

УДК 658.562: 622.276-049.5

**Р.А. Кускильдин** (ОАО «Газпром газораспределение Уфа», г. Уфа, Российская Федерация), **Н.Х. Абдрахманов**, **З.А. Закирова**, **Э.Ф. Ялалова**, **К.Н. Абдрахманова**, **В.В. Ворохобко** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ УРОВЕНЬ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

**R.A. Kuskildin** (OAO «Gazprom gas distribution Ufa», Ufa, Russian Federation), **N.Kh. Abdrakhmanov**, **Z.A. Zakirova**, **E.F. Yalalova**, **K.N. Abdrakhmanova**, **V.V. Vorokhobko** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

### MODERN TECHNOLOGIES FOR OPERATION CONTROL MONITORING INCREASING INDUSTRIAL SAFETY LEVEL ON OIL AND GAS INDUSTRY OBJECTS

#### **Введение**

В статье поднимаются актуальные вопросы о совершенствовании производственного контроля основных технологических процессов на предприятиях нефтегазовой отрасли.

#### **Цели и задачи**

Основным направлением исследования выступили инновационные технологии по контролю над техническим состоянием и эксплуатационным циклом оборудования, используемого для добычи, переработки и транспортировки. Важной составляющей проведения анализа является выявление характеристик эксплуатационных режимов оборудования, их измерение и использование данных для составления отчетности в процессе производственного контроля.

#### **Методы**

Методологией исследования выступили методы научного познания: сравнительный анализ, контентный анализ, структурно-функциональный анализ, метод математического моделирования, системный метод, метод экономико-статистического анализа.

#### **Background**

The article raises topical questions concerning operation control improving of the main technological processes at oil and gas enterprises.

#### **Aims and Objectives**

Innovative technologies for technical state inspection and equipment operational cycle used for oil recovery, refinery and transportation were chosen for research. The main stages of the analysis are production selection of equipment operation characteristics, their measuring and data usage for reporting during control monitoring.

#### **Methods**

As the methodology there were used the methods of scientific knowledge: comparative analysis, content analysis, structural and functional analysis, mathematical modeling method, system method, statistical and economic analysis method. The article considers new technologies making operation of technical facilities and equipment in the oil and gas industry more safe.

В статье рассмотрены новые технологии, позволяющие сделать более безопасным процесс эксплуатации технических средств и оборудования по нефтегазовой отрасли.

#### **Результаты**

На современном этапе возникает потребность во внедрении новых процессов измерения, которые соответствовали бы нормативным требованиям, предъявляемым к работе оборудования на объектах повышенной опасности. Переход на новые технологии, а также изучение производственного контроля ставят перед инженерами задачи по освоению масштабных объемов промышленного фонда. Так, при разработке стратегических решений по режиму эксплуатации оборудования в результате обследования могут быть обнаружены существенные недостатки аппаратных измерений или работы измеряемого оборудования, которые способны привести к аварийным ситуациям со значительным разрушением, взрывом и человеческими жертвами.

#### **Results**

At present there is a need to introduce new measurement processes meeting the requirements for the operation of equipment at high-risk sites. The transition to new technologies, as well as the study of operation control, put engineers the tasks of adopting large-scale industrial fund. Thus, when developing strategic decisions on the mode of equipment operation during inspection, there can be detected significant shortcomings in the hardware measurement or the operation of measured equipment, which may bring to emergency situations with significant destruction, explosion and human victims.

#### **Conclusion**

To prevent accidents, injuries and other dangerous consequences, it is important to study not only domestic, but foreign experience of applying innovative engineering solutions and control for facilities operation modes in oil and gas industry as well.

---

---

**Ключевые слова:** нефтегазовая отрасль, производственный контроль, патентные технологии, аппаратные измерения, эксплуатационный цикл

---

---

**Key words:** oil and gas industry, operation control, patent technologies, hardware dimensions, operating cycle

---

---

Применение технически сложного аппаратного оборудования на предприятиях нефтегазового сектора является одним из наиболее проблемных направлений производственного контроля промышленной безопасности. Диагностика объектов повышенной опасности связана с математическим и компьютерным моделированием, с соблюдением технической регламентации, требований действующего законодательства и другими особенностями, выделяющими подобную практику в особую категорию проведения производственного контроля на предприятиях [1-4]. Технической сложностью реализации процессов по производственному контролю промышленной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли являются диагности-

