DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-1-116-124
УДК 621.039.58

Р.А. Кускильдин (ПАО «Газпром газораспределение Уфа», г. Уфа, Российская Федерация), **З.А. Закирова, Э.К. Юсупова** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗНОШЕННЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСТРАНШЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

R.A. Kuskildin (Gazprom Gas Distribution Ufa PAO, Ufa, Russian Federation),
Z.A. Zakirova, E.K. Yusupova (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

WORN-OUT GAS DISTRIBUTION PIPELINES RECONSTRUCTION BY MEANS OF TRENCHLESS TECHNOLOGY AS THE WAY TO INCREASE GAS DISTRIBUTION SYSTEMS SAFETY

Введение

На сегодняшний день основная часть распределительных газопроводов состоит из изношенных стальных труб с истекшими сроками эксплуатации, что усугубляет проблему безопасной эксплуатации сетей газораспределения, поскольку состояние промышленной безопасности этих объектов в значительной степени определяется физическим износом газопроводов, сооружений и оборудования, исчерпавших свой технический ресурс. Такая перспектива ставит под угрозу саму возможность сбыта газа, а снижение надежности и безопасности объектов газораспределения повысит риски возникновения аварий на них. Поэтому решение вопроса выполнения рациональной реконструкции остается на данный момент актуальной задачей.

Цели и задачи

Рассмотреть современные технологии реконструкции распределительных газопроводов и предложить метод, способствующий безопасному функционированию подземного газопровода.

Background

Today the main part of gas distribution pipelines consists of worn-out steel pipes with the expired effective life that adds to the problem of gas distribution networks safe operation as the condition of these objects industrial safety is substantially defined by physical wear of the gas pipelines, constructions and the equipment which have exhausted the useful operating life.

Such prospect threatens a possibility of gas sale, and decrease in reliability and safety of gas distribution objects will increase risks of accidents on them. Therefore the salvation of problem of efficient reconstruction execution remains at the moment a relevant task.

Aims and Objectives

To consider modern technologies of reconstruction of gas distribution pipelines and to offer a method of safe functioning of the underground gas pipeline.

Методы

Для подбора наиболее безопасного метода реконструкции был проведен анализ научно-технической литературы и нормативных документов по строительству, ремонту, реконструкции сетей газораспределения, были изучены современные технологии реконструкции, способствующие безопасной эксплуатации газопровода и позволяющие проводить работы по ремонту максимально безопасно и экономично.

Результаты

В результате проведения исследования был разработан алгоритм принятия решения при выборе технологии реконструкции распределительного газопровода и предложен оптимальный и наиболее безопасный метод реконструкции для рассматриваемого участка распределительного подземного газопровода согласно разработанному алгоритму на основе всестороннего анализа недостатков и преимуществ различных технологий реконструкции для конкретных условий.

Таким образом, внедрение современных технологий реконструкции распределительных газопроводов будет способствовать более длительному, бесперебойному и, самое главное, безопасному функционированию одного из важнейших звеньев системы газораспределения и позволит качественно улучшить безопасность и эффективность газораспределения, тем самым обеспечивая высокий уровень промышленной безопасности на объектах газового комплекса.

Methods

For selection of the safest method of reconstruction there has been carried out the analysis of scientific and technical literature and normative documents on building, repair, reconstruction of gas distribution networks, there have been studied modern technologies of reconstruction promoting gas pipeline safe operation and permitting to carry out repair works the most safe and economical.

Results

The research work resulted in developing of the decision-making algorithm at the choice of the gas distribution pipeline reconstruction technology and offering the optimum and safest reconstruction method for the considered section of the distributive underground gas pipeline according to the worked out algorithm on the basis of the comprehensive analysis of shortcomings and advantages of various reconstruction technologies for specific conditions.

Thus, introduction of modern technologies of gas distribution pipelines reconstruction will lead to long, trouble-free and, the principal point, safe operation of one of the most important links of gas distribution system and will allow to improve safety and efficiency of gas distribution qualitatively, thereby providing high level of industrial safety on objects of the gas complex.

