

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Малыгин Б.В., Кавун В.И., Дюдяева О.А., Дворник А.С.,  
Херсонский государственный морской институт*

*В статье рассмотрены возможности технологии сенсорного радиозондирования для проведения бесконтактного неразрушающего контроля надёжности работы инструмента и деталей машин. С помощью предложенной технологии можно выполнять общий и специальный предварительный контроль состояния изделия или отдельных его участков. Принцип действия аппарата, построенного на основе данной технологии, представляет собой интегральный анализ суммарного радиоспектра излучения конкретного участка изделия, что позволяет судить о степени его радиоспособности.*

*Ключевые слова: неразрушающий контроль, надёжность работы инструмента и деталей машин, технология сенсорного радиозондирования, радиоспектр излучения.*

**Введение.** Неразрушающий контроль (оценка надёжности неразрушающими методами, или проверка без разрушения изделия) – контроль свойств и параметров объекта, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к использованию и эксплуатации. Такой контроль особенно важен при создании и эксплуатации жизненно важных изделий, компонентов и конструкций; для выявления различных изъянов, таких как разъедание, ржавление, растрескивание.

**Актуальность проблемы.** История изучения и практического использования методов неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики насчитывает уже около 80 лет. Ещё в 30-е годы прошлого века повсеместно ставились задачи безразборной электромагнитной дефектоскопии металлических деталей и узлов. Особенно активно эта проблема решалась в 60-е годы в металлургической отрасли, где настоятельно требовались контроль технологических процессов сварки и диагностика сварных соединений.

Позже сфера применения методов расширялась и охватывала практически всю промышленность, в том числе нефтяную, газовую, аэрокосмическую, химическую, другие производственные отрасли, транспорт. Постепенно процесс контроля отдельных технологических процессов изготовления и качества отдельных наиболее важных деталей стал применяться и при диагностике крупных узлов, механизмов, агрегатов, машин, а затем и их комплексов. Естественным итогом стала необходимость создания специальных диагностических систем на всех важных технических объектах, потенциально опасных для жизни людей, которые должны были

контролировать в реальном времени надёжность объектов и их остаточный ресурс.

Сегодня используется достаточно широкий диапазон различных методов неразрушающего контроля. Это и рентгеновские лучи, на снимках, с использованием которых хорошо видны трещины, каверны и неоднородности материала или сварочного шва. Или ультразвук, где трещины проявляют себя всплесками эхо-импульсов на экране контроллера. К сожалению, трудности контроля надёжности работы инструмента, деталей машин и механизмов в машино- и судостроении, высокая стоимость специальной диагностики тормозит её внедрение.

**Изложение основного материала.** С целью решения поставленной задачи и ее упрощения лабораторией ресурсосберегающих технологий института разработана технология и аппаратура с использованием сенсорного радиозондирования, позволяющая провести предварительный контроль работоспособности изделия. Разработанные новые установки серии «Металл Детектор» прошли промышленную апробацию в течение 1990-2010 гг. на более чем 60 предприятиях Украины и зарубежья.

Методика диагностики на аппаратах системы «Металл-Детектор» базируется на аналитическом сравнении излучения радиологического поля (энергетический спектр объекта), которое излучает конкретный образец со знанием энергетического спектра поля изделия при его оптимальном состоянии.

Контроль по спектру поля конкретных участков объекта называется сенсорным зондированием. Контроль состояния ведется с учётом реакции обратных связей в энергосистеме объекта. Такая методика нашла применение в космонавтике, космической биологии, космической медицине, а также в специальной технике. В передовых зарубежных странах подобные методы применяются при стратегических исследованиях объектов, в некоторых разделах металлодиагностики, а также экстрасенсорике второго, третьего и четвёртого уровней.

Эталонные нормальные значения энергии спектра поля конкретных изделий общеизвестны. Их закладывают при изготовлении и настройке приборов. Методика диагностики на аппаратах системы «Металл-Детектор» технологически универсальна, абсолютно безопасна и безвредна. Предлагаемая диагностика дополняется и корректируется традиционными методами неразрушающего контроля. При этом результаты на аппаратах данной серии сочетаются с уточняющими результатами таких традиционных методов контроля, как рентген, УЗИ, металлография и т.п., что облегчает задачу классического анализа и позволяет вести более качественный контроль. Предлагаемые методы и аппараты эффективны для оперативного анализа мест участков вероятного разрушения.

