

УДК 621.643

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГАЗОПРОВОДОВ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ**

**ESTABLISHING SAFETY OF GAS PIPELINES
IN POPULATED AREA**

Сандаков В.А., Сандаков Ю.В., Хайрудинова С.С., Хайрудинов Р.И.

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация**

V.A. Sandakov, U.V. Sandakov, S.S. Hairudinova, R.I. Hairudinov

**FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: sahiyah.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам обеспечения безопасности при газопотреблении и газораспределении в городах и населенных пунктах. Проведенный анализ литературы показал, что значительная доля трубопроводов, транспортирующих газ в населенные пункты, эксплуатируется более 40 лет. Установленная по данным Ростехнадзора РФ зависимость числа аварий газопроводящих и газораспределительных сетей от увеличения общей их протяженности, показывает тенденцию увеличения аварийных ситуаций. С одной стороны это связано с увеличением срока службы и накоплением повреждений в материале трубопроводов. Кроме того, выявлено, что контроль над сетями жилых зданий не возложен на надзорные органы по причине изменения норм и правил в области промышленной безопасности.

В связи с тем, что эксплуатация систем газораспределения функционирует в квазистатическом режиме нагружения, данные объекты

не рассматривают с точки зрения накопления повреждений в материале газопровода и срок безопасной эксплуатации не регламентируется. Однако, из литературных источников известно, что в процессе эксплуатации оборудования в материале происходят сложные процессы на микро и макроуровнях, которые приводят к накоплению повреждений, достигающих в локальных зонах предельного состояния, что создает опасность хрупкого разрушения при возникновении внештатной ситуации.

Проведенные исследования показали, что в области сварного шва материала газопровода из стали 20 распределение коэффициента термического расширения имеет неоднородный характер, а, значит и напряжения, возникающие в результате силового нагружения, распределены неравномерно. Это приводит к тому, что накопление повреждений в зонах с повышенными напряжениями, которые в локальных участках могут достигать предела текучести, происходит с большей скоростью.

В работе показана возможность применения неразрушающего метода оценки напряженного состояния в сварных соединениях газовых труб, что позволит регистрировать уровень накопленных повреждений в потенциально опасных элементах газораспределительных систем.

Abstract. The article is devoted to the issues of safety provision during gas consumption and gas distribution in cities and residential areas. The performed analysis of the literature showed that significant part of the pipelines transporting gas to the residential areas is applied for operation for more than 40 years. The dependency of the number of accidents of gas supplying and gas distributing networks on the increase of the total length of the network determined on the basis of Rostekhnadzor of RF data shows the tendency of emergency situations increase. On the one hand this is connected with the increase of the service life of the pipelines and accumulation of damages in the pipelines material. Moreover, it was found out that control of the residential

buildings networks is not under the supervision of the regulatory authorities due to the amendment of norms and regulations in the field of industrial safety.

Due to the fact that operation of gas distribution systems is performed in the quasi-static mode of loading, these facilities do not considered from the point of view of accumulation of damages in the gas pipelines material and there is no applicable regulations regarding its safety operation period. However, from the literary sources it is well known that complex processes occur in the material on micro and macro levels during the operation period of the equipment. This causes accumulation of damages, locally obtaining limiting state, and creates the possibility of brittle failure in case of an emergency situation.

Carried out research showed that thermal expansion distribution coefficient in the area of welded joint of the material of the gas pipelined made of steel 20 is unstable. This means that stress appeared in the result of the strength load is also distributed irregularly. In the result, accumulation of damages in the areas with the increased stress, which locally could achieve the yield limit, occurs faster.

The article describes the possibility of application of nondestructive method of evaluation of the stress state in the welded joints of the gas pipelines which could provide the possibility to register the rate of accumulated damages in the potentially hazardous elements of the gas distribution systems.

Ключевые слова: газопроводы, накопление повреждений, напряженное состояние, сварные соединения, коэффициент термического расширения.

Key words: Gas pipelines, accumulation of damages, stress state, welded joints, thermal expansion coefficient.