ческие измерения, позволяющие сделать заключение об адекватной/неадекватной работе оборудования. Чтобы такие измерения производились в режиме реального времени, необходимо вводить новые инновационные технологии, учитывающие методы математического и компьютерного моделирования, для мгновенного реагирования, составления ситуационных задач и максимально быстрого их решения [5, 6]. Особенно важно применение данных технологий для объектов повышенной опасности, к которым относятся объекты нефтегазовой отрасли, объекты, на которых расположены химически вредные вещества и смеси, способные при возникновении аварийной ситуации привести к масштабным разрушениям, взрывам смесей, углеводород-

ного сырья с воздухом, человеческим жертвам и загрязнению окружающей среды. Последствия подобных техногенных катастроф могут давать знать о себе долгие годы и даже десятилетия после аварии.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 10 марта 1999 г. № 263 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте», основными задачами производственного контроля являются обеспечение соблюдения требований промышленной безопасности, анализ и контроль промышленной безопасности, разработка мер, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности, и координация работ, направленных на предупреждение и своевременную профилактику аварий на опасных производственных объектах. Ответственное лицо, в соответствии с положениями данного постановления, обязуется реализовывать комплекс упреждающих мер по профилактике аварий, учету, инструктажу и организации контроля соблюдения правил промышленной безопасности сотрудниками опасного производственного объекта. Также в обязанности ответственного лица входят учет, расследование и «дебрифинг» всех аварийных ситуаций с последующей разработкой более эффективных упреждающих мер в составе спецкомиссии.

В этой связи интерес представляют инновации в сфере диагностики состояния промышленных конструкций и трубопроводов, основных объектов добычи и транспортировки, систем жизнеобеспечения. Важно учитывать, что подобные работы могут проводиться как в обычных условиях, так и в условиях экстремальных, когда при экстренном реагировании от инженеров потребуется задействовать минимальные ресурсы для устранения последствий аварийных ситуаций либо принять решение о применении мер по их предупреждению. При этом важно учитывать сложность и недостаточную проверку на практике вновь внедряемых инновационных технологий. Исходя из вышесказанного, исследованы и проанализированы возможные технологии применения новых образцов аппаратных из-

мерений, а также инновационных решений по разработке средств диагностики эксплуатационных режимов оборудования.

Для изучения технического состояния обсадных колонн и насосно-компрессорных труб нефтегазовых скважин методами профилометрии и дефектоскопии разработан профиломер-дефектоскоп [7]. Достоинством данного устройства является повышенная точность измерения внутреннего диаметра, уменьшенная габаритность, упрощенность конструкции прибора и более широкая область применения устройства. Для этого профиломер-дефектоскоп оборудован электромагнитным дефектоскопом, центраторами с подпружиненными рычагами и профиломером с преобразователем механического перемещения рычагов в электрический сигнал. Профиломер совмещен с одним из центраторов рычагами, отслеживающими неровности стенок скважины. Профиломер содержит постоянные магниты, установленные в середине диаметра противоположных рычагов, и датчик Холла, расположенный на оси дефектоскопа внутри корпуса центратора, выполненного из немагнитного материала. При этом оси постоянных магнитов в сложном состоянии рычагов перпендикулярны оси дефектоскопа, а ось наибольшей чувствительности датчика Холла направлена перпендикулярно оси дефектоскопа и находится в одной плоскости с осями магнитов. Кроме того, датчик Холла электрически связан с электронной схемой дефектоскопа, обеспечивающего прием и обработку сигналов от датчика Холла и передачу их на поверхность.

Нефтегазовые колонны в начале их использования имеют диаметр оборудования, который предусмотрен техническим регламентом. Во время эксплуатации происходит оседание на стенках колонн различного осадка, шлаков, происходят уход колонны от заданной оси и разрыв соединительных муфт. Такие серьезные отклонения от ГОСТ и общепринятых стандартов могут привести к серьезной техногенной катастрофе, именно поэтому использование данного устройства актуально. При вычислении толщины стенок по данным дефектоскопа учитываются изменения магнитной проницаемости и электро-

проводности трубопровода. У данного способа имеются следующие недостатки:

- 1) при проведении измерений необходимо знать информацию о толщине стенок на участке исследуемой колонны для привязки данных, получаемых в режиме реального времени;
- 2) при одновременном измерении магнитной проницаемости и электропроводности достоверность данных ухудшается;
- 3) слабая зависимость показаний прибора от измеряемого диаметра;
- 4) сложный тип преобразователя механического перемещения в электрический сигнал.

