



КОМПЛЕКС ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ИМУЩЕСТВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ



ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
ГОРОДА МОСКВЫ

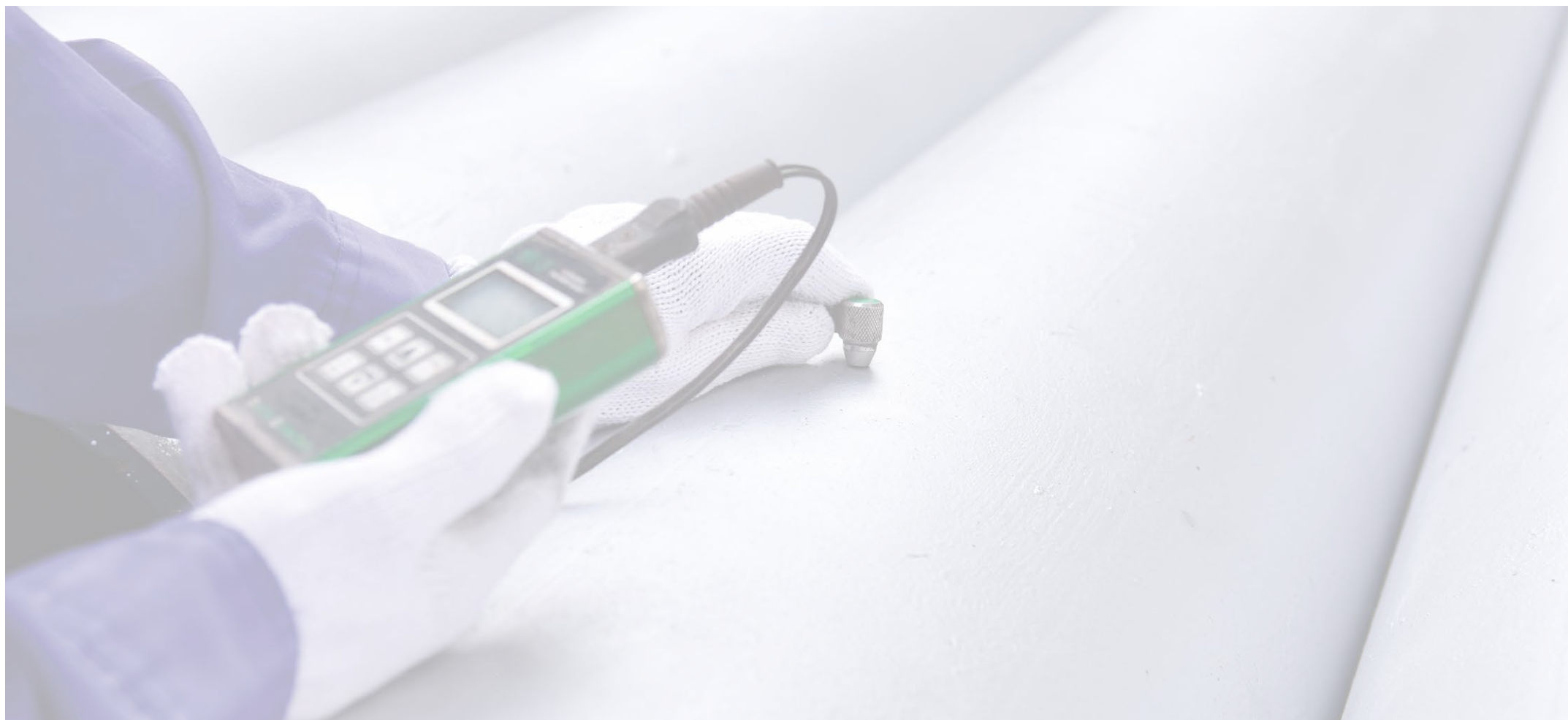
АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ

МЕТОДЫ
КОНТРОЛЯ

2020



СОДЕРЖАНИЕ

ГЛОССАРИЙ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	8
ДЕФЕКТЫ И ДЕФЕКТНАЯ ПРОДУКЦИЯ	17
ВИДЫ И МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	26
ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ	27
МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ	37
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ	43
ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ	49

РАДИОВОЛНОВОЙ КОНТРОЛЬ	55
ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ	61
ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ	67
РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ	73
АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ	79
ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ	85
КОНТРОЛЬ ПРОНИКАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ	91
ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ	97

Глоссарий

АК	акустический контроль	Границы допуска	набор заданных параметров, устанавливающих границы годности или браковки.
Анализ результатов контроля	систематическое изучение данных при проведении неразрушающего контроля за какой-то период времени для установления наличия или отсутствия дефектов, прогнозирования появления дефектов, определения необходимости корректировки технологии изготовления или эксплуатации проверяемых технических объектов, оптимизации контролируемых параметров или изменения стратегии неразрушающего контроля в целях эффективного воздействия на качество продукции на всех стадиях ее жизненного цикла.	Дефект	каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.
АРД	амплитуда — расстояние — диаметр	Дефектное изделие	изделие, имеющее хотя бы один дефект.
АЧХ	амплитудно-частотная характеристика	Дефектность	отклонение показателей качества от установленных значений.
АЭ	акустическая эмиссия	Дефектоскопический материал	краска, жидкость, порошок, суспензия, паста или другой материал, предназначенный для обнаружения и визуализации дефектов объекта контроля.
Брак	продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов.	ДН	диаграмма направленности
Вид контроля	классификационная группировка контроля по определенному признаку.	Значимое показание	полученное при НК и обусловленное состоянием или типом несплошности показание, которое требует оценки.
ВРЧ	временная регулировка чувствительности	Значительный дефект	дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и/или на её долговечность, но не является критическим.
ВТП	вихретоковые преобразователи	ЗТВ	зона термического влияния
Входной контроль	контроль продукции поставщика, поступившей к потребителю или заказчику, и предназначенной для использования при изготовлении, ремонте или эксплуатации продукции.	Индикаторный рисунок	изображение или сигнал от несплошности в форме, типичной для используемого вида НК.
		Искусственная несплошность	несплошности, полученные посредством обработки резанием или иной обработки, такие, как отверстия, пазы, щели или зарубки.
		Исполнители	специалисты службы контроля или изготовители продукции, обладающие правом самооценки (имеющие личное клеймо).

Исправимый дефект	дефект, исправление которого технически возможно и экономически целесообразно.	Ложное показание	показание или сигнал, представленные в виде, применяемом в используемом методе неразрушающего контроля, интерпретируемые как вызванные причинами, не связанными с наличием несплошности или дефектности.
Испытание	техническая операция, заключающаяся в установлении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой.	Ложный индикаторный рисунок	индикаторный рисунок, не указывающий на реальную несплошность.
Контролепригодность	свойство изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность его контроля при изготовлении, испытаниях, техническом обслуживании и ремонте.	ЛЦ	люминесцентно-цветной
Контроль (технический контроль)	проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям.	Малозначительный дефект	дефект, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и её долговечность.
Контрольный образец	образец из материала определенного состава с заданными геометрической формой и размерами, используемый для настройки и оценки параметров аппаратуры и дефектоскопических материалов, а также в качестве индикаторов их работоспособности.	Метод контроля	правила применения определенных принципов и средств контроля.
Контрольный образец чувствительности	образец материала, содержащий четко определенные несплошности и используемый для настройки или проверки чувствительности метода, оборудования, аппаратуры или дефектоскопических материалов при заданной технологии контроля.	Метод неразрушающего контроля	метод контроля, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к применению.
Критерий допуска	критерий, на основании которого устанавливается пригодность образца продукции.	МЖ	магнитные жидкости
Критерий приемки	критерий, по которому определяется годная продукция.	МПД	магнитнопорошковая дефектоскопия
Критический дефект	дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо.	МЭД	мощность экспозиционной дозы
		Настройка прибора, юстировка прибора	приведение прибора в состояние, необходимое для выполнения неразрушающего контроля, его наладка, регулировка, в частности путем сравнения его показаний со значением параметра, воспроизводимого контрольным образцом.
		Незначимое показание	полученное при НК и обусловленное состоянием или типом несплошности показание, которое не является недопустимым.
		Неисправимый дефект	дефект, исправление которого технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Несплошность	нарушение сплошности или когезии, выраженное в виде естественных или искусственных разрывов физической структуры материала.
Несплошность	обнаруживаемое изменение в материале, создаваемое в процессе производства или искусственно.
НК	неразрушающий контроль
НТД	нормативно-техническая документация
Обнаружение	определение наличия несплошности.
Объект технического контроля	подвергаемая контролю продукция, процессы ее создания, применения, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также соответствующая техническая документация.
ОК	объект контроля
Операционный контроль	контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции.
Определение размера	определение габаритов несплошностей или индикаторных рисунков для выполнения оценки.
Определение размеров дефекта	определение размера несплошности непосредственно либо по показаниям средства НК.
Определение характеристик дефекта	количественное определение размеров, формы, ориентации, расположения, роста и иных свойств дефекта, основанное на результатах неразрушающего контроля.
Отношение сигнал/шум	отношение амплитуды сигнала, создаваемого несплошностью в материале, к амплитуде среднего шума фона.

Оценка	оценка индикаторного рисунка, выявленного НК, в сравнении с установленным уровнем.
ПАВ	поверхностно-активные вещества
ПНУ	передвижные намагничивающие устройства
Показание	представление сигнала от несплошности, применяемое в данном методе неразрушающего контроля.
Помеха	любой паразитный сигнал или отклик, который может повлиять на получение, интерпретацию или обработку полезного сигнала или отклика.
Порог обнаружения	нижний предел обнаружения индикаторного рисунка.
Порог чувствительности	наименьшая регистрируемая несплошность.
ППЧ	полоса пропускания частот
Приемлемый уровень качества	максимальный процент брака или максимальное количество бракованных единиц продукции на сотню единиц продукции, которое при выборочном контроле может считаться удовлетворительным в данном технологическом процессе.
Приёмочный контроль	контроль продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставкам и/или использованию.
Пространственное разрешение	способность надежно различать близко расположенные несплошности.
ПЭП	пьезоэлектрический преобразователь
Разрешающая способность	способность достоверно, уверенно различать близко расположенные несплошности.

Распознавание дефекта	определение характера обнаруженного дефекта, установление его вида, формы и размеров и принятие решения о том, является ли дефект значимым, незначимым или ложным.	Уровень приёмки	установленные пределы, ниже которых продукция считается удовлетворяющей установленным требованиям.
Регистрация	представление результатов контроля, включая настройку приборов контроля, в форме, пригодной для хранения.	Условия при проведении анализа результатов контроля	описание окружающих внешних условий на протяжении процесса анализа результатов контроля.
РС	раздельно-совмещенный	УФ	ультрафиолетовый
СВЧ	сверхвысокая частота	ФЧХ	фазочастотная характеристика
Система контроля	совокупность средств контроля, исполнителей и определенных объектов контроля, взаимодействующих по правилам, установленным соответствующей нормативной документацией.	ФЭУ	фотоэлектронный умножитель
Скрытый дефект	дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.	Чувствительность обнаружения	способность определенного вида НК обнаруживать несплошность.
СО	стандартный образец	ЭДС	электродвижущая сила
СОП	стандартный образец предприятия	ЭЗМ	эхозеркальный метод
Средство контроля	техническое устройство, вещество и/или материал для проведения контроля.	Эксплуатационный контроль	контроль, осуществляемый на стадии эксплуатации. В эксплуатационном контроле различают входной, профилактический (необязательный) и текущий (обязательный) виды контроля.
Точность измерения	качество измерения, определяющее близость их результатов к истинному значению измеренной величины.	ЭЛТ	электронно-лучевая трубка
ТУ	технические условия	ЭМА	электромагнитно-акустический
УЗ	ультразвуковой, ультразвук	ЭМАП	электромагнитно-акустическое преобразование
УЗК	ультразвуковые колебания	Явный дефект	дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ



ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В основу методов неразрушающего контроля (НК) положены физические процессы взаимодействия физического поля или вещества с объектом контроля. Взаимодействие должно быть таким, чтобы контролируемые параметры качества объекта вызывали существенные изменения поля или состояния вещества.

Способ получения первичной информации определяется конкретным типом датчика или веществом, которые используют для измерения и фиксации первичного информативного параметра – конкретного параметра поля или вещества: амплитуда сигнала, время его распространения, количество вещества и т.д. Колебания значений первичного информативного параметра связывают с изменениями в однородности (химического состава, механических свойств) контролируемого объекта.

Средство контроля – техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения контроля.

Общие требования к методам НК



Не должно происходить разрушение изделия или снижение его качества



Возможность осуществления эффективного контроля на различных стадиях изготовления, в эксплуатации и при ремонте изделий



Возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров



Согласованность времени, затрачиваемого на контроль, с временем другого технологического этапа



Высокая достоверность результатов НК и ТД



Возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а так же управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами НК и ТД



Высокая надёжность аппаратуры НК и ТД в различных производственных условиях



Простота методики НК и ТД, техническая доступность средств НК и ТД в условиях производства, ремонта и эксплуатации

Чувствительность методов НК определяется наименьшими размерами выявляемых дефектов:

- У поверхностных – шириной раскрытия у выхода на поверхность, протяженностью в глубь металла и по поверхности детали
- У глубинных – размерами дефекта с указанием глубины залегания
- Степенью износа и коррозии отдельных узлов и деталей

Чувствительность зависит от:

- Особенности метода НК и ТД
- Технических данных применяемой аппаратуры и дефектоскопических материалов
- Чистоты обработки поверхности контролируемой детали, ее материала
- Условий контроля
- Других факторов

Достоверность методов и результатов НК определяется вероятностью пропуска дефекта, неисправности, деталей с явными дефектами или необоснованной отбраковкой годных деталей. Этот фактор зависит от качества (уровня) аппаратуры, квалификации оператора, правильности выбора метода НК и ТД, контролепригодности (дефектоскопичности) изделия.

Классификация средств НК

МЕТОДЫ НК

Активные

Активные методы

Основаны на регистрации и анализе изменений искусственно возбуждаемого в объекте контроля физического поля. Позволяют обнаружить дефект лишь на ограниченной площади, размеры которой определяются зоной действия возбуждаемого физического поля.

Пассивные методы

Регистрирующие параметры физического поля, возбуждаемого самим контролируемым объектом при эксплуатационных (испытательных) режимах нагружения. Применение данных методов позволяет проконтролировать весь крупногабаритный объект в целом.

Пассивные

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ИСПОЛНЕНИЮ

1

Автономные приборы для контроля одной или нескольких взаимосвязанных качественных характеристик.

2

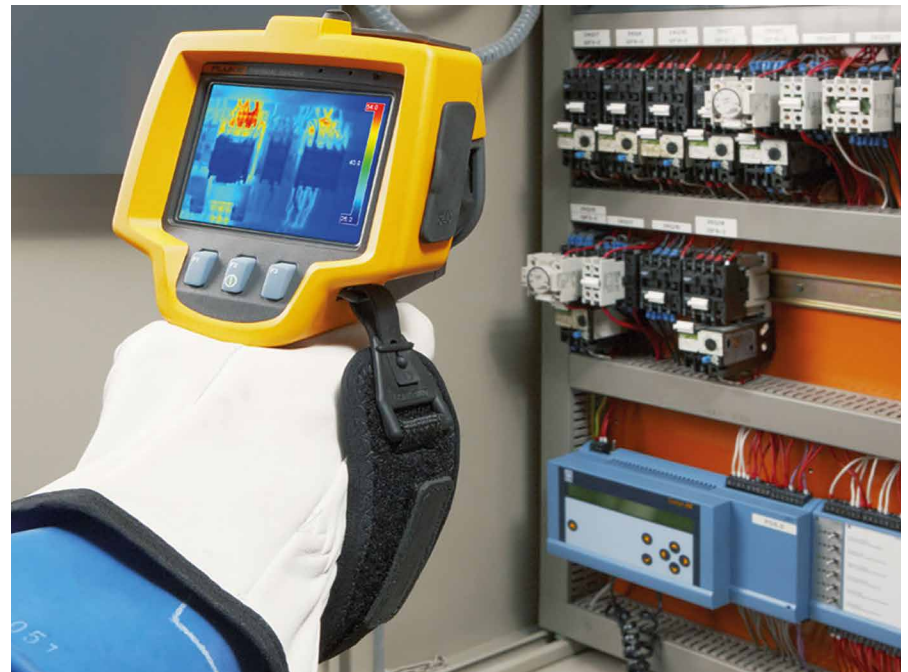
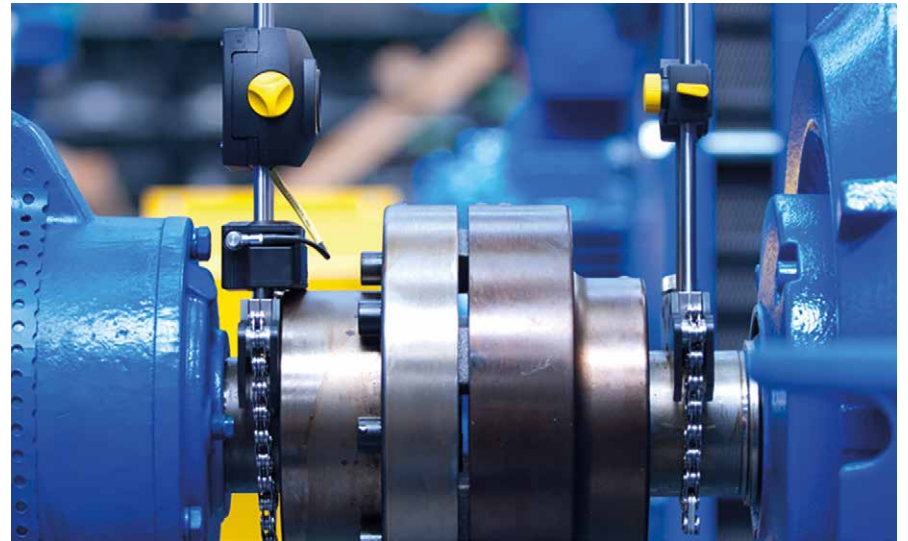
Комплексные системы, автоматические линии и роботы-контролеры, автоматизированные приборы и системы, предназначенные для определения ряда основных параметров, характеризующих качество объекта.

3

Системы НК для автоматического управления технологическими процессами по качественным признакам и мониторинга ТС.

ПО ВИДАМ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ НК РАЗДЕЛЯЮТ НА:

- **Дефектоскопы** (приборы или установки), предназначенные:
 - Для обнаружения дефектов типа нарушений сплошности (трещин, раковин, расслоений и т.д.).
 - Для контроля геометрических характеристик (наружные и внутренние диаметры, толщина стенки, покрытий, слоев, степень износа, ширина и длина изделий и т.д.).
 - Для измерения физико-механических и физико-химических характеристик (электрических, магнитных и структурных параметров, отклонений от заданного химического состава, измерения твердости, пластичности, коэрцитивной силы, контроля качества упрочненных слоев, содержания и распределения ферритной фазы и т.д.).
- **Приборы технической диагностики** для предсказания возникновения различного рода дефектов, в том числе, нарушений однородности, изменения размеров и физико-механических свойств изделий на период эксплуатации изделий.



КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ ВИДОВ (МЕТОДОВ) КОНТРОЛЯ УКАЗАНА СОГЛАСНО СТАНДАРТУ ГОСТ 56542-2015 «КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ И МЕТОДОВ».

Вид неразрушающего контроля: группа методов неразрушающего контроля, объединённых общностью физических явлений, положенных в его основу.

Неразрушающий контроль (НК) это совокупность таких видов контроля, которые производятся непосредственно на объекте, при этом исправный объект сохраняет работоспособность без какого-либо повреждения материала.

В большинстве видов неразрушающего контроля (радиационном, оптическом, тепловом, радиоволновом) используются электромагнитные колебания и волны. Различают понятия «неразрушающий контроль» и «неразрушающий физический контроль».

Неразрушающий физический контроль это совокупность таких видов неразрушающего контроля, которые требуют применения специальных веществ, сложных приборов и достаточно наукоемких технологий.

