



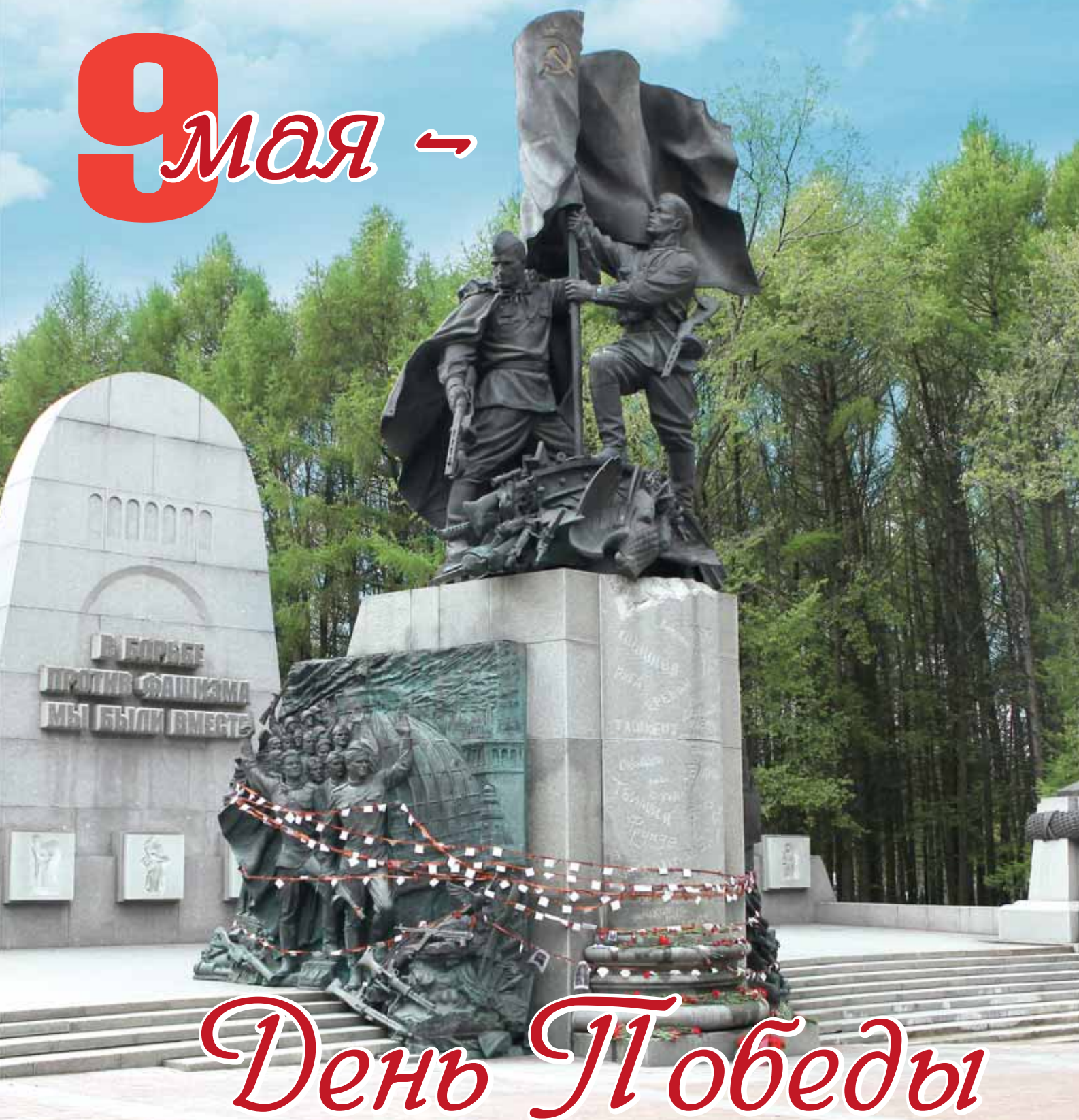
БЕЗОПАСНОСТЬ труда в промышленности

№ 5
2017

Ежемесячный научно-производственный журнал www.btpnadzor.ru

ISSN 0409-2961

9 мая ~



День Победы

Риск-ориентированный подход и критерии оценки качества технического диагностирования трубопроводов методом магнитной томографии¹



В.М. Махов,
зав. лабораторией



Л.А. Хуснутдинов,
зав. лабораторией



В.П. Горошевский,
канд. техн. наук,
техн. директор



С.С. Камаева,
канд. техн. наук, ген. директор,
info@transkor.ru

ООО НТЦ «Транскор-К», Москва, Россия

Предложена система оценки качества риск-ориентированного диагностирования трубопроводов методом магнитной томографии с учетом напряженно-деформированного состояния как основного фактора риска. Проанализирована достоверность полученных данных путем сравнения с результатами контрольных вскрытий подземных трубопроводов и неразрушающего контроля на участках, поднятых из траншеи для ремонта. Представлены результаты верификации различных типов дефектов. Рассмотренный метод позволяет с приемлемой точностью рассчитывать параметры прогнозирования работоспособности трубопровода по данным измерений механических напряжений, а также выявляет потенциально опасные и критические участки нефтегазовых объектов для обеспечения их промышленной безопасности.