Газоснабжение является необходимым атрибутом современной цивилизации, основным техническим элементом которых являются трубопроводные сети газораспределения и газопотребления. По этим сетям население обеспечивается бытовым газом.

Газификация городов и населенных пунктов России началась в 50-х годах прошлого столетия и к 2015 году протяженность трубопроводов отработавших 40 и более лет стала более 22 тыс. км. Надежность работы газопроводов определяется частотой отказов, которая имеет прямую связь со сроками эксплуатации системы в целом. Наблюдается также корреляция с тенденцией к увеличению между общей протяженностью сетей и количеством аварий (рисунок 1). Зависимость построена по данным Ростехнадзора РФ [1-10].

В соответствии с Приказом Ростехнадзора от 15.11.2013 г. №542 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности», действующие до этого «Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления» (ПБ 12-529-03) отменены и введены новые, действие которых распространяется на сеть газораспределения, а также, на связанные с ней, процессы эксплуатации, консервации и ликвидации.

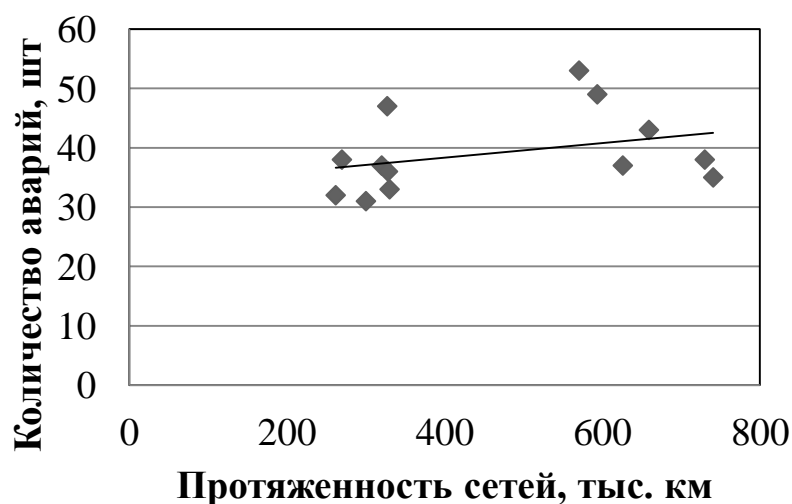


Рисунок 1. Зависимость числа аварий газопроводящих и газораспределительных сетей от увеличения общей их протяженности

Требования распространяются на все организации, осуществляющие деятельность по эксплуатации, техническому перевооружению, ремонту, консервации и ликвидации сетей.

Действует также Технический регламент Таможенного союза «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления», утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2010 г. за номером 870. Сфера его действий также охватывает сети газораспределения, и связанные с ними процессы жизненного цикла. Фактически, требования рассмотренного выше Технического регламента и «Правил безопасности сетей газораспределения и газопотребления» не распространяются на сети газопотребления жилых зданий.

Системы газораспределения функционируют в квазистатическом режиме изменения рабочих параметров. В связи с этим такие объекты не рассматривают с точки зрения накопления повреждений в материале газопровода и срок безопасной эксплуатации не регламентируется. Однако, проведенные в последнее время исследования [11] показывают, что в процессе эксплуатации оборудования в материале происходят сложные процессы на микро и макроуровнях, обуславливающие накопление повреждений, которые в локальных зонах могут достигать предельного состояния, и при возникновении внештатной ситуации создают опасность хрупкого разрушения.

В данной работе рассматриваются сварные соединения труб газораспределительных систем. Любые сварные соединения обладают определенной неоднородностью свойств [12]. Экспериментально обнаруживаются зоны с повышенной или пониженной твердостью, которые идентифицируются как «твердые» и «мягкие» прослойки. Силовое деформирование таких участков, приводит к неравномерному распределению деформаций и напряжений. При этом реализуется работа внешних сил и выделяется энергия. Часть этой энергии расходуется на накопление повреждений.

Наличие участков сварных соединений с различающимися механическими характеристиками может сопровождаться изменением физических свойств, например, коэффициента термического расширения.