Из всех видов неразрушающего контроля, используемых на опасных производственных объектах, лишь один не относится к категории физических – это визуальный и измерительный контроль (ВИК). Таким образом, сочетание этих понятий можно выразить формулой:



НЕРАЗРУШАЮЩИЙ
КОНТРОЛЬ

=

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ
ФИЗИЧЕСКИЙ
КОНТРОЛЬ

+

ВИЗУАЛЬНЫЙ
И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ
КОНТРОЛЬ

ВИДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ФИЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПО СТЕПЕНИ ПРОНИКНОВЕНИЯ В МАТЕРИАЛ

Объёмные

Поверхностные

Объёмные виды (методы) НК дают возможность обнаруживать преимущественно внутренние дефекты материала, а поверхностные дефекты выявляются, только если они достаточно крупные.

Поверхностные виды (методы) НК позволяют обнаруживать только дефекты, имеющие выход на доступную для контроля поверхность материала объекта.

Каждый вид контроля объединяет в себе один или несколько методов, основанных на данном физическом принципе.

На рис. 1 приведена логическая цепь полного технического диагностирования объекта, из которой видно, что неразрушающий контроль (кроме толщинометрии) является завершающей фазой процесса.

В первую очередь всегда производится ВИК. Это обуславливается тем, что при наличии очевидных неустраняемых недопустимых повреждений объекта прочие более трудоемкие и дорогостоящие процедуры не имеют смысла.

Далее проводится измерение твёрдости материала объекта по системе равномерно распределённых точек портативными ультразвуковыми или динамическими твердомерами. Твёрдость обычно измеряется в системе единиц Бринелля или Роквелла. Если она выходит за нормативно допустимые пределы, то материал объекта, как правило, признается непригодным и дальнейший контроль исключается.

Одновременно с твёрдометрией обычно измеряют толщину стенок объекта в тех же точках портативными ультразвуковыми толщиномерами.

Если толщина на обширных площадях вышла за допустимые пределы по утонению, то измеряемый элемент объекта признается требующим замены и дальнейший его контроль также не осуществляется.

В том случае, если по результатам всех предыдущих процедур объект не бракуется, в ряде случаев назначают исследования его материала разрушающими методами (химический анализ, металлография, механические испытания). Если программой диагностирования это предусмотрено и результаты испытаний разрушающими методами положительны, то последующему неразрушающему контролю должны быть обязательно подвержены не только нормативно регламентированные зоны и элементы, но и восстановленные места отбора проб (образцов). Поэтому неразрушающий физический контроль всегда проводят в последнюю очередь.

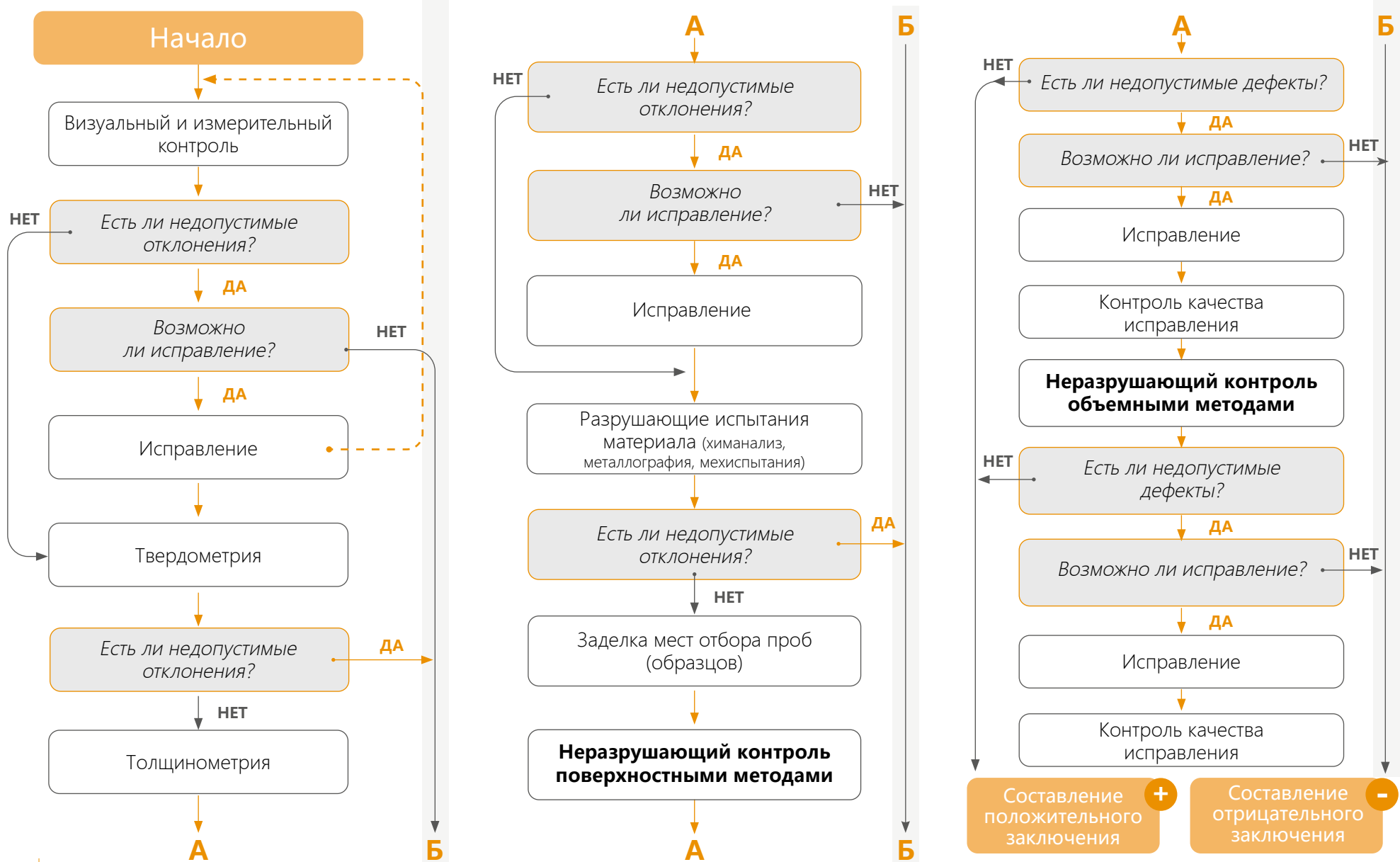
В процедуру неразрушающего контроля, как правило, включены как минимум 2 метода: один поверхностный и один объёмный.

Комбинирование методов подразумевает не только использование нескольких методов, но и чередование их в определенной последовательности (технологии).

Поверхностные методы более просты в исполнении, поэтому их используют прежде объёмных, а объёмные проводят при отсутствии показаний на недопустимые дефекты по результатам поверхностных.

Только в случае отсутствия противопоказаний по результатам всех процедур диагностирования составляется положительное заключение, содержащее в себе отдельные заключения по каждому виду (методу) контроля.

Рис. 1 Логическая схема технического диагностирования объекта



Основные требования, предъявляемые к неразрушающим методам (НК) контроля (дефектоскопии):

- Возможность контроля качества продукции на всех стадиях жизненного цикла (изготовление, эксплуатация, ремонт) по большинству заданных параметров
- Высокая достоверность результатов контроля
- Высокая надежность и точность аппаратуры для проведения контроля, а также возможность использования ее в различных условиях (снег, дождь, повышенная влажность и т. д.)
- Простота методик выполнения контроля, а также техническая доступность средств контроля в условиях производства, эксплуатации и ремонта
- Возможность автоматизации и механизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля
- Согласованность времени, которое затрачивается на контроль, со временем работы другого технологического оборудования.

Применение методов НК на различных этапах эксплуатации АТ позволяет:



Повысить достоверность определения технического состояния высоконагруженных объектов



Уменьшить интенсивность отказов, а, следовательно, и предотвращению летных происшествий, катастроф



Экономить материальные ценности, уменьшать времена простоя АТ, сокращать количество ремонтных работ из-за возникновения дефектов



Выработать межремонтные и назначенные ресурсы АТ или повысить их при сохранении заложенного уровня надёжности.

Основные области применения неразрушающих методов контроля:

1

Проведение исследований структуры материалов и дефектов в изделиях с целью совершенствования технологии

2

Непрерывная дефектоскопия особо ответственных объектов

3

Дефектоскопия объектов длительной эксплуатации

Выбор методов НК

Выбор метода НК должен быть основан помимо априорного знания о характере дефекта на таких факторах, как:

- Условия работы изделия
- Форма и размеры изделия
- Физические свойства материала деталей изделия
- Условия контроля и наличие подходов к проверяемому объекту
- Технические условия на изделия, содержащие количественные критерии недопустимости дефектов и зачастую нормирующие применение методов контроля на конкретном изделии
- Чувствительность методов

Достоверность результатов определяется чувствительностью методов НК, выявляемостью и повторяемостью результатов и основана на тщательной калибровке.

Применение каждого из методов в каждом конкретном случае характеризуется вероятностью выявления дефектов. На вероятность выявления дефектов влияют чувствительность метода, а также условия проведения процедуры контроля.



АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ДЕФЕКТЫ И ДЕФЕКТНАЯ ПРОДУКЦИЯ

Дефектом называется каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. Дефектами могут быть не только недопустимые нарушения сплошности металла, но и выход размера детали за пределы допуска, несоответствие степени шероховатости поверхности изделия техническим условиям, наличие царапин и сколов на защитном покрытии, высокое содержание вредных примесей в металле и т.д.

Структура любого металла не является идеально сплошной. По современной теории пластичности, металлы и сплавы представляют собой физико-химическую систему, состоящую из кристаллов основного металла, внутри и по границам которых распределены примеси и легирующие элементы, а также различные пороки, различающиеся размерами, формой и расположением в металле.

- В тонкой структуре можно наблюдать дислокации и вакансии (искажения и несовершенства кристаллической решетки металла)
- В микроструктуре – микротрещины и микропоры
- В макроструктуре – трещины, раковины, расслоения, рыхлости и т.д.



Наиболее опасными являются микротрещины и макроскопические нарушения сплошности или однородности металла.

Чтобы правильно оценить степень влияния несплошности на работоспособность изделия, необходимо учесть



Характер нагружения детали
(статическое, динамическое, знакопеременное)



Характер перегрузок



Уровень действующих напряжений



Рабочую среду и температуру



Чувствительность материала
к концентрациям напряжений



Размер и местоположение
несплошностей и др.

В нормативной документации должны быть чётко указаны предельные отклонения параметров детали от номинальных значений, при которых изделие будет выполнять свои функции без снижения надёжности.

Отклонение считается допустимым, если действительное численное значение параметра изделия не выходит за пределы, установленные нормативной документацией. Выход действительного значения параметра за установленные пределы означает, что рассматриваемая продукция имеет дефект.

Классификация дефектов

1 ОБНАРУЖИВАЕМЫХ ПРИ КОНТРОЛЕ ИЗДЕЛИЙ

● Явные

● Скрытые

● Исправимые

Дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно, называют исправимым.

● Неисправимые

Дефект, устранение которого связано с большими трудовыми и материальными затратами, называют неисправимым.

Исправимость и неисправимость дефекта определяют применительно к рассматриваемым конкретным условиям производства и ремонта с учётом затрат и технических факторов. Изделие, имеющее хоть один дефект, относится к некондиционной продукции и не может быть использовано по назначению.

2 В ЗАВИСИМОСТИ ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

● Критические отклонения

при наличии которых нельзя использовать продукцию по назначению, так как она не отвечает требованиям безопасности.

● Значительные отклонения

влияют на использование продукции по назначению и на её долговечность, но не являются критическими.

● Малозначительные отклонения

существенно не влияют на использование продукции.

Критические и значительные отклонения считаются дефектами, поэтому для их выявления контроль должен быть сплошным и в отдельных случаях – неоднократным. Малозначительные отклонения не считаются дефектами, но для некоторых видов продукции совокупности отклонений, каждое из которых является малозначительным, могут быть эквивалентны значительному или критическому отклонению и должны быть отнесены к соответствующей категории.

3 ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ

● Конструктивные

возникают из-за ошибок конструктора.

● Производственно-технологические

при получении чугуна и стали, при литье, прокатке, пайке, сварке, клёпке, механической и термической обработке и т.д.

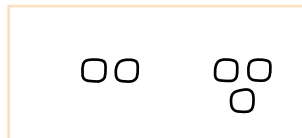
● Эксплуатационные

в результате работы (усталость металла, коррозия, износ, неправильное техническое обслуживание и эксплуатация).

4 КОЛИЧЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ



Одиночные



Групповые
(множественные)

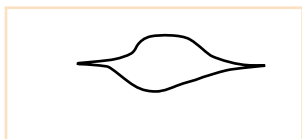


Сплошные

5 КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ПО ФОРМЕ



Правильной
формы



Форма с острыми
краями



Произвольной,
неопределённой формы
с острыми краями

Правильной формы

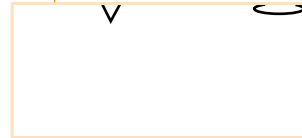
Овальные, очень близкие к сферической или цилиндрической форме, без каких-либо острых краев.

Дефекты правильной формы, без острых краев, наименее опасны, потому что вокруг них не происходит концентрации напряжений.

Дефекты с острыми краями

Являются концентраторами напряжений. Они увеличиваются в процессе эксплуатации изделия по линиям концентрации механических напряжений, что, в свою очередь, приводит к разрушению изделия.

6 КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ПО ПОЛОЖЕНИЮ



Поверхностные



Подповерхностные



Объёмные

Поверхностные дефекты,

Расположенные на поверхности материала, полуфабриката или изделия трещины, вмятины, посторонние включения.

Подповерхностные дефекты

Дефекты, расположенные под поверхностью контролируемого изделия, но вблизи самой поверхности.

Объёмные дефекты

Дефекты, расположенные внутри изделия.

Сквозные

Вызванные наличием фосфовидных и нитридных включений и иных прослоек.

Положение дефекта влияет как на выбор метода контроля, так и на его параметры. Например, при ультразвуковом контроле положение дефекта влияет на выбор типа волн – поверхностные дефекты лучше всего определяются рэлеевскими волнами, подповерхностные – головными волнами, а объёмные – объёмными (продольными) волнами.

Понятия и определения

Дефект (Defect)	каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией.	Устранимый дефект (Corrected defect)	дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно.
Брак (Rejected part)	объект контроля, содержащий недопустимый дефект.	Неустранимый дефект (Incorrigible defect)	дефект, устранение которого технически невозможно или экономически нецелесообразно.
Недопустимый дефект (Rejected defect)	дефект, не соответствующий требованиям, установленным нормативной документацией.	Индикация дефекта (Defect indication)	изображение или сигнал от дефекта в форме, типичной для используемого вида (метода) НК.
Дефектный объект (Defective item)	изделие, имеющее хотя бы один дефект.	Обнаружение дефекта (Defect detection)	определение наличия дефекта.
Явный дефект (Obvious defect)	дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.	Оценка дефекта (Defect evaluation)	оценка параметров дефекта, выявленного НК, в сравнении с установленным уровнем.
Скрытый дефект (Latent defect)	дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.	Ложная индикация (False indication)	индикация, не соответствующая реальному дефекту.
Критический дефект (Critical defect)	дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо.	Регистрация (Recording)	запись результатов контроля в форме, пригодной для обработки и хранения.
Значительный дефект (Significant defect)	дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим.	Несплошность (Discontinuity)	нарушение однородности материала, вызывающее скачкообразное изменение одной или нескольких физических характеристик – плотности, магнитной проницаемости, скорости звука, волнового сопротивления.
Малозначительный дефект (Insignificant defect)	дефект, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность.		

Дефекты литья

Горячая трещина (Hot crack)	дефект в виде разрыва или надрыва тела отливки усадочного происхождения, возникшего в интервале температур затвердевания.
Холодная трещина (Cold crack)	дефект в виде разрыва тела затвердевшей отливки вследствие внутренних напряжений или механического воздействия.
Межкристаллическая трещина (Intergranular crack)	дефект в виде разрыва тела отливки при охлаждении отливки в форме на границе первичных зерен аустенита в температурном интервале распада.
Газовая раковина (Blowhole)	дефект в виде полости, образованной выделившимися из металла или внедрившимися в металл газами.
Усадочная раковина (Draw, contraction cavity)	дефект в виде открытой или закрытой полости с грубой шероховатой, иногда окисленной поверхностью, образовавшейся вследствие усадки при затвердевании металла.
Рыхлота (Microporosity)	дефект в виде скопления мелких усадочных раковин.
Отбел (Chill hard spots)	дефект в виде твердых, трудно поддающихся механической обработке мест в различных частях отливки из серого чугуна, вызванных скоплением структурно-свободного цементита.
Половинчатость (Mottleness)	дефект в виде проявления структуры серого чугуна в отливках из белого чугуна.
Флокен (Flakes)	дефект в виде разрыва тела отливки под влиянием растворенного в стали водорода и внутренних напряжений, проходящего полностью или частично через объемы первичных зерен аустенита.

Дефектыковки и проката

Волосовина (Hairline, spill)	дефект поверхности в виде нитевидных неровностей в металле, образовавшихся при деформации имеющихся в нем неметаллических включений.
Расслоение (Delamination)	дефект поверхности в виде трещин на кромках и торцах листов и других видов проката, образовавшихся при наличии в металле усадочных дефектов, внутренних разрывов, повышенной загрязненности неметаллическими включениями и при пережоге.
Слиточная плена (Sliver, rolled scab)	дефект поверхности в виде отслоения языкообразной формы, частично соединенного с основным металлом, образовавшегося от раската окисленных брызг, заплесков и грубых неровностей поверхности слитка, обусловленных дефектами внутренней поверхности изложницы.
Прокатная плена (Sliver, rolled skin)	дефект поверхности, представляющий собой отслоение металла языкообразной формы, соединенное с основным металлом одной стороной, образовавшееся вследствие раскатки или расковки рванин, подрезов, следов глубокой зачистки дефектов или сильной выработки валков, а также грубых механических повреждений.
Ус (Ridge)	дефект поверхности, представляющий собой продольный выступ с одной или двух диаметрально противоположных сторон прутка, образовавшийся вследствие неправильной подачи металла в калибр, переполнения калибра или неправильной настройки валков и привалковой арматуры.
Подрез	дефект поверхности в виде углубления, расположенного по всей длине или на отдельных участках проката и образовавшийся вследствие неправильной настройки привалковой арматуры или одностороннего перекрытия калибра.
Закат (Lap)	дефект поверхности, представляющий собой прикатанный продольный выступ, образовавшийся в результате закатывания уса, подреза, грубых следов зачистки и грубых рисок.
Заков (Forging fold)	дефект поверхности, представляющий собой придавленный выступ, образовавшийся при ковке в результате неравномерного обжатия.
Риска (Groove, guide mark)	дефект поверхности в виде канавки без выступа кромок с закругленным или плоским дном, образовавшийся от царапания поверхности металла изношенной прокатной арматурой.

Дефекты сварных соединений

Кратер (Crater)	углубление, образующееся в конце валика под действием давления дуги и объемной усадки металла шва.	Прожоги сварного шва (Burn through)	дефект в виде сквозного отверстия в сварном шве, образовавшийся в результате вытекания части металла сварочной ванны.
Трещина сварного соединения (Crack)	дефект сварного соединения в виде разрыва в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах.	Шлаковое включение сварного шва (Slag inclusion)	дефект в виде вкрапления шлака в сварном шве.
Разветвленная трещина сварного соединения (Branched crack)	трещина сварного соединения, имеющая ответвления в различных направлениях.	Неметаллическое включение сварного шва (Non metal inclusion)	дефект в виде неметаллической частицы в металле шва.
Усадочная раковина сварного шва (Shrinkage cavity)	дефект в виде полости или впадины, образованный при усадке металла шва в условиях отсутствия питания жидким металлом.	Брызги металла (Spatters)	дефект в виде затвердевших капель на поверхности сварного соединения.
Вогнутость корня шва (Root concavity)	дефект в виде углубления на поверхности обратной стороны сварного одностороннего шва.	Подрез зоны сплавления (Undercut)	дефект в виде углубления по линии сплавления сварного шва с основным металлом.
Свищ в сварном шве (Worm hole)	дефект в виде воронкообразного углубления в сварном шве.	Наплыв на сварном соединении (Overlap)	дефект в виде натекания металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним.
Пора в сварном шве (Gas pore)	дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом.	Смещение сваренных кромок (Edge displacement)	неправильное положение сваренных кромок друг относительно друга.
Цепочка пор в сварном шве (Linear porosity)	группа пор в сварном шве, расположенных в линию.		
Непровар (Lack of fusion)	дефект в виде несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва.		