Ключевые слова: внутритрубное диагностирование, трубопроводы, качество контроля, риск-ориентированное инспектирование, бесконтактное магнитометрическое диагностирование, неразрушающий контроль.

DOI: 10.24000/0409-2961-2017-5-42-48

Введение

Обеспечение надежности трубопроводов как опасных производственных объектов — весьма актуальная задача для всего мира, поскольку объем перекачиваемых по трубопроводным сетям пожароопасных продуктов стократно превышает грузопотоки других видов транспорта. Кроме того, колоссальная протяженность трубопроводной инфраструктуры связана с громадным объемом металлоконструкций, расположенных под землей или под водой, с разнообразными покрытиями, эксплуатационными нагрузками и агрессивными воздействиями среды. Диагностирование реального состояния и оценка рисков аварий — обязательные элементы системы управления промышленной безопасностью трубопроводов [1, 2]. Несмотря на это, в Российской Федерации (РФ) имеются отдельные проблемы в ча-

сти использования анализа риска для целей диагностирования, особенно для объектов, не подлежащих внутритрубному обследованию. Часто экспертные организации применяют документы рекомендательного характера по периодичности диагностирования без главного элемента — соотнесенных со спецификой отрасли производства количественных показателей допустимости рисков, что не позволяет их компенсировать. Недостаточное использование количественных показателей риска нельзя назвать приемлемым, поскольку это уменьшает возможность применения инновационных технологий и снижает конкурентоспособность отечественной продукции [3]. Вместе с тем в мировой практике с этой целью повсеместно применяют численные показатели качества инспектирования реального состояния с выявлением факторов риска (risk based inspections, далее — ИБР). Параметры прогнозирования работоспособности и оценки риска перехода трубопроводов в предельное состояние рассчитывают по данным внутритрубного диагностирования

¹ Авторы выражают благодарность С.А. Сидорову (ООО «Газпром трансгаз Москва») за всестороннюю помощь при подготовке статьи

(ВТД) о размерах дефектов металла на всем протяжении объектов или по данным неразрушающего контроля (НК) в отдельных точках контрольных шурфов [4–6]. Этот подход широко используют в РФ, США, Великобритании, Норвегии, Канаде. Однако доля трубопроводов, оборудованных камерами пуска-приема снарядов-дефектоскопов для ВТД по всей длине, не превышает, по экспертным оценкам, 30–40 % их общей протяженности, а нередко составляет менее 10 % трубопроводов предприятия нефтегазодобычи [7]. Контроль металла большей части таких объектов (промысловые трубопроводы, газопроводы-отводы, перемычки, трубопроводы газокompрессорных и нефтеперекачивающих станций и подземных хранилищ газа, технологические трубопроводы химических производств, аэропортов и т.п.) осуществляют лишь выборочно: в шурфах или отдельных зонах доступа после удаления покрытия и подготовки поверхности для НК. Как следствие, объем обследуемого металла таких трубопроводов (согласно зарубежной терминологии non-piggable & difficult — «не пригодных или трудно подготавливаемых к ВТД») обычно не превышает 2 % всей поверхности. Статья посвящена современному подходу к обеспечению надежности трубопроводов, что диктует поиск не только новых методов контроля металла, но и инноваций методологии ИФР с учетом актуального опыта экспертных организаций [3, 8].

Рассмотрение вопроса

Одна из таких методологий ИФР — бесконтактное магнитометрическое диагностирование, где отечественные изобретения имеют неоспоримый приоритет [9]. В частности, основанный на эффекте Виллари (обратная магнитострикция — связь между механическими напряжениями в металле и напряженностью магнитного поля) магнитной томографии метод (МТМ) начал применяться в РФ с момента согласования Госгортехнадзором РФ в 2002 г. [10, 11]. С его помощью проинспектировано более 20 тыс. км трубопроводов, в том числе не оборудованных камерами пуска-приема. Модификация МТМ для подводных трубопроводов — совместная разработка с малайзийской компанией Petronas (технология АКВА-МТМ) — завоевала победу на международном конкурсе инновационных технологий для Арктики и позволила обследовать более 500 км оффшорных морских объектов на глубине до 200 м [12]. На рис. 1 представлены приборы для ИФР трубопроводов, на рис. 2 — процесс подземного сканирования и оборудование для подводного сканирования.

