

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО
КОМПЛЕКСА

EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES
FOR OIL AND GAS COMPLEX

1(115).2020



Опыт использования экспресс-методов неразрушающего контроля для оценки технического состояния запорно-регулирующей арматуры

И.Ю. Быков¹, Д.А. Бореико¹, А.Л. Смирнов², Ю.Н. Пильник¹

(¹Ухтинский государственный технический университет, ²ООО "ЭкспертСтрой")

В статье описаны основные принципы, а также методика применения пассивных экспресс-методов диагностирования, таких как акустико-эмиссионный и метод регистрации полей рассеяния магнитного потока. Методика используется для оценки текущего технического состояния запорной арматуры, раннего выявления дефектов и принятия решения о возможности её дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: запорно-регулирующая арматура; акустико-эмиссионный контроль; магнитное поле рассеяния; диагностика.

ASSESSMENT OF TECHNICAL STATE OF SHUTOFF AND CONTROL VALVES APPLYING EXPRESS METHODS OF NONDESTRUCTIVE MONITORING

I.Yu. Bykov¹, D.A. Boreyko¹, A.L. Smirnov², Yu.N. Pilnik¹

(¹Ukhta State Technical University, ²LLC "ExpertStroy")

The paper describes the basic principles as well as a technique of application of passive express methods of diagnosing, such as acoustic emission and a method of registration of magnetic flux fields dispersion. The results were used for assessment of technical state of shutoff valves, early identification of defects and making decision on a possibility of further operation of shutoff and control valves.

Keywords: shutoff and control valves; acoustic emission control; magnetic field of dispersion; diagnostics.

Современные нефтегазовые производственные системы представляют собой сложный комплекс инженерных сооружений, неотъемлемой частью которых является запорно-регулирующая арматура (ЗРА). Она представляет собой устройства, регулирующие потоки транспортируемых сред, перераспределяющие их направление и отсекающие участки трубопроводов при ремонте или авариях. Трубопроводная ЗРА, являясь одним из основных элементов магистральных и технологических нефте- и газопроводов, существенно влияет на их безопасность, эксплуатационную надежность и эффективность работы объектов в целом. В свою очередь основой надежности ЗРА являются герметичность уплотнительных узлов, сварных швов, фланцевых и резьбовых соединений, а также целостность корпуса и сопряженных деталей.

Чаще всего наблюдается потеря герметичности уплотнений затвора и шпинделя, однако разгерметизация корпуса и аварийные повреждения наиболее опасны в процессе эксплуатации арматуры и также входят в номенклатуру инцидентов, обусловленных утечками среды.

Выявить неисправность и предотвратить возникновение аварийных разрушений возможно регулярным мониторингом технического состояния ЗРА в процессе эксплуатации с применением существующих методов и методик технического диагностирования. Однако, как показал анализ [6, 7], существующие методы инструментального контроля громоздки и малопроизводительны. Методы дистанционной диагностики также пока не позволяют выполнить достоверную оценку ко-

личественных показателей утечек газа через ЗРА, но оперативное определение утечек на отдельных элементах является вполне реальным при использовании современных экспресс-методов контроля технического состояния ЗРА. К таким методам можно отнести акустико-эмиссионный (АЭ) контроль, а также пассивный магнитометрический метод регистрации полей рассеяния магнитного потока (Magnetic Flux Leakage (MFL)). Оба этих метода диагностики набирают все большую популярность и доказывают свою эффективность, так как позволяют на основе 100%-го экспресс-обследования арматуры определять потенциально опасные зоны зарождения и развития дефектов, а также причины их возникновения. С помощью специального оборудования и программного обеспечения выполняются:

- классификация и оценка соответствия имеющихся и вновь выявленных зон концентраций напряжений (ЗКН);

- классификация и оценка характера вновь выявленных дефектов и динамики изменений имеющихся (ранее обнаруженных) дефектов;