В целях исследования неоднородности свойств газопроводов на распределение напряжений в сварных соединениях в качестве исследуемого материала была выбрана углеродистая сталь 20. Данные по химическому составу и механическим свойствам стали приведены в таблицах 1 и 2 [12].

Таблица 1. Химический состав стали 20

Источник	Массовая доля элементов								
	С не более	Si	Mn	Cr не более	Ni не более	Cu не более	P не более	S не более	As не более
ГОСТ 1050-88	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25	0,25	0,25	0,035	0,04	0,08

Таблица 2. Механические свойства стали 20

Механические свойства	σ_b , МПа	σ_T , МПа	Ψ , %	δ , %
ГОСТ 1050-88	430	280	67	34

При изменениях температуры на границе участков с различными значениями коэффициента линейного расширения, реализуются напряжения, которые рассчитываются как [13]

$$\sigma = -E \cdot \alpha T, \quad (1)$$

где σ – температурные напряжения, МПа;

E – модуль упругости, МПа;

α – коэффициент линейного температурного расширения, $10^{-6} \cdot 1/K$;

T – температура, °С.

Методы исследования теплового расширения можно разделить на два класса: макроскопические и микроскопические. В макроскопических или дилатометрических методах исследуется изменение объема или длины образца при изменении температуры. С помощью микроскопических

(рентгеновских) методов изучают температурную зависимость периодов решетки. Из полученных данных можно рассчитать объемное или линейное расширение.

Дилатометрический метод целесообразно использовать для объектов порядка сотен микрон и выше, что наиболее подходит для изучения образцов металла сварного соединения. Для расчетов применяются как истинные, так и средние значения температурного коэффициента линейного теплового расширения. Средние значения температурного коэффициента линейного теплового расширения, как правило, определяются в температурном интервале от 0 °С до t_i °С или от 20 °С до t_i °С [14]

$$\alpha_{\text{cp}} = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{L_t - L_0}{t - t_0}, \quad (2)$$

где L_t и L_0 – линейные размеры тела при t и t_0 , равном 20 °С (или 0 °С), м;

α_{cp} – среднее значение температурного коэффициента линейного теплового расширения в температурном интервале Δt ($\Delta t = t - t_0$), $10^{-6} \cdot 1/\text{K}$.

Для установления температурной зависимости коэффициента линейного теплового расширения твердых материалов методом дилатометра величина изменения линейного размера образца передается из зоны нагрева на регистрирующий индикатор посредством стержня из плавленого кварца, собственный коэффициент линейного теплового расширения которого исключительно мал и постоянен до температуры порядка 1300 °К.

Схема установки для изучения линейного теплового расширения твердых материалов представлена на рисунке 2. В трубчатый нагреватель 4 вставляется образец материала 7 (призма размером 10×10 мм и длиной 50 мм), который зажимается между стержнями 2 и 8 из плавленого кварца. Нагреватель закрыт теплоизолирующим кожухом 3. Неподвижный стержень 8 закреплен на подставке, которая жестко крепится к станине и перемещаться не может. Подвижный стержень 2 при помощи пружин

зажимает образец. Под действием расширяющегося образца стержень перемещается, и это перемещение регистрируется индикатором 1 часового типа.

Температура образца регистрируется термопарой 5, ЭДС которой измеряется потенциометром 6. Температура нагрева регулируется автотрансформатором (на рисунке не изображен) в цепи нагревательного элемента.

