

Г. Н. РЯЗАНОВА  
Ю. Ю. ЧУРИЛИНА

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ДЮКЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

### TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE DUCKER DEVICE FOR TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS

*Обеспечение эффективной работы магистральных нефтепроводов – одна из важнейших и актуальных задач России. Устройство дюкера – технологически сложный этап строительства трассы магистрального нефтепровода. Важно правильно произвести выбор метода монтажа трубопровода, так как от этого будет зависеть скорость выполнения строительства, экономические затраты на работы, надежность участка подводного перехода и, как следствие, бесперебойная работа всего магистрального нефтепровода, экологичность как выполнения работ по укладке, так и дальнейшего функционирования подводного перехода. Целью данной работы является выполнение сравнительного анализа методов устройства дюкеров, выделение достоинств и недостатков каждого метода. Результаты работы могут быть применены при строительстве новой трассы, а также при капитальном ремонте отработавших свой срок подводных переходов.*

**Ключевые слова:** нефтепровод, подводный переход, дюкер, траншея, укладка, метод, бурение

На сегодняшний день в нашей стране существует более 5000 подводных переходов магистральных нефтепроводов, а их общая длина превышает 3000 км. Это одни из самых уязвимых составляющих магистралей. Работы по устранению последствий аварийных случаев на воде более трудоемки, продолжительно по времени и технически сложно, чем на суше, при этом наносится колоссальный вред экологии [1–5]. Поэтому для обеспечения надежности и бесперебойности функционирования всей системы трубопроводного транспорта необходимо обеспечить надежность подводных переходов. Это в большой степени зависит от оптимального выбора метода устройства и укладки подводного перехода магистрального нефтепровода. Задачей данной работы является рассмотрение существующих методов укладки подводного перехода, выделение особенностей производства работ, определение достоинств и недостатков.

В настоящее время методы устройства дюкеров делятся на траншейные и бестраншей-

*The efficient operation of main oil pipelines - one of the most important and urgent problems of Russia. Ducker - one of the most technologically advanced stages of construction of the road trunk pipeline. It is important to make the right choice of the method for installing the pipeline, since the speed of construction, economic costs of work, the reliability of the underwater crossing section, and, as a consequence, the uninterrupted operation of the entire main oil pipeline, environmental friendliness of both the installation and further operation will depend on this. underwater passage. Thus, the purpose of this work is to perform a comparative analysis of the methods for the construction of siphons, highlighting the advantages and disadvantages of each method. The results of the work can be applied in the construction of a new route, as well as in the overhaul of underwater crossings that have worked out their time.*

**Keywords:** oil pipeline, underwater crossing, siphon, trench, laying, method, drilling

ные [6] (см. таблицу). Траншейные методы наиболее распространены вследствие хорошей технической оснащенности организаций, но с экономической точки зрения бестраншейные методы более выгодны, так как отсутствует необходимость в нарушении естественного покрытия земной поверхности и, следовательно, отсутствует такой этап работ, как рекультивация нарушенных территорий.

При данном методе строительства выполняются следующие работы: участки трубопровода укладываются на берегу в нитку, свариваются, стыки изолируются, проводятся работы по изоляции, балластировке и футеровке трубопровода. Далее, в зависимости от выбранной схемы укладки, нефтепровод укладывается в траншею [7].

Траншейные методы характеризуются большим объемом земляных работ, которые включают работы по срезке береговых склонов, разработке траншеи, засыпке траншеи, берегоукреплению, рекультивации нарушен-

ных земель. Стоимость выполнения земляных работ составляет примерно половину общей стоимости устройства подводного перехода.

Рассмотрим основные схемы укладки нефтепровода при траншейном способе устройства подводного перехода нефтепровода [8].

1. *Метод протаскивания по дну траншеи*

Суть метода заключается в следующем. Подготовленный к укладке трубопровод размещается на спусковой дорожке, зацепляется к тросу, заранее проложенному по дну траншеи, протягивается за этот трос при помощи трактора или тяговой лебедки. После гидравлического испытания трубопровода, проведения водолазного обследования на соблюдение проектных отметок положения траншея засыпается (рис. 1).

Достоинством данного метода является то, что процесс судоходства при выполнении укладки нефтепровода не прекращается.

2. *Погружение нефтепровода с поверхности воды*

При данном способе укладки подготовленный нефтепровод размещается на плавучем устройстве, затем погружается при положительной плавучести затоплением, а при отрицательной плавучести – отсоединением удерживающих нефтепровод на плавучем устройстве приспособлений.