- модель (рабочая гипотеза) механизмов образования и роста повреждений; варианты возможных отказов (постепенных, деградационных, внезапных, включая их категории, последствия и критичность) вследствие развития дефектов и повреждений, при этом особое внимание уделяется прогнозированию возможности внезапных отказов;

- оценка соответствия параметров технического состояния объекта требованиям нормативной и конструк-

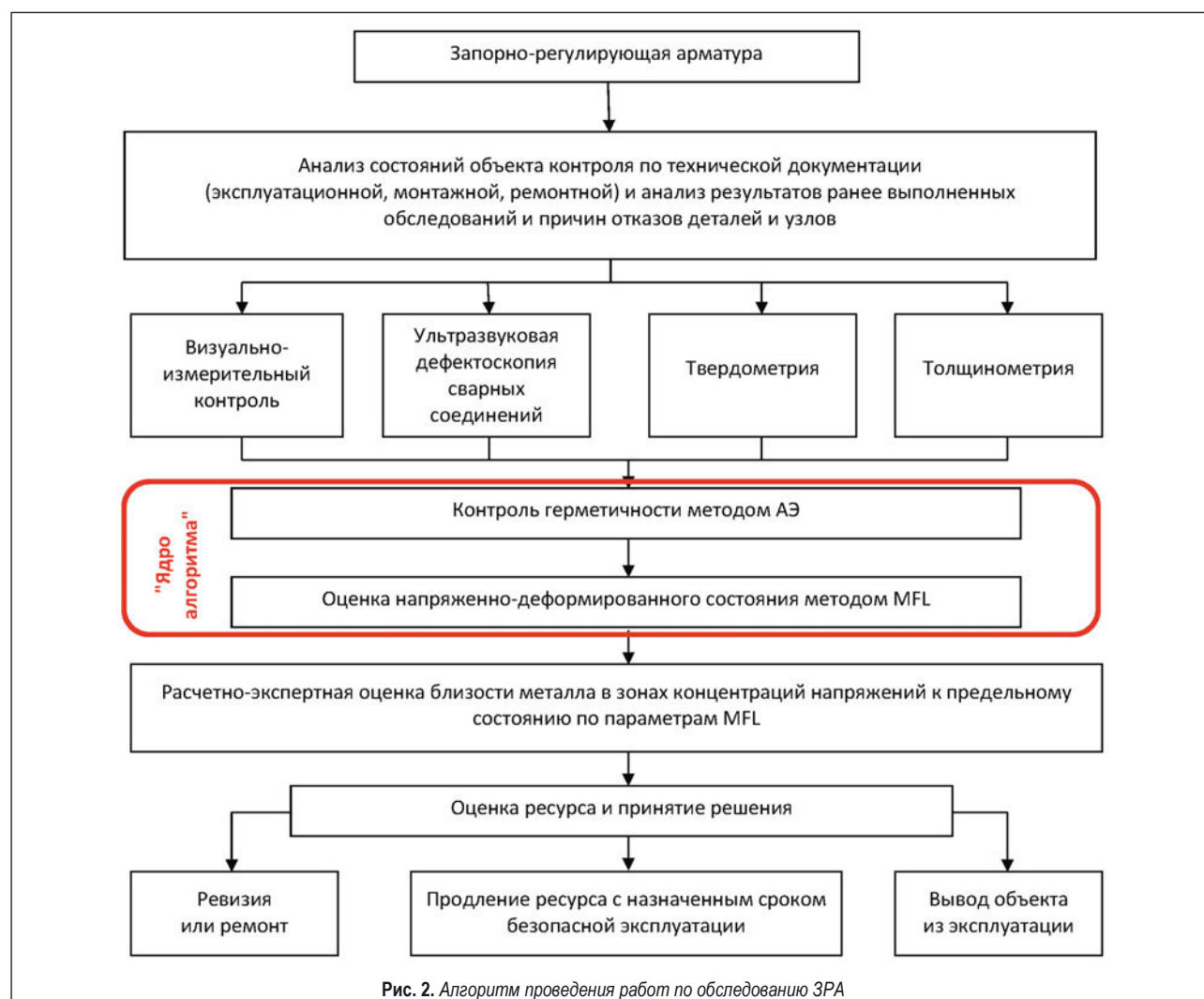
торской документации, что позволяет своевременно выполнить ремонт или замену отдельных элементов и гарантированно продлить ресурс ЗРА до очередного обследования или капитального ремонта.