Основная цель методики ИФР — эффективное управление рисками, связанными с потерей оборудования механической целостности, за счет оптимального использования ресурсов. Методика обеспечивает направление ресурсов инспектирования и технического обслуживания на объекты с высокими рисками отказа, благодаря чему удается



▲ Рис. 1. Магнитометры бесконтактные сканирующие АКВА-СКИФ (а) и «СКИФ-04» (б)

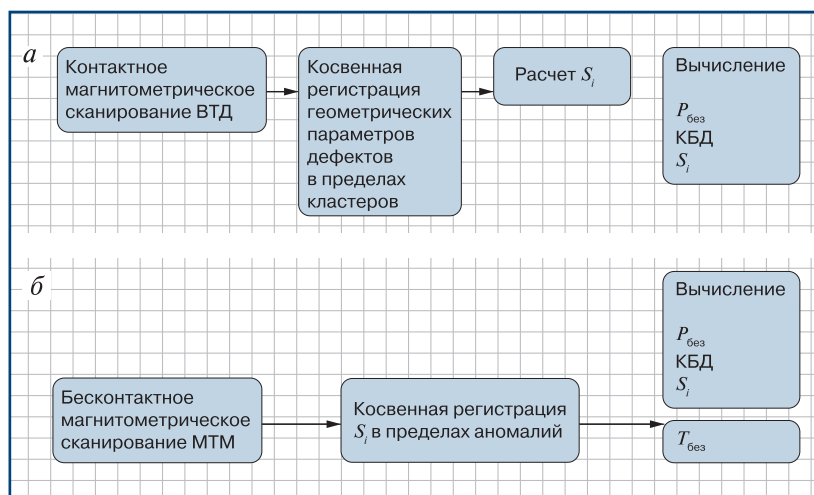


▲ Рис. 2. Процесс подземного сканирования (а) и оборудование для подводного сканирования (технология АКВА-МТМ) (б)

вывести совокупный риск на приемлемый для владельца уровень. Принятие решений с учетом анализа рисков может приводить как к увеличению, так и снижению частоты инспекций для различных

объектов в разных условиях. В ходе ИФР-анализа проводят описание участков трубопровода с учетом выявленной дефектности, подверженных различным механизмам деградации, а также обработку проектных и технологических данных. В рамках подхода ИФР выполняют оценку риска потери механической целостности вследствие действия конкретного механизма деградации с учетом нагрузок. Как следствие, для ИФР необходимо наличие данных о реальной дефектности объекта, актуальных эксплуатационных нагрузках и скоростях различных процессов деградации. Это позволяет прогнозировать критерии работоспособности с оценкой рисков перехода трубопровода в предельное состояние. Для трубопроводов характерен ряд категорий предельных состояний: нарушение целостности (герметичности) по причине коррозионного или эрозийного износа стенок труб; разрыв трубопровода под действием внутреннего давления с раскрытием стенки трубопровода из-за кольцевых напряжений; местная потеря устойчивости стенки трубы (местное смятие) при общем изгибе трубопровода в зоне действия сжимающих продольных напряжений (для предотвращения необходимо уменьшить деформации в сечении путем снижения как относительных, так и абсолютных значений изгибающих или комплексных напряжений); гофрообразование по телу трубы; усталость металла и образование трещин в кольцевых и продольных сварных швах, зонах термического влияния, по телу трубы; потеря сплошности под действием внутренних напряжений, возникающих от внешних нагрузок; коррозионное растрескивание под напряжением (КРН); общая потеря устойчивости. Отметим, что МТМ как инструмент ИФР направлен на выявление любого из этих состояний по критерию недопустимых напряжений. При этом декларированию подлежат показатели качества выявления аномалий напряженно-деформированного состояния (НДС) в указанном интервале механических напряжений. Например, для магнитометров серии СКИФ МБС — от 30 до 85 % предела текучести стали. В основе концепции надежности на базе данных МТМ лежит представление о том, что опасность для разрушения конструкции представляют не дефекты как таковые, а комбинация дефектов и локальных напряжений S_i . Максимальную опасность представляют участки повышенных напряжений с развивающимися дефектами. Это приводит к быстрому росту напряжений на локальном участке с последующим разрушением трубы. Концепция, позволяющая применять данные МТМ (АКВА-МТМ) для расчетов параметров работоспособности

аномальных участков (безопасное рабочее давление $P_{\text{без}}$; коэффициент безопасного давления (КБД); период безаварийной работы $T_{\text{без}}$), предусматривает отказ от параметрического подхода и не требует традиционного измерения размеров дефектов и дополнительной регистрации действующих местных нагрузок [6, 10]. На рис. 3 представлен принцип вычисления параметров работоспособности. Проверка эффективности МТМ и АКВА-МТМ по количественным показателям в контрольных шурфах и на полигонах проводилась неоднократно. В частности, в Малайзии на натурном стенде компании Petronas протяженностью 109 м на трубы $D_y = 200$ мм наносили различные одиночные и групповые дефекты: коррозионные язвы, трещиноподобные (задиры), вмятины. Поскольку стандартная верификация путем оценки точности измерения геометрических размеров дефектов [4] при бесконтактной магнитометрической регистрации S_i невозможна, достоверность данных МТМ определяли, сравнивая итоговые показатели расчетных параметров работоспособности по представленному на рис. 2 принципу. Смонтированная путем сварки плеть обследована по МТМ, после погружения ее под воду — по технологии АКВА-МТМ. Механизм (сценарий) ухудшения эксплуатационно-прочностных характеристик моделировали путем последовательного повышения рабочего давления объекта (от 1 до 30 МПа). Степень опасности участков с дефектами определяли на основе данных МТМ и расчетов S_i .



