

УДК 621.644

**В.А. Орлов, С.П. Зоткин, К.Е. Хренов, И.С. Дежина, И.О. Богомолова**  
 ФГБОУ ВПО «МГСУ»

## **ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Представлен анализ различных типов внутренних защитных покрытий трубопроводов для обеспечения прочностных и гидравлических характеристик восстанавливаемого трубопровода, соответствующих покрытиям, методов эффективной бестраншейной реновации инженерных сетей водоснабжения и водоотведения — круглых в профиле труб меньшего, чем ветхий трубопровод диаметра, плотно прилегающих к старому трубопроводу труб, напыляемых облицовок на основе органических и неорганических материалов. Проанализированы методы бестраншейной реновации нанесением защитных покрытий: протягиванием в старый трубопровод новых труб из полимерных материалов или полимерных рукавов, центробежным набрызгом на внутреннюю поверхность трубопроводов неорганических и органических защитных покрытий. Дано обоснование необходимости учета потенциала энергосбережения различных защитных покрытий, реализуемых бестраншейных технологий.

**Ключевые слова:** защитные покрытия, реновация, трубопроводы, бестраншейные технологии, прочностные показатели, гидравлические показатели.

Современный строительный рынок предлагает широкую гамму материалов, которые могут использоваться в качестве защитных покрытий трубопроводов при проведении ремонтно-восстановительных работ бестраншейными методами [1—4]. К числу таких материалов в первую очередь следует отнести изделия из полимеров в виде труб, тонкостенных рукавов, а также различного рода композитных материалов, являющихся эффективным средством для локализации дефектов трубопроводов систем водоснабжения, водоотведения и газоснабжения [5—7].

Применение подобных материалов в качестве защитных покрытий (оболочек, облицовок) позволяет за счет ликвидации повреждений трубопроводов (трещин, свищей, расхождений в стыках и т.д.) не только восстановить прочностные и гидравлические показатели трубопроводных сетей, но и содействовать предотвращению загрязнения окружающего инженерные трубопроводы пространства [8—10].

Отечественная и зарубежная практика бестраншейных технологий реновации и прокладки трубопроводов, использующая результаты научных исследований строительных материалов для защитных покрытий внутренних стенок трубопроводных сетей, предлагает ряд эффективных методов реновации трубопроводов. Среди них в первую очередь необходимо отметить такие, как нанесение на внутреннюю поверхность трубопроводов набрызгиваемыми методами полимерных смесей, использование рукавных материалов, бандажей, органических смол и др., которые позволяют обеспечить технико-экономиче-

ский эффект [11—13]. Конечной задачей исследователей и проектировщиков является правильный выбор типа защитной облицовки, которая в конкретной ситуации должна обеспечить требуемые технической экспертизой параметры с учетом диаметра трубопровода, его протяженности, степени износа, дефектов по длине и в местах стыков отдельных труб и т.д. [14—16].

На рис. 1 представлены применяемые на практике типы защитных покрытий, их возможности в достижении обеспечения требуемых прочностных и гидравлических показателей восстанавливаемой трубопроводной системы.

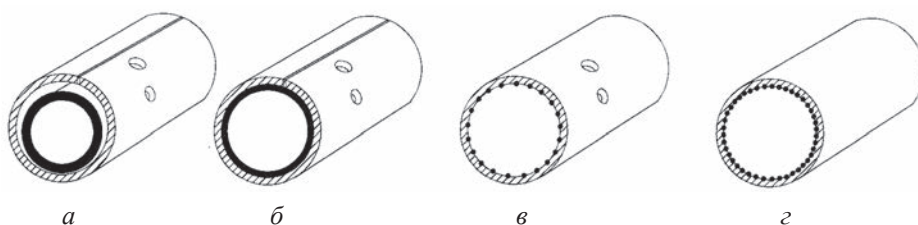


Рис. 1. Образцы типов защитных покрытий для восстановления ветхих трубопроводов различными бестраншейными методами: *а* — покрытие круглой в профиле трубой меньшего диаметра, чем ветхий трубопровод; *б* — полимерным рукавом или трубой, плотно прилегающих к ветхому трубопроводу; *в* — напыляемая облицовка на основе неорганических материалов; *г* — на основе органических материалов

При проведении анализа различных защитных покрытий необходимо классифицировать методы бестраншейной реновации, выделив область их применения для трубопроводов из соответствующих материалов, а также отразить специфику защитных покрытий.

