

ДЕСЯТИЛЕТНИЙ ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЙ СТРЕСС-КОРРОЗИОННЫХ И ДРУГИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

В.Ф.Мужицкий, В.А.Карабчевский ЗАО “НИИИН МНПО”Спектр”,

С.В.Карпов ООО “ВНИИГАЗ”

В последние годы возросла аварийность магистральных газопроводов (МГ) по причине коррозионного растрескивания металла трубы под напряжением (КРН). Обследования МГ в 2003г. в ООО”Севергазпром” и ООО”Лентрансгаз” показали, что активно идут процессы развития мелких трещин КРН на участках дефектов большой площади, и, наряду с этим, имеются глубокие трещины. Обслуживание МГ “по состоянию” в соответствии с критериями безопасной эксплуатации требует разработки и широкого применения, особенно на участках МГ, необорудованных камерами приёма-запуска внутритрубных дефектоскопов, методов наружного обследования в шурфах и оценки состояния МГ такими средствами неразрушающего контроля (СНК), как вихретоковые дефектоскопы, магнитопорошковая инспекция, ультразвуковая толщинометрия.

В ООО “ВНИИГАЗ” создана методика проведения обследований труб магистральных газопроводов на наличие или отсутствие стресс-коррозионных трещин в шурфах, при обеспечении доступа к наружной поверхности стенки трубы. Также там создана методика обследования обнаруженных стресс-коррозионных трещин и оценки их опасности вихретоковыми дефектоскопами. Надёжность этих методик обусловлена высокой чувствительностью вихретоковых дефектоскопов, которая позволяет даже в полевых условиях гарантировать оперативное выявление трещин глубиной от 0,5мм.

В настоящее время с увеличением объёмов ремонтных работ в газовой отрасли эти приборы пользуются повышенным спросом: они используются именно для поточных обследований, для того, чтобы гарантировать отсутствие дефектов на обследованной ими поверхности магистрального газопровода, а не только для того, чтобы обследовать обнаруженный по каким-либо признакам дефект.

Результаты обследований дефектоскопами внешней поверхности трубы магистрального газопровода содержат большое количество почти одновременно и непрерывно получаемых числовых оценок. Возможности компьютеризированного вихретокового дефектоскопа ВД-89НМ (см.рис.1), выпускаемого ЗАО “НИИИН МНПО ”Спектр” позволяют представлять сравнительно большие по объёму массивы оценок опасности трещин как в графическом виде для просмотра, так и в виде количественных итогов - сколько по площади дефектов и какой

глубины было обнаружено. Сохраненные на персональном компьютере, результаты контроля могут быть представлены для просмотра и отчёта в виде: планов дефектных участков с оценками глубин трещин в мм, общего профиля глубины трещин вдоль дефекта, 3-х мерных диаграмм и цифровых таблиц (см.рис.2) .

Непрерывность и одновременность большого количества измерений обуславливает их сопоставимость, что позволяет обнаруживать дефекты и оценивать их параметры по этим измерениям с высокой степенью надёжности и наглядности.

Ежегодно с 1993г. по 2003г. “Спектр” принимал участие в обследованиях МГ на предприятиях ОАО ”Газпром” на наличие стресс-коррозионных дефектов, предоставляя как все необходимые средства неразрушающего контроля, так и исследователей-дефектоскопистов для применения этих средств. В порядке очерёдности и географически работы проводились с севера на юг: сначала на МГ предприятия ООО ”Тюментрансгаз” в районе Краснотурьинска, затем на МГ ООО ”Уралтрансгаз” в Шадринском ЛПУ МГ, затем на МГ ООО ”Баштрансгаз” в Полянском ЛПУ МГ, в ООО ”Севергазпром” в Грязовце и Мышкине , в ООО ”Волготрансгаз” в Сеченове и Шумерле, в ООО ”Пермтрансгаз” в Кунгурском ЛПУ МГ, ООО ”Лентрансгаз”. В ООО ”Тюментрансгаз” в районе Краснотурьинска обследовались аварийные участки газопровода, металл труб после аварий, участки поверхности труб с дефектами изоляции на наличие стресс-коррозионных трещин - весь металл, к которому был открыт доступ. Вихретоковые дефектоскопы показали себя как надёжное средство обнаружения стресс-коррозионных трещин магистральных газопроводов. При гидроиспытаниях по методике, разработанной в ООО “ВНИИГАЗ”, когда были выявлены места стресс-коррозионных повреждений на участке МГ длиной 30км от компрессорной до реки Каква, вихретоковыми дефектоскопами обследовались примыкающие к дефекту трубы с целью удалить из газопровода весь поврежденный или подверженный действию стресс-коррозии участок.

