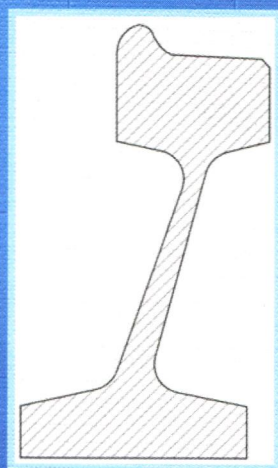
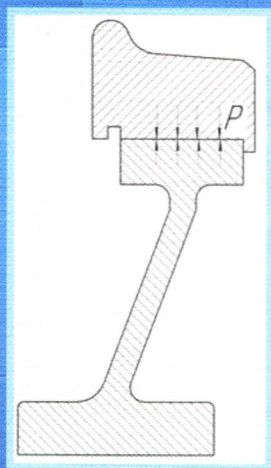


## Акустическая тензометрия и структуроскопия железнодорожных колес



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

# Акустическая тензометрия и структуроскопия железнодорожных колес

*Монография*



Издательство ИЖГУ  
имени М. Т. Калашникова  
Ижевск 2014

УДК 620.179.17

ББК 30.121

A44

Рецензенты:

*А. Н. Смирнов*, д-р техн. наук, проф., Кузбасский государственный технический университет

*В. А. Захаров*, д-р техн. наук, гл. науч. сотр. ФТИ УрО РАН

Авторы:

*В. В. Муравьев*, д-р техн. наук; *О. В. Муравьева*, д-р техн. наук;  
*В. А. Стрижак*, канд. техн. наук; *Л. В. Волкова*, канд. техн. наук;  
*Е. Н. Балобанов*, канд. техн. наук

Ответственный редактор: *В. В. Муравьев*, д-р техн. наук

**Акустическая тензометрия и структуроскопия железнодорожных колес** : монография / *В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, В. А. Стрижак* [и др.] ; отв. ред. *В. В. Муравьев*. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. – 180 с.

ISBN 978-5-7526-0665-6

В монографии изложено состояние вопроса применения метода акустоупругости для контроля напряженно-деформированного состояния в цельнокатаных и бандажных железнодорожных колесах. Рассмотрены вопросы возбуждения и присма ультразвуковых волн с использованием электромагнитно-акустического преобразования. Описаны разработанные методы и средства оценки остаточных напряжений в массивных объектах. Представлены оригинальные результаты экспериментальных исследований напряженного состояния в цельнокатаных железнодорожных колесах и бандажах локомотивных колес. Даны методики контроля остаточных напряжений и натяга бандажей.

Предназначено для студентов, аспирантов и специалистов, занимающихся исследованием и оценкой остаточных напряжений.

УДК 620.179.17

ББК 30.121

ISBN 978-5-7526-0665-6

© ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», 2014

## Оглавление

Список условных обозначений.....	5
Введение.....	6
<i>Глава 1. Формирование остаточных напряжений в железнодорожных колесах и возможности их оценки.....</i>	<i>8</i>
1.1. Особенности производства железнодорожных колес.....	8
1.1.1. Цельнокатанные колеса.....	8
1.1.2. Бандажированные колеса.....	10
1.1.3. Напряжения, возникающие в железнодорожных колесах.....	14
1.2. Контроль технического состояния железнодорожных колес.....	19
1.3. Анализ методов оценки напряженно-деформированного состояния.....	21
<i>Глава 2. Оборудование и методы исследования напряженно-деформированного состояния.....</i>	<i>32</i>
2.1. Аппаратно-программные средства.....	32
2.1.1. Генератор зондирующих импульсов.....	35
2.1.2. Усилитель.....	36
2.1.3. Плата регистрации и программное обеспечение.....	37
2.1.4. Алгоритм корреляционной обработки акустических сигналов.....	41
2.2. Конструктивные особенности электромагнитно-акустических преобразователей.....	52
2.2.1. Электроакустический тракт.....	52
2.2.2. Моделирование электроакустического тракта.....	56
2.2.3. Акустическое поле.....	59
2.2.4. Выбор оптимальной рабочей частоты.....	63
2.2.5. Расчет электроакустического тракта.....	71
2.2.6. Моделирование магнитной системы.....	74
2.2.7. Конструкция преобразователя на постоянных магнитах.....	82
2.2.8. Конструкция преобразователя на электромагните.....	84
<i>Глава 3. Методика оценки механических напряжений.....</i>	<i>88</i>
3.1. Коэффициент упругоакустической связи ферромагнитных металлов.....	88
3.2. Факторы, влияющие на результаты измерений остаточных напряжений.....	95
3.2.1. Акустическая анизотропия в ободьях цельнокатанных колес.....	95
3.2.2. Анизотропия в бандажах.....	103

3.2.3. Погрешности при оценке остаточных напряжений .....	107
3.3. Оценка остаточных напряжений после закалки .....	113
3.4. Оценка напряжений в прессовом соединении .....	117
3.5. Методика контроля остаточных напряжений ободьев цельнокатаных колес .....	122
3.6. Методика контроля натяга бандажей локомотивных колес .....	125
<i>Глава 4. Практическое использование акустического метода контроля остаточных напряжений .....</i>	<i>130</i>
4.1. Результаты испытаний оборудования для оценки оста- точных напряжений в железнодорожных колесах .....	130
4.2. Исследование акустической анизотропии металла банда- жей .....	137
4.3. Оценка остаточных напряжений в бандажах локомотив- ных колес .....	140
4.4. Измерение натяга бандажей после посадки на колесные центры .....	148
4.5. Измерение напряжений и натяга в процессе формирова- ния колесных пар .....	152
4.5.1. Напряжения и натяг бандажей в процессе формирова- ния колесной пары локомотива 2ЭС6 .....	152
4.5.2. Напряжения и натяг бандажей в процессе формирова- ния колесной пары локомотива 2ЭС10 .....	158
4.5.3. Контроль остаточных напряжений и натяга бандажей при отработке технологии формирования колесной пары .....	164
4.5.4. Контроль остаточных напряжений бандажей колеса под нагрузкой локомотива .....	166
Заключение .....	170
Список литературы .....	172