

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ НАТУРНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО УЧАСТКА ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ МОСКВА»

УДК 622.691.4

О.В. Бурутин, ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, РФ)

Е.А. Смирнов, ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, Россия)

Ю.Ю. Толстихин, ООО «Газпром трансгаз Москва»

В.В. Невров, ООО «Газпром трансгаз Москва»

П.И. Анищенко, ООО «Газпром трансгаз Москва»

А.Б. Измайлов, ООО «Газпром трансгаз Москва»

И.Л. Вялых, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
(Москва, Россия), I_Vyalykh@vniigaz.gazprom.ru

А.А. Каверин, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Д.А. Зотов, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

И.В. Недопад, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

В статье рассматриваются вопросы развития системы испытаний диагностического оборудования на соответствие требованиям ПАО «Газпром». Основное внимание уделено натурным этапам проведения квалификационных испытаний диагностического оборудования и аттестаций технологий контроля технологических трубопроводов (ТТ) и подключающих шлейфов компрессорных станций (КС). Описаны технические решения, заложенные и реализованные в проекте по созданию натурального испытательного участка ООО «Газпром трансгаз Москва». Представлены возможности участка, определен потенциал развития.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ, ВНУТРИТРУБНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЕ, ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, НАТУРНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК.

Обеспечение требуемого уровня технического состояния ТТ и подключающих шлейфов компрессорных станций (ТТ КС) напрямую зависит от достоверности получаемых результатов технического диагностирования. В свою очередь, повышение достоверности определения технического состояния и производительности технического диагностирования ТТ КС невозможно без совершенствования технологий контроля и развития возможностей средств диагностирования. При этом характеристики применяемых и вновь разрабатываемых технических средств и технологий контроля должны соответствовать действующим требованиям ПАО «Газпром». Оценка соответствия осуществляется путем проведения системы функциональных испытаний, базирующихся на единой методологической основе [1]. Обязательным условием аттестации технологий контроля и испытаний средств технического диагностирования ТТ КС являет-

ся необходимость проведения как стендовых, так и натуральных (эксплуатационных) этапов испытаний, на каждом из которых осуществляются уникальные проверки оборудования и технологий, которые невозможно выполнить целиком только в стендовых или только в натуральных условиях.

Стендовые этапы испытания осуществляют на специально разработанных испытательных стендах (таких, как аттестационный стенд ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), где экспериментально в максимальном объеме определяют значения дефектоскопических характеристик и основных технических показателей диагностического оборудования.

Основной целью проведения натуральных испытаний является проверка качества применения испытуемых диагностического оборудования и методик контроля в реальных условиях эксплуатации и оценка соответствия характеристик требованиям ПАО «Газпром».

Эффективность натуральных испытаний определяется наличием следующих основных требований:

- испытания должны быть максимально приближены к реальным условиям эксплуатации диагностического оборудования;
- должна быть обеспечена возможность подтверждения основных дефектоскопических характеристик диагностического оборудования, определенных на этапах стендовых испытаний;
- в процессе проверки диагностического оборудования должно быть подтверждено комплексное влияние на него ряда значимых факторов.

Полномасштабные натурные испытания долгое время являлись недостающим звеном системы аттестации технологий контроля и квалификационных испытаний оборудования для технического диагностирования ТТ КС.

В целях реализации системы управления техническим состоянием и целостностью ТТ КС и рационального планирования

затрат на диагностику, техническое обслуживание и ремонт перед ПАО «Газпром» стояла задача выполнения всех этапов системы аттестации технологий контроля и квалификационных испытаний средств технического диагностирования.

Решение данной задачи стало возможным благодаря совместному техническому проекту ООО «Газпром трансгаз Москва» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по созданию участка проведения натуральных испытаний. В качестве натурального испытательного участка было принято решение использовать компрессорный цех (КЦ), временно выведенный из эксплуатации. КЦ № 4 КС «Первомайская», не задействованный в настоящее время в процессе транспортировки газа, оказался идеальной площадкой с широкими возможностями адаптации под испытания практически любого вида диагностического оборудования. Фактически испытательный участок представлял собой технологические коммуникации всего КЦ, включающего максимально возможный объем инфраструктуры:

- подключающие шлейфы КЦ;
- подземные и надземные ТТ с трубопроводной арматурой, включая универсальную обвязку семи электроприводных ГПА типа СТД-12500;
- установки очистки и воздушного охлаждения газа с трубопроводными обвязками.

