

УДК 614.8

И.Г. Хуснутдинова, М.Г. Баширов (Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салават, г. Салават, Республика Башкортостан, Российская Федерация), **И.К. Бакиров** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ ОБОЛОЧКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

I.G. Khusnutdinova, M.G. Bashirov (Branch of Ufa State Petroleum Technological University in Salavat, Salavat, Bashkortostan Republic, Russian Federation), **I.K. Bakirov** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS DUE TO THE DEFECTS APPEARANCE IN METAL ELEMENTS OF SHELL-TYPE STRUCTURES IN OIL AND GAS INDUSTRY

Введение

При эксплуатации металлические элементы оборудования находятся под воздействием агрессивных сред и механических напряжений, что приводит к развитию дефектов в структуре металла. Оценка состояния металла, находящегося длительное время в эксплуатации, необходимая для прогнозирования аварийности и обоснования расчетов остаточного ресурса, производится на основании результатов механических испытаний образцов, вырезанных из действующего оборудования, с использованием методов неразрушающего контроля.

Перспективным направлением среди ультразвуковых методов неразрушающего контроля является использование электромагнитно-акустических преобразователей, возбуждающих и принимающих акустические волны за счет электромагнитного взаимодействия с объектом контроля. В настоящее время использование электромагнитно-акустических преобразователей направлено на выявление дефектов типа несплошностей.

Background

In operation, the metal elements of the equipment are influenced by corrosive media and mechanical stresses, which lead to the development of defects in the metal structure. An assessment of the metal state being in operation for a long period of time is necessary to forecast accident rate and substantiate the residual life estimation. It is based on the results of mechanical tests of samples cut from existing equipment by means of non-destructive testing methods.

A promising trend among ultrasonic methods of nondestructive testing is the use of electromagnetic-acoustic transducers that excite and receive acoustic waves due to electromagnetic interaction with the object of control. At present, the use of electromagnetic-acoustic transducers is aimed at identifying defects of discontinuity type.

Detection of metal degradation at an early stage and the problems of structure and strain measurement by means of electromagnetic acoustic transducer is clarified in several laboratory works.

Обнаружению деградации металла на раннем этапе и вопросам структуроскопии и тензометрии с использованием электромагнитно-акустического преобразователя посвящены лишь отдельные работы лабораторного характера.

Цели и задачи

Выполнить анализ аварийных ситуаций в нефтегазовой отрасли по причине возникновения дефектов в металлических элементах оболочковых конструкций.

Определить влияние эксплуатационного нагружения на изменение электрофизических и акустических свойств металлических элементов.

Заключение

Для оценки реальных изменений в структуре и механических свойствах конструкционных материалов, определения фактического технического состояния и ресурса безопасной эксплуатации конструктивных элементов технологического оборудования предлагается использовать электромагнитно-акустический преобразователь, принцип действия которого основан на бесконтактном генерировании в металле ультразвуковых колебаний с помощью вихревых токов, возбуждаемых специальной обмоткой, и источника постоянного магнитного поля.

Aims and Objectives

Analyze emergency situations due to the defects appearance in metal elements of shell-type structures in oil and gas industry.

Determine the operational loading effect on the modification of electrophysical and acoustic properties of metall elements.

Conclusion

To evaluate real modifications in the structure and mechanical properties of structural materials, determine the actual technical state and the safe operation resource of structural elements of the process equipment, it is proposed to use an electromagnetic-acoustic converter. Its operating principle is based on noncontact generation of ultrasonic vibrations in a metal by eddy currents excited by a special winding, and a source of a constant magnetic field.

Ключевые слова: нефтегазовое оборудование, безопасность, напряженно-деформированное состояние, поврежденность, металлические элементы, электромагнитно-акустический преобразователь

Key words: oil and gas equipment, safety, stress-strain state, damage, metal parts, electromagnetic acoustic transducer

В настоящее время расчеты на прочность конструктивных элементов, оценка технического состояния и прогнозирование ресурса безопасной эксплуатации оборудования опасных производственных объектов осуществляются по методикам, не учитывающим реальные изменения в структуре и механических свойствах конструкционных материалов в процессе эксплуатации, что снижает достоверность результатов, создает предпосылки для возникновения аварийных ситуаций, сопровождающихся значительным

экономическим и экологическим ущербом [1-5].

