

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

*Ю.В. КИСЕЛЕВ, Д.Ю. КИСЕЛЕВ, С.Н. ТИЦ*

## ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ И КОНСТРУКЦИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве учебника для студентов, обучающихся по программе высшего профессионального образования по направлению подготовки магистров «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2012

УДК 62-85(075)  
ББК 34.41я7  
К 44

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Муниципальный пассажирский транспорт»

СамГУПС канд. техн. наук., проф. С. А. П р и в а л о в;

заведующий кафедрой теории двигателей летательных аппаратов СГАУ д-р техн. наук, проф. В. Н. М а т в е е в

**Киселев, Ю. В.**

**К 44 Вибрационная диагностика систем и конструкций авиационной техники** [Электронный ресурс]: учеб. / Ю.В. Киселев, Д.Ю. Киселев, С.Н. Тиц. – Электрон. текстовые и граф. дан. (8 Мбайт). – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

**ISBN 978-5-7883-0917-0**

Приведены сведения о методах технической диагностики, о ее месте в системе технической эксплуатации. Даны принципы создания математических (диагностических) моделей, а также описание источников и причин возбуждения вибрации узлами и агрегатами АТ. Рассмотрены вопросы контроля вибрации ГТД и вопросы диагностирования ГТД и их узлов по вибрационным параметрам. Приведены сведения о новых подходах по контролю повреждений конструкций АТ по характеристикам вибрации.

Рассмотрены вопросы оценки информативности диагностических признаков, определения пороговых значений, приведены сведения о методах классификации технических систем.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров 162300.68 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» (ФГОСЗ) и изучающих дисциплину «Вибрационная диагностика систем и конструкций авиационной техники». Подготовлено на кафедре эксплуатации авиационной техники СГАУ.

УДК 62-85(075)  
ББК 34.41я7

**ISBN 978-5-7883-0917-0**

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	6
1. Основы технической диагностики.....	8
1.1. Основные понятия, термины и определения.....	8
1.2. Место и роль диагностики в системе эксплуатации авиационной техники.....	13
1.3. Общие сведения о методах диагностики авиационной техники и их классификация.....	18
2. Математические модели в технической диагностике .....	27
2.1. Основные понятия.....	27
2.2. Функциональная модель.....	32
2.3. Модели на основе графов причинно-следственных связей.....	39
2.4. Аналитические модели на основе алгебраических уравнений...	48
2.5. Аналитические модели в виде дифференциальных уравнений..	52
3. Характеристики и методы анализа вибрации .....	61
3.1. Характеристики вибрации.....	61
3.2. Методы анализа вибрации.....	75
4. Источники и причины возбуждения вибрации изделий авиационной техники .....	84
4.1. Авиационная техника как объект вибрационной диагностики...	84
4.2. Роторная вибрация ГТД.....	88
4.3. Вибрация ГТД аэродинамического происхождения.....	91
4.4. Вибрация, возбуждаемая процессами в газозооушном тракте ГТД.....	96
4.5. Вибрация подшипниковых узлов.....	97
4.6. Вибрация зубчатых передач.....	99
4.7. Идентификация характеристик вибрационных процессов.....	102
5. Средства измерения и анализа вибрации .....	104
5.1. Средства измерения вибрации.....	104
5.2. Средства анализа вибрации.....	113
6. Контроль вибрации.....	119
6.1. Назначение и принципы штатного бортового контроля вибрации.....	119
6.2. Контроль изменения технического состояния ГТД по показаниям бортовой аппаратуры контроля вибрации.....	123
7. Диагностирование систем и конструкций авиационной техники по вибрационным параметрам .....	131
7.1. Диагностирование причин изменения роторной вибрации.....	131
7.2. Диагностирование лопаточных узлов.....	139
7.3. Диагностирование подшипниковых узлов.....	143
7.4. Диагностирование зубчатых передач.....	147
7.5. Диагностирование повреждений сотовых конструкций.....	149

8. Оценка информативности диагностических признаков.....	154
8.1. Энтропия системы.....	154
8.2. Определение количества информации при диагностировании..	159
8.3. Оценка информативности систем контроля и диагностики.....	165
9. Методы классификации в технической диагностике.....	171
9.1. Основные понятия.....	171
9.2. Метод Байеса.....	174
9.3. Методы принятия статистических решений.....	180
9.4. Методы распознавания в пространстве параметров.....	194
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	200
Приложение .....	206