Измеряемая феррозондом прибора напряженность магнитного поля прямо пропорциональна косинусу угла поворота измерительного рычага, который, в свою очередь, равен отношению расстояния от оси рычага до исследуемой стенки к длине рычага. При прохождении прибором неровности косинус угла поворота рычага и, соответственно, измеряемая величина изменяются на величину  $dH$ , пропорциональную отношению высоты неровности к длине рычага. Относительное изменение напряженности магнитного поля  $dH/H$  будет равно отношению высоты неровности к расстоянию от оси рычага до исследуемой стенки.

Тем не менее, для исследования технического состояния обсадных колонн и насосно-компрессорных труб нефтегазовых скважин предлагается применять профилемер-дефектоскоп, содержащий электромагнитный дефектоскоп, центраторы с подпружиненными рычагами и профилемер с преобразователем механического перемещения рычагов в электрический сигнал. Профилемер совмещен с одним из центраторов с рычагами, отслеживающими неровности стенок скважины, и содержит постоянные магниты, установленные на рычагах центратора, и датчик Холла, расположенный внутри корпуса центратора, выполненного из немагнитного материала, и измеряющий суммарную магнитную индукцию поля постоянных магнитов. При этом постоянные магниты установлены в середине диаметрально противоположных рычагов, оси постоянных магнитов в сложном состоянии

рычагов перпендикулярны оси дефектоскопа, а ось наибольшей чувствительности датчика Холла направлена перпендикулярно оси дефектоскопа и находится в одной плоскости с осями магнитов. Кроме того, датчик Холла электрически связан с электронной схемой дефектоскопа, обеспечивающего прием и обработку сигналов от датчика Холла и передачу их на поверхность.

Другой из инноваций, способных в ближайшем будущем совершить настоящий прорыв в технологии диагностики промышленного оборудования и усовершенствовать систему производственного контроля промышленной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли, является устройство для диагностики технического состояния металлических трубопроводов [8, 9]. Предлагаемое устройство позволяет усовершенствовать производственный контроль над эксплуатационным режимом металлического трубопровода путем применения измерительной техники, которая относится к передовым средствам аппаратных измерений, использующих бесконтактную диагностику [10]. Устройство представляет собой аппарат диагностики технического состояния металлических трубопроводов и может быть использовано при дефектоскопическом контроле состояния, например напряженно-деформированного состояния металла трубопровода, нарушения целостности трубопровода и изоляционного покрытия и т.п., подводных и/или подземных нефте- и газопроводов и других металлических трубопроводов. Устройство содержит, по меньшей мере, два трехкомпонентных датчика индукции магнитного поля, расположенных на разных уровнях по высоте относительно трубопровода, первый и второй усилители, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), устройство определения разности значений индукции магнитного поля по осям X, Y, Z, контроллер, блок памяти и устройство отображения информации.

Дополнительно устройство содержит блок определения величины и направления полного вектора индукции магнитного поля, измеряемой первым трехкомпонентным датчиком, блок определения величины и направления полного вектора индукции магнит-

ного поля, измеряемой вторым трехкомпонентным датчиком, и блок определения разности и угла между полными векторами индукции магнитного поля, измеряемой первым и вторым трехкомпонентными датчиками.

Устройство позволяет обеспечивать возможность установки полной и достоверной картины флуктуации магнитного поля, включая их величину и форму. Таким образом, при помощи бесконтактного метода, который является безопасным для производственного цикла и рабочих, можно получить реальные данные о состоянии промышленного оборудования в конкретный момент времени. Цель сбора данных и проведения дальнейших расчетов заключается в получении расчетных характеристик собственной амплитуды магнитного поля. Для считывания данных показателей используются датчики, передающие сигналы на аппаратуру программного комплекса через регистрирующее устройство. При их поступлении в программный комплекс (ПК) осуществляется формирование расчетного анализа и вариантов математических моделей воздействия, результатов нагрузок и фактического состояния участка трубопровода [11, 12].