▲ Рис. 3. Принцип вычисления параметров работоспособности:
 а — данные ВТД и НК о размерах дефектов при доступе к поверхности металла в шурфах; б — данные МТМ

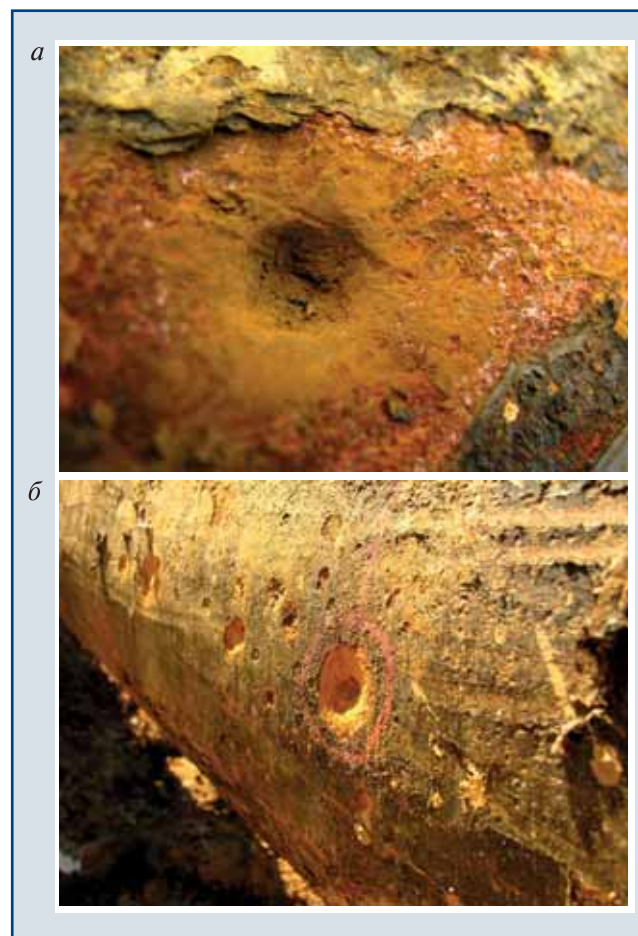
Одновременно проводили ИФР-расчеты на основе S_i и параметров работоспособности в соответствии с международными стандартами оценки опасности дефектов (DNV, ASME, API) для тех видов дефектов, для которых применимы эти стандарты [13–18]. В результате сопоставления рассчитанных значений S_i установлено, что данные МТМ совпадают с результатами тради-

ционных методик (DNV, ASME, API). Значения коэффициентов корреляции варьировались от 90 до 97 %, что подтвердило эффективность МТМ в качестве инструмента ИФР по оценке рисков на основе допустимости S_r .

Аналогичная работа по обследованию трубопроводов в шахтных выработках с просадочными и неустойчивыми грунтами выполнена совместно с отраслевым исследовательским центром безопасности PRCI (США) и крупнейшей энергетической компанией National Grid (Великобритания) [19]. Большой объем статистических данных о выявляемости дефектов коррозионной и стресс-коррозионной природы получен в результате применения МТМ на объектах ПАО «Газпром» в 2014–2016 гг. [20]. Оценивали основные показатели качества инспектирования, принятые в мировой практике для снарядов-дефектоскопов [5]: вероятность выявления участков с дефектами металла POD и вероятность интерпретации степени опасности POIn (вместо показателя «вероятность идентификации типа дефекта» POI). В частности, по результатам квалификационных испытаний по МТМ значение POD составило более 75 % (при низкой эффективности электрометрического обследования). По данным НК металла труб, в контрольных шурфах газопровода-отвода, не подлежащего внутритрубному обследованию, установлены следующие значения показателей качества: POD = 76÷90 %, POIn = 75 %, вероятность пропуска опасного дефекта POE — менее 2 %, вероятность ложных сигналов POFC — от 0 до 17 % (для объектов с большим числом посторонних металлических предметов поблизости от оси трубопровода). Дефекты металла в границах аномалий НДС 1-го ранга представлены на рис. 4 [20]. Для данного объекта ИФР на основе традиционных подходов к оценке коррозионной ситуации оказалось малоэффективным, поскольку результаты ежегодных электрометрических обследований в течение 37 лет давали основания предполагать об отсутствии рисков. Коррозионный прогноз был благоприятным, электросопротивление изоляционного покрытия и защитный поляризационный потенциал — в пределах нормы, коррозионная агрессивность грунта — средняя. Трубопровод не оборудован камерами пуска-приема, контроль металла в отдельных точках доступа в базовых шурфах коррозионных дефектов металла под пленочным покрытием не выявил.