Покрытие в виде круглой в профиле трубы (см. рис. 1, *а*), протягиваемой в старый трубопровод, широко применяется для восстановления водопроводных и водоотводящих сетей, выполненных из различных материалов (сталь, чугун, железобетон и бетон, хризотилцемент, керамика, кирпич и т.д.) при практически полной гамме диаметров используемых трубопроводов. В качестве протягиваемых труб в основном применяются полимерные, но не исключаются из рассмотрения трубы из других материалов [17].

Метод протягивания применим для локализации дефектов труб в виде трещин (продольных, поперечных, винтообразных), расхождений стыков, свищей, что позволяет обеспечить требуемые проектом прочностные характеристики восстанавливаемого трубопровода. К недостаткам метода относят необходимость заполнения межтрубного пространства и значительные усилия протаскивания [18]. Кроме того, значительное сужение живого сечения трубопровода может привести к нарушению гидравлических параметров восстановленного трубопровода [19, 20].

Избежать указанных проблем позволяет протягивание в старый трубопровод такой трубы, которая будет плотно прилегать к внутренней поверхности (см. рис. 1, *б*). На практике это осуществляется протаскиванием в восстанавливаемый трубопровод профильных (деформированных) U или C-образных полимерных труб (идентичного диаметра) с последующим их распрямлением паром при соответствующем давлении. Трубы деформируют как в заводских ус-

ловиях, так и на бровке траншей. Такой метод протягивания позволяет снизить усилия протаскивания и практически сохранить живое сечение трубопровода, создав, таким образом, условия для обеспечения требуемых гидравлических показателей. Перед реализацией данной технологии, как правило, определяют остаточный ресурс трубопровода [21].

Аналогичный эффект плотного прижатия защитных оболочек к внутренней стенке восстанавливаемого трубопровода достигается при использовании комбинированных рукавов (чулок) в виде однослойных и многослойных «мягких шлангов», а также ленточных облицовок [22].

В качестве примера один из типов мягких комбинированных рукавов (шлангов) приведен на рис. 2.

Комбинированные рукава протягиваются в восстанавливаемый трубопровод в деформированном состоянии и плотно прижимаются под давлением транспортируемой рабочей среды к внутренней стенке трубопроводов. При образовании вакуума, например, в период опорожнения участков сети для проведения профилактических мероприятий по их прочистке, рукава незначительно сужаются. Это не отражается на последующей работе восстановленной трубопроводной системы, так как под давлением рабочей жидкости снова происходит плотное прижатие рукава к стенке трубопровода.

Гидравлические и прочностные показатели восстановленного трубопровода практически не претерпевают изменений благодаря прочности рукава и гладкой внутренней поверхности новой трубной конструкции.

К рукавным технологиям могут быть также отнесены различного типа внутренние покрытия из полимерных материалов с толщинами слоев от 1 до 50 мм, обеспечивающие требуемые прочностные показатели при определенных значениях модулей упругости и ряда внешних факторов, таких как глубина залегания действующего трубопровода, наличие и величина горизонта подземных вод над ним. Тонкие полимерные рукава (чулки) вместе со старым трубопроводом образуют после полимеризации прочную самонесущую структуру.

Технология нанесения ленточных покрытий ребристого профиля на внутреннюю поверхность трубопроводов обладает уникальной особенностью, которая заключается в возможности функционирования восстанавливаемого трубопровода в период его реновации путем намотки бесконечной ленты и формирования новой трубы (рис. 3) [18]. Намотка ленточного покрытия осуществляется различными типами спирально-навивочных машин (рис. 3). При этом толщина слоя защитного покрытия, образующего трубу, незначительна, что не отражается на гидравлических показателях трубопроводной системы.

