

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ПОСОБИЕ к лабораторным работам

для магистрантов по направлению
160900 - Эксплуатация и испытания авиационной
и космической техники

[ЗДЕСЬ - КОРОТКАЯ ВЕРСИЯ](#)

Введение

Настоящее пособие к выполнению лабораторных работ содержит перечень лабораторных работ, отражающих практическое наполнение курса “Параметрическая диагностика авиационных двигателей”.

Оно включает в себя работы, позволяющие получить навыки как типичных расчетных и оценочных диагностических процедур применяемых в настоящее время в практике параметрического диагностирования в эксплуатационных предприятиях, так и дополнительные исследовательские навыки. Последние позволят как выполнять углубленный диагностический анализ в эксплуатационных предприятиях, так и разрабатывать мероприятия по совершенствованию методик (бюллетеней) параметрического диагностирования.

Пособие к выполнению лабораторных работ должно рассматриваться в неразрывной связи с учебным пособием [3] и не содержит изложения математического и нормативного аппарата, приведенного в указанном учебном пособии, а только ссылки на его разделы.

Принятые сокращения и обозначения, Наименования и размерности диагностических параметров для ТРДД семейства Д-30(К), ПС-90А, наименования режимов функционирования для ТРДД ПС-90А –см. указанное пособие.

Массивы исходных данных к расчетным частям лабораторных работ выдаются студентам в электронном виде и в пособии не приводятся.

Проведение лабораторных работ предполагает как индивидуальную работу студента по оценке изменения части параметров из полученных массивов данных, так и работу в бригаде из 3 человек, ставящей целью итоговую оценку технического состояния конкретного экземпляра двигателя по всей совокупности регистрируемых параметров.

Выполнение курса лабораторных работ завершается составлением и защитой итогового отчета бригады по оценке технического состояния экземпляра двигателя, содержащего результаты оценки как по действующим бюллетеням, так и исследовательские части согласно перечню лабораторных работ:

ЛР 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. (1 ч)

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

ЛР 3. Анализ характеристик распределений параметров. Модели характеристик распределений. (2 ч)

ЛР 4. Допусковый контроль параметров. Построение контрольных карт. (1 ч).

ЛР 5. Построение корреляционных матриц диагностических параметров. (4 ч).

ЛР 6. Построение однофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами дисперсионного анализа и исследования значимости моделей. (3 ч).

ЛР 7. Построение многофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами исследования значимости моделей. (1 ч).

ЛР 8. Идентификация модели диагностического параметра внутри совокупности моделей. (2 ч).

ЛР 9. Диагностическая оценка результатов, полученных в процессе выполнения ЛР 1- ЛР 8 (завершаемая отчетом). (2 ч).

Лабораторная работа 1.

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

1. Цели работы.

Для двигателей типа Д-30КУ(КП) и ПС-90А изучить:

- особенности КИА,
- метрологические характеристики комплектов КИА,
- размещение преобразователей, приборов,
- особенности регистрации диагностических параметров,
- сформировать перечень диагностических параметров АД.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Таблица, содержащая столбцы: группа регистрируемых (сигнализируемых) параметров, наименование датчика и показывающего прибора, размещение датчика, точность измерения параметра.

Схемы двигателей с указанием мест размещения датчиков.

Краткий анализ влияния конструкции двигателя на регистрируемую информацию (упругодемпферные опоры, особенности размещения датчиков и т.д.).

Литература [3, п. 1.2].

Контрольные вопросы.

1. Перечислите типичные параметры, входящие в группу:

- термогазодинамических,
- масла,
- топлива,
- вибрации

и охарактеризуйте их информационные особенности в эксплуатации.

2. Для двигателей типа ПС-90А и Д-30КУ(КП) перечислите датчики и регистрируемые ими параметры для указанных выше групп.
3. Проанализируйте влияние конструктивных особенностей двигателей на информационную ценность регистрируемых параметров.
4. Укажите места размещения датчиков на двигателях.
5. Поясните как используется непраметрическая информация, получаемая в процессе эксплуатации двигателей.

Лабораторная работа 2.

Формирование базы данных диагностических параметров.
Приведение параметров к САУ и одному режиму работы АД.
Формирование массивов дополнительных параметров. Формирование допусков на параметры.

1. Цели работы.