Кроме этого, они незаменимы при ранней диагностике состояния изделий и могут быть применены при выполнении следующего:

1. Проверка общего состояния инструмента или деталей машин.

2. Установка наличия невозможных нарушений, как в отдельных участках изделий, так и в его общей структуре.
3. Определение предрасположенности механизма к выработке ресурса.
4. Определение наличия мест вероятного разрушения.
5. Определение наличия в конкретных изделиях особо опасных участков, локальных мест возможных аварий и т.п.
6. Определение степени надежности, а также локализации нарушений и концентраций внутренних напряжений.
7. Определение недостатков термообработки заготовок, деталей, инструмента, образцов.
8. Определение наличия уплотнений или неоднородностей в металлических образцах.
9. Определение области начальных разрушений.
10. Определение наличия микрорадиационных включений (если таковые имеются).
11. Определение недостатков конструкции при обработке «на отказ».
12. Предварительное заключение по вероятной работоспособности изделия.

Работа проводилась по двум направлениям. Была изготовлена аппаратура следующих типов: «Магнитрон-детектор-Универсал» (одноканальный аппарат со средней чувствительностью) – для универсального применения и «Магнитрон-Элита» (специализированный шестиканальный диагностический аппарат повышенной избирательности и чувствительности) предназначен для проведения научно-исследовательской работы. Основные технические характеристики разработанной аппаратуры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики аппаратов «Магнитрон-детектор-Универсал» «Магнитрон-Элита»

№	Технические характеристики	М-Универсал	М-Элита
1	2	3	4
1	Напряжение питания постоянным током, В	9	9
2	Чувствительность суммарная, МкВ/мин.	0,1...1000	0,001...10000
3	Чувствительность по микропотенциалу, МкВ/мин.	0,05...100	0,01...20
4	Время установления рабочего режима, сек.	40...50	20...60
5	Время диагностики конкретного участка изделия, сек.	20...40	30...50

## Продолжение таблицы 1

6	Программа анализа (число контролируемых параметров)	1...5	3...10
	а) образцы металла	10...22	10...56
	б) инструмент	84...100	84...100
	в) детали машин	20...135	20...400
7	Глубина анализа, мм	0,5...200,0	0,5...200,0
8	Время полного анализа, мин. (макс.)	24	24
	селективного анализа, мин.	1...3	3...5
9	Количество проверяемых образцов (изделий), единиц/смена	100...1000	50...400
10	Масса, не более, г	300	460

Примечание. Опыты показали, что основная погрешность при работе аппаратов не превышала 10...20%.

Аппараты системы «Металл-Детектор» состоят из силового блока, блока управления, блока измерения интегрального излучения конкретных участков металлических изделий и блока информации. Управляется аппарат микропроцессором (рис. 1).

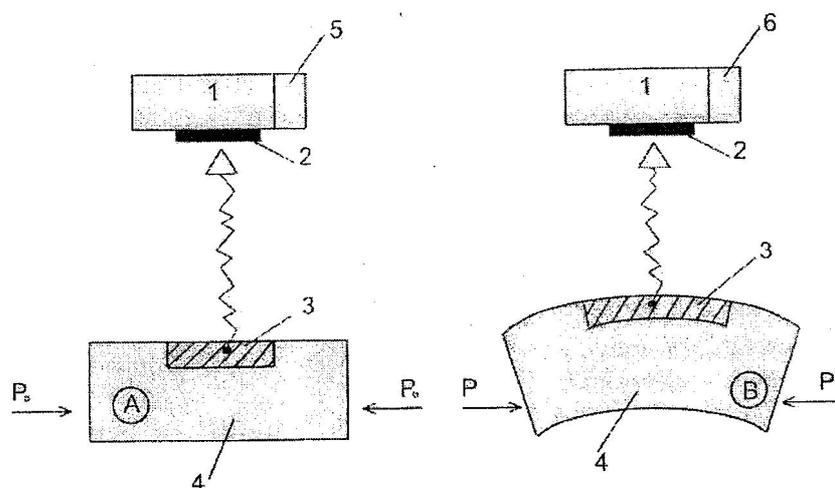


Рисунок 1 – Внешний вид аппарата и устройства управления его работой

- 1 – источник питания (9 В); 2 – кнопки пуска и остановки;  
 3 – звуковая информация; 4 – цифровое табло;  
 5 – индикатор напряжения; 6 – кнопка сброса информации;  
 7 – рабочая камера