Ключевые слова: газораспределение, газораспределительные сети, подземные газопроводы, промышленная безопасность, реконструкция, бестраншейные технологии

Key words: gas distribution, natural gas network, underground gas pipelines, industrial safety, reconstruction, trenchless technologies

Газовая промышленность России является одной из наиболее динамичных и бурно развивающихся отраслей народного хозяйства, занимает значительное место в топливно-энергетическом балансе страны и в силу природных особенностей страны имеет стратегическое значение. В связи с этим проблемы

надежной и безаварийной работы объектов газовой отрасли и ее инновационного развития на сегодняшний день являются актуальными. Более того, в настоящее время осуществляется реализация масштабной программы газификации городов и населенных пунктов, повышается доля населения в потреб-

лении природного газа. Всё это говорит о том, что обеспечение промышленной безопасности объектов газового комплекса, и в частности объектов газораспределения, является приоритетным направлением развития газовой промышленности и нефтегазовой отрасли в целом.

Одним из важнейших звеньев единой системы «добыча - транспортировка - газораспределение - реализация газа» является газораспределительная система, которая представляет собой имущественный производственный комплекс, включающий экономически, организационно и технологически взаимосвязанные объекты, предназначенные для транспортировки и подачи газа непосредственно его потребителям [1]. Основными элементами системы газораспределения являются газопроводы с техническими устройствами на них и пункты редуцирования газа.

Как известно, системы газового комплекса любых уровней, начиная от скважин и заканчивая распределительными газопроводами внутри поселений, характеризуются наличием значительного количества опасных производственных объектов [2-5]. Так, эксплуатация объектов газораспределения связана с определенным риском возникновения аварий, поскольку большинство производственных объектов газораспределения относятся к числу опасных, что обусловлено взрывопожароопасными свойствами транспортируемого по сетям газа. Иными словами, качественным признаком идентификации опасности является использование и транспортирование опасного вещества - природного газа [6].

Аварии и инциденты, возникающие на таких объектах, зачастую приводят к серьезным последствиям: травматизму и жертвам среди персонала и населения, разрушениям зданий и сооружений, различного рода ущербам у эксплуатирующих организаций и потребителей.

Когда мы говорим о безопасности, надёжности и эффективности системы газораспределения, то понимаем целый перечень факторов, определяющих эти показатели. Одним из главных является безаварийная работа распределительных газопроводов и пунктов редуцирования газа [7-10].

Сегодня эти объекты не в полной мере соответствуют условиям и требованиям безопасной эксплуатации. Другими словами, положение, сложившееся на объектах систем газораспределения, характеризуется высоким уровнем изношенности сооружений и оборудования. Основная часть газопроводов состоит из изношенных стальных труб с истекшими сроками эксплуатации, что усугубляет проблему безопасной эксплуатации газораспределительных сетей, поскольку состояние промышленной безопасности этих объектов во многом определяется физическим износом газопроводов, сооружений и оборудования, исчерпавших свой технический ресурс. Интенсивные процессы старения сооружённых 30-40 лет назад газопроводных систем являются сегодня основным фактором, приводящим к нарушению гидравлических режимов и определяющим катастрофическое увеличение количества инцидентов и аварийных ситуаций на газопроводах, сопровождающихся высокими финансовыми затратами [11]. Такая перспектива ставит под угрозу саму возможность сбыта газа, а снижение надёжности и безопасности объектов газораспределения повысит риски возникновения аварий на них.

Всё это говорит о том, что очевидным становится вопрос о неизбежности реконструкции физически изношенных и отработавших свой технический ресурс действующих сетей. Это приобретает особую актуальность и значимость, поскольку количество длительно эксплуатируемых (более 40 лет) и требующих соответствия современным требованиям безопасности подземных газопроводов из года в год постоянно возрастает [12], что может привести к лавинообразному нарастанию количества инцидентов и аварий. И когда мы говорим о реконструкции и замене, то уже определённо представляем себе степень сложности решения этой задачи, поскольку речь идет о большом объёме работ с использованием современных подходов и технологий [13, 14], обеспечивающих главную цель - повышение надёжности и безопасности газораспределения.

Для обеспечения современных требований безопасности систем газораспределения и проведения комплекса мероприятий, требующих принятия оптимальных и рациональных решений с применением совершен-

ных технологий, было решено оценить состояние одного из участков распределительного подземного газопровода в Республике Башкортостан.

