

А

СГАУ:6
Е 421

А.И.ЕРМАКОВ, А.М.УЛАНОВ

ВИБРАЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ
АД И ЭУ
ЧАСТЬ 1

2006



САМАРА

А

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

А.И. ЕРМАКОВ, А.М. УЛАНОВ

ВИБРАЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ
АД И ЭУ
ЧАСТЬ 1

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
Издательство СГАУ
2006



**Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий"**

Рецензенты: Главный конструктор АО СКБМ Е. П. Кочеров
канд. техн. наук, доц. М. А. Мальтеев

Ермаков А.И.

Е 721

Вибрация и прочность АД и ЭУ. Ч.1: учеб. пособие. / *А.И. Ермаков, А.М. Уланов.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. - 92 с. : ил.

ISBN 5-7883-0449-0

Рассмотрено определение критических частот вращения ротора аналитическим методом и методом конечных элементов (на основе стержневой модели) с учетом податливости и анизотропии опор. Рассмотрены также кинематическое возбуждение ротора, критические частоты второго рода, формы колебаний ротора, построение резонансной диаграммы, меры борьбы с колебаниями роторов.

Учебное пособие предназначено для студентов двигателестроительных факультетов, обучающихся по специальности "Авиационные двигатели и энергетические установки"

УДК 621.452.3.539.4(075)

ББК 39.55

ISBN 5-7883-0449-0

© Ермаков А. И., Уланов А. М., 2006
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Динамика простейшего ротора.....	5
2. Влияние податливости опор на критическую частоту вращения ротора.....	27
3. Критические частоты вращения ротора на анизотропных упругих опорах.....	31
4. Кинематическое возбуждение ротора.....	37
5. Влияние гироскопического момента на собственную частоту колебаний ротора.....	42
6. Колебания ротора с анизотропным валом. Критические частоты вращения второго рода.....	47
7. Расчет критических частот вращения реальных роторов ГТД.....	62
7.1. Моделирование рабочих колес.....	63
7.2. Моделирование опор.....	69
7.3. Моделирование двойных проставок.....	71
7.4. Построение разрешающей системы уравнений.....	73
8. Определение собственных частот и форм колебаний.....	77
9. Резонансная диаграмма ротора.....	81
10. Методы борьбы с опасными изгибными колебаниями роторов.....	83
10.1. Балансировка.....	83
10.2. Частотная отстройка.....	89
10.3. Демпфирование.....	91

ВВЕДЕНИЕ

В первой части учебного пособия рассматриваются изгибные колебания роторов. Знание критических частот вращения ротора очень важно для обеспечения вибрационной прочности авиационных газотурбинных двигателей (ГТД). На колебания ротора оказывают влияние способ возбуждения колебаний, податливость и анизотропия опор, анизотропия вала, гироскопический момент. Аналитические методы расчета колебаний роторов в настоящее время дополнены численным методом конечных элементов, в пособии рассмотрено моделирование ротора при помощи стержневых конечных элементов. В пособии рассматриваются также формы колебаний роторов, построение резонансной диаграммы ротора, методы борьбы с опасными изгибными колебаниями роторов – балансировка, частотная отстройка и демпфирование.

Изучение колебаний роторов требует знаний по высшей математике, теоретической механике, сопротивлению материалов, деталям машин. Знания, полученные студентом по курсу «Вибрация и прочность авиационных двигателей и энергетических установок», используются далее при изучении конструкции авиационных двигателей и энергетических установок, а также при дипломном проектировании.

Учебное издание

Ермаков Александр Иванович
Уланов Александр Михайлович

ВИБРАЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ АД И ЭУ
ЧАСТЬ 1

Учебное пособие

Научный редактор *С.В. Фалалеев*
Технические редакторы: *В.Н. Вякин, Д.П. Давыдов*
Редакторская обработка *А.С. Кочеулова, Л.Я. Чегодаева*
Корректорская обработка *Л.Я. Чегодаева*
Компьютерная верстка *О.А. Швецова, А.С. Котов*
Доверстка *А.А. Гнутова*

Подписано в печать 28.12.06. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,34. Усл. кр.-отт. 5,46 Печ. л. 5,75.
Тираж 50 экз. Заказ 230 ИП-95(2)/2006

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.