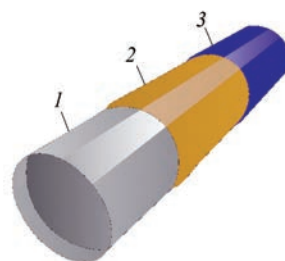


Рис. 2. Строение многослойного рукава: 1 — внутренний слой на основе полиэтилена; 2 — средний слой из бесшовной арамидной ткани для восприятия внутреннего давления и усилий протягивания; 3 — внешний слой из полиэтилена, устойчивый к истиранию

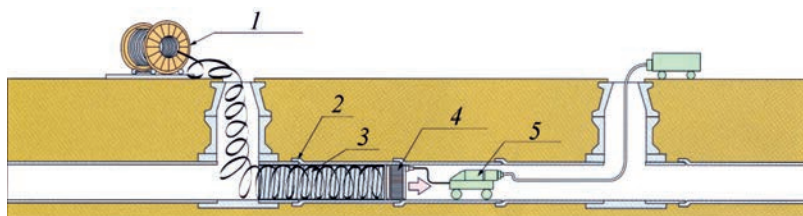


Рис. 3. Фрагмент реализации ленточной технологии при реновации водоотводящего трубопровода с помощью передвижной спирально-навивочной машины: 1 — бобина с бесконечной лентой; 2 — подлежащий реновации ветхий трубопровод; 3 — сформировавшаяся обсадная труба внутри ветхого трубопровода; 4 — самодвижущаяся спирально-навивочная машина; 5 — передвижное устройство для непрерывной подачи клеящего состава в замковые устройства

Представленное на рис. 1, в покрытие относится к классу напыляемых центробежным способом, в котором используются разбрызгивающие специальный строительный раствор головки. Типичным представителем данного покрытия является цементно-песчаное, которое позволяет локализовать дефекты в виде свищей, незначительных трещин и других повреждений. Основным предназначением защитного цементно-песчаного покрытия (ЦПП) является защита стального или чугунного трубопровода от коррозии благодаря появлению на границе раздела сред (например, сталь — цемент) тонкой прослойки гидроксиды кальция, предотвращающей явления коррозии.

Толщина слоя защитного покрытия колеблется от 4 до 16 мм соответственно для диаметров в диапазоне от 70 до 2000 мм. Необходимо отметить, что такая толщина защитного слоя не позволяет восстановить несущую способность трубопровода, однако сохраняет требуемые проектом гидравлические характеристики потока.

Весомой альтернативой ЦПП является органическое покрытие Скотч-Коут, наносимое центробежным набрызгом [23]. Покрытие позволяет сохранить свойства транспортируемой природной воды, обеспечить требуемый уровень надежности трубопроводных сетей и снижение их аварийности, уменьшить негативные последствия ремонтных работ на окружающую природную среду. При незначительной толщине слоя (3...8 мм) покрытие позволяет: кольматировать свищи большого диаметра, не выходя за плоскость наружной цилиндрической поверхности трубопровода; придать высокую износостойкость восстановленному трубопроводу, обеспечить гладкую поверхность и способность выдерживать повышенные гидравлические давления в трубопроводах. При нанесении защитного покрытия, оно практически срачивается со старым трубопроводом на молекулярном уровне, что показано на рис. 1, з.

На сегодняшний день кроме прочностных и гидравлических свойств защитных покрытий важнейшее значение приобретает оценка степени энергосбережения при использовании альтернативных защитных покрытий. В качестве инструмента оценки энергоэффективности того или иного решения по реновации используется понятие потенциала энергосбережения, зависящего (при прочих равных условиях эксплуатации старого и восстановленного трубопроводов) от толщины слоя покрытия, геометрических размеров трубопровода (внутреннего диаметра) и коэффициентов гидравлических сопротивле-

ний. При сравнении представленных (см. рис. 1) вариантов защитных покрытий и их типов можно практически однозначно констатировать, что вариант на рис. 1, *a* не даст положительного эффекта в энергосбережении [24, 25]. Остальные варианты примерно равнозначны и должны оцениваться по результатам расчета потенциала энергосбережения.

*Выводы.* 1. При выборе типа внутреннего защитного покрытия и метода бестраншейного восстановления старых трубопроводов необходимо руководствоваться требованиями к обеспечению соответствующих прочностных и гидравлических показателей восстанавливаемой трубопроводной системы.

2. Наиболее перспективными защитными покрытиями, используемыми для восстановления трубопроводов, являются те материалы, которые, наряду с высокими прочностными и гидравлическими показателями, обеспечивают эффект энергосбережения. К ним в первую очередь относятся тонкостенные оболочки на основе полимерных материалов, наносимых центробежным набрызгом или протягиваемых внутрь трубопровода методом выворота, другими методами с последующей оперативной полимеризацией и образованием гидравлически гладких внутренних поверхностей восстанавливаемого трубопровода.

