

ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ И ИХ РЕШЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА

А.А. Дубов, д. т. н., ООО «Энергодиагностика» (Москва, РФ)

С 1 января 2017 г. вступил в силу Приказ Ростехнадзора от 28 июля 2016 г. № 316, которым внесены изменения в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденные приказом Ростехнадзора от 14 ноября 2013 г. № 538 (далее – Правила). В соответствии с указанными Правилами при проведении экспертизы технических устройств установлена необходимость контроля (изучения) их напряженно-деформированного состояния (НДС).

Проблемой контроля механических напряжений в работающих конструкциях и трубопроводах с целью оценки их состояния в настоящее время занимаются все ведущие диагностические центры мира. Однако до сих пор эффективных методов контроля напряжений, пригодных для применения на практике, не было предложено.

Анализ возможностей известных методов контроля напряжений и деформаций в основном металле изделий и металле сварных соединений оборудования и конструкций позволяет назвать их существенные недостатки, основными из которых являются:

- невозможность использования большинства методов в области пластической деформации;
- локальность контроля, непригодность для контроля протяженных трубопроводов и крупногабаритных объектов;
- не учитывается неоднородность структуры металла и наличие остаточных напряжений;
- контроль выполняется, как правило, только на поверхности изделий из-за существующих проблем оценки глубинных слоев металла и металла сварных соединений;



Рис. 1. Участок нефтепровода с повышенной нескомпенсированной деформацией: а) внешний вид участка; б) монтажный сварной шов в зоне его вскрытия

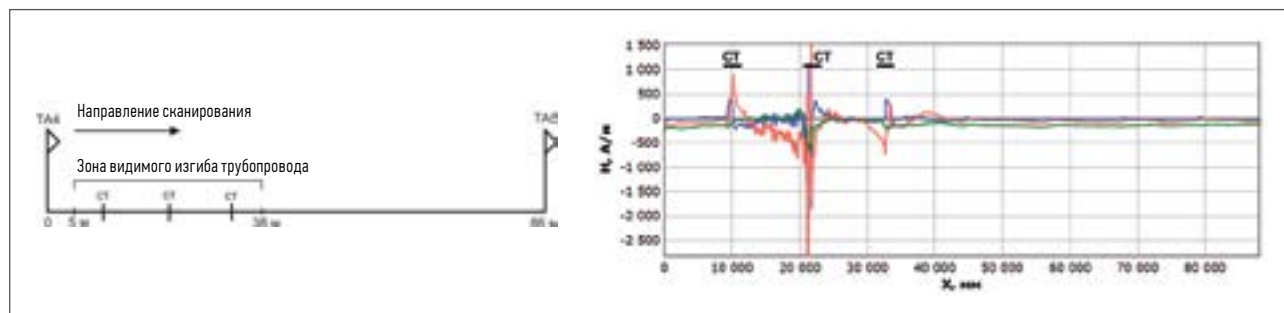
- требуется построение градуировочных графиков на предварительно изготовленных образцах, которые не отражают фактическое НДС оборудования;

- требуется подготовка контролируемой поверхности и объектов контроля (зачистка, активное намагничивание, клейка датчиков и прочее).

Тарировку средств и методик измерений напряжений осуществляют на образцах при их растяжении статической нагрузкой на разрывной машине и, как правило, в упругой области деформации. В то же время известно, что реальные трубопроводы работают в условиях не только статической, но и циклической нагрузки, а развитие повреждений происходит в

зонах концентрации напряжений (ЗКН), в которых металл работает в области пластической деформации. Более того, фактическое НДС оборудования во многих случаях не соответствует расчетному НДС, и в общем случае не известно фактическое распределение деформаций и напряжений по величине, знаку, направлению, глубине объекта контроля.