Для максимально точного отражения вышеописанных характеристик в лабораторных испытаниях использовались средства измерения и регистрации динамических характеристик воздействия [13]. В регистраторе, который предназначался для получения и дешифрования сигналов датчиков и тензорезисторов, осуществляется функциональная измерительно-вычислительная программа по сбору, преобразованию, регистрации, обработке и передаче информации, полученной от датчиков. При поступлении данных в контроллер и после их преобразования и передачи на системный управляющий компьютерный комплекс программа начинает построение математических моделей, определяющих адекватность/неадекватность состояния исследуемых участков металлического трубопровода.

Таким образом, аппаратные измерения осуществляются в следующей последовательности:

- 1) сбор, регистрация и первичная обработка сигналов;
- 2) отображение регистрируемых обработанных величин;
- 3) контроль и диагностика полученных значений;
- 4) архивирование данных с целью их дальнейшего использования и анализа;
- 5) передача обработанных и заархивированных сигналов, заложенных в программу кодов и сообщений об аварийном состоянии участка и других технологических событий на ПК;
- 6) передача протоколов измерений на печатное устройство (при наличии);
- 7) потенциальная структура программы предоставляет возможность доступа к локальной сети при условии связи с другими системами;
- 8) возможность выдачи аналоговых сигналов.

Измерения осуществляются благодаря датчикам индукции магнитного поля, блокам, выполненным на базе микросхем, контроллерам, измерителям, усилителям и другим блокам системы комплексного аппаратного измерения. Основным достоинством данного инновационного решения является получение данных о состоянии трубопровода в режиме реального времени, что с учетом аппаратных средств математического и компьютерного моделирования позволит вовремя среагировать на возможные технически опасные состояния. Еще одним преимуществом, как уже указывалось выше, является бесконтактность метода, что, естественно, повышает режим безопасной эксплуатации оборудования. Недостатком метода является возможность измерения только двух компонентов магнитного поля трубопровода, а именно, по продольной оси трубопровода (оси  $Y$ ) и по вертикальной оси (оси  $Z$ ). Неполная картина магнитного поля обуславливает существенные погрешности результатов дефектоскопии.

Из описанных выше способов диагностики работы промышленного оборудования способ бесконтактного измерения технического состояния металлических трубопроводов кажется более предпочтительным, поскольку он имеет меньше недостатков и от-

вечает самой формулировке «промышленная безопасность», поскольку не требует присутствия при измерениях на опасных участках людей. Кроме того, он способен предупредить различные аварийные ситуации, которые потенциально могут возникнуть при напряженно-деформированном состоянии металла трубопровода, нарушении целостности трубопровода и изоляционного покрытия и т.п., равно как для подводных и/или подземных нефте- и газопроводов и других металлических трубопроводов.

Надземные трубопроводы, которые характеризуются специфическими особенностями и качественными характеристиками, определяющими условия их эксплуатации, могут быть обследованы так же, как и подземные. Данная методика не предполагает каких-либо ограничений в этой связи. Результатами длительного использования потенциала надземных участков трубопроводов могут быть: износ, порча, разного рода повреждения, ведущие к изнашиванию инженерного оборудования и конструктивных элементов. Для того чтобы избежать опасных глобальных разрушений, необходимо регулярно применять эффективные методы обследования состояния труб. Технологическая эксплуатация любого объекта рано или поздно приводит к неизбежной реконструкции, вопрос только в том, чтобы эта реконструкция была проведена вовремя.

Особенно важно использовать эффективную модель обследования с целью составления проектных решений по их своевременной реконструкции. Наиболее актуальным при эксплуатации и реконструкции современного оборудования является повышение устойчивости основных объектов и систем жизнеобеспечения. Наиболее востребованными для применения подобных методов аппаратных измерений являются перспективные направления производственного контроля промышленной безопасности с использованием методов построения математических и компьютерных моделей возможных аварийных ситуаций.

Осуществление сложных процессов математического моделирования при реализации процесса измерения данных позволит

своевременно предотвратить значительные материальные потери и аварийные ситуации из-за выхода из строя оборудования в длительной или ближайшей перспективе, а также из-за того урона, которое понесет предприятие, если производство будет остановлено в результате поломки оборудования и необходимости замены его частей. Как уже указывалось выше, существует риск формирования аварийной ситуации из-за пожаровзрывоопасности нефтеперерабатывающего производства, а также оказания вредного воздействия на окружающую среду. Математическое моделирование с учетом аппаратных измерений, проводимых в режиме реального времени, помогает осуществить определенный порядок реализации профилактики рисков и угроз на предприятиях нефтегазовой отрасли и определяет стратегию производственных циклов при определенном наборе общих критериев, а также при наличии систем и классификации структур принятия различных решений. За последние несколько лет из-за внедрения инновационных технологий на производственных объектах критерии оценки нововведений, особенно в сфере только что запатентованных открытий и изобретений, отстают от технической составляющей уже внедренных инноваций. Кроме того, следует отметить недостаток специалистов, работающих на оборудовании, осуществляющем аппаратные измерения на тех производствах и структурах, где применяются средства математического и компьютерного моделирования.