Проводится обследование положения нефтепровода (рис. 2).

3. *Укладка трубопроводов, сооружаемых по схеме «труба в трубе»*

Существует две схемы исполнения данного метода укладки (рис. 3):

1) В наружную трубу укладывается трос, затем она опускается в подготовленную траншею, заполняясь при этом водой. Траншея засыпается. Далее внутрь наружной уложенной трубы протаскивается внутренняя, меньшего диаметра. Межтрубное пространство заполняется утяжеляющим раствором, к примеру песчано-гравийной смесью. Для обеспечения проектного положения внутреннего трубопровода его оснащают катками.

2) Внутренняя труба помещается в наружную на берегу, далее эта конструкция размещается на плавучем устройстве и погружается с заполнением внутреннего трубопровода водой. Проводится водолазное обследование на соответствие проектного положения. Затем заполняется межтрубное пространство утяжеляющим раствором.

В отличие от траншейного метода, бестраншейный способ укладки подводного перехода подразумевает минимальное количество земляных работ. Рассмотрим основные схемы укладки.

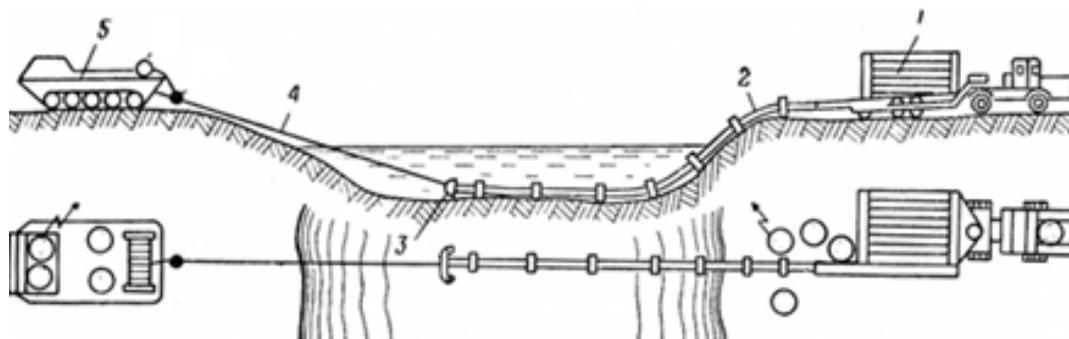


Рис. 1. Протаскивание нефтепровода по дну траншеи: 1 – экскаватор; 2 – протягиваемый нефтепровод; 3 – головка; 4 – тяговый трос; 5 – тяговая лебедка



Рис. 2. Подготовленный к погружению нефтепровод

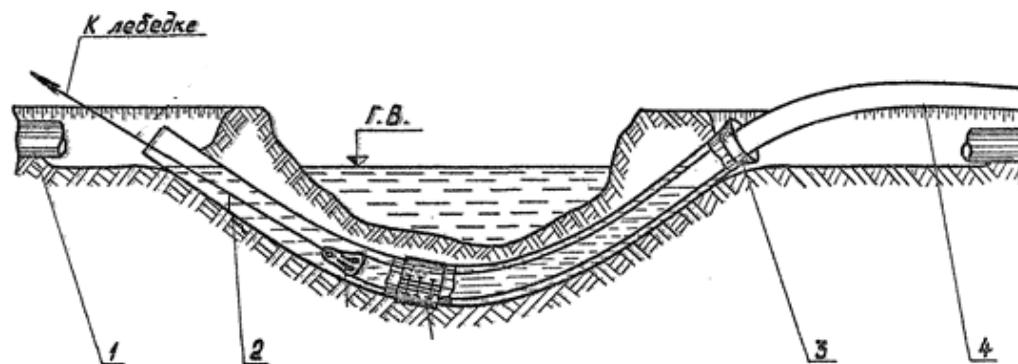


Рис. 3. Укладка трубопровода по схеме «труба в трубе»:  
1 – основной трубопровод; 2 – тяговый трос; 3 – раструб; 4 – протягиваемый трубопровод

### 1. Метод прокола

При данном способе укладки прокладываемый трубопровод, на который надет специальный наконечник, продавливается из первого котлована во второй. Грунт при этом не извлекается, так как наконечник при своем движении его раздвигает и происходит уплотнение стенок (рис. 4).