#### Библиографический список

1. *Алексеев М.И., Ермолин Ю.А.* Использование оценки надежности стареющих канализационных сетей при их реконструкции // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 6. С. 21—23.
2. *Добромыслов А.Я.* Проблема долговечности и надежности трубопроводных систем // Сантехника. 2003. № 5. С. 2—4.
3. *Орлов В.А.* Лабораторный практикум по реконструкции и восстановлению инженерных сетей. М. : Изд-во АСВ, 2004. 120 с.
4. *Отставнов А.А.* Современные материалы и технологии для реализации задач реформы ЖКХ // Сантехника. 2004. № 4. С. 2—4.
5. *Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А., Отставнов А.А.* Регламент использования полиэтиленовых труб для реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения. М. : Миклош, 2007. 129 с.
6. *Хантаев И.С., Орлов Е.В.* Трубы для реализации бестраншейных технологий протягивания и продавливания // Зарубежный и отечественный опыт в строительстве. 2007. № 2. С. 75—86.
7. *Отставнов А.А., Орлов Е.В., Хантаев И.С.* Первоочередность восстановления трубопроводов водоснабжения и водоотведения // Строительный инжиниринг. 2007. № 10. С. 44—49.
8. *Zwierzchowska A.* Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Politechnika swietokrzyska, 2006. 180 p.
9. *Frassinelli A., Furlani B.* Trenchless Pipeline Removal (TPR) // NO-DIG 2013, Sydney, Australia. 1—4 September 2013. Режим доступа: <http://toc.proceedings.com/22211webtoc.pdf>. Дата обращения 19.11.2013.
10. *Rameil M.* Handbook of pipe bursting practice. Vulkan verlag, 2007. 351 p.
11. *Brahler C.* City of Helena. California Rutherford 12-inch Diameter Water Pipeline Rehabilitation // NO-DIG 2013, Sydney, Australia. 1—4 September 2013. Режим доступа: <http://toc.proceedings.com/22211webtoc.pdf>. Дата обращения 19.11.2013.
12. *Харькин В.А.* К вопросу выбора труб из полиэтиленов различных классов для бестраншейной замены ветхих напорных и самотечных трубопроводов // Сантехника. 2003. № 5. С. 34—38.

13. Орлов В.А., Шлычков Д.И., Коблова Е.В. Сравнение методов бестраншейной реновации трубопроводных систем в сфере энергосбережения // Мат. Междунар. науч.-практ. конф. памяти акад. РАН С.В. Яковлева. М. : МГАКХиС, 2011. С. 256—263.
14. Zwierzchowska A. Optymalizacja doboru metod bezwykopowej budowy. Politechnika swietokrzyska. 2003. 160 p.
15. Отставнов А.А., Хантаев И.С., Орлов Е.В. К выбору труб для бестраншейного устройства трубопроводов водоснабжения и водоотведения // Пластические массы. 2007. С. 40—43.
16. Харькин В.А. Систематизация и анализ патологий водоотводящих сетей, подлежащих восстановлению // РОБТ. 2001. № 2. С. 13—25.
17. Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Technologie beswykopowe w inzynierii srodowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. 2010. 735 p.
18. Ишмурастов Р.Р., Степанов В.Д., Орлов В.А. Опыт применения бестраншейной спирально-навивочной технологии восстановления трубопроводов на объектах Москвы // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 6. С. 27—32.
19. Харькин В.А. Гидравлические особенности канализационных сетей с участками из полимерных труб, уложенных бестраншейно взамен ветхих трубопроводов из традиционных труб // Сантехника. 2003. № 4. С. 30—35.
20. Орлов В.А., Зоткин С.П., Харькин В.А. Выбор оптимального метода бестраншейного восстановления безнапорных трубопроводов // РОБТ. 2001. № 4. С. 30—34.
21. Орлов Е.В., Саломеев В.П., Круглова И.С. Оценка остаточного ресурса напорных стальных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. 2005. № 3—4. С. 25—31.
22. Орлов В.А., Аверкеев И.А. Анализ автоматизированных программ расчета водопроводных сетей в целях гидравлического моделирования при реновации трубопроводов // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 237—243.
23. Аверкеев И.А., Орлов Е.В. Проверенная надежность: Исследование прочностных возможностей защитного покрытия водопроводных труб в период их реновации // Вода Magazine. 2013. № 5 (69). С. 46—47.
24. Наздрачев И.Ю., Орлов Е.В. Технико-экономическое сравнение вариантов проектирования ремонта трубопроводов систем водоснабжения // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. 2007. № 3—4. С. 28—39.
25. Отставнов А.А., Устюгов В.А., Дмитриев А.Н. К вопросу минимизации затрат на устройство и эксплуатацию подземных водопроводов // Сантехника. 2006. № 9. С. 38—43.