На рисунках 1 и 2 представлены динамики аварийности и производственного травматизма за 2007-2015 гг. на объектах нефтегазодобывающей, нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения по данным отчета Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [6]. Финансовый ущерб от опасных событий на объектах нефтегазодобывающей,

нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения показывает, что

значительная доля аварий сопровождается значительными экономическими потерями (рисунки 3, 4) [6].



Рисунок 1. Динамика аварийности и производственного травматизма за 2007-2015 гг. в нефтегазодобывающей промышленности



Рисунок 2. Динамика аварийности и производственного травматизма за 2007-2015 г.г. в нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения

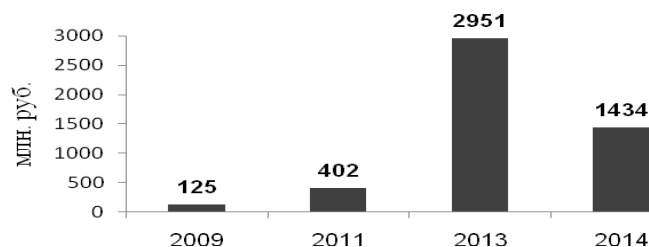


Рисунок 3. Финансовый ущерб от опасных событий на объектах нефтегазодобывающей промышленности

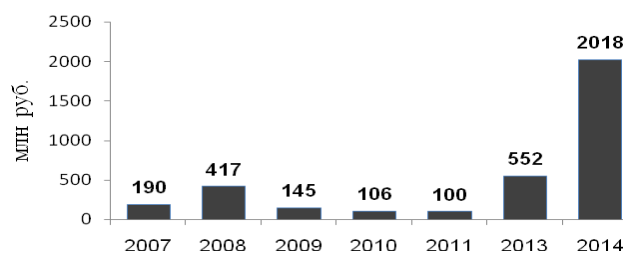


Рисунок 4. Финансовый ущерб от опасных событий на объектах нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения

Анализ результатов технических исследований аварий за период 2011-2015 гг., проведенный Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, показывает, что основными причинами возникновения аварий явились внутренние опасные факторы:

- в 2015 г. в тринадцати случаях (76 %) - внутренние опасные факторы, связанные с отказом и разгерметизацией технических устройств, нарушением технологии производства работ;

- в 2014 году в двенадцати случаях (63 %) - внутренние опасные факторы, связанные с отказом и разгерметизацией технических устройств, нарушением норм технологического режима;

- в 2013 г. 6 аварий из 14 (43 %) произошли по причине отказа и разгерметизации технических устройств;

- в 2012 г. 9 из 18 (50 % аварий) произошли из-за разгерметизации и разрушения технических устройств на опасных производственных объектах, при этом разгерметизация оборудования в пяти случаях связана с коррозией и утонением толщины стенки оборудования, в четырех случаях - с нарушениями при монтаже и эксплуатации оборудования;

- в 2011 г. 45 % аварий произошли по причине разрушения технических устройств, связанных с коррозией металла и дефектом сварных швов аппаратов.

Анализ результатов технических исследований аварий на трубопроводах показал, что основными причинами возникновения аварий явились воздействия внутренних опасных факторов, связанных с физическим износом, коррозией металла и растрескиванием тела трубы под напряжением [6], а также ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства опасных работ [7].

Комиссией по техническому расследованию крупной по экономическому ущербу аварии 28 сентября 2015 г. в филиале ПАО «АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфимский НПЗ» установлено, что разгерметизация тройника смешения гидрогенизата технологического трубопровода произошла в результате локального утонения стенки в зоне коррозионных процессов в агрессивной среде при нарушении параметров эксплуатации технологического трубопровода. Экономический ущерб от аварии составил 32 млн руб. [6]. Причиной разрушения трубопровода на предприятии ОАО «Газпром нефтехим Салават» 22 марта 2012 г. на установке гидроочистки и легкого гидрокрекинга вакуумного газойля стал коррозионно-эрозионный износ металла при длительной эксплуатации байпасной линии в основной технологической схеме.