### **Вывод**

Таким образом, последние разработки в сфере технической инженерии выводят производственный контроль промышленной безопасности на иной порядок, позволяя вести непрерывный мониторинг объектов и оборудования, что способствует предотвращению потенциальных аварийных ситуаций и снижению влияния человеческого фактора [14, 15]. Так как промышленная добыча в нефтегазовой отрасли связана с работой на объектах повышенной опасности, средства производственного контроля, которые применяются для осуществления аппаратных измерений в режиме реального времени, должны

отвечать последним требованиям технической модернизации нефтедобывающей и перерабатывающей промышленности. Рассмотренные патентные технологии имеют перспективу усовершенствования методов производственного контроля, так как позволяют управлять сложным эксплуатационным режимом металлического трубопровода путем применения измерительной техники, которая относится к передовым средствам аппаратных измерений, использующих бесконтактную диагностику.

Рассмотренные в статье устройства позволяют проводить диагностику технического состояния металлических трубопроводов и могут быть использованы при дефекто-

скопическом контроле состояния, например напряженно-деформированного состояния металла трубопровода, нарушения целостности трубопровода и изоляционного покрытия и т.п., подводных и/или подземных нефте- и газопроводов и других металлических трубопроводов, что может иметь востребованность в условиях Крайнего Севера, Арктики, при разработке других шельфов, расположенных в сложно разрабатываемых территориальных зонах. Кроме того, в результате получения точных аппаратных измерений можно утверждать, что процесс совершенствования производственного контроля покажет положительную динамику минимизации риска пожаровзрывоопасных ситуаций.

#### Список литературы

1. Абдрахимов Ю.П., Закирова З.А., Басирова А.Х. Методы диагностирования магистральных трубопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 4. С. 46-49.
2. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. Требования к информационному, организационному и техническому обеспечению построения информационно-управляющей системы безопасности для предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. 2016. № 2 (8). С. 14-17.
3. Абдрахманов Н.Х., Шутов Н.В., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Шайбаков Р.А. Разработка технических требований к созданию системы оперативного мониторинга и управления промышленной и экологической безопасностью опасных производственных объектов на основе минимизации рисков // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 4. С. 497-511. URL: [http://ogbus.ru/issues/4\\_2015/ogbus\\_4\\_2015\\_p497-511\\_AbrakhmanovNKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p497-511_AbrakhmanovNKh_ru.pdf).
4. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Шайбаков Р.А. Создание системы оперативного мониторинга промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов: сб. матер. науч.-практ. конф. «Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах» 20-21 мая 2015 г. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. С. 19-23.
5. Система управления промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды: Отчет о деятельности в области устойчивого развития на территории Российской Федерации 2011-2012. М.: ОАО «Лукойл», 2013. 256 с.

#### References

1. Abdrakhimov Yu.R., Zakirova Z.A., Basirova A.Kh. Metody diagnostirovaniya magistral'nykh truboprovodov [*Methods of Main Pipelines Diagnostics*]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti - Occupational Safety in Industry*, 2014, No. 4, pp. 46-49. (in Russ.).
2. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N. Trebovaniya k informatsionnomu, organizatsionnomu i tekhnicheskomu obespecheniyu postroeniya informatsionno-upravlyayushchei sistemy bezopasnosti dlya predpriyatii neftegazopererabatyvayushchei promyshlennosti [Requirements for Information, Organizational and Technical Support for the Construction of an Information and Control Security System for Oil and Gas Processing Enterprises]. *Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov - Expertise of Industrial Safety and Diagnostics of Hazardous Production Facilities*, 2016, No. 2 (8), pp. 14-17. (in Russ.).
3. Abdrakhmanov N.Kh., Shutov N.V., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Shaibakov R.A. Razrabotka tekhnicheskikh trebovaniy k sozdaniyu sistemy operativnogo monitoringa i upravleniya promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnost'yu opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov na osnove minimizatsii riskov [Development of Technical Requirements to Creation of the System of the Operative Monitoring and Management Industrial and Ecological Safety of Dangerous Production Objects on the Basis of Minimization of Risks]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 4, pp. 497-511. URL: [http://ogbus.ru/issues/4\\_2015/ogbus\\_4\\_2015\\_p497-511\\_AbrakhmanovNKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p497-511_AbrakhmanovNKh_ru.pdf). (in Russ.).
4. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Shaibakov R.A. Sozdanie sistemy operativnogo monitoringa promyshlennoi i

6. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н., Басырова А.Р. Моделирование сценариев развития аварийных ситуаций для нестационарных опасных производственных объектов нефтегазового комплекса // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 5. С. 516-531. URL: [http://ogbus.ru/issues/5\\_2015/ogbus\\_5\\_2015\\_p516-531\\_AbrakhmanovNKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/5_2015/ogbus_5_2015_p516-531_AbrakhmanovNKh_ru.pdf).

7. Пат. 2440493 РФ, МПК G 01 N 3/18. Профиломер-дефектоскоп для исследования технического состояния обсадных колонн и насосно-компрессорных труб нефтегазовых скважин / С.В. Степанов, В.Г. Судничников, А.В. Миллер, А.А. Миллер, А.В. Судничников. 2010125634/03, Заявл. 22.06.2010; опубл. 20.01.2012. Бюл. № 2. 2 с.

8. Пат. 2525462 РФ, МПК F 16 D. Устройство для диагностики технического состояния металлических трубопроводов / В.М. Саксон, А.Б. Сергеев, А.Б. Проказин, А.Е. Курашвили, Д.А. Скоков. 2013115581/28, Заявл. 04.04.2013; Опубл. 20.08.2014. Бюл. № 23. 1 с.

9. Абдрахманов Н.Х., Турдыматов А.А., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В. Обеспечение безопасности технологических трубопроводных систем на предприятиях нефтегазового комплекса // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 4. С. 254-260.

10. Пермякова Ю.В., Покровская Н.В., Семин Е.Е. Методические указания по организации и исполнению программ диагностики промысловых трубопроводов ОАО «Газпром нефть». М.: ОАО «Газпром нефть», 2011. 145 с.

11. Акимов О.В., Гарифуллин А.Р., Батаман И.В. Решение проблемы насосной добычи нефти из скважин с негерметичными эксплуатационными колоннами // Скважинная добыча нефти и газа. 2009. № 2. С. 30-32.

12. Абдрахманов Н.Х., Шутов Н.В., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Шайбаков Р.А. Принципы разработки информативной модели управления минимизацией рисков опасных производственных объектов нефтегазового комплекса // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. № 4. С. 353-367. URL: [http://ogbus.ru/issues/4\\_2014/ogbus\\_4\\_2014\\_p353-367\\_abdrakhmanovnkx\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/4_2014/ogbus_4_2014_p353-367_abdrakhmanovnkx_ru.pdf).

13. Кусильдин Р.А., Закирова З.А., Гизатуллин А.Р., Камалов И.А. Совершенствование образовательных технологий подготовки производственного персонала // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 6. С. 72-74.

14. Абдрахманов Н.Х., Шайбаков Р.А., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Забелин К.Л. Анализ нестационарности при эксплуатации технологического оборудования опасных производственных объектов // Промышленная безопасность и техническая диагностика опасных производственных объектов: матер. науч.-практ. конф. 18-19 марта 2015 г. Уфа: УГНТУ. 2015. № 2. С. 95-99.

15. Абдрахманов Н.Х., Матвеев В.П., Нищета А.С., Савицкий В.В., Доржиева О.А., Хаки-

екологической безопасности опасных производственных объектов [Creation of a System of Operational Monitoring of Industrial and Environmental Safety of Hazardous Production Facilities]. *Sbornik materialov «Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov» nauchno-prakticheskoy konferentsii «Promyshlennaya bezopasnost' na vzryvopozharoopasnykh i khimicheskii opasnykh proizvodstvennykh ob"ektakh» 20-21 maya 2015 g.* [Collection of Works «Industrial Safety Expertise and Diagnostics of Hazardous Production Facilities» of Scientific-Practical Conference «Industrial Safety in Explosion-Risk and Chemically Hazardous Production Facilities», May 20-21, 2015]. Ufa, UGNTU Publ., 2015, pp. 19-23. (in Russ.).