Применительно к конкретным технологическим коммуникациям КЦ рабочей группой ООО «Газпром трансгаз Москва» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» был разработан инновационный проект по подготовке и реализации технических решений, обеспечивающих соблюдение всех требований к натурному участку, в числе которых:

- возможность применения существующих и разрабатываемых технологий диагностирования;
- возможность выполнения проверок диагностического оборудования в рамках реализуемого

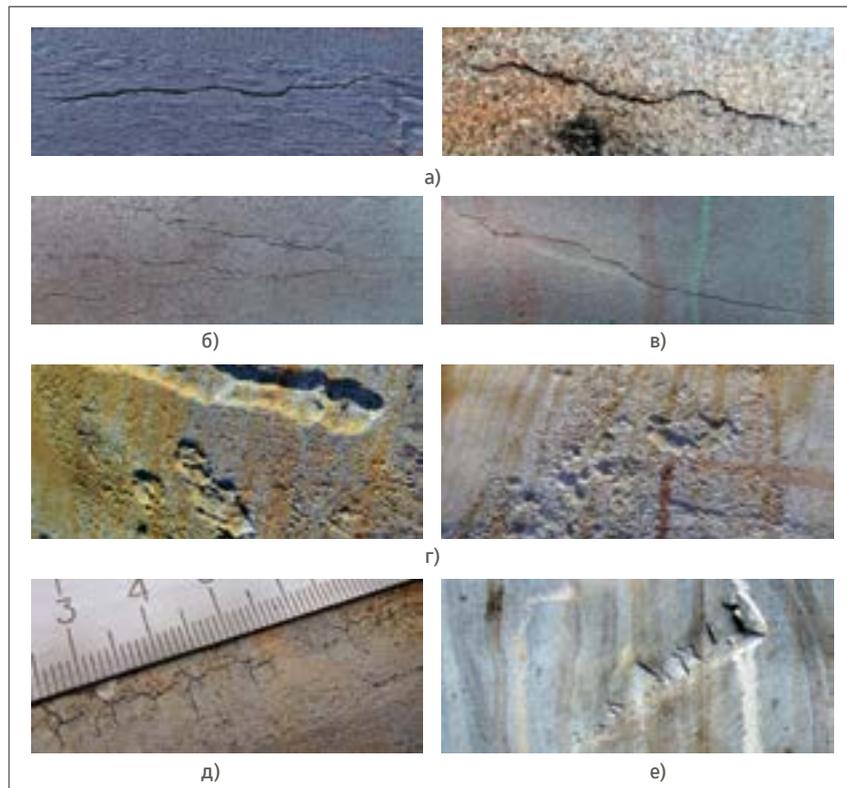


Рис. 1. Естественные дефекты в основном металле и сварных соединениях труб испытательного участка:

а) одиночные трещиноподобные дефекты; б) зона трещиноподобных дефектов в основном металле трубы; в) закат; г) зоны язвенной коррозии; д) зона трещиноподобных дефектов в продольном сварном соединении; е) продир с рваными трещинами

метода неразрушающего контроля (НК);

- наличие необходимого количества характерных естественных дефектов;

• достаточное количество естественных дефектов различных морфологических типов, необходимых для выполнения проверок дефектоскопических характеристик диагностического оборудования;

- наличие необходимого набора искусственно выполненных дефектов, модели которых соответствуют наиболее характерным дефектам контролируемого оборудования, реализованному методу неразрушающего контроля (НК);

• наличие необходимых типов и количества искусственно выполненных дефектов, достаточных для подтверждения дефектоскопических характеристик диагностического оборудования.

К решению поставленных задач был применен принципиально новый подход. В существующие коммуникации испытательного участка была произведена врезка дополнительных трубных секций (различных типоразмеров) и фрагментов труб (катушек) с паспортными естественными дефектами в основном металле и сварных соединениях.

Перечень естественных дефектов испытательного участка включал трещиноподобные дефекты, зоны общей коррозии, механические повреждения, смещения кромок сварных соединений, непровары и др. Примеры естественных дефектов в основном металле и сварных соединениях труб представлены на рис. 1.

Дополнительно на поверхности основного металла и сварных соединений труб испытательного участка механическим способом

были созданы искусственные дефекты в виде:

- пропилов – для моделирования дефектов трещиноподобного типа;
- фрезеровок – для моделирования дефектов язвенной коррозии, каверн, пор, шлаков.