Масштабный проект по верификации данных МТМ, осуществленный в 2015–2016 гг. на магистральных газопроводах европейской части РФ, подтвердил высокие значения показателей качества (табл. 1). Лишь значения POFC в рамках данного проекта существенно превысили задекларированные (в среднем 16,5 %), что по результатам НК в шурфах обусловлено большим количеством постороннего металла у оси подземных объектов. В дан-

ном случае ИФР-сценарий (оценка) последствий для развития подпленочного поражения металла с факторами биокоррозии позволил избежать серьезных дефектов. Вместе с тем на основе традиционных электрометрических методов обследования сделан вывод о благоприятном коррозионном прогнозе.



▲ Рис. 4. Дефекты металла в границах аномалий НДС 1-го ранга:
а, б — потери толщины стенки по причине язвенной подпленочной коррозии соответственно 73 и 80 %

В целях сопоставления различных методов диагностирования для ИФР провели сплошной НК металла, поднятого из траншеи участка магистрального газопровода длиной 8 км. Результаты представлены на рис. 5 в едином масштабе линейных координат. Стопроцентный контроль металла подтвердил высокую эффективность МТМ, показавшего лучшие по сравнению с ВТД (магнитный снаряд) результаты. Лишь три участка не выявлены МТМ: металлургический брак (выкрошившаяся плена размером 10×10×3 мм с налетом коррозии); дефекты КРН размерами 11 360×50×1 мм, 450×500×1 мм, 50×50×1 мм и КРН размером 100×100×1 мм.

Одна из актуальных проблем диагностирования — выявление трещиноподобных дефектов небольших геометрических размеров (микротрещины сварных соединений, дефекты КРН), которые способны вызвать внезапные разрушения трубопрово-

дов. Протестирован МТМ для решения подобных задач, включая обследования вновь построенных объектов (так называемая нулевая инспекция). При обследовании в сложных горных условиях нового магистрального газопровода компании Petronas протяженностью 400 км на о-ве Борнео обнаружены многочисленные микротрещины сварных монтажных соединений (более 1500). Одна из таких трещин, не выявленная как в процессе ВТД и гидроиспытаний, так и при рентгеновском контроле в ходе строительства, вызвала аварию трубопровода с воспламенением продукта. Обнаруженные микротрещины в условиях высоких локальных нагрузок подтверждены в контрольных шурфах, что свидетельствует о высокой эффективности МТМ для ИФР-анализа, так как основные риски конструкции в данном случае обусловлены сочетанием микротрещин и напряжений [21]. Аналогичные результаты выявления дефектов сварных соединений в сейсмоактивных условиях получены для магистрального газопровода на о-ве Сахалин [22]. Таким образом, МТМ оказался эффективным инструментом ИФР и для продольно ориентированных микротрещин КРН, что показало обследование участка (0,5 км) магистрального газопровода в Западной Сибири. Если ВТД (магнитный снаряд) выявило всего лишь одну зону продольных трещин (ЗПТ), то МТМ показал наличие 11 дефектов КРН из 12, т.е. $POD = 92\%$ (табл. 2).

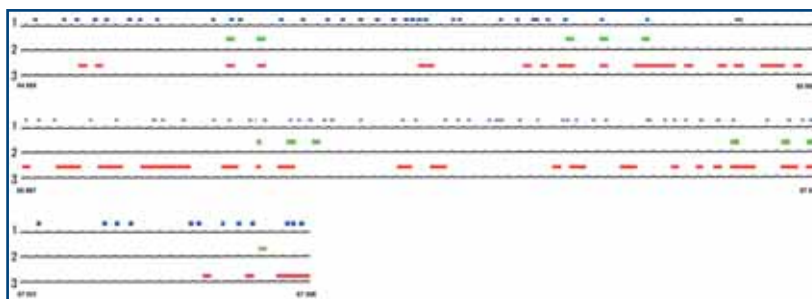
Сравнение выявляемости дефектов металла в многочисленных контрольных шурфах промысловых нефтепроводов компании «ТНК-ВР» провела экспертная организация ООО «Лайсан» с привлечением арбитражных методов НК (рис. 6). Его результаты отражают высокую эффективность как МТМ ($POD = 70\div 90\%$), так и длинноволнового ультразвукового метода ($POD = 60\%$) (см. рис. 6). В лаборатории испытания материалов (Италия) дополнительно выполнена оценка корреляции параметров ИФР: расчетного фактора концентрации напряжений SCF и риск-фактора F согласно РД 102-008—2002. Взаимозависимость SCF и F для дефектов «потеря металла» представлена на рис. 7 [23].

