

О.М. Карпаш, Я.М. Зинчак, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
И.И. Цюцьяк, И.А. Молодецкий, А.В. Висков, научно-производительная фирма «Зонд»

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРУБ НЕФТЯНОГО СОРТАМЕНТА

Увеличение объемов добычи и транзитного транспортирования нефти и газа — одно из ключевых направлений развития экономики Украины. Успешное решение этой задачи невозможно без сохранения, эффективного использования конструкций, оборудования, инженерных сетей и сооружений комплекса (далее оборудование) и соблюдения его технологической безопасности.

Современное состояние нефтегазовой отрасли Украины характеризуется такими особенностями:

- свыше 70% оборудования отработало нормативный срок эксплуатации или близится к полному исчерпанию технического ресурса;
- большинство оборудования работает в сложных условиях (высокие давления и температуры, агрессивные коррозионные среды, значительные статическая и динамическая нагрузки);
- в последние годы значительно возросли как требования к экологической безопасности, так и риски возникновения экологических катастроф;
- все оборудование находится под надзором органов промбезопасности.

Ввиду экономических трудностей государства, в том числе нефтегазового комплекса, особенно остро стоит проблема полного технического, а не только нормативного, использования ресурса оборудования, инженерных сетей и конструкций.

Анализ аварийности оборудования показывает, что общее количество отказов и распределение их по видам за последние 30 лет существенно не из-

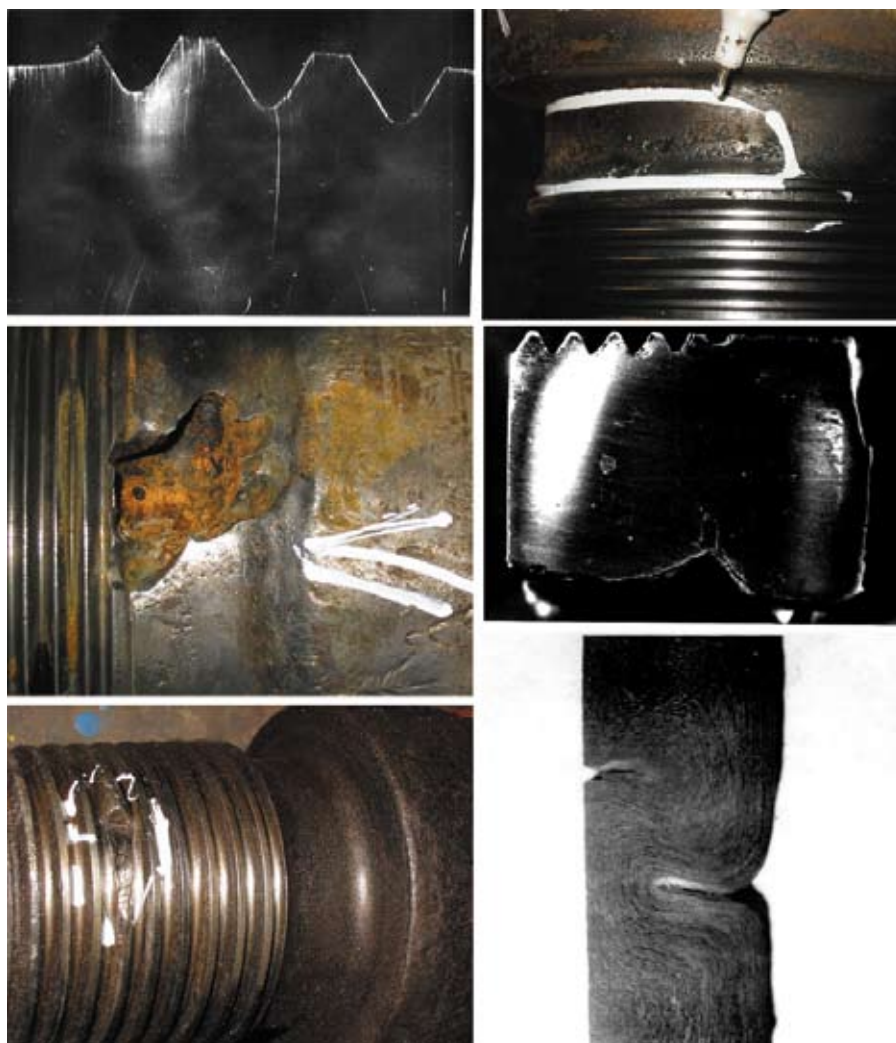


Рисунок 1. Виды дефектов труб, обнаруженных разработанными средствами

менились. Основную часть отказов (50%) составляют и имеют тенденцию к увеличению коррозионно-усталостные повреждения, разрушение сварных соединений, износ, потеря прочности и герметичности оборудования. Характерные виды дефектов изображены на рисунке 1.

