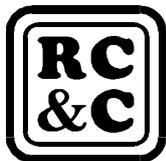


Трубопроводный транспорт



Общество с ограниченной ответственностью
"Фирма РКК" (RC & C Ltd.)

Оборудование для контроля напряженно-деформированного состояния трубопроводов и металлоконструкций

Авторы: *Б.Н. Антипов* (генеральный директор ДООАО "Оргэнергогаз" ОАО "Газпром"),
А.М. Ангалева (директор ИТЦ "Оргтехдиагностика", ДООАО "Оргэнергогаз", ОАО "Газпром"),
В.Л. Венгринович (научный руководитель ООО "НПФ "Диагностика", д-р техн. наук),
Ю.П. Паньковский (главный специалист ООО "Фирма РКК"),
В.Л. Цукерман (главный конструктор ООО "НПФ "Диагностика")

В статье описано оборудование для контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) технологических и магистральных трубопроводов и несущих металлоконструкций, созданное в результате партнерства ИТЦ "Оргтехдиагностика" ДООАО "Оргэнергогаз" (г. Москва), ООО "Фирма РКК" (г. Москва) и ООО "НПФ "Диагностика" (г. Минск). В ней представлены средство оперативного контроля НДС – магнитошумовой анализатор напряжений и структуры металлов ИНТРОСКАН и оборудование для стационарных систем мониторинга напряжений (СМОН) трубопроводов и несущих металлоконструкций компрессорных станций (КС) на основе струнных датчиков деформации (СДД).

Одним из наиболее достоверных и приемлемых по критерию цена-качество методов оперативного контроля остаточных и приложенных механических напряжений зарекомендовал себя магнитошумовой метод, основанный на эффекте смещения доменных границ в ферромагнетиках под воздействием изменяющегося магнитного поля. Этот эффект назван по имени немецкого физика Генриха Баркгаузена, открывшего его в 1919 г. Для возбуждения и регистрации в исследуемом ферромагнитном материале магнитного шума Баркгаузена (ШБ) используются накладные датчики-преобразователи. Двухполюсный электромагнит датчика создает в прилегающей к датчику области исследуемого объекта переменное магнитное поле, возбуждающее скачки намагниченности, в результате чего в приемной катушке датчика возникает шумовой сигнал, регистрируемый прибором. Уровень магнитного шума зависит от свойств и состояния кристаллической решетки, в том числе от механического напряжения. В большинстве сталей при растяжении интенсивность ШБ возрастает, при сжатии – падает. На этом свойстве и основано применение магнитошумового метода для контроля НДС.

На основе многолетнего опыта собственных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области создания приборов магнитошумовой структуроскопии, с учетом рекомендаций ИТЦ "Оргтехдиагностика" ДООАО "Оргэнергогаз", специалиста-

ми ООО "НПФ "Диагностика" был разработан магнитошумовой анализатор напряжений и структуры металлов ИНТРОСКАН, предназначенный для оперативного контроля напряженно-деформированного состояния трубопроводов. По представлению и при участии ООО "Фирма РКК", анализатор ИНТРОСКАН был сертифицирован Госстандартом РФ как тип средств измерений (СИ), внесен в Государственный реестр (номер регистрации 27094-04) и разрешен к применению на территории России. С 2004 г. этот прибор выпускается серийно, рекомендован к применению и применяется на предприятиях ОАО "Газпром" для контроля напряженно-деформированного состояния трубопроводов.

В 2007 г. по результатам исследований, проведенных совместно со специалистами ИТЦ "Оргтехдиагностика" ДООАО "Оргэнергогаз" ОАО "Газпром", разработана новая модификация магнитошумового анализатора ИНТРОСКАН-2, обеспечивающая лучшие характеристики контроля напряженно-деформированного состояния металла трубопроводов. Проведены испытания на подтверждение соответствия новой модификации утвержденному типу СИ, получены новые Сертификат и номер в госреестре 27094-07.