Для информации, регистрируемой на двигателях типа ПС-90А выполнить подготовку информационной и нормативной базы диагностирования.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

(Здесь и далее – приведем минимальный математический аппарат).

Таблица с данными параметров, зарегистрированных на взлетном режиме работы двигателей.

Для одного полета- пример расчета по приведению параметров к САУ и одному режиму. Остальные расчеты свести в таблицу, содержащую параметры, подготовленные к диагностической обработке.

Дополнить последнюю таблицу расчетом отношений параметров (скольжение роторов, отношения оборотов роторов к температуре газов за турбиной и т.п.)

Таблица допусков на параметры согласно действующим бюллетеням.

Литература [3, п. 1.2, табл.4].

Контрольные вопросы.

1. Поясните необходимость приведения параметров к САУ и одному режиму.
2. Перечислите параметры, для которых должно выполняться указанное приведение.
3. Поясните диагностическую ценность параметров, производных от регистрируемых (скольжение роторов и т.п.).
4. Какие существуют виды допусков на регистрируемые параметры.

Лабораторная работа 3.

Анализ характеристик распределений параметров. Модели характеристик распределений

1. Цели работы.

Построение гистограмм и анализ характеристик распределений параметров.

Оценить модели характеристик распределений

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Алгоритм построения гистограмм распределений параметров и математический аппарат оценки параметров распределений.

Гистограммы распределений параметров.

Оценки распределений параметров.

Заключение о техническом состоянии АД по результатам оценки распределений диагностических параметров.

Литература [3, п. 2.2].

Контрольные вопросы.

1. Поясните порядок построения гистограмм распределений диагностических параметров.
2. Раскройте понятие эксцесса, асимметрии распределения.
3. Опишите порядок оценки гипотезы о виде распределения.
4. Поясните связь между видом распределения и техническим состоянием двигателя.

Лабораторная работа 4.

Допусковый контроль параметров. Построение контрольных карт.
Диагностические оценки с использованием контрольных карт.

1. Цели работы.

Построение контрольных карт диагностических параметров и оценка технического состояния экземпляра АД с использованием их.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Описание допусков на изменение параметров.

Определение базового значения параметра (для все совокупности параметров).

Расчет границ допусков изменения параметров.

Построение сглаженных временных рядов параметров (с использованием скользящего среднего по 10 полетам).

Построение временных рядов параметров в осях “параметр”-“наработка” и “параметр”-“параметр” с нанесением границ допусков.

Диагностическое заключение о техническом состоянии экземпляра АД по результатам допускового контроля.

Литература [3, п. 2.3, табл.4].

Контрольные вопросы.

1. Перечислите виды допусков на изменение диагностических параметров
2. С какой целью проводится сглаживание временных рядов?
Охарактеризуйте способы сглаживания.

3. Опишите порядок оценки изменения параметра с использованием допускового контроля.
4. Опишите определение базового значения параметра и его использование в процессе эксплуатации двигателя.

Лабораторная работа 5.

Построение корреляционных матриц и графов связей диагностических параметров и их оценка.

1. Цели работы.

Выполнить построение корреляционных матриц, описывающих связи между диагностическими параметрами с выделением значимых связей, их иерархизацией и построением графов связей между параметрами.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Корреляционные матрицы на полном множестве диагностических параметров для первых и последних 10 полетов. Ранжированные матрицы для первых и последних 10 полетов. Графы связей между параметрами для первых и последних 10 полетов. Оценка полученных результатов, исходя из физических представлений о связях между параметрами.

Корреляционные матрицы на полном множестве диагностических параметров для первых и последних 10 полетов и по результатам поиска эффективных длин рядов наблюдений.

Подмножество (совокупность) математически значимых моделей.

Литература [3, п. 2.5, п. 2.7].

Контрольные вопросы.

1. Какова цель построения и порядок построения корреляционных матриц.
2. Дайте понятие графа и какие разновидности графов могут использоваться в диагностическом анализе.
3. Поясните порядок использования матриц и графов в диагностическом анализе.

Лабораторная работа 6.

Построение однофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами дисперсионного анализа и исследования значимости моделей. Исследование влияния длины ряда наблюдений на характеристики моделей.

1. Цели работы.

Освоение построения однофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами дисперсионного анализа и исследования значимости моделей.