Обобщая причины отказов оборудования, следует отметить, что они, как правило, обусловлены организационными и техническими причинами трех типов:

- неправильной эксплуатацией оборудования, например, при нагрузках превышающих допустимые, и т.п.;
- неправильным изготовлением, когда параметры элементов трубных колонн, в первую очередь резьбовых соединений, не отвечают проектным характеристикам. Так, за данными Б. Дейла и М.Майера, в США на трубных базах после проверки обсадных труб на соответствие к требованиям стандартов Американского нефтяного института отбраковывается около 20% общего количества даже новых труб;
- отсутствием высокоэффективных методов и средств по объективной оценке качества трубных колонн и соединений его элементов на протяжении всего срока эксплуатации.

В большинстве случаев на практике специалисты встречаются с одновременным действием двух, а иногда и трех приведенных выше случаев.

Одним из наиболее эффективных способов предупреждения отказов оборудования, обеспечение работоспособности его элементов в процессе эксплуатации, является контроль технического состояния методами и средствами неразрушающего контроля и технической диагностики (НКТД) с последующим изъятием дефектных элементов с эксплуатации.

В Ивано-Франковском национальном техническом университете нефти и газа и научно-производственной фирме «Зонд» на протяжении многих лет проводятся научные и прикладные исследования по созданию и широкому

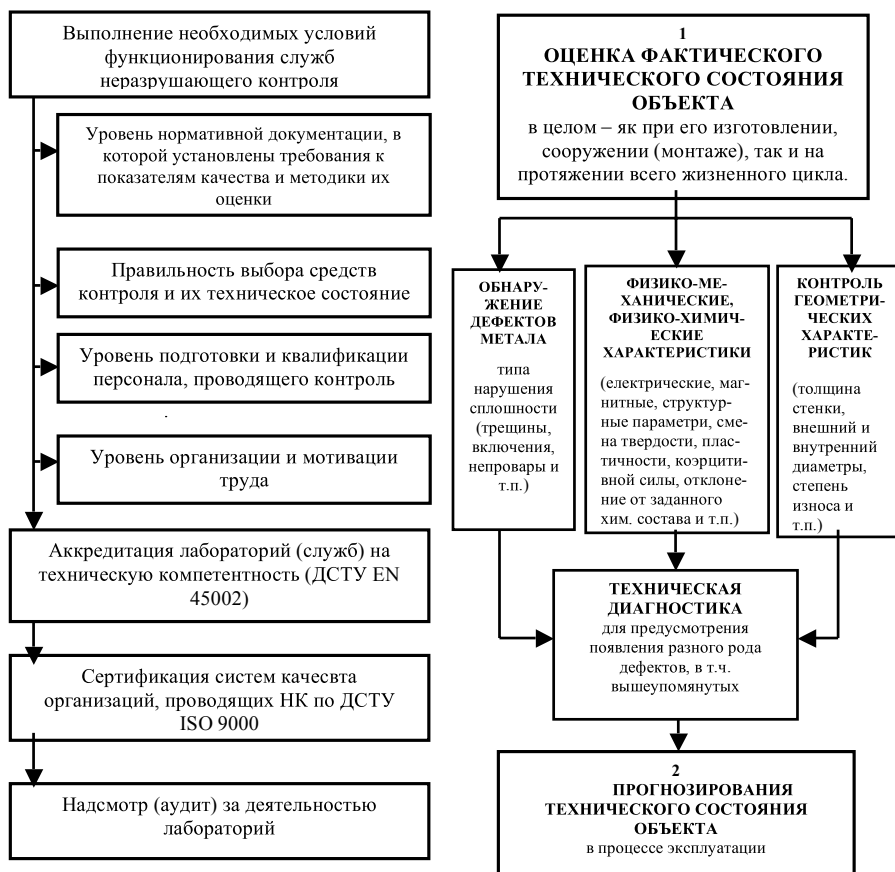


Рисунок 2. Приоритеты комплексного подхода к неразрушающему контролю и технической диагностике

внедрению средств неразрушающего контроля и технологий технической диагностики бурового и нефтегазопромышленного оборудования в нефтегазовую область.