Магнитошумовой анализатор напряжений и структуры металлов ИНТРОСКАН имеет, по сравнению со своими предшественниками и известными зарубежными и отечественными аналогами, ряд принципиальных преимуществ. К ним относятся: гарантированная иден-



Рис. 1. Внешний вид магнитношумового анализатора напряжений и структуры металлов ИНТРОСКАН: а – в базовой комплектации, с питанием от сети 220 В/50 Гц; б – в комплектации для мобильного использования, в сумке-чехле, с питанием от аккумуляторной батареи 12 В

тичность параметров датчиков, возможность работы в режиме стабилизации магнитного потока (что позволяет существенно снизить влияние подготовки поверхности на результаты измерений), возможность измерения угловой зависимости (круговой диаграммы) ШБ путем вращения вектора магнитного поля возбуждения с помощью 4-полюсного датчика. ИНТРОСКАН имеет встроенный компьютер с цветным ЖК-дисплеем и операционной системой Windows-CE, что обеспечивает широкие возможности при подготовке, проведении и обработке измерений.

Внешний вид прибора ИНТРОСКАН показан на рис. 1.

Основным информативным параметром магнитношумового метода является интенсивность (спектральная плотность) магнитного шума. Этот параметр, регистрируемый в относительных единицах (о.е.), зависит как от свойств кристаллической структуры материала, так и от механического напряжения, остаточного или приложенного. Так как датчик позволяет проводить измерения в разных направлениях, определяемых направлением вектора поля намагничивания, поворотом датчика направление контролируемых напряжений может быть задано. Толщина слоя "участвующего" в генерации магнитного шума, в зависимости от режимов измерения, может меняться от нескольких мкм до 1 мм. На основе этих свойств прибор, при условии методического разрешения неопределенности измерения, способен контролировать довольно широкий спектр свойств ферромагнитных материалов при наличии корреляционной связи между ШБ и физико-механическими характеристиками.

Структурные неоднородности, приложенные и остаточные напряжения легко выявляются обнаружением зон относительного изменения уровня ШБ и ориентации направлений максимумов и минимумов его уровня. Прибор позволяет контролировать параметры образцов в абсолютных единицах; при этом необходимо проведение простой предварительной калибровки

прибора на образцах с известными значениями этих параметров. Для измерения в абсолютных единицах приложенных напряжений калибровка должна производиться на растягиваемых/сжимаемых или изгибных образцах с известными нагрузками в пределах диапазона упругих деформаций

Для расширения возможностей прибора создано специальное программное обеспечение для внешнего компьютера, функционирующее в среде WIN95/98/NT/ME/2000/XP. Оно позволяет автоматизировать процесс управления работой прибора, обмениваться данными между прибором и программой, редактировать и сохранять данные в файловой системе персонального компьютера, строить калибровочные кривые. Управление прибором при этом осуществляется через устройство инфракрасной связи Tekram IR-210, а в новой модификации прибора – по интерфейсу USB.

Для стационарных систем мониторинга напряженно-деформированного состояния технологических трубопроводов и несущих металлоконструкций компрессорных станций ОАО "Газпром" по техническому заданию ИТЦ "Оргтехдиагностика" ДОО "Оргэнергогаз", ООО "НПФ "Диагностика" при участии ООО "Фирма РКК" был разработан комплект оборудования на основе струнных датчиков деформации (СДД). В комплект оборудования кроме датчиков входят блоки сопряжения (БС), коммутационно-измерительные колонки (КИК) и диспетчерский терминал. В систему постоянного мониторинга могут входить до 992 датчиков, передача информации от которых на диспетчерский терминал производится по стандартному интерфейсу RS-485.

В случае самостоятельного применения датчиков вне системы периодический съем информации осуществляется оператором вручную с помощью переносного устройства считывания (ПУС). При установке вне системы электропитание датчиков не требуется.