В аппарате предусмотрен контроль напряжения батареи питания. Блок информации аппарата обеспечивает цифровую и звуковую сигнализацию при контроле излучения объекта. Измерение ведется автоматически.

На рисунке 2 представлена схема неразрушающего контроля состояния изделий (отдельного образца, инструмента, детали машин).

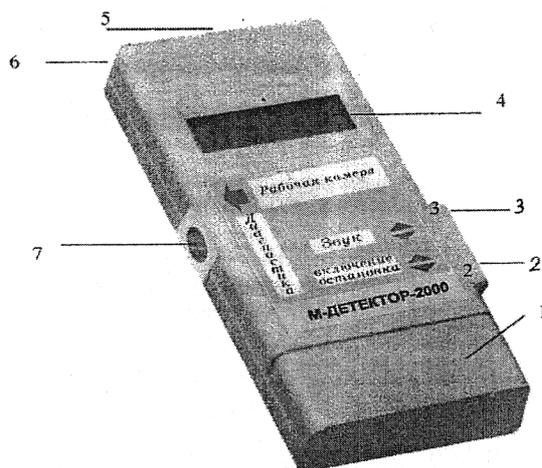


Рисунок 2 – Схема неразрушающего контроля состояния изделия

1 – прибор «Металл-Детектор»; 2 – рабочая камера; 3 – контролируемый участок; 4 – изделие (А, В); 5, 6 – световое табло (информация W); А – оптимальные концентрации напряжений; В – опасные концентрации напряжений;  $P_0 = 0$ ;  $P \neq 0$ ,  $P = P_1$ ,  $W_5 \neq W_6$

По результатам проведенных исследований были получены данные по микрорадиоизлучениям образцов изделий в ненагруженном состоянии, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые значения контроля микрорадиоизлучения образцов изделий при ненагруженном состоянии на аппарате «Металл-детектор»

№	Наименование сплава образцов	Условные единицы
1	Стали углеродистые	13...14
2	Чугун серый и специальный	10...15
3	Сплавы меди	9...14
4	Сплавы титана	10...14
5	Малоуглеродистые стали	10...16
6	Автоматные стали	12...14
7	Хлористые стали	12...15
8	Хромоникелевые стали	9...14
9	Хромоникельмолибденовые стали	8...15
10	Цементируемые хромистые стали	10...14
11	Улучшаемые хромистые стали	9...14
12	Сталь 08X22Н6Т	12...14
13	Сталь 08X26Н6М2Т	10...15
14	Сталь 08X18Н10	10...14
15	Сталь 08X18Н10Т	13...14
16	Образцы сплава титана (ВТ-2)	10...15
17	Образцы хрома СХ-28	10...14
18	Стали 08X17Н13М2Т	10...14

## Продолжение таблицы 2

19	Никель (штейн)	13...14
20	Лопатки турбин (ГРЭС)	12...16
21	Лопатки турбин (АЭС)	12...14
22	Лопатки турбин после упрочнения МИО	8...10

**Выводы.** С помощью разработанной технологии и изготовленных аппаратов можно выполнять общий и специальный предварительный контроль состояния изделия или отдельных его участков. Принцип действия аппарата – интегральный анализ суммарного радиоспектра излучения конкретного участка изделия, позволяет судить о степени его радиоспособности. Диагностика осуществляется локально, объемно или поверхностно. Заключение о нарушении в отдельных участках или объектах в целом по результатам работы аппарата делает специалист – металлург.

Полученные результаты опытов, проведенных на судостроительных и машиностроительных заводах подтвердили перспективу применения указанной аппаратуры для предварительной оценки локальных мест разрушения.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Патент на винахід 12455 України, МПК А61Н 2/00. Магнітотерапевтична установка «Магнітрон» / Малигін Б.В.; заявник і патентовласник Малигін Б.В. – № 95073190; заявл. 07.07.1995; опубл. 28.02.1997, Бюл. № 1.

