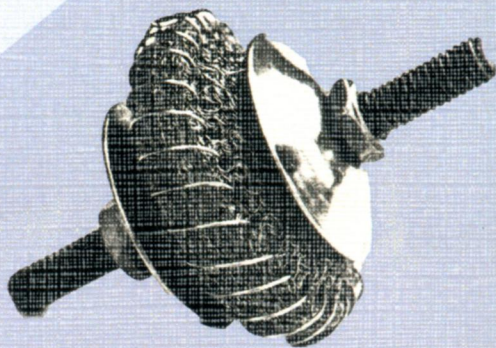


**Г. В. Лазуткин**

**Динамика виброзащитных систем  
с конструкционным демпфированием  
и разработка виброизоляторов  
из проволочного материала МР**



Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

**Г. В. Лазуткин**

**Динамика виброзащитных систем  
с конструкционным демпфированием  
и разработка виброизоляторов  
из проволочного материала МР**

УДК 620.179.11

ББК 34.41

Л 17

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор  
заведующий кафедрой «Кадастр и геоинформационные технологии»  
Самарской академии государственного и муниципального управления  
*Б.Г. Иванов;*

доктор технических наук, профессор кафедры  
«Эксплуатация авиационной техники»  
Самарского государственного аэрокосмического университета  
*В.И. Санчугов*

**Лазуткин Г. В.**

Л 17 Динамика виброзащитных систем с конструкционным демпфированием и разработка виброизоляторов из проволоочного материала МР : монография [Текст] / Г. В. Лазуткин. – Самара : СамГУПС, 2010. – 304 с.  
ISBN 978-5-98941-119-1

Издание посвящено вопросам развития теории нелинейных колебаний и практике создания виброизоляторов из проволоочного материала МР с конструкционным гистерезисом для систем вибро- и ударозащиты с одной степенью свободы.

Изложена методология построения полужемпирических математических моделей деформирования виброизоляторов, позволяющих получать корректные решения нелинейных дифференциальных уравнений движения систем численными и приближенными аналитическими методами.

Рассмотрены методы исследования динамических характеристик систем для различных видов их возбуждения с учетом особенностей влияния конструкционного демпфирования на нелинейные колебания.

Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса формирования изделий из материала МР и новые концепции в конструировании высокоэффективных виброизоляторов.

Приведены конкретные разработки виброизоляторов из МР различных типов.

Системное подробное и доступное изложение материала позволяет использовать данное издание в качестве справочного пособия для специалистов в области динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры.

УДК 620.318.6

ББК 34.41

ISBN 978-5-98941-119-1

© СамГУПС, 2010

© Лазуткин Г. В., 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |            |
|---|------------|
| Основные сокращения и обозначения .....   | 5          |
| Введение .....  | 9          |
| <b>1. Обзор состояния научных исследований по конструкционному демпфированию и результатов разработки виброизоляторов из материала МР .....</b> | <b>13</b>  |
| 1.1. Анализ методов и результатов исследования упругогистерезисных характеристик узлов и соединений механических систем .....                   | 13         |
| 1.2. Обзор методов приближенного описания упругогистерезисных характеристик систем конструкционного демпфирования .....                         | 26         |
| 1.3. Краткий обзор и анализ методов исследования нелинейных колебаний виброзащитных систем .....  | 42         |
| 1.4. Краткий обзор по вопросам применения виброизоляторов из МР .....   | 61         |
| 1.5. Постановка задач исследования .....  | 72         |
| <b>2. Методология построения полуэмпирических математических моделей деформирования сложных систем конструкционного демпфирования .....</b>     | <b>78</b>  |
| 2.1. Основы эквивалентного математического моделирования процессов деформирования СКД .....   | 78         |
| 2.2. Разработка алгоритмов построения процессов произвольного деформирования СКД .....  | 90         |
| 2.3. Разработка методов аналитического описания процессов деформирования СКД в классе непрерывных и разрывных функций .....                     | 94         |
| 2.4. Разработка методов математического описания исходных совокупностей и исходных линий СКД .....  | 102        |
| <b>3. Нелинейные колебания виброзащитных систем с конструкционным демпфированием .....</b>  | <b>111</b> |
| 3.1. Вынужденные установившиеся колебания ВС при гармоническом возбуждении .....  | 111        |
| 3.2. Практические методы расчета виброзащитных характеристик ВС при квазигармонических колебаниях .....   | 129        |
| 3.3. Колебания ВС при ударном нагружении одиночным импульсом .....  | 139        |
| 3.4. Исследование динамических характеристик систем виброзащиты с виброизоляторами из МР при случайном вибровозбуждении .....                   | 160        |
| <b>4. Формирование упругодемпфирующих элементов виброизоляторов из проволочного материала МР .....</b>  | <b>178</b> |
| 4.1. Основные вопросы теории прессования волоконных материалов .....  | 178        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2. Вывод основного уравнения прессования с учетом сил внешнего трения.....  | 189        |
| 4.3. Экспериментальное изучение процесса прессования материала МР .....   | 197        |
| 4.4. Работа сил прессования .....   | 204        |
| 4. 5. Упругие и энергопоглощающие свойства материала МР.....  | 208        |
| <b>5. Разработка и исследование свойств виброизоляторов из материала МР .....</b>   | <b>220</b> |
| 5.1. Разработка и исследование высокочастотных виброизоляторов .....  | 221        |
| 5.2. Разработка и результаты исследования механических характеристик среднечастотных виброизоляторов .....  | 235        |
| 5.3. Разработка низкочастотных виброизоляторов.....   | 252        |
| 5.4. Перспективные конструкции низко- и среднечастотных конструкций виброизоляторов с повышенной несущей способностью и улучшенными противоударными свойствами..... | 260        |
| 5.5. Повышение стабильности УДЭ при наработке.....  | 265        |
| <b>Заключение .....</b>   | <b>271</b> |
| <b>Библиографический список .....</b>   | <b>278</b> |