При реализации этой задачи были определены два приоритета, которые состоят в комплексном подходе к решению проблемы, а именно (рис.2):

1. Разработанные средства должны позволять проводить оценку технического состояния объектов нефтегазового комплекса не только за одним параметром, например, из-за отсутствия дефектов типа нарушения сплошности материала, как это было принято раньше, но и осуществлять контроль соответствия герметических и физико-механических характеристик своим нормированным значениям, то есть осуществлять комплексную оценку качества контролируемых объектов.
2. Необходимо предусмотреть комп-

лекс мероприятий, которые обеспечивали бы эффективное использование разработанных средств и технологий, а именно:

- методическое обеспечение — разработать и внедрить нормативные документы различных уровней — государственные, отраслевые, ведомственные стандарты, по возможности гармонизировав их с требованиями международных (API, ISO и др.)
- кадровое обеспечение — организация в области сертификации специалистов по неразрушающему контролю;
- обеспечить условия для сертификации средств, аттестации методик неразрушающего контроля и аккредитации служб (лабораторий) неразрушающего контроля.

Основными научными задачами, которые нуждались в решении, были следующие:

1. исследование особенностей взаимодействия внешних физических



Рисунок 3. Стационарная дефектоскопическая установка для комплексного механизированного контроля труб С0Т –1 (а); и колтюбинговых труб (б)



Рисунок 4. Передвижная лаборатория ПЛНК-9 (а) и ее внутренний интерьер (б)

(ультразвуковых, электромагнитных, тепловых) полей с конкретными объектами контроля, в т.ч. при наличии в них типовых дефектов и отклонений определенных параметров контролируемых изделий от нормированных значений;

2. разработка новых (магнитный, тепловой) и усовершенствование существующих (вихретоковый, ультразвуковой, ЭМА) методов выявления дефектов различной природы в металлоконструкциях;
3. измерение физико-механических характеристик материала оборудования и исследование их изменения в процессе его эксплуатации;
4. контроль напряженно-деформированного состояния, в т.ч. и остаточных деформаций, материала оборудования неразрушающими методами;
5. разработка методики прогнозирования остаточного ресурса оборудования по результатам достоверной оценки их технического состояния.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследова-

ний получены более существенные результаты.

Впервые были разработаны и реализованы новые подходы к оценке качества резьбовых соединений бурового оборудования и инструмента на разных этапах его эксплуатации. Они включают не только выявление средствами неразрушающего контроля дефектов типа нарушения целостности металла (трещины, раковины, непровары, включения), но и дают возможность измерять параметры, которые определяют его эксплуатационные характеристики - прочность и герметичность [1].

Проведенными исследованиями установлено, что за новые информационные диагностические признаки качества резьбовых соединений следует брать: во время свинчивания - момент достижения в наиболее нагруженных элементах резьбового соединения напряжений, близких к пределу текучести материала; после свинчивания и в процессе эксплуатации - величину фактической площади касания и уровень радиальных деформаций в сопря-

женных элементах [2]. Благодаря этому выполнены важные работы по оценке напряженно-деформированного состояния резьбовых соединений, получены аналитические выражения для расчета напряжений и перемещений в резьбовом соединении, разработан новый подход к определению распространения упругих волн в предварительно напряженных материалах [3]. Обосновано также целесообразность применения ультразвукового метода неразрушающего контроля для определения этих параметров. Теоретически и экспериментально установлен характер взаимосвязи между эксплуатационными характеристиками резьбовых соединений и параметрами ультразвукового метода контроля [4].

Дальнейшее развитие получили и методы определения физико-механических характеристик (ФМХ) металлических конструкций, в частности: разработана методика идентификации марки стали и группы прочности оборудования на базе определенных ФМХ и процентного содержания углерода на основе теоретических подходов нечеткой логики [5]; разработана новая конструкция накладного вихретокового преобразователя, при которой влияние асимметрии основных и паразитных параметров на его исходный сигнал исключается уже на стадии конструирования преобразователя [6]; разработана методика определения допустимой нагрузки на буровую башню на основе определенных в процессе эксплуатации фактических ФМХ материала.

Также разработан новый метод контроля ФМХ и изменения структурного состояния материала сталей, сущность которого состоит в одновременном изменении теплопроводности и твердости с использованием искусственных нейронных сетей для повышения точности оценки результатов измерений [7].

Кроме того, исследована пространственная структура импульсных полей с целью формирования поля излучения в ближней и переходной областях [8],

методы и средства контроля стальных обсадных труб как перед спуском в буровую скважину, так и непосредственно в буровой скважине [9, 10]. Разработаны новые способы повышения информативности и достоверности ультразвукового контроля путем использования сложных зондирующих сигналов (фазомодулирующий код Баркера) и через применение процедуры параметрической идентификации дефектов [11].

