

М.В. Николаева, Р.А. Атласов, М.Д. Филиппова

СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ГАЗОПРОВОДОВ, ПРОЛОЖЕННЫХ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Аннотация. В статье рассмотрены причины аварийных ситуаций, произошедших в период эксплуатации газотранспортной системы Республики Саха (Якутия) с 1968 до 2014 года. Особенностью данной газотранспортной системы является эксплуатация в условиях многолетнемерзлых пород. При эксплуатации газопроводов, проложенных по территории с распространением многолетнемерзлых пород в специфических гидрогеологических и геологических условиях, технологические элементы взаимодействуют с природной средой и с мерзлыми грунтами в том числе. Выявлено, что основной причиной аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия) является брак строительно-монтажных работ, при этом металлические дефекты труб и нарушение материалов и конструкций, вызванные их длительной эксплуатацией, являются второй немаловажной причиной аварийных ситуаций газотранспортной системы. Аварийные ситуации по причине нарушения материалов и конструкций происходят вследствие длительной эксплуатации газопровода 30 лет и более. Старение газопроводов связано со снижением защитных свойств изоляционных покрытий, накоплением усталостных напряжений и развитием дефектов в трубах и сварных соединениях. Более 50 % отказов приходится на сварные кольцевые швы с образованием сквозной трещины. Концентраторы напряжений в виде непроваров, пор, шлаков являются основными причинами образования свищей.

Эксплуатационная надежность трубопровода определяется силовыми факторами, свойствами материала труб, влиянием коррозионно-активных сред, колебаний температуры, рабочих нагрузок и напряжений.

Результаты исследований аварийных ситуаций показывают, что к разрушению трубы приводит совокупность причин. В результате циклических напряжений, созданных опасными геологическими процессами, перепадами температуры окружающей среды и колебаниями рабочего давления за время эксплуатации трубопровода около дефектов накапливаются повреждения, которые приводят к образованию трещины. Установлено, что при эксплуатации нефтегазопроводов грунты служат как их средой функционирования, так и их основаниями. Недостаточный учет взаимовлияния грунта и трубопровода вызывает технологические трудности при эксплуатации и ремонте трубопроводов, обуславливает наличие отказов и аварий.

Ключевые слова: газопровод, многолетнемерзлые грунты, аварийные ситуации, дефекты.

НИКОЛАЕВА Мария Валентиновна – зав. лабораторией каф. нефтегазового дела ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: mnikolaeva1990@gmail.com

NIKOLAEVA Maria Valentinovna – Head of the laboratory, Department of Oil and Gas Field Search, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: mnikolaeva1990@gmail.com

АТЛАСОВ Ринат Александрович – ст. преподаватель кафедры нефтегазового дела ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: atlasov.rinat@mail.ru

ATLASOV Rinat Aleksandrovich – Senior Lecturer, Department of Oil and Gas Field Search, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: atlasov.rinat@mail.ru

ФИЛИППОВА Мария Дмитриевна – студент ГРФ СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: retskb35@gmail.com

FILIPPOVA Maria Dmitrievna – student, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: retskb35@gmail.com

M.V. Nikolaeva, R.A. Atlasov, M.D. Filippova

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Analysis of the Causes of Emergency Situations at Gas Pipelines in Permafrost

Abstract. The article considers the causes of emergency situations that occurred during the operation of the gas transportation system in the Sakha Republic (Yakutia) in 1968-2014. The peculiarity of this gas transportation system is its the exploitation in permafrost. When operating gas pipelines paved through the territory with the proliferation of permafrost in specific hydro geological and geological conditions, technological elements interact with the natural environment and frozen soils, among others. It was revealed that the main cause of emergencies at the gas transportation system of the Sakha Republic (Yakutia) is defects of construction and installation works, while metal pipe defects and the violation of materials and structures caused by their long operation are the second significant cause of emergency situations of the gas transportation system. Emergency situations due to the disruption of materials and structures are due to the long operation of the gas pipeline for 30 years or more. The aging of gas pipelines is associated with decreased protective properties of the insulating coatings, accumulation of fatigue stresses and the development of defects in the pipes and welded joints. More than 50 % of failures occur in welded annular seams with the formation of a through crack. Concentrators of stresses in the form of impurities, pores, slags are the main causes of fistula formation.