Заключение

Результаты верификации данных МТМ свидетельствуют о надежности этого инструмента ИФР для оптимизации затрат на техническое обслуживание трубопроводов «по реальному состоянию». Это достигается за счет ремонта опасных дефектных участков (аномалии 1-го и 2-го ранга) и соблюдения сроков обследований участков с приемлемым риском (аномалии 3-го ранга). Предложенная система оценки качества диагностирования в целях инновации методологии ИФР позволяет выбрать как

Таблица 1

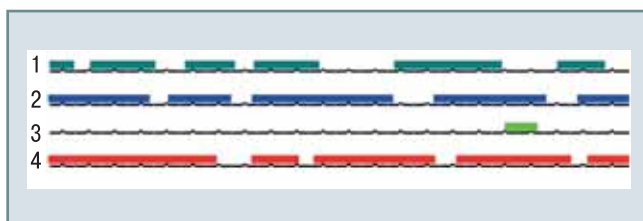
Показатель	Белоусовское ЛПУМГ	Тулское ЛПУМГ
	Магистральный газопровод I	Магистральный газопровод II
Длина, км	177	133
Число аномалий (длина, м):		
1-го ранга	0	13 (50)
2-го ранга	1005 (2571)	1293 (4560)
3-го ранга	6688 (11 137)	6358 (16 375)
Число шурфов	6	19
Полное соответствие данных МТМ результатам НК, %	50	47
Частичное совпадение перебраковки (недобраковки), %	33 (0)	32 (11)
Полное несоответствие, %	17	10
POD, %	100	100
POIn, %	75	81
POFC, %	17	16
Качество сканирования, %	88	90



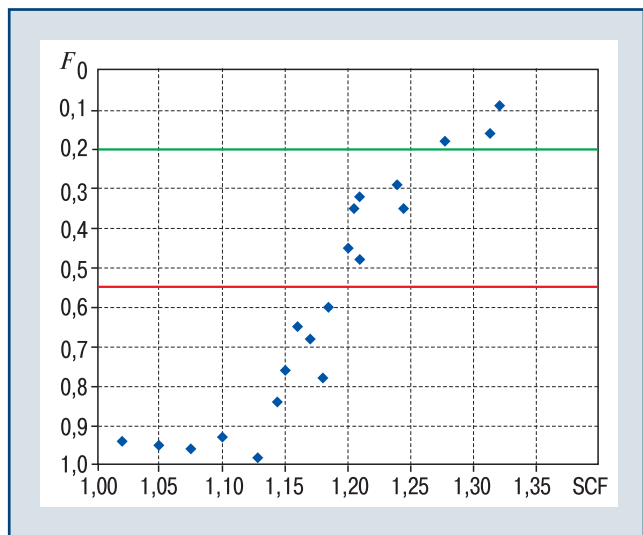
▲ Рис. 5. Результаты выявления дефектов металла магистрального газопровода: 1 — данные МТМ; 2 — данные ВТД (магнитный снаряд); 3 — данные НК арбитражными методами на полностью вскрытом участке протяженностью 8 км

Таблица 2

Номер аномалии	Данные НК в шурфе	Размеры дефектов, мм	Резюме
5	ЗПТ	20×5×1; 20×8×2,8	Аномалия подтверждена
6	Проведен ремонт		—«—
7	ЗПТ	130×160×0,5	—«—
8	ЗПТ	1100×150×0,3; 110×40×1,5	—«—
9	ЗПТ	200×460×2; 130×5×0,3	—«—
	Коррозия	глубина до 1	—«—
10	ЗПТ	60×200×0,8; 50×50×0,8	—«—
11	ЗПТ	150×40×1	—«—
12	ЗПТ	100×200×0,5	—«—
	Коррозия	глубина до 0,6	—«—
13	ЗПТ	390×200×0,3	—«—
	Коррозия	глубина до 1	—«—



▲ **Рис. 6. Распределение дефектов металла нефтепромысловых объектов, выявленных разными методами:** 1 — длинноволновый ультразвуковой метод (исполнитель — ООО «ЭКОЛИНК»); 2 — МТМ (ООО НТЦ «Трансмор-К»); 3 — метод магнитной памяти металла (ЗАО «Нефтесервис»); 4 — НК (ЗАО «Оргэnergонепть»)



▲ **Рис. 7. Взаимозависимость SCF и F для дефектов «потеря металла»**

лучшего подрядчика, так и наиболее эффективные диагностическое оборудование и технологию, а также повысить надежность инфраструктуры нефтегазового сектора.

Список литературы

1. *О промышленной безопасности опасных производственных объектов*: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. — 56 с.
2. *О техническом регулировании*: федер. закон от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ. — 8-е изд., испр. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. — 80 с.
3. *По итогам экспертизы приказа Ростехнадзора «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта»*. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420287237> (дата обращения: 01.03.2017).
4. *ASTM E1212—12. Standard Practice for Quality Management Systems for Nondestructive Testing Agencies*. — 2012. — 6 p.
5. *Pipeline Operator Forum Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines*. — 2009. — 37 p.
6. *Расчетная модель и алгоритм определения остаточного ресурса трубопровода в условиях периодических из-*

менений напряжений и коррозии/ А.А. Ибрагимов, С.Ю. Подорожников, А.Б. Шабаров и др.// Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № S4. — С. 199—206.

7. *Талипов С.Т.* Внутритрубная диагностика как средство предупреждения аварий и инцидентов трубопроводных систем ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»// Территория Нефтегаз. — 2013. — № 12. — С. 46—48.