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований были положены в основу разработки новых компьютеризированных технических средств неразрушающего контроля. Исходя из требований производства они были разработаны в различных вариантах конструктивного выполнения, а именно: стационарные (рис. 3, б), передвижные (рис. 4), переносные (рис. 5).

Указанные технические средства предназначены для неразрушающего контроля ряда основных показателей качества бурового и нефтегазового оборудования и инструмента, а именно:

- дефектов типа нарушения целостности металла (трещины, в том числе и коррозионно-утомительные, раковины, поры, непровары и др.);
- геометрических характеристик (толщина стенки, величина износа, в том числе коррозионного, овальность и т.п.) – приборы ПТУ, корозиметр КТУ-1 (рис.б);
- физико-механических характеристик (предел текучести, твердость, коэрцитивная сила, магнитная проницаемость и др.) – приборы СИГМА-Т (рис.7), ФМХ – 1 (рис.8);
- качества сборки (прочности и герметичности) резьбовых соединений с натяжением.

Также был разработан ряд сервисных устройств (сканеры и пьезопреобразователи), которые дают возможность обнаруживать дефекты продольной и поперечной ориентации в теле труб и дефекты поперечной ориентации в

резьбовой части труб.

На рис. 9 изображены сканеры для проведения различных видов контроля резьбовых соединений.

Сканеры различной конструкции (рис. 10) служат для размещения и крепления в них пьезопреобразователей во время контроля труб разных типоразмеров и обеспечения надежного акустического контакта.

Указанные средства введены практически на всех буровых и нефтегазодобывающих предприятиях Украины и на многих предприятиях нефтегазового комплекса стран СНГ.

Разработано, утверждено и введено в действие свыше 30 нормативных документов разного уровня по неразрушающему контролю основных видов нефтегазового оборудования, в т.ч. для всех типов труб, находящихся в эксплуатации. В этих нормативных документах регламентировано:

- объемы, виды и технологии проведения контроля;
- браковочные критерии по каждому объекту контроля;
- периодичность неразрушающего контроля;
- методы идентификации проконтролированных изделий;
- алгоритм действия персонала после проведения контроля.

Перечень основных нормативных документов включает в себя:

- ГСТУ 320.02829777.002-95 Инструкция по проведению неразрушающего контроля нарезных труб нефтяного сортамента в процессе их эксплуатации - Госнефтегазпром Украины, 1996;
- ГСТУ 320.02829777.013-99 Рекомендации по проведению неразрушающего контроля бурового оборудования - Министерство энергетики Украины, 2000,
- ГСТУ 320.02829777.014-99 Неразрушающий контроль и оценка технического состояния металлоконструкций буровых башен в разобранном и собранном виде. - Министерство энергетики Украины, 2000;
- СТП 320.00135390.066-2002 Диагностирование фонтанных арматур, колонных головок и другого устьевого оборудования. - Утв. приказом ПАО «Укрнефть» №89 от 24.03.2003;
- СТП 320.00135390.067 Оценка технического состояния башенных подъемников для собирания башенных башен (ПВК-1, ПВУ-35, ПВ2-45, ПВ-5-60, ПВЛ) и механизмов подъема мачтовых башен (МПВ, МПВА). - Утв. приказом ПАО «Укрнефть» №247 от 30.09.2003;
- СТП 320.00135390.068 Оценка фактического технического состояния основ буровых башен - Утв. приказом ПАО «Укрнефть» №248 от 30. 09. 2003;
- СТП 320.00135390.069-2002 Методи-