Метод АЭ основан на регистрации звуковых сигналов, генерирующихся при пластической деформации структуры твердых тел, развитии дефектов, трении, прохождении жидких и газообразных сред через узкие отверстия – сквозные дефекты.

Метод регистрации полей рассеяния магнитного потока (MFL) – это второй после АЭ пассивный метод, при котором используется информация непосредственно от самого объекта обследования без внешнего воздействия на него какими-либо физическими полями. В настоящее время оценка технического состояния ЗРА магистральных газопроводов выполняется в соответствии с СТО Газпром 2–4.1–406–2009 [5] с применением метода MFL. Он позволяет достаточно рано обнаружить развивающийся дефект, косвенно дает информацию о напряженно-деформированном состоянии (НДС) корпуса, основных узлов и деталей арматуры, неоднородности структуры металла, сварных соединений и выявляет источник развития повреждений в процессе эксплуатации [1, 4].

Как известно, применение метода MFL не требует какой-либо подготовки поверхности. Контроль может выполняться как на неэксплуатирующейся ЗРА, так и при ее работе под нагрузкой, через слой краски, поэтому скорость выполнения контроля при использовании этого метода значительно выше по сравнению с активными методами неразрушающего контроля (НК). Основные методические рекомендации по применению метода MFL приведены в [1] и ГОСТ Р 53402-2009 [4].

Авторы имеют определенный опыт исследований в области применения указанных методов для оценки технического состояния оборудования и конструкций в нефтегазовой отрасли [2, 3]. В 2012–2017 гг. организа-



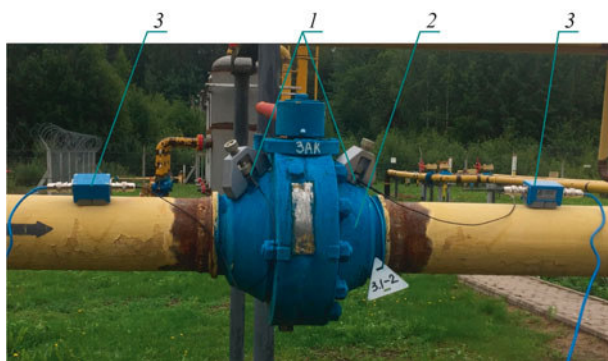


Рис. 3. Процесс обследования запорной арматуры акустико-эмиссионной системой UNISCOPE:
1 – датчики-преобразователи акустической эмиссии;
2 – корпус арматуры; 3 – усилители сигнала

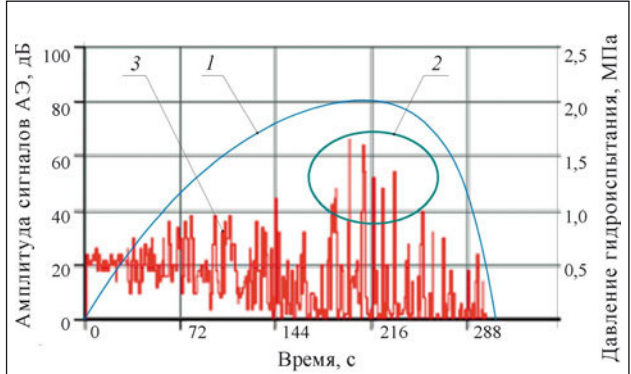


Рис. 4. Распределение амплитуд сигналов АЭ при течеиспытании:
1 – график нагружения; 2 – область фиксации протечки;
3 – график АЭ