Согласно регламенту, байпасная линия не была предназначена для постоянного транспортирования газопродуктовой смеси, а

внедрение схемы горячей сепарации привело к повышению процентного содержания сероводорода в данном потоке (с 0,93 % масс. до 3,45 % масс.) и увеличению коррозионной активности транспортируемой среды [6].

Причиной аварии, происшедшей 2 июля 2009 г. на заводе «Мономер» ОАО «Салават-нефтеоргсинтез», явилось разрушение участка трубопровода пропилен в месте его утончения под опорой вследствие атмосферной коррозии, быстрого испарения среды с образованием взрывоопасной газовоздушной смеси, взрыва и формирования ударной волны [6].

Анализ информации об авариях, отказах технологического оборудования, трубопроводов, систем управления и противоаварийной защиты на производственных объектах показал, что по видам оборудования аварии и отказы распределены следующим образом: технологические трубопроводы, технологические аппараты, насосы и компрессоры, электрооборудование, приборы контроля [8].

В таблице 1 представлено распределение аварий по объектам нефтяной промышленности [9].

Значительную часть составляют аварии и отказы технологических трубопроводов, сосудов и аппаратов. Другие объекты включают: сливноналивные эстакады, насосные и компрессорные станции, производственные здания, промысловые сборные пункты.

В таблице 2 приведен анализ распределения аварий по видам на объектах нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, объектах нефтепродуктообеспечения [6].

В работах [10-12] описаны причины пожаров на некоторых производственных установках и проанализировано устранение нарушений в области пожарной безопасности, выявленных инспекторами Государственного пожарного надзора.

Пожары происходили по причине нарушения правил безопасности технологического процесса, несоблюдения требований пожарной безопасности при проведении огневых работ.

В работах [13, 14] предложен подход при определении уровня пожарной безопасности на примере одного из нефтеперерабатывающих предприятий России.

Таблица 1. Распределение аварий по объектам нефтяной промышленности за последние 15 лет

Аварийные объекты	Количество аварий		Количество погибших	
	абсолютное число	% от общего числа	абсолютное число	% от общего числа
Нефтепровод	132	54,5	4	13,3
Установка	38	15,7	1	3,3
Резервуар	35	14,5	10	33,3
Скважина	13	5,4	2	6,7
Другие объекты	24	9,9	13	43,3

Таблица 2. Распределение аварий по видам на объектах нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств и объектах нефтепродуктообеспечения

Виды аварий	Число аварий								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Взрыв	5	5	6	9	16	6	3	5	6
Пожар	14	6	5	4	1	5	6	8	11
Выброс опасных веществ	3	2	2	3	3	7	5	6	12
Итого	22	13	13	16	20	18	14	19	19

Значительную долю нефтегазохимического оборудования составляют конструкции оболочкового типа, работающие в условиях квазистатического нагружения. К ним можно отнести колонные аппараты, теплообменные аппараты, технологические аппараты, различные емкости, дымовые трубы и другие аппараты. Условия работы такого оборудования характеризуются широким диапазоном воздействия внутреннего давления (от глубокого вакуума до 2,0 МПа), криогенных и высоких (более 1000 °С) температур и длительным временем эксплуатации (до 20-40 лет). При этом рабочими средами являются взрывопожароопасные и коррозионно-активные вещества [15].

Так, например, наиболее опасным оборудованием процесса пиролиза является печь пиролиза в связи с использованием высоких температур (до 1000 °С), опасных веществ (углеводородов, газов нефтепереработки C₂-C₄, бензиновых и газойлевых фракций). Опасным является змеевик, который находится в печи пиролиза, по причине вибрации, в результате которой могут произойти повреждения труб с образованием трещин, что может привести к разгерметизации змеевика и утечке сырья [16].