Типы, местоположение и размеры искусственных дефектов были определены на основе:

- статистического анализа причин разрушений трубопроводов, а также анализа дефектов, выявляемых в процессе эксплуатации;
- анализа требований ПАО «Газпром» к параметрам надежности ТТ КС;
- анализа технических характеристик средств диагностики и физических возможностей используемых методов НК.

Специально для испытательного участка на КС «Первомайская» специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» была разработана и внедрена система группировки искусственных дефектов по зонам, предназначенным для выполнения различных проверок диагностического оборудования.

Примененные ООО «Газпром трансгаз Москва» технологии нанесения дефектов, соответствующих по внешним признакам и отражающей способности своим естественным аналогам, потребовали разработки нестандартных решений. Так, было опробовано два метода нанесения идентичных по характеристикам дефектов, позволивших не прибегать к помощи специализированных сторонних организаций. Полученный опыт лег в основу совместной разработки ООО «Газпром трансгаз Москва» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» технического устройства по нанесению дефектов, которое после прохождения апробации позволило создавать дефекты любой необходимой плотности, а также менять расположение и конфигурацию дефектных зон в зависимости от целей и условий испытаний.

Также была проведена совместная работа по паспортизации де-



Рис. 2. Оборудованные места загрузки и выгрузки диагностических комплексов для ВТД ТТ КС

фектов различными методами НК – визуально-измерительным, вихретоковым, магнитным (магнитопорошковым), ультразвуковым, радиографическим. Все дефекты испытательного участка были систематизированы по местоположению, типам и размерам и внесены в исполнительную документацию, включающую паспорт испытательного участка, паспорт дефектов, технологические карты НК дефектов, журнал учета работ, журнал регистрации изменений, конструкторскую документацию на основные элементы, методику выполнения основных работ (проведения измерений).

В целях оценки возможности определения типа и состояния защитного покрытия трубопроводов с применением диагностического оборудования на участки были нанесены изоляционные покрытия различных типов и созданы паспортизированные искусственные дефекты изоляции.

Для оценки результатов испытаний диагностического оборудования (с учетом значительного количества дефектов испытательного участка и с применением специализированного программного обеспечения) были созданы электронные схемы местоположения дефектов для каждой трубы, обеспечивающие возможность совмещения результатов контроля средств диагностики с паспортными данными.

Подземные трубопроводы испытательного участка были оборудованы устройствами загрузки и выгрузки диагностических

комплексов для внутритрубного технического диагностирования (ВТД) ТТ КС (рис. 2). Конструкция данных устройств предусматривает загрузку/выгрузку внутритрубных диагностических комплексов с применением штатных приспособлений силами обслуживающего персонала. При необходимости возможна загрузка через вскрытые люк-лазы и обратные клапаны.

Для сохранения актуальности параметров испытательного участка реализовано решение по разграничению зон проведения исследовательских испытаний и аттестационных процедур диагностического оборудования.

Поставленная задача была решена, и масштабный проект реализован ООО «Газпром трансгаз Москва» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в максимально короткие сроки.

В соответствии с поручением ПАО «Газпром» на испытательном участке в 2015–2016 гг. были проведены первые натурные испытания диагностических комплексов и технологии для ВТД ТТ КС.

Натурные испытания проводились в рамках квалификационных испытаний в целях оценки соответствия техническим требованиям ПАО «Газпром» основных технических, дефектоскопических и эксплуатационных характеристик диагностических комплексов различных производителей, оценки их эффективности и технологичности в реальных условиях эксплуатации (трассовых условиях).

Испытуемые средства ВТД ТТ КС разработаны и представлены российскими организациями ООО «Газпроект-ДКР», ЗАО «ИнтроСкан Технолоджи» и ОАО «Оргэнергогаз». Общий вид диагностических комплексов представлен на рис. 3.

Для проведения испытаний диагностических комплексов испытательный участок был условно разделен на три маршрута (рис. 4), включающих различную конфигурацию ТТ КС диаметрами 700 и 1000 мм, с наличием отво-

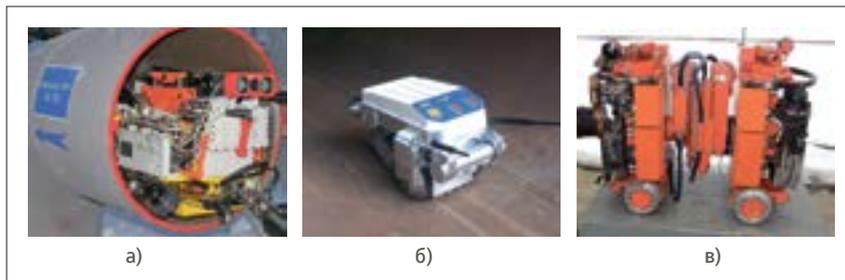


Рис. 3. Диагностические комплексы для ВТД ТТ КС:
 а) ТДК-400-М-Л (ООО «Газпроект-ДКР»); б) СД А2072 IntroScan (ЗАО «ИнтроСкан Технолоджи»); в) УДК (ОАО «Оргэнергогаз»)

дов, тройниковых соединений, запорной арматуры.