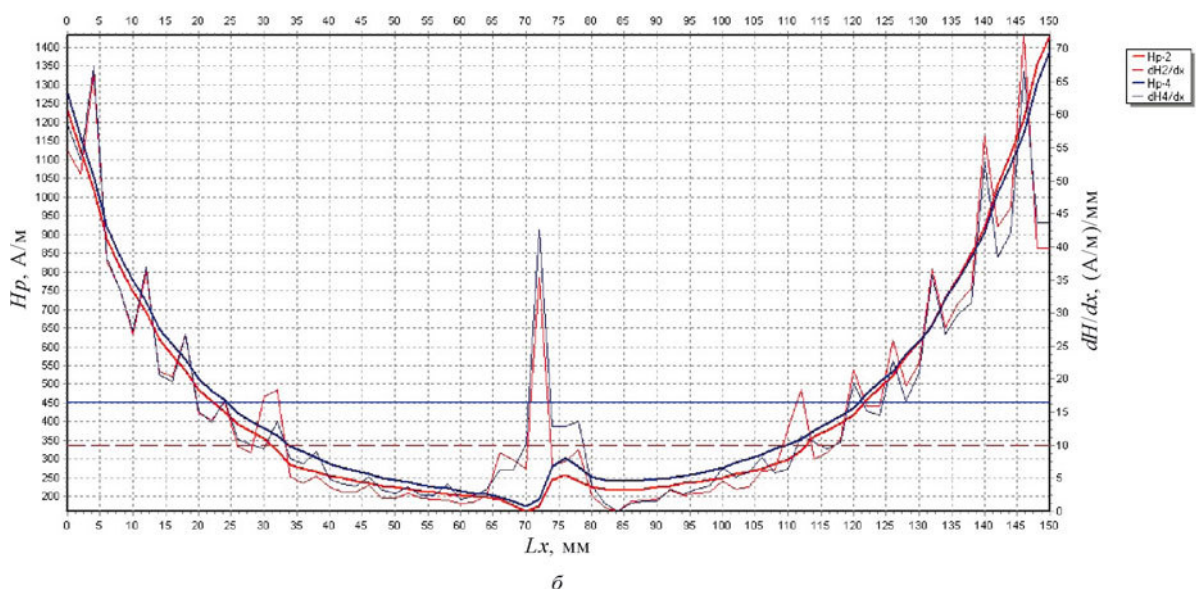
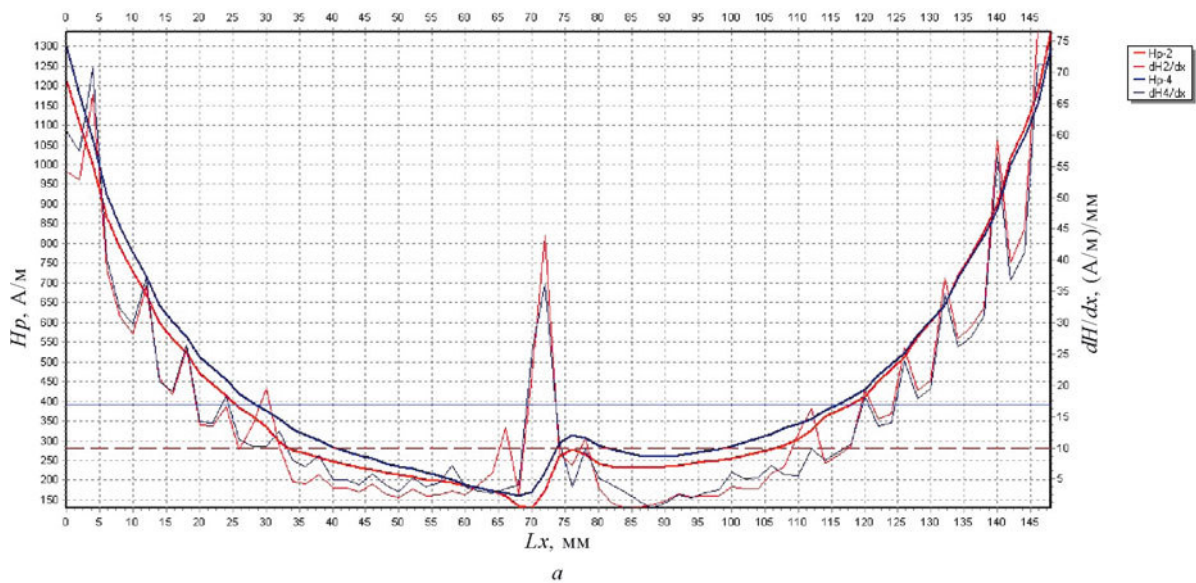