Обследовались трубы всех разрывов (до 14 разрывов на каждом газопроводе 6-ти ниточного коридора). Везде обнаруживались и оценивались по глубине все дефекты типа трещин, составлялись схемы распределения трещин на дефектных участках труб, позволившие детально изучать процесс развития стресс-коррозионных дефектов и механизмы действия влияющих при этом факторов: состояния металла, изоляции, влаги и др.

В ООО ”Уралтрансгаз” обследовались трубы после аварий, а также участки труб, вскрытые по результатам пропуска первых отечественных магнитных внутритрубных снарядов-дефектоскопов (Код, КОД-4М). Наряду с поисковыми дефектоскопами ВД-89Н, здесь все существенные обнаруженные дефекты уже фиксировались дефектоскопом ВД-89НМ, позволившим получать профиль глубин трещин и оценивать по нему при помощи методик ООО

”ВНИИГАЗ” срок безопасной эксплуатации МГ с дефектом. Так как в болотистой местности эти работы проводились зимой, то производить ремонт обнаруженных дефектов немедленно оказалось затруднительным, и очень пригодилась возможность оценить опасность дефекта дефектоскопом ВД-89НМ и при помощи расчётной программы и полученного профиля оценок дефектов предложить вероятный срок безаварийной работы обследованной трубы с дефектом. Результат применения всего комплекса этих мер оказался успешным, дефектная труба отработала ещё месяц и в плановом порядке безаварийно была удалена из газопровода. В ООО ”Волготрансгаз” проводились первые поиски участков вероятного наличия стресс-коррозии на МГ, обследования в коротких и длинных шурфах по косвенным данным, таким как показания электрометрии, анализ грунтов, растительности и т.д. одновременно проводились обследования в шурфах участков МГ, соседних с теми, на которых происходили аварии. Дефектоскопы ВД-89Н впервые были применены для планового обследования длинных участков действующего магистрального газопровода, соответствующих ландшафтным особенностям трассы: уклонам и оврагам. В ООО ”Баштрансгаз” в Башкирии массовое обследование труб в шурфах в оврагах продолжились, для чего потребовалось обследовать более километра длины трубы, выявить и описать несколько сотен стресс-коррозионных дефектов. В ООО ”Севергазпром” производилось обследование спиральных труб с дефектами в Грязовецком ЛПУ МГ, а также обследования в протяжённых шурфах в Мышкинском ЛПУ МГ, где потребовалось обеспечить средствами обследования участок на котором одновременно велась шурфовка трубы в разных местах несколькими экскаваторами. Здесь отлично проявили себя поисковые вихретоковые дефектоскопы ВД-12НФМ (см.рис.3) с датчиками, надёжно защищёнными от износа специальными наконечниками.

Из-за малого веса прибора и датчика работа им оказывается неустойчивой для дефектоскописта. Производительность работы этим дефектоскопом выше, чем у каких-либо известных нам других механизированных средств контроля, и составляет в среднем 12 погонных метров трубы в час. В отличие от магнитных методов за 10 лет эти приборы не имели ложных срабатываний по причине магнитных и структурных пятен металла. Они с успехом обнаруживали дефекты МГ под покрытием бмм. В настоящее время с увеличением объёмов ремонтных работ в газовой отрасли эти приборы пользуются повышенным спросом.