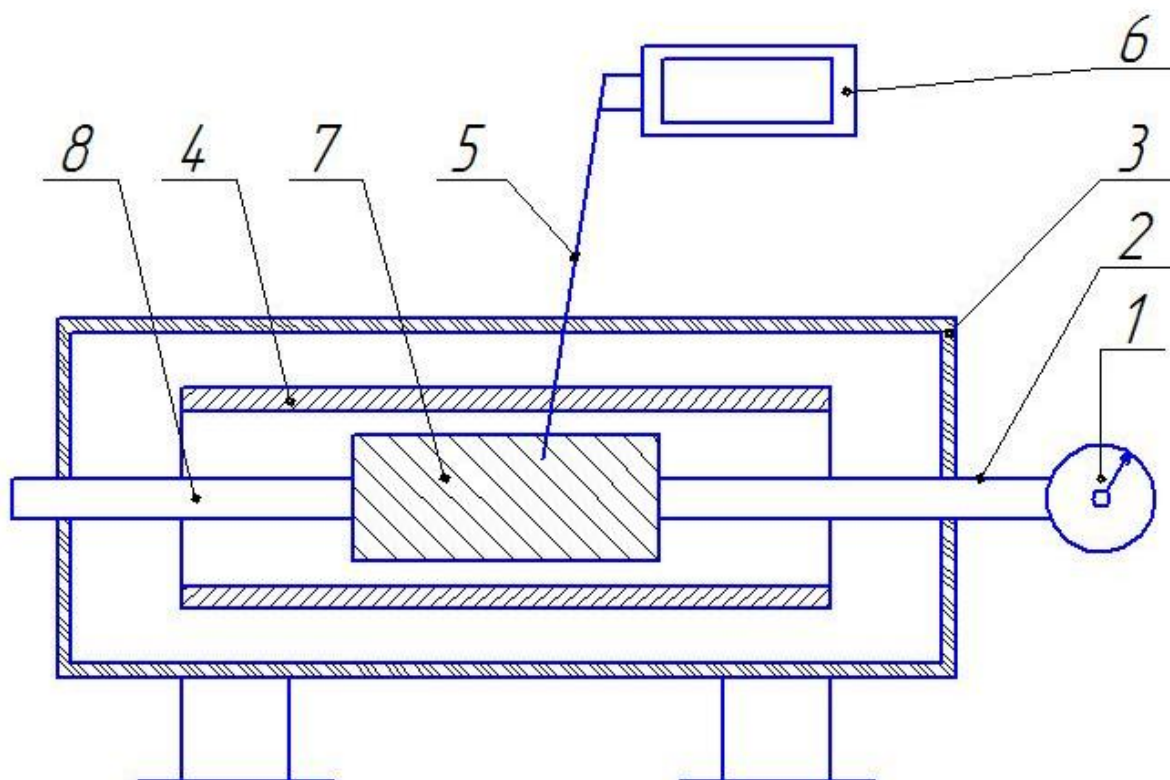


Рисунок 2. Схема установки для определения коэффициента линейного теплового расширения твердых материалов: 1 - индикатор часового типа; 2 - подвижный стержень; 3 - теплоизолирующий кожух; 4 - трубчатый нагреватель; 5 - термопара, 6 - потенциометр; 7 - образец материала; 8 - неподвижный стержень

В качестве иллюстрации представлены результаты серии экспериментов, сведенные в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты расчета коэффициента линейного теплового расширения

Эксперимент № 1	Основной металл	Зона термического влияния	Сварной шов
Вводный коэффициент k , мм/мкм	5,25		
Расстояние между начальной и конечной точками кривой Δx , мм	62,00	59,00	64,00
Относительное удлинение Δl , мм	11,80	11,20	12,20
Начальное значение длины образца l_0 , мм	10,15	10,10	10,00
Коэффициент линейного расширения α , $\times 10^{-6}$ 1/К	12,00	11,40	12,60

Учитывая, что полученные значения коэффициента линейного температурного расширения имеют значимые различия, был проведен расчет температурных напряжений для двух образцов, согласно формуле (1) [13]. Поскольку при эксплуатации газовых плит допускается разогрев внутренних устройств свыше 200 °С, для расчетов была принята средняя температура 130 °С. Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Значения температурных напряжений

	Значения температурного коэффициента линейного расширения в 3-х зонах, 1/К·10 ⁻⁶		Значения температурных напряжений, МПа	
	I образец	II образец	I образец	II образец
Основной металл	10,9	13,5	283,4	351
	10,4	12,95	270,4	336,7
Зона термического влияния	12,6	11,8	327,6	306,8
	12,8	13,2	332,8	343,2
Сварной шов	11,7	12,5	304,2	325,0
	12,5	12,5	325,0	325,0

Уровень возникающих напряжений сопоставим с напряжениями от внутреннего давления. Следовательно, необходимо их учитывать при прогнозировании возможного наступления предельного состояния металла. Изменение температурных напряжений в процессе эксплуатации носит нестационарный характер. Суточные и сезонные изменения

температуры приводят к накоплению повреждений в многоцикловой области деформирования. Нельзя также исключить возможность стесненного деформирования труб в узлах крепления и различного рода ошибок при реализации монтажных работ.