Рис. 5. Магнитограмма распределения напряженности и градиента магнитного поля рассеяния на поверхности в области ЗКН:
а – на одном конце трещины; б – на втором конце трещины

цией ООО "ЭкспертСтрой" в рамках экспертизы промышленной безопасности совместно с ФГБОУ ВО "УГТУ" были обследованы порядка 900 единиц ЗРА на объектах нефтяной и газовой промышленности (в том числе кранов шаровых, задвижек клиновых литых с ручным, электро- и пневмоприводом) с применением не только традиционных методов НК, но также и экспресс-методов.

Контроль технического состояния ЗРА проводился при помощи специальных диагностических средств и приборов без выведения объекта из рабочего режима. Так, для АЭ контроля использовалась двухканальная АЭ система UNISCOPE (рис. 1, а), а обследование методом MFL – прибором ИКН-4М-16 (рис. 1, б).

Для выполнения технической диагностики авторами был разработан и апробирован специальный алгоритм оценки технического состояния конструкций нефтегазового оборудования на основе пассивных методов диагностики [2] и адаптирован для проведения работ по обследованию ЗРА (рис. 2). Отличается он тем, что помимо основных обязательных методов обследования, таких как визуально-измерительный контроль, ультразвуковая дефектоскопия и т. д., обязательными являются последовательные обследования методами АЭ (поиск развивающихся дефектов) и MFL (уточнение НДС в потенциально опасных зонах), что в совокупности составляет так называемое "ядро алгоритма".

Для обнаружения возможных протеканий в обследуемой запорной арматуре применялась экспресс-методика АЭ-течеискания. Основными характеристиками метода и средств течеискания являются порог чувствительности и эффективность контроля. В методике АЭ-течеискания под порогом чувствительности понимают наименьший регистрируемый поток газообразного или расход жидкого пробного вещества через течи.

Методика контроля герметичности запорной арматуры заключается в следующем (рис. 3). На первом этапе закрывается запорный узел ЗРА и на запорном элементе создается перепад давления 0,5...2,0 МПа. Датчики-преобразователи акустической эмиссии 1 устанавливаются на корпусе арматуры 2. Рядом с ним на стенку трубы на расстоянии не более 1 м на магнитных держателях устанавливаются усилители сигнала 3.

Затем проводится контроль параметров АЭ в диапазоне частот 30...100 кГц. Прохождение сигнала отображается на графике, конфигурация которого позволяет судить о наличии или отсутствии протечек. Для примера график с распределением амплитуд сигналов АЭ при течеискании представлен на рис. 4, из которого видно, что характер потока АЭ непрерывен и находится в диапазоне 40...60 дБ, что характеризуется, как акустическая эмиссия протечки. При этом видно, что в диапазоне времени ~150...220 с наблюдается пик амплитуд (график 3 на рис. 4), связанный, вероятно, с повышением испытательного давления до максимума 2 МПа (кривая 1 на рис. 4).

При оценке технического состояния методом MFL на одном из кранов были обнаружены ЗКН, характеризующиеся резким возрастанием градиента напряжен-

ности магнитного поля на поверхности металла корпуса (рис. 5).