Operational reliability of the pipeline depends on the strength factors, the properties of the pipe material, the influence of corrosive media, temperature fluctuations, workloads and stresses.

The study of the emergency situations show that a combination of causes leads to the destruction of the pipe. As a result of the cyclic stresses created by dangerous geological processes, changes in ambient temperature and fluctuations in working pressure, during the operation of the pipeline, damages accumulate near the defects, which lead to the formation of a crack. It is established that in the operation of oil and gas pipelines, soils serve as their environment of functioning, and their bases. The lack of proper taking into account the interference of soil and pipeline causes technological difficulties in the operation and repair of pipelines, causes the presence of failures and accidents.

Keywords: gas pipeline, permafrost, emergency situations, defects.

Введение

Одной из актуальных проблем трубопроводного транспорта является сохранение работоспособного состояния магистральных газопроводов.

В статье рассмотрены причины аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия). Особенностью данной газотранспортной системы является эксплуатация в условиях многолетнемерзлых пород. При эксплуатации газопроводов, проложенных по территории с распространением многолетнемерзлых пород в специфических гидрогеологических и геологических условиях, технологические элементы взаимодействуют с природной средой и с мерзлыми грунтами в том числе. Этот процесс может вызвать активизацию опасных природных и геологических процессов, которые оказывают негативное влияние на состояние трубопроводов и могут привести к авариям и отказам.

Выявление причин аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия)

Для анализа причин аварийных ситуаций газотранспортной системы необходимо рассмотреть каждый период эксплуатации газотранспортной системы Республики Саха (Якутия), начиная с 1968 г.

• За период 1968-1972 гг. при эксплуатации газопровода Таас-Тумус-Якутск-Покровск произошло 12 отказов. Из них:

1. Брак строительно-монтажных работ – 4 шт. (33,3 %)
2. Металлические дефекты труб – 2 шт. (16,73 %)
3. Нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала – 3 шт. (25 %)
4. Потери устойчивости при геокриологических изменениях местности, размывы – 3 шт. (25 %)

Причины отказов, связанные с браком строительно-монтажных работ, обусловлены нарушением технологических регламентов в процессе работ при строительстве и ремонте объектов газопроводов [1, 2].

Анализ периода 1968-1972 гг. показал, что за первые два года эксплуатации газопровода Таас-Тумус-Якутск-Покровск произошло 3 случая образования гидратной пробки.

Наиболее опасной причиной аварийной ситуации на данный период являлся разрыв стенки трубы по основному металлу в образовавшейся гофре размером 370*10*1.5 мм (на 141 км участка газопровода Таас-Тумус-Якутск). Произведена вырезка дефектного участка и врезка катушки.

• За период 1973-1985 гг. произошел 41 отказ:

1. Брак строительно-монтажных работ – 16 шт. (39,1 %)
2. Металлические дефекты труб – 11 шт. (26,8 %)
3. Нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала – 3 шт. (7,3 %)
4. Потери устойчивости при геокриологических изменениях местности, размывы – 6 шт. (14,6 %)
5. Механические повреждения труб машинами и механизмами при земляных работах – 4 шт. (9,7 %)
6. Коррозия, в том числе локальная, вызванная блуждающими токами – 1 шт. (2,5 %).

Основной причиной аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия) за период 1973-1985 г. является брак строительно-монтажных работ (34 %), на втором месте металлические дефекты труб (27 %), потери устойчивости при геокриологических изменениях местности, размывы составляют 15 %, механические повреждения труб машинами и механизмами при земляных работах (10 %), нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала (7 %), коррозия, в том числе локальная, вызванная блуждающими токами составила всего 3 %.