В ООО ”Пермтрансгаз” производилось обследование стыков труб с заводской изоляцией, а также проверка результатов пропуска снаряда-дефектоскопа. Как оказалось стыки труб с заводской изоляцией являются уязвимым местом МГ, у стыков и под отслоениями заводской полиэтиленовой изоляции было обнаружено большое количество стресс-коррозионных дефектов. Проверка дефектов после снаряда-дефектоскопа показала, что по-

сле его пропуска могут оставаться необнаруженными глубокие стресс-коррозионные дефекты, а погрешность оценки глубины трещин этими снарядами выше, чем ожидалось. В ООО "Баштрансгаз" проводились гидроиспытания стенда с трубами с реальными стресс-коррозионными дефектами, помимо оценки прочности труб эти испытания "на разрыв" показали, что погрешность оценки глубины стресс-коррозионных дефектов вихретоковыми дефектоскопами составляет не более 5...10%. Для подтверждения типа обнаруженного дефекта необходимо использовать средства визуализации. Средства магнитопорошковой дефектоскопии, входящие в комплект (см.рис.4), выпускаемый нашим предприятием, и стандартный фотоаппарат обеспечивают возможность сохранить вид обнаруженных трещин для обоснования решений по ремонту МГ. На рис.5 представлена картина распределения осевшего магнитного порошка на трещинах реального стресс-коррозионного дефекта МГ.

Из публикаций следует, что в возникновении и развитии дефектов КРН играют роль напряжения и деформации металла трубы. Применение коэрцитиметра КРМ-Ц-2К при гидроиспытаниях дефектов КРН до разрушения позволяет с высоким разрешением следить за изменением напряжённо-деформированного состояния металла трубы в зонах дефектов.

Применение коэрцитиметра КРМ-Ц-3К (см.рис.6) при гидроиспытаниях дефектов КРН до разрушения позволяет с высоким разрешением следить за изменением напряжённо-деформированного состояния металла трубы в зонах дефектов. Результаты обследования им трубы МГ также представляются в персональном компьютере в виде планов (см.рис.7) и могут сопоставляться с результатами, полученными дефектоскопом ВД-89НМ. Результаты совместного использования вихретоковых дефектоскопов для оценки параметров стресс-коррозионных трещин с другими средствами контроля находятся как показывает опыт в хорошем соответствии. Так обнаружено приращение оценок глубин трещин при создании в трубе магистрального газопровода при гидроиспытаниях напряжений выше предела текучести. При этом распределение приращений напряжений на дефектном участке вполне согласуется с картиной расположения и глубин трещин.

Специально для измерения толщин стенок МГ в диапазоне толщин от 0 до 20мм без использования каких-либо жидких агентов "сухим методом" и с возможностью сканирования применяется электромагнитно-акустический толщиномер ЭМАТ-100. Толщиномер имеет карманный формат и встроенный аккумулятор электропитания. Запись сканирования толщины стенки МГ, например, вдоль сварного шва с целью выявления расслоений, может быть немедленно передана из толщиномера в компьютер.

При обследовании газопровода на наличие стресс-коррозионных трещин в комплексе с вихретоковыми дефектоскопами применяются как толщиномер стенок трубы, - т.к. для опреде-

ления опасности аварии дефекта необходимо точное значение толщины трубы в месте дефекта, так и магнитный толщиномер покрытий - для случая, если поиск дефектов ведётся не снимая изоляции трубы, средства магнитопорошковой дефектоскопии для подтверждения происхождения дефекта по форме трещин, магнитный толщиномер для измерения толщины оксидных плёнок на поверхности металла, коэрцитиметр для оценки распределения напряжений и т. д.

Возможности применения дефектоскопов, разработанных в “Спектре”, с 1998г. ежегодно освещались на деловых встречах и конференциях, в том числе и “Диагностика” ОАО ”Газпром”. В последние несколько лет при обеспечении работ ОАО ”Газпром” по обследованию МГ на наличие стресс-коррозионных повреждений с поиском вероятных дефектных участков по косвенным факторам “Спектр” обследовал ежегодно до 2км труб в протяжённых шурфах, ежегодно обнаруживая 3...5 стресс-коррозионных дефектов в предаварийном состоянии (глубиной более 5мм и несколько метров длиной).