### 2. Метод продавливания

Метод продавливания идентичен методу прокола и отличается только тем, что грунт разрабатывается специальными ножевыми приспособлениями, а затем удаляется из скважины механизмами или вручную.

Методы прокола и продавливания не используются для устройства подводных переходов магистральных трубопроводов, так как

рассчитаны на диаметры до  $D=500$  мм, а также на непротяженные трубопроводы длиной до 150 м (рис. 5).

### 3. Метод наклонно-направленного бурения

Суть данного метода заключается в следующем: под руслом реки пробуривается труба, которая примерно повторяет поперечный профиль водной преграды [9].

Устройство дюкера методом наклонно-направленного бурения включает следующие работы: в первую очередь пробуривается пилотная скважина. При этом ее диаметр должен быть меньше, чем диаметр нефтепровода. Далее с другого берега пилотную скважину расширяют до диаметра дюкера и протаскивают через получившуюся скважину [10] (рис. 6).



Рис. 4. Укладка трубопроводов методом прокола



Рис. 5. Укладка трубопроводов методом продавливания

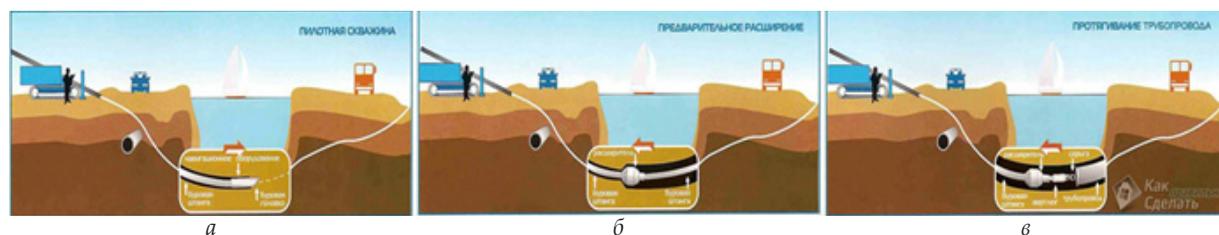


Рис. 6. Укладка наклонно-направленного бурения:  
а – образование пилотной скважины; б – предварительное расширение скважины;  
в – протягивание трубопровода

К достоинствам данного метода можно отнести:

- экологичность работ;
- высокие показатели надежности трубопровода;
- небольшую длительность производства строительства.

#### 4. Метод микротоннелирования

При данном методе производится строительство тоннеля проходческим щитом, который управляется дистанционно. Для того чтобы укрепить стенки тоннеля, используют прочные железобетонные трубы. Они из стартовой шахты проталкиваются пресс-рамой [11] (рис. 7).

К достоинствам метода относятся:

- русло реки в процессе работ не подвергается никаким воздействиям;
- глубина заложения дюкера намного больше прогнозируемой глубины предельного размыва русла, следовательно, метод характеризуется высокой защищенностью трубы от размыва и механических воздействий;
- экологичность производства работ;
- отсутствие помех судоходству.

Недостатки метода:

- возможность заклинивания дюкера, которое может привести к разрыву сварного шва;
- риск отклонения нефтепровода от запланированной траектории.

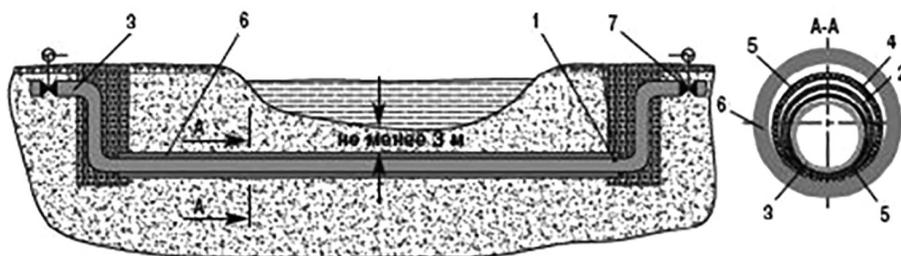


Рис. 7. Схема подводного перехода, уложенного по методу микротоннелирования:

- 1 – датчик, предназначенный для измерения давления; 2 – железобетонная труба; 3 – нефтепровод; 4 – пространство с инертно-газовой смесью; 5 – полиэтиленовый трубопровод; 6 – тоннель; 7 – крановый узел

#### 5. Метод тоннелирования

При щитовой проходке защитного кожуха-обделки выполняется укладка дюкера. Кожух представляет собой отдельные кольца – блоки-сегменты, находящиеся под защитой щита. Щитовые домкраты продвигают проходческий комплекс. При продвижении по тоннелю продельвается два вида нагнетания: 1) первичное; 2) контрольное – чтобы заполнить пустоты и трещины, образовавшиеся вокруг тоннеля [12].