Основные причины аварийных ситуаций:

- Образование гофры и разрыв по телу трубы
- Трещина по поперечному шву с выходом на металл трубы
- Свищ в теле трубы от механических повреждений
- Повреждение трубы на подземном участке гусеничной техникой

• За период с 1986-2014 гг. произошло 111 отказов:

1. Брак строительно-монтажных работ – 3 шт. (32,4 %)
2. Металлические дефекты труб – 15 шт. (13,5 %)
3. Нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала – 6 шт. (5,4 %)
4. Потери устойчивости при геокриологических изменениях местности, размывы – 5 шт. (4,5 %)
5. Механические повреждения труб машинами и механизмами при земляных работах – 15 шт. (13,5 %)
6. Коррозия, в т.ч. локальная, вызванная блуждающими токами – 14 шт. (12,6 %)
7. Нарушение материалов и конструкций, вызванные их длительной эксплуатацией – 17 шт. (15,4 %)
8. Стихийные природные явления – 3 шт. (2,7 %)

Основной причиной аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия) за период с 1986-2014 гг. являлся брак строительно-монтажных работ, что так же являлось основной причиной и в период 1973-1985 гг., металлические дефекты труб и нарушение материалов и конструкций, вызванные их длительной эксплуатацией составили по 15 % и являются второй немаловажной причиной аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия).

Таблица 1.

Распределение причин аварийных ситуаций с привязкой к периодам эксплуатации газотранспортной системы Республики Саха (Якутия)

Группы факторов	Периоды газотранспортной системы Республики Саха (Якутия)		
	1968-1972	1973-1985	1986-2014
Брак строительно-монтажных работ	4 шт. (33,3 %)	16 шт. (39,1 %)	36 шт. (32,4 %)
Металлургический дефект труб	2 шт. (16,7,3 %)	11 шт. (26,8 %)	15 шт. (13,5 %)
Нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала	3 шт. (25 %)	3 шт. (7,3 %)	6 шт. (5,4 %)
Потери устойчивости при геокриологических изменениях местности, размывы	3 шт. (25 %)	6 шт. (14,6 %)	5 шт. (4,5 %)
Механические повреждения труб машинами и механизмами	-	4 шт. (9,7)	15 шт. (13,5 %)
Нарушения материалов и конструкций вызванные длительной эксплуатацией	-		17 шт.(15,4 %)
Коррозия	-	1 шт. (2,5 %)	14 шт. (12,6 %)
Стихийные природные явления	-	-	3 шт. (2,7 %)

Брак строительных работ составил 16 отказов (39,1 %) в период 1973-1985 гг., что является значительно высоким показателем в отличие от других сравниваемых периодов. Metallургический дефект труб в период 1973-1985 гг. составил 11 отказов (26,8 %), это наибольший показатель в отношении предыдущих периодов. В период 1986-2014 гг. заметно снизилась такая причина аварийных ситуаций газотранспортной системы Республики Саха (Якутия), как нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала, что составило 5,4 % (6 отказов), в отличие от периода 1968-1972 гг. где отказов было 25 %. Потеря устойчивости при геокриологических изменениях местности и размывы, также заметно снизилась и в процентном соотношении составили всего 4,5 % и 5 отказов. Стихийные природные явления в период с 1986-2014 гг. составили 2,7 %, а в остальные два периода отсутствовали. Механические повреждения труб машинами и механизмами в период с 1986-2014 гг. составили 15 отказов (13,5 %), что значительно выше, чем в период с 1973-1985 гг., и в период с 1968-1972 гг., когда данная причина вообще отсутствовала. Коррозия так же, как и предыдущий фактор, в период с 1986-2014 гг. значительно выше, что составляет 12,6 % и 14 отказов, по сравнению с периодом 1973-1985 гг., где был всего один отказ и это составило 2,5 %.

За весь период эксплуатации газотранспортной системы выявлено 164 аварийных ситуации:

1. Брак строительно-монтажных работ – 56 шт. (34,1 %)
2. Metallургические дефекты труб – 28 шт. (17 %)
3. Нарушение требований эксплуатации и ошибки персонала – 12 шт. (7,3 %)
4. Потери устойчивости при геокриологических изменениях местности, размывы–14 шт. (8,6 %)
5. Механические повреждения трубмашинами и механизмами при земляных работах – 19 шт. (11,6 %)
6. Коррозия, в т.ч. локальная, вызванная блуждающими токами– 15 шт. (9,1 %)
7. Нарушение материалов и конструкций, вызванные их длительной эксплуатацией – 17 шт. (10,4 %)
8. Стихийные природные явления – 3 шт. (1,8 %)

На рис. 1. и рис. 2. приведено распределение факторов аварийных ситуаций при эксплуатации газотранспортной системы по периодам и за весь период эксплуатации до 2014 г.