Как указывалось выше Технический регламент и «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» не распространяются на сети газопотребления жилых зданий. Для того чтобы сети газораспределения и газопотребления не оказались безнадзорными, постановлением Правительства РФ был введен в действие приказ № 613 от 17 декабря 2013 года «Правила проведения технического диагностирования внутридомового (ВДО) и внутриквартирного газового оборудования (ВКТО)». Эти правила распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт внутридомового и внутриквартирного газового оборудования. Как правило, эти организации не оснащены приборами, которые позволяют оценить уровень накопленных повреждений, и не обладают алгоритмом поиска наиболее опасных, с точки зрения накопления повреждений, участков газопровода. Такое положение с каждым годом эксплуатации увеличивает опасность возникновения локальных трещин и выхода газа в жилые помещения. В последнее время исследователи показали возможность неразрушающего контроля уровня накопленных повреждений в оборудовании, подверженном квазистатическому и циклическому нагружению [15-24].

Выводы

Поскольку количество газопроводов отработавших более 50 лет увеличивается, может реализоваться ситуация, когда возникновение нештатных ситуаций будет нарастать лавинообразно. Для профилактики такой возможности необходимо провести комплекс мероприятий, который должен включать: увеличение ответственности собственников газовых

сетей, диагностических организаций и надзорных органов, разработка научно-обоснованного метода регистрации уровня накопленных повреждений и алгоритма поиска потенциально опасных элементов газораспределительных систем, создание паспортов газопроводов с указанием технического состояния объекта на момент технического освидетельствования.

Исследования выполнялись при содействии Межвузовского центра коллективного пользования «Региональный научно-производственный комплекс «Недра» Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Список используемых источников

- 1 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2004 году. М., 2005. 344 с.
- 2 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2005 году. М., 2006. 510 с.
- 3 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2006 году. М., 2007. 508 с.
- 4 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2007 году. М., 2008. 548 с.
- 5 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2008 году. М., 2009. 448 с.
- 6 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2009 году. М., 2010. 460 с.
- 7 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2010 году. М., 2011. 195 с.
- 8 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2011 году. М., 2012. 536 с.
- 9 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2012 году. М., 2013. 398 с.

10 Отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 году. М., 2014. 406 с.

11 Влияние квазистатических режимов нагружения на прочность сосудов, работающих под давлением/ Ю.С. Ковшова, И.Р. Кузеев, Е.А. Наумкин, Н.А. Махутов, М.М. Гаденин //Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2014. Т. 80. №8. С.50-55.

12 Марочник сталей и сплавов /Под ред. А.С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2001. 313 с.

13 Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов: учеб. пособие. М.: Наука, 1986. 560 с.

14 Штерн Ю.И. Методика исследования температурного коэффициента линейного расширения материалов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 11. С. 37.

15 Взаимосвязь деформационного рельефа поверхности и степени поврежденности стали при малоцикловом нагружении /А.А. Демченко, М.В. Демченко, А.В. Сисанбаев, Е.А. Наумкин, И.Р. Кузеев //Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т.14. №3. С. 426-429.

16 Исследования фрактальной деформационной поверхности стали лазерным сканирующим методом/А.А. Демченко, М.В. Демченко, А.В. Сисанбаев, И.Р. Кузеев // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т.14. №4. С. 569-573.

17 Исследование взаимосвязи деформационного рельефа и степени поврежденности стали/ А.А. Демченко, М.В. Демченко, А.В. Сисанбаев, Е.А. Наумкин И.Р. Кузеев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2013. Т.79. №2. С. 42-44.