К достоинствам метода можно отнести те же, что и у метода микротоннелирования. Но недостатки второго метода тоннелирования отсутствуют. Тем не менее стоит учитывать, что у обоих методов грунт и труба являются тесно связанными друг с другом, поэтому при каких-либо изменениях в грунте (например возникновение полостей, трещин) есть вероятность разрушения подводного перехода и возникновения аварийной ситуации.

#### 6. Метод «кривых»

Данный метод является комбинацией двух методов: наклонно-направленного бурения и микротоннелирования, но имеет важное отличие от наклонно-направленного бурения: при выполнении устройства дюкера методом «кривых» используются изогнутые трубы [13]. Это

позволяет уменьшить радиус изгиба нефтепровода и, следовательно, сократить длину подводного перехода, что в свою очередь делает проект более экономичным и быстровыполнимым.

Дюкер при строительстве данным методом можно укладывать в любых грунтах благодаря использованию в качестве бура микрощита, за которым далее следует нефтепровод. Таким образом, все работы по укладке можно разделить на три этапа:

- 1) подготовка к выполнению работ;
- 2) строительные-монтажные работы по укладке трубопровода;
- 3) этап демонтажа оборудования и проведения гидравлических испытаний нефтепровода.

#### 7. Метод устройства дюкера с помощью реверсивного раскатчика скважин

Реверсивный раскатчик предназначен для осуществления проходки наклонных и вертикальных скважин в дисперсных уплотняемых грунтах, а также в грунтах с включениями крупнообломочных частиц.

Суть метода заключается в том, что сначала установка направленного бурения пробуривает лидерную скважину. Затем раскатчик расширяет скважину без помощи бентонитового раствора. Одновременно выполняется затягивание трубопровода (рис. 8).

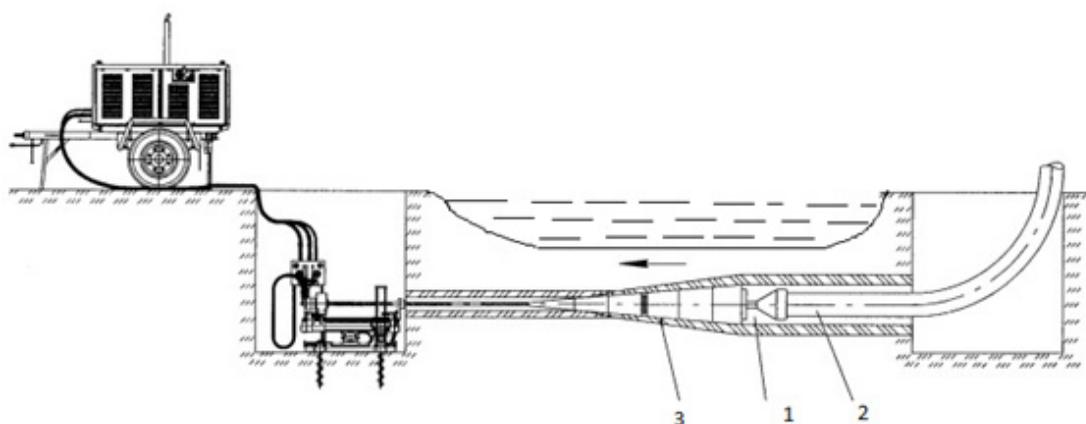


Рис. 8. Схема расширения скважины и затягивание в расширенную скважину нефтепровода:  
1 – расширение скважины реверсивным раскатчиком; 2 – затягиваемый нефтепровод;  
3 – уплотненная зона грунта