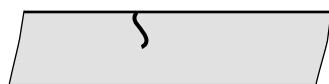


Дефекты механической обработки

Заусенец (Burr)	дефект поверхности, представляющий собой острый, в виде гребня, выступ, образовавшийся при резке металла.
Зазубрины (Hacks)	дефект поверхности в виде выступов и углублений на кромках листа и ленты, образовавшихся при нарушении технологии резки или неисправности оборудования.
Шлифовочные трещины (Grinding cracks)	дефект поверхности в виде сетки паутинообразных или отдельных, произвольно направленных поверхностных разрывов, образовавшихся при шлифовании или абразивной зачистке металла, обладающего высокой твердостью, хрупкостью и малой теплопроводимостью.
Вмятины (Compression marks)	дефект поверхности в виде произвольно расположенных углублений различной формы, образовавшихся вследствие повреждений и ударов поверхности при транспортировке, правке, складировании и других операциях.
Царапина (Scratch)	дефект поверхности, представляющий собой углубление неправильной формы и произвольного направления, образующееся в результате механических повреждений, в том числе при складировании и транспортировке металла.

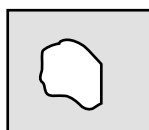
Характерные виды дефектов заготовительного производства

Трещина



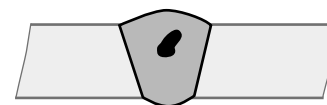
Превышение допустимых механических или термических напряжений

Усадочная раковина в отливке



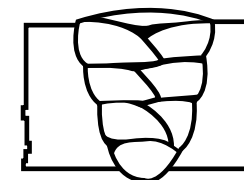
Нарушение термических режимов литья

Шлаковые включения в сварных швах



Неверный выбор марки электрода

Неметаллические включения

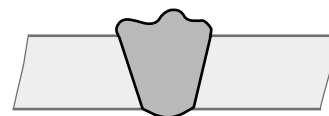


Непровар сварного шва



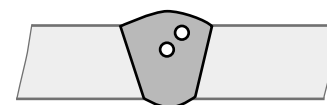
Превышение скорости сварки, слабый сварочный ток или неверная разделка кромок под сварку

Дефекты формы сварных швов



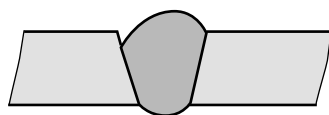
Нарушение технологии сварки

Газовые поры в сварных швах



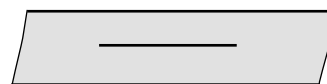
Сварка непрокаленными электродами

Подрез сварного шва



Смещение или наклон электрода при сварке

Расслоение в прокате



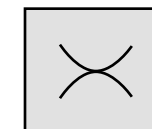
Раскатка усадочной раковины в заготовке-отливке

Закат в прокате («ласточкин хвост»)



Раскатка грубой наружной неровности в заготовке-отливке

Заков в проковке («ковочный крест»)



Смятие усадочной раковины в заготовке-отливке при ее проковке

ВИДЫ И МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Классификация неразрушающих физических видов (методов) контроля указана согласно стандарту

ГОСТ 56542-2015

«КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ.
КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ
И МЕТОДОВ»

Вид неразрушающего контроля:

группа методов неразрушающего контроля, объединённых общностью физических явлений, положенных в его основу



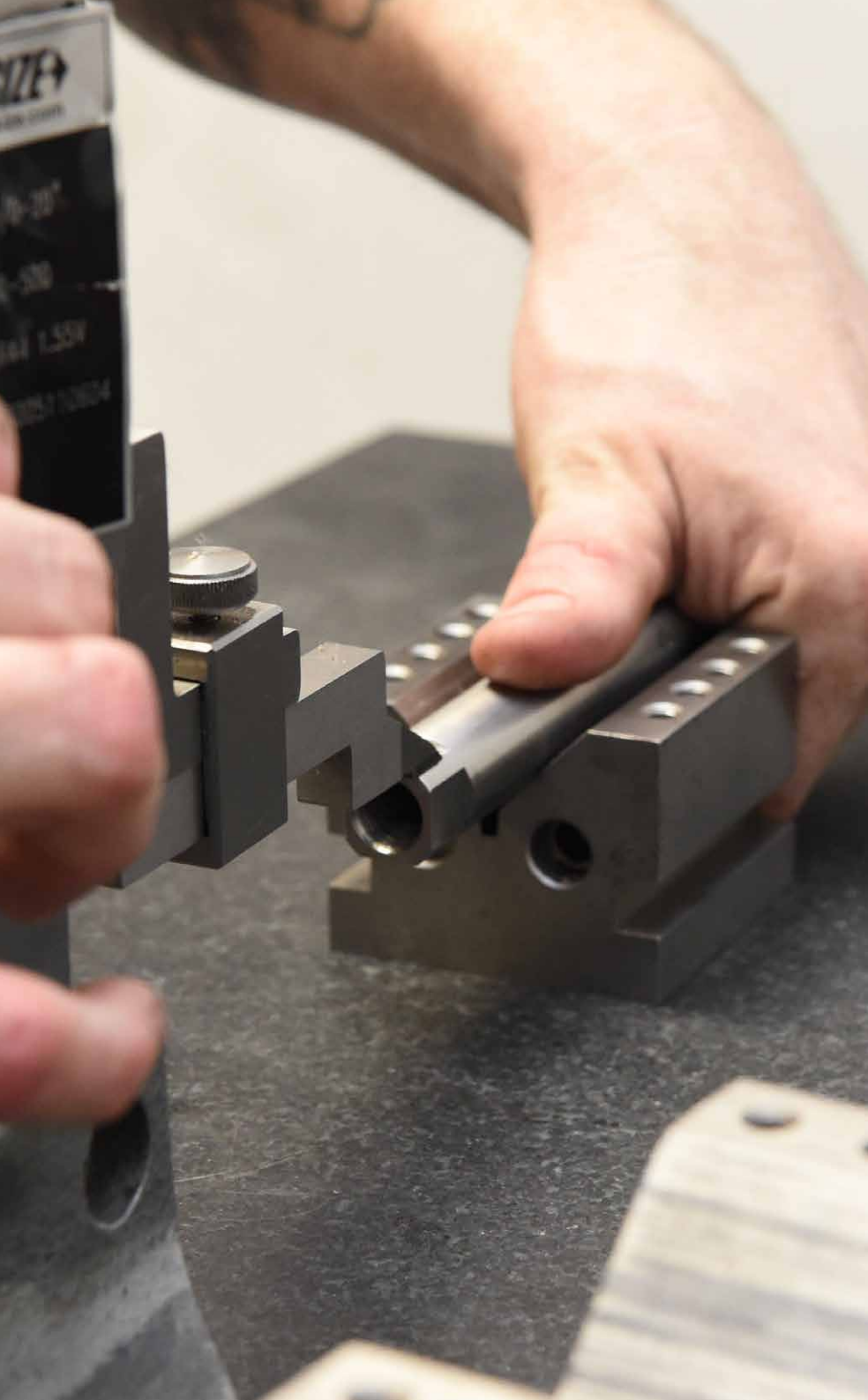
АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ



Основан на видимом излучении объекта контроля с использованием средств измерения. Является базовым при выполнении неразрушающего контроля. Без его проведения нецелесообразно приступать к контролю другими методами.



Характеристика размеров изделий и средств их контроля

Линейный размер

Числовое значение линейной величины (диаметра, длины) в выбранных единицах измерения. Линейные размеры делятся на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер

Размер, полученный конструктором при проектировании в результате расчётов (на прочность, жёсткость, износостойкость) или с учётом различных конструктивных, технологических и эксплуатационных соображений.

Изготовить деталь с абсолютно точным размером нельзя, так как неизбежны погрешности. Причин возникновения погрешностей много: неточность оборудования, приспособлений и режущих инструментов, степень их изношенности; неоднородность заготовок для деталей по размерам, формам, механическим свойствам; неточность установки и закрепления заготовок в приспособлениях; влияние температуры на обрабатываемые детали и отдельные части оборудования; упругие деформации обрабатываемых деталей, инструментов, отдельных частей оборудования, приспособлений; вибрации фундамента, на котором установлено оборудование, и т.д. Все возникающие погрешности при изготовлении деталей можно разделить на 4 вида: погрешности размеров, формы поверхности, расположение поверхностей и погрешности качества поверхности.

Измерение

Нахождение значения физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств.

Средство измерений

Техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным в пределах установленной погрешности в течение известного интервала времени.

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

По конструктивному исполнению

- Меры
- Измерительные приборы
- Измерительные установки
- Измерительные системы
- Измерительные комплексы

По уровню автоматизации

- Неавтоматические
- Автоматизированные
- Автоматические

По отношению к измеряемой физической величине

- Основные
- Вспомогательные

По уровню стандартизации

- Стандартизованные
- Нестандартизируемые

Измерительные приборы средства измерения, предназначенные для получения значений измеряемой величины в установленном диапазоне.

Измерительные приборы, как правило, содержат устройство для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и его индикации в форме, доступной для восприятия.

Измерительная установка совокупность функционально объединённых мер, измерительных приборов, преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин, расположенных в одном месте.


Измерительная система совокупность функционально объединённых мер, измерительных приборов, преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещённых в разных точках контролируемого объекта с целью измерения одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту.

Измерительный комплекс совокупность функционально объединённых средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенных для выполнения конкретной измерительной задачи.

Конструкция большинства средств измерений состоит из последовательно расположенных деталей и устройств, каждое из которых при измерении выполняет определённую задачу.



СОСТАВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ



Показание средства измерений – это значение измеряемой величины, определённое по отсчётному устройству и выраженное в принятых единицах этой величины. Показание всегда равно произведению числа отсчитанных делений шкалы на цену деления данной шкалы.

1 Основание измерительного средства

Конструктивный элемент, на котором смонтированы все остальные элементы данного средства измерений, например, штанга штангенциркуля, скоба микрометра, корпус индикатора часового типа.

2 Чувствительный элемент

Часть средства измерений, которая осуществляет его соприкосновение с объектом измерения и воспринимает величину этого объекта, например, измерительные губки штангенциркуля, измерительный наконечник индикатора.

3 Размерный элемент

Одна из деталей средства измерений, обладающая собственным точным, обычно многозначным размером, с величиной которого в процессе измерения непосредственно сопоставляется воспринятая средством измерений величина объекта измерения. Например, штанга со шкалой штангенциркуля, с ней сравнивают размер детали, воспринятый губками.

4 Преобразовательный элемент

Внутренний механизм или элемент средства измерений, который преобразует (видоизменяет) малые перемещения, воспринятые от объекта измерения воспринимающим элементом, в большие перемещения на отсчётном устройстве так, что исполнитель может непосредственно наблюдать их и производить отсчёт. Например, зубчатая передача в индикаторе часового типа преобразует малые перемещения измерительного наконечника в большие перемещения стрелки, легко наблюдаемые по шкале.

5 Отсчётное устройство

Создает возможность отсчитывать показания средства измерений; в большинстве случаев это шкала и указатель, которым служит отдельный штрих или группа штрихов, или стрелка. В последнее время получили распространения средства измерений с цифровыми отсчётными устройствами. Например, нониус штангенциркуля, круговая шкала индикатора и стрелка индикатора часового типа, табло микрометра с цифровой индикацией.

ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Прямое измерение

Воспринимающее устройство средства измерений имеет механический контакт с поверхностью объекта, например, измерение с помощью штангенциркуля, микрометра, индикатора и т. д.

Косвенное измерение

Воспринимающее устройство средства измерений не имеет механического контакта с поверхностью измеряемого объекта, например, измерение элементов резьбы с помощью микрометрического микроскопа.

Контактное измерение

Значение измеряемой величины определяют непосредственно по результату измерения, например, измерение глубины линейкой, глубиномера, штангенциркуля, ЩЦ-1.

Бесконтактное измерение

Искомое значение величины определяют пересчетом результатов прямых измерений величин, связанных с искомой величиной известной зависимостью.

Методы измерений

совокупность приемов и принципов использования средств измерений.

Погрешность измерения

это отклонение результата измерения L_u от действительного значения измеряемой величины L_g , определяемое по формуле

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Метод непосредственной оценки

Метод непосредственной оценки

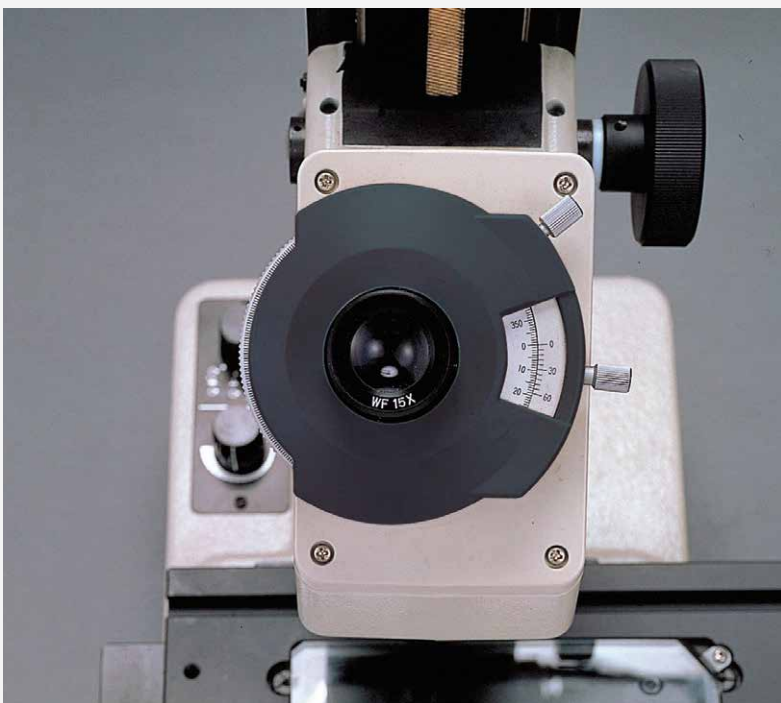
Величину измеряемого объекта определяют непосредственно по размерному устройству, имеющемуся в конструкции применяемого средства измерений. Например, при измерении диаметра вала с помощью штангенциркуля величина диаметра, воспринятая губками, непосредственно сопоставляется со шкалой штанги, обладающей точным размером и включенной в конструкцию штангенциркуля.

Метод сравнения с мерой

Величина измеряемого объекта сопоставляется с величиной, воспроизводимой мерой или величиной образцовой детали, которые не входят в конструкцию применяемого средства измерений. Например, измерение диаметра вала (30 мм) с помощью индикатора цифрового типа методом сравнения с концевой мерой длиной 30 мм на стойке со столиком. В этом случае величина диаметра вала сопоставляется с помощью индикатора с величиной концевой меры длины, которая не входит в конструкцию индикатора.

При выполнении измерения неизбежно возникают погрешности различной величины.

$$\Delta = L_u - L_g$$



ПОГРЕШНОСТИ ДЕЛЯТ НА

Систематические

постоянно или закономерно
изменяющиеся при повторных
измерениях одной и той же величины

Случайные

изменяющиеся случайным образом
при повторных измерениях одной
и той же величины

На суммарную погрешность измерения наиболее существенно влияют следующие составляющие:

- Инструментальная погрешность
- Погрешность, вносимая в процесс мерами или образцами
- Погрешность, возникающая от измерительного усилия при контактном измерении
- Погрешности, возникающие из-за термического расширения или сжатия объекта контроля или средства измерений при отклонениях температуры в процессе измерения
- Субъективные погрешности, связанные с человеком, выполняющим процесс измерения

Зрение человека является основой неразрушающего контроля, для ряда методов НК оговариваются критерии видимости дефектов. В связи с этим почти любой метод НК может считаться визуальным на стадиях выявления и интерпретации. В частности, критерии видимости дефектов оговариваются для магнитопорошкового, капиллярного методов и некоторых методов течеискания.

Выявление и распознавание дефектов происходит, как правило, в условиях различных мешающих факторов. Уровни освещенности индикаций, размеры частиц дефектоскопических материалов, углы зрения, чувствительность к свету, относящиеся к зрению дефектоскописта, контролируются для обеспечения надёжности и точности методов НК. Кроме того, практически во всех автоматизированных системах НК используются оптические элементы, которые тесно связаны со свойствами органа зрения человека. Поэтому обучение операторов-дефектоскопистов заканчивается только тогда, когда надёжность проводимого ими контроля становится достаточно высокой и устойчивой.

При ультразвуковом контроле работа дефектоскописта связана со зрительно-напряженными функциями в связи с восприятием визуальной информации и взаимодействием с органами управления ультразвуковым прибором, пьезоэлектрическими преобразователями, электронно-лучевыми трубками либо электролюминесцентными, жидкокристаллическими экранами, а также бумажными носителями.



ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ВИК

1. Специалисты, осуществляющие визуальный и измерительный контроль, должны быть аттестованы. Они не должны иметь медицинских противопоказаний по состоянию здоровья.
2. Теоретическая и практическая подготовка специалистов и контролёров может производиться на специальных курсах при учебно-аттестационных центрах, в учебных комбинатах или по месту работы в соответствии с программой.
3. Минимальный стаж работы по ВИК при аттестации на I уровень квалификации должен быть не менее 3 мес.; при этом для лиц со средним, средним специальным и средним техническим образованием – обучение полное; аттестация на II уровень возможна после 6 мес. работы для специалистов I уровня.
4. Для лиц с высшим образованием аттестация на II уровень возможна при минимальном стаже работы 9 мес. с прохождением курсов повышения квалификации.



ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ВИК

1. Стационарные участки контроля необходимо размещать в наиболее освещенных местах, оборудованных искусственным освещением.
2. Освещенность должна быть достаточной для выявления дефектов, но не менее 500 лк.
3. Участки должны быть оборудованы рабочими столами, стендами, рольгангами и другими средствами, обеспечивающими удобства выполнения работ.