18 Наумкин Е.А., Бикбулатов Т.Р., Кузеев М.И. Оценка степени поврежденности материала оборудования по изменению степени затухания отклика электрического сигнала // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. Уфа, 2011. №6. С. 340-344. URL.: http://www.ogbus.ru/authors/Naumkin/Naumkin_3.pdf

19 Двухпараметрический контроль различных стадий упругопластического нагружения образцов из стали 09Г2С/ Е.А. Наумкин, Э.Р. Юмаева, Т.Р. Бикбулатов, М.И. Кузеев // Нефтегазовое дело: науч. техн. журн. Уфа, 2011. Т.1. №5.

20 Кондрашова О.Г., Наумкин Е.А., Кузеев И.Р. Определение ресурса безопасной эксплуатации нефтегазового оборудования путем оценки адаптивных свойств металла по изменению его магнитных характеристик // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. Уфа: Изд-во УГНТУ. 2006. №19. С.16–26.

21 Наумкин Е.А. Методология прогнозирования ресурса нефтегазового оборудования, эксплуатируемого в условиях циклического нагружения, на стадии проектирования и эксплуатации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.13 / УГНТУ. Уфа, 2011. 48 с.

22 Ковшова Ю.С., Кузеев И.Р. Ресурс сосудов под давлением, работающих в условиях квазистатического нагружения // Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах : сб. материалов VIII науч.-практ. конф. (23-14 апр. 2014 г.). Уфа, 2014. С. 79-84.

23 Изменение магнитных параметров при накоплении усталостных повреждений в стали 09Г2С / Е.А. Наумкин, И.Р. Кузеев, О.Г. Кондрашова, А.Е. Прохоров // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. Уфа: Изд-во УГНТУ. 2004. №16. С.106-111.

24 Феррозондовый метод контроля уровня накопленных усталостных повреждений низколегированных сталей/ Е.А. Наумкин, И.Р. Кузеев, О.Г. Кондрашова, А.Т. Шарипкулова, М.С. Голубин // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. Уфа: Изд-во УГНТУ. 2005. №18. С.190-193.

References

1 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2004 godu. M.: 2005. 344 s. [in Russian].

2 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2005 godu. M.: 2006. 510 s. [in Russian].

3 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2006 godu. M.: 2007. 508 s. [in Russian].

4 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2007 godu. M.: 2008. 548 s. [in Russian].

5 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2008 godu. M.: 2009. 448 s. [in Russian].

6 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2009 godu. M.: 2010. 460 s. [in Russian].

7 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2010 godu. M.: 2011. 195 s. [in Russian].

8 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2011 godu. M.: 2012. 536 s. [in Russian].

9 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2012 godu. M.: 2013. 398 s. [in Russian].

10 Otchet o deyatel'nosti federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2013 godu. M.: 2014. 406 s. [in Russian].

11 Kovshova Yu.S., Kuzeev I.R., Naumkin E.A., Mahutov N.A., Gadenin M.M. Vliyanie kvazistaticheskikh rezhimov nagruzheniya na prochnost' sudov, rabotayushih pod davleniem //Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2014. T. 80. №8. S.50-55. [in Russian].

12 Marochnik stali i splavov / Pod red. A.S. Zubchenko. M.: Mashinostroenie, 2001. 313 s. [in Russian].

13 Birger I.A., Mavlyutov R.R. Soprotivlenie materialov. Ucheb. posobie. M.: Nauka, 1986. 560 s. [in Russian].

14 Shtern Yu.I. Metodika issledovaniya temperaturnogo koeffitsienta lineinogo rasshireniya materialov //Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. №11. 2008. T. 74. S. 37. [in Russian].

15 Demchenko A.A., Demchenko M.V., Sisanbaev A.V., Naumkin E.A., Kuzeev I.R. Vzaimosvyaz' deformatsionnogo rel'efa poverhnosti i stepeni povrezhdennosti stali pri malociklovom nagruzhenii //Himicheskaya fizika i mezoskopiya. T.14. №3. 2012. S.426-429. [in Russian].

