

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
“МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ”

Б.А. Чичков

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА  
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Пособие по изучению дисциплины

*для студентов специальности 160901  
дневной формы обучения*

**Москва - 2008**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
“МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ”

---

**Кафедра двигателей летательных аппаратов**

Б.А. Чичков

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА  
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Пособие по изучению дисциплины

*для студентов специальности 160901  
дневной формы обучения*

Москва - 2008

Пособие по дисциплине “ Параметрическая диагностика авиационных двигателей ” для студентов специальности 160901 дневной формы обучения издается в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры “Двигатели летательных аппаратов” и методическим советом механического факультета (февраль 2008 г.)

Научный редактор, рецензент: д.т.н., проф. Б.П. Умушкин

## **1. Цели и задачи дисциплины.**

Преподавание дисциплины "Параметрическая диагностика авиационных двигателей" (ПДАД) имеет целью дать студентам знания в области параметрической диагностики авиационных газотурбинных двигателей в объеме, необходимом для подготовки магистров по направлению 552000 "Эксплуатация авиационной и космической техники" (программа 552004 "Техническая эксплуатация авиационной и космической техники") в рамках раздела "*совершенствование систем и процессов диагностирования*".

Отличительной особенностью программы является углубленная проработка вопросов параметрической диагностики авиационных двигателей (АД) с учетом особенностей конструкции основных узлов и систем, обоснованием возможности и целесообразности диагностирования по штатно регистрируемой информации, построения диагностических моделей АД и их практического использования в процессах ТОиР.

"Параметрическая диагностика авиационных двигателей" является одной из дисциплин, дающих специалистам знания, которые позволяют обеспечить высокую надежность, эффективность и безопасность полетов летательных аппаратов.

## **2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.**

В результате изучения дисциплины "Параметрическая диагностика авиационных двигателей" магистранты должны:

### **2.1. знать:**

- *цели и задачи проводимых исследований и разработок, отечественную и зарубежную информацию по исследованиям и разработкам* в области параметрической диагностики АД, в т.ч.:

- цели и задачи параметрической диагностики АД;

-место методов параметрической диагностики среди прочих методов диагностики и связи между методами;

-основные методы анализа и оценки АД, как объектов эксплуатации с позиций параметрического контроля и влияния результатов диагностики на их надежность;

- показатели, определяющие приспособленность к проведению параметрического диагностирования АД;

- особенности конструкции узлов и систем АД, влияющие на информативность и достоверность процессов;

- методы и типовые методики получения параметрической информации в процессе эксплуатации АД;

- способы контроля качества параметрической информации, полученной в процессе эксплуатации АД;

-основные методы и методики, использующие параметрическую информацию для диагностирования АД;

-принципы организация параметрического диагностирования ГТД в условиях организаций по ТОиР;

-методы и типовые методики построения диагностических моделей АД;

-способы оптимального использования диагностических моделей при технической эксплуатации АД;

-типовые алгоритмы принятия диагностических решений;

-методы поиска неисправностей узлов и систем АД с использованием параметрической информации;

-принципы создания и использования систем диагностирования АД при ТОиР;

-требования, нормы и правила, изложенные в нормативно-технических документах по параметрической диагностике АД;

- *методы автоматизации исследовательских работ в области параметрической диагностики АД;*

- *методы диагностики (параметрической) современного оборудования (авиационных двигателей) с использованием современных приборов и аппаратуры (ПЭВМ).*

## 2.2. владеть:

*навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области параметрической диагностики АД, в т.ч.:*

- методами анализа влияния различных эксплуатационных факторов на техническое состояние АД;

- методами анализа причин нарушения работоспособности АД с использованием параметрического диагностирования и разработкой мер по их устранению и предупреждению;

- методами сбора и обработки диагностической информации;

- принципами построения статистических диагностических моделей АД и их использования;

- методами разработки и предъявления эксплуатационно-технических требований к системам диагностирования новых образцов АД.

## 2.3. уметь:

*формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности в области параметрической диагностики АД; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы; обрабатывать полученные результаты, анализировать их, в т.ч.:*

- выявлять причины возникновения неисправностей;

- анализировать и прогнозировать техническое состояние ГТД и их систем в процессе эксплуатации с использованием методов параметрической диагностики;

- анализировать результаты параметрического диагностирования и объяснять принятые диагностические решения;

-рассчитывать характеристики диагностических моделей;

- использовать ПЭВМ и прикладные пакеты программного обеспечения для построения диагностических моделей;

- использовать существующие системы диагностирования;

- самостоятельно осваивать новые методики и системы диагностирования АД;

- формулировать и обосновывать основные требования к системам параметрического диагностирования АД ГА;

*-представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати.*

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Таблица 1

Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		11
Общая трудоемкость дисциплины	130	130
Аудиторные занятия	66	66
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Самостоятельная работа	64	64
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

Таблица 2

Разделы дисциплины и виды занятий

N п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ
1	Основные понятия параметрической диагностики АД. Исходная диагностическая информация	*	*
2	Использование параметрической информации в диагностике АД. Статистические диагностические модели.	*	*
3	Организация параметрического диагностирования АД в условиях организаций по ТОиР	*	*

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины.

###### 4.2.1. Содержание лекций.

**Раздел 1.** Основные понятия параметрической диагностики АД. Исходная диагностическая информация. (4 ч) [1], [3,5,9,12,14]

**Лекция 1.** Понятие параметрической диагностики (ПД) АД. Основные термины и определения. Место методов ПД среди прочих методов диагностики АД. Связи между методами, преимущества и недостатки ПД. Распознаваемые состояния. Понятие эффективности диагностирования. Ошибки 1 и 2 рода. (2 ч)



**Лекция 2.** Параметры, регистрируемые в процессе эксплуатации АД ГА. Способы регистрации параметров и их влияние на результаты диагностирования. Непараметрическая информация. О сравнимости и использовании массивов параметров, полученных для разных режимов и условий эксплуатации (в т.ч. на стенде). Понятие приведения параметров к САУ и одному режиму. (2 ч)

**Лекция 3.** Метрологические особенности регистрации параметров и их влияние на результаты диагностирования. Нерегистрируемые параметры. Понятие диагностического критерия. Диагностическая ценность параметров. Прогностическая способность критерия. (2 ч)

**Раздел 2.** Использование параметрической информации в диагностике АД. Статистические диагностические модели [1,2], [3,4,5,9,11-14]

**Лекция 4.** Понятие математической и диагностической моделей АД. Классификация моделей. Влияние вида математической модели на глубину диагностирования. Понятие идентификации модели. (2 ч)

**Лекция 5.** Модели распределений параметров и их использование. (2ч)

**Лекция 6.** Метод диагностики по уровню значений параметров (метод допускового контроля). Профилактические и контрольные допуски. (2 ч)

**Лекция 7.** Диагностирование АД с использованием диагностических матриц (метод малых отклонений). (2 ч)

**Лекция 8,9.** Однофакторные модели параметров. Примеры моделей (4ч)

**Лекция 10.** Многофакторные модели параметров. Примеры моделей (2ч)

**Лекция 11,12.** Иерархии параметров и граф-модели (модели отношений). Примеры моделей (4 ч)

**Лекция 13.** Системы автоматизированного и автоматического диагностирования АД. Принципы использования параметрической информации и моделей в системах. (2 ч)

**Раздел 3.** Организация параметрического диагностирования АД в условиях организаций по ТОиР [1,2], [3,5-8,10,12].

**Лекция 14.** Особенности применения существующего методического проведения параметрического диагностирования АД в условиях организаций по ТОиР. (2 ч)

**Лекция 15.** Использование электронных таблиц “Excel” в процедурах диагностирования. Особенности организации баз данных. Описательная статистика массивов параметров. Корреляционные матрицы. Однофакторные и многофакторные регрессионные зависимости. (2 ч)

**Лекция 16.** Направления совершенствования параметрической диагностики АД. (2 ч)

#### **4.2.2. Практические занятия** (34 ч) [2].

**ПЗ 1.** Особенности контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) заданного типа АД. Метрологические характеристики комплектов КИА. Размещение преобразователей, приборов. Особенности регистрации диагностических параметров. Формирование перечня диагностических параметров ГТД. (4 ч)

**ПЗ 2.** Формирование базы данных диагностических параметров. Приведение параметров к САУ и одному режиму работы АД. Формирование массивов дополнительных параметров. Формирование допусков на параметры. (4 ч)

**ПЗ 3.** Анализ характеристик распределений параметров. Модели характеристик распределений (4 ч)

**ПЗ 4.** Допусковый контроль параметров. Построение контрольных карт (2 ч).

**ПЗ 5.** Построение корреляционных матриц диагностических параметров (4 ч).

**ПЗ 6.** Построение однофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами дисперсионного анализа и исследования значимости моделей (4 ч).

**ПЗ 7.** Построение многофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами исследования значимости моделей (4 ч).

**ПЗ 8.** Идентификация модели диагностического параметра внутри совокупности моделей (4 ч).

**ПЗ 9.** Диагностическая оценка результатов, полученных в процессе выполнения ПЗ 1-ПЗ 8 (завершаемая отчетом). (4 ч).

## 5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

### 5.1. Рекомендуемая литература.

#### а) основная литература:

1. Чичков Б.А. Модели и параметрическая диагностика авиационных двигателей. Учебное пособие. Часть 1.-М.: МГТУ ГА, 2004. -96 с.
2. Чичков Б.А. Модели и параметрическая диагностика авиационных двигателей. Учебное пособие. Часть 2.-М.: МГТУ ГА, 2005. -60 с.