8. *Хоменко В.* Современное состояние системы неразрушающего контроля качества труб и пути ее совершенствования// Техсовет. — 2010. — № 6 (80). — С. 30.

9. *РД 102-008—2002.* Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом. — М.: АО ВНИИСТ, 2003. — 52 с.

10. *Колесников И.С., Горошевский В.П., Камаева С.С.* Управление надежностью трубопроводов, не подлежащих внутритрубному инспектированию// В мире неразрушающего контроля. — 2014. — № 3 (65). — С. 59—63.

11. *Использование ферромагнитных свойств металла для диагностирования технического состояния и прогнозирования ресурса стальных трубопроводов/ Я.В. Воробьев, Н.И. Волгина, Л.А. Хуснутдинов, С.С. Камаева*// Технология металлов. — 2010. — № 1. — С. 46—49.

12. *Aqua MTM (Magnetic Tomography Method)*// Spotlight on Arctic Technology Conference ATC — 2012. — Houston, 2012. — P. 3—5.

13. *ASME B31.8—2009.* Standards of Pressure Piping American Society of Mechanical Engineers (ASME) Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines: A Supplement to ASME B 31 Code for Pressure Piping. — 2009. — 45 p.

14. *DNV-OS-F101—2000.* Submarine Pipeline Systems. — 2012. — 45 p.

15. *PR-3-805.* A modified criterion for evaluating the remaining strength of corroded pipe. — 1989. — 805 p.

16. *API RP 581:2016.* Risk-based Inspection Methodology. — 2016. — 42 p.

17. *DNV RP-F101.* Corroded pipelines Recommended Practice. — 2015. — 93 p.

18. *DNV RP-F105.* Free spanning pipelines. — 2006. — 46 p.

19. *Annual Report 2011/12.* Innovation Funding Incentive. Gas Transmission R&D Programme Detailed Reports. National Grid Magnetic Peter Martin Tomography Method (MTM) Pipeline Inspection System: Evaluation & Validation. — 2012. — P. 322—327.

20. *Бабаков А.В., Сидоров С.А.* Инновации в области обеспечения промышленной безопасности объектов газотранспортной отрасли от подпленочной коррозии// Газовая промышленность. — 2015. — Спецвыпуск № 724. — С. 106—109.

21. *Горошевский В.П., Хуснутдинов Л.А.* Особенности магнитной томографии при диагностировании трубопроводных объектов// Техсовет. — 2010. — № 6 (80). — С. 32—33.

22. *Особенности диагностики трубопроводов комплексом дистанционных методов на основе линейментного анализа и магнитной томографии/ С.С. Камаева, А.И. Никонов, В.П. Горошевский, В.Н. Белотелов*// Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. — 2016. — № 6. — С. 54—60.

23. *Отчет по квалификации системы неразрушающего обследования МТМ (компании Transkor) в соответствии с CEN/TR 14748:2004/ А. Меледду, А. Фронзо, Е. Меккози, Г. Мануччи. — Рим: Центр исследования материалов, 2014. — 10 с.*

info@transkor.ru

Материал поступил в редакцию 3 марта 2017 г.

«Bezопасnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2017, № 5, pp. 42–48.
DOI: 10.24000/0409-2961-2017-5-42-48

Risk-Oriented Approach and the Criteria for Assessment of Quality of Technical Diagnostics of Pipelines by Magnetic Tomography Method

Information about the Author

V.M. Mahov, Laboratory Head

L.A. Husnutdinov, Laboratory Head

V.P. Goroshevskij, Candidate of Technical Sciences, Technical Director

S.S. Kamaeva, Candidate of Technical Sciences, General Director, info@transkor.ru

ООО НТТ «Transkor-K», Moscow, Russia

Abstract

The system of an assessment of quality risk-oriented diagnostics of pipelines by the noncontact method of magnetic tomography taking into account the stressed-deformed state as the main risk factor is proposed in the Article. Reliability of the obtained data is analyzed by comparison of nondestructive control results. The results of verification of various types of defects are presented. The considered method allows to calculate the parameters of forecasting pipelines operability (safe working pressure and the period of accident-free operation) with the acceptable accuracy. Identification and assessment of danger of defective section of the oil and gas objects are accompanied by the declaration of quality indicators: the probability (identification, accuracy of hazard assessment, skipping of dangerous defects) and registration of the false signals. For the first time in the world the practice the uniform concept of risk assessment is proposed on the basis of continuous control of metal both for highways, and for the pipelines which are not subject to pig inspection (compressor stations, oil refineries, gas pipelines-branches, crossing points, airports, underwater pipelines, etc.) is offered.

Key words: pig inspection, pipelines, quality control, risk-oriented inspection, noncontact magnetometric diagnostics, nondestructive control.