16 Demchenko A.A., Demchenko M.V., Sisanbaev A.V., Kuzeev I.R. Issledovaniya fraktal'noi deformatsionnoi poverhnosti stali lazernym skaniruyushim metodom// Himicheskaya fizika i mezoskopiya. T.14. №4. 2012. S.569-573. [in Russian].

17 Demchenko A.A., Demchenko M.V., Sisanbaev A.V., Naumkin E.A., Kuzeev I.R. Issledovanie vzaimosvyazi deformatsionnogo rel'efa i stepeni povrezhdennosti stali // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. T.79. №2. 2013. S. 42-44. [in Russian].

18 E.A. Naumkin, T.R. Bikbulatov, M.I. Kuzeev. Assessment of equipment material damage by using the degree of attenuation the response of the electrical signal // Electronic scientific journal "Oil and Gas Business". 2011. №6. P.340-344. URL: http://ogbus.ru/authors/Naumkin/Naumkin_3.pdf

19 Naumkin E.A., Yumaeva E.R., Bikbulatov T.R., M.I. Kuzeev M.I. Dvuhparametricheskii kontrol' razlichnyh stadii uprugoplasticheskogo nagruzheniya obrazcov iz stali 09G2S // Neftegazovoe delo: nauch. tehn. zhurn. Ufa, 2011. T.1. №5.

20 Kondrashova O.G., Naumkin E.A., Kuzeev I.R. Opredelenie resursa bezopasnoi ekspluatatsii neftegazovogo oborudovaniya putem ocenki adaptivnykh svoystv metalla po izmeneniyu ego magnitnykh harakteristik // Mirovoe soobshestvo: problemy i puti resheniya: Sb. nauch. st. Ufa: Izd-vo UGNTU. 2006. №19. S.16-26. [in Russian].

21 Naumkin E.A. Metodologiya prognozirovaniya resursa neftegazovogo oborudovaniya, ekspluatiruemogo v usloviyah ciklicheskogo nagruzheniya, na stadii proektirovaniya i ekspluatatsii: avtoref. dis... d-ra tehn. nauk: 05.02.13 / UGNTU. Ufa, 2011. 48 s. [in Russian].

22 Yu.S. Kovshova, I.R. Kuzeev. Resurs sosudov po davleniem, rabotayushih v usloviyah kvazistaticheskogo nagruzheniya // Promyshlennaya bezopasnost' na vzryvopozharoopasnykh i himicheski opasnykh proizvodstvennykh ob'ektah: sb. materialov VIII nauch.-prakt. konf., 23-14 apr. 2014 g. Ufa. Ufa, 2014. S.79-84. [in Russian].

23 Naumkin E.A., Kuzeev I.R., Kondrashova O.G., Prohorov A.E. Izmenenie magnitnykh parametrov pri nakoplenii ustalostnykh povrezhdenii v stali 09G2S // Mirovoe soobshestvo: problemy i puti resheniya: Sb. nauch. st. Ufa: Izd-vo UGNTU. 2004. №16. S.106-111. [in Russian].

24 Naumkin E.A., Kuzeev I.R., Kondrashova O.G., Sharipkulova A.T., Golubin M.S. Ferrozondovyi metod kontrolya urovnya nakoplennykh ustalostnykh povrezhdenii nizkolegirovannykh staley // Mirovoe soobshestvo: problemy i puti resheniya: Sb. nauch. st. Ufa: Izd-vo UGNTU. 2005. №18. S.190-193. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Сандаков В.А., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

V.A. Sandakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair "Technological Machines and Equipment" FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Сандаков Ю.В., аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Yu.V. Sandakov, Post-graduate Student of the Chair "Technological Machines and Equipment", FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Хайрудинова С.С., канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

S.S. Hairudinova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair "Technological Machines and Equipment", FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: sahiyah.ru

Хайрудинов Р.И., аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

R.I. Hairudinov, Post-graduate Student of the Chair "Technological Machines and Equipment", FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation