёрт. В емкость постепенно засыпается алебастр, при этом производится смешение при помощи насадки миксер. Осуществляется процесс формирования однородной массы по средствам внесения в емкость алебаstra и воды до получения однородной вязкой субстанции, в объеме ограниченном емкостью. Полученная субстанция находится в состоянии покоя до формирования гипсового камня. В зависимости от условий проведения процедуры, время формирования гипсового камня может быть вариативным.

На втором этапе производится выемка образованного гипсового камня из емкости, подготовка к разметке для работы с материалом.



Рис. 11. Фотография образца для проведения эксперимента

Удаляются все препятствующие разметке неровности поверхности. С помощью транспортира, линейки, карандаша производится разметка образца как показано на рисунке 11.

На третьем этапе производится формирование параллельных отверстий в образце на угол 0 и 225 градусов вдоль оси Z, через все тело образца. Процедура производится при помощи шуруповёрта с установленным на него сверлом по бетону как указано на рисунке 12.

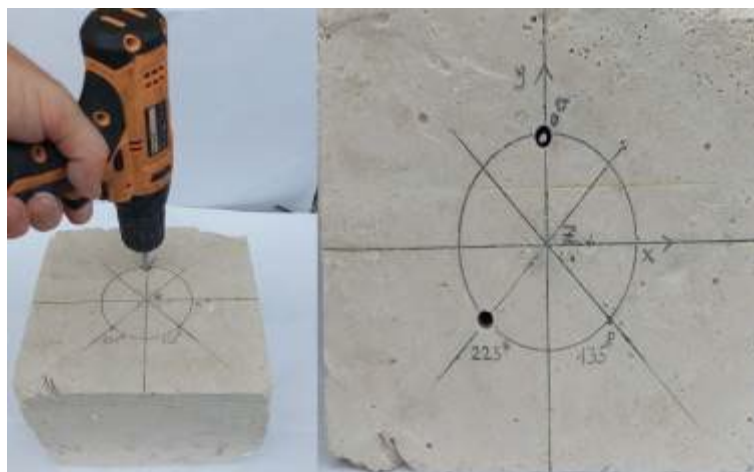


Рис. 12. Фотография формирования отверстий в образце

На четвертом этапе производится монтаж камня на стенд-имитатор для проведения эксперимента. Осуществляется пропускание рабочего органа модели-имитатора в отверстие на 225 градусов. Далее производится монтаж рабочего органа к приводам установки как указано на рисунке 13.



Рис. 13. Фотография монтажа образца на модель-имитатор

На пятом этапе производится разработка нижнего участка в образце на угол 225 – 135 градусов. Разработка участка производится путем поступательного движения рабочего органа и вращательного движения

направляющего органа, установленного на приводе, обеспечивающим радиальное перемещение. Разработка производится до полного удаления материала на рассматриваемом участке как указано на рисунке 14.



Рис. 14. Фотография разработки нижнего участка в образце

На шестом этапе производится разработка верхних участков в образце на угол  $0 - 135$  и  $0 - 225$  градусов. Разработка участков производится путем поступательного движения рабочего органа и вращательного движения направляющего органа, установленного на приводе обеспечивающим радиальное перемещение. Разработка производится до полного удаления материала на рассматриваемых участках как указано на рисунке 15.

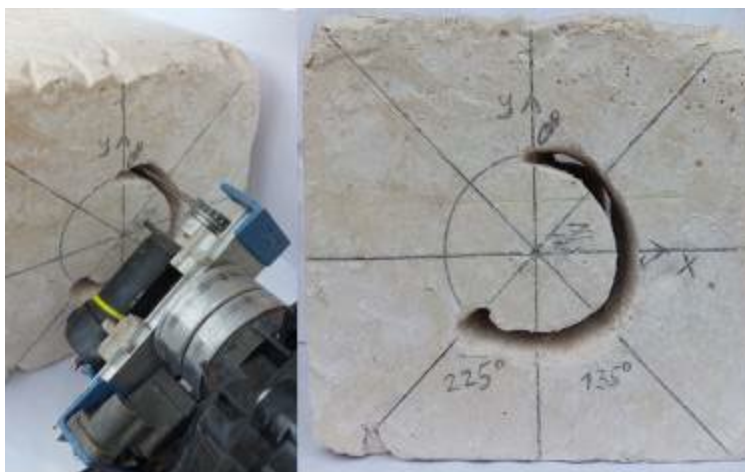


Рис. 15. Фотография разработки верхних участков в образце

Далее производится демонтаж рабочего органа с приводов модели-имитатора и извлечение из камня. Демонтаж образца со стенда-имитатора и извлечение образованной выработки из образца представлено на рисунке 16.

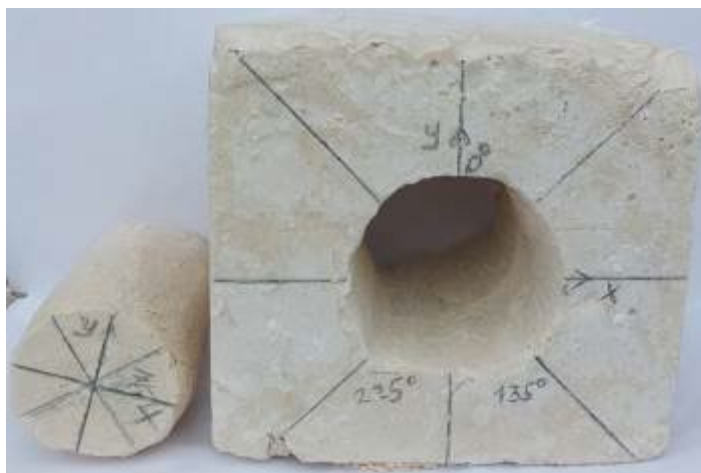


Рис. 16. Фотография демонтажа образца с модели-имитатора

В результате научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы планируется разработать рекомендации по применению различных приводных механизмов и исполнительных органов оборудования в различных природных условиях, для различных типов грунта, а также оптимизация параметров вновь разрабатываемых механизмов. Необходима разработка цифрового двойника, оборудования со сложным мультидисциплинарным производственным циклом и выполнение сравнительных исследований на его основе с использованием результатов полученных по итогам проведенных на стенде-имитаторе экспериментов. В дальнейшем исследовании планируется рассмотреть многофакторный анализ для развития метода, предлагаемого автором статьи.

Полученные путем эксперимента сведения и заключение экспертизы Федерального института промышленной собственности подтверждают возможность применения заявленного метода для бестраншейной прокладки трубопроводов, он может быть использован для линейной прокладки

трубопроводов под естественными и искусственными преградами, линейно-протяженными сооружениями. Применение способа снижает риски связанные с типом грунта в месте проведения работ, вероятностью отклонения от намеченного пути, диаметром прокладываемых труб, профилем формируемого футляра, использованием дорогостоящего оборудования, использованием взрывчатых веществ, необходимостью проведения работ по всей площади участка в его поперечном сечении и его длине.

### Литература

1. Дубенских М.С., Каргин А.А., Гилязидинова Н.В. Технологии бестраншейной прокладки коммуникаций // Россия молодая: II Всерос., 55 науч.-практ. конф. Кемерово. 2010. 399 с.
2. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий. М.: ПрессБюро №1. 2005. 304 с.
3. Hennig P. Trenchless installation methods of Sea Outfalls // International Symposium on Outfall Systems. Argentina. 2011. URL: [osmgrp.gov.ar/symposium2011/Papers/50-henning.pdf](http://osmgrp.gov.ar/symposium2011/Papers/50-henning.pdf).
4. Downey D. Innovation in Water and Wastewater Pipe Construction and Renovation. San Fran – moves at golden rate. Trenchless international. Лондон. Великобритания. 2014. URL: [trenchlessinternational.com/pdfs/TRI\\_JULY14\\_web.pdf](http://trenchlessinternational.com/pdfs/TRI_JULY14_web.pdf).
5. Томарева И.А., Сердюков В.С., Гаврилов К.С. Сравнительный анализ способов укладки трубопроводов в условиях месторождения Каменномысское море // Инженерный вестник Дона. 2022. №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8052](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8052).
6. Томарева И.А., Косьмина А.С., Косьминин Р.С., Шин В.А., Степанов Е.Г. Выбор конструкции подводного перехода газопровода при