Конструктивное исполнение датчиков обеспечивает возможность расположения их во взрывоопасной

зоне (вид маркировки взрывозащиты, согласно ГОСТ Р 51330.0–99, – **1ExibIIAT4**). Блок сопряжения для связи со струнными датчиками имеет искробезопасные цепи уровня "ib" (вид маркировки **ExibIIA**).

Функционирование оборудования СМОН

Струнные датчики деформации размещаются на стенках трубопроводов или поверхностях напряженных участков металлоконструкций и предназначены для измерения деформаций и передачи соответствующей информации по общей шине RS-485 на блок сопряжения.

Блоки сопряжения размещаются в КИК и предназначены для съема информации с датчиков и передачи ее по общей шине на стационарный терминал постоянного мониторинга.

Коммутационно-измерительные колонки предназначены для защиты размещенных в них блоков сопряжения и стыковочных узлов от воздействия факторов окружающей среды.

Диспетчерский терминал по интерфейсу RS-485 через блоки сопряжения, входящие в состав оборудования системы контроля НДС, обеспечивает опрос состояния датчиков и формирует массив данных, содержащий, с временной привязкой, информацию о деформации и температуре в контролируемых точках.

Переносное устройство считывания предназначено для использования на удаленных участках трубопроводов для установки начальных параметров и съема информации о состоянии одиночных, не включенных в систему мониторинга, датчиков, а также для использования в стационарных системах мониторинга, как средство настройки датчиков при монтаже и диагностики их работоспособности при эксплуатации системы.

Основная техническая характеристика

Датчик СДД:

Диапазон измерения деформации	$+1,5 \cdot 10^{-3}$ (растяжение) ... $-1 \cdot 10^{-3}$ (сжатие)
Диапазон измерения внутренних напряжений	Предел упругости
Погрешность измерения после предварительной калибровки, %, не более	2,0
База установки датчика, мм	$100 \pm 0,5$
Максимальная длина кабеля до БС, м	300

Блок сопряжения БС-1:

Максимальное число обслуживаемых датчиков	31
Максимальное расстояние между БС и диспетчерским терминалом, км	1,2
Скорость передачи информации по интерфейсу RS-485, Кбит/с	9,6 и 19,2
Напряжение питания, В	220
Потребляемая мощность, В·А, не более	15
Частота, Гц	50

Принцип действия струнных датчиков основан на изменении частоты автоколебаний стальной струны, натянутой в поперечном магнитном поле между двумя жестко закрепленными на контролируемом объекте опорными точками, происходящем при изменении расстояния (измерительной базы датчика) между этими опорными точками под воздействием продольных нагрузок сжатия или растяжения. Частота колебаний струны регистрируется с помощью индукционной катушки, сигнал оцифровывается и по внешнему запросу информация передается на выход датчика. Конструкция СДД устойчива к механическим воздействиям, влиянию факторов окружающей среды, проникновению влаги; обеспечивает крепление к трубопроводу на двух шпильках с резьбой М6, привариваемых к поверхности трубы конденсаторной контактной сваркой, что позволяет вести монтажные работы, не прекращая прокачки газа.