В ходе исследования были рассмотрены подземные распределительные газопроводы сельского населенного пункта. Для выявления наиболее слабых участков подземных распределительных газопроводов были изучены паспорта газопроводов рассматриваемого населенного пункта, прослуживших более 40 лет.

При изучении паспортов было выявлено, что один из участков распределительного газопровода высокого давления (0,6 МПа) был введен в эксплуатацию в сентябре 1976 года и характеризуется значительным износом.

Во второй половине 2016 года было проведено техническое обследование данного участка газопровода, в ходе которого проверялись его герметичность прибором ТПГ-94 (течеискатель) и состояние изоляции прибором АНТПИ-2 № 108.

Для обнаруженных при обследовании мест «индикаций» приборов в процессе производства было вырыто 7 шурфов, обнаружены посторонние предметы и выявлены дефекты, которые были зафиксированы в актах шурфового обследования подземного газопровода с приложением эскизов. Шурфовой осмотр подтвердил зафиксированные приборами посторонние предметы (2 случая) и механические повреждения изоляционного покрытия стальных газопроводов (5 случаев). В некоторых местах повреждения изоляции наблюдалась коррозия на наружной поверхности трубы.

Следует учесть, что распределительные газопроводы обслуживают не только промышленные объекты, но и обеспечивают жизнедеятельность людей и находятся в непосредственной близости от населения. Так, на территории рассматриваемого участка подземного газопровода возможно массовое скопление большого количества людей, поскольку улица, на которой расположен этот участок, является центральной улицей села, где расположены магазины, места общественного питания, остановки и т.п. В случае возникновения аварийной ситуации люди могут оказаться в зоне воздействия поражающих факторов, что может нанести ущерб их

жизни и здоровью, а также имуществу населения.

Предполагая, что участок газопровода не в полной мере соответствует условиям и требованиям безопасной эксплуатации, и учитывая вышеизложенное, в качестве решения проблемы предлагается реконструкция (восстановление) участка подземных стальных газопроводов.

Необходимо отметить, что согласно современному государственному стандарту ГОСТ 56290-2014 [15] обоснованием реконструкции будет служить пункт об окончании срока службы, установленного проектной документацией на строительство. К тому же в соответствии с ГОСТ Р 54983-2012 [16] при определении приоритетов для назначения газопровода либо на капитальный ремонт или реконструкцию, либо на проведение технического диагностирования с целью установления предельного срока эксплуатации решение принимается владельцем сети газораспределения.

При капитальном ремонте газопроводов используются 2 основных способа производства работ: траншейный (классический) и бестраншейный (более современный и актуальный).

Реконструкция участка подземных газопроводов высокого давления предусматривает выполнение масштабных земляных работ и продолжительные сроки процесса замены. При этом важно отметить, что проведение аналогичных работ открытым классическим способом предполагает не только раскопку траншеи с помощью землеройно-транспортной техники, но и применение труда работников при ручной разработке и доочистке траншеи от отваливаемого грунта и подчистке дна до проектной отметки. В ходе проведения земляных работ на работника может воздействовать целый ряд вредных и опасных производственных факторов: взрыво- и пожароопасность места проведения работ; движущиеся машины и механизмы; обрушающиеся горные породы (грунты) стенок траншеи; неблагоприятные метеорологические условия (низкая температура, высокая влажность); наличие напряжения в электрической цепи, замыкание которого может пройти через тело человека; опасность отравления природным газом при загазованности воздушной среды зоны производства ра-

бот. Более того, такие работы по раскопке и замене оборудования в траншее глубиной более 1,25 м являются работами повышенной опасности. Поэтому с точки зрения безопасного проведения работ по реконструкции газопровода траншейный способ не будет являться способом, наиболее обеспечивающим безопасность.

Под бестраншейными технологиями понимаются технологии восстановления и прокладки, замены, ремонта и обнаружения дефектов в подземных газопроводах с минимальным вскрытием земной поверхности. Компактное рабочее оборудование бестраншейной проходки позволяет проводить работы в любых стесненных производственных условиях - колодцах, подвалах, прочих труднодоступных местах [17]. К тому же вышеупомянутый ГОСТ 56290-2014 при выборе технологий реконструкции подземных газопроводов рекомендует отдавать предпочтение бестраншейным методам проведения работ. При реализации технологий бестраншейного восстановления газопроводов используются полимерные материалы, из которых наиболее известным и применяемым является полиэтилен, трубы из которого зарекомендовали себя в качестве достойной замены традиционным трубам из металлов, в большинстве случаев из стали [18].