Технологические ограничения

- Ограниченность исследования только видимой частью конструкции
- Важна техническая грамотность сотрудников, которые должны правильно подобрать методику измерения, сравнительный шаблон или нормативы и дать точную оценку результатам измерения



Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Трещины
- Расслоения
- Отклонения геометрической формы
- «Чешуйчатость» сварного шва
- Подрезы
- Канавки
- Вмятины
- Заусенцы
- Ржавчина
- Прожоги
- Наплывы
- Коррозионные повреждения
- Забоины
- Открытые раковины
- Поры
- Непровары
- Волосовины
- Расслоения
- Надиры
- Риски
- Осевые смещения и изломы
- Дефекты лакокрасочных, полимерных и гальванических защитных покрытий швов

ТИП ДЕФЕКТОВ


- Наружные


МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Не менее 0,1 – 0,2 мм


Область применения


ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ


 Контроль сварных соединений

 Машиностроение

 Судостроение


 Авиационная промышленность


 Космическая промышленность


 Metallургическая промышленность


 Строительство


 Литейное производство


 Теплоэнергетика

 Шарикоподшипниковое производство


 Трубное производство


 Оборонно-промышленный комплекс


 Производство электродвигателей


 Опасные производственные объекты

 Энергетическая промышленность

 Автомобильная промышленность

 Атомная промышленность

 Нефтехимическая промышленность

 Химическая промышленность

НАЗНАЧЕНИЕ

- Контроль основного материала и сварных соединений (наплавки) при изготовлении, строительстве, монтаже, ремонте, реконструкции, эксплуатации, техническом диагностировании технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на производственных объектах, в том числе по истечении установленного срока их эксплуатации
- Выявление деформаций, поверхностных трещин, расслоений, закатов, забоин, рисок, раковин и других несплошностей; проверки геометрических размеров заготовок, полуфабрикатов и деталей; проверки допустимости выявленных деформаций и поверхностных несплошностей

ДОСТОИНСТВА

- Дешёвый
- Быстрый
- Информативный
- Применение простейших измерительных средств
- Легко подвергается проверке и повторному проведению

НЕДОСТАТКИ

- Человеческий фактор, который влияет на 100% результатов
- Низкая достоверность полученных результатов, субъективность
- Используется только для поиска крупных дефектов и подозрений на возможные дефекты

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Освещение зоны контроля не менее 500 лк
- Расстояние до объекта контроля не более 600 мм
- Угол обзора не менее 120 град

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. Helmut Fischer Holding GmbH, Германия
2. GE Inspection and Non-Destructive Testing, США
3. Olympus Corp., Япония
4. Proceq SA, Швейцария
5. SciAps, Inc., США
6. Prüftechnik Dieter Busch AG, Германия
7. Bareiss Prüfgerätebau GmbH, Германия
8. A&D CO., LTD, Япония
9. Karl Deutsch Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Германия
10. Tesa, Швейцария
11. Mitutoyo, Япония
12. Kroeplin, Германия
13. Käfer, Германия
14. Koba Германия
15. Mahr, Германия
16. Vocchi, Италия
17. Sylvac, Швейцария
18. Helios-Preisser, Германия

РОССИЙСКИЕ

1. ИКБ «Градиент»
2. ООО «МосРентген»
3. ООО «Арион»
4. ООО «АКА-Скан»
5. ООО «ЭТМС»
6. ООО «ПрофКиП»
7. АО «НПО «Интротест»
8. ООО «Арсенал Неразрушающего Контроля»
9. АО «Виматек»
10. ООО «Диагностика-М»

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ



Основан на анализе
взаимодействия магнитного
поля с контролируемым
объектом



01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Магнитный

измерении параметров магнитных полей, присутствующих или создаваемых в контролируемом объекте

Активные методы требуют предварительного намагничивания объекта, при котором над дефектом образуется собственное магнитное поле – поле рассеяния, которое образуется за счёт того, что дефект сам по себе превращается в небольшой магнит с полюсами на краях, между которыми возникает пучок магнитных силовых линий, частично выступающий над поверхностью объекта.

Наиболее популярен магнитопорошковый метод, при котором слабораскрытые дефекты визуализируются за счет того, что на них образуются валики черного магнитного порошка, которые в несколько раз шире дефекта и потому различимы глазом.



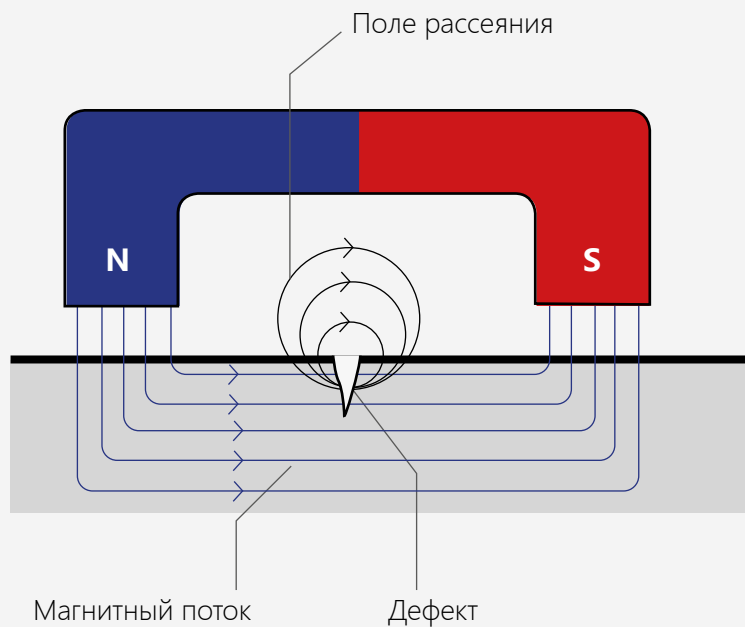
02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Коэрцитивной силы	регистрации коэрцитивной силы объекта
Намагниченности	регистрации намагниченности контролируемого объекта
Остаточной индукции	регистрации остаточной индукции материала контролируемого объекта после взаимодействия с магнитным полем
Магнитной проницаемости	регистрации магнитной проницаемости контролируемого объекта
Напряженности	регистрации напряженности магнитного поля, взаимодействующего с контролируемым объектом
Эффекта Баркгаузена	регистрации параметров магнитного шума, возникающего в результате эффекта Баркгаузена
Магнитной памяти металла	Измерении и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния металла, отражающих их структурную и технологическую наследственность

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Магнитопорошковый	анализе магнитных полей рассеяния с использованием в качестве индикатора ферромагнитного порошка или магнитной суспензии
Индукционный	регистрации магнитных полей рассеяния по величине или фазе индуцируемой э.д.с.
Феррозондовый	измерении напряженности магнитного поля феррозондами
Эффекта Холла	регистрации магнитных полей датчиками Холла
Магнитографический	регистрации магнитных полей рассеяния с использованием в качестве индикатора ферромагнитной пленки
Пондеромоторный	регистрации силы отрыва (притяжения) постоянного магнита или сердечника электромагнита от контролируемого объекта
Магниторезисторный	регистрации магнитных полей рассеяния магниторезисторами

Принципиальная схема метода магнитного контроля



⚠ Технологические ограничения

1. Требуется предварительное намагничивание объекта для образования над дефектом собственного магнитного поля – поля рассеяния
2. Для магнитографического метода требуется сложная аппаратура и обязательное предварительное размагничивание объекта
3. Магнитному виду контроля подвергаются только ферромагнитные материалы

🔗 Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Трещины
- Волосовины
- Заковы
- Закаты
- Включения
- Флокены
- Непровары

ТИП ДЕФЕКТОВ

- Наружные
- Подповерхностные

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Не глубже 2 мм
- Раскрытие от 1 мкм и более
- Протяжённость $\geq 0,5$ мм

Область применения

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ



Авиация



Железнодорожный транспорт



Химическое машиностроение



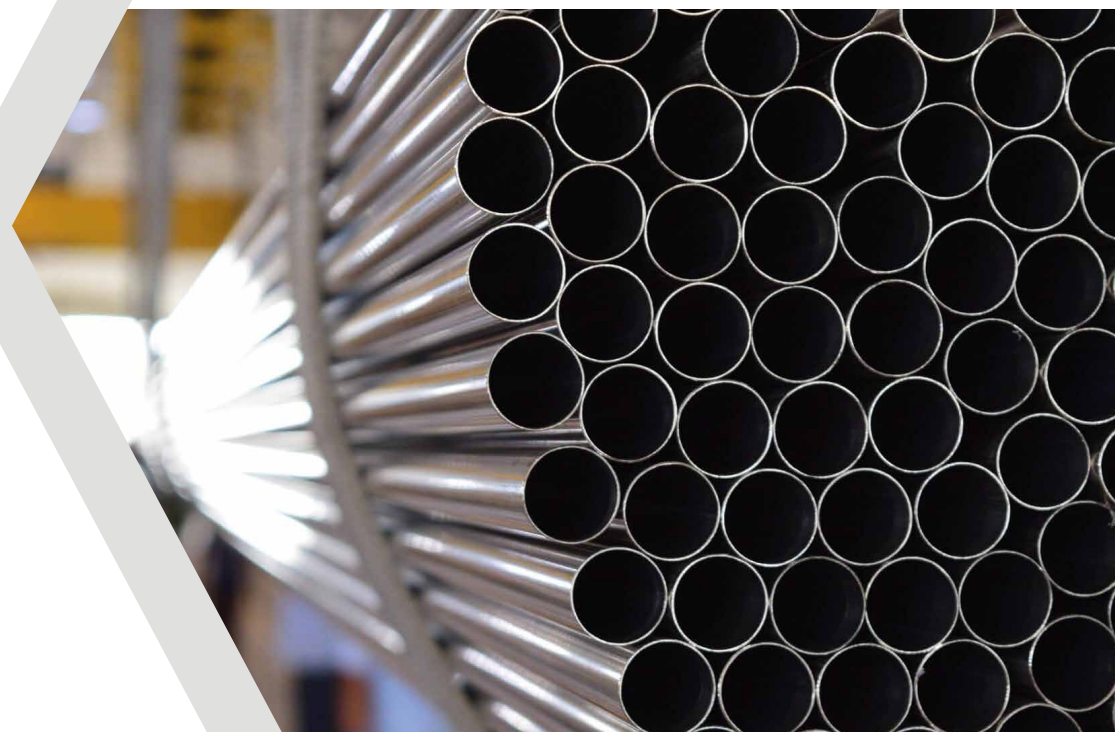
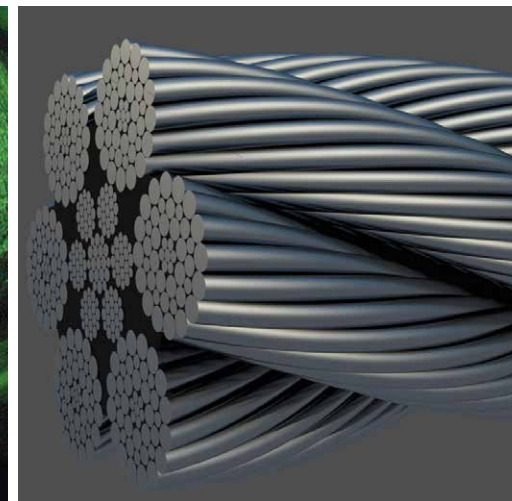
Судостроение



Автомобильная промышленность

НАЗНАЧЕНИЕ

- Контроль рельсовых звеньев
- Контроль сварных соединений
- Контроль стальных канатов
- Контроль тонкостенных труб, прутков малого диаметра и проволоки
- Контроль крупногабаритных конструкций
- Контроль магистральных трубопроводов
- Контроль объектов под водой



ДОСТОИНСТВА

- Простота и наглядность контроля
- Возможность применения метода для изделий любой формы

НЕДОСТАТКИ

- Загрязнение поверхности
- Необходимость размагничивания изделий после контроля
- Возможность образования прижогов на поверхности

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Ферромагнитные металлы и сплавы.
- Чистота обработки поверхности Rz 2,5

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. 3E NDT LLC (United States, www.3endt.com)
2. Advanced Technology Group (Czech Republic, www.atg.cz)
3. Baugh & Weedon Ltd (United Kingdom, www.bw-nde.com)
4. Callington Haven Pty Ltd (Australia, www.callington.com)
5. Chemetall US Inc (United States, www.chemetall.aero)
6. Detek Inc (United States, www.detek.com)
7. Euroteck Systems UK Ltd (United Kingdom, www.euroteck.co.uk)
8. Flir Systems Inc (United States, www.flir.com/thg)
9. GB Inspection Systems Ltd (United Kingdom, www.gbinspection.com)
10. Helling GmbH (Germany, www.helling.de)
11. Advanced NDT Ltd (United Kingdom, www.advanced-ndt.co.uk)
12. ATH NDT Limited (United Kingdom, www.athndt.uk)
13. Candet (Canada, www.candet.ca)
14. Circle Systems Inc (United States, www.circlesafe.com)
15. Eishin Kagaku Co Ltd (Japan, www.eishinkagaku.co.jp)
16. Gould-Bass NDT (United States, www.gould-bass.net)
17. Inspection Technologies Inc (United States, www.inspectiontechnologies.net)
18. IR Supplies & Services Inc (Canada, www.irss.ca)
19. Johnson & Allen Ltd (United Kingdom, www.johnsonandallen.co.uk)
20. Labino AB (Sweden, www.labino.com)
21. MagnaBux (A Division of ITW Ltd) (United Kingdom, <http://eu.magnabux.com>)
22. Marktec Corporation (Japan, www.marktec.co.jp/e/)
23. Met-L-Chek (United States, www.met-l-chek.com)
24. MR Chemie GmbH (Germany, www.mr-chemie.de)
25. MX Industrial Distributors Inc (United States, www.mxindustrial.com)
26. KARL DEUTSCH (Germany, www.karldeutsch.de)
27. Magnetic Products and Services (United States, www.gaussbusters.com)
28. JMD NDT Inc (United States, www.jmdndt.com)
29. Newco Inc (United States, www.newcoinc.com)
30. Paul N Gardner Co Inc (United States, www.gardco.com)
31. PPrnder KG (Germany, www.pPrnder.com)
32. Qualitest USA LC (United States, www.worldoftest.com)
33. REL, Inc. (United States, www.relinc.net)
34. Helling GMBH (<http://www.helling-ndt.de/>)

РОССИЙСКИЕ

1. Ака-Скан, ООО (www.aka-scan.ru)
2. Константа УЗК (www.constanta-us.com)
3. Кропус НПЦ (www.kropus.com)
4. Монотест, НПП, ООО (www.monotest.ru)
5. Формула НК (www.formulandt.ru)
6. ООО «Интрон Плюс» (<http://www.intron.ru/>)
7. ЗАО НИИИИН МНПО «Спектр» (<http://www.niiin.ru/>)
8. ООО «Энергодиагностика» (<http://www.mmmssystem.ru/Default.html>)
9. АО «Газприборавтоматикасервис» (<http://www.gpas.ru/?>)
10. Научно-производственный Центр «КРОПУС» ТМ (<http://www.kropus.ru/>)
11. ООО «НПП«Промприбор» (<https://www.ndtprompribor.ru/>)
12. ООО НПК «Луч» (<http://www.luch.ru/news.php>)
13. Novotest (<http://www.novotest-russia.ru>)
14. ООО «Константа» (<http://constanta.ru>)
15. НПП «Машпроект» (<http://www.mashproject.ru/>)
16. ИКБ «Градиент».
17. ООО «НПК «Микрокон».
18. ООО «Арион»
19. ООО «Гепал»
20. ООО «Орион-М»
21. ООО «НПП «Машпроект»
22. АО «НПО «Интротест»
23. ООО «Алта-Русь»
24. АО «Виматек»

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



Основан на анализе параметров электрического поля или электрического тока, взаимодействующих с контролируемым объектом или возникающими в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия

Предназначения для измерения глубины наружных трещин в металле, выявленных ранее иными методами.

Позволяет обнаруживать места сквозного пробоя изоляции.



Классификация методов НК

01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Электрический	регистрации параметров электрического поля (тока), взаимодействующего с контролируемым объектом
Трибоэлектрический	регистрации величины электрических зарядов, возникающих в контролируемом объекте при трении разнородных материалов
Термоэлектрический	регистрации величины т. э. д. с., возникающей при прямом контакте нагретого образца известного материала с контролируемым объектом

02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Электро-потенциальный	анализе распределения потенциалов по поверхности контролируемого объекта
Электроёмкостный	измерении ёмкости участка контролируемого объекта, взаимодействующего с электрическим полем

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Электростатический
порошковый

регистрации электростатических полей рассеяния с использованием в качестве индикатора наэлектризованного порошка

Электро-
параметрический

регистрации электрического поля по вольт-амперным, вольт-фарадным и т. д. характеристикам контролируемого объекта

Электроискровой

регистрации возникновения электрического пробоя и изменений его параметров в окружающей среде или на участке контролируемого объекта

Рекомбинационного
излучения

регистрации рекомбинационного излучения р—п переходов при прямом и обратном их смещении

Экзоэлектронной
эмиссии

регистрации экзоэлектронов, эмитируемых поверхностью контролируемого объекта при приложении к нему внешнего стимулирующего воздействия

Шумовой

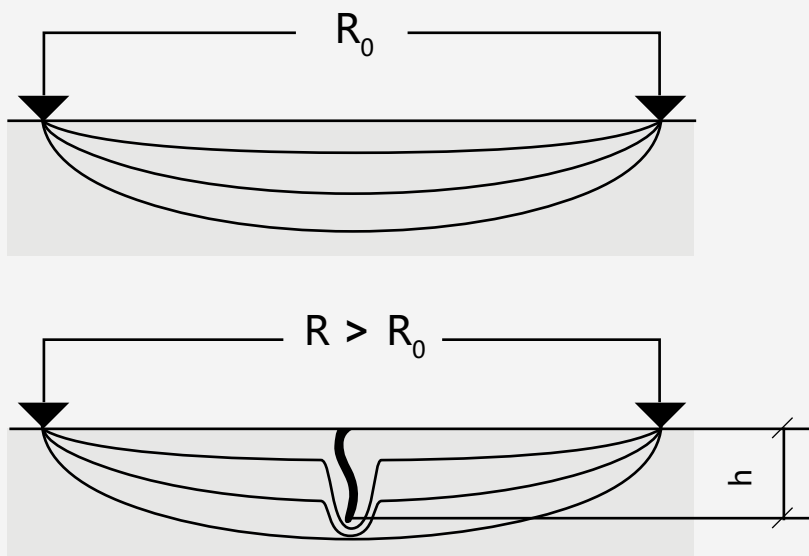
регистрации шумовых параметров

Контактной разности
потенциалов

регистрации контактной разности потенциалов



Принципиальная схема метода электрического контроля



R – сопротивление участка с трещиной
 R_0 – сопротивление бездефектного участка
 h – глубина трещины

⚠ Технологические ограничения

1. Максимальная глубина проникновения тока в материал зависит от частоты тока

Основными элементами аппаратуры являются

- Измеритель очень больших значений электросопротивления – мегаомметр
 - Измеритель ёмкости – микрофарадометр
2. Использование тока большой силы
 3. Использование тока большой силы
 4. Использование тока высокой частоты

🔗 Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Измерение глубины наружных трещин в металле, выявленных ранее иными методами
- Места сквозного пробоя изоляции
- Пустоты и пористость в отливках
- Микротрещины в металлопрокате
- Непровар и другие дефекты сварки
- Некачественные лакокрасочные покрытия и клеевые швы

ТИП ДЕФЕКТОВ

- Наружные
- Внутренние

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Толщина гальванического покрытия до 30 мм
- Дефекты подповерхностного слоя - глубиной 2-120 мм
- Не глубже 2 мм
- Раскрытие от 1 мкм и более
- Протяжённость $\geq 0,5-1$ мм