Процесс разрушения оборудования состоит из четырех стадий. Под действием избыточных давлений, механических, температурных нагрузок и других факторов происхо-

дит непрерывное накопление повреждений металла: на уровне кристаллической структуры металла образуются вакансии и их скопления, одиночные поры, цепочки пор по границам зерен; рост пор по границам зерен, их слияние в микротрещины; развитие микротрещин. После образования микротрещины процесс переходит в стадию разрушения. Наличие агрессивных сред и концентраторов напряжений ускоряет этот процесс (рисунок 5) [17].

С целью детального изучения деградиционных процессов, протекающих в эксплуатационных условиях, влияния эксплуатационного нагружения на изменение электрофизических свойств металлических элементов, в лабораторных условиях были проведены экспериментальные исследования.

В качестве объектов исследования использовались три плоских образца из сталей марок 10, Ст3 и 09Г2С, наиболее широко используемых при производстве электроэнергетического оборудования и в других отраслях промышленности.

В таблице 3 показана структура металла 09Г2С, зафиксированная при помощи микровизора Mvizo MET-221, при растяжении на испытательной машине УММ-5, при 100-кратном увеличении.

Аналогичные эксперименты были проведены с образцами из сталей марок 10 и Ст3.

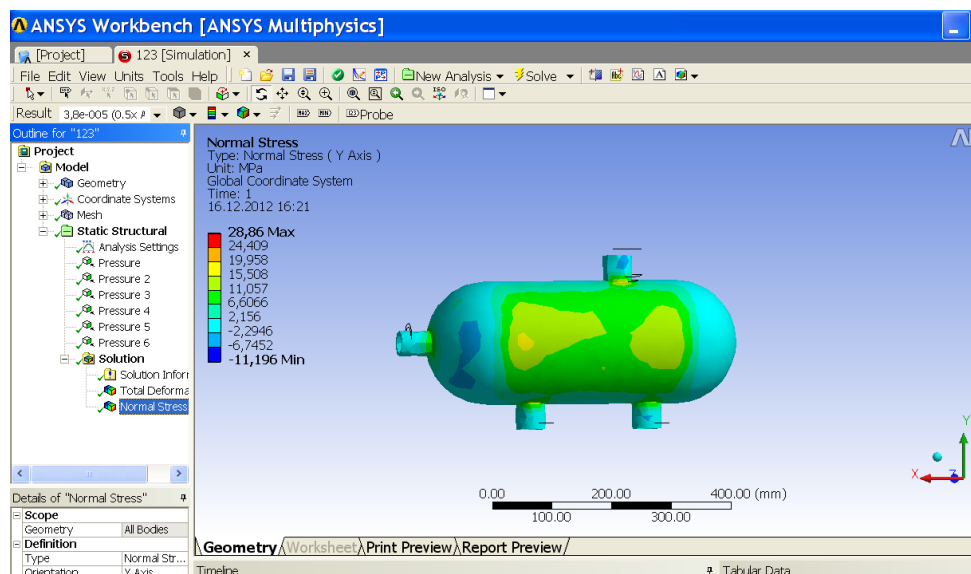


Рисунок 5. Напряженно-деформированное состояние объекта в программе ANSYS Workbench

Таблица 3. Структура металла 09Г2С

Исходное состояние	После растяжения при нагрузке 2000 кгс	После растяжения при нагрузке 3500 кгс
		

Приоритетными задачами являются своевременное определение состояния оборудования и количественная оценка уровня его поврежденности.

Для оценки реальных изменений в структуре и механических свойствах конструкционных материалов, определения фактического технического состояния и ресурса безопасной эксплуатации конструктивных

элементов технологического оборудования предлагается использовать электромагнитно-акустический (ЭМА) преобразователь, принцип действия которого основан на бесконтактном генерировании в металле ультразвуковых колебаний с помощью вихревых токов, возбуждаемых специальной обмоткой, и источника постоянного магнитного поля.

Выводы

Предлагается совместное использование электромагнитно-акустического метода и метода динамической идентификации в сочетании с интегральным параметром (передаточной функцией) для выявления зон аномальных концентраций механических напряжений в элементах крупногабаритных обло-чковых конструкций, где зарождаются де-фекты структуры металла и в дальнейшем развиваются макродефекты, ведущие к раз-рушению оборудования [2, 18].