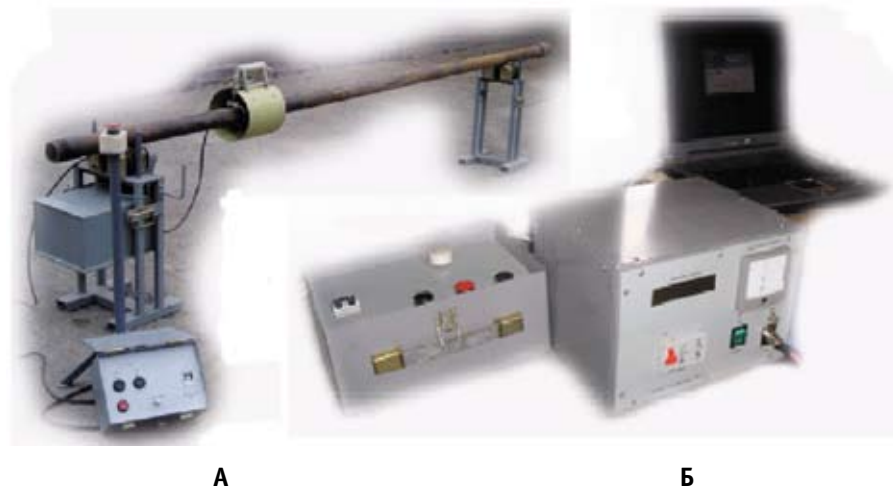


Рисунок 5. Переносной комплекс для безконтактного контроля МагниСКАН-2



Рисунок 6. Коррозиметр-толщиномер КТУ-1



Рисунок 7. Прибор для определения физико-механических характеристик стальных бурильных и насосно-компрессорных труб СИГМА-Т



Рисунок 8. Прибор для определения физико-механических свойств материалов металлоконструкций ФМХ-1

ка технического диагностирования для продления срока эксплуатации оборудования, которое отработало амортизационный срок, для добычи нефти и газа - Утв. приказом ПАО «Укрнефть» №118 от 15.04.2003;

- СТП 320.00135390.070-2001 Методики технического диагностирования для продления срока эксплуатации технологического транспорта и спецтехники - Утв. приказом ПАО «Укрнефть» №138 от 13.05.2003;
- СТП 320.00135390.071-2002 «Методика технического диагностирования для продления срока эксплуатации оборудования, которое отработало амортизационный срок, для ремонта буровых скважин - Утв. приказом ПАО «Укрнефть» №216 от 26.08.2003;
- СОУ 11.1-20077720:2004 Арматура фонтанная и головки колонные.

Контроль технического состояния. Методы неразрушающие - Утв. приказом НАК «Нафтегаз Украины» №439 от 16.08.2004;

- СОУ 11.2-30019775-044:2005 Средства для капитального ремонта буровых скважин. Подъемное оборудование. Башни и лебедки. Контроль технического состояния - Утв. приказом ДК «Укргаздобыча» №365 от 06.07.2005;
- СОУ 11.2-30019775-053:2005 Средства для капитального ремонта буровых скважин. Оборудование и инструмент. Контроль технического состояния - Утв. приказом ДК «Укргаздобыча» №512 от 27.09.2005.

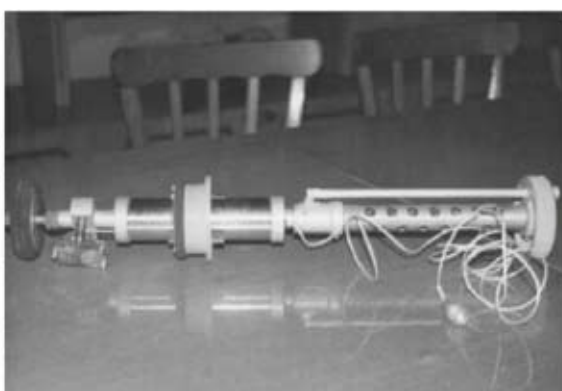
Внедрение указанных технических средств и методик на буровых предприятиях и базах производственного обслуживания предприятий нефтегазовой отрасли Украины дали возмож-

ность повысить уровень эксплуатационной безопасности оборудования путем оценки его фактического технического состояния и продление срока эксплуатации, которое привело к уменьшению количества аварий, связанных с отказами и поломками.

Одновременно, с целью подготовки инженерных кадров в области НК нефтегазового оборудования и инструмента, в 1991 году в Ивано-Франковском институте нефти и газа (сегодня Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа) была создана кафедра «Методы и приборы контроля качества и сертификации продукции». На кафедре готовятся специалисты по специальности 7.09.0903 - «Приборы и системы неразрушающего контроля». В 1993г. при НВФ «Зонд» создан филиал кафедры, где студенты получают практиче-



А



Б



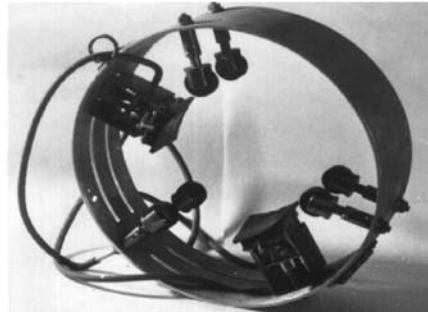
В

Рисунок 9. Сканирующие приборы неразрушающего контроля

а) - сканер для контроля качества свинчивания резьбовых соединений; б) - блок акустический АБ-ВБТ-РЖ
в) - сканер для контроля герметичности резьбовых соединений насосно-компрессорных труб



А



Б

Рисунок 10. Сканеры различной конструкции для крепления ультразвуковых преобразователей

кие навыки, ознакомляются с новыми разработками, выполняют курсовые и дипломные работы. В 2003 году в университете создано новую кафедру «Техническая диагностика и мониторинг». В университете функционирует специализированный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля и определения состава вещества».