Область применения

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



Машиностроение



Космическая
промышленность



Судостроение



Строительство

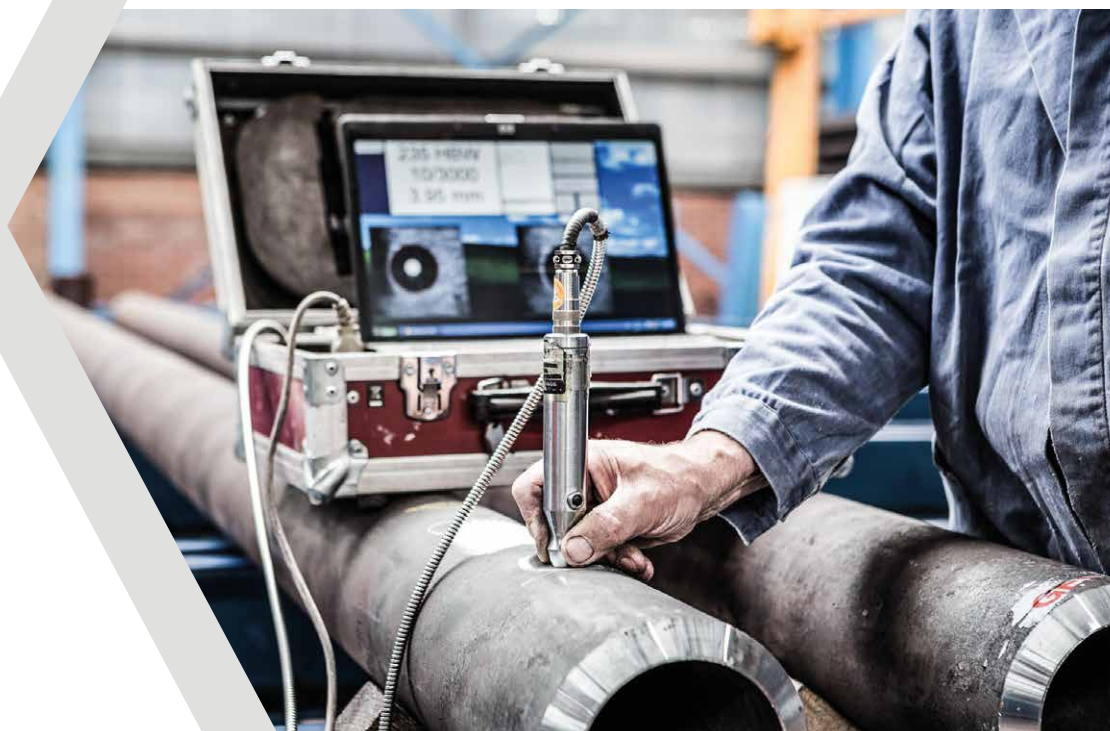
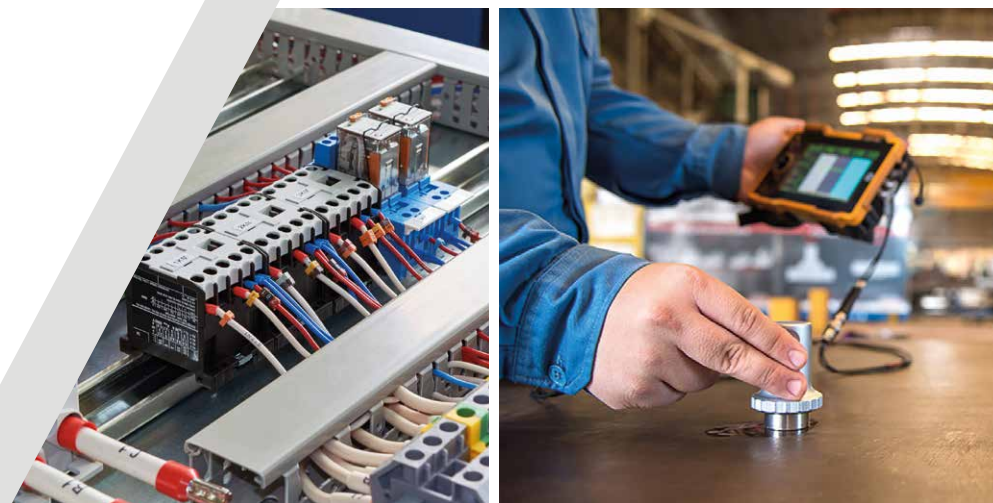


Авиационная
промышленность

НАЗНАЧЕНИЕ

Предназначен для измерения толщины изолирующих покрытий проводников в электрических системах

1. Определить глубину ранее выявленных другими методами НК наружных трещин на поверхности металла
2. Обнаружить, где находится место сквозного пробоя изоляции
3. Провести сортировку металла по маркам
4. Определить толщину гальванического покрытия (до 30 мкм), качество сцепления слоев биметаллов, найти дефекты в металлических слитках и провести экспрес-анализ стали на остывших пробах
5. Выявить трещины на поверхности изоляционных покрытий (эмаль по металлу, керамика) либо на изделиях, выполненных из неметаллических электроизоляционных материалов





ДОСТОИНСТВА

- Подходит для контроля диэлектриков и проводников
- Широкая сфера применения:
 - контроль химического состава материалов
 - наличие несплошностей
 - влажность сыпучих материалов
 - толщины проводящего слоя
 - наличия несплошностей вблизи поверхности проводника
 - измерение характеристик исследуемой среды



ИНОСТРАННЫЕ

1. GE Inspection and Non-Destructive Testing, США
2. Olympus Corp., Япония
3. Prüftechnik Dieter Busch AG, Германия



РОССИЙСКИЕ

1. Главдиагностика, ООО (www.glavd.ru)
2. Константа УЗК (www.constant-us.com)
3. НПП «Машпроект» (<http://www.mashproject.ru/>)
4. АО «НПО «Интротест»
5. Ака-Скан, ООО (www.aka-scan.ru)
6. Монотест, НПП, ООО (www.monotest.ru)
7. Томский политехнический университет, инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
8. (ndts.tpu.ru)
9. ЗАО НИИИН МНПО «Спектр» (<http://www.niijin.ru/>),
10. ООО «Энергодиагностика» (<http://www.mmmssystem.ru/Default.htm>)
11. Научно-производственный Центр «Кропус»
12. ТМ (<http://www.kropus.ru/>)
13. ООО, «НПП«Промприбор» (<https://www.ndtprompribor.ru/>)
14. ООО НПК «Луч», (<http://www.luch.ru/news.php>)
15. ООО «Константа» (<http://constant.ru>)



НЕДОСТАТКИ

- Необходимость контакта с объектом контроля
- Жёсткие требования к чистоте поверхности изделия
- Сложности автоматизации процесса измерения
- Зависимость результатов измерения от состояния окружающей среды



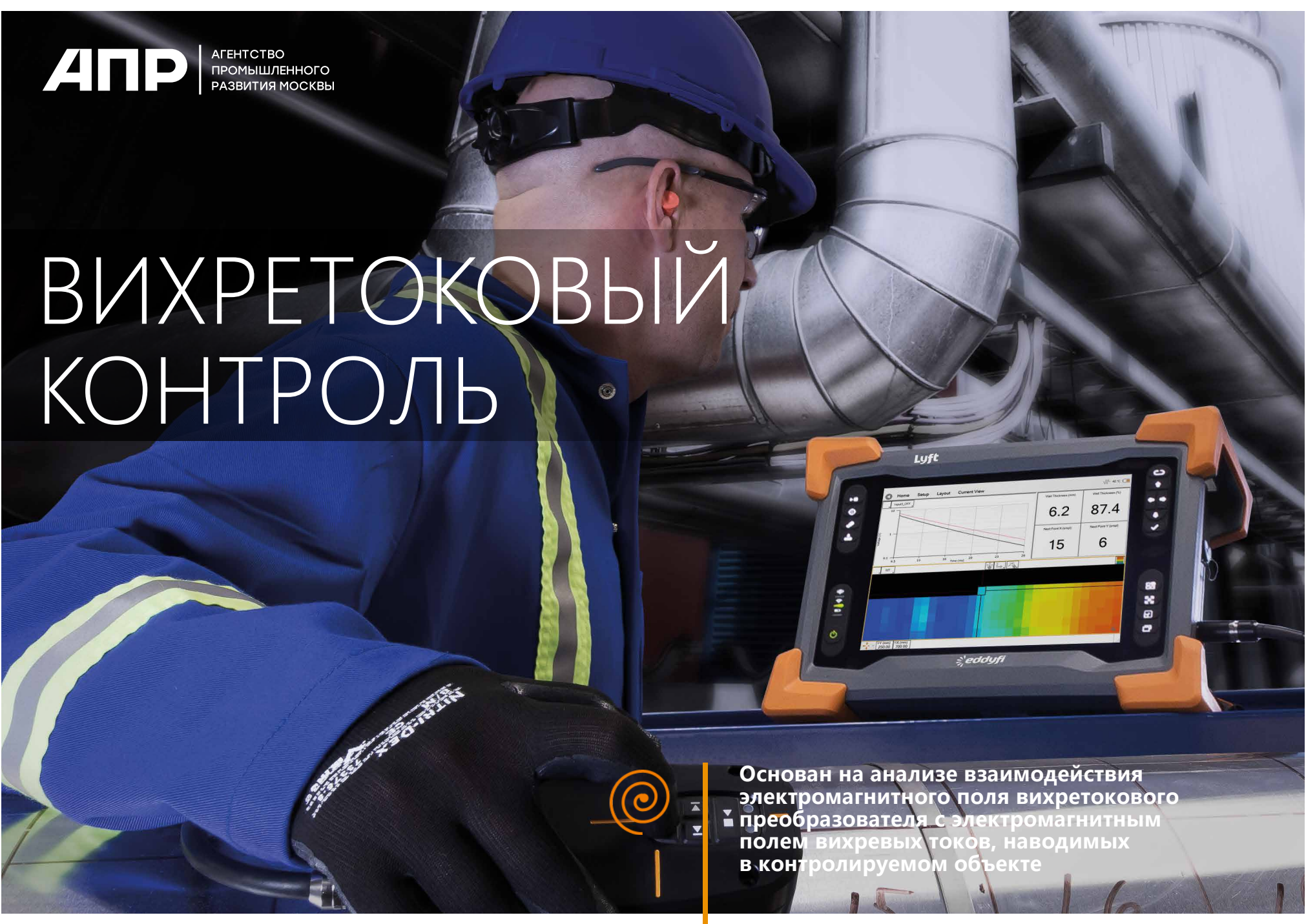
ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Объект контроля должен быть изготовлен из токопроводящих материалов

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ



Основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте



Вихревые токи вызывают соответствующие выделения тепла (Джоулева), которые называют потерями энергии на вихревые токи.

В вихретоковом контроле эти потери определяют вносимое активное сопротивление ВТП, которое может быть одним из информативных параметров ВТП при контроле промышленных изделий.

Позволяет выявлять наружные и подповерхностные (не глубже 2 мм) дефекты раскрытием от 1 мкм и более.

Используется для измерения толщины металлизации на неметаллических материалах (например, заготовки для печатных плат в радиоэлектронике) или наоборот – толщины защитных неметаллических покрытий на металле (например, электроизоляция).

Поскольку существует корреляция между толщиной покрытия и плотностью создаваемого поля токов Фуко, это и даёт возможность численной оценки толщины покрытия этим методом, но в пределах не более 2 мм.

01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Прошедшего излучения	регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, прошедших сквозь контролируемый объект
Отражённого излучения (эхо-метод)	регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, отражённых от дефекта или поверхности раздела двух сред

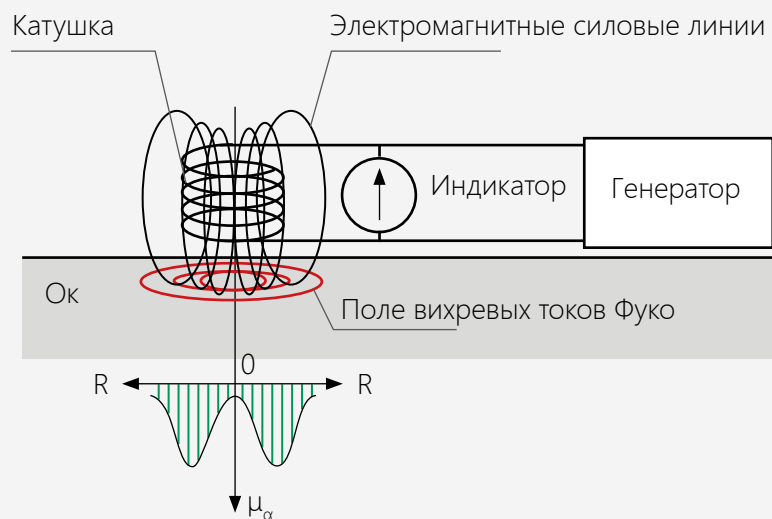
02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Амплитудный	анализе распределения потенциалов по поверхности контролируемого объекта
Фазовый	измерении ёмкости участка контролируемого объекта, взаимодействующего с электрическим полем
Частотный	анализе частоты волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Спектральный	анализе спектра физического поля (излучения) после взаимодействия с контролируемым объектом
Многочастотный	анализе и (или) синтезе сигналов преобразователя, обусловленных взаимодействием электромагнитного поля различных частот с объектом контроля

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Трансформаторный	регистрации электромагнитного поля вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в токопроводящем объекте, по изменению э. д. с. на зажимах измерительной катушки.
Параметрический вихревой	регистрации электромагнитного поля вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте полем преобразователя, по изменению полного сопротивления катушки преобразователя

Принципиальная схема метода вихретокового контроля



⚠ Технологические ограничения

- Численная оценка толщины покрытия в пределах не более 2 мм

🌀 Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Подповерхностные (не глубже 2 мм) дефекты раскрытием от 1 мкм и более
- Выявление канавочных трещин

ТИП ДЕФЕКТА

- Внутренние
- Наружные

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Не глубже 2 мм
- Раскрытие от 1 мкм и более
- Протяжённость $\geq 0,5-1$ мм
- Толщина гальванического покрытия до 30 мм
- Дефекты подповерхностного слоя – глубиной 2-120 мм

Область применения



Металлургическая
промышленность



Железнодорожный
транспорт



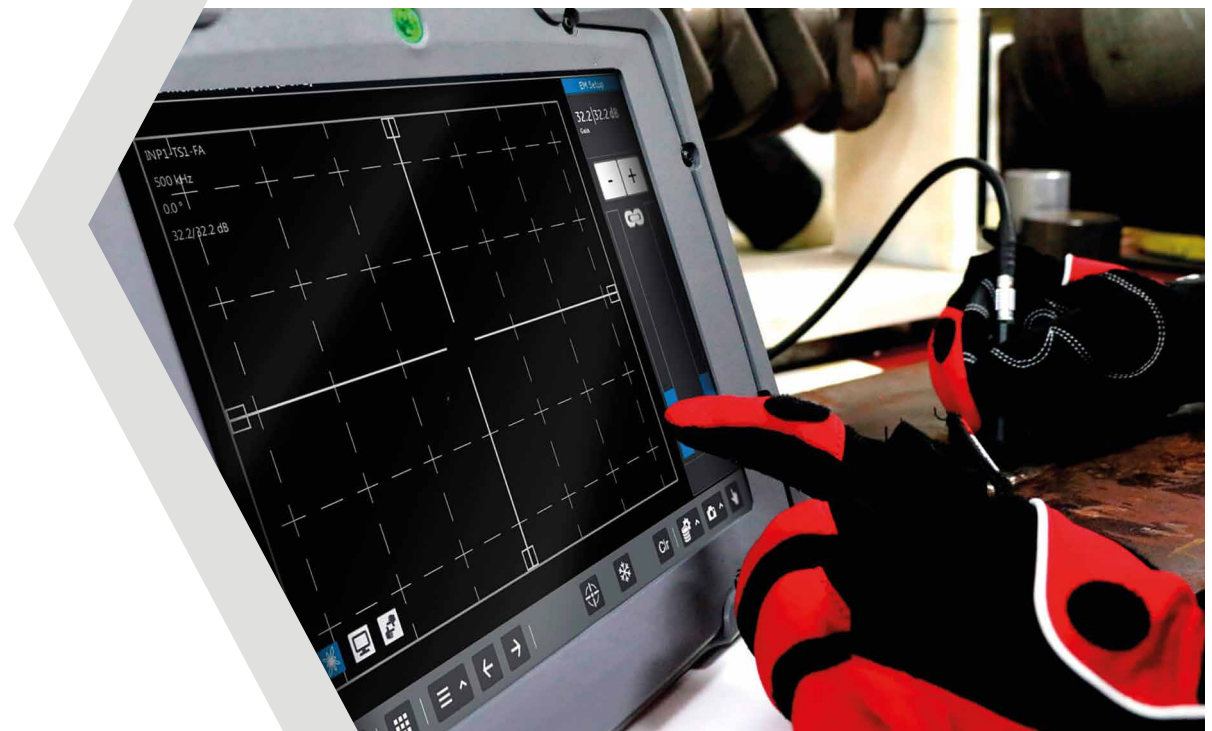
Авиационная
промышленность



Трубное
производство.

НАЗНАЧЕНИЕ

- Контроль галтельных переходов в точёных изделиях, резьбовых канавки и т.п.
- Контроль треугольной резьбы
- Контроль тонкостенных труб, прутков малого диаметра и проволоки
- Измерение толщины металлизации на неметаллических материалах
- Измерение толщины защитных неметаллических покрытий на металле
- Контроль конструкций, изготовленных из токопроводящих материалов:
 - в воздушных судах - барабаны колёс
 - лопасти воздушных винтов
 - лопатки компрессора
 - турбины газотурбинных двигателей
 - силовые элементы планера.
- Оценка состояния рельсового пути
- Контроль прямо-шовного шва труб



ДОСТОИНСТВА

- Не требуется контактная среда
- Высокая производительность
- Бесконтактное возбуждение вихревых токов
- Возможность автоматизации при больших скоростях контроля с записью результатов
- Возможность контроля внутренних поверхностей
- Возможность контроля через неметаллические покрытия

НЕДОСТАТКИ

- Трудность выделения полезного сигнала на фоне помех, обусловленных его зависимостью от многих параметров контролируемого изделия
- Отсутствие наглядности результатов контроля

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Объект контроля должен быть изготовлен из токопроводящих материалов

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. GE Inspection and Non-Destructive Testing, США
2. Olympus Corp., Япония
3. Prüftechnik Dieter Busch AG, Германия
4. Buckleys (UVRAL) Ltd, Великобритания
5. SciAps, Inc., США

РОССИЙСКИЕ

1. Ака-Скан, ООО (www.aka-scan.ru)
2. Монотест, НПП, ООО (www.monotest.ru)
3. Томский политехнический университет, инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности (ndts.tpu.ru)
4. ЗАО НИИИН МНПО «Спектр» (<http://www.niirin.ru>),
5. ООО «Энергодиагностика» (<http://www.mmmsystem.ru/Default.htm>)
6. Научно-производственный Центр «Кропус» ТМ (<http://www.kropus.ru/>)
7. ООО, «НПП«Промприбор» (<https://www.ndtprompribor.ru/>)
8. ООО НПК «Луч», (<http://www.luch.ru/news.php>)
9. ООО «Константа» (<http://constanta.ru>)
10. НПП «Машпроект» (<http://www.mashproject.ru/>)
11. ООО «Алтек»
12. Главдиагностика, ООО (www.glavd.ru)
13. Константа УЗК (www.constanta-us.com)
14. ООО «Алта-Русь»
15. АО «Виматек»

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

РАДИОВОЛНОВОЙ КОНТРОЛЬ



Основан на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом

Радиоволновый контроль применяется главным образом в строительстве для поиска и исследования металлических включений в неметаллических материалах (например, арматура в железобетоне или трассировка скрытой электропроводки в стене здания, если ее схема утеряна).

Радиоволновый контроль основан на том, что все металлы являются препятствием для радиоволн, отражая либо поглощая их (поглощение радиоволн происходит путем их преобразования в электрический ток в металле, если этот металл надежно заземлён).