Список литературы

1. Кузеев И.Р., Баширов М.Г. Электромагнитная диагностика оборудования нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. 294 с.
2. Баширов М.Г., Хуснутдинова И.Г., Хуснутдинова Л.Г., Усманов Д.Р. Электромагнитно-акустический метод оценки технического состояния энергетического оборудования // Промышленная энергетика. 2016. № 12. С. 8-13.
3. Зайнуллин Р.С. Оценка эффективности применения высокопрочных сталей для производства элементов нефтегазового оборудования // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов». 2015. Вып. 1 (99). С. 120-127.
4. Латыпов А.М., Мухаметзянов А.М., Харисов Р.А., Зайнуллин Р.С. Совершенствование методов расчета долговечности элементов оборудования и трубопроводов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов». 2014. Вып. 3 (97). С. 90-95.
5. Харисов Р.А., Кантемиров И.Ф. Оценка фактической степени напряженности элементов трубопроводных систем при эксплуатации // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. Вып. 3 (85). С. 84-90.
6. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (дата обращения: 19.02.2017).
7. Мухамадеев Р.И., Бакиров И.К., Мухамадеев И.Г. Психологические аспекты повышения уровня безопасности труда // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 118-121.
8. Техногенный риск и управление промышленной безопасностью нефтеперерабатывающих предприятий: учеб. пособие / М.Х. Хуснияров, А.П. Веревкин, И.Р. Кузеев, Р.Р. Тляшева, Д.С. Матвеев, О.И. Гаевская, А.В. Чикуров, Р.М. Харисов, Е.А. Наумкин, А.С. Симарчук. Уфа: Нефтегазовое дело, 2012. 311 с.
9. Давыдкин С.А., Намычкин А.Ю. Анализ аварии на объектах нефтегазовой промышленности // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2007. № 6. URL: <http://www.ipb.mos.ru/ttb/2007-6/2007-6.html>.
10. Бакиров И.К. Отношение к пожарной безопасности в России. Государственный пожарный

References

1. Kuzeev I.R., Bashirov M.G. *Elektromagnitnaya diagnostika oborudovaniya neftekhimicheskikh i neftepererabatyvayushchikh proizvodstv* [Electromagnetic Diagnostics of Equipment of Petrochemical and Refining Industries]. Ufa, UGNTU Publ., 2001, 294 p.
2. Bashirov M.G., Khusnutdinova I.G., Khusnutdinova L.G., Usmanov D.R. *Elektromagnitno-akusticheskii metod otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya energeticheskogo oborudovaniya* [Electromagnetic-Acoustic Method for Technical Condition Estimation of Power Equipment]. *Promyshlennaya energetika - Industrial Energy*, 2016, No. 12, pp. 8-13. (in Russ.).
3. Zainullin R.S. *Otsenka effektivnosti primeneniya vysokoprochnykh staley dlya proizvodstva elementov neftegazovogo oborudovaniya* [Efficiency of High-Strength Steel Use for Production of Oil and Gas Equipment Elements]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2015, Issue 1 (99), pp. 120-127. (in Russ.).
4. Latypov A.M., Mukhametzyanov A.M., Kharisov R.A., Zainullin R.S. *Sovershenstvovanie metodov rascheta dolgovechnosti elementov oborudovaniya i truboprovodov* [Improvement of Equipment Component/Pipeline Longevity Calculation Methods]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2014, Issue 3 (97), pp. 90-95. (in Russ.).
5. Kharisov R.A., Kantemirov I.F. *Otsenka fakticheskoi stepeni napryazhennosti elementov truboprovodnykh sistem pri ekspluatatsii* [Assessment of Actual Stress Degree of Pipeline System Elements during Operation]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2011, Issue 3 (85), pp. 84-90. (in Russ.).
6. *Ezhegodnye otchety o deyatel'nosti Federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru* [Annual Reports on the Activities of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision [Electronic Resource]. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (data obrashcheniya: 19.02.2017). (in Russ.).
7. Mukhamadeev R.I., Bakirov I.K., Mukhamadeev I.G. *Psikhologicheskie aspekty*

надзор и пожарные риски // Пожарная безопасность в строительстве. 2010. № 5. С. 28-29.