Полиэтиленовые трубы с точки зрения безопасности являются более целесообразными, поскольку они характеризуются высокой стойкостью к изнашиванию и отрицательным температурам, высокой коррозионной и химической стойкостью (соответственно не требуют электрохимической защиты), что способствует их долгому и безопасному функционированию.

Проанализировав и сравнив преимущества и недостатки указанных способов замены, предложили наиболее экономичный и, самое главное, безопасный, в первую очередь с точки зрения производства работ, - бестраншейный способ, который существенно понижает стоимость работ, позволяет проводить ремонт более экономично, оперативно, качественно и, самое главное, безопасно.

Анализ научно-технической литературы и нормативных документов по строительству, ремонту, реконструкции и эксплуатации систем газораспределению показал, что существ-

ует довольно большой выбор бестраншейных технологий для восстановления газопроводов и повышения уровня их безопасности с применением современных полимерных материалов.

На рисунке 1 представлен перечень бестраншейных технологий, являющихся наиболее перспективным направлением в вопросах реконструкции распределительных газопроводов.

Задача выбора оптимальной технологии реконструкции распределительных газопроводов является многофакторной, должна отвечать непосредственным целям выполняемого проекта, основываться на качественно выполненным инженерным изысканиям, на понимании преимуществ и недостатков каждой технологии в конкретных условиях и ни в коем случае не должна ориентироваться лишь на один частный критерий.

В работе предложен алгоритм принятия решения при выборе технологии реконструкции распределительного газопровода, этапы которого представлены на рисунке 2. На основе всестороннего анализа недостатков и преимуществ различных технологий реконструкции в данной работе предлагается протяжка профилированных труб, а именно метод реконструкции плотноприлегающей трубой U-liner, который предполагает протяжку внутрь ремонтируемого газопровода предварительно обжатой путем термомеханического формирования U-образной полиэтиленовой трубы с последующим ее распрямлением с помощью пара под давлением.

Под воздействием температуры и давления пара профилированная полиэтиленовая труба подвергается строго определенному процессу обратной деформации и возвращает свою круглую форму, как правило, плотно прилегая к внутренней поверхности реконструируемого газопровода. Таким образом, активизируется специфическая для полиэтилена способность «вспоминания первоначальной формы» (рисунок 3).

Стальной изношенный трубопровод будет выполнять функцию направляющего каркаса и служить дополнительной защитой. Это будет являться дополнительной мерой по защите газопровода от механического повреждения в ходе проведения земляных работ в охранной зоне газопровода.

Рисунок 1. Перечень технологий реконструкции распределительных газопроводов

Рисунок 2. Алгоритм принятия решения при выборе технологии реконструкции

Рисунок 3. Процесс активизации специфической для полиэтилена способности «вспоминания первоначальной формы»

Данная проблема является актуальной, поскольку сторонние организации очень часто нарушают правила охраны газораспределительных сетей [13] и проводят земляные работы без согласования с газораспределительной организацией.

Кроме того, существует концепция, позволяющая установить оптимальный метод реконструкции распределительного газопровода путем экспертного анализа с учетом технических и экономических критериев и коэффициента компетентности эксперта [14]. Среди шести рассматриваемых в данной концепции методов реконструкции наибольшее расчетное значение групповой оценки соответствует методу реконструкции плотноприлегающей трубой (протяжка профилированных труб, U-liner) [14].

Исходя из анализа данной групповой оценки и преимуществ технологии с учетом

природно-климатических условий Республики Башкортостан рассматриваемый метод реконструкции соответствует всем нормативным требованиям и является наиболее предпочтительным как с точки зрения требований безопасности, так и с позиции бережливого производства.

Вывод

Таким образом, внедрение предлагаемых современных технологий и схем восстановления (реконструкции) распределительных газопроводов будет способствовать более длительному, бесперебойному и, самое главное, безопасному функционированию одного из важнейших звеньев системы газораспределения и позволит качественно повысить безопасность и эффективность газораспределения, тем самым обеспечивая высокий уровень промышленной безопасности на объектах газового комплекса.