Возможности испытательной базы позволили провести многоэтапные испытания диагностических комплексов.

На первом этапе рассматривалась техническая документация, производилась проверка комплектности поставки, параметров настройки, калибровки и тестирования диагностических комплексов.

На втором этапе оценивались дефектоскопические и эксплуатационные характеристики диагностических комплексов. Проверка и подтверждение дефектоскопических параметров автоматизированного контроля диагностическими комплексами включала:

- оценку результатов внутритрубного обследования внутренних полостей и внутренних поверхностей труб и соединительных деталей;
- оценку точности определения расстояния по продольной оси трубопровода между двумя кольцевыми сварными соединениями,

в том числе точности определения длины труб испытательного участка;

- оценку точности определения толщин стенок труб;
- подтверждение разрешающей способности;
- проверку наличия неконтролируемых зон и зон снижения чувствительности;
- подтверждение выявляемости различных типов дефектов;
- подтверждение вероятности обнаружения и идентификации различных типов дефектов;
- проверку стабильности акустического контакта;
- оценку точности определения координат, размеров дефектов;
- влияние на результаты контроля качества подготовки контролируемых поверхностей.

Следующий этап предусматривал проверку таких эксплуатационных параметров при автоматизированном контроле, как:

- технологичность операций и способы загрузки и выгрузки комплексов в участки ТТ КС;
- возможность дистанционного управления диагностическими

комплексами в трассовых условиях;

- оценка основных значений эксплуатационных характеристик транспортного модуля диагностическими комплексами на ТТ КС (скорость перемещения, стабильность траектории, прохождение наклонных и вертикальных участков трубопроводов, прохождение соединительных деталей, возможность фиксации положения комплексов в горизонтальных, наклонных и вертикальных участках трубопровода и т. п.);

- возможность выполнения контроля в горизонтальных, вертикальных и наклонных участках и т. д.;
- проверка расстояния перемещения во внутреннем пространстве трубопровода от места загрузки;
- производительность автоматизированного контроля;
- время непрерывной работы от автономного источника питания;
- время, необходимое для замены аккумуляторных батарей (при наличии);
- возможность дистанционной передачи данных по беспроводному каналу связи;
- возможность аварийного извлечения диагностических комплексов.

Завершающий этап испытаний включал проверку и обработку результатов автоматизированного контроля, в том числе:

- время и форму предоставления оперативных результатов контроля;
- время, точность и порядок разметки контролируемых труб в шурфах для поведения подтверждающего ручного НК.

Комплекс натурных испытаний диагностических комплексов для ВТД ТТ КС позволил:

- подтвердить экспериментальные оценки реальных технических, дефектоскопических и эксплуатационных характеристик диагностических комплексов;
- выполнить проверку разработанных технологических процес-

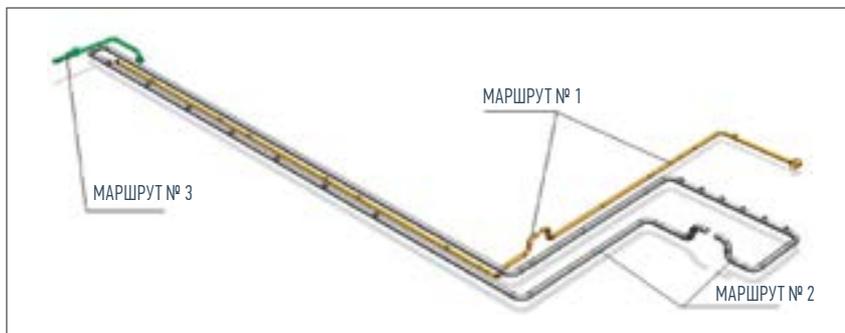


Рис. 4. Маршруты для испытаний диагностических комплексов для ВТД ТТ КС

сов ВТД ТТ КС, обеспечивающих стабильность характеристик диагностических комплексов;

- провести оценку соответствия технических параметров диагностического оборудования и технологий диагностирования техническим требованиям ПАО «Газпром», а также требованиям конструкторской и технической документации.

