

УДК 534.6:[539+544]:519.2

ББК 22.32

Б905

**Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России  
(темы 213.01-11/2014-29; 9.4726.2017/8.9) и РФФИ  
(проекты № 06-08-01039-а, 09-08-00283-а, 12-08-01190-а,  
16-58-00165Бел-а)**

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Южного федерального университета (протокол № 6 от 10 ноября 2016 г.)*

#### **Рецензенты:**

доктор физико-математических наук, профессор,  
главный научный сотрудник Института математики, механики  
и компьютерных наук Южного федерального университета *М. И. Чебаков*;  
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой  
математики, физики и информационных технологий Донского казачьего го-  
сударственного института пищевых технологий и бизнеса (филиала)  
Московского государственного университета технологий и управления  
им. К. Г. Разумовского (Первого казачьего университета) *В. Н. Беркович*

**Буйло, С. И.**

**Б905** Физико-механические, статистические и химические  
аспекты акустико-эмиссионной диагностики : монография /  
С. И. Буйло ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-  
Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального универ-  
ситета, 2017. – 184 с.

ISBN 978-5-9275-2369-6

В книге рассмотрены междисциплинарные аспекты диагностики процессов  
дефектообразования и накопления повреждений по регистрируемым сигналам  
сопутствующей акустической эмиссии. Предложен новый подход, состоящий в  
использовании кинетической концепции прочности, пуассоновской модели про-  
цесса дефектообразования и обнаруженных экспериментально физико-механиче-  
ских особенностей явления акустической эмиссии (включая устойчивые в силу  
ряда предельных теорем статистические параметры случайного процесса акусти-  
ческой эмиссии). Практическое использование полученных результатов показано  
на примерах диагностики прочности Царь-колокола в Московском Кремле, эле-  
ментов теплозащиты первого отечественного орбитального космического само-  
лета «Буран», ряда других изделий и объектов ответственного назначения.

Для специалистов в области физики, механики, химии, неразрушающего  
контроля, технической диагностики, а также аспирантов и студентов соответ-  
ствующих специальностей.

УДК 534.6:[539+544]:519.2

ББК 22.32

ISBN 978-5-9275-2369-6

© Южный федеральный университет, 2017

© Буйло С. И., 2017

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2017

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>6</b>
-----------------------	----------

<b>Глава 1. СВЯЗЬ ЭФФЕКТА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ПРОЦЕССАМИ СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ .....</b>	<b>12</b>
--	-----------

1.1. Акустическое излучение при механическом деформировании .....	12
1.2. Физико-механическая природа акта акустической эмиссии....	23
1.3. Экспериментальное определение функции распределения случайной величины и ее плотности .....	28
1.4. Связь функции распределения прочности с количеством актов акустической эмиссии.....	32
1.5. Акустическое излучение трещины. Связь его параметров с коэффициентом интенсивности напряжений и типом напряженного состояния.....	34

<b>Глава 2. ПУАССОНОВСКИЙ ПОТОК КАК МОДЕЛЬ ОПИСАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ АКТОВ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ .....</b>	<b>41</b>
--	-----------

2.1. О применимости модели пуассоновского потока к эффекту акустической эмиссии .....	41
2.2. Методы восстановления потока актов излучения внутри тела по регистрируемым сигналам эмиссии на его поверхности.....	49

2.3. Использование модели пуассоновского потока для восстановления спектральной плотности акустической эмиссии во всей полосе частот .....	59
--	----

### **Глава 3. СВЯЗЬ АМПЛИТУДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ПРОЦЕССАМИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ СРЕДАХ .....**

3.1. Общий вид и параметры плотности амплитудного распределения эмиссии в процессе деформации твердых тел .....	65
3.2. Плотность амплитудного распределения акустического излучения при разрушении микрообъема твердого тела.....	70
3.3. Использование степенной модели пуассоновского потока для учета искажения амплитудного распределения эмиссии.....	76
3.4. Причины и условия появления ложных амплитудных максимумов эмиссии .....	78
3.5. Использование степенного вида амплитудного распределения эмиссии для «прореживания» потока триангуляционных серий импульсов при высокой интенсивности источника .....	81
3.6. Диагностика предразрушающего состояния по анализу формы амплитудного распределения сигналов эмиссии .....	85

### **Глава 4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТАДИЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ПОТОКА АКТОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ.....**

4.1. Идентификация стадий деформации и разрушения по положению особых точек восстановленного потока актов эмиссии .....	89
4.2. Оценка количества повреждений по положению нижнего перелома кривой потока актов эмиссии (случай одной особой точки).....	94

- 4.3. Корреляционный анализ и метод инвариантов сигналов акустической эмиссии в диагностике предразрушающего состояния материалов..... 99
- 4.4. Информативность метода инвариантов при анализе прореженных потоков акустической эмиссии..... 111

**Глава 5. АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА КИНЕТИКИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ..... 115**

- 5.1. Акустико-эмиссионный контроль и диагностика кинетики растворения кристаллических веществ ..... 115
- 5.2. Акустико-эмиссионная диагностика кинетики процессов кристаллизации веществ..... 124
- 5.3. Акустико-эмиссионный мониторинг капиллярного движения жидкости в процессах пропитки пористых сред ... 130

**Глава 6. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ..... 136**

- 6.1. Акустико-эмиссионная диагностика состояния Царь-колокола ..... 136
- 6.2. Акустико-эмиссионная диагностика теплозащиты первого отечественного космического самолета «Буран» ..... 142
- 6.3. Применение метода акустической эмиссии к исследованию влияния водорода на свойства материалов..... 146
- 6.4. Акустико-эмиссионная диагностика стадий фрикционного взаимодействия материалов ..... 152
- 6.5. Аппаратурная реализация полученных результатов..... 161

**ЛИТЕРАТУРА ..... 166**