11. Бакиров И.К. Влияние на пожарные риски вопросов, связанных с пожарной безопасностью в строительстве // Пожарная безопасность в строительстве. 2010. № 4. С. 24-25.

12. Бакиров И.К. Что надо изменить, чтобы эффективно проверять объекты в области пожарной безопасности // Пожарная безопасность в строительстве. 2011. № 4. С. 42-46.

13. Хафизов Ф.Ш., Бакиров И.К. Расчет пожарных рисков объектов топливно-энергетического комплекса // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19. № 11. С. 31-35.

14. Бакиров И.К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ и материалов на производственных и складских объектах // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 9. С. 35-41.

15. Баширова Э.М. Оценка предельного состояния металла оборудования для переработки углеводородного сырья с применением электромагнитного метода контроля: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2005. 137 с.

16. Абдрахимов Ю.Р., Закирова З.А., Бакиров И.К., Сахипгареева А.Р. Повышение безопасности эксплуатации печи пиролиза // Нефтегазовое дело. 2014. Т. 12, № 1. С. 159-163.

17. Ишмухаметов В.С., Ясафова А.Р., Хуснутдинова И.Г., Баширов М.Г. Электромагнитный инденторный метод диагностики нефтегазового оборудования // Газовая промышленность. 2013. № S700 (700). С. 44-47.

18. Баширова Э.М., Хуснутдинова И.Г. Метод оценки напряженно-деформированного состояния металлических конструктивных элементов // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля: матер. Междунар. науч.-метод. конф. 2014. С. 217-219.

повыsheniya urovnya bezopasnosti truda [Psychological Aspects of Increasing the Level of Occupational Safety]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Bulletin of Bashkir State Agrarian University*, 2014, No. 3, pp. 118-121. (in Russ.).

8. *Tekhnogennyi risk i upravlenie promyshlennoi bezopasnost'yu neftepererabatyvayushchikh predpriyati: ucheb. posobie* [Technogenic Risk and Industrial Safety Management of Refineries: tutorial] / M.Kh. Khusniyarov, A.P. Verevkin, I.R. Kuzeev, R.R. Tlyasheva, D.S. Matveev, O.I. Gaevskaya, A.V. Chikurov, R.M. Kharisov, E.A. Naumkin, A.S. Simarchuk. Ufa, Neftgazovoe delo Publ., 2012, 311 p. (in Russ.).

9. Davydkin S.A., Namychkin A.Yu. Analiz avarii na ob'ektakh neftegazovoi promyshlennosti [Analysis of Accidents in Oil and Gas Industry]. *Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti» - Internet Journal «Technologies of Technospheric Safety»*, 2007, No. 6. URL: <http://www.ipb.mos.ru/ttb/2007-6/2007-6.html>. (in Russ.).

10. Bakirov I.K. Otnoshenie k pozharnoi bezopasnosti v Rossii. Gosudarstvennyi pozharnyi nadzor i pozharnye riski [Attitude to Fire Safety in Russia. State Fire Control and Fire Risks]. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve - Fire Safety in Construction*, 2010, No. 5, pp. 28-29. (in Russ.).

11. Bakirov I.K. Vliyanie na pozharnye riski voprosov, svyazannykh s pozharnoi bezopasnost'yu v stroitel'stve [Influence of Fire Risks on Issues Related to Fire Safety in Construction]. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve - Fire Safety in Construction*, 2010, No. 4, pp. 24-25.

12. Bakirov I.K. Chto nado izmenit', chtoby effektivno proveryat' ob'ekty v oblasti pozharnoi bezopasnosti [What is to be Changed for Effective Inspection of Objects in the Sphere of Fire Safety]. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve - Fire Safety in Construction*, 2011, No. 4, pp. 42-46.