Список литературы

1. О газоснабжении в Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 31.03.1999 № 69-ФЗ: [принят Гос. Думой 12 марта 1999 г.: одоб. Советом Федерации 17 марта 1999 г.: по состоянию на 05.12.2016 г.] // Собрание законодательства РФ, 05.04.1999, № 14, ст. 1667 // Российская газета. 08.04.1999. № 67.
2. Абдрахманов Н.Х., Давлетов В.М., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. Повышение безопасности эксплуатации газопроводов // Нефтегазовое дело. 2016. Т. 14. № 4. С. 190-194.
3. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaysin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact Through Forecasting the Occupational Risks // Man in India. 2017. Vol. 97. Issue 20. P. 495-511.
4. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Tkacheva N.A., Abdrakhmanov N.Kh., Grogulenko N.V. Principles and Methods of Synergy Modeling of Management System at Oil and Gas Sector's Enterprises // Espacios. 2017. Vol. 38. Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.
5. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Maier V.V., Abdrakhmanov N.Kh., Sultanova E.A. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics // Espacios. 2017. Vol. 38 (№ 48). Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.
6. Абдрахимов Ю.П., Макаренко О.А., Кравцов В.В., Шутов Н.В. Повышение

References

1. O gazosnabzhenii v Rossiiskoi Federatsii: feder. zakon Ros.Federatsii ot 31.03.1999 № 69-FZ [Federal Law of the Russian Federation of March 31, 1999 No. 69. About Gas Supply in the Russian Federation]. *Rossiiskaya gazeta - Rossiiskaya gazeta*, 08.04.1999, No. 67 (in Russ.).
2. Abdrakhmanov N.Kh., Davletov V.M., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N. Povyshenie bezopasnosti ekspluatatsii gazoprovodov [Increase in Safety of Operation of Gas Pipelines]. *Neftgazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2016, No. 4, pp. 190-194. (in Russ.).
3. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaysin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact Through Forecasting the Occupational Risks. *Man in India*, 2017, Vol. 97, Issue 20, pp. 495-511.
4. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Tkacheva N.A., Abdrakhmanov N.Kh., Grogulenko N.V. Principles and Methods of Synergy Modeling of Management System at Oil and Gas Sector's Enterprises. *Espacios*, 2017, Vol. 38. Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.
5. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Maier V.V., Abdrakhmanov N.Kh., Sultanova E.A. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics. *Espacios*, 2017, Vol. 38 (№ 48). Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.
6. Abdrakhimov Yu.R., Makarenko O.A., Kravtsov V.V., Shutov N.V. Povyshenie iznosostoiikosti uplotnitel'nykh materialov pontonov i zashchitnykh pokrytii vnutrennei poverkhnosti rezervuarov [Increase of Wear Resistance of Sealing Materials of Pontoons and Protective Coatings of the Internal Surface of Tanks]. *Problemy kachestva i*

износостойкости уплотнительных материалов понтонов и защитных покрытий внутренней поверхности резервуаров // Проблемы качества и безопасности в нефтегазохимическом комплексе: сб. науч.-техн. ст. / УГНТУ, филиал в г. Салавате. Салават, 2006. С. 68-69.

7. Пат. 2215757 РФ, МПК С 08 L 9/02. Материал для изготовления резино-технических изделий и способ его получения / В.В. Кравцов, В.В. Шайдаков, Н.В. Шутов (РФ). 2002105462/04; заявл. 28.02.2002, опубл. 10.11.2003.

8. Селуянов А.А., Шутов Н.В. Экологические аспекты разлива нефти на воде // Нефть. Газ. Новации. 2011. № 2 (145). С. 75-78.

9. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон Рос. Федерации от 21.07.1997 № 116-ФЗ: [принят Гос. Думой 20 июня 1997 г.: по состоянию на 07.03.2017 г.] // Собрание законодательства РФ, 28.07.1997, № 30, ст. 3588 // Российская газета. 30.07.1997. № 57.

10. Седак В.С., Супонев В.Н. Пути повышения безопасности систем газоснабжения // Охрана труда. 2009. № 10. С. 45-47.

11. Агапчев В.И., Фаттахов М.М., Исламов А.Р., Пермьяков Н.Г. Современные бестраншейные технологии и новые инженерные решения при реконструкции и восстановлении трубопроводных систем // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2006. № 66. С. 242-253.