5. *Sistema upravleniya promyshlennoi bezopasnost'yu, okhranoi truda i okruzhayushchei sredy: Otchet o deyatelnosti v oblasti ustoichivogo razvitiya na territorii Rossiiskoi Federatsii 2011-2012* [Industrial Safety, Health and Environment Management System: Report on Sustainable Development Activities in the Russian Federation 2011-2012]. Moscow, OAO «Lukoil», 2013. 256 p. (in Russ.).

6. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N., Basyrova A.R. Modelirovanie stseneriev razvitiya avariinykh situatsii dlya nestatsionarnykh opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovogo kompleksa [Modeling of Scenarios of Development of Emergencies for Non-Stationary Hazardous Production Facilities of an Oil and Gas Complex]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 5, pp. 516-531. URL: [http://ogbus.ru/issues/5\\_2015/ogbus\\_5\\_2015\\_p516-531\\_AbrakhmanovNKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/5_2015/ogbus_5_2015_p516-531_AbrakhmanovNKh_ru.pdf). (in Russ.).

7. Stepanov S.V., Sudnichnikov V.G., Miller A.V., Miller A.A., Sudnichnikov A.V. *Profilemer-defektoskop dlya issledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya obsadnykh kolonn i nasosno-kompressornykh trub neftegazovykh skvazhin* [Defectoscope Profiler for Investigation of Technical Condition of Casing Strings and Tubing of Oil and Gas Wells]. Patent RF, No. 2440493, 2012. (in Russ.).

8. Sakson V.M., Sergeev A.B., Prokazin A.B., Kurashvili A.E., Skokov D.A. *Ustroistvo dlya diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya metallicheskikh truboprovodov* [Device for Diagnosing the Technical Condition of Metal Pipelines]. Patent RF, No. 2525462, 2014. (in Russ.).

9. Abdrakhmanov N.Kh., Turdymatov A.A., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V. Obespechenie bezopasnosti tekhnologicheskikh truboprovodnykh sistem na predpriyatiyakh neftegazovogo kompleksa [Safety of Technological Pipeline Systems at the Enterprises of the Oil and Gas Complex]. *Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business*, 2015, T. 13, No. 4, pp. 254-260. (in Russ.).

10. Permyakova Yu.V., Pokrovskaya N.V., Semин E.E. *Metodicheskie ukazaniya po organizatsii i ispolneniyu programm diagnostiki promyslovyykh truboprovodov OAO «Gazprom nef't'»* [Methodical Instructions for the Organization and Execution of



мов Т.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта исследований в области безопасного проектирования и эксплуатации технологических объектов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. Уфа, 2015. № 5. С. 162-164.

Diagnostic Programs for Oilfield Pipelines of JSC Gazprom Neft]. Moscow, OAO «Gazprom neft», 2011. 145 p. (in Russ.).

11. Akimov O.V., Garifullin A.R., Bataman I.V. Reshenie problemy nasosnoi dobychi nefti iz skvazhin s negermetichnymi ekspluatatsionnymi kolonnami [Solution of the Problem of Pumping Oil Production from Wells with Leaky Production Columns]. *Skvazhinnaya dobycha nefti i gaza - Downhole Oil and Gas Production*, 2009, No. 2, pp. 30-32. (in Russ.).

12. Abdrakhmanov N.Kh., Shutov N.V., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Shaibakov R.A. Printsipy razrabotki informatsionnoi modeli upravleniya minimizatsiei riskov opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovogo kompleksa [Principles of Development of Information Model Managements of Minimization of Risks Dangerous Production Objects of an Oil And Gas Complex]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2014, No. 4, pp. 353-367. URL: [http://ogbus.ru/issues/4\\_2014/ogbus\\_4\\_2014\\_p353-367\\_abdrakhmanovnkh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/4_2014/ogbus_4_2014_p353-367_abdrakhmanovnkh_ru.pdf). (in Russ.).

13. Kuskil'din R.A., Zakirova Z.A., Gizatullin A.R., Kamalov I.A. Sovershenstvovanie obrazovatel'nykh tekhnologii podgotovki proizvodstvennogo personala [Improvement of Educational Technologies for Production Personnel Training]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti - Occupational Safety in Industry*, 2015, No. 6, pp. 72-74. (in Russ.).