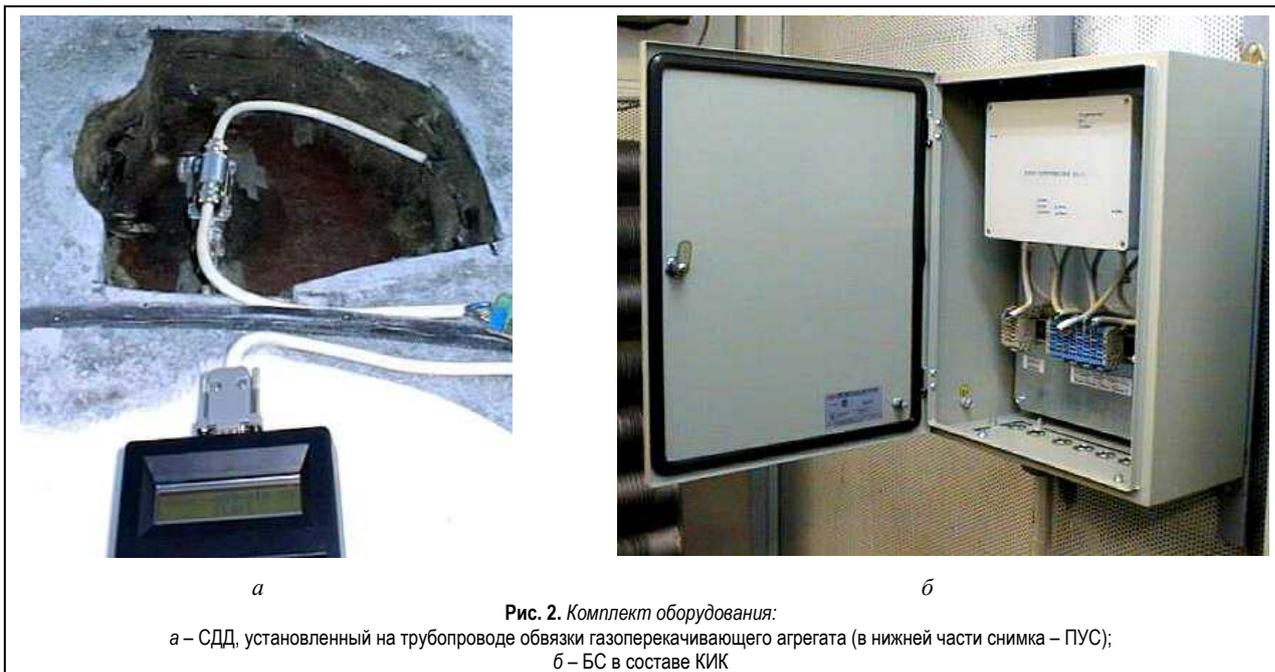


Рис. 2. Комплект оборудования:
а – СДД, установленный на трубопроводе обвязки газоперекачивающего агрегата (в нижней части снимка – ПУС);
б – БС в составе КИК



а



б

Рис. 3. Датчики СДД:

а – установленные в двух продольных плоскостях на трубопроводе входа газа УПГТ (в нижней части снимка – ПУС);
б – на несущей балке металлоконструкции



Рис. 4. Внешний вид струнного датчика деформации в водостойком исполнении

В 2005 г. на систему СМОН-01 ДООАО "Оргэнергогаз" выданы Сертификат соответствия Госстандарта России и разрешение на применение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Оснащение первого объекта оборудованием СМОН на основе СДД было произведено в ноябре 2005 г. В настоящее время этими системами оснащены около десятка КС в различных регионах РФ.

На рис. 2 показаны СДД и БС в составе КИК, установленные на ДКС в ООО "Газпром добыча Ямбург".

На рис. 3 показаны датчики на трубопроводе и несущей металлоконструкции установки подготовки газа к транспортировке (УПГТ) КС "Краснодарская" ООО "Газпром трансгаз Кубань".

Партнеры-создатели оборудования СМОН ведут постоянную работу по его совершенствованию. С учетом опыта и замечаний, полученных по результатам испытаний и эксплуатации, вносятся изменения в конструкцию датчиков, формируются требования к доработке других элементов системы, дорабатываются приспособления для монтажа СДД, корректируются методики монтажа, настройки и эксплуатации.

Внешний вид одной из последних модификаций СДД показан на рис. 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венгринович. В.Л. Магнитошумовая структуроскопия, – Минск, Наука і тэхніка, 1991.
2. Паньковский Ю.П. Аппаратная реализация некоторых магнитных методов неразрушающего контроля // Мир измерений. – 2005. – № 5. – С. 9–12.

ООО "Фирма РКК" RC & C Ltd.

127055 Россия, г. Москва, ул. Суцёвская, д.9, стр. 4.

Тел.: 8 (495) 744-10-70; факс: (499) 972-42-00.

E-mail: info@rkk.ru

www.rkk.ru