По итогам проведенных испытаний подтверждено, что технические решения, заложенные и реализованные на КС «Первомайская», являются достаточными для выполнения проверок дефектоскопических характеристик диагностического оборудования и аттестации технологий контроля на этапе натурных испытаний. Впервые в ПАО «Газпром» был создан испытательный натурный участок, позволяющий обеспечить такие возможности в реальных трассовых условиях. Важнейшей особенностью участка является сочетание всех возможных факторов, соответствующих реальным эксплуатационным условиям применения оборудования: различные типоразмеры и конфигурация маршрутов, наличие трубопроводной арматуры, различные методы загрузки оборудования на разных маршрутах, различное состояние защитного покрытия, наличие загрязнений и врезок.

Масштабы задействованной инфраструктуры КС значительно расширяют возможности участка в решении общих задач развития средств диагностики и подготовки персонала. Здесь можно говорить о возможности выполнения таких задач, как:

- проведение испытаний в соответствии с условиями применения и техническими требованиями к диагностическому оборудованию;

- подтверждение соответствия технических и технологических параметров диагностического оборудования требованиям ПАО «Газпром»;

- подтверждение соответствия технологий диагностирования и НК ТТ требованиям ПАО «Газпром»;

- экспериментальная оценка и подтверждение характеристик диагностических систем;

- выбор и внедрение наиболее технически совершенных средств диагностирования;

- разработка новых, совершенствование и внедрение существующих технологий диагностирования трубопроводов КС;

- актуализация действующих и разработка новых нормативных и методических документов, регламентирующих проведение НК;

- подготовка и повышение квалификации специалистов по НК.

При достигнутом на сегодняшний день уровне готовности испытательный участок может быть использован:

- для проведения натурных этапов исследовательских, предварительных и приемочных испытаний опытных экземпляров новых диагностических комплексов ВТД трубопроводов КС;

- для проведения натурных этапов исследовательских и квалификационных испытаний различных типов диагностического оборудования для контроля трубопроводов (средств магнитометрии, электрометрии, волноводного контроля, ручных дефектоскопов и др.), а также для предварительных и/или приемочных испытаний средств диагностирования трубопроводов, разработанных по программе НИОКР ПАО «Газпром»;

- для обучения операторов и контролеров, проводящих техническое диагностирование ТТ КС ПАО «Газпром».

В настоящее время для расширения объектной номенклатуры проводимых испытаний диагностического оборудования ведется работа по расширению испытательного комплекса ООО «Газпром трансгаз Москва» путем создания нового паспортизованного испытательного участка на базе подключающих шлейфов КЦ условным диаметром 1400 мм. Введение дополнительного испытательного участка позволит проводить сравнение эффективности выявления дефектов трубопроводов подключающих шлейфов различными средствами диагностирования.

В 2016 г. были опубликованы [2] итоги проведения всех этапов квалификационных испытаний диагностических комплексов для внутритрубной диагностики ТТ КС, которые позволили ПАО «Газпром» принять ряд важных решений, касающихся корректировки требований к диагностическому оборудованию, допуска диагностических комплексов для ВТД ТТ КС к применению на объектах отрасли, а также подходов к проведению испытаний данного типа оборудования.

Создание натурального испытательного участка позволило впервые осуществить полный цикл квалификационных испытаний диагностических комплексов для ВТД ТТ КС всех основных производителей по единой программе испытаний, построенной на унифицированной методологии в равнозначных условиях, что обеспечило объективную оценку существующего оборудования и дало возможность определить единые требования к средствам диагностирования ТТ КС и выработать стратегию выбора диагностического оборудования при решении практических задач. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Вялых И.Л., Лазарев В.Л., Зотов Д.А., Ремизов А.Е. Функциональные испытания диагностического оборудования как элемент Системы управления техническим состоянием и целостностью ГТС // Вести газовой науки. 2014. № 1 (17). С. 29–34.
2. Бурутин О.В., Шипилов А.В., Вялых И.Л. и др. Современное состояние и направления развития средств внутритрубного диагностирования трубопроводов компрессорных станций ПАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2016. Спецвып. № 739: Технологическое лидерство или импортозамещение. Вопросы современного внедрения передовых разработок. С. 76–80.