

УДК 51:661.3/.7

ББК 22.1+35.41

А 38

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Южного федерального университета*

Рецензент

доктор технических наук, профессор, академик РИА **Панич А. Е.**

*Монография подготовлена и издана в рамках национального проекта
«Образование» по «Программе развития федерального государственного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Южный федеральный университет» на 2007–2010 гг.»*

Акопьян В. А., Соловьев А. Н., Шевцов С. Н.

А 38 Методы и алгоритм определения полного набора совместимых материальных констант пьезокерамических материалов / В. А. Акопьян, А. Н. Соловьев, С. Н. Шевцов. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 144 с.

ISBN 978-5-9275-0474-9

Монография содержит описание нового теоретически обоснованного метода и алгоритма определения полного набора совместимых материальных констант пьезокерамики и усовершенствованной методики расчета ее технических модулей упругости на основе результатов теоретико-экспериментального анализа и идентификации различных мод колебаний электроупругих стержней и пластин. В дополнение к этому, на основе модифицированной методики определения пьезомодуля d_{33} в квазистатическом режиме установлены физические и геометрические ограничения на форму образцов, позволяющие рассчитать научно достоверные значения d_{33} пьезокерамики, и определены границы применимости этой методики.

Предназначена для научных работников, аспирантов, инженеров и студентов, занятых исследованиями и техническими разработками в области экспериментальной механики, приборостроения и в других отраслях современной техники.

ISBN 978-5-9275-0474-9

УДК 51:661.3/.7

ББК 22.1+35.41

© Акопьян В. А., Соловьев А. Н., Шевцов С. Н., 2008

© Южный федеральный университет, 2008

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
----------------	---

ГЛАВА 1

ПОСТАНОВКА КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ	13
---	----

1.1. Уравнения состояния электроупругих сред	13
--	----

1.2. Задача электроупругости о продольных колебаниях поперечно-поляризованного стержня	23
---	----

1.3. Задача о продольных колебаниях стержня в продольном электрическом поле	32
--	----

1.4. Задача о сдвиговых колебаниях, возбуждаемых в пластинке с толщиной поляризацией	37
---	----

1.5. Задача о планарных колебаниях в тонкой пластинке, поляризованной по толщине, приближенные соотношения для констант упругости	40
---	----

ГЛАВА 2

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	48
--	----

2.1. Методы определения упругих пьезоэлектрических констант в динамическом режиме	48
--	----

2.2. Методы определения пьезомодулей в статическом и квазистатическом режимах	55
--	----

ГЛАВА 3

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОД КОЛЕБАНИЙ И ПОСТРОЕНИЕ ПОЛНОЙ МАТРИЦЫ СОВМЕСТИМЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ КОНСТАНТ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ	59
3.1. Идентификация различных мод колебаний пьезокерамического прямоугольного призматического стержня	60
3.1.1. Идентификация изолированных продольных и толщинных мод колебаний поперечно- поляризованного стержня и экспериментальное определение их резонансов	60
3.1.2. Теоретический анализ амплитудно-частотных характеристик и форм колебаний поперечно- поляризованного стержня. Сопоставление расчетных данных с экспериментом	82
3.2. Методика и алгоритм построения полной матрицы совместимых материальных констант пьезокерамики, измерительное устройство для их реализации	94
3.2.1. Методика и алгоритм определения полной матрицы констант	94
3.2.2. Измерительное устройство для реализации методики определения констант	99
3.2.3. Результаты измерений и расчета компонент полной матрицы констант некоторых составов пьезокерамики и сравнительный анализ их с известными данными, оценка погрешностей	100

ГЛАВА 4

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТОДИКА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ d_{33} В КВАЗИСТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ И АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	113
4.1. Соотношения для расчета пьезомодуля d_{33} и схема его определения	113
4.2. Усовершенствованная методика и устройство для определения пьезомодуля d_{33} в квазистатическом режиме	116
4.3. Анализ достоверности и погрешности результатов измерений d_{33}	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	127
ЛИТЕРАТУРА	129
ПРИЛОЖЕНИЕ	140