Исследовать влияние длины ряда наблюдений на характеристики регрессионных моделей.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Графики, содержащие временные ряды параметров с нанесенными на них линиями линейных трендов по наработке по последним 5, 10 и 20 полетам, уравнениями зависимостей между параметрами и квадратами коэффициентов корреляции.

Сводная таблица, содержащая описание функциональной зависимости, оценку ее параметров и значимости по R-критерию.

Табличное и графическое представление результатов оценки влияния длины ряда наблюдений на характеристики моделей при варьировании длины ряда наблюдений от 4 до 20. Результаты поиска эффективных длин рядов наблюдений и сравнение их с априори задаваемыми в действующих эксплуатационных бюллетенях.

Результаты построения и оценки моделей, описывающих связи между параметрами, исходя из априорных физических представлений.

Литература [3, п. 2.5].

Контрольные вопросы

1. Перечислите математические критерии значимости регрессионных моделей.
2. Поясните влияние объема выборки на процесс оценки значимости регрессионных моделей.
3. Покажите порядок построения и оценок регрессионных моделей с использованием Excel.

Лабораторная работа 7.

Построение многофакторных регрессионных моделей диагностических параметров с элементами исследования значимости моделей

1. Цели работы.

Выполнить построение и оценку значимости многофакторных моделей.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Алгоритм построения и оценки многофакторных регрессионных моделей.

Результаты построения и оценок моделей параметров: “обороты ротора НД”, “обороты ротора ВД”, “давление за компрессором ВД”, “температура газов за турбиной НД” с использованием результатов лабораторной работы 5.

Литература [3, п. 2.6].

Контрольные вопросы.

1. Дайте понятие мультиколлинеарности.
2. Что является основанием для включения/исключения параметра при построении многофакторной модели.
3. Дайте оценку целесообразности использования многофакторных регрессионных моделей в диагностическом анализе.

Лабораторная работа 8.

Идентификация модели диагностического параметра внутри совокупности моделей

1. Цели работы.

Выполнить проверку непротиворечивости оценок с использованием регрессионных моделей для совокупности моделей, полученных в результате выполнения лабораторной работы 7.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Алгоритмы идентификации.

Примеры расчетов и результаты кросс-идентификации согласно [3, п. 3.2].

Литература [3, п. 3.2].

Контрольные вопросы

1. Поясните понятие идентификации моделей.
2. Поясните понятие непротиворечивости моделей.
3. Проиллюстрируйте графически суть кросс-идентификации.

Лабораторная работа 9.

Диагностическая оценка результатов, полученных в процессе выполнения ЛР1-ЛР8 (завершаемая отчетом).

1. Цели работы.

Выполнить диагностическую оценку результатов, полученных в процессе выполнения ЛР1-ЛР8 в условиях действующей нормативной базы.

Дать заключение о техническом состоянии экземпляра двигателя.

Ознакомиться с системой “Диагноз-90ТрендПЛЮС”.

2. Минимальное содержание отчета по работе.

Сводные таблицы оценок результатов, полученных в процессе выполнения лабораторных работ 1-8 с диагностических позиций.

Литература [3, п. 3.2].

Контрольные вопросы.

1. Поясните порядок оценки технического состояния экземпляра двигателя в условиях эксплуатационного предприятия.
2. Сформулируйте возможные направления совершенствования процедур диагностирования авиационных двигателей (с иллюстрацией примерами из отчета по лабораторным работам).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бюллетень N 94148-БЭ-Г. Изделие: Двигатель ПС-90А. По вопросу: Внедрения в эксплуатацию 2-й очереди наземной автоматизированной системы диагностирования "АСД-Диагноз-90" двигателя ПС-90А на самолете ИЛ-96-300.- Пермь,1996.-71 с.
2. Справочные пособия по MS[®] Excel[®] (встроенная справка).
3. Чичков Б.А.“Параметрическая диагностика авиационных двигателей”. Учебное пособие для магистрантов по направлению 160900 - Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники.-М.: МГТУ ГА. 2010.

Содержание

Лабораторная работа 1.....	
Лабораторная работа 2.....	
Лабораторная работа 3.....	
Лабораторная работа 4.....	
Лабораторная работа 5.....	
Лабораторная работа 6.....	
Лабораторная работа 7.....	
Лабораторная работа 8.....	
Лабораторная работа 9.....	
Литература.....	