### Сравнительный анализ методов устройства дюкеров

Критерий	Траншейный метод	Бестраншейный метод
Сезонность	Имеет ограничения, т. к. работы по рытью траншеи в зимнее время затруднительны	Возможна прокладка труб круглый год
Время строительства	Большое количество времени занимают земляные работы: рытье траншеи, устройство спусковой дорожки, засыпка траншеи, рекультивация нарушенных земель	Сроки выполнения работ, по сравнению с траншейным методом, могут быть сокращены до 20 раз, т. к. земляные работы отсутствуют
Влияние на экологию	Нарушение верхнего слоя почвы и дна водоема, вследствие чего гибнет растительность и животный мир	Практически безвредны для окружающей среды
Эффективность и надежность эксплуатации подводного перехода	При строительстве привлекается много техники, которая может создать не сразу заметный дефект подводному переходу, который в течение короткого времени может привести к аварии. При некачественной засыпке траншеи могут образовываться пустоты, в которых будет скапливаться вода, приводящая к коррозии трубопровода	При устройстве дюкера с помощью наклонно-направленного бурения может произойти размывание грунта, что приведет к коррозии. Но в любой схеме бестраншейного метода грунт не разрабатывается полностью, как в траншее, а значит, его плотность больше и меньше риск попадания воды
Стоимость работ	Высокая стоимость выполнения монтажа вследствие привлечения большого количества техники и рабочих на земляные работы	Требуется небольшое количество техники и рабочих бригад. Стоимость работ, по сравнению с траншейным методом, может снижаться до 50 %

**Достоинства метода:**  
 просадка грунта на поверхности невозможна;  
 отсутствие необходимости укрепления бетоном, что значительно снижает стоимость выполнения работ по сравнению с методом наклонно-направленного бурения;  
 значительное снижение рисков повреждения затягиваемых труб благодаря гладким стенкам скважины, образуемой раскатчиком;  
 высокая точность проходки;  
 возможность использования метода в различных видах грунта.

**Вывод.** Более предпочтительным по критериям сравнения является бестраншейный метод. Но, тем не менее, выбор метода устройства дюкера должен выполняться индивидуально для каждого подводного перехода. Для этого необходимо провести анализ климатических, гидрологических и гидрометеорологических условий, технологических характеристик нефтепровода, технической оснащенности монтажной организации, экономических возможностей заказчика и других требований к подводному переходу. Главное – это обеспечение надежности подво-

дного перехода и уменьшение возникновения рисков аварий и, как следствие, обеспечение надежной, эффективной и бесперебойной работы всей трубопроводной системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубопроводный транспорт нефти: в 2 т. / Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак и др.; под ред. С.М. Вайнштока. М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2002. Т. 1. 407 с.

2. Яковлева М.В., Фролов Е.А., Фролов А.Е. Безопасность очистных сооружений нефтехимических предприятий // Градостроительство и архитектура. 2012. Т. 2, № 1. С. 70–73. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.13.

3. Балзанныков М.В., Родионов М.В., Селиверстов В.А. Повышение экологической безопасности эксплуатируемых грунтовых гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2011. Т. 1, № 1. С. 100–105. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.20.

4. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Оценка надежности гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2012. Т. 2, № 1. С. 64–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.12.

5. Попов Д.В. Оперативный акустический метод контроля водопроницаемости бетона гидротехнических сооружений // Градостроительство и архитектура. 2012. Т. 2, № 3. С. 66–67. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.03.14.

6. ВСН 010-88. Строительство магистральных трубопроводов. Подводные переходы / Миннефтегазстрой. М: ВНИИСТ, 1990. 8 с.

7. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика). М.: ПрессБюро, 2005. 100 с.

8. ВСН 31-81. Инструкция по производству строительных работ в охраняемых зонах магистральных трубопроводов Министерства нефтяной промышленности. М., 1981. 6 с.

9. Мустафин Ф.М., Лаврентьев А.Е. Строительство подводных переходов трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения. Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001. 208 с.

10. Бородавкин П.П., Березин В.Л. Сооружение магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1977. 407 с.

11. Сальников А.В., Зорин В.П., Агинец Р.В. Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках Печорского бассейна. Ухта: УГТУ, 2008. 108 с.

12. Carl Gatlin. Petroleum engineering. Drilling and well completions / Carl Gatlin, N.J.: PRENTICE-HALL, INC. Englewood Cliffs, 1960. 348 p.

13. Wilson N., Taylor F. The Building of Trans Mountain, Canada, s First Oil Pipeline Akross the Rockies. Vancouver, 1954.

2. Jakovleva M.V., Frolov E.A., Frolov A.E. Safety of clean compounds of nephthemic enterprises. *Gradosroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2012. Vol. 2, no. 1. pp. 70–73. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.13.

3. Bal'zannikov M.V., Rodionov M.V., Seliverstov V.A. Increase of ecological safety of exploited soil hydrotechnical compounds. *Gradosroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011. Vol. 1, no. 1. pp. 100–105. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.20.

