

А.П. Суржиков, В.П. Суржиков, Н.Н. Хорсов, П.Н. Хорсов

**МУЛЬТИСЕНСОРНАЯ АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТНОСТИ  
И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ГЕТЕРОГЕННЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**А.П. Суржиков, В.П. Суржиков,  
Н.Н. Хорсов, П.Н. Хорсов**

**МУЛЬТИСЕНСОРНАЯ АППАРАТУРА  
КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТНОСТИ  
И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

Монография

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 620.22:620.1  
ББК 35.428.714-3-7  
С90

**Суржиков А.П.**

С90 Мультисенсорная аппаратура контроля дефектности и напряженно-деформированного состояния гетерогенных диэлектрических структур: монография / А.П. Суржиков, В.П. Суржиков, Н.Н. Хорсов, П.Н. Хорсов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 92 с.

ISBN 978-5-4387-0478-2

В монографии анализируются методы контроля дефектности и напряженно-деформированного состояния диэлектрических материалов. Описывается разработанная авторами мультисенсорная аппаратура неразрушающего контроля дефектности и напряженно-деформированного состояния композитных материалов на основе явления механоэлектрических преобразований. Показана возможность использования параметров электромагнитной эмиссии, зарегистрированной разработанной аппаратурой, для оценки остаточного ресурса объектов контроля.

Издание предназначено для научных сотрудников, специализирующихся в области неразрушающего контроля дефектности, напряженно-деформированного состояния и прочности композитных диэлектрических материалов.

**УДК 620.22:620.1**  
**ББК 35.428.714-3-7**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор ТУСУРа  
*Б.А. Люкин*

Доктор технических и экономических наук,  
профессор ТУСУРа  
*Ю.М. Осипов*

*Работа выполнена в рамках госзадания «Наука»*

ISBN 978-5-4387-0478-2

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2014  
© Суржиков А.П., Суржиков В.П.,  
Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н., 2014  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2014

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>ГЛАВА 1. НАКОПЛЕНИЕ НАРУШЕНИЙ И ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК .....</b>	<b>6</b>
1.1. Модели разрушения материалов.....	6
1.2. Неразрушающие методы контроля структурных нарушений .....	11
1.2.1. Методы, основанные на явлении акустической эмиссии .....	11
1.2.2. Ультразвуковые методы контроля .....	13
1.2.3. Метод контроля на основе электромагнитной эмиссии .....	14
1.2.4. Метод контроля на основе механоэлектрических преобразований .....	17
<b>ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ .....</b>	<b>23</b>
2.1. Предпосылки к созданию аппаратуры.....	23
2.2. Описание макета .....	25
2.3. Результаты апробации макета .....	26
<b>ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТНОСТИ .....</b>	<b>31</b>
3.1. Влияние объемной дефектности на пространственно-временные характеристики электромагнитного отклика с использованием мультисенсорной системы .....	31
3.2. Исследование возможности использования мультисенсорной системы контроля для исследования дефектности диэлектрических материалов при одноосном сжатии .....	36
<b>ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ.....</b>	<b>39</b>
4.1. Оценка спектральной чувствительности метода механоэлектрического преобразования при контроле напряженно-деформированного состояния по математической модели .....	39
4.2. Экспериментальные исследования по возможности использования метода механоэлектрического преобразования при контроле напряженно-деформированного состояния материала .....	49

4.3. Особенности откликов мультисенсорной системы контроля при изменении напряженно-деформированного состояния образца .....	53
4.4. Контроль степени напряженно-деформированного состояния образцов с использованием метода оптимальной фильтрации.....	57
4.5. Исследование возможности использования фазовых характеристик аналитического сигнала отклика при механоэлектрических преобразованиях для контроля напряженно-деформированного состояния.....	60
4.6. Исследование чувствительности мультисенсорной системы контроля к степени напряженно-деформированного состояния диэлектрических материалов .....	64
<b>ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭМИССИИ ИЗ ОБРАЗЦА ПОД НАГРУЗКОЙ.....</b>	<b>68</b>
5.1. Сравнительный анализ характеристик электромагнитных откликов и электромагнитной эмиссии из образца под нагрузкой.....	69
5.2. Исследование статистических характеристик ЭМЭ из образца под нагрузкой для контроля напряженно-деформированного состояния .....	72
5.3. Исследования дефектности диэлектрических структур по параметрам электромагнитной эмиссии при одноосной нагрузке .....	75
5.4. Исследование импульсных потоков ЭМЭ из образца под нагрузкой для динамического контроля прочности .....	77
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>82</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>84</b>