На основании вышесказанного, в Украине функционирует современная система подготовки, аттестации и сертификации специалистов по НК нефтегазового оборудования и инструмента. Система признана на Европейском уровне. Таким образом, была сформу-

лирована, поставлена и реализована задача комплексного, научного, технологического, организационного и кадрового обеспечения качества неразрушающего контроля в нефтегазовой отрасли Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Про один з підходів до контролю якості скручування різьбових з'єднань у трубах нафтового сортаменту // Карпаш О.М., Бажалук Я.М., Зінчак Я.М., Подільчук Ю.Н., Рубцов Ю.К. Збірн. «Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ» – Львів, 1992, № 29, с. 73-77.
2. Карпаш О.М., Криничний П.Я., Даниляк Я.Б., Козоріз А.В. / Контроль зусилля затяжки обважнених бурових труб // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 1999, № 2, с.71-74.
3. Карпаш О.М., Рубцов Ю.К. Уточненный анализ отражения пучков высокочастотных упругих волн при поперечном распространении в цилиндрических волноводах // Межд. научн. Журнал «Прикладная механика», т. 30/40, № 3, март 1994.

4. Карпаш О.М., Кийко Л.М., Даниляк Я.Б., Молодецкий И.А. / Об одном из подходов к контролю качества резьбового соединения труб нефтяного сортамента // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 1996, № 4, с. 26-29.
5. Карпаш О.М., Молодецкий И.А. Вдосконалення методології визначення групи міцності та ідентифікації марки сталі нафтогазового обладнання та інструменту // Методи та прилади контролю якості. – 1999, № 3, с. 12-13.
6. Молодецкий И.А., Карпаш О.М., Бучма И.М. До питання про підвищення точності вихрострумового методу контролю межі текучості нафтогазового інструменту та обладнання // Методи та прилади контролю якості. – 1999, № 3. - С. 14-17.
7. Карпаш О.М., Молодецкий И.А., Кисіль І.С., Карпаш М.О. Новий підхід до визначення фізико-механічних параметрів сталей неруйнівними методами // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів: Зб.нак.праць. – 2004. – Вип. .9. – С.80-86.
8. Карпаш О.М., Луценко Г.Г., Галаненко Д.В. Дослідження просторової структури поля випромінення п'єзоелектричної пластини довільної форми. //Методи та прилади контролю якості. – 2003, № 11, с.3-9.
9. Карпаш О.М., Криничний П.Я., Козоріз А.В. Контроль екстремальних значень товщини стінки труб нафтового сортаменту // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 200, № 4, с. 47-49.
10. Карпаш О.М., Зінчак Я.М., Криничний П.Я., Векерик В.В. Оцінка технічного стану обсадних колон // Збірник наукових праць. Серія Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів, випуск 7, Неруйнівний контроль конструкційних та функціональних матеріалів. – Львів, 2002, с.27-30.
11. Степура А.И., Карпаш О.М., Висков А.В. Идентификация параметров дефектов с применением специальных зондирующих сигналов // Материалы П Междун. Конф. «Компьютерные методы и обратные задачи в неразрушающем контроле и диагностике», -Минск: - 1998, с.315-317.



Testo 350 S/XL - модульная измерительная система для анализа дымовых газов на турбинах и двигателях

Передовые измерительные технологии

от ведущего мирового производителя

Измерение концентрации в дымовых газах для O₂, CO, CO_{низ}, NO, NO_{низ}, NO₂, SO₂, H₂S, CxHy, CO₂ (инфракрасный модуль)

Выбор любой комбинации сенсоров токсичных газов для testo 350-S (до 5 сенсоров токсичных газов + O₂).
Предустановленные сенсоры O₂, CO, NO, NO₂ для testo 350-XL.

Российское отделение **testo AG - "Тэсто Рус"**

Тел.:(495)788-98-11; (495)788-98-50;
Факс:(495)788-98-49; info@testo.ru; www.testo.ru