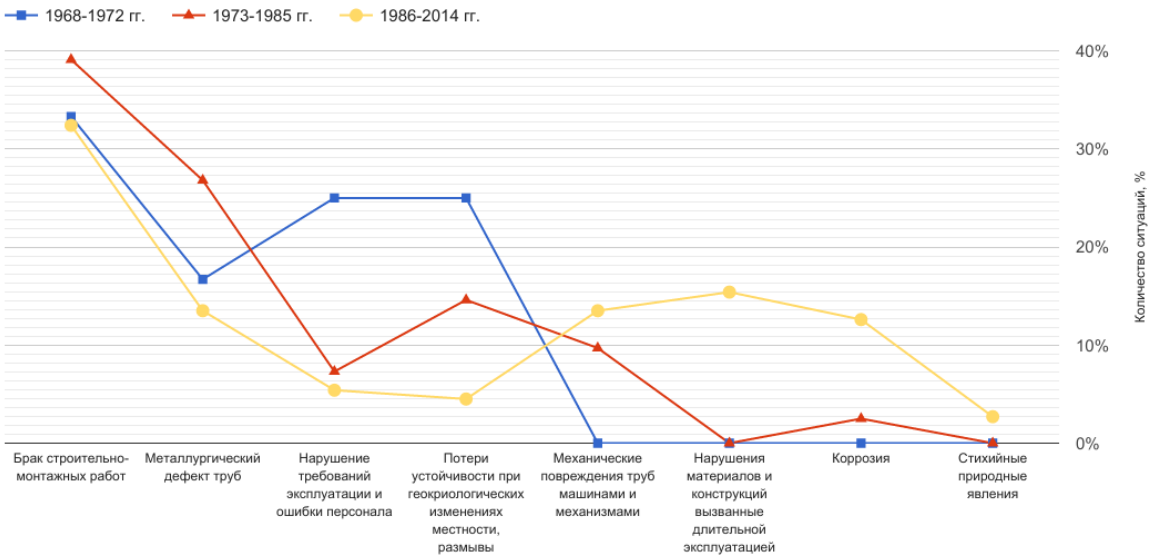


Рис. 1. Распределение аварийных ситуаций по периодам эксплуатации газотранспортной системы

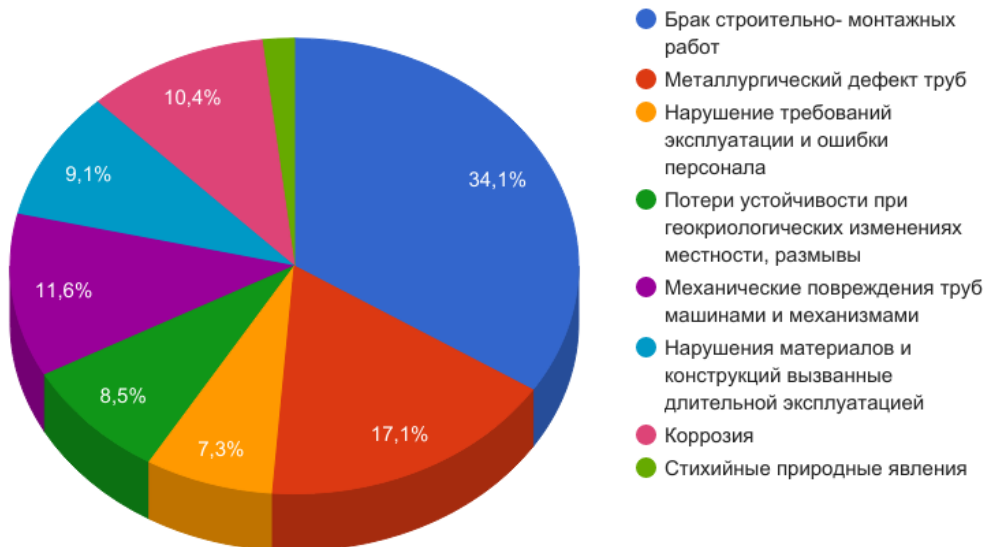


Рис. 2. Распределение аварийных ситуаций за весь период эксплуатации газотранспортной системы до 2014 г.