13. Khafizov F.Sh., Bakirov I.K. Raschet pozharnykh riskov ob'ektov toplivno-energeticheskogo kompleksa [Calculation of Fire Risks of the Fuel and Energy Complex Objects]. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve - Fire Safety in Construction*, 2010, T. 19, № 11, pp. 31-35.

14. Bakirov I.K. Razrabotka metoda otsenki pozharnykh riskov tverdykh goryuchikh veshchestv i materialov na proizvodstvennykh i skladskikh ob'ektakh [Development of Fire Risk Assessment Method for Combustible Solid Substances and Materials in Production and Warehouse Facilities]. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve - Fire Safety in Construction*, 2011, T. 20, No. 9, pp. 35-41.

15. Bashirova E.M. *Otsenka predel'nogo sostoyaniya metalla oborudovaniya dlya pererabotki uglevodородного syr'ya s primeneniem elektromagnitnogo metoda kontrolya: dis. kand. tekhn. nauk* [Evaluation of the Limiting State of the Metal Equipment for Processing of Hydrocarbon Raw Materials with Application of Electromagnetic Inspection Method: Kand. Tekhn. Sci. Diss.]. Ufa, 2005. 137 p.

16. Abdrakhimov Yu.R., Zakirova Z.A., Bakirov I.K., Sakhigareeva A.R. Povyslenie

bezopasnosti ekspluatatsii pechi piroliza [Pyrolysis Oven Operation Safety Improvement]. *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Industry*, 2014, T. 12, No. 1, pp. 159-163.

17. Ishmukhametov V.S., Yasafova A.R., Khusnutdinova I.G., Bashirov M.G. Elektromagnitnyi indentornyi metod diagnostiki neftegazovogo oborudovaniya [Electromagnetic Indentation Method for Diagnostics of Oil and Gas Equipment]. *Gazovaya promyshlennost' - Gas Industry*, 2013, No. S700 (700), pp. 44-47.

18. Bashirova E.M., Khusnutdinova I.G. Metod otsenki napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya metallicheskih konstruktivnykh elementov [Method for Evaluation of Stress-Strain State of Metal Structural Components]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Integratsiya nauki i obrazovaniya v vuzakh neftegazovogo profilya»* [Materials of International Scientific-Methodical Conference «Integration of Science and Education in Oil and Gas Universities»]. 2014, pp. 217-219.

Авторы

• Хуснутдинова Ильвина Гамировна
Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате
Аспирант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», механический факультет
Ассистент кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий»
Российская Федерация, 453250, Республика Башкортостан, г. Салават, ул. Губкина, д. 22 Б
e-mail: ilvina011@mail.ru

• Баширов Мусса Гумерович, доктор технических наук, профессор
Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате
Заведующий кафедрой «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий»
Российская Федерация, 453250, Республика Башкортостан, г. Салават, ул. Губкина, д. 22 Б
тел. (3476) 33-08-5
e-mail: eapp@yandex.ru

• Бакиров Ирек Климович, кандидат технических наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность»
Эксперт независимой оценки пожарного риска
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Матвея Пинского, 4.
тел. (347) 243-18-13
e-mail: bakirovirek@bk.ru

The Authors

• Khusnutdinova Ilvina G.
Branch of Ufa State Petroleum Technological University in Salavat
Post-graduate Student of Fire and Industrial Safety Department, Mechanical Faculty
Assistant of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises Department
22B, Gubkin str., Salavat, Republic of Bashkortostan, 45320, Russian Federation
e-mail: ilvina011@mail.ru

• Bashirov Mussa G., Doctor of Technical Sciences, Professor
Branch of Ufa State Petroleum Technological University in Salavat
Head of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises Department
22B, Gubkin str., Salavat, Republic of Bashkortostan, 45320, Russian Federation
tel: (3476) 33-08-5
e-mail: eapp@yandex.ru

• Bakirov Irek K., Candidate of Technical Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Fire and Industrial Safety Department.
Independent Expert of Fire Risk Assessment
4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian Federation
tel. (347) 243-18-13
e-mail: bakirovirek@bk.ru