2. Патент на винахід 44725 України, МПК С21D 10/00, В23Р 25/00. Магнітоімпульсна установка / Малигін Б.В.; заявник і патентовласник Малигін Б.В. – № 96073027; заявл. 29.07.1996; опубл. 15.03.2002, Бюл. № 3.

3. Малигін Б.В. Практичне застосування прикладного магнетизму в науці та техніці: матеріали конференції [«Ресурсозберігаючі технології та апаратура у гірничодобувній промисловості»]. – Кривий Ріг: «ООО ІнГок», 2005. – 36 с.

4. Малыгин Б.В., Лемещенко Е.Б. Новое в прикладном магнетизме. Теория. Технология. Практика: труды Международной научно-технической конференции [«Магнитно-импульсная обработка материалов. Пути совершенствования и развития», МИОМ-2007], (Самара, 18-19 сент. 2007 г.) / СГАУ. – Самара: Изд-во учебной литературы, 2007. – С. 135-138.

5. Малыгин Б.В., Бень А.П., Лемещенко Е.Б. Применение управляемого прикладного магнетизма. Теория. Технология. Практика: материалы I міжнар. конференції [«Radio electronics, Informatics, Technology»], (Кишинів, 15-16 жовтня, 2008 р.) / Академія Наук Молдови. – Кишинів: Техн. університет Молдови, 2008. – С. 281-284.

6. Малыгин Б.В. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика): монографія / Б.В. Малыгин, А.П. Бень. – Херсон: Издательство ХГМИ, 2009. – 352 с.

7. Малыгин Б.В. Новое в теории и практике прикладного магнетизма: труды 3-й Международной научно-технической конференции [Металлофизика, механика материалов, наноструктур и процессов деформирования, «Металлдеформ-2009»], (3-5 июня 2009 г., Самара). – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2009. – С. 16

8. Малыгин Б.В., Бень А.П., Коломеец В.В., Дюдяева О.А. Прикладной магнетизм как одно из направлений практического улучшения экономики машино- и судостроения // Науковий вісник ХДМІ. – 2010. – №1(2). – С. 137-142.

9. Боровков У.И., Малыгин Б.В., Рябинин Л.И. О новых возможностях прикладного магнетизма в технике, промышленности и медицине // Межакадемический информационный бюллетень «Международная Академия». Международная академия «Информация, связь, управление в технике, природе». – 2010. – Спец. вып. январь. – СПб: Изд-во «Интан». – С. 5-65.

**Малигін Б.В., Кавун В.І., Дюдяєва О.А., Дворнік А.С. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СЕНСОРНОГО РАДІОЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БЕЗКОНТАКТНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ІНСТРУМЕНТУ І ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

*У статті розглянуто можливості технології сенсорного радіозондування для проведення безконтактного неруйнівного контролю надійності роботи інструменту і деталей машин. За допомогою запропонованої технології можна виконувати загальний і спеціальний попередній контроль стану виробу або окремих його ділянок. Принцип дії апарату, побудованого на основі даної технології, є інтегральний аналіз сумарного радіоспектру випромінювання конкретної ділянки виробу, що дозволяє судити про ступінь його радіоздібності.*

*Ключові слова: неруйнівний контроль, надійність роботи інструменту і деталей машин, технологія сенсорного радіозондування, радіоспектр випромінювання.*

**Малыгин Б.В., Кавун В.И., Дюдяева О.А., Дворник А.С. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

*В статье рассмотрены возможности технологии сенсорного радиозондирования для проведения бесконтактного неразрушающего контроля надёжности работы инструмента и деталей машин. С помощью предложенной технологии можно выполнять общий и специальный предварительный контроль состояния изделия или отдельных его участков. Принцип действия аппарата, построенного на основе данной технологии, представляет собой интегральный анализ суммарного радиоспектра излучения конкретного участка изделия, что позволяет судить о степени его радиоспособности.*

*Ключевые слова: неразрушающий контроль, надёжность работы инструмента и деталей машин, технология сенсорного радиозондирования, радиоспектр излучения.*