Как следует из полученных данных, наибольшая доля аварийных ситуаций вызвана браком строительно-монтажных работ, что составляет 34,1 % от общего объема за 46 лет эксплуатации газопровода.

Заключение

Аварийные ситуации по причине нарушения материалов и конструкций происходят вследствие длительной эксплуатации газопровода 30 лет и более. Старение газопроводов связано со снижением защитных свойств изоляционных покрытий, накоплением усталостных напряжений и развитием дефектов в трубах и сварных соединениях. Основной металл и сварные соединения газопроводов содержат множество различных дефектов, возникающих в процессе изготовления труб, их транспортировке и монтаже, также при эксплуатации и ремонте.

Более 50 % отказов приходится на сварные кольцевые швы с образованием сквозной трещины. Концентраторы напряжений в виде непроваров, пор, шлаков являются основными причинами образования свищей.

Эксплуатационная надежность трубопровода определяется силовыми факторами, свойствами материала труб, влиянием коррозионно-активных сред, колебаний температуры, рабочих нагрузок и напряжений.

Результаты исследований аварийных ситуаций показывают, что к разрушению трубы приводит совокупность причин. Так, в результате циклических напряжений, созданных опасными геологическими процессами, перепадами температуры окружающей среды и колебаниями рабочего давления за время эксплуатации трубопровода около дефектов накапливаются повреждения, которые приводят к образованию трещины.

На кривые распределения отказов по месяцам года (рис.3) имеет место явно выраженный пик роста количества отказов, который охватывает период сентябрь-октябрь. Это вызвано в первую очередь ярко выраженной сменой времени года, что приводит к нестабильному напряженно-деформированному состоянию магистральных газопроводов.

Интенсивность коррозионного процесса вызвана протаиванием многолетнемерзлых грунтов или наличием в основании трубопровода грунтов со слабой несущей способностью.

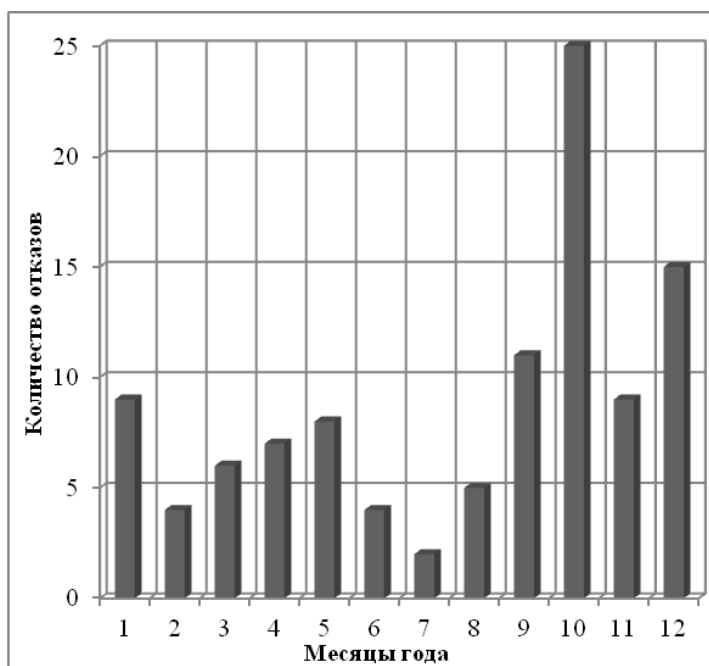


Рис. 3. Распределение отказов по месяцам года

При эксплуатации нефтегазопроводов грунты служат как их средой функционирования, так и их основаниями. Недостаточный учет взаимовлияния грунта и трубопровода вызывает технологические трудности при эксплуатации и ремонте трубопроводов, обуславливает наличие отказов и аварий.