*Поступила в редакцию в ноябре 2014 г.*

Об авторах: **Орлов Владимир Александрович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-36-29, orlov950@yandex.ru;

**Зоткин Сергей Петрович** — кандидат технических наук, профессор кафедры информатики и прикладной математики, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-36-29, spzotkin@mtu-net.ru;

**Хренов Константин Евгеньевич** — аспирант кафедры водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-36-29, xrenov\_k@mail.ru;

**Дежина Ирина Сергеевна** — магистрант кафедры водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-36-29, dejina07@mail.ru;

**Богомолова Ирина Олеговна** — ассистент кафедры водоснабжения, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (499) 183-36-29, bogomolova83@mail.ru.

Для цитирования: *Орлов В.А., Зоткин С.П., Хренов К.Е., Дежина И.С., Богомолова И.О.* Защитные покрытия как фактор обеспечения прочностных и гидравлических показателей восстанавливаемых трубопроводов // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 74—82.

**V.A. Orlov, S.P. Zotkin, K.E. Khrenov, I.S. Dezhina, I.O. Bogomolova**

### **PROTECTIVE COATING AS A FACTOR TO ENSURE THE STRENGTH AND HYDRAULIC PERFORMANCE OF RECOVERABLE PIPELINES**

The authors present an analysis of various types of internal protective pipeline coatings to ensure the strength and hydraulic characteristics of a remodeled pipeline and related coating methods for effective trenchless renovation of engineering systems, water supply systems and sanitation. As protective coating the authors considered a round profile tube of a smaller diameter than of the old pipe, close to the old pipe, sprayed lining on the basis of inorganic and organic materials. The article analyzes the methods of trenchless renovation for applying protective coatings: routing in the old pipeline of new pipes made of polymeric materials or polymeric sleeves, centrifugal spraying on the inner surface of pipelines' inorganic and organic protective coatings.

Special attention was paid to bag technology, providing the required strength properties at specific values of the modulus of elasticity and a number of external factors such as the depth of the existing pipe, the existence and magnitude of the horizon groundwater over it. Also attention is paid to the application technology of tape coatings ribbed profile on the inner surface of pipelines. This technology has a unique feature, which is the ability of recoverable pipeline functioning during its renovation by winding an endless belt and the formation of a new pipe. The tape coating winding is carried out by different types of spiral winding machines. The thickness of the protective coating layer forming the tube remains minimal.

Inorganic cement-sand and organic coatings were considered as alternative options for repair of pipelines, which allow to localize the defects in the form of a fistula, minor cracks and other damages. However it is noted that a cement-sandy covering is inferior to organic, because it does not provide the strength characteristics of the pipeline system. The main advantage of the organic coating is mudding fistula of a large diameter, making a high wear-resisting pipe, ensuring a smooth surface. Then the protective coating almost merges with the old pipeline.

The conclusion is made on the necessity of taking account of the potential for energy saving in case of various protective coatings and implemented trenchless technologies application.

**Key words:** protective coating, renovation, pipelines, trenchless technology, strength characteristics, hydraulic characteristics.

#### **References**

1. Alekseev M.I., Ermolin Yu.A. Ispol'zovanie otsenki nadezhnosti stareyushchikh kanalizatsionnykh setey pri ikh rekonstruktsii [Use of Reliability Estimation of on Aging Sewer Networks During Their Reconstruction]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Technique]. 2004, no. 6, pp. 21—23. (In Russian)
2. Dobromyslov A.Ya. Problema dolgovechnosti i nadezhnosti truboprovodnykh sistem [The Problem of Durability and Reliability of Pipeline Systems]. *Santekhnika* [Sanitary Engineering]. 2003, no. 5, pp. 2—4. (In Russian)
3. Orlov V.A. *Laboratornyy praktikum po rekonstruktsii i vosstanovleniyu inzhenernykh setey* [Laboratory Workshop on Reconstruction and Rehabilitation of Engineering Networks]. Moscow, ASV Publ., 2004, 120 p. (In Russian)