4. Evdokimov S.V., Dormidontova T.V. Assessment of the reliability of hydrotechnical compounds. *Gradosroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2012. Vol. 2, no. 1. pp. 64–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2012.01.12.

5. Popov D.V. Operative acoustic method for controlling water permeability of concrete of hydrotechnical compounds. *Gradosroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2012. Vol. 2, no. 3. pp. 66–67. (in Russian)

6. VSN 010-88/Minneftegazstroj «Stroitel'stvo magistral'nyh truboprovodov. Podvodnyye perehody» [VSN 010-88/ Миннефтегазстрой “Construction of magistral pipelines. Underwater transitions”]. Moscow, NYVIST, 1990. 8 p.

7. Rybakov A.P. Osnovy bestranshejnyh tehnologij (teorija i praktika) [Basics of brisk technologies (theory and practice)]. Moscow, PressBureau, 2005. 100p.

8. VSN 31-81. *Instrukcija po proizvodstvu stroitel'nyh rabot v ohrannyh zonah magistral'nyh truboprovodov Ministerstva nefljanoj promyshlennosti* [VSN 31-81. Instructions for the production of construction works in the security zones of the magistral pipelines of the Ministry of Oil Industry]. Moscow, 1981. 6 p.

9. Mustafin F.M., Lavrent'ev A.E. *Stroitel'stvo podvodnyh perehodov truboprovodov metodom gorizontaľno-napravlennoĝo burenija* [Construction of underwater transitions of pipelines by horizontal directional drilling]. Ufa, DesignPolygraphService, 2001. 208 p.

10. Borodavkin P.P., Berezin V.L. *Sooruzhenie magistral'nyh truboprovodov* [Sorting of magistral pipelines]. Moscow, Nedra, 1977. 407 p.

11. Sal'nikov A.V., Zorin V.P., Aginej R.V. *Metody stroitel'stva podvodnyh perehodov gazonefteprovodov na rekah Pechorskogo bassejna* [Methods of construction of underwater transitions of gas-oil pipelines on the rivers of the Pechorsky pool]. Ukhta, UGTU, 2008. 108 p.

12. Carl Gatlin. Petroleum engineering. Drilling and well completions. PRENTICE-HALL, INC. Englewood Cliffs, 1960. 348 p.

13. Wilson N., Taylor F. The Building of Trans Mountain, Canada, s First Oil Pipeline Akross the Rockies. Vancouver, 1954.

## REFERENCES

1. Vasil'ev G.G., Korobkov G.E., Korshak A.A. *Truboprovodnyj transport nefti* [Pipeline transport of oil]. Moscow, Nedra - Business Center, 2002, Vol. 1. 407 p.

Об авторах:

**РЯЗАНОВА Галина Николаевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: ryazanovagn55@mail.ru

**RYAZANOVA Galina Nikolaevna**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Technology of Construction Process Organization Chair  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: ryazanovagn55@mail.ru

**ЧУРИЛИНА Юлия Юрьевна**

магистрант факультета промышленного и гражданского строительства  
Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: q15.09.98@mail.ru

**CHURILINA Yulia Yu.**

Master's Degree Student of the Faculty of Industrial and Civil Engineering  
Samara State Technical University  
Academy of Architecture and Civil Engineering  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: q15.09.98@mail.ru

Для цитирования: Рязанова Г.В., Чурилина Ю.Ю. Технологические особенности устройства дюкеров для транспортирования нефтепродуктов // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 41–47. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.7.

For citation: Rjazanova G.V., Churilina Ju.Ju. Technological features of the ducker device for transportation of petroleum products. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 41–47. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.02.7.

## ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ»

Направления  
деятельности



Конференция посвящена проблемам и перспективам развития в области строительства и архитектуры, охраны окружающей среды и энергетики.

**Форма участия:** очная, заочная, дистанционная.  
Участие в конференции – **бесплатно**.

Материалы конференции будут опубликованы в электронном сборнике статей, а также размещены в Научной электронной библиотеке (elibrary.ru) и включены в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).  
Стоимость публикации – **бесплатно**.

Руководитель



Председатель – директор АСА, к.т.н., профессор М.В. Шувалов  
Зам. председателя – декан ФПГС АСА, к.т.н., доцент А.А. Пищулев

Контакты



Белякова Елена Анатольевна

тел. (846) 339-14-38, 339-14-15  
E-mail: konferencia.asa@samgtu.ru

Самарский государственный технический университет  
Академия строительства и архитектуры (АСА СамГТУ)  
443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194