Классификация методов НК

01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Прошедшего излучения	регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, прошедших сквозь контролируемый объект
Отражённого излучения (эхо-метод)	регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, отражённых от дефекта или поверхности раздела двух сред
Рассеянного излучения	регистрации характеристик волн, полей или потока частиц, рассеянных от дефекта или поверхности раздела двух сред
Резонансный	регистрации параметров резонансных колебаний, возбуждённых в контролируемом объекте

02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Амплитудный	регистрации амплитуды волн (полей, потоков), взаимодействующих с контролируемым объектом
Фазовый	анализе фазы волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Частотный	анализе частоты волн, взаимодействующих с контролируемым объектом

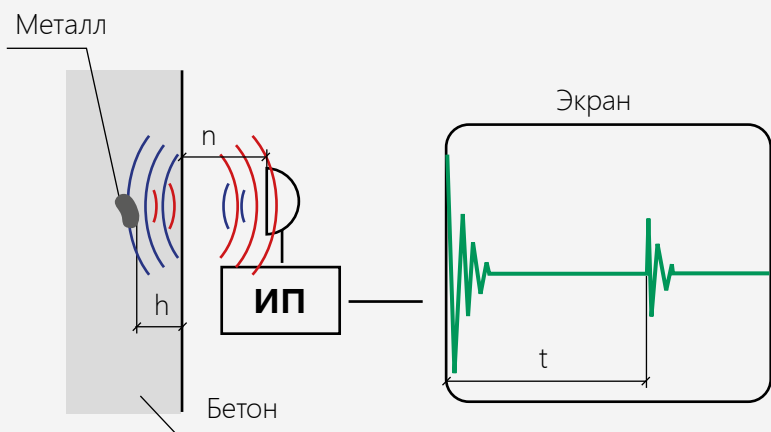
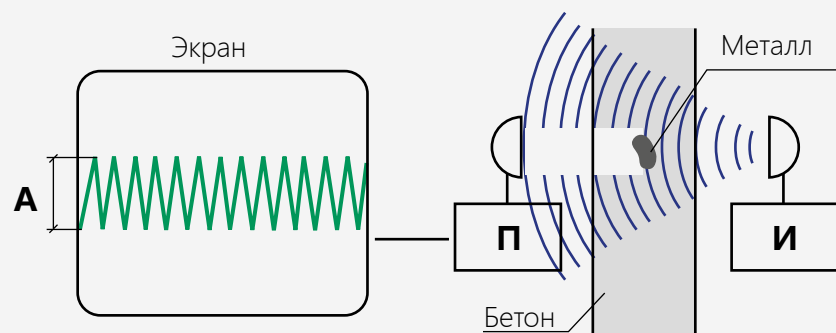
МЕТОД	ОСНОВАН НА
Временной	на регистрации мощности лучистой энергии электромагнитных волн, взаимодействующих с контролируемым объектом, с помощью болометров
Поляризационный	анализе поляризации волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Геометрический	регистрации точки, соответствующей максимальному значению интенсивности волнового пучка после взаимодействия с контролируемым объектом

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Детекторный (диодный)	регистрации энергии электромагнитного излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом, с помощью диодов
Болометрический	на регистрации мощности лучистой энергии электромагнитных волн, взаимодействующих с контролируемым объектом, с помощью болометров
Термисторный	регистрации мощности лучистой энергии электромагнитных волн, взаимодействующих с контролируемым объектом, с помощью термисторов
Интерференционный	получении первичной информации об объекте по образованию в плоскости изображения соответствующего распределения интенсивности и фазы волнового излучения, прошедшего через объект или отражённого контролируемым объектом

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Голографический	регистрации интерференционной картины, получаемой при взаимодействии опорного и рассеянного контролируемым объектом полей когерентных волн с последующим восстановлением изображения объекта
Жидких кристаллов	регистрации распределения температуры по поверхности контролируемого изделия с помощью термоиндикаторов на основе жидких кристаллов
Термобумаг	регистрации температуры по поверхности контролируемого объекта с помощью необратимых термоиндикаторов, представляющих собой чёрную бумагу с термочувствительным слоем, плавящимся при определенной температуре, в результате чего обнажается чёрная контрастная основа
Термолюминофоров	регистрации распределения температуры по поверхности контролируемого объекта с помощью люминофоров, наносимых на контролируемую поверхность и изменяющих яркость свечения в зависимости от температуры
Фото-управляемых полупроводниковых пластин	регистрации пространственной структуры СВЧ поля, взаимодействующего с контролируемым объектом в плоскости фотоуправляемой полупроводниковой пластины, и измерении коэффициента отражения (прохождения) электромагнитной волны от освещенного участка пластины
Калориметрический	измерении тепловых эффектов (количества теплоты)

Принципиальная схема метода радиоволнового контроля



Технологические ограничения

1. Требует двустороннего доступа к объекту с максимально соосным расположением антенн излучателя и приемника
2. Не дает возможности определять глубину залегания металлических включений
3. Металлические включения могут давать слабое отражение радиоволн
4. Основным фактором, влияющим на результат контроля, при дефектоскопии многослойных изделий является изменение толщины составляющих слоёв, обусловленное случайными технологическими или специальными конструктивными причинами. Такие изменения по площади или объёму изделия в значительной степени ухудшают достоверность и эффективность радиоволновых методов.



Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Металлические включения в неметаллических материалах

ТИП ДЕФЕКТА

- Внутренние

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Трещины от 0,05 мм и более
- Разноплотность порядка 0,05 г/см
- Микродефекты и микронеоднородности значительно меньше рабочей длины волн

Область применения



Строительство

НАЗНАЧЕНИЕ

Поиск и исследование металлических включений в неметаллических материалах (например, арматура в железобетоне или трассировка скрытой электропроводки в стене здания, если ее схема утеряна)



ДОСТОИНСТВА

- Может быть реализован в непрерывном режиме излучения радиоволн, что существенно упрощает радиоаппаратуру
- Некритичен к заземлению исследуемых металлических включений
- Не требует двустороннего доступа к объекту
- Позволяет автоматически определять глубину залегания металлических включений

НЕДОСТАТКИ

- Требует двустороннего доступа к объекту с максимально соосным расположением антенн излучателя и приемника
- Не даёт возможности определять глубину залегания металлических включений
- Заземленные металлические включения дают слабое отражение радиоволн

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Радиопрозрачность объекта контроля
- Радиоконтрастность объекта контроля

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. Sensors & Software Inc., Канада
2. Tokyo Keiki Inc., Япония

РОССИЙСКИЕ

1. АО «НПО «Интротест»
2. ООО «АНК»
3. ООО «Аттэк»

Радиопрозрачность объекта контроля

Интегральная характеристика, отражающая способность объекта контроля пропускать радиоволны определенной частоты или диапазона частот при заданном значении динамического энергетического диапазона радиоволнового прибора.

Радиоконтрастность объекта контроля

Степень различия электрофизических свойств объекта контроля или дефектов в нем от свойств окружающей среды.

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ



Основан на анализе параметров тепловых полей контролируемых объектов, вызванных дефектами



Классификация методов НК

01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Тепловой контактный	регистрации теплового потока, получаемого контролируемым объектом при непосредственном контакте с источником тепла.
Конвективный	регистрации теплового потока, передаваемого контролируемому объекту в результате процесса конвекции.
Собственного излучения	регистрации параметров собственного излучения контролируемого объекта.

02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Термометрический	контактной или дистанционной регистрации температуры контролируемого объекта
Теплометрический	регистрации теплового потока либо величин, его определяющих.

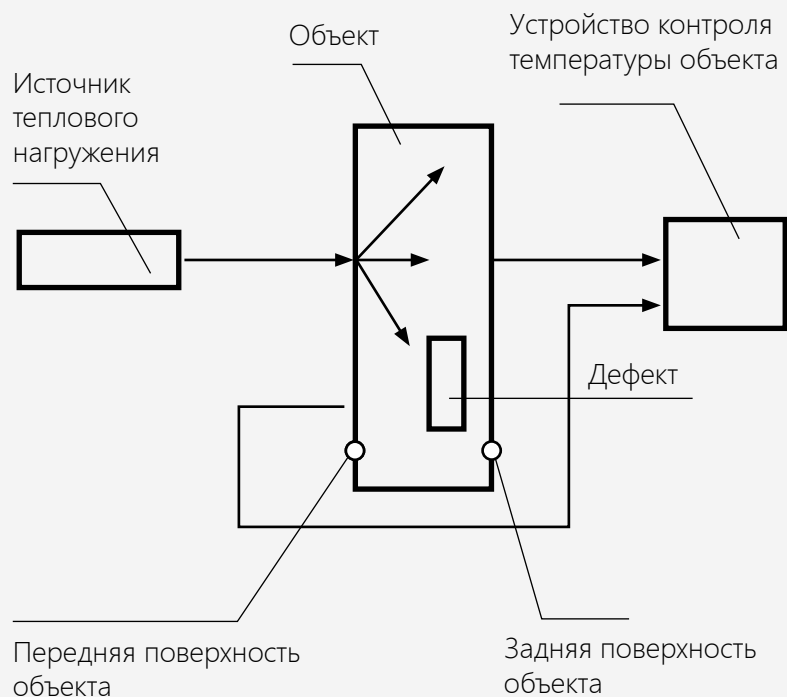
03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Пирометрический	с помощью визуальных или фотоэлектрических пирометров
Жидких кристаллов	регистрации распределения температуры по поверхности контролируемого изделия с помощью термоиндикаторов на основе жидких кристаллов
Термокрасок	регистрации распределения температуры по поверхности объекта с помощью химических красок, изменяющих цвет под действием тепловой энергии контролируемого объекта
Термобумаг	регистрации температуры по поверхности контролируемого объекта с помощью необратимых термоиндикаторов, представляющих собой черную бумагу с термочувствительным слоем, плавящимся при определенной температуре, в результате чего обнажается чёрная контрастная основа
Термолюминофоров	регистрации распределения температуры по поверхности контролируемого объекта с помощью люминофоров, наносимых на контролируемую поверхность и изменяющих яркость свечения в зависимости от температуры

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Термозависимых параметров	изменении температуры контролируемого объекта с помощью его термозависимых параметров (сопротивления, ёмкости и т. п.)
Оптический интерференционный	в приповерхностных слоях среды, окружающей нагретый объект, по интерференционной картине
Калориметрический	измерении тепловых эффектов (количеств теплоты)



Принципиальная схема метода теплового контроля



⚠ Технологические ограничения

1. Высокая стоимость аппаратуры.
2. Высокая температура объектов контроля.
3. Дистанционность и возможность контроля объекта в процессе его эксплуатации.
4. Расстояние достоверных результатов контроля объекта, нагретого относительно окружающей среды на 50 °С, составляет до 50 м.
5. Распределение температуры принимаемого теплоизлучения по шкале Цельсия характеризуется тонами и оттенками цветового изображения.
6. Различаемая разность температур между объектом и внешней средой составляет min 5 °С.

🔍 Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Растрескивание и расслоение из-за внутренних напряжений
- Механические повреждения
- Трещины усталостные, термические, ползучести, коррозии
- Утонение стенок трубопроводов
- Качество сварных соединений
- Литейные дефекты – усадочные раковины
- Пористость
- Флокены
- Внутренние разрывы

ТИП ДЕФЕКТА

- Внутренние
- Наружные

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Изменение температуры 0,001 С
- Изменение геометрических размеров и формы объектов от 0,01 мм
- Величина дефектов от 0,01 мм
- Изменение теплопроводности, теплоёмкости от 5 %

Область применения



Металлургическая промышленность



Литейное производство



Теплоэнергетика



Шарикоподшипниковое производство



Строительство



Трубное производство



Оборонно-промышленный комплекс



Производство электродвигателей

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ



НАЗНАЧЕНИЕ

- Диагностика котлоагрегатов, паропроводов, теплотрасс, промышленных вытяжных труб, объектов металлургического производства
- Оценка температуры расплавов



ДОСТОИНСТВА

- Дистанционность
- Возможность контроля объекта в процессе его эксплуатации
- Возможность выведения оператора из зоны действия повышенной температуры

НЕДОСТАТКИ

- Высокая стоимость аппаратуры

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- С поверхности объекта контроля должны быть удалены частицы или загрязнения, мешающие проведению контроля
- На поверхности объекта контроля должны быть отмечены границы контролируемого участка и явных дефектов, выявленные визуально или другими методами неразрушающего контроля
- На поверхность объекта контроля должны быть нанесены термоиндикаторы, установлены термометры и термопары (при контактных тепловых методах)

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. HELLING GMBH (<http://www.helling-ndt.de/>)
2. Raytek, США
3. Flir Systems Inc., США
4. La-Co Industries Inc., США
5. Thermo Fisher Scientific Inc., США
6. Fluke Corp., США
7. Optris GmbH, Германия

РОССИЙСКИЕ

1. ООО НПП Интерприбор (<https://www.interpribor.ru>)
2. ООО «АНК»
3. ГК «Теплоприбор»
4. ООО «Техно-АС»
5. ОКБ «Астрон»
6. ООО «Электронприбор»
7. Акип (АО «ПриСТ»)

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

 **VITRONIC**
max. time vision people



Основан на регистрации параметров оптического излучения после взаимодействия с контролируемым объектом или собственного оптического излучения исследуемого объекта



01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Прошедшего
излучения

регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, прошедших сквозь контролируемый объект

Отражённого
излучения
(эхо-метод)

регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, отражённых от дефекта или поверхности раздела двух сред

Рассеянного
излучения

регистрации характеристик волн, полей или потока частиц, рассеянных от дефекта или поверхности раздела двух сред

Индукцированного
излучения

регистрации излучения, генерируемого контролируемым объектом при постороннем воздействии (например, люминесценция, фотолюминесценция)



02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

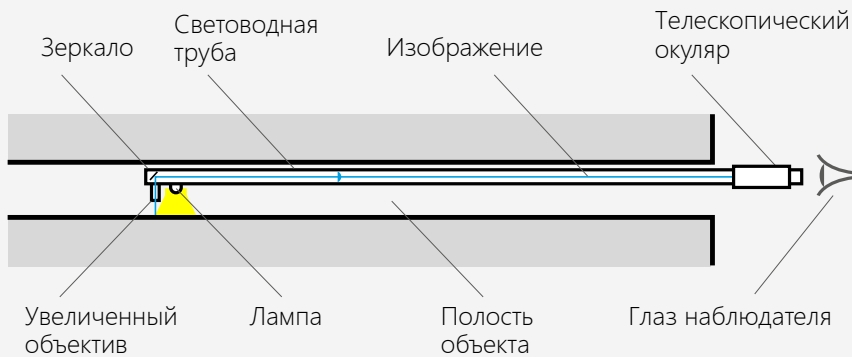
МЕТОД	ОСНОВАН НА
Амплитудный	регистрации амплитуды волн (полей, потоков), взаимодействующих с контролируемым объектом
Фазовый	анализе фазы волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Временной	регистрации времени прохождения волн (полей, потоков) через контролируемый объект
Частотный	анализе частоты волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Поляризационный	анализе поляризации волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Геометрический	регистрации точки, соответствующей максимальному значению интенсивности волнового пучка после взаимодействия с контролируемым объектом
Спектральный	анализе спектра физического поля (излучения) после взаимодействия с контролируемым объектом

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Интерференционный	получении первичной информации об объекте по образованию в плоскости изображения соответствующего распределения интенсивности и фазы волнового излучения, прошедшего через объект или отражённого контролируемым объектом
Нефелометрический	получении информации о контролируемом объекте по изменению интенсивности и поляризации оптического излучения, проходящего через объект, в результате рассеяния на неоднородностях
Голографический	регистрации интерференционной картины, получаемой при взаимодействии опорного и рассеянного контролируемым объектом полей когерентных волн с последующим восстановлением изображения объекта
Рефрактометрический	регистрации показателей преломления контролируемого объекта в различных участках спектра оптического излучения
Рефлексометрический	регистрации интенсивности светового потока, отражённого от изделия
Визуально-оптический	получении первичной информации об объекте при визуальном наблюдении или с помощью оптических приборов



Перископический метод оптического контроля прямолинейной полости



1. Спектральные и интегральные фотометрические характеристики зависят от строения вещества, его температуры, физического (агрегатного) состояния, микрорельефа, угла падения излучения, степени его поляризации, длины волны
2. Внутренние дефекты могут выявляться только в прозрачных материалах в оптической области спектра
3. Эффективность применения метода зависит от правильности выбора геометрических, спектральных, светотехнических, временных характеристик и условий освещения и наблюдения ОК
4. Для большей эффективности следует обеспечить максимальный контраст дефекта подбором углов освещения и наблюдения спектра и интенсивности источника, а также состояния поляризации и степени когерентности света
5. Спектральные характеристики оптических свойств определяются совокупностью значений КПП для различных частот излучения. Как правило, спектр КПП находят экспериментально
6. Опасные температура или химическая среда могут представлять опасность
7. Спектральные и интегральные фотометрические характеристики зависят от строения вещества, его температуры, физического (агрегатного) состояния, микрорельефа, угла падения излучения, степени его поляризации, длины волны.
8. Внутренние дефекты могут выявляться только в прозрачных материалах в оптической области спектра.
9. Эффективность применения метода зависит от правильности выбора геометрических, спектральных, светотехнических, временных характеристик и условий освещения и наблюдения ОК.

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Нарушения сплошности
- Расслоения
- Поры
- Трещины
- Включения инородных тел
- Внутренние напряжения
- Изменения структуры материалов
- Изменения физико-химических свойств
- Отклонения от заданной геометрической формы
- Точечная коррозия
- Измерение линейных или угловых перемещений, происходящих в агрегатах машин и в устройствах
- Измерение линейных размеров и отклонений формы особо точных деталей машин и измерительных инструментов, а также для поверки концевых мер длины 1, 2, 3, 4 и 5-го классов точности

ТИП ДЕФЕКТА

- Внутренние.

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Дефектность, отклонение от заданной формы 0,1-1 мм
- Микродефекты и микронеоднородности значительно меньше рабочей длины волны



Опасные производственные объекты



Энергетическая промышленность



Машиностроение



Авиационно-космическая промышленность



Автомобильная промышленность



Атомная промышленность



Нефтехимическая промышленность



Химическая промышленность

НАЗНАЧЕНИЕ

- Легко доступные наружные поверхности объекта и широкие полости
- Узкие длинные прямолинейные полости
- Узкие длинные искривлённые полости
- Контроль поверхности осевых каналов роторов паровых турбин
- Контроль цилиндрических отверстий, пересекающихся отверстий, внутренней резьбы и на других недоступных участках
- Визуальный контроль узлов двигателей, систем питания горючим, воздухом, систем управления и торможения
- Контроль отливок и головок, недоступных мест масляных систем, механических и электрических конструкций, при диагностировании двигателей
- Контроль лопаток турбин, генераторов, двигателей, насосов, при визуальном контроле бойлерных труб
- Контроль внутренних поверхностей атомных реакторов без разборки
- Контроль испарительных конструкций, ректификационных блоков, камер химических реакций, цилиндров, барабанов и других типов оборудования

ДОСТОИНСТВА

Необходимо обеспечить максимальный контраст дефекта подбором углов освещения и наблюдения спектра и интенсивности источника (непрерывного или стробоскопического), а также состояния поляризации и степени когерентности света

НЕДОСТАТКИ

В случаях, когда вредное излучение, температура или химическая среда представляет опасность для контроля или, когда конфигурация объекта контроля не дает возможности его контролировать непосредственно, применяют агрегатные комплексы дистанционного оптического контроля, в состав которых входят телевизионная установка, световой прибор и системы позиционирования и транспортировки

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- С поверхности объекта контроля должны быть удалены частицы или загрязнения, мешающие проведению контроля
- На поверхности объекта контроля должны быть отмечены границы контролируемого участка и характер возможных дефектов
- Достаточная для контроля освещённость контролируемого объекта

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. Fluke Corp., США.
2. Testo SE & Co. KGaA, Германия

РОССИЙСКИЕ

1. Монотест, НПП, ООО (www.monotest.ru)
2. ЗАО НИИИН МНПО «Спектр» (<http://www.niirin.ru/>)
3. Научно-производственный, Центр «Кропус» ТМ (<http://www.kropus.ru/>)
4. ООО «Константа» (<http://constanta.ru>)
5. НПП «Машпроект» (<http://www.mashproject.ru/>)
6. АО «ПО «УОМЗ»
7. ООО «Искролайн пром групп рус»
8. АО «Интек»
9. ООО «АНК»

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ



Основан на анализе параметров проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом



01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Прошедшего
излучения

регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, прошедших сквозь контролируемый объект

Рассеянного
излучения

регистрации характеристик волн, полей или потока частиц, рассеянных от дефекта или поверхности раздела двух сред

Активационного
анализа

анализе ионизирующего излучения, источником которого является наведенная радиоактивность контролируемого объекта, возникшая в результате воздействия на него первичного ионизирующего излучения

Характеристического
излучения

регистрации параметров характеристического излучения, испускаемого электронными оболочками атомов облучаемого вещества контролируемого объекта под воздействием первичного излучения

Автоэмиссионный

генерации ионизирующего излучения веществом контролируемого объекта без активации его в процессе контроля



02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Плотности потока энергии

регистрации плотности потока энергии ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом.

Спектральный

анализе спектра физического поля (излучения) после взаимодействия с контролируемым объектом.