#### б) дополнительная литература :

1. Ахмедзянов А. М. и др. Диагностика состояния ВРД по термогазодинамическим параметрам / А.М. Ахмедзянов, Н.Г. Дубравский, А.П. Тунаков. - М.: Машиностроение, 1983.- 206 с.
2. Ефимова М.Р., Рябцев В.М. Общая теория статистики.-М.: Финансы и статистика,1991.-304 с.
3. Лозицкий Л.П. и др. Оценка технического состояния авиационных ГТД. -М.: Транспорт, 1982. - 167 с.
4. Методика 40РР-48-1. "Диагностическая обработка параметров двигателей Д30КУ, замеряемых в эксплуатации на самолетах Ил62М". Утв. рук.предпр. п/я Р-6837 21 мая 1979 г.
5. Методика 41-00-815ПМ117-2."Двигатели семейства Д30.Диагностическая обработка параметров, измеряемых в эксплуатации".-М.: ГосНИИГА,1988.-43 с.
6. Методика 42-00-816ПМ115-1. "Изделие Д30.Контроль технического состояния по измеренным в полете параметрам (при неавтоматизированной обработке)". - Введена бюлл.Б № 30459-БЭ-Г 9 января 1988 г.
7. Пивоваров В.А. Диагностика летательных аппаратов и авиационных двигателей.- М.: МИИГА ,1990.-141 с.
8. Практическая диагностика авиационных газотурбинных двигателей. Под редакцией Степаненко В.Л. - М.: Транспорт, 1985.-116 с.

9. Теория прогнозирования и принятия решений. Под ред. С.А.Саркисяна. М.: Высшая школа, 1977.-351 с.
10. Чичков Б.А. Методология оптимизации статистических диагностических моделей авиационных ГТД для установившихся режимов работы. - М.: МГТУ ГА, 2001. -254 с.
11. Чичков Б. А. Методические рекомендации к построению и использованию статистических диагностических моделей авиационных ГТД.- М.: МГТУ ГА, 2002.-40 с.
12. Шепель В.Т. Контроль технического состояния авиационных ГТД. - Ярославль.: ЯПЧ, 1982. -87 с.
13. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель Д-30 2-ой серии. Техническое описание. М.:Авиатранспорт,1974.-124 с.
14. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель Д-30 2-ой серии. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. М.:Машиностроение,1976.- 296 с.
15. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель Д-30КП. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. Пермь,1976.- 686 с.
16. Пивоваров В.А. Авиационный двигатель ПС-90А (особенности конструкции, работа, эксплуатация). М.:МИИГА,1989.-92 с.
17. Акуленко В.С., Иноземцев А.А., Соловьев Б.А. Авиационный газотурбинный двигатель ПС-90А. Учебное пособие. Л.:ОЛАГА,1990.-96 с.
18. Биргер И.А. Техническая диагностика. -М.: Машиностроение, 1978. -240 с.
19. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов.- М.: Наука, Гл.ред . физ.-мат. лит., 1986.-544 с.
20. Встроенная документация системы MS<sup>®</sup> Excel<sup>®</sup> 97, 2000, 2003.- Microsoft<sup>®</sup>Corp., USA.
21. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. -М.: Издательство стандартов, 1990. -14с.

22. Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения.ГОСТ 23851-79. М.:Изд-во стандартов,1980.-100 с.
23. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель Д-30. Техническое описание. М.:Машиностроение,1971.-132 с.
24. Гачурин В.А. Конструкция и летная эксплуатация двигателя Д-30КП. М.:Машиностроение,1980.-120 с.
25. Лозицкий Л.П., Ветров А.Н., Дорошко С.М. и др. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей.- М.: Воздушный транспорт, 1992.- 535 с.
26. Лозицкий Л.П. и др. Авиационные двухконтурные двигатели Д-30КУ и Д-30КП (конструкция, надежность и опыт эксплуатации). М.:Машиностроение, 1988.-228 с.
27. Пивоваров В.А. Авиационный двигатель ПС-90А (особенности конструкции, работа, эксплуатация). М.:МИИГА,1989.-92 с.
28. Макаров Н.В. Францев В.К. Силовая установка самолета Як-42. Л.:ОЛАГА,1989.-100с.
29. Авиационный двухконтурный двигатель АИ-25. Техническое описание. М.:Машиностроение,1971.-124 с.
30. Черкез А.Я. Инженерные расчеты газотурбинных двигателей методом малых отклонений. -М.: Машиностроение, 1965 - 356 с.
31. Фельдман Е.Л. Черкасов Л.А. Авиационный двухконтурный двигатель НК-86. М.:Машиностроение,1982.- 328 с.
32. Хаустов И.Г. Фельдман Е.Л. Авиационный газотурбинный двигатель НК-8-2У. М.:Машиностроение,1974.-432 с.
33. Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-24. Техническое описание. М.:Авиатранспорт,1974.-124 с.
34. Чичков Б.А. Конструкция и эксплуатация масляной системы ТРДД Д-30КУ(КП). Учебное пособие.-М.: МГТУ ГА, 1999.- 156 с.

35. Акимов В.М. Основы надежности газотурбинных двигателей. М.:Машиностроение,1981.-208 с.
36. Карасев В.А. Максимов В.П. Сидоренко М.К. Вибрационная диагностика газотурбинных двигателей. М.:Машиностроение, 1978.- 216 с.
37. Периодические печатные издания - Техническая информация ЦИАМ, материалы выставок, конференций и т.п.

## Содержание

1. Цель и задачи дисциплины.....
2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.....
3. Объем дисциплины и виды учебной работы.....
4. Содержание дисциплины .....
5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....