4. Otstavnov A.A. Sovremennyye materialy i tekhnologii dlya realizatsii zadach reformy ZhKKh [Modern Materials and Technologies to Achieve the Objectives of the Housing Reform]. *Santekhnika* [Sanitary Engineering]. 2004, no. 4, pp. 2—4. (In Russian)
5. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A., Otstavnov A.A. *Reglament ispol'zovaniya polietilenovykh trub dlya rekonstruktsii setey vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Regulations on the Use of Polyethylene Pipes for Reconstruction of Water Supply and Sanitation Systems]. Moscow, Miklosh Publ., 2007, 129 p. (In Russian)
6. Khantaev I.S., Orlov E.V. Truby dlya realizatsii bestransheyных технологий протягивания и продавливания [Pipes for Trenchless Technologies of Pulling and Driving]. *Zarubezhnyy i otechestvennyy opyt v stroitel'stve* [Foreign and Native Experience in Construction]. 2007, no. 2, pp. 75—86. (In Russian)
7. Otstavnov A.A., Orlov E.V., Khantaev I.S. Pervoocherednost' vosstanovleniya truboprovodov vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Priority of Recovering Water Supply and Sanitation Pipelines]. *Stroitel'nyy inzhiniring* [Construction Engineering]. 2007, no. 10, pp. 44—49. (In Russian)
8. Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych. Politechnika swietokrzyska. 2006, 180 p.
9. Frassinelli A., Furlani B. Trenchless Pipeline Removal (TPR). NO-DIG 2013. Sydney, Australia, 1—4 September 2013. Available at: <http://toc.proceedings.com/22211webtoc.pdf>. Date of access: 19.11.2013.
10. Rameil M. Handbook Of Pipe Bursting Practice. Vulkan Verlag, 2007, 351 p.
11. Brahler C. City of Helena. California Rutherford 12-inch Diameter Water Pipeline Rehabilitation. NO-DIG 2013. Sydney, Australia, 1—4 September 2013. Available at: <http://toc.proceedings.com/22211webtoc.pdf>. Date of access: 19.11.2013.
12. Khar'kin V.A. K voprosu vybora trub iz polietilenov razlichnykh klassov dlya bestransheyной замены vetkhikh napornykh i samotechnykh truboprovodov [To the Question of Choosing Pipes Made of PE of Different Classes for Trenchless Replacement of the Old Pressure and Gravity Pipelines]. *Santekhnika* [Sanitary Engineering]. 2003, no. 5, pp. 34—38. (In Russian)
13. Orlov V.A., Shlychkov D.I., Koblova E.V. Sravnenie metodov bestransheyной renovatsii truboprovodnykh sistem v sfere energosberezheniya [Comparing the Methods of Trenchless Renovation of Pipeline Systems in the Field of Energy Saving]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii pamyati akademika RAN S.V. Yakovleva* [Materials of the International Science and Practice Conference Dedicated to the Member of RAS S.V. Yakovlev]. Moscow, MGAKKHiS Publ., 2011, pp. 256—263. (In Russian)
14. Zwierzchowska A. Optymalizacja doboru metod bezwykopowej budowy. Politechnika swietokrzyska. 2003, 160 p.
15. Otstavnov A.A., Khantaev I.S., Orlov E.V. K vyboru trub dlya bestransheyного устройства truboprovodov vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Selection of Pipes for Trenchless Arrangement of Water Supply and Sanitation Pipelines]. *Plasticheskie massy* [Journal of Plastic Masses]. 2007, pp. 40—43. (In Russian)
16. Khar'kin V.A. Sistematzatsiya i analiz patologiy vodootvodyashchikh setey, podlezhashchikh vosstanovleniyu [Systematization and Analysis of the Pathologies of Drainage Networks to be Restored]. *ROBT* [Russian Society on Implementation of Trenchless Technologies]. 2001, no. 2, pp. 13—25. (In Russian)
17. Kuliczkowski A., Kuliczowska E., Zwierzchowska A. Technologie beswykopowe w inzynierii srodowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. 2010, 735 p.
18. Ishmuratov R.R., Stepanov V.D., Orlov V.A. Opyt primeneniya bestransheyной spiral'no-navivochnoy tekhnologii vosstanovleniya truboprovodov na ob'ektakh Moskvy [Experience of the Use of Trenchless Spiral-Winding Technology of Piping Recovery on the Objects of Moscow]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Technique]. 2013, no. 6, pp. 27—32. (In Russian)
19. Khar'kin V.A. Gidravlicheskie osobennosti kanalizatsionnykh setey s uchastkami iz polimernykh trub, ulozhennykh bestransheyно vzamen vetkhikh truboprovodov iz traditsionnykh trub [Hydraulic Characteristics of Sewer Networks with Areas of Plastic Pipes Laid Trenchless Instead of the Old Pipelines of Traditional Pipes]. *Santekhnika* [Sanitary Engineering]. 2003, no. 4, pp. 30—35. (In Russian)