03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Сцинтилляционный

регистрации ионизирующего излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом, сцинтилляционным детектором

Ионизационный

регистрации заряженных частиц, возникающих при ионизации атомов материала контролируемого объекта, ионизационной камерой, счетчиком Гейгера, пропорциональным детектором

Вторичных электронов

регистрации потока высокоэнергетических вторичных электронов, образованного в результате взаимодействия проникающего излучения с контролируемым объектом

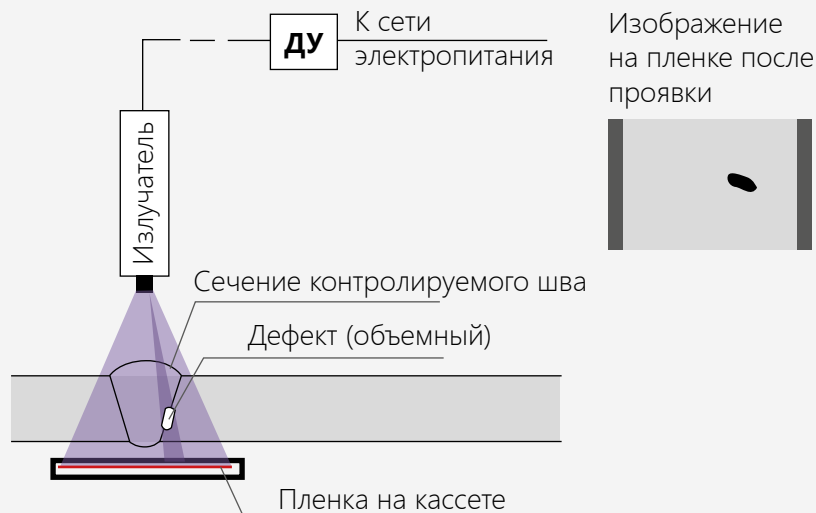
Радиографический

преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или записи этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение

Радиоскопический

регистрации ионизирующих излучений после взаимодействия с контролируемым объектом на флуоресцирующем экране или с помощью электронно-оптического преобразователя

Принципиальная схема метода радиационного контроля



Технологические ограничения

1. Невозможность обнаружения наиболее опасных плоскостных дефектов.
2. Все радиационные методы связаны с высокой опасностью.
3. Все лаборатории, осуществляющие радиационный контроль, должны иметь соответствующую лицензию и санитарно-гигиенический паспорт.
4. Стационарная аппаратура.
5. Большой расход энергии.
6. Зона проведения работ, где не должно быть посторонних лиц, составляет 25-50 м.
7. Оператор должен быть одет в специальный костюм и оснащён счётчиком Гейгера.
8. Источником излучения является специальный генерирующий аппарат, располагаемый по одну сторону от объекта, а на другой стороне крепится рентгеновская фотоплёнка, упакованная в гибкую светонепроницаемую кассету.
9. Применяются негенерирующие (т.е. непрерывно самоизлучающие) мощные естественные источники гамма-излучения – элементы из радиоактивных металлов (уран, стронций, иридий, кобальт), помещённые в специальные переносные свинцовые колбы с дистанционно управляемым затвором.
10. Лаборатории, применяющие его, должны быть обязательно обеспечены специальным хранилищем для источников излучения и специальным автомобилем для их перевозки.
11. В случае стационарного контроля преобразователь изображения и контролируемый объект должны быть помещены в специальной камере (бункере). Толстые стены камеры выполнены из бетона со свинцовым наполнителем (дробь), помещение снабжено датчиками присутствия, а входная дверь – датчиком закрытия.
12. Лаборатории должны быть обязательно обеспечены специальным хранилищем для источников излучения и специальным автомобилем для их перевозки.

Область применения



Машиностроение



Металлургическая промышленность



Судостроение



Авиакосмическая промышленность

НАЗНАЧЕНИЕ

- Контроль качества сварных соединений
- Контроль толстых стальных объектов – 25-80 мм



Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Трещины
- Непровары
- Поры
- Раковины
- Металлические и неметаллические включения
- Утяжины
- Превышения проплава
- Подрезы
- Прожоги
- Смещения кромок

ТИП ДЕФЕКТА

- Наружные
- Подповерхностные

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Дефекты раскрытием от 1 мкм и более



ДОСТОИНСТВА

- Наглядность результатов контроля
- Возможность выявления мелких округлых дефектов (пор), которые ультразвуковой дефектоскопией определяется ненадёжно

НЕДОСТАТКИ

- Источник радиационного излучения
- Аппаратура не склонна к портативности
- Аппараты для рентгеновского контроля характеризуются большим расходом электроэнергии
- Невозможно обнаружить наиболее опасные плоскостные дефекты, так как они практически не влияют на торможение лучистой энергии

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Объект контроля должен быть помещён в специальную камеру

Производители оборудования

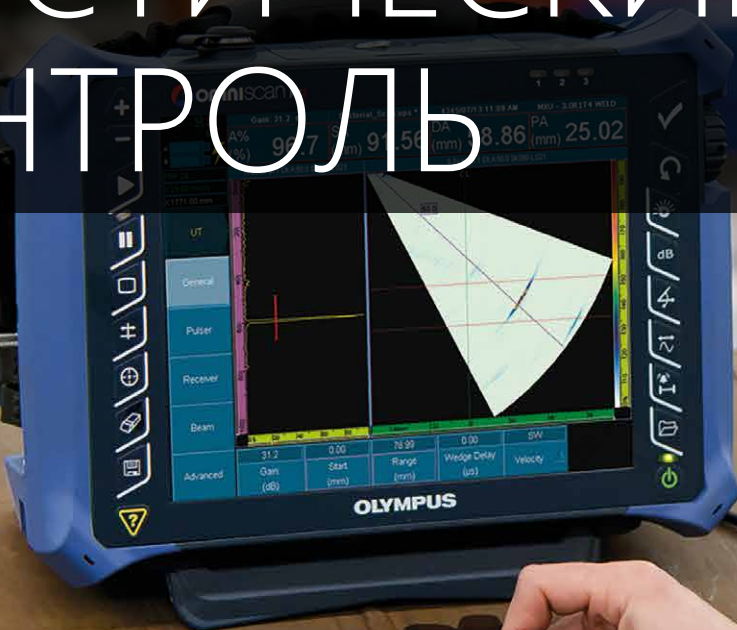
ИНОСТРАННЫЕ

1. John Macleod Electronics (JME Ltd.), Великобритания.
2. Balteau NDT SA, Бельгия
3. GE Inspection and Non-Destructive Testing, США
4. DüRR NDT GmbH & Co. KG, Германия
5. Olympus Corp., Япония
6. Bosello HT, Италия
7. Teledyne ICM SA, Бельгия
8. YXLON International GmbH, Германия
9. Dandong Aolong Radiative Instrument Group Co., Ltd, Китай
10. FUJIFILM Corp., Япония
11. Carestream Health, Inc., США

РОССИЙСКИЕ

1. ИКБ «Градиент».
2. RayCraft (ООО «Рейкрафт»).
3. ООО «Неразрушающий контроль» (услуги НК)
4. ООО «НПК «Микрокон».
5. ООО «Эридан-Сервис»
6. ЗАО «Ренекс»
7. УП «Атомтех»
8. ООО «Полимастер»
9. ООО «Спектрофлэш»
10. ООО «Синтез НПФ»
11. ЗАО «Синтез НДТ»
12. ЗАО «Литас»
13. ООО «Арион»
14. ООО «Флэш электроникс»
15. ООО «НПП «Доза»
16. ООО «НПП «Монотест»
17. ООО «Алта-Русь»
18. ООО «Арсенал
Неразрушающего Контроля»

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



Основан на анализе параметров упругих волн, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте.

(При использовании возбуждаемых упругих волн ультразвукового диапазона частот выше 20 кГц допустимо применение термина «ультразвуковой» вместо термина «акустический»)



01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Прошедшего излучения	регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, прошедших сквозь контролируемый объект
Отраженного излучения (эхо-метод)	регистрации волн, полей или потока элементарных частиц, отраженных от дефекта или поверхности раздела двух сред
Резонансный	регистрации параметров резонансных колебаний, возбужденных в контролируемом объекте
Импедансный	анализе изменения величины механического импеданса участка поверхности контролируемого объекта
Свободных колебаний	регистрации параметров свободных механических колебаний, возбужденных в контролируемом объекте
Акустико-эмиссионный	анализе параметров упругих волн акустической эмиссии
Акустико-ультразвуковой	анализе параметров упругих волн ультразвукового диапазона частот (выше 20 кГц)



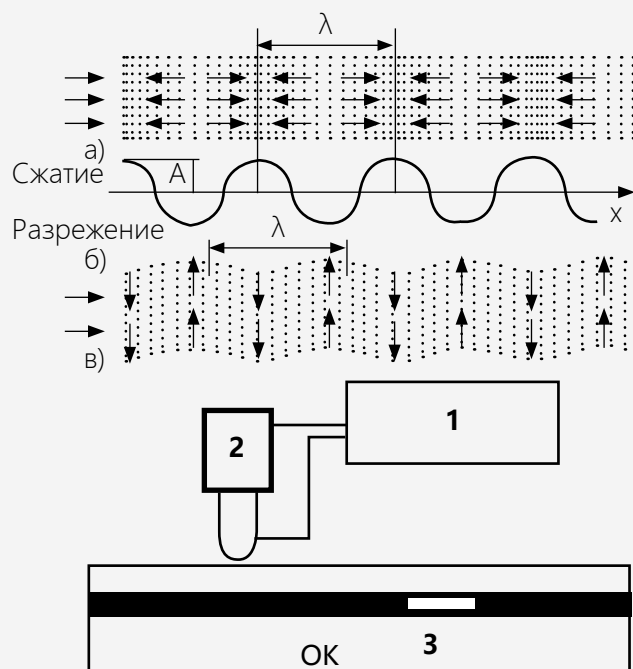
02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Амплитудный	регистрации амплитуды волн (полей, потоков), взаимодействующих с контролируемым объектом
Фазовый	анализе фазы волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Временной	регистрации времени прохождения волн (полей, потоков) через контролируемый объект
Частотный	анализе частоты волн, взаимодействующих с контролируемым объектом
Спектральный	анализе спектра физического поля (излучения) после взаимодействия с контролируемым объектом

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Пьезоэлектрический	регистрации акустических волн пьезоэлектрическим детектором
Электромагнитно-акустический	регистрации акустических волн после взаимодействия с контролируемым объектом с помощью вихретокового преобразователя
Микрофонный	регистрации акустических волн с помощью микрофона
Порошковый	регистрации увеличения амплитуд акустических колебаний отделенных дефектами участков вследствие их резонансов на собственных частотах с помощью тонкодисперсного порошка

Принципиальная схема метода акустического контроля



Технологические ограничения

1. Требуется специальная многоканальная аппаратура
2. Предельная чувствительность акустико-эмиссионной аппаратуры по расчетным оценкам составляет порядка 1×10^{-6} мм².
3. Проводится только при создании в конструкции напряженного состояния, инициирующего в материале объекта работу источников АЭ
4. Выбор вида нагрузки определяется конструкцией объекта и условиями его работы, характером испытаний
5. Требуется двусторонний доступ к объекту с соосным расположением излучателя и приемника
6. Сложно определять глубину залегания дефектов
7. Необходим специальный дефектоскоп с дополнительным приемным каналом

Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Свищи
- Протечки в уплотнениях, заглушках, арматуре и фланцевых соединениях
- Истечение рабочего тела (жидкости или газа)
- Трещины
- «Неприклеи»
- При пассивном акустическом контроле дефект сам проявляет себя ее излучением
- Выявление дефектов любой формы и ориентации
- Обнаружение и регистрация развивающихся дефектов позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности

- Выявление приращения трещины на десятые доли миллиметра
- Истечение рабочего тела (жидкости или газа) через сквозные отверстия

ТИП ДЕФЕКТА

- Плоские
- Объемные.

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Дефекты раскрытием от 1 мкм и более.



Металлургическая промышленность



Железнодорожный транспорт



Динамически работающие агрегаты



Трубное производство



Аэрокосмическая промышленность



Военная промышленность



Строительство



Судостроительное производство



Судоремонтное производство

НАЗНАЧЕНИЕ

- Контроль железнодорожных колёс
- Оценки высоты заведомо выявленных внутренних дефектов, в т.ч. в плоском объекте
- Течеискание на трубопроводах, сосудах и резервуарах
- Диагностика компрессоров газопроводных систем в металлургическом производстве.
- Выявление развивающихся дефектов
- Контроль различных технологических процессов и процессов изменения свойств и состояния материалов
- Обнаружение, определение координат и слежение (мониторинг) за источниками акустической эмиссии, связанными с несплошностями на поверхности или в объеме стенки сосуда, сварного соединения и изготовленных частей и компонентов
- Оценки скорости развития дефекта
- Оценка качества спайки и сварки
- Проверка качества присоединения звукопоглощающих покрытий на корпусах подводных лодок
- Контроль крупных отливок и поковок
- Оценка размеров дефекта
- Контроль динамически работающих агрегатов
- Формирование адекватной системы классификации дефектов и критериев оценки технического состояния объекта, основанные на реальном влиянии дефекта на объект
- Оценка скорости развития дефекта
- Контроль многослойных неметаллических и композитных материалов
- Контроль крупных поковок и отливок.
- Оценка размеров внутренних дефектов в поковках и отливках.
- Оценка качества (определения марки) бетона
- Возможность определения типа дефекта – плоскостные дефекты или объёмные
- Определение глубины залегания
- Проверки качества межметаллической адгезии в биметаллах
- Контроль объектов при их изготовлении – в процессе приёмочных испытаний, при периодических испытаниях, в процессе эксплуатации

ДОСТОИНСТВА

- Обеспечивает обнаружение и регистрацию только развивающихся дефектов, что позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности
- Позволяет выявить приращение трещины на десятые доли миллиметра
- Обеспечивает контроль всего объекта с использованием одного или нескольких датчиков, неподвижно установленных на поверхности объекта
- Позволяет проводить контроль различных технологических процессов и процессов изменения свойств и состояния материалов
- Положение и ориентация дефекта не влияют на его выявляемость
- Позволяет измерять толщины от 1 до 50 мм с точностью $\pm 0,001$ мм

НЕДОСТАТКИ

- Требуется двусторонний доступ к объекту с соосным расположением излучателя и приемника.
- Не позволяет определять глубину залегания дефектов.

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Поверхность объекта контроля должна быть предварительно смазана жидкостью (маслом, глицерином и т.п.), или, в некоторых случаях, слой жидкости может быть заменён на эластичный материал (эластичный протектор)
- Шероховатость поверхности в зонах измерений не более 2,5 мкм
- Температура поверхности в зонах измерения должна быть в пределах от 5°C до 40°C

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. Helling GmbH (<http://www.helling-ndt.de/>)
2. Panametrics, NDT Div., США
3. Elcometer Ltd, Великобритания
4. GE Inspection and Non-Destructive Testing, США
5. Olympus Corp., Япония
6. Proceq SA, Швейцария
7. Sonotron NDT, Израиль
8. Starmans electronics s.r.o., Чехия
9. IntroscoP S.A., Молдавия
10. Karl Deutsch Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Германия
11. Krautkramer Branson, Германия
12. Sonatest Ltd, Великобритания
13. StressTel Corp., США

РОССИЙСКИЕ

1. Ака-Скан, ООО (www.aka-scan.ru)
2. «НПО «Алькор»» (<http://alcor.pro/>)
3. ООО «Акустические Контрольные Системы» (<https://acsys.ru/>)
4. ООО «ИнтерюниС-ИТ» (<http://interunis-it.ru/>)
5. Научно-производственный Центр «Кропус» ТМ (<http://www.kropus.ru/>)
6. ООО «НПП «Промприбор»» (<https://www.ndtprompribor.ru/>)
7. ООО «НПЦ «Эхо+»» (<http://www.echoplus.ru/>)
8. ООО НПК «Луч» (<http://www.luch.ru/news.php>)
9. Компания «Нординкрафт» (<http://www.nordinkraft.com/>)
10. ООО «Физприбор» (<http://fpribor.ru/>)
11. Novotest (<http://www.novotest-russia.ru>)
12. ООО «АКС» (<https://acsys.ru/>)
13. ООО «Альфа - Пьезо» (<http://www.alfapiezo.ru/>)
14. ООО НПП Интерприбор (<https://www.interpribor.ru>)
15. ИКБ «Градиент»
16. ООО «НК «Амати-Акустика»
17. ООО «Константа УЗК»
18. ООО «АЛТЕК»
19. ООО «Балтех»
20. ООО «ЭТМС»
21. АО «НПО «Интротест»
22. ООО «АЛТА-РУСЬ»
23. ООО «Алтеc» (<http://scaruch.ultes.info/>),

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Основан на регистрации параметров
вибраакустического сигнала,
возникающего при работе
контролируемого объекта

Возбудители вибрации и шумов, как правило, имеют механическое, магнитное или аэродинамическое происхождение.



Механические колебания (вибрации) генерируют несбалансированные вращающиеся опоры, зубчатые передачи, щеточно-коллекторные узлы и другие детали. Их дисбаланс вызывает вибрации с кратными частотами



Магнитные колебания вызываются изменениями электромагнитных усилий в воздушном зазоре систем с аналогичным названием



Аэродинамические колебания создаются движением деталей в механизмах.

Возникновение вибраций говорит о наличии повреждений, параметры которых устанавливают путем измерения колебаний.

На работающих однотипных агрегатах измеряют характеристики активности вибрации, которые сравнивают с таковыми для эталонного (заведомо бездефектного) агрегата. В случае кардинального отличия от характеристик эталона агрегат выводят из эксплуатации



Классификация методов НК

01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Механические колебания	оценке движения точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин

02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

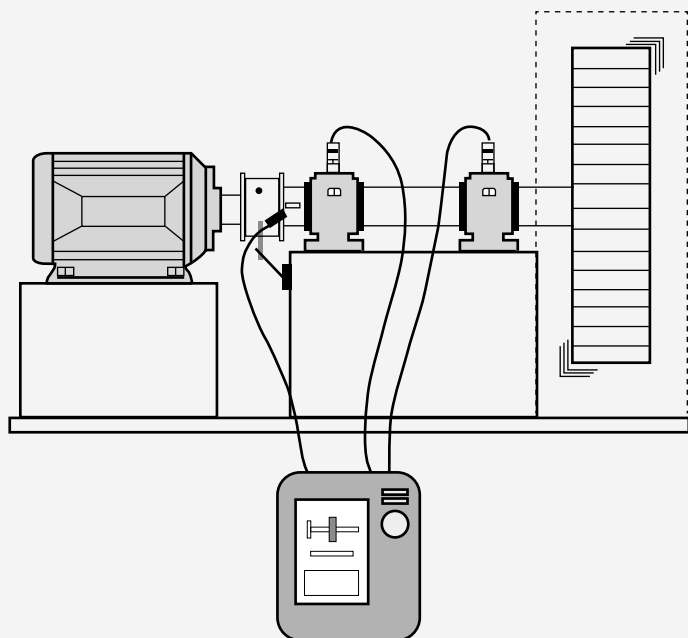
МЕТОД	ОСНОВАН НА
	оценке статистических параметров колебательного процесса механических колебаний

03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Пьезоэлектрический	регистрации акустических волн пьезоэлектрическим детектором.
Электромагнитно-акустический	регистрации акустических волн после взаимодействия с контролируемым объектом с помощью вихретокового преобразователя.



Принципиальная схема метода виброакустического контроля



⚠️ Технологические ограничения

1. Используют при установившемся режиме работы объекта
2. Относится к процессу мониторинга сигнатур вибраций оборудования или конструкции, характерных для части вращающегося механизма, и анализа этой информации для определения состояния этого оборудования
3. Применение вибродиагностического метода может вызывать отрицательный экономический эффект
4. Слабая чувствительность к изменениям сравнительно низкоуровневых частотных составляющих при оценке состояния по общему уровню вибрации
5. Зависимость ряда диагностических признаков от индивидуальных особенностей агрегатов
6. Помимо наличия датчика вибрации необходим фотоэлектрический или лазерный датчик для определения частоты вращения машинного вала

🔍 Дефекты

ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Дисбаланс
- Ослабление соединений и опор
- Отсутствие соосности
- Параллельность и геометрические изменения линии вала
- Обрывы болтов
- Излишек и недостаточность смазки
- Износ и повреждения различных узлов и деталей

ТИП ДЕФЕКТА

- Плоские
- Объемные

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Дефекты раскрытием от 1 мкм и более

Область применения

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



Двигатели



Нефтегазовая промышленность



Насосные агрегаты



Металлургическая промышленность



Компрессоры



Машиностроение



Трубопроводы



Железнодорожный транспорт



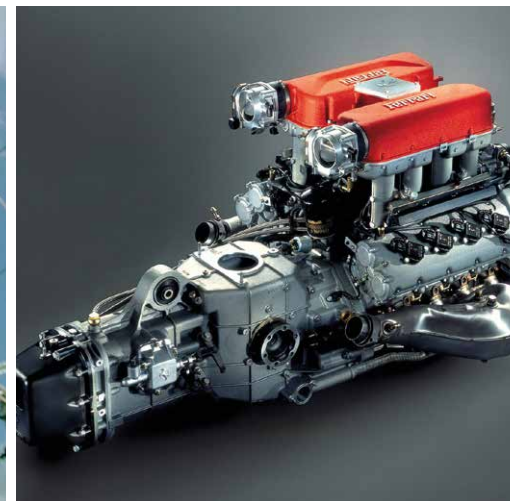
Другие объекты, генерирующие виброакустический сигнал



ЖКХ.