Перечисленные проблемы, возникающие на практике при контроле напряжений, не могут быть разрешены в рамках сложившихся представлений о внутренних напряжениях. Идеологическим фундаментом для развития темы «Контроль напряжений» должна быть энергетическая концепция, отражающая объективные про-



а)

б)

Рис. 2. Схема трассировки нефтепровода на участке ПК 59 + 60 (а) и магнитограмма БМД участка (б): СТ – монтажный стык

цессы перераспределения собственной энергии материала как реакции на внешнее воздействие.

Здесь следует отметить, что метод магнитной памяти металла (МПМ) – это метод диагностики энергетического состояния материала.

Метод МПМ не требует подготовительных работ (зачистки поверхности, снятия изоляции, искусственного намагничивания). При контроле НДС протяженных участков трубопроводов используется связь собственного магнитного поля рассеяния (СМПР) с фактической деформацией. На метод МПМ имеются российские и международные стандарты.

На основе энергетического соотношения магнитных и механических параметров, полученного при испытании образцов на статическую и циклическую нагрузку с использованием метода МПМ, перенос тарировочных значений СМПР с образцов на реальное оборудование становится возможным.

В настоящее время при оценке фактического НДС нефтегазопроводов, расположенных под слоем грунта, все большее применение на практике получает бесконтактная магнитометрическая диагностика (БМД). БМД основана на измерении искажений магнитного поля Земли вдоль трассы нефтегазопровода, обусловленных изменением намагниченности металла труб в ЗКН и в зонах развивающихся повреждений.

При БМД трубопроводов используются магнитные параме-

тры, изучаемые также в рамках применения метода МПМ.

Эффективность БМД для оценки фактического НДС участков нефтегазопроводов, выдавленных на поверхность грунта, рассмотрим на следующем примере. В ноябре 2016 –январе 2017 г. специалистами ООО «Энергодиагностика» на одном из дочерних предприятий ПАО «НОВАТЭК» был выполнен контроль 45 участков нефтепроводов $\varnothing 377 \times 10$ мм в ППУ-изоляции в местах их выхода на поверхность грунта из-за повышенной некомпенсированной деформации.

На рис. 1а представлен внешний вид одного из таких участков.

Запись магнитограмм при БМД выполнена магнитометрическим прибором – измерителем концентрации напряжений ИКН-6М-8 в комплекте со специализированным сканирующим устройством (СУ) Тип 11-6К. При движении оператора вдоль трассы нефтепровода проводилась запись магнитограмм с разбивкой по файлам.

На рис. 2а представлена схема трассировки нефтепроводов $\varnothing 377 \times 10$ мм на участке ПК 59 + 60, а на рис. 2б – магнитограмма, зафиксированная при БМД данного участка. Из сопоставления рис. 2а и рис. 2б видно, что в зоне видимого изгиба нефтепровода и выхода его на поверхность грунта (рис. 1) при выполнении БМД зафиксированы резкие локальные изменения СМПР нефтепровода. При этом максимальные изменения СМПР совпадают с местами расположения монтажных кольцевых стыков.

На втором монтажном стыке с максимальным изменением поля H после снятия изоляции (защитных кожухов) был выполнен дополнительный контроль методом МПМ (контактным способом) и УК (ультразвуковой контроль). При контактном контроле данного сварного соединения методом МПМ были выявлены две ЗКН. При УК в этих ЗКН были обнаружены недопустимые дефекты в виде протяженных несплошностей на глубине 2–7 мм. Дефекты располагались в зоне термического влияния сварки со стороны максимальной пластической деформации прилегающего участка трубопровода. Данный монтажный стык было рекомендовано заменить.

Аналогичным образом методами БМД и МПМ были проконтролированы еще 44 участка с видимой деформацией нефтепровода общей протяженностью около 5 км. Выявлено 20 магнитных аномалий, характеризующих ЗКН с максимальной деформацией вблизи монтажных стыков. ■



ООО «Энергодиагностика»
 143965, РФ, Московская обл.,
 г. Реутов, Юбилейный пр-т, д. 8,
 пом. XII
 Тел./факс: +7 (498) 661-61-35,
 661-92-81
 E-mail: mail@energodiagnostika.ru
 www.energodiagnostika.ru