В указанной зоне после зачистки металла на корпусе визуально была обнаружена протяженная трещина длиной ~50 мм и глубиной не менее 3 мм. На краях трещины обнаружены зоны с максимальным градиентом напряженности собственного магнитного поля рассеяния, при этом его распределение является скачкообразным и свидетельствует о наличии концентраторов механических напряжений (см. рис. 5).

Место протечки устанавливалось в соответствии с разработанной методикой (см. рис. 2) по результатам комплексных обследований и испытаний. В результате выявлена негерметичность затвора шарового крана, о чём сделано соответствующее заключение и даны рекомендации о ремонте.

Таким образом, экспресс-методы позволяют с высокой эффективностью определять места развития либо зарождения дефектов с последующей их классификацией по степени опасности, так как превосходят большинство используемых методов по порогу чувствительности, а также дают информацию о фактическом напряженно-деформированном состоянии, что позволяет объективно определить причину образования зон концентрации напряжений. Имея полную информацию о выявленных дефектах и возможном влиянии каждого из них на остаточный ресурс оборудования, можно решить задачу определения объема ремонтных работ. Кроме того, экспресс-методы не нуждаются в создании специальных испытательных режимов и применении физических полей и специальных веществ (растворов), как того требуют традиционные методы течеискания. Такие пассивные экспресс-методы контроля, как АЭ и MFL, способны обнаружить дефекты там, где традиционные методы НК малоэффективны.

Более того, широкие перспективы открываются для применения предлагаемой методики при изготовлении различных видов нефтегазового и бурового оборудования, особенно на стадиях его проектирования и разработки, так как позволяют с высокой точностью и эффективностью выявлять "слабые" места новых технических решений и ускорять время и качество проектирования [8, 9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков И.Ю., Борейко Д.А. Диагностика нефтегазового оборудования методами неразрушающего контроля: учеб. пособие. – Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2015. – 240 с.
2. Быков И.Ю., Борейко Д.А., Смирнов А.Л. Методика оценки технического состояния конструкций нефтегазового оборудования нетепловыми пассивными методами диагностики // Инженер-нефтяник. – 2017. – № 4. – С. 5–11.
3. Экспертное обследование фрагмента аварийного участка трубопровода с целью определения причин возникновения язвенной коррозии / И.Ю. Быков, Д.А. Борейко, А.Л. Смирнов, В.Л. Мецанкин // Инженер-нефтяник. – 2016. – № 1. – С. 78–88.

4. ГОСТ Р 53402-2009. Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 101 с.
5. СТО Газпром 2-4.1-406-2009. Методика оценки ресурса запорно-регулирующей арматуры магистральных газопроводов.
6. Шукин Н.П., Райнов Б.М., Быков И.Ю. Методы диагностики запорной арматуры магистральных газопроводов на герметичность // Территория Нефтегаз. – 2009. – № 4. – С. 14–21.
7. Гаффанов Р.Ф., Щенятский А.В., Сериков Д.Ю. Анализ проблем расчета запорной арматуры с нанесенным на нее коррозионным покрытием // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2016. – № 7. – С. 23–27.
8. Сериков Д.Ю. Повышение эффективности шарошечного бурового инструмента с косозубым вооружением: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.13. – М., 2018. – 433 с.
9. Новиков А.С., Сериков Д.Ю., Гаффанов Р.Ф. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Нефть и газ, 2017. – 307 с.

LITERATURA

1. Bykov I.Yu., Boreyko D.A. Diagnostika neftegazopromyslovo-go oborudovaniya metodami nerazrushayushchego kontrolya: ucheb. posobiye. – Staryy Oskol: Tonkiye naukoymkiye tekhnologii, 2015. – 240 s.