Литература

1. Промышленная безопасность и надежность магистральных трубопроводов / под ред. А.И. Владимирова, В.Я. Кершенбаума. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2009. – 696 с.
2. Большаков А.М., Голиков Н.И., Сыромятникова А.С. и др. Разрушения и повреждения при длительной эксплуатации объектов нефтяной и газовой промышленности // Газовая промышленность. – 2007. № 7. – С. 89-91.

3. Большаков А.М., Татаринов Л.Н. Надежность МГ после 30 лет эксплуатации в условиях Крайнего Севера // Газовая промышленность. – 2009. – № 2. – С. 28-31.
4. Медведев В.Н. Анализ уровня эксплуатации и аварийности МГ Северного коридора // Газовая промышленность. – 2004. – № 6. – С. 13-15.
5. Ермоленко Ю.Г., Большаков А.М., Черемкин М.К. и др. О техническом состоянии магистральных газопроводов Якутии // Безопасность труда в промышленности. – 2003. – № 10. – С. 5-7.
6. Ревазов А.М. Анализ чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах магистрального газопроводного транспорта и меры по предупреждению их возникновения и снижению последствий // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 68-70.
7. Ревазов А.М. Классификация рисков по фазам жизненного цикла проектов трубопроводного строительства // Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт. – 2000. – № 2. – С. 94-99.
8. Харионовский В.В. и др. Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов. – М.: ИРЦ ГАЗПРОМ, 1997. – 126 с.
9. Черняев К.В. Обеспечение надежности и продление срока службы магистральных нефтепроводов на основе внутритрубной диагностики // Трубопроводный транспорт нефти. – 1998. – № 7. – С. 17-22.

References

1. Promyshlennaia bezopasnost' i nadezhnost' magistral'nykh truboprovodov / pod red. A.I. Vladimirova, V.Ia. Kershenbauma. – М.: Natsional'nyi institut nefii i gaza, 2009. – 696 s.
2. Bol'shakov A.M., Golikov N.I., Syromiatnikova A.S. i dr. Razrusheniia i povrezhdeniia pri dlitel'noi ekspluatatsii ob'ektov nefiano i gazovoi promyshlennosti // Gazovaia promyshlennost'. – 2007. – № 7. – С. 89-91.
3. Bol'shakov A.M., Tatarinov L.N. Nadezhnost' MG posle 30 let ekspluatatsii v usloviakh Krainego Severa // Gazovaia promyshlennost'. – 2009. – № 2. – С. 28-31.
4. Medvedev V.N. Analiz urovnia ekspluatatsii i avariinosti MG Severnogo koridora // Gazovaia promyshlennost'. – 2004. – № 6. – С. 13-15.
5. Ermolenko Iu.G., Bol'shakov A.M., Cheremkin M.K. i dr. O tekhnicheskome sostoianii magistral'nykh gazoprovodov Iakutii // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2003. – № 10. – С. 5-7.
6. Revazov A.M. Analiz chrezvychainykh i avariinykh situatsii na ob'ektakh magistral'nogo gazoprovodnogo transporta i mery po preduprezhdeniiu ikh vozniknoveniia i snizheniiu posledstviu // Upravlenie kachestvom v neftegazovom komplekse. – 2010. – № 1. – С. 68-70.
7. Revazov A.M. Klassifikatsiia riskov po fazam zhiznennogo tsikla proektov truboprovodnogo stroitel'stva // Magistral'nye i promyslovye truboprovody: proektirovanie, stroitel'stvo, ekspluatatsiia, remont. – 2000. – № 2. – С. 94-99.
8. Kharionovskii V.V. i dr. Metodicheskie rekomendatsii po raschetam konstruktivnoi nadezhnosti magistral'nykh gazoprovodov. – М.: ИРЦ ГАЗПРОМ, 1997. – 126 с.
9. Cherniaev K.V. Obespechenie nadezhnosti i prodlenie sroka sluzhby magistral'nykh nefteprovodov na osnove vnutritrubnoi diagnostiki // Truboprovodnyi transport nefii. – 1998. – № 7. – С. 17-22.