Был разработан комплексный подход к обследованию труб МГ в шурфах.

“Спектр” применяет и производит весь комплекс необходимых измерений, применяет все имеющиеся в распоряжении приборы: толщиномеры, дефектоскопы, приборы для измерения напряжений, магнитные сканеры для проверки состояния внутренней стенки трубы МГ. В настоящее время большинство приборов, разработанных на нашем предприятии, компьютеризированы и служат не только браковочными средствами для оценки текущего состояния МГ, но и средствами сбора и сохранения объективной информации для обеспечения функций прогнозирования состояния МГ.

Возможность оценки глубины и протяжённости дефектов позволила разработать методики определения степени опасности и остаточного ресурса газопровода. Лаборатория испытаний и обеспечения надёжности эксплуатации МГ ООО ”ВНИИГАЗ” разрабатывает и внедряет в практику эксплуатации методики обследования дефектов КРН и оценки состояния МГ, использующие интеллектуальные технические средства достоверной оценки состояния МГ.

Прошедший год выявил значительную потребность в приборах и методиках для обследования МГ, превысивших нормативный срок эксплуатации, с целью продления их ресурса. Все средства, использовавшиеся для обследования МГ в шурфах с успехом могут быть использованы и в этом случае, так как обеспечивают необходимую высокую производительность контроля.

С целью совершенствования средств обследования МГ создан многоканальный вихретоковый дефектоскоп ВД-89НМ с 16 преобразователями (см.рис.8). Полученные с его помощью распределения оценок глубин дефектов представлены на рис.9. Разработаны закладные дат-

чики, магнитный индикатор трещин МИТ-1 и т.д. На базе старых выпускаются новые, более современные устройства для применения при решении задач эксплуатации и ремонта МГ. На базе МИТ-1 создан сканер для обнаружения дефектов сварных швов, на базе блока преобразователей ВД-89НМ - модуль-дефектоскоп для сканирующей системы, структуроскоп КРМ-Ц-3К использован для оценки напряжённо-деформированного состояния сварных швов. Опыт обследования МГ, обнаружения и ремонта трещин КРН, создания современных СНК отразил тенденцию: с усложнением задач эксплуатации и ремонта МГ, чтобы удержать под контролем большее число эксплуатационных параметров, растёт потребность в более сложной технике и приборах.

В.Ф.Мужицкий,

В.А.Карабчевский

ЗАО “НИИИН МНПО”Спектр”,

С.В.Карпов ООО “ВНИИГАЗ”

Передано в редакцию

Тел. 245-56-18

Факс 933-02-95

ПОДРИСУНОЧНЫЕ ПОДПИСИ

Рис.1 Вихретоковый дефектоскоп ВД-89НМ.

Рис.2 Результаты обследования участков поверхности трубы МГ вблизи сварных швов структуроскопом КРМ-Ц-К3 с целью обнаружения и оценки напряженно-деформированного состояния металла в виде 3-х мерных диаграмм.

Рис.3 Вихретоковые дефектоскопы ВД-12НФМ и процессорный вариант ВД-12НФП для поиска стресс-коррозионных дефектов на МГ.

Рис.4 Комплект средств магнитопорошковой дефектоскопии для визуализации стресс-коррозионных дефектов МГ.

Рис.5 Визуализация стресс-коррозионных трещин- повышение контрастности изображения при помощи средств магнитопорошковой дефектоскопии.

Рис.6 Структуроскоп КРМ-Ц-К3 для оценки напряженно-деформированного состояния металла труб МГ.

Рис.7 Предоставление результатов обследования стресс-коррозионного дефекта МГ вихретоковым дефектоскопом ВД-89НМ с матрицей из 10 преобразователей.

Рис.8 Усовершенствованный вихретоковый дефектоскоп ВД-89НМ с матрицей из 16 преобразователей.

Рис.9 Распределение оценок глубин стресс-коррозионного дефекта, полученные с помощью усовершенствованного дефектоскопа ВД-89НМ с матрицей из 16 преобразователей.