Игорь Юрьевич Быков¹, д-р техн. наук, профессор кафедры "Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности",

Дмитрий Андреевич Бореико¹, канд. техн. наук, заведующий кафедрой "Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности",

Антон Леонидович Смирнов², канд. техн. наук, директор, **Юлия Николаевна Пильник**¹, канд. техн. наук, доцент кафедры "Экология, землеустройство и природопользование"

¹Ухтинский государственный технический университет
169300, Россия, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

E-mail: ibykov@ugtu.net, dboreiko@ugtu.net, ypilnik@ugtu.net;

²ООО "ЭкспертСтрой"

169300, Россия, Республика Коми, г. Ухта, ул. Губкина, 20, офис 7.

E-mail: es-ukhta@mail.ru

2. Bykov I.Yu., Boreyko D.A., Smirnov A.L. Metodika otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya konstruktivnykh neftegazovogo oborudovaniya neteplovymi passivnymi metodami diagnostiki // Inzhener-neftyanik. – 2017. – № 4. – С. 5–11.
3. Ekspertnoye obsledovaniye fragmenta avariynogo uchastka truboprovoda s tsel'yu opredeleniya prichin vozniknoveniya yazvennoy korrozii / I.Yu. Bykov, D.A. Boreyko, A.L. Smirnov, V.L. Meshchankin // Inzhener-neftyanik. – 2016. – № 1. – С. 78–88.
4. ГОСТ Р 53402-2009. Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 101 с.
5. СТО Газпром 2-4.1-406-2009. Методика оценки ресурса запорно-регулирующей арматуры магистральных газопроводов.
6. Shchukin N.P., Raynov B.M., Bykov I.Yu. Metody diagnostiki zapornoy armatury magistral'nykh gazoprovodov na germetichnost' // Territoriya Neftegaz. – 2009. – № 4. – С. 14–21.
7. Gaffanov R.F., Shchenyatskiy A.V., Serikov D.Yu. Analiz problem rascheta zapornoy armatury s nanesennym na neye korroziionnym pokrytiyem // Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2016. – № 7. – С. 23–27.
8. Serikov D.Yu. Povysheniye effektivnosti sharoshechnogo burovogo instrumenta s kosozubym vooruzheniyem: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.02.13. – М., 2018. – 433 s.
9. Novikov A.S., Serikov D.Yu., Gaffanov R.F. Bureniye neftyanykh i gazovykh skvazhin. – М.: Neft' i gaz, 2017. – 307 s.

Igor Yurievich Bykov¹, Dr. of tech. sci., Professor, Department "Machines and Equipment of Oil and Gas Industry",
Dmitry Andreevich Boreyko¹, Cand. of tech. sci., Head of the Department "Machines and Equipment of Oil and Gas Industry",
Anton Leonidovich Smirnov², Cand. of tech. sci., Director,
Yuliya Nikolaevna Pilnik¹, Cand. of tech. sci., associate professor of the Department "Ecology, land regulation and natural resources use"

¹Ukhta State Technical University

13, Pervomayskaya str., Ukhta, 169300, Komi Republic, Russian Federation.

E-mail: ibykov@ugtu.net, dboreiko@ugtu.net, ypilnik@ugtu.net;

²LLC "ExpertStroy"

20, office 7, Gubkin str., Ukhta, 169300, Komi Republic, Russian Federation.

E-mail: es-ukhta@mail.ru



Встречи заказчиков и подрядчиков топливно-энергетического комплекса

Москва, улица Тверская, 22, отель InterContinental



28 мая

НЕФТЕГАЗСТРОЙ

Строительство в нефтегазовом комплексе

Формирование цивилизованного рынка в нефтегазовом строительстве, практика выбора строительных подрядчиков, создание российских ЕРС-фирм, увеличение доли российских компаний на нефтегазостроительном рынке, расценки и порядок оплаты проводимых работ

ТЕК-RURU — Награждение лучших строительных подрядчиков по итогам ежегодного опроса нефтегазовых компаний

ТЕК-ALLRU — База поставщиков нефтегазостроительных компаний

ТЕК-MAPRU — Настоящая нефтегазовая карта

Телефоны: +7 (495) 514-58-56, 514-44-68; факс: +7 (495) 788-72-79; info@n-g-k.ru; n-g-k.ru