12. Шурайц А.Л., Зубаилов Г.И., Бирюков А.В. Безопасность сетей газораспределения и газопотребления // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения: сб. науч. тр. / СГТУ. Саратов, 2009. С. 14-17.

13. Кускильдин Р.А., Абдрахманов Н.Х., Закирова З.А., Ялалова Э.Ф., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В. Современные технологии для проведения производственного контроля, повышающие уровень промышленной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 2 (108). С. 111-120.

14. Кускильдин Р.А., Закирова З.А., Петрова Е.П., Иванов А.Н. Современные технологии обеспечения безопасности на объектах трубопроводного транспорта // Нефтегазовое дело. 2017. Т. 15. № 2. С. 90-94.

15. ГОСТ Р 56290-2014. Системы газораспределительные. Требования к сетям газораспределения. М.: Стандартинформ, 2015. Ч. 3 «Реконструкция». 28 с.

16. ГОСТ Р 54983-2012. Системы газораспределительные. Сети газораспределения природного газа. Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация. М.: Стандартинформ, 2013. 81 с.

17. Лютов Т.Е. Особенности и возможности современных способов реконструкции и ремонта

безопасности в нефтегазохимическом комплексе: Сbornik nauchno-tekhnicheskikh statey [Problems of Quality and Safety in the Oil and Gas Complex: Collection of Scientific and Technical Conference]. Salavat, 2006, pp. 68-69. (in Russ.).

7. Kravtsov V.V., Shaidakov V.V., Shutov N.V. Material dlya izgotovleniya rezino-tekhnicheskikh izdelii i sposob ego polucheniya [Material for Rubber Products Manufacture and the Way for its Production]. Pat. RF, No. 2215757, 2002. (in Russ.).

8. Seluyanov A.A., Shutov N.V. Ekologicheskie aspekty razliva nefi na vode [Environmental Aspects of Oil Spills on the Water]. Neft'. Gaz. Novatsii - Oil. Gas. Novations, 2011, No. 2 (145), pp. 75-78. (in Russ.).

9. O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov: feder. zakon Ros. Federatsii ot 21.07.1997 № 116-FZ [Federal Law of the Russian Federation of July 31, 1997 no. 116. About Industrial Safety of Hazardous Production Facilities]. Rossiiskaya gazeta - Rossiiskaya gazeta, 30.07.1997, No. 57 (in Russ.).

10. Sedak V.S., Suponev V.N. Puti povysheniya bezopasnosti sistem gazosnabzheniya [Ways of Increase in Safety of Systems of Gas Supply]. Okhrana truda - Labour Protection, 2009, No. 10, pp. 45-47. (in Russ.).

11. Agapchev V.I., Fattakhov M.M., Islamov A.R., Permyakov N.G. Sovremennye bestransheinye tekhnologii i novye inzhenernye resheniya pri rekonstruktsii i vosstanovlenii truboprovodnykh sistem [Modern Trenchless Technologies and New Engineering Solutions for the Reconstruction and Restoration of Pipeline Systems]. Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problem of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products, 2006, No. 66, pp. 242-253. (in Russ.).

12. Shuraitis A.L., Zubailov G.I., Biryukov A.V. Bezopasnost' setei gazoraspredeleniya i gazopotreblyeniya [Safety of Networks of Gas Distribution and Gas Consumption]. Sbornik nauchnykh trudov «Nauchno-tekhnicheskie problemy sovershenstvovaniya i razvitiya sistem gazoenergospabzheniya» [Collection of Scientific Works «Scientific and Technical Problems of Improvement and Development of Gas Supply Systems»]. Saratov, 2009. pp. 14-17. (in Russ.).

13. Kuskil'din R.A., Abdrakhmanov N.Kh., Zakirova Z.A., Yalalova E.F., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V. Sovremennye tekhnologii dlya provedeniya proizvodstvennogo kontrolya, povyshayushchie uroven' promyshlennoi bezopasnosti na ob'ektakh neftegazovoi otrasli [Modern Technologies for Operation Control Monitoring Increasing Industrial Safety Level on Oil and Gas Industry Objects]. Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Product, 2017, Issue 2 (108), pp. 111-120. (in Russ.).