14. Abdrakhmanov N.Kh., Shaibakov R.A., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Zabelin K.L. Analiz nestatsionarnosti pri ekspluatatsii tekhnologicheskogo oborudovaniya opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov [Analysis of Nonstationarity in the Operation of Technological Equipment of Hazardous Industrial Facilities]. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Promyshlennaya bezopasnost' i tekhnicheskaya diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov», 18-19 marta 2015 g.* [Materials of Scientific-Practical Conference «Industrial Safety and Technical Diagnostics of Hazardous Production Facilities», March 18-19, 2015]. Ufa, UGNTU, 2015, No. 2, pp. 95-99. (in Russ.).

15. Abdrakhmanov N.Kh., Matveev V.P., Nishcheta A.S., Savitskii V.V., Dorzhieva O.A., Khakimov T.A. Analiz otechestvennogo i zarubezhnogo opyta issledovaniy v oblasti bezopasnogo proektirovaniya i ekspluatatsii tekhnologicheskikh ob"ektov neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh proizvodstv [Analysis of Domestic and Foreign Experience of Research in the Field of Safe Design and Operation of Technological Facilities of Oil Refining and Petrochemical Industries]. *Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov - Expertise of Industrial Safety and Diagnostics of Hazardous Production Facilities*, Ufa, 2015, No. 5, pp. 162-164. (in Russ.).

**Авторы**

- Кускильдин Раис Ахметшеевич, д-р техн. наук  
ПАО «Газпром газораспределение Уфа»  
Главный инженер  
Российская Федерация, 450059, г. Уфа,  
ул. Новосибирская, д. 2 корп.4  
e-mail: pbot@mail.ru
- Абдрахманов Наиль Хадитович, д-р техн. наук  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
Заведующий кафедрой «Промышленная  
безопасность и охрана труда»  
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,  
ул. М. Пинского, 4, каб. 310  
e-mail: anailx@mail.ru
- Закирова Земфира Ахметовна, канд. техн. наук  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
Доцент кафедры «Промышленная безопасность  
и охрана труда»  
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,  
ул. М. Пинского, 4, каб. 310  
e-mail: zakirovaza@mail.ru
- Ялалова Эльвина Флоридовна  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
Магистрант кафедры «Промышленная  
безопасность и охрана труда»  
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,  
М. Пинского, 4, каб. 310  
e-mail: yalalova.elvina@gmail.com
- Абдрахманова Карина Наилевна  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
Магистрант кафедры «Промышленная  
безопасность и охрана труда»  
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,  
ул. М. Пинского, 4, каб. 310  
e-mail: akarinan@mail.ru
- Ворохобко Владимир Вадимович  
Уфимский государственный  
нефтяной технический университет  
Магистрант кафедры «Промышленная  
безопасность и охрана труда»  
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,  
ул. М. Пинского, 4, каб. 310  
e-mail: vorokhobkov@gmail.com

**The Authors**

- Kuskildin Rais Akhmetsheevich,  
Doctor of Technical Sciences  
PAO «Gazprom gas distribution Ufa»  
Chief Engineer  
2/4, Novosibirskaya str., Ufa, 450059,  
Russian Federation  
e-mail: pbot@mail.ru
- Abdrakhmanov Nail Kh., Doctor of Technical  
Sciences  
Ufa State Petroleum Technological University  
Head of Industrial Safety and Labor Protection  
Department  
cab. 310, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064,  
Russian Federation  
e-mail: anailx@mail.ru
- Zakirova Zemfira A., Candidate of Technical  
Sciences  
Ufa State Petroleum Technological University  
Assistant Professor of Industrial Safety and Labor  
Protection Department  
cab. 310, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian  
Federation  
e-mail: zakirovaza@mail.ru
- Yalalova Elvina F.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Master Student of Industrial Safety and Labor  
Protection Department  
cab. 310, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian  
Federation  
e-mail: yalalova.elvina@gmail.com
- Abdrakhmanova Karina N.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Master Student of Industrial Safety and Labor  
Protection Department  
cab. 310, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian  
Federation  
e-mail: akarinan@mail.ru
- Vorokhobko Vladimir V.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Master Student of Industrial Safety and Labor  
Protection Department  
cab. 310, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian  
Federation  
e-mail: vorokhobkov@gmail.com