строительстве в сложных природных условиях// Инженерный вестник Дона. 2025. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10045.

7. Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник. 3-е изд. Ростов на Дону: Феникс. 2004. 752 с.

8. Лабынцев В.В. Волг. гос. тех. ун-т. Способ бестраншейной прокладки трубопроводов. Патент №2818796 РФ. МПК F16L1/028; E21D9/08. №202313. Заявл. 29.11.23. Опубл. 06.05.2024. Бюл. №13. URL: fips.ru/EGD/dcb75376-f2cb-4203-9c17-2e267ddc0ccb.

9. Данилкин М.С., Шубин А.А. Технология строительного производства: учеб. пособие. Ростов на Дону: Феникс. 2009. 505 с.

10. Карасев Ю.Г., Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня: учеб. пособие. СПб: Санкт-Петербургский горный ин-т. 1997. 428с.

### References

1. Dubenskih M.S., Kargin A.A., Giljazidinova N.V. Tehnologii bestranshejnoj prokladki komunikacij [Trenchless communication laying technologies]. Rossiya molodaja: II Vserossj., 55 nauch. prakt. konf. Kemerovo. 2010. 399 p.

2. Rybakov A.P. Osnovy bestranshejnyh tehnologij [Fundamentals of trenchless technologies]. M.: PressBjuro №1. 2005. 304 p.

3. Hennig P. Trenchless installation methods of Sea Outfalls. International Symposium on Outfall Systems. Argentina. 2011. URL: osmgrp.gov.ar/symposium2011/Papers/50-henning.pdf.

4. Downey D. Innovation in Water and Wastewater Pipe Construction and Renovation. San Fran moves at golden rate. Trenchless international. London. United Kingdom. 2014. URL: trenchlessinternational.com/pdfs/TRI\_JULY14\_web.pdf.



5. Tomareva I.A., Serdjukov V.S., Gavrilov K.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8052](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8052)
6. Tomareva I.A., Kosmjzina A.S., Kosmjzin R.S. Shin V.A., Stepanov E.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10045](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2025/10045)
7. Beleckij B.F., Tehnologija i mehanizacija stroitel'mjznogo proizvodstva [Technology and mechanisms of construction production]. Uchebnik 3-e izd. Rostov na Donu: Feniks. 2004. 752 p.
8. Labjantsev V.V. Volg. gos. teh. universitet. Sposob bestranshejnoj prokladki truboprovodov [Method of trenchless laying of pipelines]. Patent №2818796 RF. MPK F16L1/028; E21D9/08. №202313. Zayavl. 29.11.23. Opubl. 06.05.2024. Byul. №13. URL: [fips.ru/EGD/dcb75376-f2cb-4203-9c17-2e267ddc0ccb](http://fips.ru/EGD/dcb75376-f2cb-4203-9c17-2e267ddc0ccb).
9. Danilkin M.S., Shubin A.A., Tehnologija stroitel'nogo proizvodstva [Technology of construction production]. Uchebj. posobie. Rostov na Donu: Feniks. 2009. 505 p.
10. Karacjov Ju. G., Bakka N.T., Prirodnyj kamen'. Dobycha blochnogo i stenovogo kamnja. [Natural stone. Extraction of block and wall stone]. Uchebj. posobie. SPb: Sankt Peterburgskij gornyj institute. 1997. 428 p.

**Дата поступления: 14.09.2025**

**Дата публикации: 25.10.2025**