14. Kuskil'din R.A., Zakirova Z.A., Petrova E.P., Ivanov A.N. Sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti na ob'ektakh truboprovodnogo transporta [Modern Technologies Ensure the Security on Objects of Oil Pipelines]. Neftgazovoe delo - Petroleum Engineering, 2017, Vol. 2, No. 2, pp. 90-94. (in Russ.).

15. GOST R 56290-2014. Sistemy gazoraspredelitel'nye. Trebovaniya k setyam gazoraspredeleniya. [State Standard R 56290-2014. Gas-Distributing Systems. Requirements to Networks

подземных газопроводов в условиях городской застройки // Ползуновский вестник. 2014. № 1. С. 92-95.

18. Орлов В.А. Технологии бестраншейной прокладки и ремонта трубопроводов. М.: МГСУ, 2012. 210 с.

19. Об утверждении Правил охраны газораспределительных сетей: Постановление Правительства Рос. Федерации от 20.11.2000 № 878: [по сост. на 17.05.2016 г.] // Собрание законодательства РФ. 27.11.2000. № 48. ст. 4694.

20. Ганзиков А.С. Оптимизация выбора метода восстановления изношенных распределительных газопроводов: дис. ... канд. техн. наук. М. 2014. 176 с.

of Gas Distribution]. Moscow, Standartinform, 2015, *Chast' 3 «Rekonstruktsiya»* [P. 3 «Reconstruction»], 28 p. (in Russ.).

16. GOST R 54983-2012. *Sistemy gazoraspredelitel'nye. Seti gazoraspredeleniya prirodnogo gaza. Obshchie trebovaniya k ekspluatatsii. Ekspluatatsionnaya dokumentatsiya* [State Standard R 54983-2012. Gas-Distributing Systems. Networks of Gas Distribution of Natural Gas. General Requirements to Operation. Operational Documentation.]. Moscow, Standartinform, 2013, 81 p. (in Russ.).

17. Lyutov T.E. *Osobennosti i vozmozhnosti sovremennykh sposobov rekonstruktsii i remonta podzemnykh gazoprovodov v usloviyakh gorodskoi zastroiki* [Features and Possibilities of Modern Ways of Reconstruction and Repair of Underground Gas Pipelines in the Conditions of Urban Development]. *Polzunovskii vestnik - Polzunovskii Herald*, 2014, No. 1, pp. 92-95. (in Russ.).

18. Orlov V.A. *Tekhnologii bestransheinoi prokladki i remonta truboprovodov* [Technologies for Trenchless Laying and Repair of Pipelines]. Moscow, MGSU, 2012. 210 p. (in Russ.).

19. *Ob utverzhdenii Pravil okhrany gazoraspredelitel'nykh setei: Postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federatsii ot 20.11.2000 № 878* [Resolution of the Government of the Russian Federation of November, 20, 2000, No. 878]. *Sobranie zakonodatel'stva RF - Collection of Legislation of the Russian Federation*. No. 48, st. 4694. (in Russ.).

20. Ganzikov A.S. *Optimizatsiya vybora metoda vosstanovleniya iznoshennykh raspredelitel'nykh gazoprovodov: Diss. kand. tekhn. nauk* [Optimization of Restoration Methods Choice of Worn-Out Gas Distributing Pipelines: Kand. tekhn. Sci. Diss.]. Moscow, 2014, 176 p. (in Russ.).

Авторы

• Кусильдин Раис Ахметшеевич, д-р техн. наук
ПАО «Газпром газораспределение Уфа»
Главный инженер
Российская Федерация, 450059, г. Уфа,
ул. Новосибирская, 2, корп. 4
e-mail: pbot@mail.ru

• Закирова Земфира Ахметовна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Промышленная безопасность
и охрана труда»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: zakirovaza@mail.ru

• Юсупова Элина Касымовна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Промышленная безопасность
и охрана труда»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, д. 1
e-mail: elina.yusupova95@mail.ru

The Authors

• Kuskildin Rais A., Doctor of Technical Sciences
Gazprom Gas Distribution Ufa PAO
Chief Engineer
2/4, Novosibirskaya str., Ufa, 450059,
Russian Federation
e-mail: pbot@mail.ru

• Zakirova Zemfira A., Candidate of Technical
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Industrial Safety
and Labor Protection Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: zakirovaza@mail.ru

• Yusupova Elina K.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Industrial Safety and Labor Protection
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: elina.yusupova95@mail.ru