Энергетическая промышленность



НАЗНАЧЕНИЕ

- Наибольший эффект при непрерывном мониторинге эксплуатируемого оборудования
- Уточнение причин дефектов и условий его возникновения и развития и оценка влияющих факторов
- Устранение дефекта или увеличение средней наработки парка оборудования на проявление дефекта (отказа)
- Снижение интенсивности проявления дефекта (отказа) при наиболее ответственных режимах работы и эксплуатации машины
- Выявление и предупреждение отказов и неисправностей
- Поддержание эксплуатационных показателей в установленных пределах
- Прогнозирование состояния в целях полного использования доремонтного и межремонтного ресурса
- Диагностика компрессоров газопроводных систем



ДОСТОИНСТВА

- Практически мгновенная реакция вибросигнала на изменение состояния оборудования
- Возникновение и локализация колебаний в местах дислокации повреждений
- Высокая информативность вибраций
- Возможность выявления скрытых отклонений и находящихся на самой ранней стадии
- Отсутствие необходимости в остановке производственных процессов, а также в сборке и разборке оборудования
- Минимум временных затрат на выполнение процедур контроля

НЕДОСТАТКИ

- Возможность «необоснованного» вывода изделия из эксплуатации вследствие ложных диагнозов на начальном этапе использования метода
- Возможность пропуска в дальнейшую эксплуатацию некоторой части ненадёжных изделий на начальном этапе использования метода
- Необходимость проведения сложных и трудоёмких исследований для разработки методик и средств диагностирования конкретных дефектов
- Жёсткие дополнительные требования к способу крепления датчика
- Сложности выделения вибрационного сигнала

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Наличие вибраций, создаваемых работающим оборудованием, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной структурой исследуемого объекта
- Шероховатость поверхности в зонах измерений не более 2,5 мкм
- Температура поверхности в зонах измерения должна быть в пределах от 5°C до 40°C



Производители оборудования



ИНОСТРАННЫЕ

1. Panametrics, NDT Div., США
2. Elcometer Ltd, Великобритания
3. GE Inspection and Non-Destructive Testing, США
4. Olympus Corp., Япония
5. Proceq SA, Швейцария
6. Sonotron NDT, Израиль
7. STARMANS electronics s.r.o., Чехия
8. INTROSCOP S.A., Молдавия
9. KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Германия
10. Krautkramer Branson, Германия
11. Sonatest Ltd, Великобритания
12. StressTel Corp., США




РОССИЙСКИЕ

1. ООО «Алтес» (<http://scaruch.ultes.info/>)
2. ООО «Балтех»
3. ООО «ЭТМС»
4. ИКБ «Градиент»
5. ООО «НК «Амати-Акустика»
6. ООО «Константа УЗК»
7. ООО «АЛТЕК»
8. АКА-СКАН, ООО (www.aka-scan.ru/),
9. КРОПУС НПЦ (www.kropus.com)
10. «НПО «Алькор» (<http://alcor.pro/>),
11. ООО «Акустические Контрольные Системы» (<https://acsys.ru/>)
12. ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ» (<http://interunis-it.ru/>)
13. ООО «НПП «ПРОМПРИБОР» (<https://www.ndtprompribor.ru/>)
14. ООО «НПЦ «ЭХО+» (<http://www.echoplus.ru/>)
15. ООО НПЦ «ЛУЧ» (<http://www.luch.ru/news.php>)
16. Компания «НОРДИНКРАФТ» (<http://www.nordinkraft.com/>)
17. ООО «Физприбор» (<http://fpribor.ru/>)
18. NOVOTEST (<http://www.novotest-russia.ru>)
19. ООО «Альфа - Пьезо» (<http://www.alfapiezo.ru/>)
20. ООО НПЦ Интерприбор (<https://www.interpribor.ru/>), ООО

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

КОНТРОЛЬ ПРОНИКАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ



Основан на проникновении
веществ в полости дефектов
контролируемого объекта



01 ПО ХАРАКТЕРУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОБЪЕКТОМ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Молекулярный

регистрации вещества, проникающего в (через) дефекты контролируемого объекта в результате межмолекулярного взаимодействия

02 ПО ПЕРВИЧНОМУ ИНФОРМАТИВНОМУ ПАРАМЕТРУ

МЕТОД

ОСНОВАН НА

Жидкостный

регистрации вещества, проникающего в (через) дефекты контролируемого объекта в результате межмолекулярного взаимодействия

Газовый

регистрации газов, проникающих через сквозные дефекты контролируемого объекта



03 ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МЕТОД	ОСНОВАН НА
Яркостный (ахроматический)	регистрации контраста ахроматического следа на фоне поверхности контролируемого объекта в видимом излучении
Цветной (хроматический)	регистрации контраста цветного индикаторного следа на фоне поверхности контролируемого объекта в видимом излучении
Люминесцентный	регистрации контраста, люминесцирующего видимым излучением следа на фоне поверхности контролируемого объекта в длинноволновом ультрафиолетовом излучении
Люминесцентно-цветной	регистрации контраста цветного или люминесцирующего индикаторного следа на фоне поверхности контролируемого объекта в видимом или длинноволновом ультрафиолетовом излучении
Фильтрующихся частиц	регистрации контраста скопления отфильтрованных частиц (люминесцентных, цветных, люминесцентно-цветных) на фоне поверхности контролируемого объекта
Масс-спектрометрический	регистрации ионов пробного газа, проникающего через сквозные дефекты контролируемого объекта
Пузырьковый	регистрации пузырьков пробного газа, проникающего через сквозные дефекты контролируемого объекта
Манометрический	регистрации изменения показаний вакуумметра, обусловленного проникновением воздуха или пробного вещества через сквозные дефекты контролируемого объекта
Галогенный	регистрации пробного вещества, проникающего через сквозные дефекты контролируемого объекта, по изменению эмиссии ионов нагретой металлической поверхностью при попадании на нее пробного вещества, содержащего галогены
Радиоактивный	регистрации интенсивности излучения, обусловленного проникновением радиоактивного вещества через сквозные дефекты контролируемого объекта
Катарометрический	регистрации разницы в теплопроводности воздуха и пробного газа, вытекающего через сквозные дефекты контролируемого объекта
Высокочастотного разряда	регистрации проникновения воздуха или пробного газа по возбуждению разряда в вакууме или на локализации искрового разряда в зоне сквозного дефекта контролируемого объекта
Химический	регистрации проникновения пробных жидкостей или газов веществами, изменяющими свой цвет в результате химической реакции
Остаточных устойчивых деформаций	регистрации остаточных деформаций эластичных покрытий в месте течи
Акустический	регистрации акустических волн, возбуждаемых при взаимодействии сред или структур материала контролируемого объекта



Герметически закрытый объект необходимо наполнить воздухом под давлением и погрузить в специальную прозрачную жидкость.

Степень вакуума должна быть не менее $-0,75 \text{ кгс/см}^2$.

Постоянное смачивание поверхности детали различными жидкими дефектоскопическими материалами.

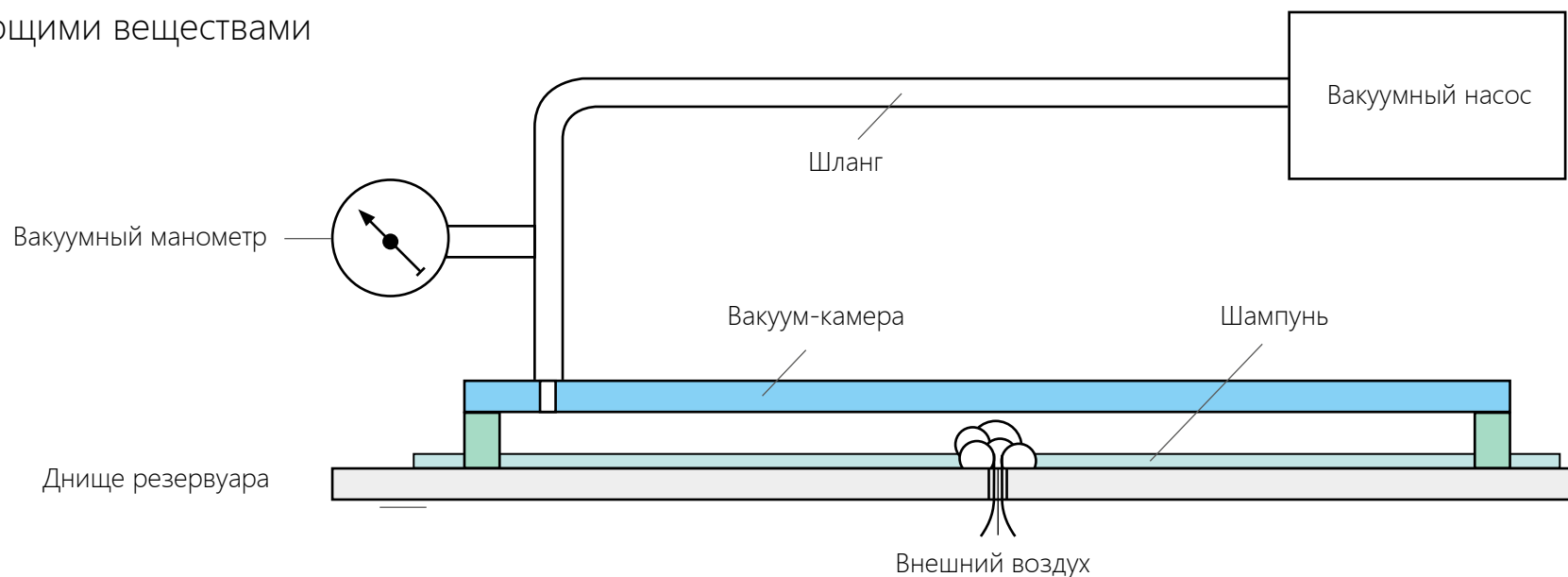
Явления растворения, адсорбции, эмульгирования, диффузии серьезно влияют на конечный результат контроля, прежде всего на его чувствительность.

Необходимыми условиями выявления дефектов методами проникающих жидкостей являются отсутствие загрязнений и других посторонних веществ как в самой несплошности, так и в её устье для проникновения в нее пенетранта, а также хорошая смачиваемость пенетрантом материала объекта контроля.

Глубина несплошности должна значительно превышать ширину её раскрытия.

Метод связан с использованием ядовитого газа, поэтому необходимо применение специальных защитных средств: оператор должен выполнять контроль в противогазе и резиновых перчатках

Принципиальная схема метода контроля проникающими веществами



ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ДЕФЕКТЫ

- Слабораскрытые наружные дефекты в твёрдых стенках
- Сквозные дефекты в твёрдых стенках
- Несквозные дефекты в твёрдых стенках
- Поры
- Раковины
- Непровары
- Трещины
- Межкристаллитная коррозия и иные коррозионные поражения

ТИП ДЕФЕКТА

- Поверхностные
- Сквозные

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ

- Раскрытие от 1 мкм и более
- Протяжённость $\geq 3-5$ мм



Мониторинг запуска и эксплуатации важных объектов



Авиа- и ракетостроение



Судостроение



Автомобилестроение



Металлургическая промышленность



Энергетическая промышленность



Нефтегазовая промышленность



Химическая промышленность

НАЗНАЧЕНИЕ

1. Контроль герметичности днищ и стенок резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов
2. Контроль трубопроводов
3. Контроль сосудов, баллонов, аммиачных трубопроводов
4. Контроль дюкеров
5. Контроль объектов любых размеров и форм, изготовленных из самых разных материалов, включая черные и цветные металлы, стекло, керамику и пластик
6. Контроль сварных соединений.
7. Определение расположения дефектов, их протяжённости и ориентации на поверхности

ДОСТОИНСТВА

- Выявление очень малых дефектов
- Простота и наглядность контроля
- Возможность контроля объектов различной формы

НЕДОСТАТКИ

- Необходимость удаления с поверхности защитных покрытий, смазок, окислы и других загрязнений

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТУ КОНТРОЛЯ

- Контролируемый объект должен быть герметически закрыт
- Чистота обработки поверхности Rz20

Производители оборудования

ИНОСТРАННЫЕ

1. Helling GmbH (<https://www.helling.de/en/home/>)
2. Sherwin Babb Co, Франция
3. MagnaVox Corp., США
4. Pfinder KG, Германия
5. MR Chemie GmbH, Германия
6. Labino AB, Швеция

РОССИЙСКИЕ

1. Научно-производственный Центр «Кропус» ТМ (<http://www.kropus.ru/>)
2. ИКБ «Градиент»
3. ООО «Эридан-Сервис»
4. ООО «Арион»
5. ООО «ИнвоТекс»
6. ООО «Алта-Русь»
7. АО «Виматек»
8. ООО «Диагностика-М»
9. ООО «АНК»

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

Control



**Internationale Fachmesse
für Qualitätssicherung**

**International trade fair
for quality assurance**

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



2020 год

Январь Хьюстон, США

21-23

**Конференция по технологиям
контроля**

Американское общество технологий
сварки

Февраль Вельс/Австрия

04-07

**10-я конференция
по промышленной
компьютерной томографии**

Организатор – Сингапурское общество
неразрушающего контроля

Март Вильямсбург, США

23-26

**Симпозиум о тенденциях
и новых исследованиях,
технологиях и инженерных
практиках в области
неразрушающего контроля**

Американское общество
неразрушающего контроля

Апрель Анахайм/США

26-30

**Международный симпозиум
по структурному мониторингу
здоровья и неразрушающим
методам контроля**

Университет Лавала, Квебек, Канада

Май Штутгарт,
Германия

05-08

**Международная
торговая ярмарка
для обеспечения
качества**

P. E. Schall GmbH &
Co. KG

Марсель/
Франция

12-14

Кофренд дейз

Французская ассоциация
неразрушающего контроля

Квебек/
Канада

14-15

**Международный
симпозиум по мониторингу
внутренних структур
и неразрушающим
методам контроля**

2020 год

Июнь

Сент-Луис,
США

02-03

Неразрушающий контроль аэрокосмических материалов и конструкций

Американское общество неразрушающего контроля

Сеул/Ю.
Корея

08-12

20-я международная конференция по неразрушающему контролю

Корейское общество по неразрушающему контролю

Июль

Палермо,
Италия

06-09

10-й европейский семинар по мониторингу внутренних структур

COLLAGE S.p.A.

Новый
Орлеан, США

28-30

Цифровое представление результатов ультразвукового неразрушающего контроля

Американское общество неразрушающего контроля

Август

Сакраменто, США

18-20

Технологии неразрушающего контроля в строительстве шоссе и мостов

Американское общество неразрушающего контроля

Сентябрь

Гранада/Испания

09-11

34-я европейская конференция по акустическому неразрушающему контролю

Университет Гранады, Гранада, Испания

Ноябрь

Лейк Буэна Виста,
США

09-12

Ежегодная конференция американского общества неразрушающего контроля

Американское общество неразрушающего контроля

Список использованных источников

1. Методы неразрушающего контроля, С.С. Исаев, Красноярск, 2015
2. Неразрушающие методы контроля технического состояния воздушных судов, Д.Ю. Киселёв, Самара, 2017
3. Методы технической диагностики, А.П. Науменко, Омск, 2016
4. Дефекты металла, В.П. Расщупкин, Омск, 2006
5. Методы неразрушающего контроля, Н.И. Кашубский и др., Красноярск, 2009
6. Акустический контроль, А.Ф. Зацепин, Екатеринбург, 2016
7. Неразрушающий контроль в производстве. Часть 1, Е.В. Сударикова, Санкт-Петербург, 2007
8. Система неразрушающего контроля. Справочное пособие, 2003
9. Неразрушающий контроль ПКМ с использованием ультразвуковых физированных решёток. Статья, А.С. Бойчук и др., ВИАМ, 2012
10. ГОСТ 56542-2015 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
11. ГОСТ 24521-80 Контроль неразрушающий оптический. Термины и определения
12. ГОСТ 23702-90 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний
13. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. Утверждена 11.06.2003 Госгортехнадзором РФ.
14. ГОСТ 21105-87 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.
15. ГОСТ 24522-80 Контроль неразрушающий капиллярный
16. ГОСТ Р 52731-2007 Контроль неразрушающий. Акустический метод контроля механических напряжений. Общие требования.
17. ГОСТ 24450-80 Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения.
18. ГОСТ 8.315-97 Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов.
19. РМГ 52-2002 Общие методические рекомендации по применению положений ГОСТ 8.315-97 при разработке и применении стандартных образцов
20. ГОСТ 26266-90 Преобразователи ультразвуковые. Общие технические требования
21. www.docs.cntd.ru
22. www.cyberleninka.ru
23. www.centrattek.ru
24. www.vibro-expert.ru
25. www.ank-service.ru
26. www.zaopkti.spb.ru
27. www.ntcexpert.ru
28. www.profilgp.ru
29. www.svarkalegko.com
30. www.mter.ru
31. www.izmerenie.pro
32. www.arhibild.ru
33. www.moscow.nd-testing.ru
34. www.etalon-rk.ru
35. www.ngpedia.ru
36. www.stankiexpert.ru
37. www.ndt-testing.ru
38. www.olimpekspert.ru

-
39. www.techdiagnostica.ru
 40. www.1-expertiza.ru
 41. www.poznayka.org
 42. www.gosthelp.ru
 43. www.repo.ssau.ru
 44. www.serconsrus.ru
 45. www.nklaboratory.ru
 46. www.lider-nk.ru
 47. www.consult-nk.ru
 48. www.qvality.ru
 49. www.portal.tpu.ru
 50. www.devicesearch.ru.com
 51. www.center-yf.ru
 52. www.nsk-sp.ru
 53. www.prokontrol.ru
 54. www.scienceforum.ru
 55. www.tesng.com
 56. www.isp.viam.ru
 57. www.garant-ekspert.ru
 58. www.norteks.ru
 59. www.aka-scan.ru
 60. www.geo-ndt.ru
 61. www.npksibir.ru
 62. www.logoteh.ru
 63. www.fb.ru
 64. www.defektoskopia.narod.ru
 65. www.quality-centre.ru
 66. www.eam.su
 67. www.vuzlit.ru
 68. www.gendocs.ru
 69. www.lpex.ru
 70. www.expert-dopusk.ru
 71. www.ank-ndt.ru
 72. www.welding.su
 73. www.vniiofi.ru
 74. www.gostrf.com
 75. www.nklaboratory.ru
 76. www.ndt-russia.ru
 77. www.bigenc.ru
 78. www.kpfu.ru
 79. www.niitfa.ru
 80. www.ncontrol.ru
 81. www.microkon.ru
 82. www.constant-us.com
 83. www.vimatec.ru
 84. www.panatest.ru
 85. www.novainfo.ru
 86. www.ndtgrad.ru
 87. www.serconsrus.ru
 88. www.panatest.ru
 89. www.shm-ndt2020.gel.ulaval.ca
 90. www.cofrend2020.com
 91. www.asnt.org
 92. www.ewshm2020.com
 93. <https://www.bindt.org/events/international-events/>
 94. <https://www.control-messe.de/de/>
 95. <https://www.ronktd.ru/exhibitions-and-conferences/world/>



КОМПЛЕКС ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ИМУЩЕСТВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ



ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
ГОРОДА МОСКВЫ

АПР

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ МОСКВЫ

Москва, ЦАО, ул.1905 Года, д.7, стр.1.
8(495) 909-30-69
apr.mos.ru