References

1. *O promyshlennoj bezопасnosti opasnyh proizvodstvennyh obektov: feder. zakon ot 21 iyulya 1997 g. № 116-FZ* (On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities: Federal Law of July 21, 1997 № 116-FL). Moscow: ZAO NTC PB, 2016. 56 p.
2. *O tehničeskom regulirovanii: feder. zakon ot 27 dek. 2002 g. № 184-FZ* (On Technical Regulation: Federal Law of December 27, 2002 № 184-FL). 8-e izd., ispr. Moscow: ZAO NTC PB, 2016. 80 p.
3. *Po itogam jekspertizy prikaza Rostehnadzora «Ob utverzhdenii Federálnykh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezопасnosti «Obshhie trebovani-*

ja k obosnovaniju bezопасnosti opasnogo proizvodstvennogo obekta» (Following the Results of Examination of Rostehnadzor Order «About Approval of the Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety «General Requirements to Substantiation of Safety of Hazardous Production Facility»). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420287237> (accessed: March 1, 2017).

4. ASTM E1212—12. Standard Practice for Quality Management Systems for Nondestructive Testing Agencies. 2012. 6 p.

5. Pipeline Operator Forum Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines. 2009. 37 p.

6. Ibragimov A.A., Podorozhnikov S.Ju., Shabarov A.B., Medvedev M.V., Zemenkova M.Ju. *Gornyj informacionno-analiticheskiy bjulleten = Mining Information and Analytical Bulletin*. 2014. № S4. pp. 199–206.

7. Talipov S.T. *Territorija Neftegaz = Territory of Neftegaz*. 2013. № 12. pp. 46–48.

8. Homenko V. *Tehsovet = Technical Council*. 2010. № 6 (80). P. 30.

9. RD 102-008—2002. *Instrukcija po diagnostike tehničeskogo sostojanija truboprovodov beskontaktnym magnitometricheskim metodom* (RD 102-008—2002. Instruction on Diagnostics of Pipelines Technical Condition by the Noncontact Magnetometric Method). Moscow: AO VNIIST, 2003. 52 p.

10. Kolesnikov I.S., Goroshevskij V.P., Kamaeva S.S. *V mire nerazrushajushhego kontrolja = In the World of Nondestructive Control*. 2014. № 3 (65). pp. 59–63.

11. Vorobev Ja.V., Volgina N.I., Husnutdinov L.A., Kamaeva S.S. *Tehnologija metallov = Technology of Metals*. 2010. № 1. pp. 46–49.

12. Spotlight on Arctic Technology Conference ATC — 2012. Houston, 2012. pp. 3–5.

13. ASME B31.8—2009. Standards of Pressure Piping American Society of Mechanical Engineers (ASME) Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines: A Supplement to ASME B 31 Code for Pressure Piping. 2009. 45 p.

14. DNV-OS-F101—2000. Submarine Pipeline Systems. 2012. 45 p.

15. PR-3-805. A modified criterion for evaluating the remaining strength of corroded pipe. 1989. 805 p.

16. API RP 581:2016. Risk-based Inspection Methodology. 2016. 42 p.

17. DNV RP-F101. Corroded pipelines Recommended Practice. 2015. 93 p.

18. DNV RP-F105. Free spanning pipelines. 2006. 46 p.

19. Annual Report 2011/12. Innovation Funding Incentive. Gas Transmission R&D Programme Detailed Reports. National Grid Magnetic Peter Martin Tomography Method (MTM) Pipeline Inspection System: Evaluation & Validation. 2012. pp. 322–327.

20. Babakov A.V., Sidorov S.A. *Gazovaja promyshlennost = Gas Industry*. 2015. Special Issue № 724. pp. 106–109.

21. Goroshevskij V.P., Husnutdinov L.A. *Tehsovet = Technical Council*. 2010. № 6 (80). pp. 32–33.

22. Kamaeva S.S., Nikonov A.I., Goroshevskij V.P., Belotelov V.N. *Oborudovanie i tehnologii dlja neftegazovogo kompleksa = Equipment and Technologies for Oil and Gas Complex*. 2016. № 6. pp. 54–60.

23. Meleddu A., Fronzo A., Mekozzi E., Manucci G. *Otchet po kvalifikacii sistemy nerazrushajushhego obsledovanija MTM (kompanii Transkor) v sootvetstvii s CEN/TR 14748:2004*. (The Report on Qualification of the System of Nondestructive Control MTM (Transkor Company) According to CEN/TR 14748:2004). Rome: Centr issledovanija materialov, 2014. 10 p.

СЕРИЯ 19. ВЫПУСК 5

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

(в редакции, действующей с 04.07.2016)

Приведен текст Федерального закона «О пожарной безопасности», определяющего общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирующего в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, учреждениями, организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, иными юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также между общественными объединениями, индивидуальными предпринимателями, должностными лицами, гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без гражданства, в редакции, действующей с 4 июля 2016 г.

ЭТУ КНИГУ И ДРУГИЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ МОЖНО ПРИОБРЕСТИ ПО АДРЕСУ:

Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 21, а также заказать в отделе распространения по тел/факсам:

(495) 620-4753 (многоканальный), 620-4747, 620-4746. E-mail: ornd@safety.ru.

