

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Новосибирского государственного
Технического университета



Брованов С.В.

2020 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертацию Суторихина Владимира
Анатольевича «**Индикация дефектов металлических объектов
СВЧ колебаниями при воздействии ультразвука**»

По специальностям: 01.04.03 Радиофизика,
05.11.13 Приборы и методы контроля природной среды,
веществ, материалов и изделий

Актуальность. Предупреждение и предотвращение техногенных катастроф всегда являлось актуальной задачей. Небольшие затраты на профилактические мероприятия позволяют на порядки уменьшить экономический ущерб и избежать человеческих жертв. К основным профилактическим мероприятиям относится: обнаружение, исследование и определение границ начальной стадии разрушения различных металлических конструкций.

Диссертационное исследование посвящено выявлению начальной стадии разрушения и выявлению дефектов внутри металлов с помощью СВЧ излучения, что до недавнего времени редко использовалось из-за известных ограничений. Применяемые в настоящее время методы неразрушающего контроля основаны на использовании контактных способов возбуждения и приема ультразвуковых зондирующих сигналов. Этот метод диагностики требует контакта излучателей и приемников с исследуемыми объектами, что значительно ограничивает области его практического применения. Кроме того, невозможна диагностика подвижных объектов, внутри которых находятся в движении мощные потоки жидких или газообразных веществ с высокими температурами и давлениями.

Известным и наиболее чувствительным методом определения опасных дефектов, проявляющихся на начальной стадии разрушения, является метод акустической эмиссии. Основным недостатком данного метода, кроме

необходимости подключения большого числа контактных сенсоров, является использование больших механических нагрузок исследуемых конструкций и необходимость отсутствия посторонних внешних акустических шумов (соблюдения режима «молчания») во время измерения. Следует отметить, что при непосредственной замене контактных излучателей на бесконтактные СВЧ сенсоры существенно уменьшается чувствительность системы индикации дефектов. Поэтому данный подход требует дополнительного теоретического рассмотрения и проведения экспериментальных исследований.

Техническим преимуществом СВЧ сенсоров относительно контактных является возможность работы на некотором расстоянии, от нескольких десятков сантиметров до сотен метров. СВЧ сенсоры могут работать с объектами, нагретыми до температуры в тысячи градусов и движущимися объектами. Динамический диапазон определения вибраций для них достигает 100-120 дБ. Исходя из этого, можно полагать, что тема диссертационного исследования Суторихина В.А., несомненно, является актуальной, что подтверждается участием в федеральной программе «Старт 10» (2011 г).

В первой главе диссертационной работы нашел отражение анализ современного состояния и перспективных направлений создания дистанционного СВЧ сенсора дефектов, характерных для метода акустической эмиссии. Этот метод предложено усовершенствовать с помощью установки, работающей на вновь обнаруженном явлении, названным эффектом Горбунова, который обусловлен аномальным взаимодействием ультразвука и дефектов металла. Такое взаимодействие приводит к изменению поверхностной проводимости металла. Эту переменную составляющую поверхностной проводимости и было предложено в работе использовать для определения дефектов новым разработанным прибором.

Во второй главе проведены аналитические расчеты потенциальной чувствительности СВЧ сенсоров, работающих на различных частотах. Результаты, полученные автором на основе использования цилиндрических функций Бесселя, подтвердили, что требования к чувствительности СВЧ сенсоров значительно возрастают при использовании не амплитудных, а фазовых методов измерения коэффициента отражения.

Обнаружение слабых, нестационарных сигналов акустической эмиссии с помощью СВЧ сенсоров невозможно из-за ограничений, связанных с физической природой взаимосвязи ультразвуковых волн (волн упругости) и электронным газом при использовании амплитудных методов обработки. Исходя из этого, в работе был предложен новый принцип построения

сенсора дистанционного определения критичных дефектов на основе использования СВЧ поля при воздействии на металл ультразвука малой интенсивности, основанный на измерении спектральной плотности фазомодулированного отраженного сигнала, возникающего из-за неизвестных ранее процессов взаимодействия упругих колебаний металла с дефектами. В заключение главы выполнен эскизный расчет чувствительности СВЧ сенсора на основе использования модели эффекта Горбунова.

В третьей главе изложены результаты расчета электрических компонентов разработанного Дистанционного Индикатора Активных (динамических) Дефектов (ДИАД), который использован автором в дальнейших экспериментах по выявлению различных дефектов металлических объектов.

Сформулированы требования и параметры к генератору СВЧ, выполненному на диоде Ганна. Его малые шумовые параметры (фазовые шумы) обеспечили получение высокой чувствительности.