20. Orlov V.A., Zotkin S.P., Khar'kin V.A. Vybór optimal'nogo metoda bestransheynogo vosstanovleniya beznapornykh truboprovodov [Choosing the Optimal Method of Trenchless Reconstruction of Gravity Pipeline]. *ROBT* [Russian Society on Implementation of Trenchless Technologies]. 2001, no. 4, pp. 30—34. (In Russian)

21. Orlov E.V., Salomeev V.P., Kruglova I.S. Otsenka ostatochnogo resursa napornykh stal'nykh truboprovodov sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Residual Life Assessment of Pressure Steel Pipelines for Water Supply and Sanitation Systems]. *Problemy razvitiya transportnykh i inzhenernykh kommunikatsiy* [Issues of the Development of Transport and Engineering Services]. 2005, no. 3—4, pp. 25—31. (In Russian)

22. Orlov V.A., Averkееv I.A. Analiz avtomatizirovannykh programm rascheta vodoprovodnykh setey v tselyakh gidravlicheskogo modelirovaniya pri renovatsii truboprovodov [Analysis of CAD Software Designated for Analysis of Water Supply Systems for the Purpose of Hydraulic Modeling Designated for Renovation of Pipelines]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 3, pp. 237—243. (In Russian)

23. Averkееv I.A., Orlov E.V. Proverennaya nadezhnost': Issledovanie prochnostnykh vozmozhnostey zashchitnogo pokrytiya vodoprovodnykh trub v period ikh renovatsii [Proved Reliability: Investigation of Strength Characteristics of Protective Coating of Pipelines during their Renovation]. *Voda Magazine* [Water Magazine]. 2013, no. 5 (69), pp. 46—47. (In Russian)

24. Nazdrachev I.Yu., Orlov E.V. Tekhniko-ekonomicheskoe sravnenie variantov proektirovaniya remonta truboprovodov sistem vodosnabzheniya [Technical and Economic Comparison of Repair Design Options of Water Piping Systems]. *Problemy razvitiya transportnykh i inzhenernykh kommunikatsiy* [Issues of the Development of Transport and Engineering Services]. 2007, no. 3—4, pp. 28—39. (In Russian)

25. Otsstavnov A.A., Ustyugov V.A., Dmitriev A.N. K voprosu minimizatsii zatrat na ustroystvo i ekspluatatsiyu podzemnykh vodoprovodov [On Minimization of the Cost of Installation and Operation of Underground Water Pipes]. *Santekhnika* [Sanitary Engineering]. 2006, no. 9, pp. 38—43. (In Russian)

About the authors: **Orlov Vladimir Aleksandrovich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, chair, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; orlov950@yandex.ru;

**Zotkin Sergey Petrovich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Informatics and Applied Mathematics, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; spzotkin@mtu-net.ru;

**Khrenov Konstantin Evgen'evich** — postgraduate student, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; xrenov\_k@mail.ru;

**Dezhina Irina Sergeevna** — Master student, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; dejina07@mail.ru;

**Bogomolova Irina Olegovna** — Assistant Lecturer, Department of Water Supply, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 183-36-29; bogomolova83@mail.ru.

For citation: Orlov V.A., Zotkin S.P., Khrenov K.E., Dezhina I.S., Bogomolova I.O. Zashchitnye pokrytiya kak faktor obespecheniya prochnostnykh i gidravlicheskiykh pokazateley vosstanavlivaemykh truboprovodov [Protective Coating as a Factor to Ensure the Strength and Hydraulic Performance of Recoverable Pipelines]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 1, pp. 74—82. (In Russian)