Приведен расчет фазового детектора с использованием специального режима работы СВЧ диода с барьером Шоттки.

В третьей главе представлена разработанная автором оригинальная методика настройки СВЧ сенсора в сборе.

Приведена электрическая схема двухчастотного генератора дополнительного источника ультразвука. Дано краткое описание электронного имитатора дефектов, предназначенного для настройки всего прибора.

В четвертой главе проведено развернутое исследование вновь созданного автором диссертации прибора, предназначенного для контроля различных типов дефектов металла. Приведены результаты проверки роста дефектов при механической нагрузке растяжением и циклическим изгибом. Полезные сигналы при растяжении хорошо согласуются с известными результатами при анализе методом акустической эмиссии. В результате было предложено отказаться от механической нагрузки, ограничиваясь только дополнительным источником ультразвукового воздействия. Эти новые и практически важные результаты позволяют сделать заключение о новых свойствах металлических объектов, испытавших значительную механическую нагрузку, а также объектов, имеющих дефекты во время изготовления или появившихся в процессе эксплуатации. В данной главе приведены результаты исследования трещин и проворачивания железнодорожных колес в ступицах, дефектов сварки стальных и алюминиевых листовых материалов. Представлены результаты исследования

спонтанного (самопроизвольного) пропадания и восстановления полезного сигнала при анализе трещин железнодорожного колеса.

Впервые установлен и исследован режим реактивации (восстановления активности) динамических дефектов тепловым методом.

Подтверждены нелинейные свойства переменной поверхностной проводимости, что приводит к обогащению спектра полезного сигнала при бигармоническом воздействии ультразвука, характерного для фазовой модуляции.

Основные материалы диссертации опубликованы в 31 научной работе, в числе которых, в изданиях рекомендуемых ВАК РФ - 2 работы. Автором диссертации получен 1 патент на изобретение на способ и 2 патента на полезные модели.

Основные научные результаты диссертации заключаются в следующем.

- впервые обнаружен и исследован режим получения высокой чувствительности бесконтактных СВЧ сенсоров при воздействии двухчастотным ультразвуком на испытываемый объект;

- установлен уровень мощности и частотный диапазон ультразвукового воздействия, обеспечивающие режим максимальной чувствительности;

- доказана инвариантность предложенного сенсора СВЧ для магнитных и немагнитных материалов;

- разработан действующий прибор, обладающий повышенной чувствительностью при бесконтактном методе обнаружения дефектов с помощью СВЧ сенсоров,

Практическое использование результатов теоретических исследований подтверждено Актом внедрения при определении дефектов в лаборатории Дистанционных Индикаторов Активных Дефектов для образцов Кузбасского государственного университета. Получено заключение института Дефектоскопии при ТПУ о передовом эффективном методе обнаружения скрытых дефектов металла при использовании разработанного прибора.

В качестве замечаний можно отметить:

- отсутствует принципиальная схема разработанного прибора в целом, что затрудняет его эксплуатацию;

- не указаны конкретные размеры обнаруживаемых дефектов, показанных на рис. 2.3;

- недостаточно полно проведена систематизация обнаруживаемых дефектов и неоднозначно сформулирован термин ДИНАМИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТЫ, в том числе дефекты, перемещаемые в пространстве;

- для полученных в четвертой главе экспериментальных результатов, на наш взгляд, была бы полезна статистическая обработка или фильтрация;

- относительно малое число отечественных публикаций в периодических изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, при достаточно большом числе публикаций в зарубежной литературе.

Несмотря на указанные выше замечания, диссертация в целом удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №824, так как является научно-квалификационной работой и соответствует специальностям 01.04.03 и 05.11.13. В работе на высоком уровне решен комплекс задач по повышению надежности работы стальных конструкций путем использования Дистанционных Индикаторов Активных Дефектов с применением СВЧ сенсора, а ее автор Суторихин В.А., несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв составил;

д.т.н., профессор каф. Теоретических

основ радиотехники

ФГБОУ ВПО «НГТУ» _____ В.П. Разинкин

Диссертация рассмотрена и одобрена на научном семинаре

Факультета радиотехники и электроники

ФГБОУ ВПО «НГТУ» (протокол №3 от 16.10.2020г.)

Ученый секретарь семинара:

д.т.н., профессор каф. Радиоприемных

и радиопередающих устройств

ФГБОУ ВПО «НГТУ» _____ А.П. Горбачев

Почтовый адрес:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», 630073,

Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, д. 20.

e-mail: razinkin@corp.nstu.ru

Рабочий телефон: (383) 346-08-34

Мобильный телефон: 8-953-780-54-74.

